



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Πλήρης ηλεκτρολογική μελέτη ενός πλοίου μεταφοράς φορτίου  
χύδην, ενός δεξαμενόπλοιου και ενός γενικευμένου τύπου πλοίου**

Θίμο Γ. Αντζελα

**Επιβλέποντες :** Α. Γ. Κλαδάς

Ι. Μ. Προυσαλίδης

Αθήνα, Μάρτιος 2013





# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Πλήρης ηλεκτρολογική μελέτη ενός πλοίου μεταφοράς φορτίου  
χύδην, ενός δεξαμενόπλοιου και ενός γενικευμένου τύπου πλοίου**

Θίμο Γ. Αντζελα

Επιβλέποντες : Α. Γ. Κλαδάς

Ι. Μ. Προυσαλίδης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 19<sup>η</sup> Μαρτίου 2013.

.....  
Α.Γ. Κλαδάς  
Καθηγητής

.....  
Ι.Μ. Προυσαλίδης  
Αν. Καθηγητής

.....  
Γεώργιος Ν. Κορρές  
Αν. Καθηγητής

Αθήνα, Μάρτιος 2013

.....  
Θίμο Γ. Άντζελα

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Θίμο Γ. Άντζελα, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	5
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	15
<b>Ηλεκτρολογική μελέτη πλοίου</b> .....	15
1.1 Εισαγωγή.....	15
1.2 Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων .....	15
1.3 Αξονική γεννήτρια πλοίου .....	20
1.4 Ηλεκτροπρόωση πλοίων .....	21
1.4.1 Εισαγωγή .....	21
1.4.2 Εφαρμογές της ηλεκτροπρόωσης .....	22
1.4.3 Πλεονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης.....	23
1.4.4 Μειονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης .....	24
1.5 Απαιτήσεις και κανονισμοί ηλεκτρικών δικτύων .....	24
1.5.1 Γενικά.....	24
1.5.2 Συχνότητα και τάση του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου .....	25
1.5.3 Ηλεκτρικός εξοπλισμός.....	27
1.6 Ηλεκτρικές διαφορές των υπό μελέτη πλοίων.....	30
1.7 Σημασία ηλεκτρολογικής μελέτης.....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	33
<b>Ηλεκτρικός ισολογισμός</b> .....	33
2.1 Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός ισχύος .....	33
2.2 Επεκτεταμένος ηλεκτρικός ισολογισμός ισχύος .....	35
2.2.1 Εισαγωγή .....	35
2.2.2 Πραγματικός συντελεστής ισχύος .....	36
2.2.3 Κατάστρωση του επεκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού.....	37
2.3 Επιλογή κύριων γεννητριών.....	41
2.3.1 Ορισμοί.....	41
2.3.2 Γενικά.....	42
2.3.3 Κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος.....	43
2.3.3.1 Αριθμός και ισχύς γεννητριών .....	43

2.3.3.2 Έλεγχος των εκπεμπόμενων από τις diesel μηχανές αέριων ρύπων .....	44
2.3.3.3 Λειτουργία κύριων γεννητριών .....	46
2.3.3.4 Προστασία γεννητριών .....	48
2.4 Επιλογή πηγής έκτακτης ανάγκης .....	49
2.4.1 Γενικές απαιτήσεις .....	49
2.4.2 Γεννήτρια έκτακτης ανάγκης.....	51
2.4.3 Συσσωρευτές έκτακτης ανάγκης.....	52
2.5 Λήψη ρεύματος από στεριά .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>53</b>
<b>Διαστασιολόγηση καλωδίων, ζυγών και υποζυγών, μέσων προστασίας και μετασχηματιστών</b> .....	<b>53</b>
3.1 Διαστασιολόγηση διατομών καλωδίων .....	53
3.1.1 Γενικά.....	53
3.1.2 Υπολογισμός έντασης προσδιορισμού καλωδίων παροχής των καταναλωτών .....	55
3.1.3 Υπολογισμός έντασης προσδιορισμού των καλωδίων τροφοδοσίας ομάδας καταναλωτών.....	55
3.1.4 Επιλογή κατάλληλης διατομής καλωδίου .....	56
3.1.5 Πτώση τάσης κατά μήκος του αγωγού .....	61
3.1.6 Προσδιορισμός διατομών των ζυγών και υποζυγών.....	61
3.2 Μέσα προστασίας στη χαμηλή τάση .....	62
3.2.1 Γενικά.....	62
3.2.2 Περιγραφή των διακοπτικών μέσων και μέσων προστασίας .....	64
3.2.3 Προστασία γεννητριών.....	66
3.2.4 Προστασία κινητήρων.....	67
3.2.5 Επιλογή μέσων προστασίας.....	67
3.3 Επιλογή μετασχηματιστών ισχύος .....	69
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>70</b>
<b>Μελέτη βραχυκυκλωμάτων με βάση το διεθνές πρότυπο IEC 61363-1</b> .....	<b>70</b>
4.1 Εισαγωγή.....	70
4.2 Μέσα προστασίας έναντι βραχυκυκλωμάτων.....	71
4.3 Κανονισμοί μελετών βραχυκυκλωμάτων .....	71
4.4 Ηλεκτρικό δίκτυο κατά το βραχυκύκλωμα.....	71
4.5 Διεθνές πρότυπο IEC 61363-1 .....	73

4.5.1 Σκοπός και αντικείμενο .....	73
4.5.2 Ορισμοί, σύμβολα, δείκτες και εκθέτες .....	74
4.5.2.1 Ορισμοί .....	74
4.5.2.2 Σύμβολα .....	78
4.5.2.3 Δείκτες .....	80
4.5.2.4 Εκθέτες.....	81
4.5.3 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	81
4.5.3.1 Γενικά.....	81
4.5.3.2 Ακρίβεια υπολογισμών .....	82
4.5.3.3 Βασικές παραδοχές.....	83
4.5.3.4 Μέθοδοι υπολογισμού .....	84
4.5.4 Στοιχεία του δικτύου και μοντέλα .....	85
4.5.4.1 Ενεργητικά στοιχεία .....	85
4.5.4.1.1 Σύγχρονες μηχανές.....	85
4.5.4.1.1.1 Γενικά.....	85
4.5.4.1.1.2 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα.....	85
4.5.4.1.1.3. Βασικοί υπολογισμοί .....	85
4.5.4.1.1.4 Τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης .....	87
4.5.4.1.1.5 Υπολογισμός του τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης.....	87
4.5.4.1.2 Ασύγχρονοι κινητήρες.....	90
4.5.4.1.2.1 Γενικά.....	90
4.5.4.1.2.2 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα.....	91
4.5.4.1.2.3 Βασικοί υπολογισμοί .....	91
4.5.4.1.2.4 Σύνθετη αντίσταση κινητήρα .....	91
4.5.4.1.2.5 Χρονικές σταθερές.....	91
4.5.4.1.2.6 Υπολογισμός τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης .....	92
4.5.4.2 Παθητικά στοιχεία .....	93
4.5.4.2.1 Γενικά.....	93
4.5.4.2.2 Καλώδια.....	93
4.5.4.2.3 Μετασχηματιστές.....	94
4.5.5 Παραδοχές απλοποίησης.....	95
4.5.5.1 Γενικά.....	95
4.5.5.2 Σύγχρονες μηχανές .....	95

4.5.5.2.1 Τριφασικά ρεύματα βραχυκύκλωσης.....	95
4.5.5.2.2 Επίδραση ωμικής αντίστασης στάτη.....	96
4.5.5.2.3 Επίδραση των συνθηκών φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα.....	96
4.5.5.2.4 Αγνόηση της απόσβεσης της μεταβατικής Ε.Ρ. συνιστώσας.....	96
4.5.5.2.5 Αγνόηση της απόσβεσης του ρεύματος βραχυκύκλωσης.....	96
4.5.5.2.6 Χρονικές σταθερές.....	97
4.5.5.3 Ασύγχρονοι κινητήρες.....	97
4.5.5.3.1 Πρώτες προσεγγίσεις.....	97
4.5.5.3.2 Αγνόηση των καταστάσεων φόρτισης των κινητήρων πριν το βραχυκύκλωμα.....	98
4.5.5.3.3 Γενικά στοιχεία για μεγάλους κινητήρες.....	98
4.5.5.3.4 Γενικά στοιχεία για μικρούς κινητήρες.....	99
4.5.5.3.5 Ασύγχρονοι κινητήρες μη συνεχούς λειτουργίας.....	100
4.5.6 Υπολογισμοί του δικτύου.....	100
4.5.6.1 Γενικά.....	100
4.5.6.2 Επιδράσεις των παθητικών στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά με τα ενεργητικά στοιχεία.....	101
4.5.6.2.1 Γενικά.....	101
4.5.6.2.2 Γεννήτριες.....	101
4.5.6.2.3 Κινητήρες.....	102
4.5.6.3 Ρεύμα βραχυκύκλωσης στους ζυγούς των γεννητριών.....	103
4.5.6.3.1 Παράλληλα συνδεδεμένες γεννήτριες.....	103
4.5.6.3.2 Απευθείας συνδεδεμένοι κινητήρες.....	104
4.5.6.3.3 Κινητήρες και/ή γεννήτριες συνδεδεμένοι σε άλλους ζυγούς.....	104
4.5.6.4 Ρεύματα βραχυκύκλωσης σε δευτερεύοντες ζυγούς που είναι απευθείας συνδεδεμένοι στο ζυγό της γεννήτριας.....	104
4.5.6.5 Μετασχηματιστές.....	105
4.5.6.6 Διαδικασίες υπολογισμού.....	106
4.5.6.6.1 Γενικά.....	106
4.5.6.6.2 Διαδικασία μελέτης βραχυκυκλωμάτων.....	107
4.5.6.6.3 Προσδιορισμός του συστήματος και του προβλήματος και προετοιμασία ενός διαγράμματος μελέτης του συστήματος.....	107
4.5.6.6.4 Αναγνώριση των χαρακτηριστικών παραμέτρων των στοιχείων.....	108
4.5.6.6.5 Διάγραμμα σύνθετων αντιστάσεων του συστήματος.....	108



4.5.6.6.6 Προσεγγιστικός υπολογισμός.....	108
4.5.6.6.7 Εκτίμηση των κατάλληλων προσεγγίσεων.....	108
4.5.6.6.8 Υπολογισμός του συστήματος.....	109
4.5.6.6.9 Σύνοψη των υπολογισμών.....	109
4.5.7 Ερμηνεία και εφαρμογή των αποτελεσμάτων.....	109
4.5.7.1 Γενικά.....	109
4.5.7.2 Συστήματα έως 1kV.....	110
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	<b>113</b>
<b>Περιγραφή προγραμμάτων για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων και για την επιλογή των διατομών των καλωδίων στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab.....</b>	<b>113</b>
5.1 Εισαγωγή.....	113
5.2 Πρόγραμμα για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων.....	113
5.2.1 Γενικά.....	113
5.2.2 Περιγραφή του προγράμματος.....	116
5.3 Πρόγραμμα για την επιλογή των κατάλληλων διατομών καλωδίων.....	119
5.3.1 Γενικά.....	119
5.3.2 Περιγραφή του προγράμματος.....	122
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....</b>	<b>124</b>
<b>Εφαρμογή στα τρία υπό μελέτη πλοία.....</b>	<b>124</b>
6.1 Generic πλοίο – Πλοίο γενικευμένου τύπου.....	124
6.1.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός.....	124
6.1.2 Επιλογή κύριων γεννητριών και γεννήτριας έκτακτης ανάγκης.....	126
6.1.3 Επιλογή καλωδίων παροχής.....	132
6.1.4 Υπολογισμός πτώσης τάσεως στα καλώδια.....	136
6.1.5 Υπολογισμός άεργου ισχύος.....	137
6.1.6 Διατομές ζυγών και καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών.....	137
6.1.7 Μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο πλοίο generic.....	144
6.2 Bulk carrier - Πλοίο μεταφοράς φορτίου χύδην.....	158
6.2.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός.....	158
6.2.2 Επιλογή κύριων γεννητριών και γεννήτριας έκτακτης ανάγκης.....	168
6.2.3 Επιλογή καλωδίων παροχής.....	169
6.2.4 Υπολογισμός άεργου ισχύος.....	173
6.2.5 Διατομές ζυγών και καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών.....	186
6.2.6 Μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο bulk carrier.....	186

6.3 Tanker - Δεξαμενόπλοιο .....	206
6.3.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός.....	206
6.3.2 Επιλογή κύριων γεννητριών και γεννήτριας έκτακτης ανάγκης .....	207
6.3.3 Επιλογή καλωδίων παροχής .....	217
6.3.4 Υπολογισμός άεργου ισχύος.....	221
6.3.5 Διατομές ζυγών και καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών .....	233
6.3.6 Μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο tanker.....	234
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....</b>	<b>256</b>
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>256</b>
7.1 Συμπεράσματα.....	256
7.2 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.....	256
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....</b>	<b>258</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....</b>	<b>272</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....</b>	<b>290</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>295</b>

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Ηλεκτρικά Συστήματα Πλοίων, Ηλεκτρικός Ισολογισμός, Επεκτεταμένος Ηλεκτρικός Ισολογισμός, Διατομές Καλωδίων και Ζυγών, Διαστασιολόγηση Διακοπών και Μέσων Προστασίας, Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων, IEC 61363, Ικανότητα Διακοπής σε Βραχυκύκλωμα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η πλήρης ηλεκτρολογική μελέτη τριών τύπων πλοίου, ενός γενικευμένου τύπου πλοίου (generic – ανύπαρκτου), ενός πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην (bulk carrier) και ενός δεξαμενόπλοιου (tanker) με βάση τους κανονισμούς του GL αλλά και με βάση τη διεθνή σύμβαση SOLAS και τα διεθνή πρότυπα. Αρχικά, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά (τάση, συχνότητα, μόνωση, προστασία) των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων αλλά και η σημασία της πλήρους και αναλυτικής ηλεκτρολογικής μελέτης. Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η κατάσταση του ηλεκτρικού ισολογισμού, του επεκτεταμένου ηλεκτρολογικού ισολογισμού καθώς και η σημασία τους στην επιλογή των ηλεκτρογεννητριών του πλοίου. Στην προσπάθεια μιας πιο ρεαλιστικής μελέτης, με βάση τον ηλεκτρικό ισολογισμό επιλέγονται κύριες και έκτακτης ανάγκης γεννήτριες για κάθε πλοίο, από το εμπόριο. Στο επόμενο στάδιο, υπολογίζονται οι διατομές των καλωδίων με βάση το πρότυπο IEC 60092-352 (3<sup>rd</sup> edition) και γίνεται αναφορά στα μέσα προστασίας των ηλεκτρικών δικτύων των πλοίων από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Με σημείο αναφοράς το διεθνές πρότυπο IEC 61363 και με βάση τους κανονισμούς του GL, περιγράφεται αναλυτικά η μελέτη βραχυκυκλωμάτων που πραγματοποιήθηκε και στα τρία πλοία, για τριφασικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό των κύριων γεννητριών, και προσδιορίζεται η ικανότητα διακοπής όλων των μέσων προστασίας από βραχυκύκλωμα του δικτύου. Η επιλογή των καλωδίων και η μελέτη βραχυκυκλωμάτων έγιναν με τη βοήθεια του προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Matlab.

## **KEY WORDS:**

Ship Electric Energy Systems, Electric Load Balance, Extended Electric Load Analysis, Determination of Cross-Sections of Conductors and Busbar Carriers, Selection of Switchgear and Protection Devices, Short Circuit Calculations, IEC 61363, Short Circuit Breaking Capacity.

## **ABSTRACT**

---

The aim of this diploma thesis is the complete study and design of the electrical network of three types of vessels, of a generic (nonexistent) vessel, of a bulk carrier and of a tanker in accordance with the rules and regulations of GL, the international convention of SOLAS and the international standards. Initially, the main characteristics (voltage, frequency, insulation, protection) of the ship electric energy systems, as well as the significance of the complete and detailed electrical study, are described. Then, the construction of the electric load balance, of the extended electric load analysis and their importance in the selection of the ship's generators, is presented in details. In the effort of a more realistic electrical design, existing main and emergency generators for the three ships have been selected. Afterwards, the cross-sections of the cables have been calculated in accordance with the international standard IEC 60092-352 (3<sup>rd</sup> edition) and a short presentation of the protection devices from overload and short circuit in ship's electrical system, is made. Based on the international standard IEC 61363 and the rules and regulations of GL, the short circuit current calculations for each vessel, for a symmetrical short circuit that occurs in the main busbars in all three phases simultaneously, have been carried out and the short circuit breaking capacity of the protection devices has been determined. The selection of the cables and the short circuit calculations have been accomplished with the aid of the programming environment of Matlab.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012- 2013 στον τομέα Ηλεκτρικής Ισχύος της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π.. Αντικείμενο της είναι η πλήρης και αναλυτική ηλεκτρολογική μελέτη τριών πλοίων (generic, bulk carrier, tanker) με σκοπό τη σωστή διαστασιολόγηση του ηλεκτρικού εξοπλισμού του πλοίου, είτε είναι καλώδια, είτε μέσα προστασίας, είτε μετασχηματιστές, είτε γεννήτριες. Στα πλαίσια ανάπτυξης του θέματος, θεωρήθηκε ένα ανύπαρκτο, υβριδικό (όχι συγκεκριμένου τύπου πλοίο), ένα πραγματικό δεξαμενόπλοιο και ένα πραγματικό πλοίο μεταφοράς φορτίου χύδην. Μελετήθηκε η χωρίς σφάλματα κατάσταση λειτουργίας του πλοίου αλλά και η περίπτωση συμμετρικού τριφασικού βραχυκυκλώματος στους κύριους ζυγούς του. Η ηλεκτρολογική μελέτη των τριών πλοίων έγινε με βάση τους κανονισμούς του GL και τη διεθνή σύμβαση SOLAS και τα διεθνή πρότυπα (όπου χρειαζόταν περαιτέρω ανάλυση). Αναλυτικά, η διπλωματική εργασία αποτελείται από τα εξής κεφάλαια :

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1** : Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων καθώς και οι συνηθέστερες και επικρατέστερες εγκαταστάσεις (τάση, συχνότητα). Επίσης, περιγράφεται συνοπτικά, η μη συμβατική προωστήρια εγκατάσταση, αυτή της ηλεκτροπρώωσης, η οποία βρίσκει όλο και περισσότερη εφαρμογή λόγω της μεγάλης ανάπτυξης των ηλεκτρονικών ισχύος, αλλά και η χρήση αξονικής γεννήτριας (συμβατική εγκατάσταση) στο πλοίο.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2** : Σε αυτό το τμήμα τις διπλωματικής περιγράφεται η κατάσταση του ηλεκτρικού ισολογισμού και του επεκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού, η σημασία τους και η επιλογή των κύριων και έκτακτης ανάγκης γεννητριών κάθε πλοίου.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3** : Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μέθοδος υπολογισμού της διατομής των καλωδίων και των ζυγών και υποζυγών, της πτώσης τάσης στα καλώδια καθώς και η επιλογή των μέσων προστασίας από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα αλλά και των μετασχηματιστών ισχύος.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4** : Σε αυτή την ενότητα της διπλωματικής παρατίθεται μόνο το μέρος του προτύπου IEC 61363-1 που βρήκε εφαρμογή στα τρία υπό μελέτη πλοία, και το οποίο περιγράφει αναλυτικά τον τρόπο υπολογισμού του ρεύματος βραχυκύκλωσης για συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα. Τα υπολογισμένα ρεύματα βραχυκύκλωσης προσδιορίζουν την ικανότητα διακοπής των μέσων προστασίας του πλοίου από βραχυκύκλωμα.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5** : Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά τα δύο προγράμματα που υλοποιήθηκαν στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Matlab για

τη διευκόλυνση της ηλεκτρολογικής μελέτης. Το ένα πρόγραμμα αφορά τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων και το άλλο την επιλογή κατάλληλης διατομής καλωδίου.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :** Σε αυτό το Κεφάλαιο δίνεται ο ηλεκτρικός ισολογισμός και ο επεκτεταμένος ισολογισμός, οι διατομές των καλωδίων και των ζυγών, η πτώση τάσης στα καλώδια (όπου αυτό ήταν δυνατό) και η αναλυτική μελέτη βραχυκυκλωμάτων μαζί με τη διαστασιολόγηση των μέσων προστασίας από βραχυκύκλωμα στο καθένα από τα τρία υπό μελέτη πλοία.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 :** Στο Κεφάλαιο αυτό δίνονται τα συμπεράσματα αυτής της μελέτης.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω για την συμπαράσταση και την ανεκτίμητη βοήθειά τους, όλους όσους με στήριξαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερα :

Τον κ. Ιωάννη Μ. Προυσαλίδη, αν. καθηγητή της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράστασή του και το άριστο κλίμα συνεργασίας που καλλιέργησε.

Τον κ. Ηλία Σοφρά, υποψήφιο διδάκτορα της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, τομέας Ναυτικής Μηχανολογίας, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την βοήθεια που πρόθυμα μου παρείχε κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα διπλωματική εργασία στην οικογένειά μου και ιδιαίτερα στη μητέρα μου για την στήριξη της.

Αθήνα, Μάρτιος 2013

Θίμο Γ. Άντζελα

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Ηλεκτρολογική μελέτη πλοίου

### 1.1 Εισαγωγή

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία του πλοίου και την ασφάλεια των επιβαινόντων. Η εγκατάσταση του πλοίου αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που χαρακτηρίζεται από αυτάρκεια και αξιοπιστία και αποτελείται από τρία κύρια υποσυστήματα : ισχύος, φωτισμού και επικοινωνιών-ναυσιπλοΐας. Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση της ηλεκτροπρόωσης έχει δημιουργήσει νέα δεδομένα και μεγαλύτερες ηλεκτρικές απαιτήσεις από την πλευρά της παραγωγής, του ελέγχου, της διανομής και της ποιότητας της ηλεκτρικής ισχύος. Από την άλλη όμως, τα τεχνολογικά επιτεύγματα στον τομέα των ηλεκτρονικών ισχύος και η εφαρμογή τους στους κινητήρες πρόωσης προσφέρουν μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα προηγούμενα δεδομένα.

Ακόμη, οι σύγχρονες τάσεις οδηγούν σε πλήρη «εξηλεκτρισμό» του πλοίου (AES-All Electric Ships) αυξάνοντας έτσι τη σημασία της πλήρους ηλεκτρολογικής μελέτης του πλοίου.

Ενδεικτικές τιμές του κόστους μιας σύγχρονης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης πλοίου (συμπεριλαμβανομένου και του αυτοματισμού) ως ποσοστού του ολικού κόστους κατασκευής του πλοίου είναι οι εξής:

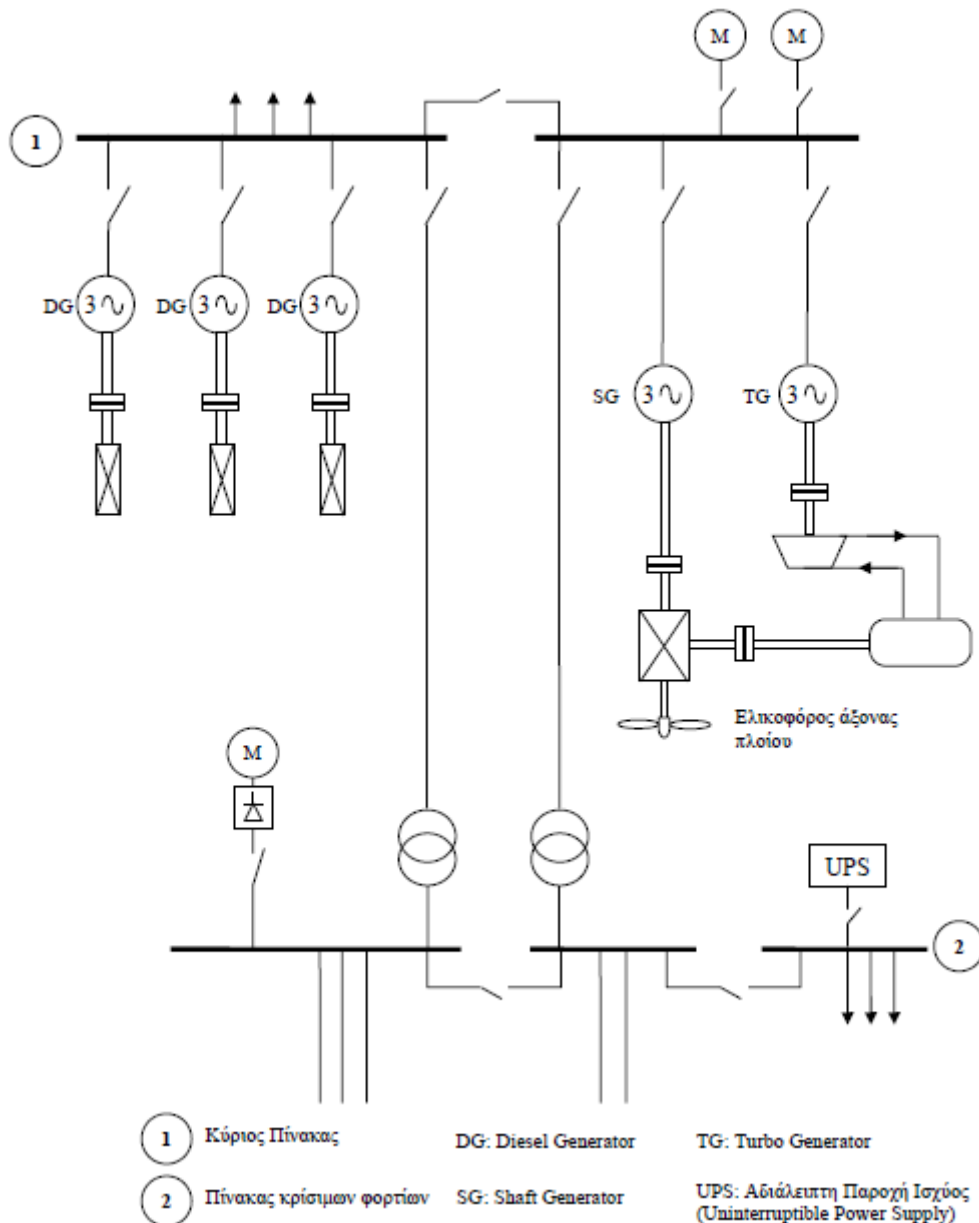
Δεξαμενόπλοια 7%, Containerships 9,1 %, Φορτηγά 7,3%, Ψυγεία 12%.

### 1.2 Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων

Το τυπικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου αποτελείται από τις συσκευές και τον εξοπλισμό παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και από τους διάφορους καταναλωτές. Τα κύρια στοιχεία που το απαρτίζουν όπως φαίνονται και στο Σχ. 1.1 είναι τα ακόλουθα:

- Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθως αποτελούνται από τρεις ηλεκτρογεννήτριες (diesel generators, DG) από τις οποίες συνήθως η μια είναι σε εφεδρεία. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αξονικές γεννήτριες (shaft generators, SG) οι οποίες είναι ηλεκτρικές μηχανές που παίρνουν κίνηση από τον ελικοφόρο άξονα του πλοίου καθώς και στρόβιλογεννήτριες (turbo generators, TG).
- Κύριος πίνακας μαζί με τις διατάξεις προστασίας, τους διακόπτες, τα όργανα ελέγχου και τους κύριους ζυγούς διανομής.
- Ηλεκτρικός πίνακας ανάγκης (emergency) που καλύπτει μόνο κρίσιμα φορτία.
- Καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

- Ηλεκτρικοί καταναλωτές που ενδέχεται να είναι και μεγάλοι κινητήρες, συγκρίσιμης ονομαστικής ισχύος με αυτήν των γεννητριών όπως π.χ. κινητήρες πρόωσης, αντλιών φορτίου κ.τ.λ.



**Σχήμα 1.1** Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου [24]

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις του πλοίου πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε:

- Να εξασφαλίζονται οι κανονικές συνθήκες λειτουργίας του πλοίου και οι ελάχιστες συνθήκες διαβίωσης στο πλοίο χωρίς την καταφυγή στην πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης.
- Να εξασφαλίζεται η λειτουργία του εξοπλισμού που είναι αναγκαίος για την ασφάλεια του πλοίου κάτω από συνθήκες έκτακτης ανάγκης.
- Να διασφαλίζεται η ασφάλεια των επιβατών, του πληρώματος και του πλοίου από ηλεκτρικούς κινδύνους.



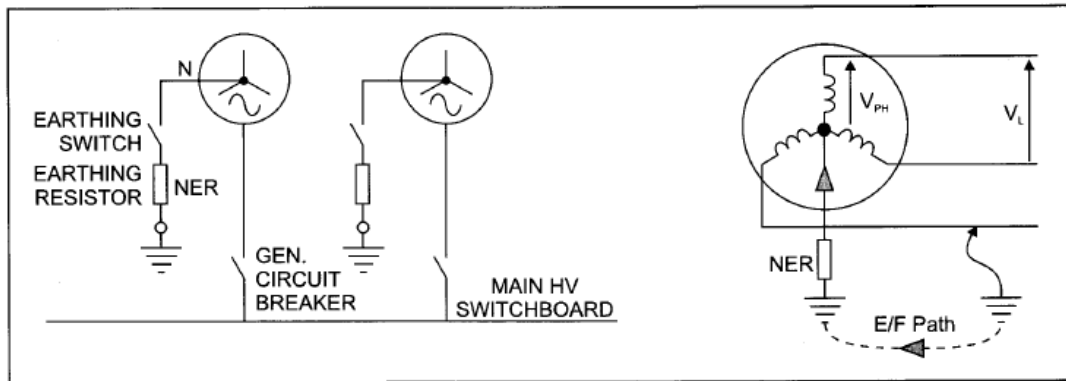
Το ηλεκτρικό σύστημα των πλοίων μπορεί να θεωρηθεί ως ένα αυτόνομο, μικρής κλίμακας βιομηχανικού τύπου Σ.Η.Ε, το οποίο όμως παρουσιάζει τις εξής **ιδιαιτερότητες** σε σχέση με ένα ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα:

- πρόκειται για συγκεντρωμένα δίκτυα με διακεκριμένα συστήματα παραγωγής και καταναλωτών συγκεντρωμένα σε πολύ μικρό χώρο ανά μονάδα ισχύος (σε σύγχρονες ναυπηγήσεις με ηλεκτρική πρόωση, η εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα 40-80 MW σε έκταση μερικών τετραγωνικών μέτρων).
- το όλο σύστημα είναι αυτόνομο και η μόνη εφεδρική πηγή ενέργειας είναι το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ανάγκης το οποίο όμως είναι ικανό να τροφοδοτήσει ορισμένα μόνο φορτία ανάγκης. Για το λόγο αυτό το όλο σύστημα πρέπει να είναι εξαιρετικά αξιόπιστο.
- το δίκτυο γείωσής του είναι κατά κανόνα αγείωτο (IT).
- η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω συστήματος διανομής (καλωδιώσεις, μετασχηματιστές, διακόπτες κλπ) πολύ περιορισμένου μήκους (της τάξης των 50 έως το πολύ 1000 μέτρων).
- σε αντίθεση με τα συστήματα ξηράς, αποτελούνται από υποσυστήματα συνεχούς ρεύματος (ΣΡ) και εναλλασσομένου ρεύματος (ΕΡ), στο οποίο μάλιστα ΕΡ μπορεί κανείς ενίοτε να διακρίνει περισσότερες από μία συχνότητες λειτουργίες (η γνωστή «βιομηχανική συχνότητα» των 50 ή 60 Hz, αλλά και αυτή των 400 Hz για εξειδικευμένου τύπου καταναλωτές, όπως π.χ. όργανα ναυσιπλοΐας, ραντάρ κ.ο.κ). Σε συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. νέου τύπου υποβρύχια) μάλιστα με την εκτεταμένη εφαρμογή των κυψελών καυσίμου τα δίκτυα είναι κατεξοχήν ΣΡ.

Η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων έχουν δίκτυο διανομής εναλλασσομένου ρεύματος (Ε.Ρ.) που προτιμάται σε σχέση με το δίκτυο σταθερού ρεύματος (Σ.Ρ.). Το δίκτυο Ε.Ρ. είναι φθηνότερο κατά την εγκατάσταση και κατά τη λειτουργία σε σχέση με το Σ.Ρ. . Συγκεκριμένα, προσφέρει ένα μεγαλύτερο λόγο ισχύος/ βάρους για την παραγωγή, διανομή και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον η συντήρησή του είναι ευκολότερη. Το δίκτυο Ε.Ρ. όμως είναι πιο επικίνδυνο από το δίκτυο Σ.Ρ. από πλευράς ηλεκτροπληξίας καθώς το δίκτυο Ε.Ρ. γίνεται επικίνδυνο για τάσεις μεγαλύτερες από 60V ενώ το δίκτυο Σ.Ρ. μπορεί και σε τάση των 220V να μην προκαλεί θανατηφόρο ηλεκτροπληξία.

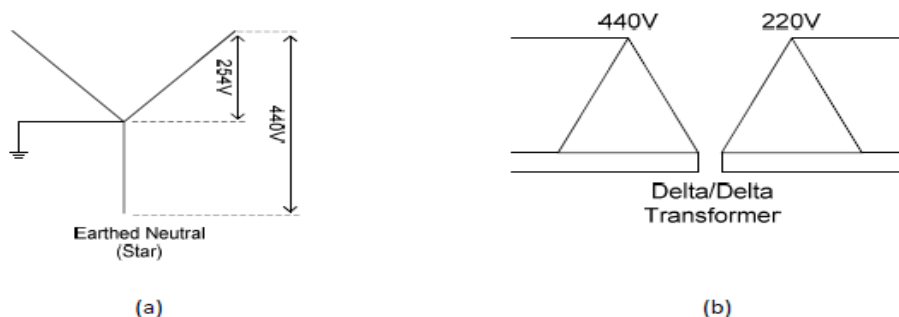
Η πλειονότητα των πλοίων έχουν τριφασικό, εναλλασσομένου ρεύματος, 3 αγωγών, **440 V** σύστημα με μονωμένο τον ουδέτερο. Αυτό σημαίνει ότι ο ουδέτερος του συστήματος των γεννητριών σε συνδεσμολογία αστέρα δεν είναι γειωμένος στη γάστρα του πλοίου. Σε ευρωπαϊκά πλοία η τάση των 380 V είναι συνηθέστερη. Τα πλοία με μεγάλα ηλεκτρικά φορτία έχουν γεννήτριες που λειτουργούν σε υψηλές τάσεις των 3.3 kV, 6.6 kV ακόμη και 11 kV. Τέτοιες τάσεις είναι οικονομικά αναγκαίες σε συστήματα υψηλής ισχύος για τη μείωση της έντασης του ρεύματος, και επομένως τη μείωση της διατομής των αγωγών και του μεγέθους του απαιτούμενου εξοπλισμού. Η λειτουργία σε τόσο υψηλές τάσεις γίνεται όλο και συχνότερη όσο αυξάνεται το μέγεθος του πλοίου, π.χ. σε μεγάλα κρουαζιερόπλοια. Οι υπεράκτιες

κατασκευές παραγωγής πετρελαίου ή αερίου, στις οποίες η εξοικονόμηση σε βάρος από τον εξοπλισμό είναι σημαντική, λειτουργούν με τάση έως και 13.8 kV. Τα συστήματα διανομής σε αυτές τις υψηλές τάσεις μπορεί να έχουν τον ουδέτερο γειωμένο, μέσω μιας αντίστασης ή ενός μετασχηματιστή γείωσης υψηλής σύνθετης αντίστασης, στη γάστρα του πλοίου. Η ωμική τιμή της σύνθετης αντίστασης επιλέγεται έτσι ώστε να περιορίζει το ρεύμα σφάλματος.



**Σχήμα 1.2** Γείωση του ουδέτερου [23]

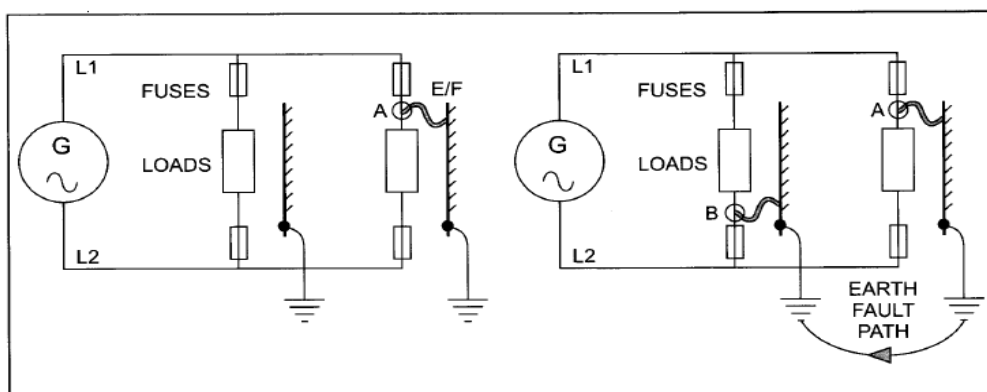
Η **συχνότητα** ενός Ε.Ρ. συστήματος ηλεκτρικής ισχύος στα πλοία είναι συνήθως 50 ή 60 Hz. Στην Ευρώπη και στο μεγαλύτερο μέρος του κόσμου η συχνότητα είναι 50 Hz ενώ στη Βόρεια Αμερική και σε κάποιες άλλες χώρες, όπως και στις περισσότερες υπεράκτιες κατασκευές και πλοία, συνηθίζεται η συχνότητα των 60 Hz. Η υψηλότερη αυτή συχνότητα σημαίνει ότι οι κινητήρες και οι γεννήτριες στρέφονται με μεγαλύτερες ταχύτητες και συνεπώς μειώνεται το μέγεθος του εξοπλισμού για την ίδια ισχύ. Ο φωτισμός και οι μονοφασικοί καταναλωτές μικρής ισχύος λειτουργούν στη τάση των 220 V ή 110 V. Οι τάσεις αυτές λαμβάνονται από απλούς μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσεως που συνδέονται στο σύστημα των 440 V. Η τάση των 220 V δεν επιτυγχάνεται μέσω της σχέσης πολικής – φασικής τάσης (που προκύπτει όταν ο ουδέτερος του συστήματος είναι γειωμένος – Σχήμα 1.3a) αλλά προκύπτει μέσω μετασχηματιστή και αναφέρεται σε πολική τάση όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 1.3b.



**Σχήμα 1.3** Σχέση μεταξύ τάσης 440 V και 220V [11]

Ο λόγος που προτιμάται το αγείωτο σύστημα στα πλοία είναι διότι σε περίπτωση μονοφασικού σφάλματος, επιδιώκεται η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ισχύος στον

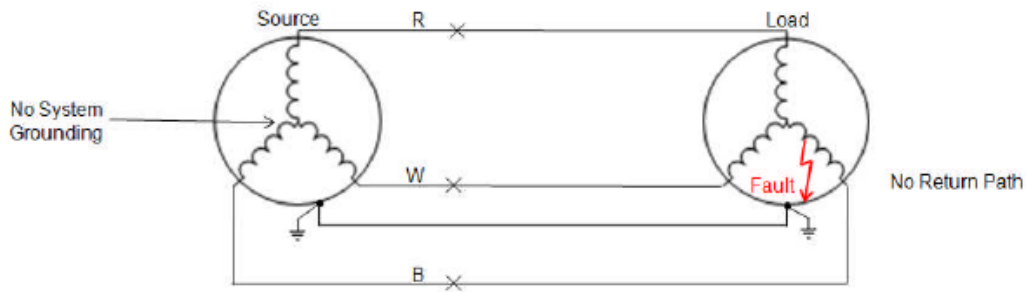
ουσιώδη εξοπλισμό (η σημασία του εξοπλισμού αυτού δίνεται σε επόμενη παράγραφο σε αυτό το κεφάλαιο). Αντίθετα στη ξηρά, προτεραιότητα είναι η άμεση απομόνωση του εξοπλισμού που συνέβη το σφάλμα, το οποίο επιτυγχάνεται μέσω ενός γειωμένου συστήματος. Η πλειοψηφία των σφαλμάτων γίνονται μέσα στον ηλεκτρικό εξοπλισμό λόγω σφάλματος στη μόνωση, έχοντας σαν αποτέλεσμα την επαφή ενός ρευματοφόρου αγωγού με το γειωμένο μεταλλικό του περίβλημα. Για την προστασία από ηλεκτροπληξία και πυρκαγιά που μπορούν να προκύψουν από σφάλματα γης, τα μεταλλικά περιβλήματα και άλλα μη ρευματοφόρα μεταλλικά μέρη του ηλεκτρικού εξοπλισμού πρέπει να γειώνονται. Εάν ένα μονοφασικό σφάλμα γίνει σε μια γραμμή μεταφοράς ρεύματος ενός γειωμένου συστήματος τότε αυτό θα είναι ισοδύναμο με ένα βραχυκύκλωμα της γεννήτριας με τη γάστρα του πλοίου. Το μεγάλο ρεύμα που θα κυκλοφορήσει θα ενεργοποιήσει την ασφάλεια ή τον αυτόματο διακόπτη και θα απομονώσει το κύκλωμα του σφάλματος. Ωστόσο, αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει μια επικίνδυνη κατάσταση για τη λειτουργία του πλοίου ειδικά αν επρόκειτο για ουσιώδη εξοπλισμό, π.χ. το μηχανισμό του πηδαλίου. Σε αντίθεση με το γειωμένο σύστημα, αν ένα σφάλμα γης A συμβεί σε μία γραμμή ενός αγειώτου συστήματος διανομής, τότε αυτό δεν θα προκαλέσει την ενεργοποίηση του διακοπτικού στοιχείου και το σύστημα θα εξακολουθήσει να λειτουργεί κανονικά, βλέπε Σχήμα 1.4. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν υπάρχει δρόμος επιστροφής για το ρεύμα βραχυκύκλωσης στην πηγή και άρα δεν θα ρέει ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δίκτυο. Εάν και δεύτερο σφάλμα γης B συμβεί σε άλλη γραμμή του συστήματος τότε τα δύο σφάλματα μαζί θα ισοδυναμούν με βραχυκύκλωμα της γεννήτριας με τη γάστρα του πλοίου και το προκύπτον μεγάλο ρεύμα βραχυκύκλωσης θα προκαλέσει την ενεργοποίηση του αυτόματου διακόπτη και την αποσύνδεση πιθανώς ουσιωδών καταναλωτών δημιουργώντας κίνδυνο για την ασφάλεια του πλοίου. Επομένως ένα αγειώτο σύστημα χρειάζεται δύο σφάλματα ώστε να κυκλοφορήσει ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δίκτυο και να λειτουργήσει ο αυτόματος διακόπτης, ενώ ένα γειωμένο σύστημα ένα μόνο σφάλμα. Άρα το αγειώτο σύστημα είναι πιο αποτελεσματικό από το γειωμένο, για την αδιάλειπτη παροχή του ουσιώδους εξοπλισμού και για αυτό υιοθετείται στα περισσότερα πλοία.



**Σχήμα 1.4** Διπλό σφάλμα γης σε ένα μονωμένο σύστημα (αγειώτο σύστημα)[23]

Τέλος, όσον αφορά τα δεξαμενόπλοια, σύμφωνα με τους κανονισμούς των νηογυμνών, πρέπει να έχουν αγειώτο σύστημα διανομής. Αυτό έχει σαν στόχο να

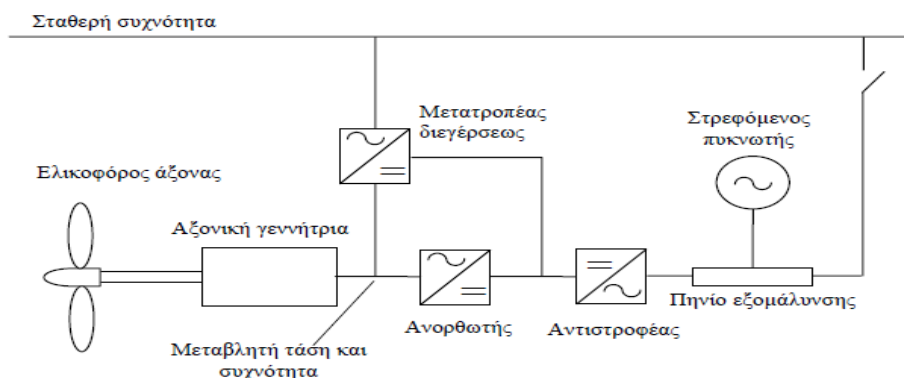
μειώσει την πιθανότητα να κυκλοφορεί ρεύμα σφάλματος στη γάστρα του πλοίου μέσα σε περιοχές υψηλού κινδύνου όπου μπορούν να προκληθούν πυρκαγιές λόγω του εύφλεκτου φορτίου.



**Σχήμα 1.5** Μονοφασικό σφάλμα προς γη σε αγείωτο τριφασικό σύστημα [11]

### 1.3 Αξονική γεννήτρια πλοίου

Σε πλοία με συμβατική πρόωση, ειδική περίπτωση αποτελούν τα πλοία που περιλαμβάνουν και αξονικές γεννήτριες (shaft generators) για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Η αξονική γεννήτρια είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη ηλεκτρική μηχανή απ' ευθείας συνδεδεμένη με τον ελικοφόρο άξονα του πλοίου, παίρνει κίνηση από αυτόν και χρησιμοποιείται σαν μια επιπρόσθετη πηγή ενέργειας όταν το πλοίο κινείται, και έχει αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης. Ένα βασικό πρόβλημα στην χρήση αξονικών γεννητριών είναι η επίτευξη σταθερής τάσης και συχνότητας ειδικά όταν μεταβάλλονται οι στροφές της μηχανής και κατά συνέπεια του άξονα. Σήμερα για την επίτευξη σταθερής τάσης και συχνότητας χρησιμοποιούνται οι στατοί μετατροπείς (static converters). Η σύγχρονη αξονική γεννήτρια παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα μεταβλητής συχνότητας και τάσης. Μετά την ανόρθωση το ρεύμα δίνεται στο ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου με σταθερή τιμή τάσης και συχνότητας μέσω ενός αντιστροφέα (inverter) όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.6.



**Σχήμα 1.6** Αξονική γεννήτρια συνδεδεμένη μέσω αντιστροφέα στο ηλεκτρικό δίκτυο [24]

Μια γεννήτρια αναλαμβάνει την παραγωγή αέργου ισχύος (στρεφόμενος πυκνωτής – condenser). Ο βαθμός απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος φτάνει το 80%, αλλά παρ’

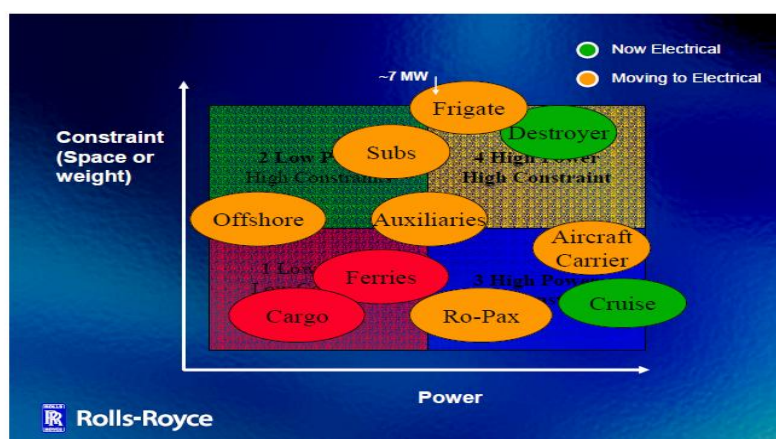
όλα τα εμφανή πλεονεκτήματα ενός τέτοιου συστήματος, υπάρχει ένα βασικό μειονέκτημα: η κυματομορφή της έντασης και της τάσης του ρεύματος είναι παραμορφωμένες στην έξοδο του μετατροπέα, περιέχουν δηλαδή αρμονικές οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος.

## 1.4 Ηλεκτροπρόωση πλοίων [25]

### 1.4.1 Εισαγωγή

Ως ηλεκτροπρόωση ορίζεται το είδος εκείνο της πρόωσης στο οποίο οι άξονες του πλοίου κινούνται απ' ευθείας (ή και σπανιότερα μέσω μειωτήρων) από ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι από άλλες μηχανές όπως diesel, αεριοστρόβιλους και ατμοστρόβιλους. Φυσικά οι κινητήρες diesel, αεριοστρόβιλοι και ατμοστρόβιλοι εξακολουθούν να υπάρχουν στις εγκαταστάσεις ηλεκτροπρόωσης, αλλά αντί να κινούν απ' ευθείας το αξονικό σύστημα με την έλικα κινούν ηλεκτρικές γεννήτριες, που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τους ηλεκτρικούς κινητήρες προώσεως, οπότε και αναφέρονται στη βιβλιογραφία σαν "prime movers" ('κινητήριες μηχανές'). Η προωστήρια εγκατάσταση συμπληρώνεται από κάποιο σύστημα ελέγχου για τον χειρισμό της, δηλαδή την κράτηση-εκκίνηση, την αυξομείωση στροφών και την αλλαγή φοράς περιστροφής των ηλεκτρικών κινητήρων.

Η ηλεκτρική πρόωση έχει αρχίσει να εφαρμόζεται πριν από περίπου 55 χρόνια . Το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, τα συστήματα ήταν του τύπου Σ.Ρ./Σ.Ρ. (συντά συστήματα Ward-Leonard) δηλ. παραγωγή συνεχούς ρεύματος και κίνηση με συνεχές ρεύμα. Το εναλλασσόμενο ρεύμα αρχίζει να χρησιμοποιείται το 1950, αλλά τα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης εξακολουθούν να στηρίζονται σε κινητήρες Σ.Ρ.. Η ανάπτυξη διατάξεων και τεχνικών ελέγχου κινητήρων Ε.Ρ (ηλεκτρονικά ισχύος) τα τελευταία είκοσι χρόνια, που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της πρόωσης από πλευράς τόσο ευελιξίας όσο και οικονομίας καυσίμου, έδωσε τη δυνατότητα για ευρύτερη διάδοση της ηλεκτρικής πρόωσης σε εμπορικά πλοία.



Σχήμα 1.7 Συγκριτικές ανάγκες περιορισμού διαστάσεων (ή βάρους) συναρτήσει της ηλεκτρικής ισχύος για διάφορους τύπους πλοίων [26]

## 1.4.2 Εφαρμογές της ηλεκτροπρόωσης

Τα τελευταία χρόνια (από τη δεκαετία του '90) η ηλεκτροπρόωση παρουσιάζει έντονη διάδοση σε όλους τους τύπους πλοίων ακόμη και των πολεμικών. Στους παρακάτω τύπους πλοίων θεωρείται ως η καταλληλότερη λύση ως προωστήρια εγκατάσταση:

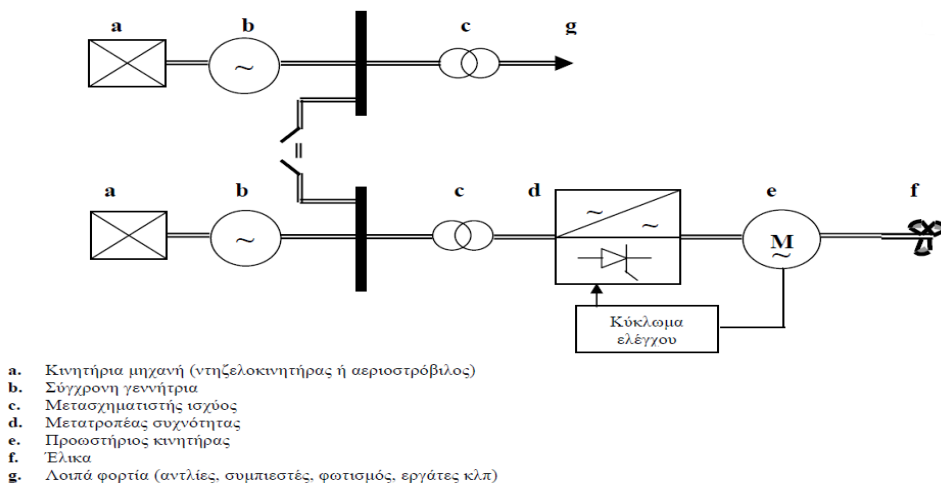
- πλοία με υψηλές ελικτικές ικανότητες
- πλοία με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων
- πλοία με μεγάλα φορτία ενδιαίτησης και έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης
- πλοία με ταχύστροφες μη αναστρέψιμες μηχανές
- υποβρύχια και βαθυσκάφη

Η ηλεκτροπρόωση βρίσκει πλέον εφαρμογή και σε πολεμικά πλοία επιφάνειας, ωστόσο οι αυστηρότεροι κανονισμοί και οι προδιαγραφές των πολεμικών ναυτικών απαιτούν περισσότερη ανάπτυξη και τελειοποίηση των υποσυστημάτων που αποτελούν την ηλεκτροπροωστήρια εγκατάσταση.

Οι κύριες αιτίες που η ηλεκτροπρόωση βρίσκει περισσότερη εφαρμογή πλέον, φαίνονται παρακάτω:

- η αύξηση των ηλεκτρικών καταναλωτών στα πλοία και η τάση για «ηλεκτροποίηση» των πλοίων (AES), δηλαδή η τάση όλες οι λειτουργίες, κύριες και βοηθητικές, να γίνονται πλέον από ηλεκτρικά συστήματα και μηχανήματα, αντικαθιστώντας υδραυλικά, μηχανικά, ή συστήματα ατμού κ.λ.π.,
- η ανάγκη για περισσότερο «αθόρυβη» λειτουργία των πλοίων,
- η αναζήτηση προωστήριων συστημάτων με χαμηλότερο κόστος ζωής και μειωμένες απαιτήσεις επανδρώσεως,
- η ωρίμανση τεχνολογιών που απαιτούνται για να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της ηλεκτροπρόωσης (τεχνολογίες των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος)

Ένα γενικευμένο ηλεκτρολογικό διάγραμμα ενός ηλεκτρικού δικτύου πλοίου με ηλεκτροπρόωση απεικονίζεται στο Σχήμα 1.8.



Σχήμα 1.8 Γενικό διάγραμμα συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου [25]

Πρέπει να τονιστεί επίσης, ότι η επιλογή της ηλεκτροπρόωσης ως σύστημα πρόωσης ενός πλοίου, προσφέρει περισσότερη ελευθερία στη σχεδίαση και στην επιλογή των υποσυστημάτων και της διάταξης όλης της προωστήριας και ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Στο σημείο αυτό και λόγω της μεγάλης ανάπτυξης των ηλεκτροπροωστήριων συστημάτων, αξίζει να αναφερθούν οι παρακάτω ορολογίες που συναντώνται συχνά στη βιβλιογραφία και στη βιομηχανία:

➤ **Πλήρης Ηλεκτροπρόωση (Full Electric Propulsion - F.E.P.) :**

Η εγκατάσταση προώσεως κατά την οποία το πλοίο κινείται αποκλειστικώς από ηλεκτρικούς κινητήρες. Τα ζεύγη κινητηρίων μηχανών-γεννητριών που τροφοδοτούν τους κινητήρες προώσεως, υπάρχουν αποκλειστικώς για το σκοπό αυτό (δεν τροφοδοτούν άλλα φορτία). Η ηλεκτρική ισχύς για όλους τους άλλους καταναλωτές του πλοίου παράγεται από άλλες γεννήτριες.

➤ **Ολοκληρωμένη Πλήρης Ηλεκτροπρόωση (Integrated Full Electric Propulsion - I.F.E.P.) :**

Η εγκατάσταση ηλεκτροπρόωσης στην οποία τα ίδια ζεύγη κινητηρίων μηχανών - γεννητριών, τροφοδοτούν τόσο τους ηλεκτρικούς κινητήρες προώσεως, όσο και τα υπόλοιπα ηλεκτρικά φορτία του πλοίου.

➤ **Πλήρως Εξηλεκτρισμένο πλοίο ( All Electric Ship -A.E.S. ) :**

Το πλοίο που διαθέτει ολοκληρωμένη πλήρη ηλεκτροπρόωση και που επιπλέον σε ευρεία έκταση επιτελεί τις λειτουργίες του μέσω ηλεκτρικών μηχανημάτων και συστημάτων.

➤ **Ηλεκτρικό δίκτυο προώσεως (Propulsion Network) :**

Το τμήμα εκείνο (ανεξάρτητο ή 'ενσωματωμένο') του ηλεκτρικού δικτύου πλοίου που τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία που σχετίζονται με την πρόωση.

➤ **Ηλεκτρικό δίκτυο γρήσεως (Ship Service System) :**

Το υπόλοιπο, πλην δικτύου προώσεως, ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου.

### 1.4.3 Πλεονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης είναι τα ακόλουθα:

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0 - 100 %.
- Γρήγορη απόκριση κατά τη διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.
- Χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.
- Οικονομία καυσίμου, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, ώστε η καθεμία να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο σημείο.
- Ελευθερία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος, που προσφέρει ευελιξία στον σχεδιασμό του σκάφους και εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου.
- Πλήρης εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής σε όλο το πεδίο λειτουργίας.
- Ευκολία αυτοματισμού.

- Αυξημένη αξιοπιστία (πολλά συστήματα συνδεδεμένα παράλληλα) και, επομένως, αυξημένη ασφάλεια.
- Περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων διότι η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, και επειδή ιδιαίτερα οι εκπομπές  $\text{NO}_x$  είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ., ένας μεσόστροφος κινητήρας Diesel λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.
- Περιορισμός του κινδύνου ρύπανσης του περιβάλλοντος από ατυχήματα όπως αυτά των δεξαμενοπλοίων, χάρη στην ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τους χειρισμούς και τη δυναμική τοποθέτηση του σκάφους.

#### 1.4.4 Μειονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης

Τα μειονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλό κόστος επένδυσης.
- Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα. Ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος στο σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης μόνον όταν κάθε μηχανή λειτουργεί σε σταθερή ταχύτητα περιστροφής και επί μεγάλα χρονικά διαστήματα στη βέλτιστη περιοχή.
- Πρόβλημα ποιότητας ισχύος λόγω των αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσεως που δημιουργούνται από τα ηλεκτρονικά ισχύος. Οι αρμονικές αυτές αφενός προσauxάνουν τη συνολική κυκλοφορούσα άεργο ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά επιπλέον δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Έτσι ο "ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος" που παράγεται επηρεάζει αρνητικά όλες τις ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις –πρωτίστως τα κυκλώματα ελέγχου των ίδιων των ηλεκτρονικών ισχύος – ενώ σε περιπτώσεις στρατιωτικών εφαρμογών αυξάνει τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής των πλοίων. Τέλος, είναι δυνατόν οι αρμονικές παραμορφώσεις των ηλεκτρικών μεγεθών να διεγείρουν ιδιοσυχνότητες ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων, όπως είναι τα φαινόμενα σιδηροσυντονισμού στους δρομείς των σύγχρονων γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε πολλές εφαρμογές, η συνισταμένη πλεονεκτημάτων - μειονεκτημάτων είναι θετική, οπότε η ηλεκτρική πρόωση είναι η ενδεδειγμένη λύση, οδηγώντας σε χαμηλότερο κόστος λειτουργίας (μειωμένο πλήρωμα, οικονομικότερη συντήρηση, γρηγορότερα ταξίδια, μη αναγκαιότητα ρυμούλκησης κοκ).

### 1.5 Απαιτήσεις και κανονισμοί ηλεκτρικών δικτύων

#### 1.5.1 Γενικά

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός πλοίου κατά την κατασκευή του, πρέπει να γίνεται με βάση τις προδιαγραφές κάποιου αναγνωρισμένου νηογνώμονα, των διεθνών κανονισμών και με βάση τις διεθνείς συμβάσεις της S.O.L.A.S αλλά και MARPOL (σχετικά με τη ρύπανση του περιβάλλοντος από τις μηχανές του πλοίου).



Στην εργασία αυτή κατά την ηλεκτρολογική μελέτη των τριών υπό μελέτη πλοίων ακολουθήθηκαν οι κανονισμοί του GL (Germanischer Lloyd – μέλος των IACS (International Association of Classification Societies)).[7]

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, οι εγκαταστάσεις τροφοδοσίας ηλεκτρικής ισχύος περιλαμβάνουν όλες τις εγκαταστάσεις για την παραγωγή, τη μετατροπή, την αποθήκευση και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του πλοίου διαχωρίζεται σε **ουσιώδη εξοπλισμό** και **μη ουσιώδη εξοπλισμό**. Ο **ουσιώδης εξοπλισμός** είναι αυτός που αφορά τα μηχανήματα κύριας πρόωσης του πλοίου, την κατεύθυνση και πλοήγηση του πλοίου, την διατήρηση της ασφάλειας του πλοίου και τη διατήρηση της ασφάλειας των ανθρώπινων ζώων στη θάλασσα. Ο ουσιώδης εξοπλισμός χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες, σε **πρωτεύοντα ουσιώδη** και **δευτερεύοντα ουσιώδη**. Ο **πρωτεύοντας ουσιώδης** αφορά εξοπλισμό που πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή και αδιάκοπη λειτουργία (π.χ. σύστημα πηδαλίου, αντλίες λίπανσης, αντλίες τροφοδοσίας πετρελαίου, κύρια συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης κλπ). Ο **δευτερεύοντας ουσιώδης** περιλαμβάνει εξοπλισμό που για σύντομο χρονικό διάστημα δεν χρειάζεται να είναι σε αδιάκοπη λειτουργία (π.χ. μονάδες επεξεργασίας πετρελαίου, εγκαταστάσεις εκκίνησης των βοηθητικών και κύριων μηχανών, αντλίες ερματισμού και σεντινών, αντλίες πυρκαγιάς, εργάτης άγκυρας, κλπ.). Τέλος, ο **μη ουσιώδης εξοπλισμός** περιλαμβάνει τα φορτία που δεν περιλαμβάνονται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες.

Ο πρωτεύοντας και ο δευτερεύοντας ουσιώδης εξοπλισμός του πλοίου θα πρέπει να τροφοδοτούνται κατευθείαν από τον κύριο ή έκτακτης ανάγκης πίνακα.

Ο πρωτεύοντας και δευτερεύοντας ουσιώδης εξοπλισμός που προορίζονται για την ίδια λειτουργία θα πρέπει να τροφοδοτούνται από δύο ξεχωριστά καλώδια παροχής από τον κύριο πίνακα ή από δύο ξεχωριστούς υποπίνακες.

### 1.5.2 Συχνότητα και τάση του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου

Τα μέγιστα επίπεδα τάσεων λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων με βάση τους κανονισμούς του GL, φαίνονται στον Πίνακα 1.1.

17 500 V	for permanently installed power plants
500 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) for permanently installed power and control circuits</li> <li>b) for devices with plug-and-socket connections which are earthed either via their mounting or through a protective earth conductor</li> <li>c) the power supply to systems requiring special electric shock-prevention measures shall be provided via earth-leakage circuit breaker <math>\leq 30</math> mA (not applicable to essential equipment)</li> </ul>
250 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) for installations and devices, as laid down in paras a) to c) for 500 V, see above</li> <li>b) for permanently installed lighting systems</li> <li>c) for permanently installed control, monitoring and ships safety systems</li> <li>d) for devices supplied via plug-and-socket and requiring special electric shock-prevention measures, the power supply is to take place via a protective isolating transformer, or the device shall be double-insulated</li> </ul>
50 V Safety voltage	for portable devices for working in confined spaces where special electric shock-prevention measures are required

**Πίνακας 1.1** Μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα τάσεων [7]

Ως **χαμηλής τάσης** συστήματα ορίζονται αυτά που λειτουργούν σε τάση από 50 V έως και 1000 V, με συχνότητα λειτουργίας 50 ή 60 Hz ή τα δίκτυα συνεχούς ρεύματος με μέγιστη τάση λειτουργίας τα 1500 V.

Ως **μέσης τάσης** συστήματα ορίζονται αυτά που λειτουργούν σε τάση από 1 kV έως και 17,5 kV, με συχνότητα 50 ή 60 Hz ή τα δίκτυα συνεχούς ρεύματος με τάση λειτουργίας μεγαλύτερη από 1500 V.

Σε **δίκτυα χαμηλής τάσης**, τα παρακάτω συστήματα είναι επιτρεπτά:

- Για συστήματα Σ.Ρ. και μονοφασικού εναλλασσομένου ρεύματος:
  - 2 αγωγοί, με τον έναν αγωγό γειωμένο (1/N/PE)
  - 1 αγωγός με επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου (1/PEN)
  - 2 αγωγοί μονωμένοι από τη γάστρα του πλοίου (2/PE)
- Για τριφασικά συστήματα εναλλασσομένου ρεύματος:
  - 4 αγωγοί με τον ουδέτερο γειωμένο, χωρίς επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου (3/N/PE)
  - 3 αγωγοί με τον ουδέτερο γειωμένο μέσω της γάστρας του πλοίου (3/PEN)
  - 3 αγωγοί μονωμένοι από τη γάστρα του πλοίου (3/PE)

Για τα συστήματα μέσης τάσεως, μπορεί να ανατρέξει κανείς στη βιβλιογραφία [7].

Η επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου δεν επιτρέπεται σε πλοία μεγαλύτερα από **1600 GRT**. Η σύνδεση του καλωδίου επιστροφής στη γάστρα πρέπει να γίνει σε μέρος εύκολο να ελεγχθεί και όχι σε τμήματα με απομονωμένα διαφράγματα π.χ. χώροι ψυγείων.

Σε ένα αγείωτο σύστημα, τα ουδέτερα σημεία των γεννητριών δεν πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους. Η αντίσταση μόνωσης ενός αγείωτου συστήματος θα πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς.

Τέλος στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι επιτρεπτές διακυμάνσεις της τάσης και της συχνότητας των ηλεκτρικών δικτύων των πλοίων.

Quantity in operation	Variations	
	permanent	transient
Frequency	± 5 %	± 10 % (5 sec)
Voltage	+6%, -10%	± 20 % (1,5 sec)

**Πίνακας 1.2** Διακυμάνσεις τάσης και συχνότητας σε E.P. συστήματα διανομής [7]

Parameters	Variations
Voltage tolerance (continuous)	± 10 %
Voltage cyclic variation deviation	5 %
Voltage ripple (a.c. r.m.s. over steady d.c. voltage)	10 %

**Πίνακας 1.3** Διακυμάνσεις τάσης σε Σ.Ρ. συστήματα διανομής [7]

Systems	Variations
Components connected to the battery during charging (see Note)	+ 30 %, -25 %
Components not connected to the battery during charging	+ 20 %, -25 %
Note: Different voltage variations as determined by the charging/ discharging characteristics, including ripple voltage from the charging device, may be considered.	

**Πίνακας 1.4** Διακυμάνσεις τάσεως για συστήματα συσσωρευτών [7]

Σε συστήματα χωρίς στατούς μετατροπείς και που τροφοδοτούνται από σύγχρονες γεννήτριες, η συνολική παραμόρφωση της τάσης λόγω αρμονικών συνιστωσών δεν πρέπει να ξεπερνά το 5%, ενώ σε συστήματα με στατούς μετατροπείς, η αρμονική παραμόρφωση δεν πρέπει να ξεπερνά το 8%.

### 1.5.3 Ηλεκτρικός εξοπλισμός

Η επιλογή και η διάταξη όλων των μηχανημάτων και του εξοπλισμού και των συσκευών του πλοίου, θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής και ομαλή λειτουργία του πλοίου. Θα πρέπει να ληφθούν δηλαδή, από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού του πλοίου, τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αντιμετωπιστούν με επιτυχία οι δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία) και οι διάφορες μηχανικές καταπονήσεις (κραδασμοί) σύμφωνα με τους πίνακες 1.5, 1.6, 1.7.

Equipment, components	Angle of Inclination [°] <sup>2</sup>			
	athwartships		longitudinally	
	static	dynamic	static	dynamic
Main engines and auxiliary machinery	15	22,5 10 s <sup>4</sup>	5	7,5
Ship's safety equipment, including, for example, emergency source of power, emergency fire pumps and other drives	22,5 <sup>3</sup>	22,5 <sup>3</sup> 10 s <sup>4</sup>	10	10
Switchgear, electric and electronic equipment <sup>1</sup> , remote controls				
<sup>1</sup> no unintended switching operations or functional changes shall occur up to an angle of inclination of 45° <sup>2</sup> inclinations may occur simultaneously athwartships and longitudinally <sup>3</sup> on ships for the carriage of liquefied gases and chemicals, the emergency power supply shall also remain operational with the ship flooded up to a maximum final athwartship inclination of 30° <sup>4</sup> rolling period				

**Πίνακας 1.5** Γωνίες κλίσης [7]

<b>Coolant</b>	<b>Temperature</b>
Seawater	+ 32 °C <sup>1</sup>
<sup>1</sup> GL may approve lower water temperatures for ships with restricted operational areas	

**Πίνακας 1.6** Θερμοκρασία του νερού [7]

Environmental Category	Environmental Conditions						Comments
	Closed Area			Open Deck Area			
	Temperature	relative Humidity	Vibrations	Temperature	relative Humidity	Vibrations	
<b>A</b>	0 °C to + 45 °C	to 100 %	0,7 g				For general applications, except category B, C, D, F, G, H.
<b>B</b>	0 °C to + 45 °C	to 100 %	4 g				For application at a higher level of vibration strain.
<b>C</b>	0 °C to + 55 °C	to 100 %	0,7 g				For application at a higher degree of heat.
<b>D</b>	0 °C to + 55 °C	to 100 %	4 g				For application at a higher degree of heat and a higher level of vibrations strain.
<b>E</b>	0 °C to + 40 °C	to 80 %	0,7 g				For use in air-conditioned areas. With GL's special consent only.
<b>F</b>				- 25 °C to + 45 °C	to 100 %	0,7 g	For application when additional influences of salt mist and temporary inundation are to be expected.
<b>G</b>				- 25 °C to + 45 °C	to 100 %	2,3 g	For use on masts, with the additional influence of salt mist.
<b>H</b>	In accordance with manufacturer's specifications						The provisions contained in the Certificates shall be observed.

**Πίνακας 1.7** Περιβαλλοντικές συνθήκες / κατηγορίες [7]

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές μηχανές, στα καλώδια, στον διακοπτικό εξοπλισμό και σε άλλο εξοπλισμό θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στο θαλασσινό νερό, στην υγρασία και σε ατμούς πετρελαίου. Επιπλέον, δεν πρέπει να είναι υγροσκοπικά ενώ πρέπει να είναι βραδύκαυστα και αυτοσβενούμενα. Τα υλικά συνιστάται να είναι **ελεύθερα αλογόνων**.

Επιπλέον ο ηλεκτρικός εξοπλισμός θα πρέπει να προστατεύεται με μόνωση ενάντια σε ξένα σώματα και στο νερό με βάση τον Πίνακα 1.8 και ανάλογα με το μέρος της εγκατάστασης.

Equipment / Location	Generators, motors, transformers <sup>1</sup>	Switchgear, electronic equipment and recording devices <sup>1</sup>	Communications equipment, display and input units, signalling equipment, switches, power sockets, junction boxes and control elements <sup>1</sup>	Heating appliances heaters and cooking equipment	Lighting fittings
Locked dry electrical service rooms	IP 00	IP 00	IP 20	IP 20	IP 20
Dry spaces, service rooms dry control rooms, accommodation	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Wheelhouse, radio room, control stations	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22
Wet spaces (e.g. machinery spaces, bow thruster room, passage ways), ventilation ducts (internal), pantries, provision rooms, store rooms	IP 22 <sup>3</sup>	IP 22 <sup>3</sup>	IP 44 <sup>2</sup>	IP 22 <sup>3</sup>	IP 22 <sup>3</sup>
Machinery spaces below floor (bilge), separator and pump rooms, refrigerated rooms, galleys, laundries, bathrooms and shower rooms	IP 44	IP 44	IP 55 <sup>2,4</sup>	IP 44 <sup>5</sup>	IP 34 <sup>5</sup>
Pipe tunnels, ventilation ducts (to open deck), cargo holds	IP 55	IP 55	IP 55 <sup>2</sup>	IP 55	IP 55
Open decks	IP 56	IP 56	IP 56	IP 56	IP 55
<b>Notes</b> <sup>1</sup> For the degrees of protection for the equipment of watertight doors, see Section 14, D.7. - Motors and associated control and monitoring equipment : IP X7 - Door position indicators : IP X8 - Door-closure warning devices : IP X6 <sup>2</sup> For the degrees of protection for measuring chamber of smoke detectors : IP 42 <sup>3</sup> For the degrees of protection in the adjacent area of direct spray of the FWBLAFFS : IP 44 <sup>4</sup> For the degrees of protection for galleys and laundries : IP 44 <sup>5</sup> For the degrees of protection for bathrooms and shower rooms in zone 0, 1, 2 see Section 11, C.2.2					

**Πίνακας 1.8** Ελάχιστος βαθμός προστασίας έναντι ξένων σωμάτων και νερού [7]

Τέλος, στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των πλοίων πρέπει να υπάρχει προστασία από ηλεκτροπληξία είτε από άμεση είτε από έμμεση επαφή του ανθρώπου με ηλεκτροφόρους αγωγούς ή συσκευές. Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποφεύγεται η πρόσβαση ή η επαφή σε ηλεκτροφόρο εξοπλισμό από τον άνθρωπο. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας, σε περίπτωση σφάλματος στη μόνωση του εξοπλισμού, τα παρακάτω μέτρα μπορούν να ληφθούν:

- Γείωση προστασίας : όλα τα αγώγιμα μέρη του ηλεκτρικού εξοπλισμού του πλοίου που δεν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά μπορούν σε περίπτωση σφάλματος να παρουσιάσουν κάποια τάση επικίνδυνη για τον άνθρωπο, θα πρέπει να γειώνονται στη γάστρα του πλοίου.
- Μόνωση προστασίας (διπλή μόνωση)
- Υιοθέτηση τάσεων που δεν είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο σε περίπτωση σφάλματος.

## 1.6 Ηλεκτρικές διαφορές των υπό μελέτη πλοίων

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι ηλεκτρικές διαφορές στις απαιτήσεις των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου και δεξαμενόπλοιων σε σχέση με τα φορτηγά πλοία γενικού φορτίου, με βάση τους κανονισμούς του GL.

Οι διαφορές στις ηλεκτρικές απαιτήσεις ενός **πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην** σε σχέση με ένα φορτηγό πλοίο γενικού φορτίου, αφορούν κυρίως τους ανιχνευτές στάθμης νερού και τα αντίστοιχα οπτικά ή ακουστικά συστήματα συναγερμού. Με τον όρο **ανιχνευτές στάθμης νερού** εννοείται ένα σύστημα που αποτελείται από αισθητήρες και συσκευές ένδειξης, οι οποίοι ανιχνεύουν και προειδοποιούν για την εισροή του νερού στα αμπάρια και σε άλλους χώρους, και απαιτούνται για πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην από τη διεθνή σύμβαση SOLAS, κανονισμός XII/12.1 και για μονοάμπαρα πλοία με βάση τη SOLAS “Amendments 2003, 2004 και 2005”, κανονισμός 23-3. Οι απαιτήσεις αυτές προβλέπουν τα παρακάτω:

- ▲ Οι ανιχνευτές, τα ηλεκτρικά καλώδια και οποιοσδήποτε σχετικός εξοπλισμός εγκατεστημένος μέσα στα αμπάρια, θα πρέπει να προστατεύονται από ζημιές από τα φορτία ή μηχανολογικό εξοπλισμό.
- ▲ Η προστασία του περιβλήματος των ηλεκτρικών στοιχείων, που είναι εγκατεστημένα **μέσα** σε αμπάρια, δεξαμενές έρματος και ξηρούς χώρους θα πρέπει να είναι σύμφωνα με το IP 68 με βάση το πρότυπο IEC 60529.
- ▲ Η προστασία του περιβλήματος των ηλεκτρικών στοιχείων, που είναι εγκατεστημένα **πάνω** σε αμπάρια και δεξαμενές έρματος θα πρέπει να είναι σύμφωνα με το IP 56 με βάση το πρότυπο IEC 60529.
- ▲ Οι ανιχνευτές θα πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε όλες τις συνθήκες περιβάλλοντος που μπορεί να υπάρξουν σε ένα αμπάρι.
- ▲ Το σύστημα συναγερμού θα πρέπει να είναι στη γέφυρα, η σηματοδότηση να είναι κατάλληλη για το περιβάλλον και να μην παρεμβαίνει σημαντικά σε άλλες δραστηριότητες απαραίτητες για την ασφαλή λειτουργία του πλοίου.
- ▲ Το σύστημα συναγερμού θα πρέπει να τροφοδοτείται από δύο ξεχωριστές πηγές, την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος και την πηγή έκτακτης ανάγκης.

Οι διαφορές στις απαιτήσεις των κανονισμών, κατά την ηλεκτρολογική εγκατάσταση σε ένα **δεξαμενόπλοιο** σε σχέση με ένα φορτηγό πλοίο γενικού φορτίου, αφορούν κυρίως την εγκατάσταση και τη προστασία (μόνωση) των καλωδίων και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού σε περιοχές κινδύνου. Ως περιοχές κινδύνου ορίζονται οι περιοχές στις οποίες μπορεί να προκύψει μια εκρηκτική ατμόσφαιρα σε επικίνδυνη ποσότητα λόγω τοπικών συνθηκών λειτουργίας. Επιπλέον για τέτοιου τύπου πλοία, με βάση τους κανονισμούς του GL, επιτρέπονται τα παρακάτω ηλεκτρικά δίκτυα:

1. Συνεχούς ρεύματος και μονοφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος
  - 2 αγωγοί, μονωμένοι από τη γάστρα του πλοίου
2. Τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος
  - 3 αγωγοί μονωμένοι από τη γάστρα του πλοίου

Συστήματα με επιστροφή μέσω της γάστρας του πλοίου ή συστήματα με γειωμένο ουδέτερο ή συστήματα με γειωμένο αγωγό **δεν επιτρέπονται** σε tankers, εκτός από τοπικά περιορισμένα συστήματα με επιστροφή μέσω της γάστρας ή με γειωμένο ουδέτερο, που είναι εγκατεστημένα εκτός περιοχών κινδύνου και αφορούν:

- Προστασία από διάβρωση
- Κυκλώματα μέτρησης των συστημάτων εκκίνησης και προθέρμανσης των συστημάτων εσωτερικής καύσης
- Δίκτυα μέσης τάσεως που δεν επηρεάζονται από περιοχές κινδύνου.

Η αντίσταση μόνωσης των αγείων πρωτευόντων και δευτερευόντων συστημάτων διανομής, που περνούν μέσα από περιοχές κινδύνου ή που ανήκουν σε εξοπλισμό που βρίσκεται σε περιοχή κινδύνου, θα πρέπει να παρακολουθείται.

Σε περιοχές κινδύνου, θα πρέπει να τοποθετούνται καλώδια μόνο για συσκευές των οποίων η χρήση επιτρέπεται σε αυτές τις περιοχές. Τα καλώδια αυτά θα πρέπει να προστατεύονται από ζημιές.

Όλα τα καλώδια που είναι εκτεθειμένα σε φορτίο, ατμούς πετρελαίου ή αέρια θα πρέπει να είναι θωρακισμένα ή με προστατευτικό στρώμα, και να έχουν ένα γενικά υδατοστεγές και ανθεκτικό στο πετρέλαιο εξωτερικό μανδύα.

Γενικά, ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός μη εγκεκριμένου τύπου ασφαλείας θα πρέπει να τοποθετείται έξω από τις περιοχές κινδύνου. Τέτοιος εξοπλισμός μπορεί να τοποθετηθεί σε κλειστούς ή ημίκλειστους χώρους μόνο αν είναι καλά αεριζόμενοι και χωρισμένοι μέσω φρεατίων ή ισοδύναμων διαστημάτων από τις δεξαμενές φορτίου, και μέσω διαφραγμάτων, που παρέχουν στεγανότητα ως προς το πετρέλαιο και τα αέρια, από τα φρεάτια και το αντλιοστάσιο. Οι χώροι αυτοί θα πρέπει να είναι προσβάσιμοι μόνο από μη επικίνδυνες περιοχές ή μέσω επαρκώς αεριζόμενων αεροφρακτών.

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός μη εγκεκριμένου τύπου ασφαλείας μπορεί να εγκατασταθεί μέσα σε περιοχή κινδύνου, εάν ανήκει σε εγγενώς ασφαλές κύκλωμα.

Τα υπόλοιπα μέτρα προστασίας που αφορούν τους κινητήρες, τα κυκλώματα μέτρησης, σηματοδότησης, ελέγχου και εσωτερικής επικοινωνίας, τους ανεμιστήρες και τον εξαερισμό, το σύστημα χειρισμού του φορτίου και του έρματος, το σύστημα καθοδικής προστασίας αναφέρονται στους κανονισμούς του GL 2010, I-Part 1, Section 15, A.

Επιπλέον υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για πετρελαιοφόρα με σημείο ανάφλεξης του φορτίου πάνω από 60° C, για πετρελαιοφόρα με σημείο ανάφλεξης του φορτίου κάτω από 60 ° C, για δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) καθώς και για χημικά δεξαμενόπλοια. Οι απαιτήσεις αυτές βρίσκονται στους κανονισμούς του GL 2010, I-Part 1, Section 15, B, C, D, E.

Για περισσότερες πληροφορίες μπορεί να ανατρέξει κάποιος στην σχετική βιβλιογραφία [7].

## **1.7 Σημασία ηλεκτρολογικής μελέτης**

Με βάση όλες τις προηγούμενες παραγράφους, προκύπτει η μεγάλη σημασία της πλήρους και ορθής ηλεκτρολογικής μελέτης κατά την διάρκεια κατασκευής του πλοίου. Το ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου θα πρέπει να είναι ικανό να αντιμετωπίσει οποιοδήποτε σφάλμα προκύψει στον ηλεκτρικό εξοπλισμό του, πρέπει να έχει εφεδρεία, να έχει μεγάλη αξιοπιστία και για την ασφάλεια του πλοίου αλλά και για το πλήρωμα και τους επιβάτες του και να λειτουργεί σωστά κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες, κακοκαιρία, καταπονήσεις κλπ. Όλα αυτά κάνουν την ηλεκτρολογική μελέτη του πλοίου μια εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία. Η σύνθετη αυτή διαδικασία πρέπει να είναι αρκετά ακριβής, ώστε να αποφευχθούν υπερδιαστασιολογήσεις των καλωδίων και των ηλεκτρικών εξοπλισμών του πλοίου καθώς αυξάνουν το βάρος, τον όγκο, το κόστος του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου αλλά και τη ρύπανση του περιβάλλοντος.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ηλεκτρικός ισολογισμός

#### 2.1 Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός ισχύος <sup>[2]</sup>

Ηλεκτρικός ισολογισμός είναι ο υπολογισμός της πραγματικής ηλεκτρικής ισχύος του συνόλου των καταναλωτών σε ένα πλοίο στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του. Αποτελεί μια πολύ σημαντική μελέτη κατά το στάδιο κατασκευής του πλοίου καθώς συνοψίζει το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου.

Κατά το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού του πλοίου μια εκτίμηση του ηλεκτρικού φορτίου του πλοίου με βάση εμπειρικές σχέσεις [2] είναι αρκετή. Στη συνέχεια όμως και εφόσον έχουν προσδιοριστεί με ακρίβεια τα ηλεκτρικά φορτία του πλοίου θα πρέπει να γίνει λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός προκειμένου να γίνει η επιλογή των ηλεκτρογεννητριών του πλοίου, των καλωδίων, των διατάξεων προστασίας του δικτύου κλπ.

Η κατάσταση του ισολογισμού περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός πίνακα με όλα τα ηλεκτρικά φορτία του πλοίου, χωρισμένα σε ομάδες π.χ. βοηθητικά πρόωσης, πίνακες φωτισμού κλπ. Ο πίνακας περιλαμβάνει όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου π.χ. κατάσταση κανονικής πορείας, κατάσταση χειρισμών, εν όρμω, φόρτωσης κλπ, καθώς και μια στήλη με το πλήθος των όμοιων φορτίων (N), μια στήλη με το βαθμό απόδοσης κάθε καταναλωτή ( $\eta$ ), μια στήλη με την αποδιδόμενη ισχύ, μια με την απορροφόμενη ισχύ και μια με την συνολική εγκατεστημένη ισχύ κάθε καταναλωτή. Επιπλέον, η κάθε κατάσταση λειτουργίας αποτελείται από μια στήλη με το συντελεστή λειτουργίας κάθε καταναλωτή ( $f_s$ ), μια με το πλήθος των όμοιων φορτίων που είναι σε λειτουργία (N') και μία με την ισχύ λειτουργίας. Ο Πίνακας 2.1 δείχνει πως καταστρώνεται ο ηλεκτρικός ισολογισμός.

Ισχύουν :

$$P_{\text{ον.απορροφ.}} [\text{kW}] = P_{\text{ον.αποδ.}} [\text{kW}] / \eta \quad (2.1)$$

όπου  $\eta$  ο βαθμός απόδοσης καταναλωτή.

$$P_{\text{εγκατ.}} [\text{kW}] = P_{\text{ον.απορροφ.}} [\text{kW}] * N \quad (2.2)$$

όπου N το πλήθος των όμοιων καταναλωτών.

$$f_s = \frac{\text{Μέσο φορτίο 24-ώρου}}{\text{Ονομαστικό φορτίο}} = \frac{\sum_i P_i \cdot t_i}{24 \cdot P_{\text{ον.αποδ.}}} \quad (2.3)$$

Πίνακας 2.1 Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός [2]

Καταναλωτής	η	N	Εγκατεστημένη Ισχύς				Ισχύς Καγ. Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχύς "εν όρμω"		
			P <sub>ον. αποδ.</sub>		P <sub>ον. απορ.</sub>	P <sub>εγκατ.</sub>	N'	f <sub>s</sub>	P <sub>λειτ.</sub>	N'	f <sub>s</sub>	P <sub>λειτ.</sub>	N'	f <sub>s</sub>	P <sub>λειτ.</sub>
			PS	kW	kW	kW			kW			kW			kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Βοηθ. Προώσεως Καθαριστής ελ.λιπάνσ. · · ·	0,85	2	7,45		6,45	13	1	0,35	2,3	1	0,35	2,3	0	-	-
Μερικό άθροισμα															
Βοηθ. χώρων διαμονής · · ·															
Βοηθ. Σκάφους Ηλεκτρ. όργανα · · ·	-	-	-	-	-	10	-	0,45	4,5	-	0,45	4,5	-	0,45	4,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>															

όπου  $P_i$  είναι η ισχύς λειτουργίας κατά τη χρονική περίοδο  $i$  του 24-ώρου και  $t_i$  οι ώρες λειτουργίας με ισχύ  $P_i$  κατά τη διάρκεια ενός 24-ώρου.

$$P_{\text{λειτ. [kW]}} = P_{\text{ov.απορροφ. [KW]}} * N' * f_s \quad (2.4)$$

όπου  $N'$  το πλήθος των όμοιων καταναλωτών σε λειτουργία στην εκάστοτε κατάσταση.

Το άθροισμα των τιμών της στήλης με την ισχύ λειτουργίας δίνει την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ σε κάθε κατάσταση κινήσεως του πλοίου.

## 2.2 Επεκτεταμένος ηλεκτρικός ισολογισμός ισχύος <sup>[14]</sup>

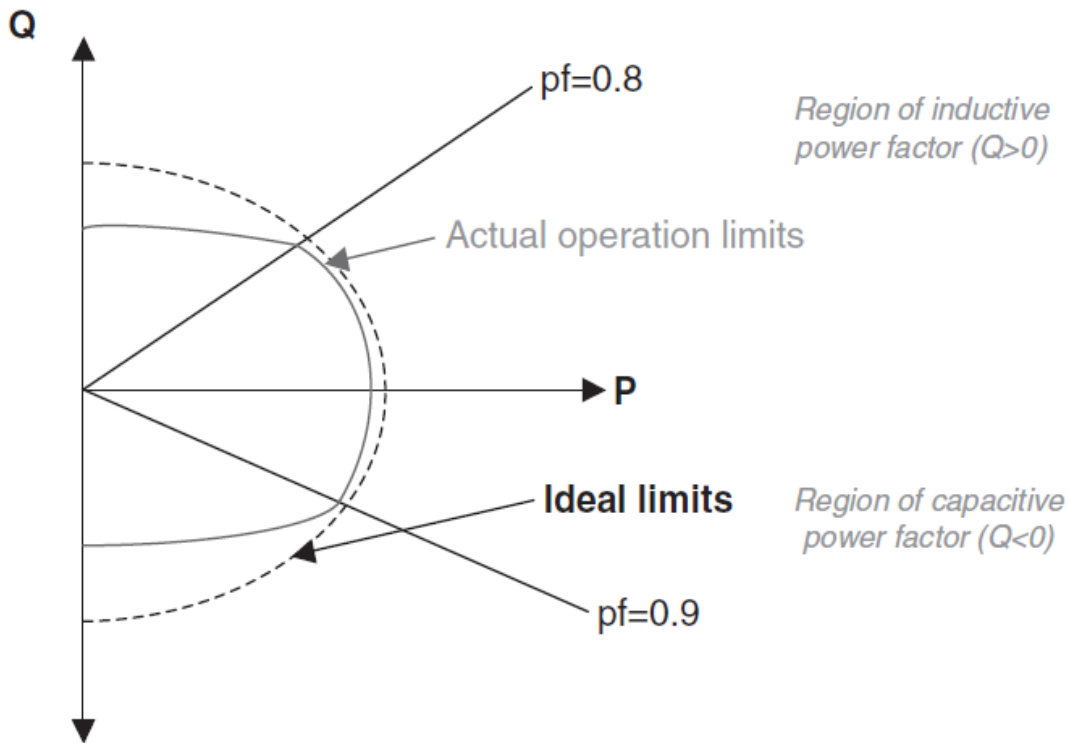
### 2.2.1 Εισαγωγή

Τα ενεργειακά συστήματα πλοίων είναι αυτόνομα με τις γεννήτριες να καλύπτουν τις ανάγκες σε ενέργεια των εγκατεστημένων φορτίων όπως και οποιεσδήποτε απώλειες στο σύστημα διανομής ισχύος. Έτσι, οι γεννήτριες και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους προσδιορίζονται και επιλέγονται κατά το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού του συστήματος ενέργειας του πλοίου με βάση τον ηλεκτρικό ισολογισμό του πλοίου. Σε αυτή τη μελέτη, λαμβάνεται υπόψη μόνο η ισχύς σε kW, δηλαδή η ενεργός ισχύς. Ωστόσο, στα εναλλασσόμενα ηλεκτρικά δίκτυα πλοίων, κυκλοφορεί επίσης άεργος ισχύς και πρέπει επομένως να εκτιμηθεί και αυτή. Η σημασία αυτού του προβλήματος αντανακλάται και στη τιμή του συντελεστή ισχύος, που οι γεννήτριες πρέπει να τηρούν. Έτσι, μολονότι, ο ονομαστικός συντελεστής ισχύος των γεννητριών ορίζεται από τους κατασκευαστές να είναι ίσος με 0,8 επαγωγικός, σε αρκετές περιπτώσεις, η συνολική ζήτηση ισχύος αντιστοιχεί σε διαφορετικό συντελεστή ισχύος.

Η άεργος ισχύς ενός ηλεκτρικού δικτύου αναφέρεται σε μια ποσότητα ενέργειας που κυκλοφορεί σε ένα κύκλωμα και η οποία μολονότι είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του κυκλώματος, δεν παράγει έργο.

Σε ένα ηλεκτρικό σύστημα ενέργειας πλοίου, οι επαγωγικοί κινητήρες απαιτούν άεργο ισχύ ενώ οι σύγχρονες γεννήτριες είναι αυτές που παράγουν την άεργο ισχύ λειτουργώντας ως χωρητικότητες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μια ισορροπία. Ωστόσο, οι γεννήτριες που παράγουν την ενεργό ισχύ, έχουν περιορισμένη ικανότητα ισχύος: ενεργού, αέργου και φαινόμενης. Η επιτρεπτή περιοχή λειτουργίας στο P-Q επίπεδο είναι ιδανικά ένα ημικύκλιο, το οποίο περιορίζεται ακόμη περισσότερο λόγω των περιορισμών κατασκευής και της μη-γραμμικότητας των γεννητριών (Σχήμα 2.2). Επιπλέον για λόγους ευστάθειας, προτείνεται από τους κατασκευαστές, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2, ο συντελεστής ισχύος να περιορίζεται στην περιοχή ανάμεσα στο 0,9 χωρητικό και 0,8 επαγωγικό.

Συμπερασματικά, η ικανότητα της ισχύος της γεννήτριας περιορίζεται και σε επίπεδο ενεργού και αέργου ισχύος και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον ηλεκτρικό ισολογισμό.



**Σχήμα 2.2** Όρια λειτουργίας γεννήτριας (τα ιδανικά όρια επισημαίνονται με διακεκομμένη γραμμή ενώ τα πραγματικά όρια με συμπαγή γραμμή) [14]

### 2.2.2 Πραγματικός συντελεστής ισχύος

Στην περίπτωση εμφάνισης αρμονικών συνιστωσών είτε στην τάση είτε στο ρεύμα λόγω της παρουσίας των ηλεκτρονικών ισχύος, τότε οι κυματομορφές της τάσεως και του ρεύματος παραμορφώνονται. Επιπλέον, προκύπτει πέρα από την ενεργό και άεργο ισχύ και μια ισχύς παραμόρφωσης  $D$  η οποία ισούται με  $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$  και περιλαμβάνει όλους τους όρους που δεν περιλαμβάνονται στην ενεργό και άεργο ισχύ. Έχουμε:

$$v(t) = \sum_n V_n \sqrt{2} \cos(n\omega t + \theta_{v,n}) \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$i(t) = \sum_n I_n \sqrt{2} \cos(n\omega t + \theta_{i,n}) \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$S = V_{rms} I_{rms} = \sqrt{\sum_n V_n^2} \sqrt{\sum_n I_n^2} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$P = \sum_n V_n I_n \cos(\theta_{v,n} - \theta_{i,n}) \quad n = 1, 2, \dots$$

$$Q = \sum_n V_n I_n \sin(\theta_{v,n} - \theta_{i,n}) \quad n = 1, 2, \dots$$

Ο τελικός συντελεστής ισχύος αποτελείται από δύο όρους:

- 1) τον πραγματικό συντελεστή ισχύος

$$tpf(\text{true power factor}) = \frac{P}{S} \quad (2.5)$$

- 2) τον συντελεστή ισχύος παραμόρφωσης

$$d\text{pf} = \cos\phi = \cos(\theta_{V,1} - \theta_{I,1}) \quad (2.6)$$

Το ονομαστικό ρεύμα που υπολογίζεται από τη σχέση :

$$I_{rms} = \frac{S}{\beta \cdot V_{rms}} \quad (2.7)$$

χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των μεγεθών των στοιχείων του δικτύου διανομής όπως είναι τα καλώδια, οι ζυγοί οι διακόπτες κλπ. Η εξίσωση αυτή επαληθεύει τη σημασία που έχει η ακριβής εκτίμηση της φαινόμενης ισχύος για το σχεδιασμό του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου.

### 2.2.3 Κατάστρωση του επεκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού

Ο ηλεκτρικός ισολογισμός χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ζήτησης ισχύος των εγκατεστημένων φορτίων στο πλοίο στις διακριτές καταστάσεις λειτουργίας του υπό μελέτη πλοίου. Η εκτίμηση αυτή γίνεται με τη βοήθεια του συντελεστή λειτουργίας slf (service load factor), ο οποίος περιλαμβάνει δύο συντελεστές:

- Το συντελεστή φόρτισης lf (load factor), ο οποίος δείχνει τη μερική κατάσταση φόρτισης κάθε φορτίου στην υπό μελέτη κατάσταση λειτουργίας.
- Το συντελεστή ταυτοχρονισμού sf (simultaneity factor) που δείχνει ότι σε κάθε κατάσταση λειτουργίας δεν λειτουργούν όλα τα φορτία ταυτόχρονα.

Συγκεκριμένα έχουμε:

$$(slf) = (lf) \cdot (sf) \quad (2.8)$$

Η εκτίμηση του slf δεν είναι εύκολο έργο. Συνήθως, υπάρχουν αντιπροσωπευτικές τιμές για κάθε φορτίο ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και την κατάσταση λειτουργίας. Συνήθως στον ηλεκτρικό ισολογισμό δεν αναφέρεται η άεργος ισχύς και όπου χρειάζεται π.χ. στον υπολογισμό της διατομής των καλωδίων, ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων λαμβάνεται ως 0,8 επαγωγικός και για το φωτισμό ίσος με 1. Ωστόσο, όσον αφορά τους ηλεκτρικούς κινητήρες, υπάρχει καλύτερη προσέγγιση για την απαιτούμενη άεργο ισχύ τους και στηρίζεται σε στατιστικά δεδομένα που δίνονται από τους κατασκευαστές – βλέπε εξίσωση (2.9) και Σχήμα 2.3. [14].

$$pf(\text{power factor}) = pf(slf) \quad (2.9)$$

Σύμφωνα με το Σχήμα 2.3 και με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Matlab, βρίσκουμε την πολυωνυμική παρεμβολή που προσεγγίζει με τον καλύτερο τρόπο τα δεδομένα του σχήματος. Έτσι έχουμε :

```
>> slf=[0.20 0.40 0.60 0.80 1];
```

```
>> pf= [0.48 0.65 0.76 0.82 0.86];
```

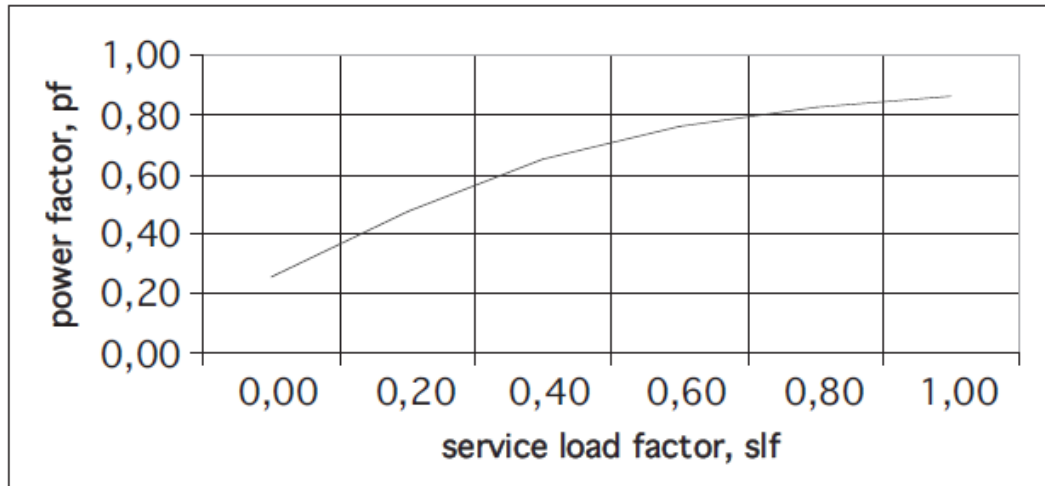
```
>> p=polyfit(slf,pf,4)
```

$p =$

0.5208 -0.8333 -0.2708 1.1833 0.2600

δηλαδή προκύπτει το παρακάτω πολυώνυμο 4<sup>ης</sup> τάξεως, που είναι ουσιαστικά η σχέση (2.9):

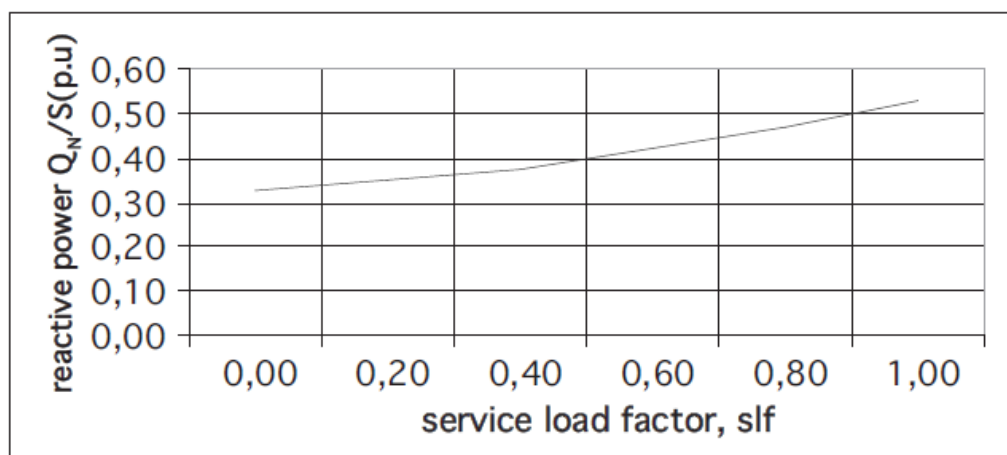
$$pf(slf) = 0,26 + (1,1833 \cdot slf) + (-0,2708slf^2) + (-0,8333slf^3) + (0,5208slf^4) \quad (2.10)$$



**Σχήμα 2.3** Συντελεστής ισχύος ως συνάρτηση της μερικής φόρτισης (του συντελεστή λειτουργίας) [14]

Αντίστοιχα, η άεργος ισχύς εκφράζεται συναρτήσει του συντελεστή λειτουργίας (της μερικής φόρτισης) (βλέπε εξίσωση (2.11) και Σχήμα 2.4).

$$Q = Q(slf) \quad (2.11)$$



**Σχήμα 2.4** Άεργος ισχύς σαν συνάρτηση της μερικής φόρτισης (η ανά μονάδα τιμή της υπολογίζεται διαιρώντας την άεργο ισχύ με την ονομαστική φαινόμενη ισχύ του κινητήρα) [14]

Άρα υπάρχει μεγάλη εξάρτηση μεταξύ αέργου ισχύος και του συντελεστή λειτουργίας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στον ηλεκτρικό ισολογισμό ισχύος υπολογίζεται μόνο η ενεργός ισχύς, τότε σημαντικά λάθη στην εκτίμηση της ζήτησης της αέργου και της φαινόμενης ισχύος μπορεί να προκύψουν.

Προκύπτει λοιπόν η ανάγκη ενός επεκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού που θα περιλαμβάνει πέρα από την ενεργό ισχύ (P) και την άεργο (Q) και τη φαινόμενη ισχύ (S) (βλέπε Σχήμα 2.5), που υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$Q[kVar] = P[kW] \cdot \tan\varphi = P[kW] \cdot \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi} \quad (2.12)$$

$$S[kVA] = P[kW]/\cos\varphi \quad (2.13)$$

Η ενεργός ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση (2.4).

Operation Mode 1						
Equipment	Rated Input Power $P_N$	Service load factor (slf)=(sf).(lf)	pf=pf(slf)	$P=P_N \cdot (slf)$	$Q=Q(slf)$	S
No 1	$P_{N1}$	slf <sub>1</sub>	pf <sub>1</sub>	$P_1^{(1)}$	$Q_1^{(1)}$	$S_1^{(1)}$
No 2	$P_{N2}$	slf <sub>2</sub>	pf <sub>2</sub>	$P_2^{(1)}$	$Q_2^{(1)}$	$S_2^{(1)}$
...	...	...	...	...	...	...
No M	$P_{NM}$	slf <sub>M</sub>	pf <sub>M</sub>	$P_M^{(1)}$	$Q_M^{(1)}$	$S_M^{(1)}$
Total		-	$\frac{P_{tot}^{(1)}}{S_{tot}^{(1)}}$	$P_{tot}^{(1)} = \sum_{k=1}^M P_k^{(1)}$	$Q_{tot}^{(1)} = \sum_{k=1}^M Q_k^{(1)}$	$S_{tot}^{(1)} = \sum_{k=1}^M S_k^{(1)}$
Operation Mode 2						
Equipment	Rated Input Power $P_N$	Service load factor (slf)=(sf).(lf)	pf=pf(slf)	$P=P_N \cdot (slf)$	$Q=Q(slf)$	S
No 1	$P_{N1}$	slf <sub>1</sub>	pf <sub>1</sub>	$P_1^{(2)}$	$Q_1^{(2)}$	$S_1^{(2)}$
No 2	$P_{N2}$	slf <sub>2</sub>	pf <sub>2</sub>	$P_2^{(2)}$	$Q_2^{(2)}$	$S_2^{(2)}$
...	...	...	...	...	...	...
No M	$P_{NM}$	slf <sub>M</sub>	pf <sub>M</sub>	$P_M^{(2)}$	$Q_M^{(2)}$	$S_M^{(2)}$
Total		-	$\frac{P_{tot}^{(2)}}{S_{tot}^{(2)}}$	$P_{tot}^{(2)} = \sum_{k=1}^M P_k^{(2)}$	$Q_{tot}^{(2)} = \sum_{k=1}^M Q_k^{(2)}$	$S_{tot}^{(2)} = \sum_{k=1}^M S_k^{(2)}$
Operation Mode J						
Equipment	Rated Input Power $P_N$	Service load factor (slf)=(sf).(lf)	pf=pf(slf)	$P=P_N \cdot (slf)$	$Q=Q(slf)$	S
No 1	$P_{N1}$	slf <sub>1</sub>	pf <sub>1</sub>	$P_1^{(J)}$	$Q_1^{(J)}$	$S_1^{(J)}$
No 2	$P_{N2}$	slf <sub>2</sub>	pf <sub>2</sub>	$P_2^{(J)}$	$Q_2^{(J)}$	$S_2^{(J)}$
...	...	...	...	...	...	...
No M	$P_{NM}$	slf <sub>M</sub>	pf <sub>M</sub>	$P_M^{(J)}$	$Q_M^{(J)}$	$S_M^{(J)}$
Total		-	$\frac{P_{tot}^{(J)}}{S_{tot}^{(J)}}$	$P_{tot}^{(J)} = \sum_{k=1}^M P_k^{(J)}$	$Q_{tot}^{(J)} = \sum_{k=1}^M Q_k^{(J)}$	$S_{tot}^{(J)} = \sum_{k=1}^M S_k^{(J)}$

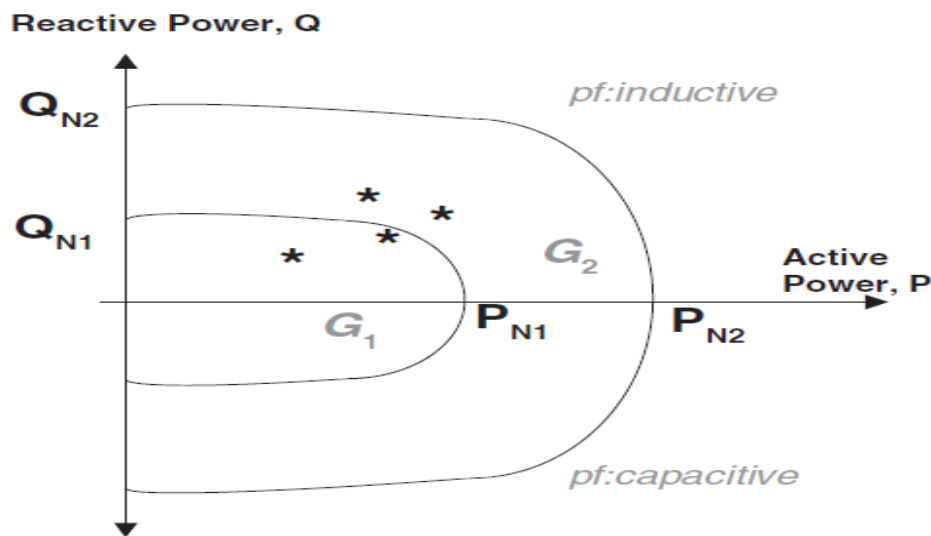
**Σχήμα 2.5** *Επεκτεταμένος ηλεκτρικός ισολογισμός που περιλαμβάνει και την ενεργό (P) και την άεργο (Q) και τη φαινόμενη ισχύ (S) [14]*

Με τον τρόπο που περιγράφεται στην παράγραφο αυτή ο συντελεστής ισχύος προσεγγίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Συγκεκριμένα προστίθενται στήλες που περιλαμβάνουν την άεργο και φαινόμενη ισχύ σε συνθήκες μερικής φόρτισης. Για κάθε κατάσταση λειτουργίας εκτιμάται η συνολική ζήτηση ισχύος και υπολογίζεται ο συντελεστής ισχύος με βάση τη σχέση :

$$pf_{tot}^{(m)} = \frac{P_{tot}^{(m)}}{S_{tot}^{(m)}} \quad m = 1, 2, \dots, J \quad (2.14)$$

Επιλέγεται λοιπόν γεννήτρια που να καλύπτει τις ανάγκες ενεργού και αέργου ισχύος όπως αυτές υπολογίστηκαν, βλέπε εξίσωση (2.15) και Σχήμα 2.6.

$$S_{rated} \geq \max \{S_{tot}^{(1)}, S_{tot}^{(2)}, \dots, S_{tot}^{(J)}\} \quad (2.15)$$



**Σχήμα 2.6** Επιλογή κατάλληλης γεννήτριας μεταξύ G1 και G2 ώστε να καλύπτεται η ζήτηση ενεργού και αέργου ισχύος που προκύπτει από τον ισολογισμό (η ζητούμενη ισχύς επισημαίνεται με \*) [14]

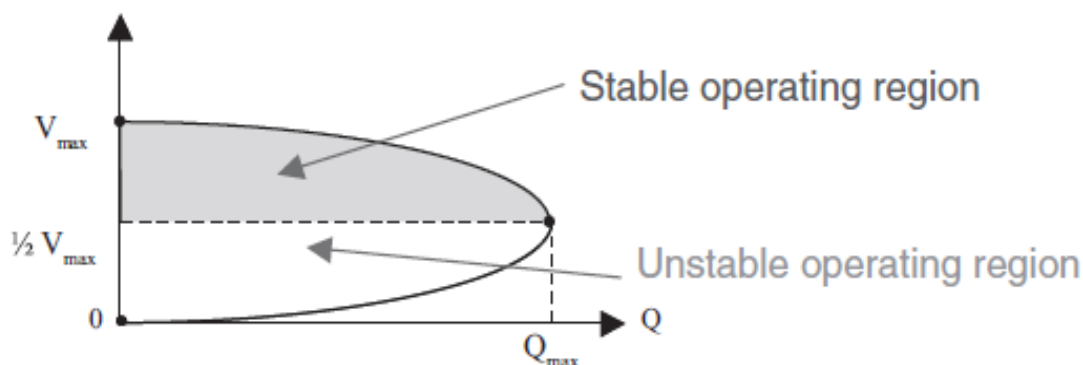
Συμπερασματικά, ο συντελεστής ισχύος που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη μερική φόρτιση, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη άεργο ισχύ σε σχέση με παρόμοια μελέτη που θεωρεί σταθερό συντελεστή ισχύος 0,8 για επαγωγικούς κινητήρες και 1 για φωτισμό (πλήρη φόρτιση). Η υψηλότερη άεργος ισχύς μπορεί να οδηγήσει και στην αστάθεια των γεννητριών όπως συμπεραίνεται και από το Σχήμα 2.7 .[15]

Η υπερφόρτωση της γεννήτριας μπορεί να λυθεί με την εγκατάσταση χωρητικοτήτων στο ζυγό σύνδεσης των κινητήρων ώστε να παρέχουν την επιπλέον άεργο ισχύ που απαιτείται. Η λύση αυτή μπορεί να αποφευχθεί με την παραπάνω μελέτη στο στάδιο του σχεδιασμού του ηλεκτρολογικού δικτύου του πλοίου.

Τέλος, λόγω του ενδεχόμενου πλήρους εξηλεκτρισμού του πλοίου μέσω ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος, είναι πιθανό η ισχύς παραμόρφωσης να έχει ισχυρή επίδραση πάνω στην φαινόμενη ισχύ. Αυτό οδηγεί σε ένα δίκτυο διανομής με



εξοπλισμό αυξημένου μεγέθους σε σύγκριση με αυτόν που έχουμε στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει αρμονική παραμόρφωση.



**Σχήμα 2.7** Καμπύλη τάσης – αέργου ισχύος σύγχρονης γεννήτριας (Αύξηση της αέργου ισχύος μπορεί να οδηγήσει στην ασταθή περιοχή) [14]

## 2.3 Επιλογή κύριων γεννητριών

### 2.3.1 Ορισμοί

Στην αρχή αυτής της παραγράφου κρίθηκε σκόπιμο να δοθούν οι παρακάτω ορισμοί σύμφωνα με τη διεθνή σύμβαση SOLAS [16] και τους κανονισμούς του GL (όπου χρειάστηκαν περισσότερες λεπτομέρειες) :

- *Κανονικές συνθήκες λειτουργίας και ελάχιστης διαβίωσης* είναι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες το πλοίο σαν σύνολο, οι μηχανές, οι υπηρεσίες, τα βοηθητικά μέσα πρόωσης, η ικανότητα να κατευθύνεται (πηδάλιο), η ασφαλής πλοήγηση, η ασφάλεια από πυρκαγιά ή πλημμύρα, τα μέσα εσωτερικής και εξωτερικής επικοινωνίας και τα σήματα, τα μέσα διαφυγής, τα βίντσια των σωσίβιων λέμβων όπως και οι άνετες συνθήκες διαβίωσης, είναι σε ομαλή και κανονική λειτουργία.
- *Κατάσταση έκτακτης ανάγκης* είναι μια κατάσταση κατά την οποία οποιοσδήποτε υπηρεσίες χρειάζονται για τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας και ελάχιστης διαβίωσης του πλοίου, δεν λειτουργούν σωστά λόγω βλάβης της κύριας πηγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- *Κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας* είναι μια πηγή προορισμένη να τροφοδοτεί με ηλεκτρική ισχύ τον κύριο πίνακα για διανομή σε όλες τις υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση του πλοίου σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και συνθήκες ελάχιστης διαβίωσης.
- *Dead ship condition- Νεκρή κατάσταση πλοίου* είναι η κατάσταση κατά την οποία το συνολικό σύστημα των μηχανών, συμπεριλαμβανομένου και της κύριας πηγής ηλεκτρικής ισχύος είναι εκτός λειτουργίας και η βοηθητική ισχύς όπως πεπιεσμένος αέρας, ρεύμα εκκίνησης από μπαταρίες κλπ., δεν είναι διαθέσιμη για την αποκατάσταση της κύριας τροφοδοσίας, την επανεκκίνηση των βοηθητικών

μέσων και την εκκίνηση του συστήματος πρόωσης. Ωστόσο, ο εξοπλισμός για την εκκίνηση των γεννητριών έκτακτης ανάγκης θεωρείται ότι είναι έτοιμος προς χρήση.

- *Κύριος πίνακας διανομής* είναι ο πίνακας που τροφοδοτείται απευθείας από την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος και προορίζεται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στα μηχανήματα του πλοίου.
- *Πίνακας έκτακτης ανάγκης* είναι ο πίνακας ο οποίος σε περίπτωση βλάβης του κύριου συστήματος ηλεκτρικής ισχύος τροφοδοτείται απευθείας από την πηγή ισχύος έκτακτης ανάγκης ή την μεταβατική πηγή ισχύος και προορίζεται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης.
- *Πηγή έκτακτης ανάγκης* είναι μια πηγή ηλεκτρικής ισχύος, που προορίζεται για την τροφοδοσία του πίνακα έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση βλάβης στην κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος.
- *Χώροι μηχανημάτων κατηγορίας A* είναι οι χώροι και οι δίοδοι που περιέχουν είτε:
  - μηχανές εσωτερικής καύσης για την κύρια πρόωση
  - μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται οπουδήποτε αλλού πέρα από την πρόωση, και οι οποίες έχουν στο σύνολο ισχύ όχι μικρότερη από 375 kW ή
  - οποιοδήποτε λέβητα πετρελαίου ή μονάδα πετρελαίου, ή άλλον εξοπλισμό πετρελαίου πέρα από το λέβητα, όπως είναι οι γεννήτριες αδρανούς αερίου, οι αποτεφρωτήρες, κλπ.

### 2.3.2 Γενικά

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του νηογνώμονα GL, **οι κύριες γεννήτριες** θα πρέπει να τοποθετούνται στο κύριο μηχανοστάσιο ή σε ένα συγκεκριμένο χώρο βοηθητικών μηχανημάτων, π.χ. μέσα στο χώρο που οριοθετείται από κύρια υδατοστεγή διαφράγματα. Το μηχανοστάσιο του πλοίου βρίσκεται συνήθως κοντά στον πυθμένα και στο πίσω μέρος του πλοίου ώστε να επιτρέπει περισσότερο χώρο φορτίου και να μειωθεί το κόστος και τα προβλήματα λόγω του μεγάλου μήκους άξονα που συνδέει τις μηχανές πρόωσης με την προπέλα.

Υπό κανονικές συνθήκες **οι κύριοι πίνακες** θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι, σε σχέση με τις κύριες γεννήτριες, ώστε, όσο είναι δυνατόν, η τροφοδοσία ηλεκτρικής ισχύος να επηρεάζεται μόνο από μια φωτιά ή άλλα περιστατικά που προκαλούνται στον ίδιο χώρο. Ο κύριος πίνακας διανομής θα πρέπει να τοποθετείται όσο πιο κοντά γίνεται στις κύριες γεννήτριες, μέσα στον ίδιο χώρο μηχανημάτων και στα ίδια κάθετα και οριζόντια A 60 όρια πυρκαγιάς [7].

Οι **πίνακες διανομής** που τροφοδοτούν ουσιώδη εξοπλισμό και συναφείς μετασχηματιστές, μετατροπείς και όμοιο εξοπλισμό, εγκαθίστανται εάν ικανοποιούνται οι συνθήκες που απαιτούνται για τις κύριες γεννήτριες/ κύριους

πίνακες και αν η εγκατάσταση βρίσκεται μέσα στην ίδια ζώνη πυρκαγιάς αντίστοιχα στο ίδιο υδατοστεγές τμήμα με τον ουσιώδη εξοπλισμό.

Οι κύριες γεννήτριες θα πρέπει να λειτουργούν ακόμη και με κλίση  $15^\circ$  προς τα δεξιά ή αριστερά, με διατοιχισμό  $22,5^\circ$ , με διαμήκη κλίση  $5^\circ$  και προνευστασμό  $7,5^\circ$  [7]. Ακόμη πρέπει να λειτουργούν χωρίς προβλήματα σε θερμοκρασία έως  $85^\circ\text{C}$  εκτός μηχανοστασίου ενώ μέσα σε αυτό σε θερμοκρασία έως και  $90-95^\circ\text{C}$ . Η θερμοκρασία αυτή εξαρτάται και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά και από τη θέρμανση της ίδιας της μηχανής. Η μέγιστη θερμοκρασία που μπορεί να λειτουργήσει συνεχώς μια μηχανή εξαρτάται από την κλάση (A, E, B, F, H) του μονωτικού υλικού των τυλιγμάτων της. Η εγκατάσταση των γεννητριών θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι η εισαγωγή καθαρού αέρα και η εξαγωγή των καυσαερίων, ακόμα και σε κακοκαιρία, γίνεται σε ικανοποιητικό βαθμό.

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η εγκατάσταση των ηλεκτρικών μηχανών και των συσκευών θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αντέχουν στις καταπονήσεις από τις ταλαντώσεις του πλοίου και η λειτουργία τους να μην διακόπτεται λόγω των καταπονήσεων.

Στις ηλεκτρικές μηχανές θα πρέπει να υπάρχει προστασία από ηλεκτροπληξία (μέσω γείωσης προστασίας ή μέσω μόνωσης προστασίας (διπλή μόνωση)), από τυχαίες επαφές, από την είσοδο ξένων σωμάτων, νερού κ.λ.π.. Η αντίσταση μόνωσης της μηχανής θα πρέπει να είναι τουλάχιστον **1 M $\Omega$**  για τάσεις έως 1000V και **(1+U<sub>N</sub>/1000) M $\Omega$**  για τάσεις από 1000V έως 15000 V.

Τέλος όσον αφορά την τοποθέτηση των μηχανών, αυτή συνιστάται να γίνεται με τον άξονα της μηχανής είτε κατακόρυφο είτε παράλληλο με την τρόπιδα του πλοίου. Σε περίπτωση που η τοποθέτηση του άξονα των μηχανών γίνει κατά τον εγκάρσιο άξονα του πλοίου, τότε θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την προστασία του άξονα κατά τους διατοιχισμούς του πλοίου.

### 2.3.3 Κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος

#### 2.3.3.1 Αριθμός και ισχύς γεννητριών

Με βάση τους κανονισμούς του GL και τη διεθνή σύμβαση SOLAS, σε κάθε πλοίο απαιτείται η εγκατάσταση μιας κύριας πηγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η κύρια αυτή πηγή θα πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους ηλεκτρογεννήτριες.

Η ικανότητα αυτών των γεννητριών θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε σε περίπτωση διακοπής της λειτουργίας μιας γεννήτριας, η εναπομένουσα ηλεκτρογεννήτρια να μπορεί να τροφοδοτήσει επαρκώς όλα τα φορτία τα οποία είναι απαραίτητα, κατά την εν πλω κατάσταση, για την εξασφάλιση:

- κανονικών συνθηκών λειτουργίας για την πρόωση και την ασφάλεια του πλοίου
- των ελαχίστων συνθηκών άνετης διαβίωσης
- της προστασίας του φορτίου

Οι ελάχιστες συνθήκες άνετης διαβίωσης στο πλοίο, περιλαμβάνουν τουλάχιστον επαρκείς υπηρεσίες για φωτισμό, μαγείρεμα, θέρμανση, ψύξη, μηχανικό αερισμό, υγιεινή, και πόσιμο νερό.

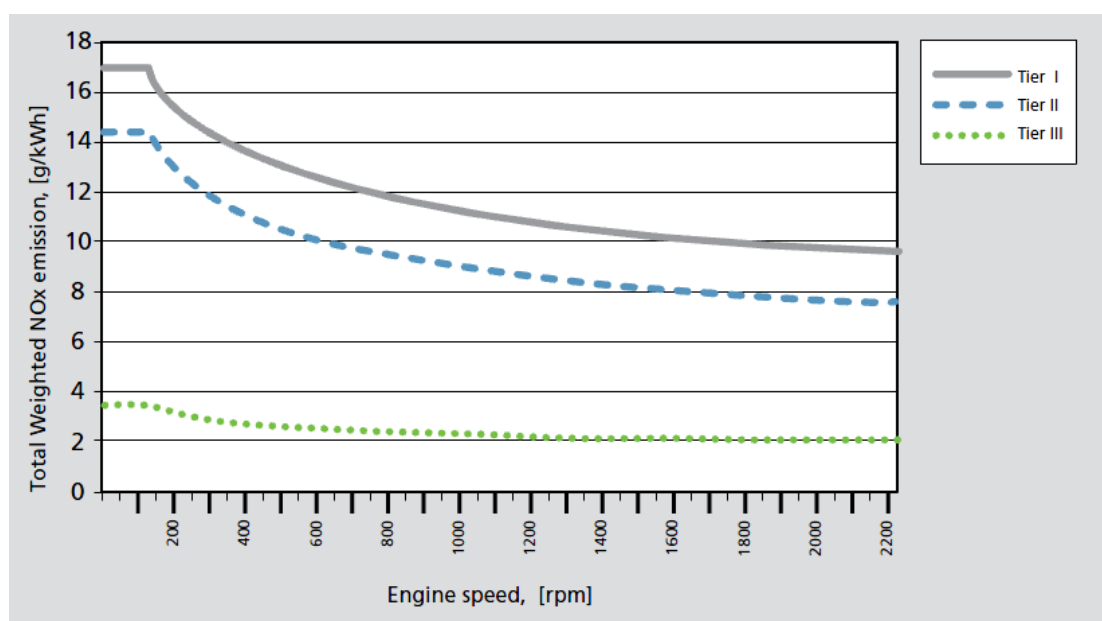
Ωστόσο, στην πραγματικότητα συνηθίζεται μια πιο συντηρητική προσέγγιση, για λόγους ασφαλείας, αλλά και για τη διευκόλυνση των διαδικασιών συντήρησης, η οποία οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των εγκατεστημένων ηλεκτρογεννητριών σε τρεις τουλάχιστον γεννήτριες, που συνήθως έχουν ίδια ονομαστική ισχύ (μειωμένη ποσότητα ανταλλακτικών στο πλοίο). Οι τρεις αυτές γεννήτριες μπορεί να δουλεύουν χωριστά ή παράλληλα ανά ζεύγη, αφήνοντας μια εφεδρική, ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και τη συνολική ζητούμενη ηλεκτρική ισχύ από τα φορτία του πλοίου. Είναι επιθυμητό οι ώρες λειτουργίας των γεννητριών να ισομοιράζονται ώστε οι γεννήτριες να υφίστανται την ίδια φθορά.

### **2.3.3.2 Έλεγχος των εκπεμπόμενων από τις diesel μηχανές αέριων ρύπων**

Μια οικονομικότερη αλλά πιο φιλική προς το περιβάλλον λύση, είναι η εγκατάσταση τριών κύριων γεννητριών, με τη μία να προορίζεται για χρήση μόνο εν όρμω ενώ οι άλλες δύο σε παράλληλη λειτουργία και σε φόρτιση πάνω από 80% να καλύπτουν τη φορτία στη δυσμενέστερη κατάσταση φόρτισης του πλοίου. Ο λόγος εγκατάστασης της γεννήτριας εν όρμω είναι οι μειωμένες ανάγκες ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου σε αυτή την κατάσταση. Επομένως, προκειμένου να βελτιστοποιήσουμε το βαθμό απόδοσης της γεννήτριας, και άρα να μειώσουμε και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, τοποθετούμε μια γεννήτρια μικρότερης ονομαστικής ικανότητας που θα δουλεύει σε φόρτιση πάνω από 80%. Ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας γίνεται μέγιστος για φορτία 75-100% του ονομαστικού και μια τέτοια απόδοση είναι επιθυμητή όχι μόνο για το περιβάλλον αλλά και την αποφυγή της φθοράς της γεννήτριας κατά την υπολειτουργία - λόγω επικαθίσεων άνθρακα στα υποσυστήματα του θαλάμου καύσης (λόγω της κακής ποιότητας καύσης). Τέλος, η γεννήτρια αυτή μπορεί να λειτουργήσει ως εφεδρική σε περίπτωση βλάβης μιας εκ των δύο κύριων γεννητριών.

Η ανάγκη μείωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων προκύπτει και από τη διεθνή σύμβαση MARPOL (τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005) και συγκεκριμένα Annex VI και Regulations 13, 14 [19]. Οι κανονισμοί αυτοί καθορίζουν τα ανώτερα όρια εκπομπής οξειδίων του αζώτου (Reg.13) και οξειδίων του θείου (Reg.14). Ο κανονισμός 13, ο οποίος εφαρμόζεται σε όλα τα πλοία που έχουν κατασκευαστεί μετά την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2000 (Tier I) ή έχουν κάνει κάποια σημαντική μετασκευή (π.χ. αντικατάσταση κύριας μηχανής) μετά από αυτή την ημερομηνία και που διαθέτουν μηχανές με ισχύ πάνω από 130kW, προβλέπει ελεγχόμενες εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τους ναυτικούς κινητήρες diesel. Ακόμη χαμηλότερα όρια έχουν θεσπιστεί για πλοία που έχουν κατασκευαστεί μετά την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2011 (Tier II). Επιπλέον, για ναυπηγήσεις που θα γίνουν μετά από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2016 (Tier III), θα ισχύσουν νέοι περιορισμοί στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου όταν τα πλοία αυτά πλέουν σε περιοχές ελέγχου ρύπων από οξείδια του αζώτου (NOx ECAs). Στο Σχήμα 2.8 φαίνονται τα επιτρεπτά όρια εκπομπής οξειδίων του αζώτου των diesel μηχανών.

Tier	Ship construction date on or after	Total weighted cycle emission limit (g/kWh) n = engine's rated speed (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 January 2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 January 2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$ e.g., 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 January 2016*	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 2.4	2.0



**Σχήμα 2.8** Επιτρεπτά όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου diesel μηχανών [20],[19]

Ο κανονισμός 14, ο οποίος εφαρμόζεται σε όλα τα πλοία, ορίζει τη μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο οποιουδήποτε καυσίμου χρησιμοποιείται στο πλοίο. Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2012 το όριο αυτό έγινε 3,5% m/m ενώ πριν την ημερομηνία αυτή ίσχυε το 4,5% m/m. Επιπλέον από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2020 το όριο αυτό θα μειωθεί στο 0,5% m/m. Σε περιοχές ελέγχου των ρύπων από οξείδια του θείου (SECAs- Sulphur Emission Control Areas) τα όρια της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στο πλοίο, έχουν ως εξής:

- 1,5% m/m πριν την 1<sup>η</sup> Ιουλίου 2010
- 1,0% m/m μετά την 1<sup>η</sup> Ιουλίου 2010
- 0,1% m/m μετά την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.

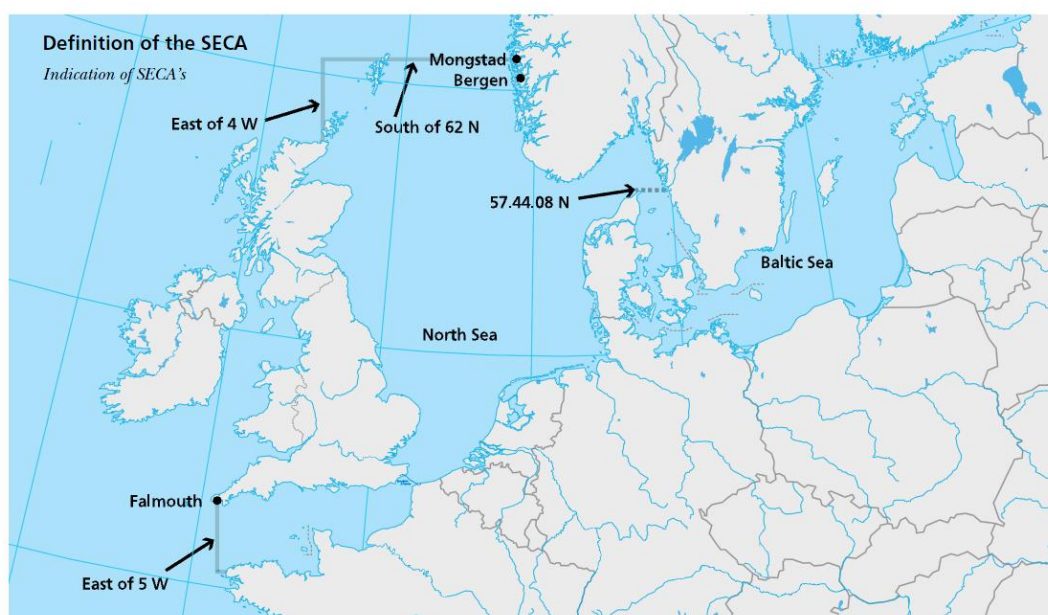
Το σχήμα 2.9 δείχνει τις περιοχές ελέγχου ρύπων από οξείδια του θείου (SECAs).

Η επιλογή των γεννητριών στηρίζεται επίσης σε κριτήρια όπως ο όγκος και το βάρος της εγκατάστασης, το αρχικό κόστος, το κόστος λειτουργίας, η ύπαρξη

τυποποιημένων μεγεθών που είναι φθηνότερα από τα μη τυποποιημένα, η ύπαρξη ανταλλακτικών, η συντήρηση και η παράλληλη λειτουργία (είναι πιο εύκολα για όμοια H/Z) και ο βαθμός απόδοσης (αυξάνει με το μέγεθος της μονάδας αλλά και για φορτίο 75-100% του ονομαστικού).

The ECA established are:

1. Baltic Sea area – as defined in Annex I of MARPOL (SOx only);
2. North Sea area – as defined in Annex V of MARPOL (SOx only);
3. North American area (expected to enter into effect 1 August 2012) – as defined in Appendix VII of Annex VI of MARPOL (SOx, NOx and PM); and
4. United States Caribbean Sea area (expected to enter into effect 1 January 2014) – as defined in Appendix VII of Annex VI of MARPOL (SOx, NOx and PM).



Σχήμα 2.9 Προσδιορισμός των SECAs [20], [19]

### 2.3.3.3 Λειτουργία κύριων γεννητριών

Με βάση τους κανονισμούς του GL κατά την εγκατάσταση και λειτουργία των κύριων γεννητριών θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω:

- ❖ Η εγκατάσταση των κύριων μηχανών θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η λειτουργία του πλοίου στα επιθυμητά επίπεδα, όπως αυτά έχουν προσδιοριστεί παραπάνω, να εξασφαλίζεται ανεξάρτητα από τη ταχύτητα και την κατεύθυνση της στροφής της κύριας μηχανής πρόωσης ή του άξονα.
- ❖ Οι εγκαταστάσεις των μηχανών του πλοίου θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε, να μπορούν να τεθούν σε λειτουργία από νεκρή κατάσταση πλοίου. Οι γεννήτριες έκτακτης ανάγκης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επανεκκίνηση από τη νεκρή κατάσταση του πλοίου.
- ❖ Σε περίπτωση που η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κύριων γεννητριών ξεπερνά τα 3MW, ο κύριος ζυγός θα πρέπει να χωρίζεται σε τουλάχιστον δύο

μέρη τα οποία θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Η σύνδεση των γεννητριών και οποιουδήποτε εξοπλισμού σε εφεδρεία θα πρέπει να είναι ισομοιρασμένη στα δύο μέρη.

- ❖ Αν μετασχηματιστές, συσσωρευτές μαζί με τους φορτιστές τους, μετατροπείς, και παρόμοιος εξοπλισμός, είναι ουσιώδη στοιχεία του κύριου δικτύου, τότε σε περίπτωση βλάβης μιας μονάδας, η πρόωση, η ασφάλεια, η διαβίωση και η προστασία του φορτίου θα πρέπει να διατηρηθούν στα ίδια επίπεδα με πριν.
- ❖ Κατά την εκκίνηση των κινητήρων, η φαινόμενη ισχύς των γεννητριών πρέπει να είναι τέτοια ώστε το ρεύμα εκκίνησης των κινητήρων να μην προκαλεί ανεπίτρεπτη πτώση τάσης στους ζυγούς του πλοίου και επομένως δυσλειτουργία κάποιων καταναλωτών.
- ❖ Η κυματομορφή της τάσης της γεννήτριας εν κενώ, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ημιτονοειδής.
- ❖ Οι γεννήτριες και οι διεγέρτριες τους, θα πρέπει να μπορούν να φορτίζονται στο 150% του ονομαστικού τους ρεύματος για δύο λεπτά με συντελεστή ισχύος 0,5 (επαγωγικό) και να δίνουν περίπου την ονομαστική τους τάση.
- ❖ Στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, η τάση της γεννήτριας σε ονομαστική ταχύτητα, δεν πρέπει να αποκλίνει από την ονομαστική τιμή της περισσότερο από **2,5%** για μηδενικό φορτίο έως το ονομαστικό και για ονομαστικό συντελεστή ισχύος.
- ❖ Στην μεταβατική κατάσταση λειτουργίας, με τη γεννήτρια σε ονομαστική ταχύτητα και τάση, θα πρέπει η τάση να μην πέσει κάτω από 85% ή να υπερβεί το 120% της ονομαστικής τιμής, όταν συμμετρικά φορτία συγκεκριμένης τιμής ρεύματος και συντελεστή ισχύος προστίθενται ή αφαιρούνται ξαφνικά. Η τάση θα πρέπει να ανακάτ την ονομαστική της τιμή  $\pm 3\%$  σε 1,5 δευτερόλεπτα.
- ❖ Το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης δεν πρέπει να είναι μικρότερο από τρεις φορές ή μεγαλύτερο από έξι φορές του ονομαστικού ρεύματος. Η γεννήτρια και η διεγέρτρια θα πρέπει να αντέχουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης για δύο δευτερόλεπτα χωρίς βλάβη.
- ❖ Όταν γεννήτριες ίδιας ονομαστικής ικανότητας λειτουργούν παράλληλα και η ενεργός ισχύς ισομοιράζεται, τότε η άεργος ισχύς κάθε μηχανής δεν πρέπει να διαφέρει από την άεργο ισχύ αναλογικής κατανομής περισσότερο από 10% της ονομαστικής άεργου ισχύος της.

Στην περίπτωση που οι μηχανές έχουν διαφορετική ονομαστική ισχύ, η απόκλιση από την ισχύ αναλογικής κατανομής δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα παρακάτω όρια, θεωρώντας πάντα αναλογική κατανομή ενεργού ισχύος:

- 10% της ονομαστικής άεργου ισχύος της μεγαλύτερης μηχανής
- 25% της ονομαστικής άεργου ισχύος της μικρότερης μηχανής

- ❖ Στην περίπτωση που η κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος είναι απαραίτητη για την πρόωση και το σύστημα πηδαλιουχίας, το δίκτυο του πλοίου θα πρέπει να είναι έτσι ρυθμισμένο ώστε σε περίπτωση βλάβης μιας εκ των γεννητριών σε λειτουργία, η τροφοδοσία των ουσιωδών καταναλωτών να μη διακοπεί ή να αποκατασταθεί άμεσα.
- ❖ Όπου χρειάζεται, αυτόματη απόρριψη των μη ουσιωδών φορτίων ακόμη και των δευτερεύοντων ουσιωδών φορτίων πρέπει να γίνει, προκειμένου να προστατευτούν οι γεννήτριες από υπερφόρτιση.
- ❖ Σε περίπτωση black-out, η αυτόματη εκκίνηση και σύνδεση μιας γεννήτριας και του πρωτεύοντα ουσιώδους εξοπλισμού, θα πρέπει να γίνει μέσα σε 30 δευτερόλεπτα.
- ❖ Όταν παραπάνω από μια γεννήτριες απαιτούνται για την κάλυψη της ζητούμενης ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου και οι οποίες είναι μόνιμα σε παράλληλη λειτουργία, η βλάβη μιας μονάδας θα πρέπει να προκαλεί άμεση απόρριψη του μη-ουσιώδους εξοπλισμού ή και του δευτερεύοντα ουσιώδους εξοπλισμού αν είναι ο μόνος τρόπος για την αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ισχύος στον πρωτεύοντα ουσιώδη εξοπλισμό.
- ❖ Μια εφεδρική (stand-by) μονάδα θα πρέπει να εκκινεί άμεσα και αυτόματα σε περίπτωση βλάβης.

#### 2.3.3.4 Προστασία γεννητριών

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, οι γεννήτριες ενός πλοίου θα πρέπει να προστατεύονται **τουλάχιστον** από υπερεντάσεις και υπερφορτίσεις (η διαφορά αυτών των εννοιών φαίνεται στο κεφάλαιο 3).

- ❖ Η προστασία από βραχυκύκλωμα ρυθμίζεται για υπερένταση μεγαλύτερη από 50% αλλά μικρότερη από το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης. Θα πρέπει να υπάρχει μικρή χρονική καθυστέρηση ανάλογα με την επιλεκτικότητα του συστήματος (πχ για να μη διακόπτεται η λειτουργία των κινητήρων κατά την εκκίνηση όπου το ρεύμα εκκίνησής τους είναι αρκετά μεγαλύτερο από το ονομαστικό) (από 300 έως 500 ms). Σε περίπτωση πτώσης τάσης, η προστασία από βραχυκύκλωμα δεν θα πρέπει να απενεργοποιείται.
- ❖ Η προστασία από υπερφόρτιση, η οποία ρυθμίζεται για υπερένταση μεταξύ 10% και 50%, θα πρέπει να ενεργοποιεί τον αυτόματο διακόπτη της γεννήτριας με μια χρονική καθυστέρηση όχι μεγαλύτερη των δύο (2) λεπτών. Η προστασία από υπερφόρτιση δεν συνεπάγεται άμεση αποσύνδεση της γεννήτριας.
- ❖ Γεννήτριες μεγαλύτερες των 50 kVA, οι οποίες προορίζονται για παράλληλη λειτουργία πρέπει να προστατεύονται με μια διάταξη προστασίας έναντι αντιστρόφου ρεύματος. Η επιλογή και η ρύθμιση της διάταξης σχετίζεται με την κινητήρια μηχανή της γεννήτριας, πχ για ατμο/αεριο-στροβιλοκίνητες γεννήτριες 2-6%, για diesel γεννήτριες 8-15% του ονομαστικού φορτίου, με χρονική



καθυστέρηση 2 έως 5 δευτερόλεπτα. Η διάταξη αυτή πρέπει να λειτουργεί και σε πτώση τάσης έως και 50% .

- ❖ Οι αυτόματοι διακόπτες των γεννητριών πρέπει να εφοδιάζονται με διάταξη προστασίας από έλλειψη τάσεως. Σε περίπτωση μείωσης της τάσεως στο 70-35% της ονομαστικής τάσεως, ο αυτόματος διακόπτης της γεννήτριας θα πρέπει να ανοίγει αυτόματα.
- ❖ Οι γεννήτριες του πλοίου πρέπει να προστατεύονται από υπερτάσεις. Η τάση θα πρέπει να περιορίζεται στο 130% της ονομαστικής τάσεως και η χρονική καθυστέρηση στα 5 δευτερόλεπτα ακόμη και σε περίπτωση βλάβης των αυτόματων ρυθμιστών τάσης.
- ❖ Σε περίπτωση διαρκούς πτώσης της συχνότητας περισσότερο από 10%, ο μη ουσιώδης και αν είναι απαραίτητο και ο δευτερεύοντας ουσιώδης εξοπλισμός πρέπει να αποσυνδέεται σε 5 έως 10 δευτερόλεπτα. Αν η λύση αυτή αποτύχει, οι γεννήτριες τροφοδοσίας αποσυνδέονται και η εφεδρική (stand-by) γεννήτρια μπαίνει σε λειτουργία.
- ❖ Για τις γεννήτριες που λειτουργούν παράλληλα θα πρέπει:
  - να εφοδιάζονται με έναν τριπολικό αυτόματο διακόπτη με προστασία από υπερένταση (βραχυκύκλωμα) και έλλειψη τάσεως
  - ο διακόπτης της γεννήτριας θα πρέπει να έχει διάταξη προστασίας από έλλειψη τάσεως η οποία αποτρέπει το κλείσιμο του διακόπτη αν η γεννήτρια είναι εκτός λειτουργίας
  - ένα σφάλμα στο κύκλωμα συγχρονισμού των γεννητριών ή στο κύκλωμα επίβλεψης των black-out, δεν πρέπει να οδηγεί σε ασύγχρονη σύνδεση των γεννητριών.

## 2.4 Επιλογή πηγής έκτακτης ανάγκης

### 2.4.1 Γενικές απαιτήσεις

Με βάση τη διεθνή σύμβαση SOLAS και τους κανονισμούς του GL, όλα τα επιβατηγά πλοία, ανεξαρτήτου χωρητικότητας αλλά και τα φορτηγά πλοία με GRT μεγαλύτερο από 500 θα πρέπει να έχουν μια έκτακτη πηγή ηλεκτρικής ισχύος, η οποία πρέπει να είναι αυτόνομη και ανεξάρτητη από την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος. Η ικανότητά της πρέπει να είναι επαρκής για να τροφοδοτήσει όλα τα φορτία που θεωρούνται αναγκαία για ασφάλεια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Λαμβάνοντας υπόψη τα ρεύματα εκκίνησης και τη μεταβατική φύση μερικών φορτίων, η πηγή έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να τροφοδοτεί τα παρακάτω φορτία και για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα:

- 1) Για 3 ώρες, το φωτισμό ανάγκης σε κάθε σταθμό επιβίβασης, στα σωστικά σκάφη και λέμβους διάσωσης στο κατάστρωμα και κατά μήκος των πλευρών του πλοίου.

- 2) Για 18 ώρες, το φωτισμό ανάγκης σε όλους τους διαδρόμους στους χώρους ενδιαίτησης, στις σκάλες, στις εξόδους, στο μηχανοστάσιο, στους ανελκυστήρες, στον σταθμό των κύριων γεννητριών και στις θέσεις ελέγχου τους, στους σταθμούς ελέγχου, στη γέφυρα, σε κάθε κύριο ή έκτακτης ανάγκης πίνακα, σε όλους τους χώρους αποθήκευσης των στολών πυροσβεστών, στο τμήμα του συστήματος πηδαλιουχίας, στην αντλία πυρκαγιάς, στην αντλία καταιωνιστήρων - sprinkler (αν υπάρχει), στην αντλία σεντινών έκτακτης ανάγκης (αν υπάρχει) και στο σημείο όπου γίνεται η εκκίνηση των κινητήρων τους, και τέλος σε όλα τα αντλιοστάσια και τις δεξαμενές φορτίου των δεξαμενόπλοιων.
- 3) Για 18 ώρες, τα φώτα ναυσιπλοΐας και τα άλλα φώτα που απαιτούνται από τη διεθνή σύμβαση COLREGs (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 ) καθώς και τον ραδιοεξοπλισμό VHF, MF, τον επίγειο σταθμό του πλοίου και τον εξοπλισμό MF/HF.
- 4) Για 18 ώρες, τα μέσα συναγερμού και επικοινωνίας σε περίπτωση ανάγκης, τις συσκευές πλοήγησης, το σύστημα ανίχνευσης και συναγερμού σε περίπτωση φωτιάς εκτός και αν αυτές οι υπηρεσίες τροφοδοτούνται από μπαταρίες για το απαιτούμενο χρονικό διάστημα.
- 5) Για 18 ώρες, την αντλία πυρκαγιάς έκτακτης ανάγκης και τις εγκαταστάσεις ψεκασμού νερού, το βοηθητικό εξοπλισμό των γεννητριών έκτακτης ανάγκης και τουλάχιστον μια αντλία σεντινών για τους χώρους φορτίου.
- 6) Το μηχανισμό κινήσεως του πηδαλίου (για 10 λεπτά σε πλοία έως 10000 GRT και σε πάνω από 10000 GRT πλοία για 30 λεπτά)

Στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης, στην παρούσα εργασία, τα παραπάνω φορτία θεωρούνται ότι είναι συνεχώς σε λειτουργία και ο συντελεστής λειτουργίας λαμβάνεται για λόγους ασφαλείας, ίσως με 1 κατά την κατάσταση του επεκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης.

Η πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης μπορεί να είναι είτε γεννήτρια είτε συσσωρευτές αποθήκευσης ενέργειας.

Στην περίπτωση της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης, θα πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τις κύριες γεννήτριες και να έχει ανεξάρτητο σύστημα ψύξης. Επιπλέον, θα πρέπει να ξεκινά αυτόματα και όχι σε περισσότερο χρόνο από 45 δευτερόλεπτα μετά τη βλάβη των κύριων γεννητριών, εκτός και αν υπάρχει μεταβατική πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης.

Η μεταβατική πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να είναι συσσωρευτές, οι οποίοι στην περίπτωση βλάβης της κύριας πηγής ισχύος, άμεσα και αυτόματα υπό φόρτιση 80%, θα πρέπει να τροφοδοτούν τα φορτία που αναφέρονται στις παραγράφους 1,2,3,4 (εκτός από τον ραδιοεξοπλισμό και τις συσκευές πλοήγησης) μέχρι την εκκίνηση της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης. Οι καταναλωτές θα πρέπει να τροφοδοτούνται για τουλάχιστον 30 λεπτά, κατά τη διάρκεια των οποίων, η τάση των συσσωρευτών δεν πρέπει να ξεπερνά το  $\pm 12\%$  της ονομαστικής τάσης, χωρίς να μεσολαβεί επαναφόρτισή τους.

Στην περίπτωση που η πηγή ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης είναι συσσωρευτές τότε θα πρέπει να συνδέονται αυτόματα στον πίνακα έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση βλάβης των κύριων γεννητριών, και να πληρούν τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο για την μεταβατική πηγή έκτακτης ανάγκης.

Όσον αφορά τον **πίνακα έκτακτης ανάγκης**, θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης ή το συσσωρευτή έκτακτης ανάγκης. Όταν η πηγή έκτακτης ανάγκης είναι συσσωρευτές τότε αυτοί δεν πρέπει να εγκατασταθούν στον ίδιο χώρο με τον πίνακα έκτακτης ανάγκης. Ο πίνακας αυτός κατά την κανονική λειτουργία του πλοίου τροφοδοτείται από τον κύριο πίνακα διανομής μέσω ενός εσωσυνδέσμου τροφοδότη, ο οποίος θα πρέπει να προστατεύεται επαρκώς στο κύριο πίνακα από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα και ο οποίος πρέπει να αποσυνδέεται άμεσα σε περίπτωση βλάβης της κύριας πηγής ηλεκτρικής ισχύος. Ο διακόπτης αυτός εξασφαλίζει την "επικοινωνία" των δύο συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο. Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα πλοίο είναι γενικά διασυνδεδεμένο. Μια χρήση για παράδειγμα της διασύνδεσης των δύο πινάκων είναι η εκκίνηση του πλοίου μέσω της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης όταν βρίσκεται στην κατάσταση dead ship.

#### 2.4.2 Γεννήτρια έκτακτης ανάγκης

Οι **γεννήτριες έκτακτης ανάγκης** και οι κινητήριες μηχανές τους, θα πρέπει να εγκαθίστανται στο ανώτερο κατάστρωμα και πίσω από το διάφραγμα συγκρούσεως. Το μέρος που θα τοποθετηθεί η γεννήτρια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να είναι προσβάσιμο από το ανοιχτό κατάστρωμα και να είναι εγκατεστημένο έτσι ώστε μια φωτιά ή ένα περιστατικό στο χώρο που περιέχει τις κύριες γεννήτριες και/ή τον κύριο πίνακα διανομής ή σε ένα χώρο μηχανημάτων κατηγορίας A, να μην επηρεάζει την ικανότητα λειτουργίας της πηγής έκτακτης ανάγκης. Ο χώρος που περιέχει την πηγή έκτακτης ανάγκης, τους συναφείς μετασχηματιστές, τους μετατροπείς, τη μεταβατική πηγή έκτακτης ανάγκης και τον πίνακα έκτακτης ανάγκης δεν πρέπει να βρίσκεται δίπλα σε χώρο που περιέχει την κύρια μηχανή, τον κύριο πίνακα διανομής, τους σχετικούς μετασχηματιστές, μετατροπείς κλπ., ή δίπλα σε χώρους μηχανημάτων κατηγορίας A.

Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και ο έλεγχος των γεννητριών έκτακτης ανάγκης, βασίζονται στις ίδιες αρχές με αυτές για τις κύριες γεννήτριες. Αποκλίσεις στην τάση της τάξεως των  $\pm 3,5\%$  σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης και  $\pm 4\%$  σε μεταβατικές συνθήκες μετά από 5 δευτερόλεπτα, είναι αποδεκτές.

Η γεννήτρια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να λειτουργεί ακόμη και με κλίση  $22,5^\circ$  προς τα δεξιά ή αριστερά, με διατοιχισμό  $22,5^\circ$ , με διαμήκη κλίση  $10^\circ$  και προνευστασμό  $10^\circ$  [7].

Οι γεννήτριες έκτακτης ανάγκης πρέπει να προστατεύονται τουλάχιστον από υπερένταση, υπερφόρτιση και από έλλειψη τάσεως. Σε περίπτωση υπερφόρτισης, τα φορτία που τροφοδοτούνται προσωρινά από τη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης και δεν είναι φορτία έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να αποσυνδέονται αυτόματα.

### **2.4.3 Συσσωρευτές έκτακτης ανάγκης**

Οι συσσωρευτές θα πρέπει να εγκαθίστανται έτσι ώστε να μην προκληθεί κίνδυνος για τον άνθρωπο ή τον εξοπλισμό από τα αέρια ή τις διαρροές των ηλεκτρολυτών. Σε δεξαμενόπλοια, οι συσσωρευτές δεν πρέπει να τοποθετούνται στις δεξαμενές φορτίου. Οι χώροι που περιέχουν τις μπαταρίες θα πρέπει να κατασκευάζονται και να αερίζονται έτσι ώστε να μην επιτρέπουν τη συγκέντρωση εύφλεκτου μίγματος αερίων.

Οι συσσωρευτές θα πρέπει να προστατεύονται από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα.

Επιπλέον, θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένοι ώστε να διατηρούν την ονομαστική τους ικανότητα ακόμη και σε κλίση 22,5° και να μην υπάρχει διαρροή ηλεκτρολύτη για κλίσεις έως 40°.

Μόνο σε πολύ μικρά σκάφη επιτρέπονται συσσωρευτές ως πηγή ασφαλείας.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL οι μπαταρίες που είναι αποδεκτές είναι οι:

- μολύβδου-οξέος με διάλυμα αραιού θειικού οξέος σαν ηλεκτρολύτη
- ατσάλινες μπαταρίες νικελίου-καδμίου με αραιό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου ως ηλεκτρολύτη.

### **2.5 Λήψη ρεύματος από στεριά**

Με βάση τη διεθνή σύμβαση SOLAS, κάθε πλοίο χωρητικότητας μεγαλύτερης από 500 GRT, θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον μια λήψη ρεύματος από τη στεριά σύμφωνα με τον κώδικα FSS (Fire Safety Systems Code).

Βρίσκεται στο κύριο κατάστρωμα, είναι κατάλληλα προστατευμένη και συνδέεται με τον κύριο πίνακα διανομής.

Η ενεργοποίηση της λήψης ρεύματος από τη στεριά θα πρέπει να είναι δυνατή μόνο εφόσον οι κύριες γεννήτριες είναι εκτός λειτουργίας. Παράλληλη λειτουργία της λήψης από τη στεριά με τις κύριες γεννήτριες για σύντομο χρονικό διάστημα για τη μεταφορά του φορτίου είναι επιτρεπτή. Η λήψη από τη στεριά θα πρέπει να γίνεται μέσω διακόπτη και να προστατεύεται από βραχυκύκλωμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Διαστασιολόγηση καλωδίων, ζυγών και υποζυγών, μέσων προστασίας και μετασηματιστών

#### 3.1 Διαστασιολόγηση διατομών καλωδίων

##### 3.1.1 Γενικά

Τα καλώδια, που χρησιμοποιούνται στα πλοία, πρέπει να είναι βραδύκαυστα και αυτοσβενούμενα. Η μόνωσή τους κατασκευάζεται συνήθως από αιθυλοπροπυλένιο ή χλωριούχο πολυβινύλιο (polyvinyl-chloride, p.v.c.). Τα ναυτικά καλώδια και οι μονωμένοι τους αγωγοί πρέπει να είναι αντέχουν τις μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις του μέγιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης που μπορεί να περάσει από αυτά. Οι μέγιστες θερμοκρασίες (σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL) που πρέπει να αντέχουν τα καλώδια, με βάση τη μόνωσή τους, σε συνθήκες βραχυκυκλώματος ή εκκίνησης των κινητήρων φαίνονται παρακάτω. Οι τιμές στην παρένθεση αναφέρονται στις επιτρεπτές μέγιστες θερμοκρασίες συνεχούς λειτουργίας των καλωδίων. [7]

for PVC	(60 °C) 150 °C
for PVC	(75 °C) 150 °C
for EPR (EPM or EPDM)	(85 °C) 200 °C
for XLPE (VPE)	(85 °C) 250 °C
for silicone	(95 °C) according to specification

Η ονομαστική τάση λειτουργίας ενός καλωδίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την τάση λειτουργίας του σχετικού κυκλώματος. Με βάση το διεθνές πρότυπο IEC 60092-352 (3<sup>rd</sup> edition), οι ονομαστικές τιμές τάσεων των καλωδίων που συνιστώνται να χρησιμοποιούνται σε τριφασικά εναλλασσόμενα συστήματα δίνονται στον Πίνακα 3.1. Περισσότερες πληροφορίες σχετικές με τις κατηγορίες A, B, C που αναφέρονται στο προαναφερθέντα πίνακα μπορεί να βρει κανείς στη βιβλιογραφία [5].

Τα καλώδια πρέπει να είναι χάλκινα με ειδική αντίσταση του χαλκού ίση με  $17,241\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$  στους 20 °C.

Τα καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να μην είναι εκτεθειμένα σε μηχανικές (σε αμπάρια, ανοιχτά καταστρώματα κλπ) και θερμικές (κοντά σε λέβητα, ζεστούς σωλήνες κλπ) καταπονήσεις. Εάν κάτι τέτοιο δεν μπορεί να αποφευχθεί τότε θα πρέπει να προστατεύονται με ειδική θωράκιση από μεταλλικό πλέγμα και μέσω σωλήνων.

Σε περίπτωση καταναλωτών με διπλή τροφοδοσία, για λόγους ασφαλείας, και/ή σε καλώδια ελέγχου, οι διαδρομές των καλωδίων θα πρέπει να είναι όσο πιο μακριά γίνεται μεταξύ τους.

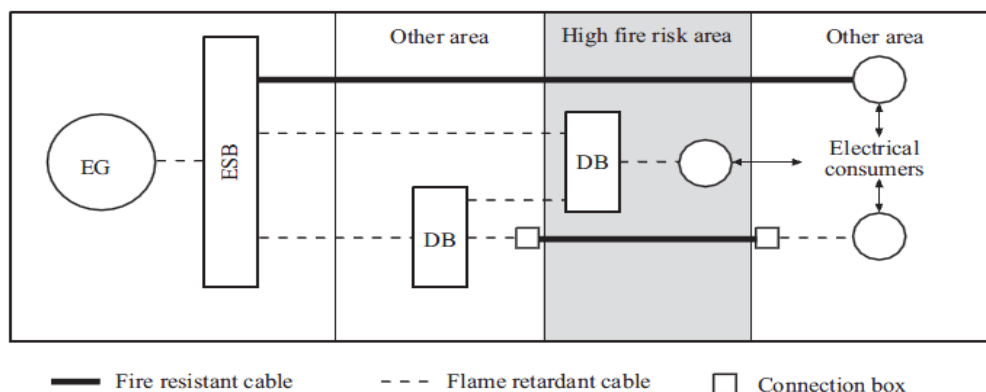
System voltage		System category	Minimum rated voltage of cable $U_0/U$	
Nominal voltage $U$ kV	Maximum sustained voltage, $U_m$ kV		Unscreened kV	Single-core or screened kV
up to 0,25	0,3	A, B or C	0,15/0,25	-
1,0	1,2	A, B or C	0,6/1,0	0,6/1,0
3,0	3,6	A or B	1,8/3,0	1,8/3,0
3,0	3,6	C	—	3,6/6,0
6,0	7,2	A or B	—	3,6/6,0
6,0	7,2	C	—	6,0/10,0
10,0	12,0	A or B	—	6,0/10,0
10,0	12,0	C	—	8,7/15,0
15,0	17,5	A or B	—	8,7/15,0

**Πίνακας 3.1** Επιλογή καλωδίων για τριφασικά εναλλασσόμενα συστήματα [5]

Τα καλώδια παροχής των καταναλωτών έκτακτης ανάγκης, δεν θα πρέπει να διασχίζουν ζώνες πυρκαγιάς που περιέχουν την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος και συναφή εξοπλισμό (με εξαίρεση τον εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης που βρίσκεται σε αυτές τις περιοχές).

Τα ηλεκτρικά καλώδια παροχής της αντλίας πυρκαγιάς έκτακτης ανάγκης, δεν πρέπει να περνάνε μέσα από το χώρο που περιέχει τις κύριες αντλίες πυρκαγιάς και τις πηγές ισχύος τους με τις κινητήριες μηχανές τους. Σε περίπτωση που περνάνε μέσα από περιοχή υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς, τότε θα πρέπει να είναι πυράντοχα (πυράντοχα είναι τα καλώδια που σε περίπτωση πυρκαγιάς διατηρούν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους).

Τα καλώδια παροχής των ουσιωδών καταναλωτών και των καταναλωτών έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να παρακάμπτουν τις κουζίνες, τους χώρους των πλυντηρίων, τα μηχανοστάσια κατηγορίας A και τις περιοχές υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πυράντοχα ή βραδύκαυστα καλώδια.



**Σχήμα 3.1** Εγκατάσταση πυράντοχων καλωδίων μέσα σε περιοχή υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς [7]

### 3.1.2 Υπολογισμός έντασης προσδιορισμού καλωδίων παροχής των καταναλωτών <sup>[2]</sup>

Η ένταση  $I_{\gamma f}$ , που απαιτείται για τον προσδιορισμό της διατομής του καλωδίου υπολογίζεται με τις παρακάτω σχέσεις:

α) γραμμή φωτισμού- ωμικού φορτίου:

$$I_{\gamma f} = I_{\gamma} \quad (3.1)$$

β) γραμμή που τροφοδοτεί μόνο έναν ηλεκτροκινητήρα:

$$I_{\gamma f} = 1,25 \cdot I_{\gamma} \quad (3.2)$$

γ) γραμμή με περισσότερους από έναν ηλεκτροκινητήρες:

$$I_{\gamma f} = 1,25 \cdot I_{\gamma 1} + \sum_{i \neq 1} I_{\gamma i} + 0,5 \cdot \sum_j I_{s j} \quad (3.3)$$

Όπου  $I_{\gamma 1}$  είναι η **ονομαστική** ένταση γραμμής του μεγαλύτερου κινητήρα της γραμμής – δικτύου,  $I_{\gamma i}$ ,  $i \neq 1$  η ονομαστική ένταση γραμμής για τον καθένα από τους υπόλοιπους κινητήρες και  $I_{s j}$  είναι η ονομαστική ένταση του εφεδρικού διακόπτη j (όταν προβλέπονται εφεδρικοί διακόπτες στον πίνακα).

Το ονομαστικό εναλλασσόμενο ρεύμα γραμμής  $I_{\gamma}$  μιας συσκευής προκύπτει από τις σχέσεις παρακάτω:

Για μονοφασική παροχή:

$$I_{\gamma} [A] = \frac{P_{ov.απορροφ.}[W]}{V[Volt] \cdot \cos\varphi} \quad (3.4)$$

Για τριφασική παροχή:

$$I_{\gamma} [A] = \frac{P_{ov.απορροφ.}[W]}{\sqrt{3} \cdot V[Volt] \cdot \cos\varphi} \quad (3.5)$$

Όπου  $P_{ov.απορροφ.}[W]$  είναι η ονομαστική απορροφημένη ισχύς,  $V[Volt]$  είναι η ονομαστική τάση του καταναλωτή και  $\cos\varphi$  ο ονομαστικός συντελεστής ισχύος.

Τονίζουμε ότι στην επιλογή των διατομών των καλωδίων των καταναλωτών χρησιμοποιούνται τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του καταναλωτή (τάση, ρεύμα, συντελεστής ισχύος).

Η σχέση (3.3) δεν έχει χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία καθώς στην περίπτωση καλωδίου τροφοδοσίας ομάδας καταναλωτών, έχει ληφθεί υπόψη ο συντελεστής λειτουργίας (μερική φόρτιση), όπως περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

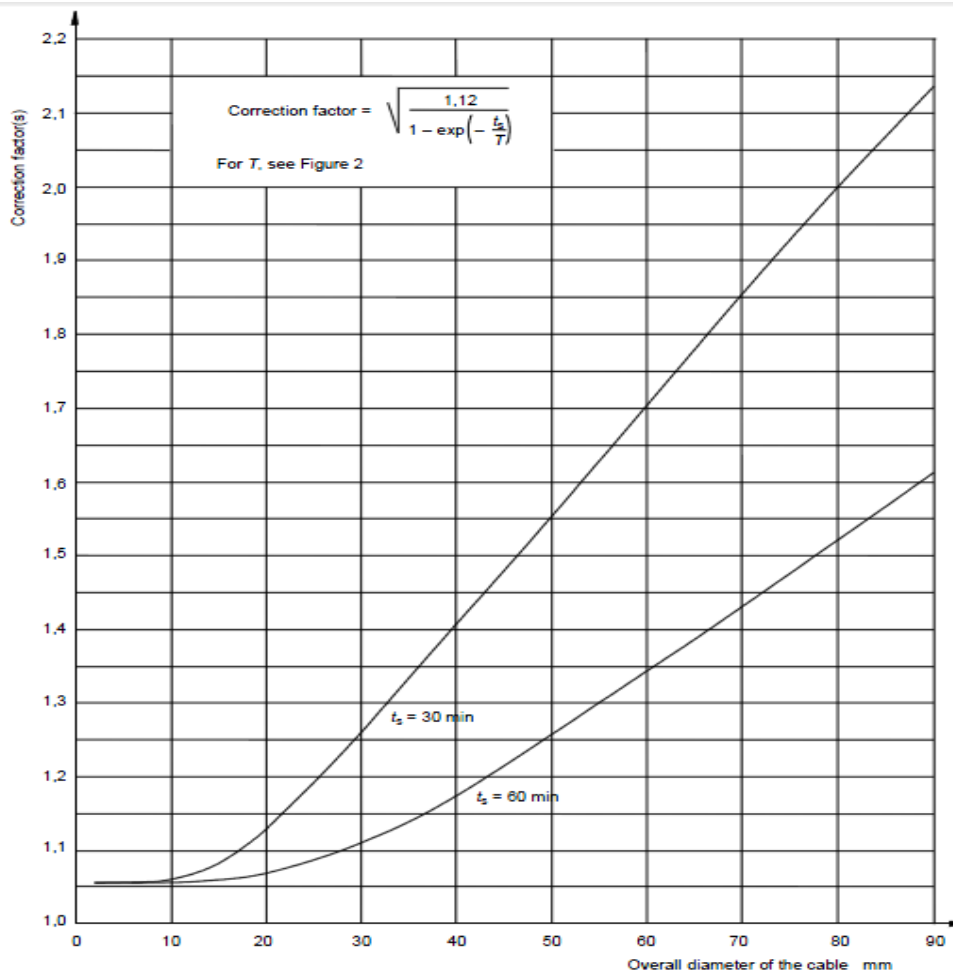
### 3.1.3 Υπολογισμός έντασης προσδιορισμού των καλωδίων τροφοδοσίας ομάδας καταναλωτών.

Για τον προσδιορισμό της διατομής των καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών, μπορεί να ληφθεί υπόψη ο συντελεστής ετεροχρονισμού και κατά συνέπεια ο συντελεστής λειτουργίας, υποθέτοντας ότι οι συνδεδεμένοι καταναλωτές δεν είναι ταυτόχρονα όλοι σε λειτουργία.

Στην παρούσα εργασία, κάνοντας χρήση των αποτελεσμάτων που μας παρέχει ο επεκτεταμένος ηλεκτρικός ισολογισμός, υπολογίζουμε το ρεύμα γραμμής για τη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του καλωδίου (μέγιστη ζητούμενη ενεργός ισχύς από τους καταναλωτές που τροφοδοτεί το καλώδιο) με βάση τις σχέσεις (3.4) ή (3.5) όπου  $P_{ον.απορροφ.}[W]$  είναι η μέγιστη ενεργός ισχύς που ζητείται από την ομάδα των καταναλωτών,  $V[Volt]$  είναι η ονομαστική τάση τους και  $\cos\phi(f_s)$  ο συντελεστής ισχύος συναρτήσει του συντελεστή λειτουργίας. Στη συνέχεια, για λόγους ασφαλείας λαμβάνουμε υπόψη μια υπερεκτίμηση του υπολογισμένου ρεύματος γραμμής κατά 10%.

### 3.1.4 Επιλογή κατάλληλης διατομής καλωδίου

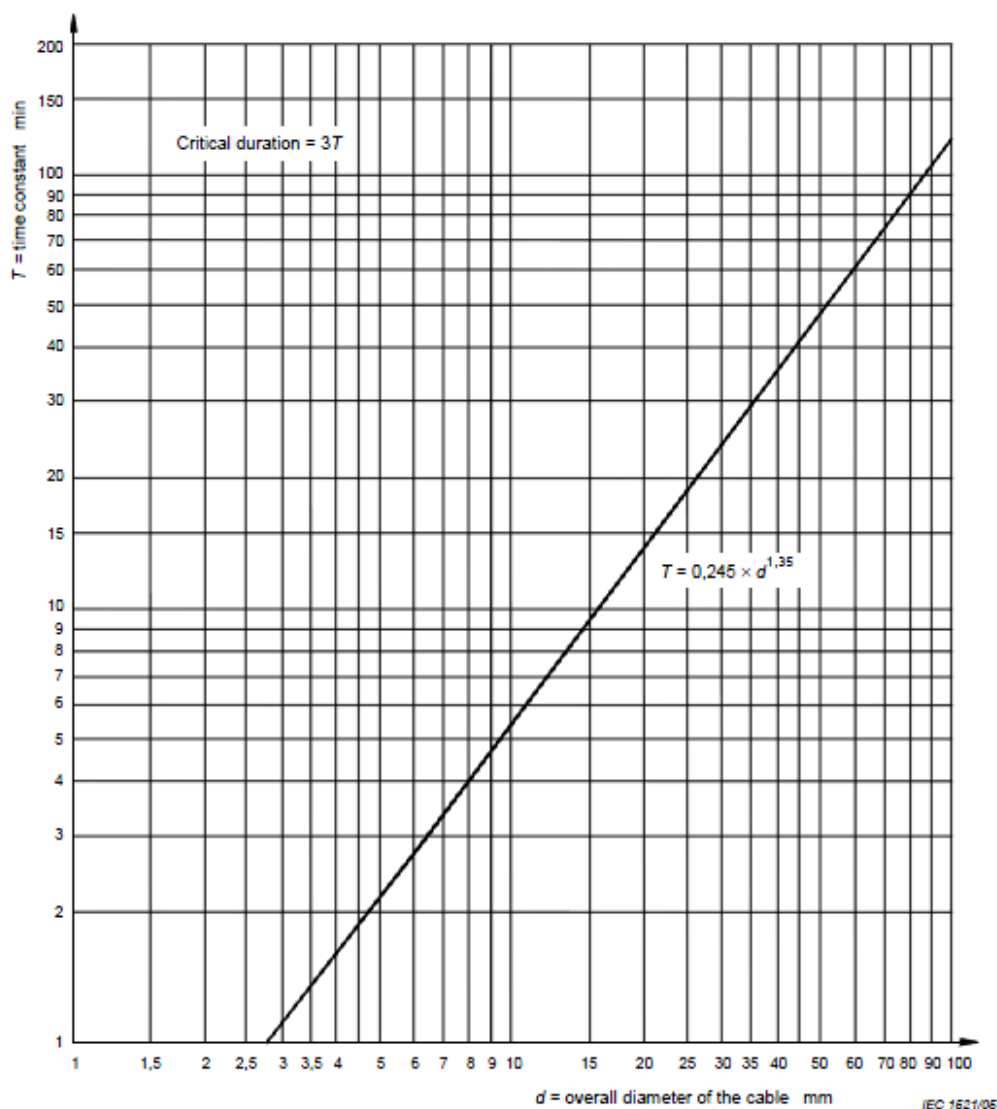
Σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, το επιτρεπτό ρεύμα από τη διατομή του καλωδίου που επιλέγεται, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το ρεύμα γραμμής όπως υπολογίστηκε παραπάνω. Οι επιτρεπτές ικανότητες μεταφοράς ρεύματος για μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας του καλωδίου στους 80 °C και 85 °C, δίνονται στον Πίνακα Α.1, Παράρτημα Α. Στον πίνακα αυτόν δίνονται και οι ικανότητες μεταφοράς ρεύματος των καλωδίων για λειτουργία 30 και 60 λεπτών.



Σχήμα 3.2 Συντελεστές διόρθωσης για λειτουργία 30 και 60 λεπτών [5]



Γενικά ισχύει, ότι εάν ένα καλώδιο προορίζεται για την τροφοδοσία εξοπλισμού που θα λειτουργεί μόνο για μικρό χρονικό διάστημα, 30 λεπτών ή μισής ώρας, η ικανότητα μεταφοράς ισχύος που έχει προσδιοριστεί για συνεχή λειτουργία θα πρέπει να αυξηθεί, χρησιμοποιώντας τους συντελεστές διόρθωσης του σχήματος 3.2. Οι συντελεστές αυτοί εφαρμόζονται μόνο όταν τα ενδιάμεσα διαστήματα ξεκούρασης είναι μεγαλύτερα από την κρίσιμη διάρκεια (που είναι ίση με τρεις φορές τη χρονική σταθερά του καλωδίου) που λαμβάνεται από το Σχήμα 3.3.



**Σχήμα 3.3** Χρονική σταθερά καλωδίων [5]

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος στον προαναφερθέντα πίνακα έχει ληφθεί ίση με 45 °C. Οι ικανότητες μεταφοράς ρεύματος για άλλες μέγιστες θερμοκρασίες λειτουργίας των καλωδίων μπορούν να βρεθούν στην βιβλιογραφία [7].

Οι τιμές των ρευμάτων που φαίνονται στον Πίνακα Α1, Παράρτημα Α, εφαρμόζονται σε οριζόντιες διατάξεις καλωδίων που δεν αποτελούνται από περισσότερα από 6 καλώδια τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο ή από ομαδοποιήσεις περισσότερων από τρία καλώδια. [7]

Flat arrangement:

○○○○○○ ○○○○○○ etc.

Groupings of not more than 3 cables:

○○ ○○ etc.  
○○ ○○ or ○○○○ etc.

Οι τριπλές ομάδες θα πρέπει να τοποθετηθούν προς κάθε κατεύθυνση με ένα διάστημα που θα αντιστοιχεί σε τουλάχιστον μια εξωτερική διάμετρο του μεγαλύτερου καλωδίου ή του μονωμένου σύρματος.

Εάν οι παραπάνω διατάξεις δεν τηρούνται ή δεν εξασφαλίζεται κυκλοφορία αέρα μεταξύ των καλωδίων τότε η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος θα πρέπει να μειωθεί στο 85% των τιμών που δίνονται στον Πίνακα Α.1, Παράρτημα Α.

Μια άλλη εναλλακτική, η οποία είναι πολύ πιο ακριβής, στην επιλογή της κατάλληλης διατομής καλωδίου, παρουσιάζεται στο Annex A του προτύπου IEC 60092-352 (third edition). Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, οι επιτρεπτές ικανότητες μεταφορά ρεύματος των καλωδίων εξαρτώνται από τη μέθοδο εγκατάστασης των καλωδίων (B.1, B.2, C, E, F ,G)<sup>[5]</sup> και για τους 85 °C φαίνονται στον Πίνακα Α.3, Παράρτημα Α, για χάλκινα καλώδια.

Όσον αφορά την ομαδοποίηση των καλωδίων (μείωση δυνατοτήτων αερισμού των καλωδίων και επομένως αύξηση θερμοκρασίας → αύξηση αντίστασης καλωδίων → μείωση ικανότητας μεταφοράς ρεύματος), χρησιμοποιούνται οι πίνακες Α.4, Α.5, Α.6, Παράρτημα Α, οι οποίοι δείχνουν τους συντελεστές διόρθωσης, που πρέπει να εφαρμοστούν στις τιμές του Πίνακα Α.3, ανάλογα με την μέθοδο εγκατάστασης αλλά και τη διάταξη των καλωδίων. Όσον αφορά τον Πίνακα Α.4, που είναι πιο γενικός και βρίσκει εφαρμογή σε όλες τις μεθόδους εγκατάστασης, ισχύουν τα παρακάτω:

- Οι συντελεστές που αναφέρονται στον πίνακα εφαρμόζονται σε ομοιόμορφα φορτισμένα ομαδοποιημένα καλώδια.
- Όταν η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών καλωδίων ξεπερνά το διπλάσιο της συνολικής διαμέτρου τους, τότε δεν χρειάζεται να εφαρμοστεί ο συντελεστής διόρθωσης.
- Τα n μονοπολικά καλώδια θεωρούνται ως n/2 διπολικά ή n/3 τριπολικά καλώδια.
- Η ακρίβεια των τιμών του πίνακα έχει απόκλιση της τάξεως του 5%.

Τέλος, το Annex B, του ίδιου προτύπου ταυτίζεται με τους κανονισμούς του GL και παρέχει όπως αναφέραμε και παραπάνω μια πιο προσεγγιστική και γενική μέθοδο για την επιλογή κατάλληλων διατομών καλωδίων.

**Παράλληλα καλώδια** επιτρέπονται μόνο για διατομές μεγαλύτερες από 10mm<sup>2</sup> και τα καλώδια αυτά θα πρέπει να είναι ίδιου μήκους, ίδιας διατομής, ίδιας σύνθετης αντίστασης και ομοιόμορφα φορτισμένα. Όσον αφορά τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του κάθε καλωδίου, σε περίπτωση που αυτή διαφέρει πάνω από 5 K, τότε μπορεί να γίνει ομαδοποίηση των καλωδίων μόνο εάν ληφθεί υπόψη σαν ικανότητα μεταφοράς ρεύματος κάθε καλωδίου, η μικρότερη ικανότητα μεταφοράς ρεύματος

των ομαδοποιημένων καλωδίων. Γενικά επιδιώκεται η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των ομαδοποιημένων καλωδίων να είναι ίδια. Σε περίπτωση που η σύνθετη αντίσταση των καλωδίων δεν είναι ίδια, τότε ένας συντελεστής διόρθωσης ίσος με 0,9 πρέπει να εφαρμοστεί στην ικανότητα μεταφοράς ρεύματος των καλωδίων.

Όσον αφορά τη **θερμοκρασία του περιβάλλοντος**, αν αυτή αναμένεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν καλώδια με θερμοκρασία λειτουργίας τουλάχιστον 10 K υψηλότερη από την αναμενόμενη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος που φαίνεται στους πίνακες A.1 και A.3, Παράρτημα A, θα πρέπει να διορθωθεί με βάση τους συντελεστές που φαίνονται στον Πίνακα A.2, Παράρτημα A.

Οι μεταλλικοί μανδύες, τα καλύμματα και οι σωλήνες των καλωδίων, για λόγους ασφαλείας, πρέπει πάντα να **γειώνονται** και στα δύο άκρα είτε μέσω της γάστρας του πλοίου, είτε μέσω στυπιοθλίπτη ο οποίος είναι σε ηλεκτρική επαφή με μια γειωμένη μεταλλική κατασκευή. Γείωση σε ένα σημείο (στο τέλος του καλωδίου) επιτρέπεται μόνο για μονοπολικά καλώδια και για καλώδια ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Οι μεταλλικοί μανδύες, οι θωρακίσεις, τα περιβλήματα και ο οπλισμός των καλωδίων δεν πρέπει να αποτελέσουν αγωγούς γείωσης για τη γείωση προστασίας του συνδεδεμένου ηλεκτρικού εξοπλισμού.

Οι διατομές των καλωδίων γείωσης πρέπει να είναι σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2.

Cross-section of outer conductor [mm <sup>2</sup> ]	Minimum cross-section of earthing conductor		
	in insulated cables [mm <sup>2</sup> ]	separately laid [mm <sup>2</sup> ]	flexible cables and wires [mm <sup>2</sup> ]
0,5 to 4	equal to cross-section of outer conductor	equal to cross-section of outer conductor but not less than 1,5 for stranded and 4 for solid earth conductor	equal to cross-section of outer conductor
> 4 to 16	equal to cross-section of outer conductor	equal to half the cross-section of outer conductor but not less than 4	
> 16 to 35	16		equal to cross-section of outer conductor but not less than 16
>35 to < 120	equal to half the cross-section of outer conductor		
≥ 120	70	70	

**Πίνακας 3.2** Διατομές των καλωδίων γείωσης [7]

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η γάστρα του πλοίου για την επιστροφή του ουδέτερου καλωδίου, τότε τα **καλώδια που συνδέονται στη γάστρα του πλοίου** θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον ίδια διατομή με τα καλώδια παροχής.

Οι αγωγοί των μόνιμα τοποθετημένων καλωδίων στο πλοίο πρέπει να είναι πολύκλωνοι συνεστραμμένοι (stranded) **κλάσης 2** ή ευλύγιστοι (flexible) **κλάσης 5**. Σε περίπτωση αγωγών κλάσης 5, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην ικανότητα μεταφοράς ρεύματός τους, καθώς έχουν μικρότερη αγωγιμότητα σε σχέση με τους αγωγούς κλάσης 2 ίδιας διατομής.

Τέλος, αναφέρουμε ότι στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων, προτιμώνται τα πολυπολικά καλώδια. Σε περίπτωση που η χρήση πολυπολικών καλωδίων δεν είναι δυνατή, τοποθετούνται μονοπολικά καλώδια εφόσον τηρούνται τα παρακάτω:

- Τα καλώδια δεν πρέπει να θωρακίζονται με μαγνητικό υλικό, καθώς μπορεί να προκληθεί μαγνητική υστέρηση και απώλειες λόγω κυκλικών ρευμάτων, με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας μεταφοράς ρεύματος.
- Οι αγωγοί του ίδιου κυκλώματος θα πρέπει να τοποθετούνται μαζί στον ίδιο σωλήνα ή με κοινούς σφιγκτήρες και θα πρέπει να περιλαμβάνουν όλες τις φάσεις σε ένα τριφασικό δίκτυο, εκτός και αν οι σφιγκτήρες είναι από μη-μαγνητικό υλικό.
- Τα μονοπολικά καλώδια που αποτελούν ένα κύκλωμα συνιστάται να τοποθετούνται σε τριγωνική διάταξη και το ένα δίπλα στο άλλο. Το διάστημα μεταξύ των καλωδίων δεν πρέπει να ξεπερνά σε καμία περίπτωση τη διάμετρο ενός καλωδίου.
- Τα παράλληλα μονοπολικά καλώδια θα πρέπει να είναι ίδιας διατομής και ίδιου μήκους και για την αποφυγή της άνισης κατανομής του ρεύματος, τα καλώδια μιας φάσης θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να εναλλάσσονται με τις άλλες φάσεις.

L1, L2, L3, L3, L2, L1 or L1, L2, L3  
L3, L2, L1  
or L3, L1, L2 or L2, L3, L1  
L2, L1, L3 L1, L3, L2

- Προκειμένου να ισορροπήσουμε τη σύνθετη αντίσταση των τριφασικών κυκλωμάτων με καλώδια μήκους μεγαλύτερου από 30m και διατομή μεγαλύτερη από 150 mm<sup>2</sup>, πρέπει να γίνεται αντιμετάθεση φάσεων σε αποστάσεις όχι μεγαλύτερες από 15 m.
- Οι μεταλλικές θωρακίσεις πρέπει να είναι μονωμένες μεταξύ τους και από τη γάστρα του πλοίου σε όλο το μήκος του καλωδίου. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι γειωμένες σε ένα μόνο άκρο.

Τα καλώδια πρέπει να προστατεύονται όπως θα αναλυθεί και σε επόμενη παράγραφο, από βραχυκύκλωμα και υπερφόρτιση.

Για καλώδια σε δίκτυα μέσης τάσεως, μπορεί κανείς να συμβουλευτεί τα πρότυπα IEC 60092-354 και 60502 καθώς και τους κανονισμούς του GL.

### 3.1.5 Πτώση τάσης κατά μήκος του αγωγού [2]

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, η επιτρεπτή πτώση τάσης, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, μεταξύ ζυγού (του κύριου ή έκτακτης ανάγκης πίνακα) και των καταναλωτών δεν πρέπει να ξεπερνά το 6% ή το 10% σε περίπτωση τροφοδοσίας του δικτύου κάτω των 50 V από συσσωρευτές.

Η πτώση τάσης υπολογίζεται με τις ακόλουθες σχέσεις:

Για μονοφασική παροχή ή δίκτυο Σ.Ρ. δύο αγωγών:

$$\Delta V[\text{Volt}] = \frac{2 \cdot l[\text{m}] \cdot \rho \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \cdot I_{\gamma f}}{S[\text{mm}^2]} \quad (3.6)$$

Για τριφασική παροχή :

$$\Delta V[\text{Volt}] = \frac{\sqrt{3} \cdot l[\text{m}] \cdot \rho \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \cdot I_{\gamma f}}{S[\text{mm}^2]} \quad (3.7)$$

όπου  $\Delta V$  είναι η πτώση τάσης στο καλώδιο,  $l$  το μήκος του καλωδίου παροχής,  $\rho$  η ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού (χαλκού κατά GL),  $S$  η διατομή του αγωγού και  $I_{\gamma f}$  [A] η τιμή του ρεύματος γραμμής όπως έχει υπολογιστεί παραπάνω.

### 3.1.6 Προσδιορισμός διατομών των ζυγών και υποζυγών [2], [7]

Οι ζυγοί πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από χαλκό ή επιχαλκωμένο αλουμίνιο ή από αλουμίνιο ανθεκτικό στη διάβρωση. Οι διαστάσεις των καλωδίων δίνονται στον Πίνακα 3.3 και καθορίζονται από το μέγιστο ρεύμα κανονικής λειτουργίας που κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους.

Width × Thickness [mm]	Maximum permissible loading [A] with 50/60 Hz							
	painted (matt-black)				bare			
	Number of bars				Number of bars			
	1	2	3	4	1	2	3	4
15 × 3	230	390	470	—	200	350	445	—
20 × 3	290	485	560	—	250	430	535	—
20 × 5	395	690	900	—	340	620	855	—
20 × 10	615	1145	1635	—	530	1020	1460	—
25 × 3	355	580	650	—	300	510	615	—
25 × 5	475	820	1040	—	405	725	985	—
30 × 3	415	670	735	—	350	590	700	—
30 × 5	555	940	1170	—	470	830	1110	—
30 × 10	835	1485	2070	—	710	1310	1835	—
40 × 5	710	1180	1410	—	595	1035	1350	—
40 × 10	1050	1820	2480	3195	885	1600	2195	2825
50 × 5	860	1410	1645	2490	720	1230	1560	2380
50 × 10	1260	2130	2875	3655	1055	1870	2530	3220
60 × 5	1020	1645	1870	2860	850	1425	1785	2740
60 × 10	1460	2430	3235	4075	1220	2130	2850	3595
80 × 5	1320	2080	2265	3505	1095	1795	2170	3370
80 × 10	1860	2985	3930	4870	1535	2615	3460	4275
100 × 10	2240	3530	4610	5615	1845	3075	4040	4935
120 × 10	2615	4060	5290	6360	2155	3545	4635	5580
160 × 10	3348	5121	6646	7836	2752	4451	5803	6857
200 × 10	4079	6162	7973	9287	3335	5344	6956	8109

*Note*  
The maximum permissible loading applies to switchboards not closed at the rear. In the case of fully enclosed switchboards adequate ventilation is to be ensured, or the loading values stated are to be reduced.

**Πίνακας 3.3** Επιτρεπτή φόρτιση και διατομή των χάλκινων ζυγών (45°C) [7]

Η αύξηση της θερμοκρασίας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 45 K ενώ οι παράλληλοι ζυγοί της ίδιας φάσης πρέπει να εγκαθίστανται σε απόσταση μικρότερη από το πάχος μιας μπάρας.

Οι διατομές των ζυγών πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην υπερθερμαίνονται σε πλήρη φόρτιση και σε βραχυκύκλωμα. Στην παρούσα εργασία, για την επιλογή της κατάλληλης διατομής των ζυγών, χρησιμοποιούνται οι τιμές του ρεύματος που υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τη μερική φόρτιση (συντελεστές λειτουργίας) στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του εκάστοτε ζυγού.

Τέλος, οι ζυγοί πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να αντέχουν τις πιέσεις από τα ρεύματα βραχυκύκλωσης καθώς μπορούν να προκαλέσουν ταλάντωση, στρέβλωση ακόμη και θραύση λόγω των αναπτυσσόμενων δυνάμεων. Για τον έλεγχο της μηχανικής αντοχής των ζυγών υπολογίζεται η ροπή αντίστασης της ορθογωνικής διατομής του ζυγού ( $W$ ), η ροπή στρέψης που ασκείται στους ζυγούς ( $M$ ) και συγκρίνεται ο λόγος ( $M/W$ ) με τη μέγιστη επιτρεπόμενη κάμψη του χάλκινου ζυγού ( $1200\text{kp/cm}^2$ ) σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$W = \frac{h \cdot b^2}{6} \text{ cm}^3 \quad (3.8)$$

όπου  $h$ ,  $b$  : το πλάτος και το ύψος της διατομής του κάθε ζυγού αντίστοιχα (σε cm)

$$M = \frac{F \cdot l}{16} \text{ kp} \cdot \text{cm} \quad (3.9)$$

όπου  $F$ ,  $l$  : η δύναμη μεταξύ γειτονικών ζυγών και το μήκος του ζυγού (σε cm), αντίστοιχα

$$F = 0,00204 \frac{l \cdot I_p^2}{d} \text{ kp} \quad (3.10)$$

όπου  $d$  : η απόσταση μεταξύ γειτονικών ζυγών (σε cm) και  $I_p$  το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (σε kA)

Για να είναι ικανοποιητική η αντοχή των ζυγών πρέπει  $M/W \leq 1200 \text{ kp/cm}^2$ .

Επιπλέον, για να αποφευχθεί τυχόν πρόβλημα συντονισμού, πρέπει η συχνότητα των μηχανικών ταλαντώσεων  $f_m$  να μην είναι στην περιοχή 5-10 Hz.

$$f_m = \frac{112}{l^2} \sqrt{\frac{J \cdot 1,1 \cdot 10^6}{B}} \text{ Hz} \quad (3.11)$$

όπου  $B$  το βάρος του ζυγού σε kp και  $J$  η ροπή αδράνειάς του ( $J = \frac{h \cdot b^3}{12} \text{ cm}^4$ )

## 3.2 Μέσα προστασίας στη χαμηλή τάση <sup>[2], [7], [22]</sup>

### 3.2.1 Γενικά

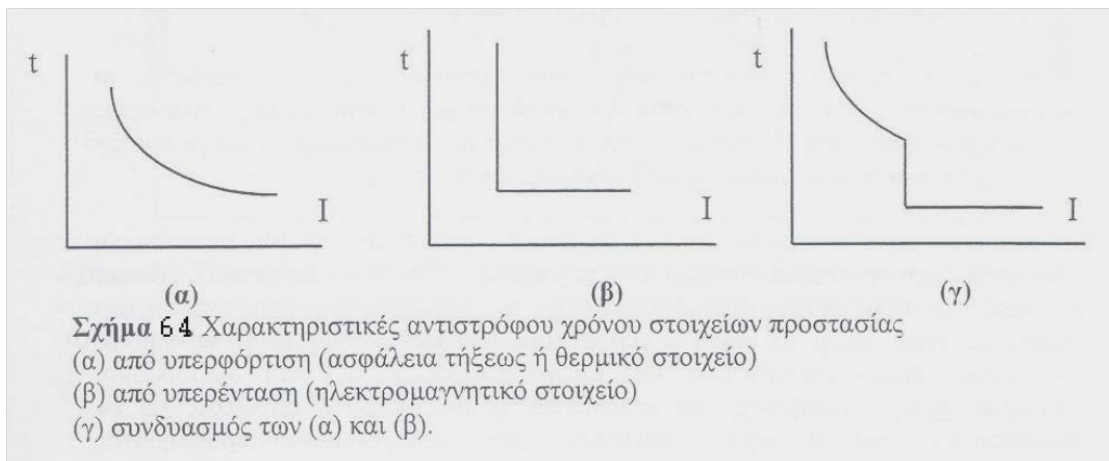
Οι διακόπτες γενικά των κυκλωμάτων ισχύος διακρίνονται ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αποξεύκτες (isolators), ανοίγουν και κλείνουν υπό αμελητέα ρεύματα και τάσεις.

- Διακόπτες φορτίου (load switches), συνδέουν και αποσυνδέουν φορτία σε ομαλή λειτουργία, όχι όμως σε βραχυκύκλωμα. Αυτό γίνεται είτε μηχανικά είτε μέσω ρελαί, ηλεκτρομαγνητικά.
- Διακόπτες ισχύος ή αυτόματοι διακόπτες, κλείνουν ή ανοίγουν κυκλώματα σε συνθήκες σφαλμάτων, δηλαδή και σε βραχυκυκλώματα και για αυτό χρησιμοποιούνται για προστασία.
- Διακόπτες εκκινητές κινητήρων. Είναι κατάλληλοι για τις βαριές συνθήκες εκκίνησης, σταματήματος και αλλαγής φοράς περιστροφής των κινητήρων, όπου εμφανίζονται ρεύματα πολλαπλάσια του κανονικού ρεύματος λειτουργίας.

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων πρέπει να προστατεύονται από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα (υπερέντασεις).

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε τη διαφορά μεταξύ **υπερφόρτισης και υπερέντασης (βραχυκυκλώματος)**. Η **υπερφόρτιση** αναφέρεται σε υπέρβαση του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας μόνο περίπου κατά 20%, ενώ η **υπερένταση (βραχυκύκλωμα)** αναφέρεται σε πολλαπλάσια τιμή (τουλάχιστον 200%). Έτσι η προστασία από υπερφόρτιση ικανοποιείται από στοιχεία με χαρακτηριστική αντιστρόφου χρόνου (βλέπε παρακάτω σχήμα), ενώ στην περίπτωση της υπερέντασης ο χρόνος αντίδρασης μπορεί να είναι «ακαριαίως» (βλέπε παρακάτω σχήμα).



Στη συνέχεια ο όρος «υπερένταση» θα συμπεριλαμβάνει και το βραχυκύκλωμα και την υπερφόρτιση και θα υποδηλώνει οποιαδήποτε αύξηση του ρεύματος πάνω από την ονομαστική τιμή του.

Οι συσκευές προστασίας από υπερένταση επιλέγονται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Το ρεύμα υπερφόρτισης
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης
- Την ικανότητα επαναφοράς

Τα μέσα προστασίας από βραχυκύκλωμα, ανοίγουν ένα κύκλωμα όταν το ρεύμα υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή και σε ένα καθορισμένο χρόνο και μάλιστα αυτόματα. Τέτοια μέσα προστασίας είναι οι ασφάλειες και οι αυτόματοι διακόπτες ή διακόπτες ισχύος. Οι αυτόματοι διακόπτες πέρα από την προστασία από βραχυκύκλωμα

χρησιμοποιούνται και για τις ζεύξεις και αποζεύξεις των γραμμών, των μετασχηματιστών, των γεννητριών, κλπ.

Χαρακτηριστικές παράμετροι των στοιχείων προστασίας είναι οι εξής:

- Το μέγεθος του διακοπόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης
- Ο χρόνος διακοπής (από τη στιγμή της αναγνώρισης ύπαρξης σφάλματος και εντολής διακοπής έως την πλήρη διακοπή κάθε μορφής ροής ρεύματος)

Είναι αυτονόητο ότι η ονομαστική ένταση ρεύματος διακοπής των στοιχείων προστασίας πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος, αλλιώς εκτός από την καταστροφή της εγκατάστασης θα καταστραφεί και το διακοπτικό στοιχείο.

Ο χρόνος διακοπής πέρα από τη σκόπιμη καθυστέρηση που ρυθμίζεται από τους ηλεκτρονόμους, περιλαμβάνει και χρόνους καθυστέρησης λόγω των φυσικών φαινομένων διακοπής. Ουσιαστικά, κατά τη φάση διακοπής, στην εκκίνηση του φαινομένου απομάκρυνσης των αγωγίμων επαφών του διακόπτη αναπτύσσεται ηλεκτρικό τόξο στον ενδιάμεσο χώρο. Ο φυσικός μηχανισμός για την αποκατάσταση της μόνωσης (σβέση τόξου και αποκατάσταση της διηλεκτρικής αντοχής μεταξύ των επαφών στο εσωτερικό του διακόπτη) απαιτεί κάποιο χρόνο.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι ένα διακοπτικό στοιχείο χαρακτηρίζεται όχι μόνο από την ικανότητά του διακοπής ρεύματος βραχυκυκλώματος (short circuit breaking capacity) αλλά και από την ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα (short circuit making capacity). Οι δύο αυτές χαρακτηριστικές τιμές παρότι στην παρούσα διπλωματική εργασία θα θεωρηθούν ταυτόσημες, εν γένει διαφέρουν.

### 3.2.2 Περιγραφή των διακοπτικών μέσων και μέσων προστασίας

❖ Οι **ασφάλειες** είναι από τα πιο φθηνά και αποτελεσματικά μέσα προστασίας έναντι βραχυκυκλωμάτων. Συγκεκριμένα οι ασφάλειες τήξεως είναι ένα μεταλλικό νήμα που παρεμβάλλεται στη γραμμή την οποία προστατεύει. Το νήμα αυτό υπερθερμαίνεται και τήκεται διακόπτοντας το κύκλωμα όταν η ένταση του ρεύματος υπερβεί για ορισμένο χρόνο μια ορισμένη τιμή. Το νήμα της ασφάλειας περιβάλλεται από άμμο για την σβέση του ηλεκτρικού τόξου το οποίο δημιουργείται κατά τη διακοπή του ρεύματος. Η άμμος βρίσκεται σε ένα μονωτικό περίβλημα συνήθως από πορσελάνη. Μαχαιρωτές ασφάλειες για κυκλώματα παροχής χρησιμοποιούνται μόνο αν μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν και να εξαχθούν.

Τυποποιημένα μεγέθη ασφαλειών είναι τα εξής:

6, 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 224, 250, 315.

Οι ασφάλειες χρησιμοποιούνται ως μέσα προστασίας από βραχυκύκλωμα ή υπερφόρτιση για ρεύματα μικρότερα των 315 A, με βάση τον GL.

❖ Οι **διακόπτες ισχύος ή αυτόματοι διακόπτες** έχουν σκοπό να προστατεύουν τον εξοπλισμό από υπερβολική θερμοκρασία σε υπερφορτίσεις και από υπερβολική



μηχανική και θερμική καταπόνηση σε βραχυκυκλώματα. Σε αντίθεση με τους αποζεύκτες και τους διακόπτες φορτίου, η χρήση των οποίων γίνεται επικίνδυνη για τον άνθρωπο για μεγάλες τιμές ρεύματος λόγω εμφάνισης τόξου, έχουν θάλαμο σβέσης ενώ μπορεί να φέρουν σε κάθε φάση θερμικό στοιχείο για προστασία έναντι υπερφόρτισης, ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο για προστασία έναντι ρευμάτων βραχυκύκλωσης, στοιχείο έλλειψης τάσεως και βοηθητικές επαφές σήμανσης και μανδάλωσης καθώς και στοιχεία καθυστέρησης της πτώσης. Το θερμικό είναι ουσιαστικά τρεις θερμικές επαφές (μία επαφή για κάθε φάση), η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην αύξηση του μήκους ενός ελάσματος, ή την κάμψη ενός διμεταλλικού ελάσματος ή το λιώσιμο ενός σημείου συγκόλλησης. Το θερμικό επενεργεί μετά από κάποιο μικρό χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να μην διακόπτεται η λειτουργία των κινητήρων κατά την εκκίνηση (ρεύμα εκκίνησης πολύ μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα) αλλά να προστατεύει τους κινητήρες και κατά συνέπεια την εγκατάσταση από μια υπερφόρτιση, που διαρκεί. Οι επαφές ισχύος απομακρύνονται με τη βοήθεια ελατηρίου που πρέπει να οπλιστεί μετά την πτώση του διακόπτη. Ο οπλισμός μπορεί να γίνεται χειροκίνητα με κουμπί, μοχλό ή με κινητήρα οπότε ο οπλισμός γίνεται από μακριά. Οι αυτόματοι διακόπτες προτιμώνται από τις ασφάλειες όταν δεν μπορεί να γίνει επιλεκτική η συνεργασία με άλλα μέσα προστασίας. Στις εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης χρειάζεται να υπάρχει **επιλεκτικότητα** των μέσων προστασίας, δηλαδή οι χρόνοι διέγερσης των μέσων προστασίας, για το υπόψη ρεύμα του σφάλματος, να μικραίνουν όσο πάμε από τα στοιχεία προστασίας μακριά από το σφάλμα προς τα στοιχεία που είναι κοντά στο σφάλμα. Αυτό συμβαίνει διότι επιθυμούμε να ανοίξει πρώτα το μέσο προστασίας που είναι κοντά στο σφάλμα ώστε να απομονώνεται μόνο το σφάλμα και όχι άλλες καταναλώσεις. Τέλος, οι σύγχρονοι διακόπτες ισχύος έχουν ηλεκτρονόμους που επιτρέπουν την επακριβή ρύθμιση τόσο του ρεύματος ρύθμισης όσο και της μορφής της καμπύλης των θερμικών και ηλεκτρομαγνητικών στοιχείων.

Οι αυτόματοι διακόπτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες χρήσης, Α και Β. η κατηγορία χρήσης Α, περιλαμβάνει διακόπτες που δεν έχουν σχεδιαστεί για επιλεκτικότητα κάτω από συνθήκες βραχυκυκλώματος σε σχέση με άλλα προστατευτικά μέσα σε σειρά από την πλευρά του φορτίου, π.χ. χωρίς σκόπιμη χρονική καθυστέρηση. Χρησιμοποιούνται σαν διακόπτες των καταναλωτών και της διανομής. Η κατηγορία Β, περιλαμβάνει διακόπτες που είναι σχεδιασμένοι για επιλεκτικότητα σε σχέση με άλλα μέσα προστασίας σε συνθήκες βραχυκυκλώματος. Οι διακόπτες αυτοί πρέπει να αντέχουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης για τουλάχιστον 500ms. Χρησιμοποιούνται σαν αυτόματοι διακόπτες γεννητριών.

Τυποποιημένα μεγέθη αυτόματων διακοπτών του ABB είναι τα εξής:

16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 2000, 2500

Τυποποιημένες τιμές ικανότητας διακοπής των διακοπτών ισχύος είναι: 10, 15, 25, 36, 50 kA.

- ❖ **Οι διακόπτες φορτίου** μπορούν να χειρίζονται υπό κανονικές ονομαστικές συνθήκες. Διακόπτουν ή συνδέουν κυκλώματα υπό ονομαστικό φορτίο, όχι όμως σε μεγαλύτερα ρεύματα. Για να διακόψουν το κύκλωμα χρειάζονται έναν θάλαμο σβέσης του τόξου που εμφανίζεται μεταξύ των επαφών τους. Εάν δεν έχουν ορατές επαφές, θα πρέπει να συνοδεύονται από αποζεύκτες, στην πλευρά του δικτύου. Οι αποζεύκτες και οι διακόπτες φορτίου είναι αλληλομανδαλωμένοι και βρίσκονται συνήθως στο εμπόριο σαν συνδυασμένη μονάδα. Χειρίζονται χειροκίνητα ή με πηνίο εργασίας και μοχλισμούς.
- ❖ **Οι αποζεύκτες** πρέπει να χειρίζονται χωρίς ρεύμα ή τάση στους πόλους τους. Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε ορατές επαφές και να απομονώσουμε σίγουρα ένα κύκλωμα για τυχόν εργασίες συντήρησης. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη γείωση ενός συστήματος. Σε κλειστή κατάσταση οι αποζεύκτες πρέπει να αντέχουν σε ρεύμα βραχυκύκλωσης ενώ σε ανοικτή κατάσταση πρέπει να αντέχουν σε τυχόν υπέρταση. Δεν πρέπει να χειρίζονται υπό φορτίο και για αυτό το λόγο μανδαλώνονται μηχανικά με τους διακόπτες φορτίου ή ισχύος όπου ανήκουν. Επειδή η διαφορά στην τιμή των αποζευκτών σε σχέση με αυτή των διακοπών φορτίου είναι πολύ μικρή, συνηθίζονται οι διακόπτες φορτίου στις εγκαταστάσεις.

Τυποποιημένες τιμές αποζευκτών είναι οι εξής:

25, 35, 63, 80, 100, 160, 250, 315

Οι αποζεύκτες και οι διακόπτες φορτίου πρέπει να προστατεύονται από βραχυκυκλώματα με ασφάλειες ή διακόπτες ισχύος αλλιώς λιώνουν ή συγκολλούνται οι επαφές τους.

### 3.2.3 Προστασία γεννητριών

Όπως έχει αναφερθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 2, οι γεννήτριες του πλοίου πρέπει να προστατεύονται από υπερφόρτιση, βραχυκύκλωμα, υπέρταση, υπόταση, αντιστροφή φοράς ρεύματος (σε περίπτωση παράλληλης λειτουργίας) και από πτώση της συχνότητας. Όπου χρησιμοποιούνται αυτόματι διακόπτες, θα πρέπει να υπάρχουν ενδεικτικές λυχνίες για τη διέγερση ή την αποδιέγερση του διακόπτη. Επιπλέον, για κάθε τριφασικό εναλλακτήρα θα πρέπει να υπάρχει ένα βολτόμετρο, ένα αμπερόμετρο, ένας μετρητής ενεργού ισχύος (για εναλλακτήρες >50 kVA) και ένα συχνόμετρο. Τα μέσα προστασίας των γεννητριών, οι συσκευές μέτρησης, οι ενδεικτικές λυχνίες, ο ρυθμιστής στροφών της diesel μηχανής και ο κινητήρας εκκίνησης των αυτόματων διακοπών πρέπει να τροφοδοτούνται από την πλευρά της γεννήτριας και να προστατεύονται ξεχωριστά από βραχυκύκλωμα.

Μετά από ένα άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη σε περίπτωση υπερέντασης, ο διακόπτης θα πρέπει να είναι έτοιμος για να κλείσει ξανά. Γι αυτό το λόγο θερμικά ρελαί προστασίας δεν είναι επιτρεπτά .

Μετά το άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, ένα μπλοκ επαναφοράς θα πρέπει να αποτρέπει την αυτόματη επαναδιέγερσή του στο απομένον ρεύμα βραχυκύκλωσης.

### 3.2.4 Προστασία κινητήρων

Κάθε κινητήρας >1kW θα πρέπει να εφοδιάζεται με το δικό του μέσο προστασίας από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Η εκκίνηση, η αναστροφή φοράς περιστροφής, η πέδηση, το διμεταλλικό στοιχείο (θερμικό) και ή χωρίς το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο μπορεί να αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα που ονομάζεται διακόπτης εκκίνησης και προστασίας των κινητήρων ή αυτόματος προστασίας. Τα μέσα προστασίας θα πρέπει να είναι συμβατά με την κατάσταση λειτουργίας των κινητήρων. Αν ο διακόπτης έχει μόνο το θερμικό στοιχείο και δεν έχει ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες για την προστασία του κινητήρα και του θερμικού από βραχυκυκλώματα. Οι ασφάλειες θα πρέπει να αντέχουν στο ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα. Ασφάλειες επίσης μπορούν να μπουν στον πίνακα ακόμη και αν ο αυτόματος προστασίας έχει ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο, για εφεδρεία, ή αν το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα βραχυκυκλώματος του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου. Ο διακοπτικός εξοπλισμός των κινητήρων του πλοίου, των οποίων η επαναδιέγερση για την αποκατάσταση της τάσης παροχής μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη λειτουργία του πλοίου, θα πρέπει να εφοδιάζεται με στοιχείο υπότασης το οποίο αποτρέπει την αυτόματη επαναδιέγερση.

### 3.2.5 Επιλογή μέσων προστασίας

- ❖ Οι διακόπτες προστασίας προδιαγράφονται με βάση τις παρακάτω παραμέτρους:
  - Ονομαστική τάση λειτουργίας
  - Ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα
  - Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης
  - Ικανότητα διακοπής συνιστώσας ΣΡ (ενδιαφέρει μόνο για τάσεις >1000V)
  - Χρόνος διαχωρισμού των επαφών
  - Συντελεστής ισχύος κατά τη διακοπή του βραχυκυκλώματος
- ❖ Οι συνδεσμολογίες του διακοπτικού εξοπλισμού θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην προκαλούνται ζημιές στους ζυγούς ή στα καλώδια λόγω της δυναμικής και θερμικής φόρτισης ακόμη και σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.
- ❖ Ο κύριος και ο έκτακτης ανάγκης πίνακας θα πρέπει να εξοπλίζονται με χειρολισθήρες μόνωσης ή χειρολαβές. Η αντίσταση μόνωσης των πινάκων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1MΩ.
- ❖ Κάθε γραμμή παροχής από τον κύριο πίνακα θα πρέπει να εφοδιάζεται με έναν αυτόματο διακόπτη με προστασία από υπερένταση και βραχυκύκλωμα ή με μια ασφάλεια για κάθε μη γειωμένο αγωγό και έναν διακόπτη (αποζεύκτη ή διακόπτη φορτίου) ή με ένα ρελαί με διακόπτη ελέγχου.

- ❖ Σε ένα τελικό κύκλωμα που τροφοδοτεί μόνο έναν καταναλωτή επιτρέπεται η ύπαρξη ενός μόνο μέσου προστασίας από βραχυκύκλωμα στο σημείο εισόδου.
- ❖ Το μέγεθος του επιτρεπτού ρεύματος των διακοπών φορτίου πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με αυτό της ασφάλειας που προστατεύει το κύκλωμα.
- ❖ Η σειρά ζυγός – ασφάλεια – διακόπτης θα πρέπει να τηρείται.
- ❖ Για τα μέσα προστασίας ισχύει:

Οι συσκευές προστασίας θα πρέπει σε περίπτωση σφάλματος να συνεργάζονται έτσι ώστε το ελαττωματικό κύκλωμα να αποκόπτεται ενώ η παροχή του ουσιώδους εξοπλισμού να διατηρείται κανονικά.

Η ονομαστική **ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα** ενός διακόπτη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το μέγιστο ρεύμα που πρέπει να διακοπεί σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στο σημείο όπου είναι εγκατεστημένος ο διακόπτης.

Η ονομαστική **ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα** ενός διακόπτη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το μέγιστο στιγμιαίο ασύμμετρο ρεύμα βραχυκύκλωσης στο σημείο της εγκατάστασης του διακόπτη.

Οι διακόπτες, των οποίων η ικανότητα διακοπής/ζεύξης σε βραχυκύκλωμα είναι μικρότερη από τα αναμενόμενα ρεύματα βραχυκύκλωσης θα πρέπει να προστατεύονται με εφεδρικές ασφάλειες με επαρκή διακοπτική ικανότητα.

- ❖ Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου των διακοπών προστασίας από υπερένταση θα πρέπει να είναι συμβατές με τα στοιχεία του δικτύου προς προστασία, και με τις απαιτήσεις για επιλεκτικότητα.
- ❖ Προστασία από βραχυκύκλωμα απαιτείται για κάθε μη γειωμένο αγωγό.
- ❖ Προστασία από βραχυκύκλωμα απαιτείται για κάθε μη γειωμένο αγωγό σε γειωμένα συστήματα. Η συνοχή των γειωμένων αγωγών δεν πρέπει να διακόπτεται από συσκευές προστασίας από υπερένταση ή βραχυκύκλωμα εκτός από την περίπτωση των πολυπολικών συσκευών που διακόπτουν ταυτόχρονα όλους τους αγωγούς, γειωμένους και μη.

Στην παρούσα εργασία όπως φαίνεται και από τα μονογραμμικά σχέδια των τριών υπό μελέτη πλοίων, έχουν χρησιμοποιηθεί σαν μέσα προστασίας των καταναλωτών από βραχυκύκλωμα και υπερφόρτιση ασφάλειες, οι οποίες έχουν συνδυαστεί με αποζεύκτες. Σε περίπτωση που το υπολογισμένο ρεύμα για την επιλογή της ασφαλιστικής διάταξης ξεπερνά τα 315 A, έχουν χρησιμοποιηθεί αυτόματοι διακόπτες και στην περίπτωση των κινητήρων έχουν και προστασία από υπερθέρμανση. Όσον αφορά τους κινητήρες, στα σχέδια δεν φαίνεται ο διακόπτης εκκινητή ο οποίος συνδυάζεται με θερμική επαφή για την προστασία του κινητήρα από υπερθέρμανση. Κάθε πίνακας/υποπίνακας διανομής προστατεύεται από βραχυκύκλωμα και υπερφόρτιση μέσω ενός αυτόματου διακόπτη, η ικανότητα διακοπής του οποίου προσδιορίζεται από τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων. Το μέγεθος του διακόπτη έχει προσδιοριστεί σύμφωνα με το ζητούμενο ρεύμα από κάθε υποπίνακα με βάση τον επεκτεταμένο ηλεκτρικό ισολογισμό. Αντίθετα, τα μεγέθη των ασφαλειών και των αποζευκτών έχουν προσδιοριστεί με βάση το ονομαστικό

ρεύμα κάθε καταναλωτή. Για τις γεννήτριες υπάρχει προστασία από βραχυκύκλωμα μέσω ενός αυτόματου διακόπτη. Η επιλεκτικότητα των χρονικών καθυστέρησης, τα στοιχεία υπέρτασης ή υπότασης, οι συσκευές μέτρησης ή ενδεικτικές λυχνίες, που μπορεί να υπάρχουν δεν αναγράφονται στο σχέδιο σε κανένα μέσο προστασίας.

### 3.3 Επιλογή μετασχηματιστών ισχύος

Οι μετασχηματιστές ισχύος θα πρέπει να εγκαθίστανται σε σημεία με εύκολη πρόσβαση και επαρκώς αεριζόμενα. Στις εγκαταστάσεις των πλοίων, με βάση τους κανονισμούς του GL, συνιστάται η χρήση των μετασχηματιστών ισχύος ξηρού τύπου.

Όλοι οι μετασχηματιστές πρέπει να έχουν ξεχωριστά τυλίγματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος εκτός από τους μετασχηματιστές εκκίνησης και ανάφλεξης, που μπορεί να είναι αυτομετασχηματιστές.

Υπό ωμικό φορτίο, η απόκλιση της τάσης μεταξύ κενού φορτίου και πλήρους φορτίου δεν πρέπει να ξεπερνά το 5%.

Η θερμοκρασία των τυλιγμάτων δεν πρέπει να ξεπερνά τις θερμοκρασίες που φαίνονται στον Πίνακα 3.4:

Insulation class	A	E	B	F	H
Temperature rise [K]	55	70	75	95	120

**Πίνακας 3.4** Επιτρεπτή αύξηση θερμοκρασίας των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή για θερμοκρασία περιβάλλοντος 45 °C [7]

Τα μέρη των καλυμμάτων τους με θερμοκρασία πάνω από 80°C, θα πρέπει να προστατεύονται για τυχόν ακούσια επαφή.

Οι μετασχηματιστές σε συνεργασία με τα μέσα προστασίας τους θα πρέπει να αντέχουν χωρίς ζημιά τις επιδράσεις των εξωτερικών βραχυκυκλωμάτων.

Σε περίπτωση παράλληλης λειτουργίας μετασχηματιστών, θα πρέπει η φόρτιση του καθενός να μην ξεπερνά το 10% του ονομαστικού ρεύματος αναλογικής κατανομής.

Οι μετασχηματιστές θα πρέπει να προστατεύονται από βραχυκυκλώματα και υπερφορτίσεις. Ο διακόπτης προστασίας θα πρέπει να υπάρχει στην πλευρά του πρωτεύοντος τυλίγματος, ενώ σε περίπτωση ανάδρασης θα πρέπει να υπάρχει διακόπτης και στο δευτερεύον.

Όσον αφορά τη μόνωση του μετασχηματιστή, αυτή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον:

- 5 MΩ μεταξύ πρωτευόντων και δευτερευόντων τυλιγμάτων
- 2 MΩ για την υπόλοιπη μόνωση

Τα ονομαστικά μεγέθη των μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσης που χρησιμοποιήθηκαν στα τρία υπό μελέτη πλοία, έχουν ληφθεί από δεδομένα του ABB. Τα kVA των μετασχηματιστών λαμβάνονται είτε από τυποποιημένες τιμές είτε κατά παραγγελία στον κατασκευαστή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Μελέτη βραχυκυκλωμάτων με βάση το διεθνές πρότυπο IEC 61363-1

#### 4.1 Εισαγωγή

Βραχυκύκλωμα καλείται η αγώγιμη σύνδεση μεταξύ δύο σημείων διαφορετικού δυναμικού μέσω πολύ μικρής ωμικής αντίστασης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την κυκλοφορία πολύ μεγάλου ρεύματος, καθώς από τον νόμο του Ohm ισχύει :

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow \infty, \text{ για } R \rightarrow 0$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η ονομαστική τάση λειτουργίας τόσο μεγαλύτερο είναι και το ρεύμα βραχυκυκλώματος I.

Τα βραχυκυκλώματα, σαν μεταβατικά φαινόμενα, είναι ηλεκτρικής φύσεως και δυναμικής μορφής. Σε σχέση με τις υπερτάσεις, οι οποίες είναι επίσης ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα αλλά διηλεκτρικής μορφής, τα βραχυκυκλώματα είναι βραδύτερα στην εξέλιξή τους διότι καθορίζονται βασικά από τη μαγνητική αντίδραση και αλληλεπίδραση των τυλιγμάτων των γεννητριών.

Τα βραχυκυκλώματα συνοδεύονται από στιγμιαίο μηδενισμό ή βύθιση της τάσεως, σε διαφορετικό βέβαια βαθμό για κάθε ζυγό. Όσο πιο κοντά είναι η θέση του βραχυκυκλώματος τόσο πιο έντονη είναι η διακύμανση της τάσεως. Λόγω της απότομης αυτής μείωσης της τάσεως, η εξερχόμενη ηλεκτρική ισχύς των γεννητριών μειώνεται απότομα ενώ αντίθετα η μηχανική ισχύς των στροβίλων στιγμιαία παραμένει σταθερή. Η κατάσταση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινό περίσσειμα κινητήριας ισχύος που δημιουργεί ένα ζεύγος επιταχύνσεως και μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια του συστήματος. Ενίοτε μπορεί να εμφανιστούν και υπερτάσεις (όπως συμβαίνει στα αγειώτα συστήματα των πλωτών κατασκευών). Οι υπερτάσεις αυτές οδηγούν σε καταπόνηση των μονώσεων.

Αξίζει να αναφέρουμε επίσης ότι υπερτάσεις αναπτύσσονται και κατά τη διακοπή και εκκαθάριση του σφάλματος ακόμα και αν εκκαθαρίζονται μόνο οι φάσεις με σφάλμα.

Πέρα από τις παραπάνω επιπτώσεις στη λειτουργία του συστήματος τα βραχυκυκλώματα ως υπερεντάσεις μπορούν να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση του εξοπλισμού (λόγω φαινομένου Joule), τήξη αγώγιμων μερών, τήξη μονωτικών υλικών, μερική ή ολική απώλεια (καταστροφή) μονώσεων, πυρκαγιές και ολική καταστροφή εξοπλισμού, ανάπτυξη μεγάλων (εγκτικών ή/και απωστικών ανάλογα με τη φορά των ρευμάτων στους ρευματοφόρους αγωγούς) δυνάμεων Laplace, στρεβλώσεις και κάμψεις αγώγιμων μερών, μηχανικές ταλαντώσεις.

Τα βραχυκυκλώματα μπορεί να είναι τριφασικά (συμμετρικά), που είναι η πλέον απίθανη αλλά και δυσμενέστερη κατάσταση, καθώς αναπτύσσονται μεγάλες εντάσεις

ρευμάτων ή ασύμμετρα (μονοφασικά, διφασικά, διφασικά προς γη), τα οποία μπορούν να αναλυθούν με τη μέθοδο των συμμετρικών συνιστωσών.

#### 4.2 Μέσα προστασίας έναντι βραχυκυκλωμάτων

Τα μέσα προστασίας ενός κυκλώματος από το βραχυκύκλωμα είναι αυτά που προβλέπουν σε διακοπή του κυκλώματος όταν εντοπίσουν υψηλές εντάσεις ρευμάτων. Τέτοια στοιχεία είναι οι ασφάλειες και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος.

Η αρχή λειτουργίας των ασφαλειών και των αυτόματων διακοπών έχει αναλυθεί στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο.

#### 4.3 Κανονισμοί μελετών βραχυκυκλωμάτων

Η Διεθνή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνίας (International Electrotechnical Committee- IEC) έχει εκδώσει τους παρακάτω κανονισμούς για βραχυκυκλώματα:

- IEC 61909 για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις EP (AC) ξηράς
- **IEC 61363 για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις EP (AC) πλοίων**
- IEC 61660-1 για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις ΣΡ (DC) ξηράς

Στην παρούσα εργασία, προκειμένου να γίνει η μελέτη βραχυκυκλωμάτων των τριών υπό μελέτη πλοίων χρησιμοποιήθηκε το διεθνές πρότυπο IEC 61363-1 σε συνδυασμό πάντα με τους κανονισμούς του γερμανικού νηογνώμονα Germanischer Lloyd's (GL) ο οποίος διαθέτει τις πιο λεπτομερείς οδηγίες αλλά και διευκρινίσεις ενίοτε πάνω στους κανονισμούς της IEC.

#### 4.4 Ηλεκτρικό δίκτυο κατά το βραχυκύκλωμα

Τα ηλεκτρικά στοιχεία ενός δικτύου όσον αφορά το βραχυκύκλωμα διακρίνονται σε ενεργητικά και παθητικά, ανάλογα με το αν τροφοδοτούν ή όχι το ρεύμα βραχυκυκλώματος. Τα παθητικά στοιχεία, αυτά δηλαδή που δεν τροφοδοτούν το ρεύμα βραχυκυκλώματος συμπεριφέρονται απλά ως σύνθετες αντιστάσεις. Στα παθητικά στοιχεία συγκαταλέγονται τα καλώδια, οι μετασχηματιστές, τα επαγωγικά πηνία και οι μετατροπείς ηλεκτρονικών ισχύος και αποτελούνται μόνο από ωμικές αντιστάσεις (R-στοιχεία) και πηνία (L-στοιχεία). Τα ενεργητικά στοιχεία, που είναι όλες οι στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές, γεννήτριες ή κινητήρες, αποτελούνται από ωμικές αντιστάσεις (R-στοιχεία) και πηνία (L-στοιχεία) μαζί με πηγές τάσης (ισοδύναμο Thevenin-Norton). Οι σύγχρονες γεννήτριες του συστήματος αποτελούν τις κύριες πηγές τροφοδοτήσεως των ρευμάτων βραχυκύκλωσης ενώ οι ασύγχρονοι κινητήρες συνεισφέρουν κυρίως κατά την έναρξη. Η κατάσταση φόρτισης των μηχανών πριν το βραχυκύκλωμα επιδρά και αυτή στη συμπεριφορά όλων των μηχανών κατά την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος.

**Μια σύγχρονη γεννήτρια** αντιλαμβάνεται το βραχυκύκλωμα ως εξής: η απότομη αύξηση του ρεύματος του στάτη, κατά την επιβολή του βραχυκυκλώματος, επάγει στο τύλιγμα του δρομέα ρεύματα μεταβατικά με τα οποία το τύλιγμα του δρομέα αντιδρά στη μεταβολή της πεπλεγμένης ροής. Η αντίδραση αυτή γίνεται σύμφωνα με

το θεώρημα της σταθερής πεπλεγμένης ροής το οποίο αναφέρει ότι η πεπλεγμένη ροή σε ένα κλειστό κύκλωμα δεν μπορεί να αλλάξει στιγμιαία. Άρα σύμφωνα με το νόμο του Faraday και τον κανόνα του Lenz, η πεπλεγμένη ροή ενός τυλίγματος  $\lambda=L \cdot I$  διατηρείται σταθερή και το αρχικό αυτό αυξημένο ρεύμα ισοδυναμεί με τη μείωση της επαγωγικής αντίδρασης της μηχανής με αποτέλεσμα τη μεταβατική επαγωγική αντίδραση ( $X_d' < X_d$ ). Εάν η γεννήτρια έχει και τυλίγματα αποσβέσεως, πράγμα που αποτελεί κανόνα τότε επάγονται μεταβατικά ρεύματα και στα τυλίγματα αυτά κατά τις πρώτες στιγμές του βραχυκυκλώματος, επιπλέον των ρευμάτων του δρομέα. Τα ρεύματα αυτά είναι μικρότερα από αυτά του δρομέα και μικρότερης διάρκειας, δηλαδή 2-3 περιόδων. Αποτέλεσμα αυτής της αντιδράσεως των τυλιγμάτων είναι η υπομεταβατική επαγωγική αντίδραση  $X_d''$  της σύγχρονης μηχανής με την οποία αυτή εμφανίζεται κατά τις πρώτες στιγμές της επιβολής του βραχυκυκλώματος. Ισχύει ότι  $X_d'' < X_d' < X_d$ . Τόσο η μεταβατική όσο και η υπομεταβατική αντίδραση της μηχανής αυξάνουν με την πάροδο του χρόνου, όσο αποκαθίσταται η ηλεκτρομαγνητική ισορροπία μεταξύ τυλιγμάτων στάτη, δρομέα και αποσβέσεως, μέχρι να φτάσουν την τιμή της μόνιμης επαγωγικής αντίδρασης  $X_d$ .

Όσον αφορά τις επαγωγικές αντιδράσεις εγκάρσιου άξονα σε μια γεννήτρια έκτυπων πόλων, αν και οι ταχύστροφες μηχανές (πχ. ατμο ή αεριο-στροβιλοκίνητες γεννήτριες) έχουν κυλινδρικό δρομέα, η μεταβατική αντίδραση είναι ίση με τη μόνιμη, δεδομένου ότι δεν υπάρχει τύλιγμα διεγέρσεως στον εγκάρσιο άξονα ( $X_q' = X_q$ ). Αν υπάρχουν τυλίγματα αποσβέσεως κατά τον εγκάρσιο άξονα δημιουργείται μια υπομεταβατική αντίδραση  $X_q''$  μικρότερη από τη  $X_q$ . Η  $X_q''$  είναι ελαφρά μεγαλύτερη από τη  $X_d''$ .

Άρα στην υπομεταβατική κατάσταση η σύγχρονη μηχανή εμφανίζει τις ελάχιστες επαγωγικές αντιδράσεις (υπομεταβατική αντίδραση ευθέως και εγκάρσιου άξονα  $X_d''$ ,  $X_q''$  αντίστοιχα – συμμετοχή τυλίγματος τυμπάνου, τυλίγματος διεγέρσεως κυρίως όμως τυλίγματος αποσβέσεως). Η διάρκεια της κυμαίνεται από 2-5 κύκλους (40-100 ms για 50 Hz ) και καθορίζεται από τις χρονικές σταθερές  $T_d''$  και  $T_q''$ .

Στη μεταβατική κατάσταση η σύγχρονη μηχανή εμφανίζει τις μεγαλύτερες επαγωγικές αντιδράσεις (μεταβατική αντίδραση ευθέως και εγκάρσιου άξονα  $X_d'$ ,  $X_q'$  αντίστοιχα – συμμετοχή τυλίγματος τυμπάνου και τυλίγματος διεγέρσεως). Η διάρκεια της κυμαίνεται από 10-15 κύκλους (200-300 ms για 50 Hz ) και καθορίζεται από τις χρονικές σταθερές  $T_d'$  και  $T_q'$ .

Στην μόνιμη κατάσταση βραχυκύκλωσης η σύγχρονη μηχανή εμφανίζει τις σύγχρονες επαγωγικές αντιδράσεις (αντίδραση ευθέως και εγκάρσιου άξονα  $X_d$ ,  $X_q$  αντίστοιχα – συμμετοχή τυλίγματος τυμπάνου και τυλίγματος διεγέρσεως). Η χρονική διάρκεια καθορίζεται από τις χρονικές σταθερές  $T_d$  και  $T_q$  και διαρκεί όσο και το βραχυκύκλωμα.

**Ένας ασύγχρονος κινητήρας** αντιδρά στο βραχυκύκλωμα με μικρότερη δυναμικότητα σε σχέση με τις σύγχρονες μηχανές, καθώς οι ασύγχρονες μηχανές δεν έχουν τύλιγμα διέγερσης και συνεπώς η συνεισφορά τους στο ρεύμα βραχυκύκλωσης



είναι κυρίως κατά την υπομεταβατική περίοδο, ενώ δεν υφίσταται και μόνιμη κατάσταση καθώς το ρεύμα βραχυκύκλωσης μηδενίζεται.

Συμπερασματικά και ποιοτικά μπορούμε να πούμε ότι μόλις μια στρεφόμενη ηλεκτρική μηχανή «αντιληφθεί» το βραχυκύκλωμα (ουσιαστικά τις υψηλές απαιτήσεις σε ρεύμα με μειωμένη τάση) αντιδρά προσπαθώντας να το τροφοδοτήσει, εμφανιζόμενη στο δίκτυο ως πηγή τάσης με χαμηλές επαγωγικές αντιδράσεις.

Οι ωμικές αντιστάσεις αποσβένουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης και δρουν μόνο στη διαμόρφωση των σταθερών χρόνου απόσβεσης των φαινομένων (σταθερές L/R).

Επιπλέον για την ικανοποίηση και των αρχικών συνθηκών του προβλήματος, δηλαδή το τι συνέβαινε πριν σε σχέση με το τι συμβαίνει μετά το βραχυκύκλωμα, οι ημιτονοειδείς κυματομορφές ρεύματος εμφανίζονται με ασυμμετρία, δεν έχουν δηλαδή μέση τιμή 0, περιλαμβάνοντας αποσβεννύμενες συνιστώσες ΣΡ που αποτυπώνουν τις αρχικές συνθήκες.

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης που ρέει στο σημείο του σφάλματος, προκύπτει από την υπέρθεση των επιμέρους ρευμάτων των ενεργητικών στοιχείων σύμφωνα με τα θεωρήματα Thevenin – Norton.

#### **4.5 Διεθνές πρότυπο IEC 61363-1 <sup>[4]</sup>**

Παρακάτω γίνεται αναφορά στο διεθνές πρότυπο IEC 61363-1, το οποίο ορίζει ότι για τα πλοία πρέπει να γίνεται μελέτη για τριφασικό βραχυκύκλωμα καθώς είναι και η δυσμενέστερη περίπτωση αλλά και ότι όλοι οι υπολογισμοί πρέπει να γίνονται για χρονική στιγμή ίση με την πρώτη ημιπερίοδο ( $T/2$ ) της ονομαστικής ηλεκτρικής συχνότητας του δικτύου (προτού δηλαδή υπάρξει κάποια απόσβεση). Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν μόνο οι παράγραφοι και οι ενότητες του προτύπου τις οποίες εφαρμόσαμε στα υπό μελέτη πλοία.

##### **4.5.1 Σκοπός και αντικείμενο**

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο περιγράφει διαδικασίες για τον υπολογισμό ρευμάτων βραχυκύκλωσης που μπορεί να υπάρξουν σε μια ναυτική ή υπεράκτια E.P. ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

Οι μέθοδοι υπολογισμού εφαρμόζονται σε μη διασυνδεδεμένα τριφασικά εναλλασσομένου ρεύματος δίκτυα τα οποία,

- a) λειτουργούν στα 50 Hz ή 60 Hz,
- b) έχουν οποιοδήποτε σύστημα τάσεως που καθορίζεται στο πρότυπο IEC 60092-201 πίνακας 2,
- c) έχουν ένα ή περισσότερα διαφορετικά επίπεδα τάσεων,
- d) συμπεριλαμβάνουν γεννήτριες, κινητήρες (σύγχρονους και ασύγχρονους), μετασχηματιστές, επαγωγικά πηνία, καλώδια και μετατροπείς,
- e) έχουν τον ουδέτερο κόμβο συνδεδεμένο με τη γάστρα του πλοίου μέσω μιας σύνθετης αντίστασης (σχεδιασμένη ώστε να περιορίζει το ρεύμα βραχυκύκλωσης που ρέει στη γάστρα του πλοίου)

f) έχουν τον ουδέτερο κόμβο μονωμένο από τη γάστρα του πλοίου.

Οι μέθοδοι υπολογισμού αφορούν μια κατάσταση τριφασικού συμμετρικού βραχυκυκλώματος, δηλαδή αγωγούς τριών φάσεων βραχυκυκλωμένους μεταξύ τους ή βραχυκυκλωμένους με τη γάστρα του πλοίου και για τους οποίους το βραχυκύκλωμα συμβαίνει ταυτόχρονα και στις τρεις φάσεις. Ο υπολογισμός ρευμάτων βραχυκύκλωσης που προκύπτει από ασύμμετρες καταστάσεις βραχυκυκλώματος μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες απεριοδικές συνιστώσες (Σ.Ρ.) του ρεύματος βραχυκύκλωσης και δεν εξετάζεται σε αυτό το πρότυπο.

Οι υπολογιστικές σχέσεις και οι μέθοδοι που περιγράφονται δίνουν επαρκώς ακριβή αποτελέσματα για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά τη διάρκεια των πρώτων 100ms μιας κατάστασης σφάλματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης για περιόδους μεγαλύτερες των 100ms όταν οι υπολογισμοί γίνονται σε ένα σύστημα ζυγών στους οποίους οι γεννήτριες συνδέονται απευθείας. Για χρονικές περιόδους πέρα των 100ms οι ελεγκτικές επιδράσεις των ρυθμιστών τάσης του συστήματος μπορεί να είναι κυρίαρχες. Υπολογισμοί που να περιλαμβάνουν τις επιδράσεις των ρυθμιστών τάσης δεν εξετάζονται σε αυτό το πρότυπο.

Αντικείμενο αυτού το προτύπου είναι να παρουσιάσει σχέσεις για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης των ενεργητικών στοιχείων ενός ηλεκτρικού δικτύου και να δείξει πόσο αυτές οι σχέσεις μπορούν να απλοποιηθούν κατά τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε διάφορες θέσεις του ηλεκτρικού δικτύου. Οι υπολογισμοί δίνουν εκτιμήσεις του αναμενόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης όταν τα ενεργητικά στοιχεία του δικτύου παρουσιάζουν τη μέγιστη συνεισφορά.

Οι υπολογιστικές σχέσεις στηρίζονται σε βασικές αρχές ηλεκτρολογίας σχετικές με τα στοιχεία του δικτύου. Οι απλοποιημένες μέθοδοι υπολογισμού ακόμη διατηρούν ένα αποδεκτό επίπεδο ακρίβειας στα αποτελέσματα, όμως οι κατάλληλες παραδοχές και οι επιδράσεις τους στα αποτελέσματα των υπολογισμών έχουν τονισθεί.

#### **4.5.2 Ορισμοί, σύμβολα, δείκτες και εκθέτες**

Οι παρακάτω ορισμοί και τα αντίστοιχα σύμβολα, που περιέχονται στο πρότυπο IEC 61363-1, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την μελέτη βραχυκυκλωμάτων των τριών υπό μελέτη πλοίων:

##### **4.5.2.1 Ορισμοί**

###### **4.5.2.1.1**

**βραχυκύκλωμα:** τυχαία ή σκόπιμη σύνδεση, μέσω μιας σχετικά πολύ μικρής αντίστασης ή σύνθετης αντίστασης, δύο ή παραπάνω σημείων ενός κυκλώματος, τα οποία είναι σε διαφορετικές τάσεις. [IEV 151-03-41]

###### **4.5.2.1.2**

**ρεύμα βραχυκύκλωσης:** υπερένταση που προκύπτει από ένα βραχυκύκλωμα λόγω

ενός σφάλματος ή μιας λάθους σύνδεσης σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. . [IEV 441-11-07]

#### 4.5.2.1.3

**αναμενόμενο ρεύμα** (σε σχέση με μια διακοπτική διάταξη): το ρεύμα βραχυκύκλωσης που θα ρέει σε ένα κύκλωμα εάν κάθε πόλος της συσκευής αντικαθίστατο με έναν αγωγό αμελητέας σύνθετης αντίστασης. [IEV 441-17-01, modified]

#### 4.5.2.1.4

**συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:** r.m.s. (ενεργός) τιμή της E.P. συμμετρικής συνιστώσας ενός αναμενόμενου (διαθέσιμου) ρεύματος βραχυκύκλωσης, η απεριοδική συνιστώσα του ρεύματος, αν υπάρχει, αμελείται. [IEC 60909, υποπαράγραφος 3.4)

#### 4.5.2.1.5

**αρχικό συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{k''}$ :** r.m.s. (ενεργός) τιμή της E.P. συμμετρικής συνιστώσας ενός αναμενόμενου (διαθέσιμου) ρεύματος βραχυκύκλωσης που παράγεται τη στιγμή επιβολής του βραχυκυκλώματος εάν η σύνθετη αντίσταση παραμένει σε μηδενική τιμή. [3.5 από το IEC 60909, βλέπε και σχήμα 2)

#### 4.5.2.1.6

**υπομεταβατικό ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{kd''}$  ευθέος άξονα:** r.m.s. (ενεργός) τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης που διαρρέει ένα κύκλωμα με στρεφόμενες μηχανές οι οποίες έχουν μία σύνθετη αντίσταση (επαγωγική αντίδραση) ίση με την υπομεταβατική αντίσταση (επαγωγική αντίδραση) του κυκλώματος.

#### 4.5.2.1.7

**μεταβατικό ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{kd'}$  ευθέος άξονα:** r.m.s. (ενεργός) τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης που διαρρέει ένα κύκλωμα με στρεφόμενες μηχανές οι οποίες έχουν μία σύνθετη αντίσταση (επαγωγική αντίδραση) ίση με τη μεταβατική αντίσταση (επαγωγική αντίδραση) του κυκλώματος.

#### 4.5.2.1.8

**ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης  $I_{kd}$  ευθέος άξονα:** r.m.s. (ενεργός) τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης, που διαρρέει ένα κύκλωμα με στρεφόμενες μηχανές, και που απομένει μετά την απόσβεση των μεταβατικών φαινομένων.

#### 4.5.2.1.9

**απεριοδική (Σ.Ρ.) συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης  $i_{dc}$  :** η συνιστώσα του ρεύματος σε ένα κύκλωμα αμέσως αφότου έχει ξαφνικά βραχυκυκλωθεί, με όλες τις συνιστώσες της θεμελιώδους και υψηλότερης συχνότητας να αποκλείονται. ΣΗΜΕΙΩΣΗ - Είναι η μέση τιμή μεταξύ της άνω και κάτω περιβάλλουσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης που αποσβένει από μια αρχική τιμή A στο μηδέν σύμφωνα με το σχήμα 4.2.

#### 4.5.2.1.10

**κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης  $i_p$ :** μέγιστη πιθανή στιγμιαία τιμή του αναμενόμενου (διαθέσιμου) ρεύματος βραχυκύκλωσης (βλέπε σχήμα 4.2 και 3.8 από IEC 60909).

ΣΗΜΕΙΩΣΗ - Για τριφασικά βραχυκύκλωμα υποθέτουμε ότι το βραχυκύκλωμα συμβαίνει ταυτόχρονα σε όλων των φάσεων τους αγωγούς.

#### 4.5.2.1.11

**υπομεταβατική χρονική σταθερά βραχυκύκλωσης ευθέος άξονα  $T_d''$** : ο χρόνος που απαιτείται ώστε η ταχύς μεταβαλλόμενη συνιστώσα, που εμφανίζεται στους πρώτους λίγους κύκλους στο ρεύμα βραχυκύκλωσης ευθέος άξονα μετά από μια απότομη μεταβολή στις συνθήκες λειτουργίας, να μειωθεί στο  $1/e$ , δηλαδή 0,368 της αρχικής της τιμής, με τη μηχανή (ή ισοδύναμη μηχανή) στην ονομαστική της ταχύτητα. [IEV 411-48-30,modified]

#### 4.5.2.1.12

**υπομεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέος άξονα  $T_{d0}''$** : ο χρόνος που απαιτείται ώστε η ταχύς μεταβαλλόμενη συνιστώσα, που εμφανίζεται στους πρώτους λίγους κύκλους, της τάσης ανοιχτού κυκλώματος που οφείλεται στη ροή του ευθέος άξονα, μετά από μια απότομη μεταβολή στις συνθήκες λειτουργίας, να μειωθεί στο  $1/e$ , δηλαδή 0,368 της αρχικής της τιμής, με τη μηχανή στην ονομαστική της ταχύτητα. [IEV 411-48-29,modified]

#### 4.5.2.1.13

**μεταβατική χρονική σταθερά βραχυκύκλωσης ευθέος άξονα  $T_d'$** : ο χρόνος που απαιτείται ώστε η βραδέος μεταβαλλόμενη συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης ευθέος άξονα μετά από μια απότομη μεταβολή στις συνθήκες λειτουργίας, να μειωθεί στο  $1/e$ , δηλαδή 0,368 της αρχικής της τιμής, με τη μηχανή στην ονομαστική της ταχύτητα. [IEV 411-48-28,modified]

#### 4.5.2.1.14

**μεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέος άξονα  $T_{d0}'$** : ο χρόνος που απαιτείται ώστε η βραδέος μεταβαλλόμενη συνιστώσα της τάσης ανοιχτού κυκλώματος, που οφείλεται στη ροή του ευθέος άξονα, μετά από μια απότομη μεταβολή στις συνθήκες λειτουργίας, να μειωθεί στο  $1/e$ , δηλαδή 0,368 της αρχικής της τιμής, με τη μηχανή στην ονομαστική της ταχύτητα. [IEV 411-48-27,modified]

#### 4.5.2.1.15

**χρονική σταθερά Σ.Ρ.  $T_{dc}$** : ο χρόνος που απαιτείται ώστε η συνιστώσα Σ.Ρ. που εμφανίζεται στο ρεύμα βραχυκύκλωσης, μετά από μια απότομη μεταβολή στις συνθήκες λειτουργίας, να μειωθεί στο  $1/e$ , δηλαδή 0,368 της αρχικής του τιμής, με τη μηχανή στην ονομαστική της ταχύτητα (βλέπε παράγραφο 20 από IEC 60034-4).

#### 4.5.2.1.16

**υπομεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα  $X_d''$  (κορεσμένη τιμή)**: το πηλίκο της αρχικής τιμής της βασικής Ε.Ρ. συνιστώσας της τάσης του στάτη ακριβώς πριν την έναρξη μιας ξαφνικής αλλαγής, η οποία συνιστώσα οφείλεται στη συνολική ροή ευθέος άξονα του στάτη, προς την τιμή της Ε.Ρ. συνιστώσας του ρεύματος ευθέος άξονα του στάτη τη στιγμή της ξαφνικής αλλαγής, με τη μηχανή στην ονομαστική της ταχύτητα. [IEV 411-50-11,modified]

#### 4.5.2.1.17

**μεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα  $X_d'$  (κορεσμένη τιμή):** το πηλίκο της αρχικής τιμής της βασικής E.P. συνιστώσας της τάσης του στάτη ακριβώς πριν την έναρξη μιας ξαφνικής αλλαγής, η οποία συνιστώσα οφείλεται στη συνολική ροή ευθέος άξονα του στάτη, προς την τιμή της E.P. συνιστώσας του ρεύματος ευθέος άξονα του στάτη τη στιγμή της ξαφνικής αλλαγής, με τη μηχανή στην ονομαστική της ταχύτητα και τις συνιστώσες ταχείας απόσβεσης κατά τους πρώτους κύκλους να αποκλείονται. [IEV 411-50-09,modified]

#### 4.5.2.1.18

**αντίδραση ευθέος άξονα  $X_d$ :** το πηλίκο της τιμής μόνιμης κατάστασης της βασικής E.P. συνιστώσας της τάσης του στάτη, η οποία συνιστώσα οφείλεται στη συνολική ροή ευθέος άξονα του στάτη, προς την τιμή του ρεύματος ευθέος άξονα του στάτη μετά την απόσβεση των μεταβατικών φαινομένων.

#### 4.5.2.1.19

**αντίσταση στάτη γεννήτριας  $R_a$ :** αντίσταση στάτη μιας σύγχρονης μηχανής, μετρημένη σε Σ.Ρ. ρεύμα.

#### 4.5.2.1.20

**σύνθετη αντίσταση βραχυκύκλωσης  $Z$ :** το πηλίκο της ημιτονοειδούς τάσης ανά φάση σε ένα συμμετρικό E.P. δίκτυο προς την ίδια συχνότητας συνιστώσα ρεύματος βραχυκύκλωσης του δικτύου.

#### 4.5.2.1.21

**πηγή τάσης:** ενεργητικό στοιχείο που μπορεί να αναπαρασταθεί από μια ιδανική πηγή τάσης ανεξάρτητη από όλα τα ρεύματα και τις τάσεις του κυκλώματος, σε σειρά με ένα παθητικό στοιχείο κυκλώματος.[IEV 131-01-37]

#### 4.5.2.1.22

**ονομαστική τάση δικτύου  $U_n$ :** τάση (πολική) από την οποία χαρακτηρίζεται ένα δίκτυο και στην οποία αναφέρονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά λειτουργίας (βλέπε IEC 60038).

#### 4.5.2.1.23

**υπομεταβατική τάση στρεφόμενης μηχανής  $E''$ :** r.m.s. (ενεργός) τιμή της συμμετρικής εσωτερικής τάσης μιας μηχανής, η οποία είναι ενεργή πίσω από την υπομεταβατική σύνθετη αντίσταση  $Z''$  τη στιγμή του βραχυκυκλώματος.

#### 4.5.2.1.24

**μεταβατική τάση στρεφόμενης μηχανής  $E'$ :** r.m.s. (ενεργός) τιμή της συμμετρικής εσωτερικής τάσης μιας μηχανής, η οποία είναι ενεργή πίσω από τη μεταβατική σύνθετη αντίσταση  $Z'$  τη στιγμή του βραχυκυκλώματος.

#### 4.5.2.1.25

**ονομαστική τιμή ( $n$ ):** κατάλληλη προσεγγιστική τιμή κάποιας ποσότητας, η οποία χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό ή τον προσδιορισμό ενός στοιχείου, συσκευής ή εξοπλισμού. [IEV 151-04-01].

#### 4.5.2.1.26

**τιμή λειτουργίας ( $r$ ):** τιμή κάποιας ποσότητας, η οποία προσδιορίζεται γενικά από τον κατασκευαστή, για μια συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας ενός στοιχείου, συσκευής ή εξοπλισμού. [IEV 151-04-01].

#### 4.5.2.1.27

**ισοδύναμη (-ος) γεννήτρια (κινητήρας):** φανταστική (ανύπαρκτη) μηχανή (κινητήρας) που έχει τα χαρακτηριστικά που θα δώσουν το ίδιο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε οποιοδήποτε σημείο σε μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση, με αυτό που θα έδινε ο συνδυασμός των γεννητριών (κινητήρων) με διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας, τα οποία είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο.

#### 4.5.2.2 Σύμβολα

Όλες οι εξισώσεις έχουν γραφτεί χωρίς να προσδιορίζονται οι μονάδες μέτρησης. Τα σύμβολα αντιπροσωπεύουν ποσότητες που έχουν και αριθμητικές τιμές και διαστάσεις που είναι ανεξάρτητες από τις μονάδες, δεδομένου ότι ένα σωστό σύστημα μονάδων επιλέγεται, δηλαδή “système international d’unités (SI)”.

Στην περίπτωση της σύνθετης αντίστασης, αντίδρασης, αντίστασης και πτώσης τάσης, τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν απόλυτες τιμές και τα πεζά γράμματα υποδηλώνουν σχετικές τιμές (ανά μονάδα ή επί τοις εκατό (%)).

Για χρονικά-εξαρτημένες τιμές (ρεύμα, τάση), τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν r.m.s.(ενεργές) τιμές και τα πεζά γράμματα υποδηλώνουν στιγμιαίες τιμές.

$\varphi$	Γωνία φάσης
$E_q''$ , $E_q'$	Υπομεταβατική και μεταβατική τάση εγκάρσιου q-άξονα γεννήτριας (r.m.s.)
$E_M''$	Υπομεταβατική τάση κινητήρα (r.m.s.)
$F$	Συχνότητα
$f_r$	Συχνότητα λειτουργίας του δικτύου
$I_M''$	Υπομεταβατικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα (r.m.s.)
$I_{kd}''$ , $I_{kd}'$	Υπομεταβατικό και μεταβατικό αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής (r.m.s.)
$I$	Ρεύμα (r.m.s.)
$I_{ac}$	Ε.Ρ. συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής (r.m.s.)
$I_{acM}$	Συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα (r.m.s.)
$i_{dc}$	Σ.Ρ. συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής
$i_{dcM}$	Σ.Ρ. συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα
$i_k$	Ανω περιβάλλουσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης
$I_{kd}$	Ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης σύγχρονης μηχανής (r.m.s.)

$i_M$	Άνω περιβάλλουσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα
$i_p, i_{pM}$	Κρουστική τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής και ασύγχρονου κινητήρα
$I_r$	Ρεύμα λειτουργίας (r.m.s.)
$L_C$	Αυτεπαγωγή καλωδίων
$P_{Cu}$	Απώλειες χαλκού του μετασχηματιστή στη συχνότητα λειτουργίας
$R$	Αντίσταση
$R_a$	Αντίσταση στάτη σύγχρονης μηχανής
$R_C$	Αντίσταση καλωδίου
$R_{dc}$	Αντίσταση Σ.Ρ.
$R_M$	Αντίσταση ασύγχρονου κινητήρα
$R_R$	Αντίσταση δρομέα (ρότορα) ασύγχρονου κινητήρα
$R_S$	Αντίσταση στάτη ασύγχρονου κινητήρα
$R_T$	Αντίσταση μετασχηματιστή
$Sr_T$	Ισχύς λειτουργίας μετασχηματιστή
$t$	Χρονική διάρκεια από την έναρξη του βραχυκυκλώματος
$t_r$	Λόγος μετασχηματισμού
$T_d'', T_d'$	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής
$T_{do}'', T_{do}'$	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος σύγχρονης μηχανής
$T_e'', T_e'$	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής συμπεριλαμβάνοντας τα παθητικά στοιχεία
$T_M''$	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά ασύγχρονου κινητήρα
$T_{Me}''$	Υπομεταβατική χρονική σταθερά ισοδύναμου κινητήρα συμπεριλαμβάνοντας τα καλώδια σύνδεσης
$T_{dc}$	Σ.Ρ. χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής
$T_{dce}$	Σ.Ρ. χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής συμπεριλαμβάνοντας τα παθητικά στοιχεία
$T_{dcM}$	Σ.Ρ. χρονική σταθερά ασύγχρονου κινητήρα
$T_{dcMe}$	Σ.Ρ. χρονική σταθερά ασύγχρονου κινητήρα συμπεριλαμβάνοντας τα καλώδια σύνδεσης
$U_o$	Τάση πριν το σφάλμα (πολική)
$U_n$	Ονομαστική τάση (πολική)

$U_r$	Τάση λειτουργίας (πολική)
$u_{rk}$	Τάση βραχυκύκλωσης μετασχηματιστή
$U_{rM}$	Τάση λειτουργίας κινητήρα
$u_{rR}$	Ωμική πτώση τάσεως μετασχηματιστή
$\omega_r$	$2\pi f_r$
$X$	Επαγωγική αντίδραση
$X_d'', X_d'$	Υπομεταβατική και μεταβατική αντίδραση ευθέως άξονα σύγχρονης μηχανής
$X_M''$	Υπομεταβατική αντίδραση ασύγχρονου κινητήρα
$X_{Me}''$	Υπομεταβατική αντίδραση ασύγχρονου κινητήρα συμπεριλαμβάνοντας τα καλώδια σύνδεσης
$X_d$	Αντίδραση σύγχρονης μηχανής ευθέως άξονα
$X_R, X_S$	Επαγωγική αντίδραση στάτη και δρομέα ασύγχρονου κινητήρα
$X_T$	Επαγωγική αντίδραση μετασχηματιστή
$Z$	Σύνθετη αντίσταση
$Z_d'', Z_d'$	Υπομεταβατική και μεταβατική σύνθετη αντίδραση σύγχρονης μηχανής
$Z_e'', Z_e'$	Υπομεταβατική και μεταβατική σύνθετη αντίδραση σύγχρονης μηχανής συμπεριλαμβάνοντας και τα παθητικά στοιχεία
$Z_M''$	Υπομεταβατική σύνθετη αντίσταση ασύγχρονου κινητήρα
$Z_T$	Σύνθετη αντίσταση μετασχηματιστή

#### 4.5.2.3 Δείκτες

$\theta$	Συνθήκες λειτουργίας πριν το σφάλμα
ac	Εναλλασσόμενο ρεύμα
C	Καλώδιο
d	Ευθύς άξονας
dc	Συνεχές ρεύμα
e	Τιμή που συμπεριλαμβάνει παθητικά στοιχεία (εξωτερικά)
$\underline{E}, \underline{I}, \underline{U}$	Φασιοθέτες των E, I, U
G	Σύγχρονη γεννήτρια
HV	Πλευρά υψηλής τάσης του μετασχηματιστή
i	Αριθμός γεννητριών
j	Αριθμός κινητήρων



k	Βραχυκύκλωμα
L	Αυτεπαγωγή
LV	Πλευρά χαμηλής τάσης μετασχηματιστή
M	Ασύγχρονος κινητήρας ή ομάδα κινητήρων
n	Ονομαστική τιμή
q	Εγκάρσιος άξονας
R	Δρομέας ασύγχρονου κινητήρα
r	Τιμή λειτουργίας
S	Στάτης ενός ασύγχρονου κινητήρα
T	Μετασχηματιστής
<u>Z</u>	Μιγαδική σύνθετη αντίσταση

#### 4.5.2.4 Εκθέτες

''	Υπομεταβατική τιμή
'	Μεταβατική τιμή

#### 4.5.3 Εισαγωγικές πληροφορίες

##### 4.5.3.1 Γενικά

Σύμφωνα με την υποενότητα 4.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ο προγραμματισμός, ο σχεδιασμός και η λειτουργία μιας ναυτικής ή υπεράκτιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης μπορεί να απαιτεί αρκετές μελέτες για την εκτίμηση της απόδοσης, της αξιοπιστίας, της ασφάλειας και της λειτουργίας του δικτύου υπό κανονικές συνθήκες αλλά και υπό συνθήκες βραχυκυκλώματος. Τέτοιες μελέτες μπορεί να αφορούν την ροή φορτίου, την ευστάθεια, την εκκίνηση των κινητήρων, τις μεταβατικές καταστάσεις, τη γείωση ή τις αρμονικές. Ο μηχανικός που σχεδιάζει το δίκτυο αποφασίζει ποιες μελέτες απαιτούνται για κάθε συγκεκριμένη εγκατάσταση. Οι μελέτες βραχυκυκλωμάτων είναι αυτές που απαιτούνται περισσότερο στα ναυτικά ή υπεράκτια δίκτυα, ανεξαρτήτως μεγέθους και πολυπλοκότητας.

Σε ένα πραγματικό δίκτυο, οι επιδράσεις ελέγχου των αυτόματων ρυθμιστών και της μη γραμμικότητας των παράλληλα συνδεδεμένων μηχανών θα επηρεάσουν τα προκύπτοντα ρεύματα. Το να υπολογισθούν με ακρίβεια τα ρεύματα που προκύπτουν από αυτές τις επιδράσεις είναι πέρα από το σκοπό αυτού του προτύπου, και θα έπρεπε να γίνει με τη χρήση προσομοιωτικών τεχνικών σε υπολογιστές.

Το ηλεκτρικό δίκτυο μιας ναυτικής και υπεράκτιας κατασκευής θα έπρεπε να σχεδιαστεί έτσι ώστε να εξασφαλίζει ότι λαμβάνονται όλες οι πιθανές προφυλάξεις για την αποφυγή ανάπτυξης ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Ο κύριος στόχος

υπολογισμού του ρεύματος βραχυκύκλωσης είναι να εξασφαλίσει ότι το δίκτυο και τα στοιχεία του είναι ικανά να αντέξουν τις επιδράσεις των καταστάσεων βραχυκυκλώματος, και ως εκ τούτου να περιορίσουν οποιαδήποτε προκύπτουσα ζημιά στο ελάχιστο. Η προστασία του δικτύου από ρεύμα βραχυκύκλωσης παρέχεται συνήθως από ασφάλειες και διακόπτες. Η κύρια πρόθεση αυτών των υπολογισμών είναι να παρέχουν επαρκείς πληροφορίες ώστε να καταστήσουν ικανή την επιλογή αυτών των συσκευών με την πεποίθηση ότι είναι ικανές να προσφέρουν την αναγκαία προστασία. Επιπλέον, οι υπολογισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην επιλογή συσκευών ικανών για τον περιορισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης εντός των ορίων των δυνατοτήτων των προστατευτικών συσκευών.

Κατά τον υπολογισμό ρευμάτων βραχυκύκλωσης, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τη διαφορά μεταξύ ενός ρεύματος βραχυκύκλωσης που παράγεται από ένα μεμονωμένο κομμάτι ενός εξοπλισμού, και του ρεύματος βραχυκύκλωσης που προκύπτει όταν αρκετά κομμάτια ενός εξοπλισμού είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο. Όταν πρόκειται για μια μεμονωμένη μηχανή, μόνο οι ηλεκτρικοί παράμετροι της μηχανής επηρεάζουν το αναπτυσσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Σε ένα δίκτυο όμως, αυτό το ρεύμα περιορίζεται από την σύνθετη αντίσταση των μη-ενεργητικών στοιχείων, για παράδειγμα, καλώδια, μετασχηματιστές, κλπ, που διαμορφώνουν το δίκτυο, αλλάζοντας ταυτόχρονα τις μεταβατικές και μονίμου καταστάσεως τιμές του προκύπτοντος ρεύματος βραχυκύκλωσης.

Η πλειονότητα των ναυτικών/υπεράκτιων ηλεκτρικών δικτύων λειτουργούν με τον ουδέτερο κόμβο μονωμένο από τη γάστρα ή συνδεδεμένο μέσω μιας σύνθετης αντίστασης. Σε τέτοια δίκτυα, η υψηλότερη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης είναι για τριφασικό βραχυκύκλωμα. Εάν ο ουδέτερος είναι απευθείας συνδεδεμένος στη γάστρα, τότε το ρεύμα που παράγεται από βραχυκύκλωμα γραμμής-γραμμής-γάστρα πλοίου ή γραμμής-γάστρα πλοίου μπορεί να είναι υψηλότερο.

#### **4.5.3.2 Ακρίβεια υπολογισμών**

Σύμφωνα με την υποενότητα 4.2 του IEC 61363-1, η παράγραφος 4.5.4 (IEC 61363-1, παράγραφος 5) περιγράφει τις εξισώσεις υπολογισμού ρεύματος βραχυκύκλωσης διαφόρων ενεργητικών στοιχείων του δικτύου.

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων των υπολογισμών, προσοχή πρέπει να δοθεί στην εγγενή ακρίβεια που περιλαμβάνεται στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών παραμέτρων των ενεργητικών στοιχείων, τα οποία καθορίζουν το μέγεθος του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Οι αποδεκτές ανοχές για την υπομεταβατική και μεταβατική σύνθετη αντίσταση μπορούν να αλλάξουν το υπολογισμένο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε μεγαλύτερο βαθμό από τις αποδεκτές ανοχές των χρονικών σταθερών. Οι εξισώσεις των ενεργητικών στοιχείων που αναπτύσσονται σε αυτό το πρότυπο θεωρούνται ότι περιγράφουν τις συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος με επαρκή ακρίβεια για πραγματικές εφαρμογές.

Όταν πρόκειται για τους υπολογισμούς του δικτύου, η ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος εξαρτάται όχι μόνο από την εγγενή ακρίβεια των χαρακτηριστικών

παραμέτρων των στοιχείων αλλά και από τη μέθοδο υπολογισμού, τον υπολογιστικό τύπο και τη σημασία ενός συγκεκριμένου στοιχείου στο δίκτυο σε σχέση με την ικανότητά του να παράγει ή να αποσβένει το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Παραδοχές μπορούν να γίνουν προκειμένου να απλοποιηθούν οι διαδικασίες υπολογισμού (βλέπε παράγραφο 4.5.5), αλλά οι απλοποιήσεις θα έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια ακρίβειας. Καλές απλοποιήσεις θα παράγουν συντηρητικά αποτελέσματα που οδηγούν σε υψηλότερες τιμές του ρεύματος βραχυκύκλωσης από αυτό που θα έρεε πραγματικά στο φυσικό σύστημα.

#### 4.5.3.3 Βασικές παραδοχές

Σύμφωνα με την υποενότητα 4.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ένας ολοκληρωμένος υπολογισμός ρεύματος βραχυκύκλωσης θα έπρεπε να δίνει την τιμή του ρεύματος σε κάθε σημείο στο χρόνο, από την έναρξη μέχρι τη λήξη. Ο υπολογισμός θα έπρεπε να δίνει προσοχή στις συνθήκες φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα, τα εγγενή χαρακτηριστικά των ενεργητικών στοιχείων, τις αποσβεστικές επιδράσεις των παθητικών στοιχείων, και τις στιγμιαίες τάσεις στα διαφορετικά σημεία του δικτύου στην αρχή του βραχυκυκλώματος.

Τέτοιος υπολογισμός θεωρείται περιττός για τους περισσότερους πρακτικούς μηχανικούς σκοπούς και αντίστοιχα πέραν του πεδίου αυτού του προτύπου.

Οι σχέσεις που περιγράφονται στο παρόν, υπολογίζουν την άνω περιβάλλουσα των μέγιστων τιμών του χρονικά εξαρτημένου ρεύματος βραχυκύκλωσης (βλέπε σχήμα 4.2). Η περιβάλλουσα υπολογίζεται χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες χαρακτηριστικές παραμέτρους της μηχανής, οι οποίες μπορούν να αποκτηθούν από τους κατασκευαστές του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν αναγνωρισμένες μεθόδους δοκιμής, και εφαρμόζοντας τις παρακάτω παραδοχές:

- a) όλες οι χωρητικότητες του δικτύου έχουν αμεληθεί,
- b) στην έναρξη του βραχυκυκλώματος, η στιγμιαία τάση σε μια φάση στο σημείο σφάλματος είναι μηδενική,
- c) κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος, δεν υπάρχει αλλαγή στη διαδρομή του ρεύματος βραχυκύκλωσης,
- d) η σύνθετη αντίσταση του τόξου κατά το βραχυκύκλωμα έχει αμεληθεί,
- e) οι μετασχηματιστές έχουν τεθεί σε ονομαστική λήψη τάσης,
- f) το βραχυκύκλωμα συμβαίνει ταυτόχρονα και στις τρεις φάσεις,
- g) για γεννήτριες συνδεδεμένες παράλληλα, όλες οι γεννήτριες μοιράζονται το ενεργό και άεργο φορτίο αναλογικά κατά την έναρξη και κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος,
- h) κατά τη διάρκεια κάθε διακριτού χρονικού διαστήματος, όλα τα στοιχεία του κυκλώματος αντιδρούν γραμμικά.

Με τις παραπάνω παραδοχές, τα αποτελέσματα των υπολογισμών θεωρούνται ικανοποιητικά ώστε να πετύχουν τους σκοπούς αυτού του προτύπου.

Η περιβάλλουσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης περιγράφεται συνήθως κατά τη διάρκεια των πρώτων λίγων χιλιοστών του δευτερολέπτου (ms) από την έναρξη του σφάλματος (η υπομεταβατική περίοδος), μετά στα επόμενα ms (η μεταβατική περίοδος) και τέλος κατά τα επόμενα δευτερόλεπτα (s) (περίοδος μόνιμης-κατάστασης) του σφάλματος. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης που παράγεται από μια σύγχρονη γεννήτρια επηρεάζεται πολύ από τα χαρακτηριστικά του ρυθμιστή τάσης της. Για να υπολογίσει κανείς την ακριβή επίδραση του ρυθμιστή απαιτούνται ακριβείς πληροφορίες για το σχεδιασμό του ρυθμιστή, και οι τελικές εξισώσεις δεν μπορούν να εκτιμηθούν εύκολα. Η τιμή μόνιμης κατάστασης του ρεύματος βραχυκύκλωσης που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη το ρυθμιστή μπορεί, ωστόσο, να αποκτηθεί από τον κατασκευαστή της γεννήτριας.

Για την συμμετρική τριφασική κατάσταση σφάλματος, μόνο οι συνιστώσες θετικής ακολουθίας των στοιχείων του δικτύου πρέπει να ληφθούν υπόψη.

#### 4.5.3.4 Μέθοδοι υπολογισμού

Σύμφωνα με την υποενότητα 4.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι σχέσεις που αναπτύσσονται στην παράγραφο 4.5.4 θεωρούνται ως οι πιο κατάλληλες για τον υπολογισμό των ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Όταν δεν είναι διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες, οι σχέσεις αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός και αν απλοποιηθούν. Οποιαδήποτε απλοποίηση γενικά συμπεραίνει μια προσέγγιση ή αμέλεια συγκεκριμένων παραμέτρων και συνεπώς αυτό προκαλεί ανακρίβειες στα αποτελέσματα των υπολογισμών. Η παράγραφος περιγράφει διάφορες απλοποιήσεις και δίνει μια ένδειξη για τις προκύπτουσες ανακρίβειες. Η παράγραφος 4.5.6 περιγράφει την εφαρμογή αυτών των τύπων στους υπολογισμούς του δικτύου.

Δύο βασικές υπολογιστικές προσεγγίσεις μπορούν να ληφθούν, χρονικά εξαρτημένη και χρονικά ανεξάρτητη. Σε κάποιες περιπτώσεις, η χρονικά εξαρτημένη φύση του ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να αμεληθεί. Ωστόσο, όταν απαιτείται μια ακριβής ανάλυση, για παράδειγμα για τον διατίμηση των αυτόματων διακοπών τύπου μη-περιορισμένου ρεύματος (όπως στα δίκτυα χαμηλής τάσης) ή όταν η συνιστώσα Σ.Ρ. είναι σημαντική (όπως στα δίκτυα μέσης τάσης), απαιτείται ένας χρονικά εξαρτημένος υπολογισμός.

Και για τις δύο μεθόδους υπολογισμού, το δίκτυο χωρίζεται σε ενεργητικά και παθητικά στοιχεία. Τα ενεργητικά στοιχεία είναι πηγή ρεύματος βραχυκύκλωσης, τα παθητικά στοιχεία μεταδίδουν ή μετασχηματίζουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης ώστε να διανεμηθεί από την πηγή στο σημείο του σφάλματος. Κάθε στοιχείο αναπαρίσταται με ένα μαθηματικό μοντέλο διαμορφωμένο από τις χαρακτηριστικές παραμέτρους του.

Παράλληλα συνδεδεμένα στοιχεία όπως κινητήρες και γεννήτριες, με όμοια χαρακτηριστικά λειτουργίας, μπορούν να θεωρηθούν ως μια ενιαία μηχανή. Για να ολοκληρωθεί ένας χρονικά εξαρτημένος υπολογισμός για ένα δίκτυο που περιλαμβάνει ανόμοια ενεργητικά στοιχεία, η μέθοδος της ισοδύναμης γεννήτριας θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Για κινητήρες, είναι αναγκαίο να γίνει διαχωρισμός μεταξύ «μικρών» και «μεγάλων» κινητήρων. Μια ομάδα από μικρούς κινητήρες συνδεδεμένους σε ένα κοινό σημείο διανομής μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας στο σημείο διανομής. Οι μεγάλοι κινητήρες θα πρέπει να θεωρούνται σαν ξεχωριστές πηγές ρεύματος βραχυκύκλωσης.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ - Ο όρος «μεγάλος» ορίζεται στην παράγραφο 4.5.5.3.3.

#### **4.5.4 Στοιχεία του δικτύου και μοντέλα**

##### **4.5.4.1 Ενεργητικά στοιχεία**

###### **4.5.4.1.1 Σύγχρονες μηχανές**

###### **4.5.4.1.1.1 Γενικά**

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.1.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι σύγχρονες μηχανές που χρησιμοποιούνται σε ναυτικές/υπεράκτιες ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν σύγχρονες γεννήτριες, κινητήρες και συμπυκνωτές. Η γνώση του ρεύματος βραχυκύκλωσης που παράγεται από αυτές τις μηχανές είναι θεμελιώδης για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο.

Κατά τη διάρκεια των πρώτων κύκλων του βραχυκυκλώματος όλες οι σύγχρονες μηχανές ανταποκρίνονται με παρόμοιο τρόπο και αντίστοιχα το ρεύμα βραχυκύκλωσης που παράγεται έχει τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά.

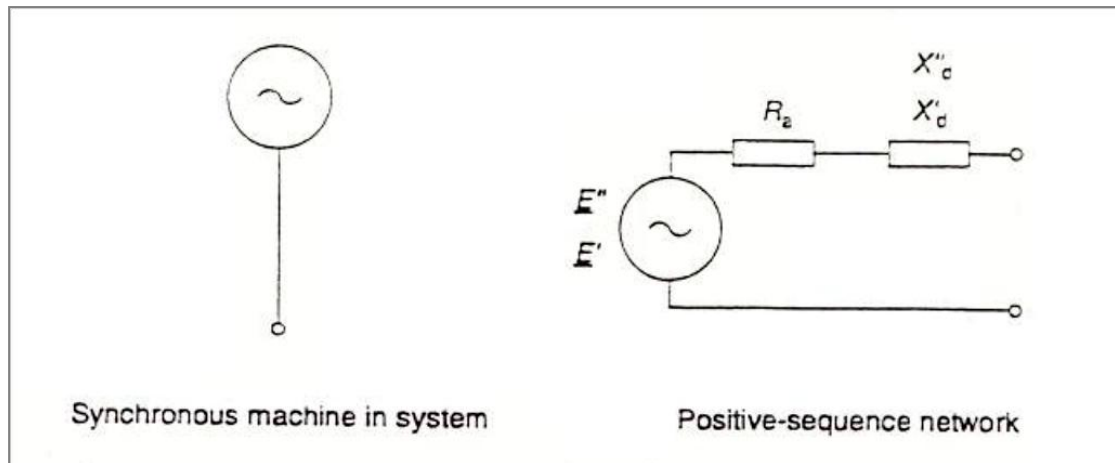
Οι σύγχρονες μηχανές είναι είτε σύνθετης είτε παράλληλης διεγέρσεως. Για παράλληλης-διεγέρσεως μηχανές, το ρεύμα διεγέρσεως μπορεί να μηδενισθεί κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος, με αποτέλεσμα την απώλεια του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Σε μηχανές σύνθετης διεγέρσεως, το ρεύμα βραχυκύκλωσης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και τη διατήρηση του ρεύματος διεγέρσεως. Αντίστοιχα, για γεννήτριες παράλληλης και σύνθετης διεγέρσεως με όμοια χαρακτηριστικά, η γεννήτρια σύνθετης διεγέρσεως θα δώσει μεγαλύτερες τιμές ρεύματος βραχυκύκλωσης όταν οι υπομεταβατικές επιδράσεις έχουν αποσβέσει.

###### **4.5.4.1.1.2 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα**

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.1.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, για τον υπολογισμό του τελικού τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης μια σύγχρονης μηχανής, οι χαρακτηριστικές παράμετροι συνδέονται σε ένα θετικής ακολουθίας κύκλωμα όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.

###### **4.5.4.1.1.3. Βασικοί υπολογισμοί**

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.1.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ο υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης για μια σύγχρονη μηχανή βασίζεται στην



**Σχήμα 4.1 - Κύκλωμα θετικής ακολουθίας μιας σύγχρονης μηχανής [4]**

εκτίμηση της περιβάλλουσας των μέγιστων τιμών του πραγματικού χρονικά εξαρτημένου ρεύματος βραχυκύκλωσης της μηχανής. Η προκύπτουσα περιβάλλουσα είναι μια συνάρτηση των βασικών παραμέτρων της μηχανής (ισχύς, σύνθετη αντίσταση, κλπ.) και των ενεργών τάσεων ( $\underline{E}''$ ,  $\underline{E}'$ ,  $\underline{E}$ ) πίσω από την υπομεταβατική, μεταβατική και μόνιμης καταστάσεως σύνθετη αντίσταση της μηχανής. Οι σύνθετες αντιστάσεις εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής αμέσως πριν την έναρξη του βραχυκυκλώματος.

a) Ενεργές τάσεις

Για έναν ακριβή υπολογισμό, οι ενεργές τάσεις θα πρέπει να θεωρηθούν και στον ευθύ και στον εγκάρσιο άξονα, κατά την υπομεταβατική και μεταβατική περίοδο ( $\underline{E}_d''$ ,  $\underline{E}_d'$ ,  $\underline{E}_q''$ ,  $\underline{E}_q'$ ) και να εκτιμηθούν λαμβάνοντας υπόψη τις τάσεις λόγω των ρευμάτων των συνθηκών φόρτισης πριν το σφάλμα, που δρουν στην σύνθετη αντίσταση ευθέος και εγκάρσιου άξονα κατά τις υπομεταβατικές και μεταβατικές περιόδους.

b) Σύνθετη αντίσταση μηχανής

Η σύνθετη αντίσταση μηχανής περιλαμβάνει και την αντίσταση και την αντίδραση που δρουν στο ευθύ και εγκάρσιο άξονα.

Μολονότι, για λόγους υπολογισμού, η αντίδραση της μηχανής θεωρείται σταθερή, είναι σταθερή μόνο για τις αντίστοιχες υπομεταβατικές, μεταβατικές και μόνιμου καταστάσεως περιόδους του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

c) Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά βραχυκυκλώματος

Η απόσβεση της Ε.Ρ. συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης χαρακτηρίζεται από τις υπομεταβατικές και μεταβατικές σταθερές χρόνου της μηχανής.

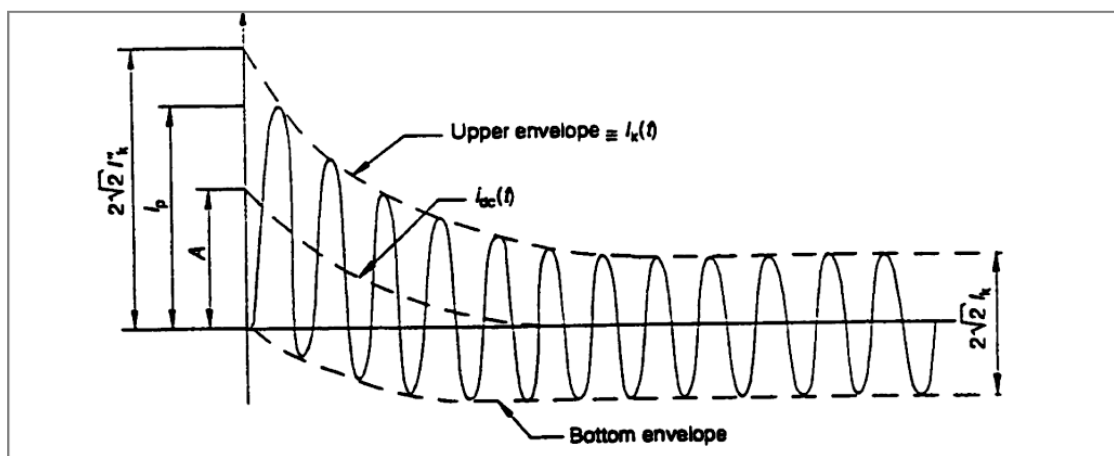
Η υπομεταβατική σταθερά χρόνου  $T_d''$  σχετίζεται με την αρχική απόσβεση της Ε.Ρ. συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης, και εξαρτάται από τις αποσβεστικές επιδράσεις του κυκλώματος του δρομέα (κυρίως του τυλίγματος απόσβεσης).

Η μεταβατική σταθερά χρόνου  $T_d'$  σχετίζεται με την απόσβεση της Ε.Ρ. συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Εξαρτάται κυρίως από τις αποσβεστικές επιδράσεις του κυκλώματος διεγέρσεως.

Η χρονική σταθερά Σ.Ρ.  $T_{dc}$  σχετίζεται με την απόσβεση της αperiοδικής συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης και εξαρτάται από τα αποσβεστικά χαρακτηριστικά του κυκλώματος του στάτη.

#### 4.5.4.1.1.4 Τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.1.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, η κατάσταση τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης προκύπτει όταν και οι τρεις φάσεις βραχυκυκλώνονται ταυτόχρονα.



$I_k''$  αρχικό συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

$i_p$  κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

$I_k$  ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης

$i_{dc}$  αποσβενύμενη (απεριοδική) συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης

A αρχική τιμή της αperiοδικής συνιστώσας

#### Σχήμα 4.2 – Συνάρτηση χρόνου του τελικού ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης γεννήτριας [4]

Το προκύπτον ρεύμα σε κάθε φάση είναι μια σύνθετη χρονικά εξαρτημένη συνάρτηση. Το ρεύμα περιέχει Ε.Ρ. και Σ.Ρ. συνιστώσες όπως τυπικά φαίνονται στο σχήμα 4.2.

Το ρεύμα σε οποιοδήποτε σημείο στο χρόνο εξαρτάται από τις στιγμιαίες τιμές των χαρακτηριστικών της μηχανής όπως έχει περιγραφεί στην παράγραφο 4.5.4.1.1.3. Για μία κατάσταση τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης, μόνο το κύκλωμα θετικής ακολουθίας (σχήμα 4.1) λαμβάνεται υπόψη.

#### 4.5.4.1.1.5 Υπολογισμός του τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.1.5 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, όπως φαίνεται και στο 4.5.4.1.1.3, για να εκτιμηθεί το ρεύμα βραχυκύκλωσης με ακρίβεια,

πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά της μηχανής και στον ευθύ και τον εγκάρσιο άξονα. Τέτοιος υπολογισμός είναι εξαιρετικά σύνθετος, και η πρόσθετη ακρίβεια που προσφέρει έναντι άλλων υπολογιστικών μεθόδων δεν δικαιολογεί την εργασία που απαιτείται.

Αν οι συνιστώσες του ρεύματος στον εγκάρσιο άξονα αμεληθούν, τα αποτελέσματα θα είναι μέσα στο +10% των αποτελεσμάτων που θα λαμβάναμε αν συμπεριλαμβάνονταν οι συνιστώσες του εγκάρσιου άξονα.

Οι μέγιστες τιμές του ρεύματος βραχυκύκλωσης θα προκύψουν όταν η φόρτιση της γεννήτριας πριν το σφάλμα είναι σε επίπεδο τιμής λειτουργίας φορτίου, τάσης, συχνότητας και συντελεστή ισχύος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 - Αν η μηχανή πριν το σφάλμα λειτουργεί σε επίπεδα κάτω από την ενεργό ισχύ λειτουργίας αλλά πάνω από την άεργο ισχύ λειτουργίας, το υπερτιμημένο επίπεδο διέγερσης θα προκαλέσει ρεύματα βραχυκύκλωσης που ξεπερνούν τις μέγιστες τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης που αναφέρονται πιο πάνω.

Κατά τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης, μόνο οι μέγιστες τιμές του ρεύματος θεωρούνται. Το σχήμα 4.2 δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές μεταβάλλονται σαν μια συνάρτηση του χρόνου κατά μήκος της άνω περιβάλλουσας της σύνθετης χρονικά εξαρτημένης συνάρτησης. Το ρεύμα που ορίζεται από αυτή την άνω περιβάλλουσα υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$i_k(t) = \sqrt{2} \cdot I_{ac}(t) + i_{dc}(t) \quad (4.1)$$

Για κανονικές εφαρμογές είναι σύνηθες να υπολογίζονται τρεις συναρτήσεις από αυτή την περιβάλλουσα, η Ε.Ρ. συνιστώσα  $I_{ac}(t)$ , η Σ.Ρ. συνιστώσα  $i_{dc}(t)$  και η μέγιστη δυνατή κρουστική τιμή  $i_p$ .

a) Η Ε.Ρ. συνιστώσα  $I_{ac}(t)$

*Είναι η κυρίαρχη συνιστώσα του ρεύματος και μειώνεται χρονικά κυρίως λόγω του ότι τα επαγωγικά στοιχεία των μηχανών από τις αρχικά χαμηλές τιμές αποκαθίστανται στις μονίμου καταστάσεως τιμές.*

Η συνάρτηση της Ε.Ρ. συνιστώσας  $I_{ac}(t)$  χαρακτηρίζεται από τα υπομεταβατικά, μεταβατικά και μονίμου καταστάσεως ρεύματα κατά τη διάρκεια των υπομεταβατικών και μεταβατικών χρονικών περιόδων. Αυτές οι χρονικές περίοδοι ορίζονται από τις υπομεταβατικές και μεταβατικές χρονικές σταθερές ευθέος άξονα  $T_d''$  και  $T_d'$ .

$$I_{ac}(t) = (I_{kd}'' - I_{kd}') \cdot e^{-\frac{t}{T_d''}} + (I_{kd}' - I_{kd}) \cdot e^{-\frac{t}{T_d'}} + I_{kd} \quad (4.2)$$

Οι υπομεταβατικές και μεταβατικές αρχικές τιμές του τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης,  $I_{kd}''$  και  $I_{kd}'$  μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας τις ενεργές τάσεις πίσω από τις αντίστοιχες σύνθετες αντιστάσεις, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (4.3) και (4.4).



$$I''_{kd} = \frac{E''_{q0}}{Z'_d} = \frac{E''_{q0}}{\sqrt{R_a^2 + X'_d{}^2}} \quad (4.3)$$

$$I'_{kd} = \frac{E'_{q0}}{Z'_d} = \frac{E'_{q0}}{\sqrt{R_a^2 + X'_d{}^2}} \quad (4.4)$$

Το ρεύμα  $I_{kd} = I_k$  που είναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης, θα πρέπει γενικά να λαμβάνεται από τον κατασκευαστή.

Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$I_{kd} = \frac{E_{q0}}{Z_d} = \frac{E_{q0}}{\sqrt{R_a^2 + X_d^2}}$$

Οι ενεργές τάσεις  $E''_{q0}$ ,  $E'_{q0}$  εξαρτώνται από το ρεύμα φόρτισης πριν το σφάλμα και μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (4.5) και (4.6) που προκύπτουν από τις διανυσματικές εξισώσεις (4.7) και (4.8).

$$E''_{q0} = \left[ \left( \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi_0 + R_a \cdot I_0 \right)^2 + \left( \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \sin\varphi_0 + X'_d \cdot I_0 \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.5)$$

$$E'_{q0} = \left[ \left( \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi_0 + R_a \cdot I_0 \right)^2 + \left( \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \sin\varphi_0 + X'_d \cdot I_0 \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.6)$$

$$\underline{E''_{q0}} = \underline{U}_0 / \sqrt{3} + \underline{I}_0 \cdot \underline{Z}'_d \quad (4.7)$$

$$\underline{E'_{q0}} = \underline{U}_0 / \sqrt{3} + \underline{I}_0 \cdot \underline{Z}'_d \quad (4.8)$$

Αντίστοιχα στην παρούσα εργασία η ενεργή τάση  $E_{q0}$  υπολογίστηκε από τις σχέσεις:

$$E_{q0} = \left[ \left( \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi_0 + R_a \cdot I_0 \right)^2 + \left( \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \sin\varphi_0 + X_d \cdot I_0 \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\underline{E}_{q0} = \underline{U}_0 / \sqrt{3} + \underline{I}_0 \cdot \underline{Z}_d$$

όπου

$$\underline{Z}'_d = (R_a + jX'_d) \text{ και}$$

$$\underline{Z}_d = (R_a + jX_d)$$

Αντίστοιχα  $\underline{Z}_d = (R_a + jX_d)$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 – Αν η σύγχρονη μηχανή λειτουργεί στην ονομαστική τάση του δικτύου και στο ρεύμα λειτουργίας της πριν το βραχυκύκλωμα, τότε  $U_0 = U_n$  και  $I_0 = I_r$ .

b) Η Σ.Ρ. συνιστώσα  $i_{dc}(t)$

Είναι υπεύθυνη για την ασυμμετρία της κυματομορφής του ρεύματος βραχυκύκλωσης ως προς τον άξονα των χρόνων και αποσβέννεται μετά τους πρώτους λίγους κύκλους (~60ms). Η παρουσία της είναι έντονη στην

υπομεταβατική κατάσταση ενώ στη μεταβατική κατάσταση προοδευτικά μηδενίζεται.

Η Σ.Ρ. συνιστώσα  $i_{dc}(t)$  μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.9).

$$i_{dc}(t) = \sqrt{2} \cdot (I''_{kd} - I_0 \cdot \sin\varphi_0) \cdot e^{-\frac{t}{T_{dc}}} \quad (4.9)$$

c) Η κρουστική τιμή  $i_p$

Η κρουστική τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης εμφανίζεται μεταξύ του χρόνου  $t=0$  και  $t=T/2$  της κατάστασης βραχυκυκλώματος. Ο ακριβής χρόνος εξαρτάται από τις συνθήκες φόρτισης πριν το σφάλμα, τη σύνθετη αντίσταση των γεννητριών και τις χρονικές σταθερές. Ωστόσο, είναι αποδεκτό να υπολογιστεί το  $i_p$  στον χρόνο  $T/2$ , δηλαδή στο πρώτο μισό-κύκλο του βραχυκυκλώματος, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (4.10).

$$i_p = \sqrt{2} \cdot I_{ac}(t) + i_{dc}(t) \quad (4.10)$$

#### 4.5.4.1.2 Ασύγχρονοι κινητήρες

##### 4.5.4.1.2.1 Γενικά

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.2.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι ασύγχρονοι κινητήρες μπορούν να θεωρηθούν ως δύο ευρείες κατηγορίες:

- μεγάλοι κινητήρες,
- μικροί κινητήρες

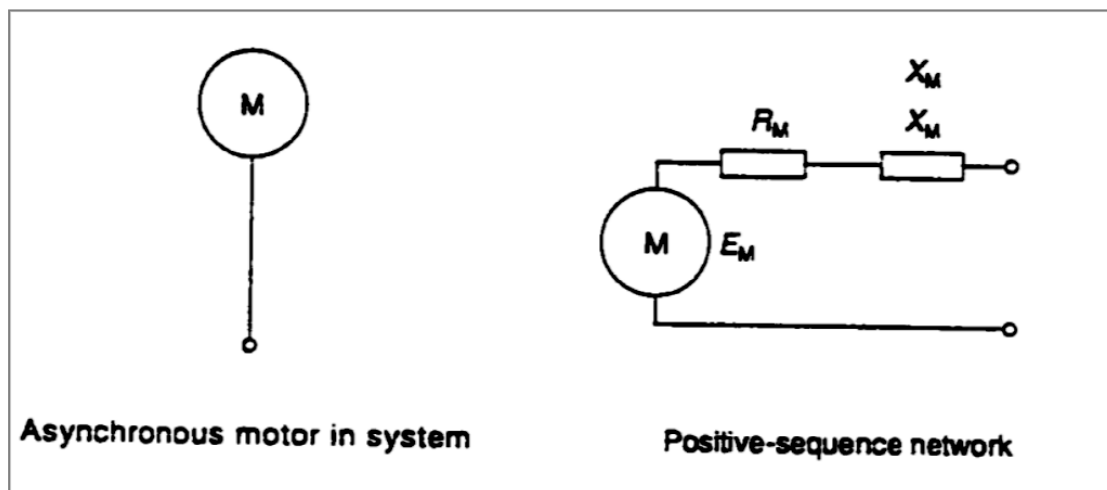
Η ομαδοποίηση εξαρτάται από την ισχύ των γεννητριών του συστήματος και τα πραγματικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα. Οι κινητήρες της πρόωσης, των αντλιών φορτίου, των γερανών και βαρέων μηχανημάτων, είναι συνήθως «μεγάλοι» κινητήρες, ενώ οι κινητήρες που τροφοδοτούν τα βοηθητικά συστήματα των πλοίων (αντλίες μεταφοράς καυσίμων, διαχωριστήρες, κλπ.) είναι «μικροί κινητήρες».

Όταν γίνεται ένα βραχυκύκλωμα σε ένα σύστημα, όλοι οι κινητήρες που είναι συνδεδεμένοι τη στιγμή του βραχυκυκλώματος συνεισφέρουν στο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Οι μεγάλοι κινητήρες πρέπει να αξιολογηθούν ξεχωριστά. Οι μικροί κινητήρες μπορούν να ομαδοποιηθούν και να αντιμετωπιστούν ως μια ισοδύναμη πηγή.

Ένας μεγάλος κινητήρας αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως μια γεννήτρια, χρησιμοποιώντας τις χαρακτηριστικές του παραμέτρους για τον υπολογισμό της άνω περιβάλλουσας του μέγιστου ρεύματος που παράγεται κατά τη κατάσταση βραχυκυκλώματος.

#### 4.5.4.1.2.2 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.2.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, για καταστάσεις τριφασικού σφάλματος βραχυκύκλωσης, μόνο το κύκλωμα θετικής ακολουθίας λαμβάνεται υπόψη (σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 – Κύκλωμα θετικής ακολουθίας ασύγχρονου κινητήρα [4]

#### 4.5.4.1.2.3 Βασικοί υπολογισμοί

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.2.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, για τριφασικά βραχυκυκλώματα, οι ασύγχρονοι κινητήρες συνεισφέρουν ρεύμα βραχυκύκλωσης για μια μικρή χρονική περίοδο. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαρτάται από την εσωτερική υπομεταβατική ενεργή τάση, τη σύνθετη αντίσταση και τις χρονικές σταθερές, και περιλαμβάνει και Ε.Ρ. και Σ.Ρ. συνιστώσα, οι οποίες αποσβένουν κάτω από τις κατάλληλες υπομεταβατικές και Σ.Ρ. χρονικές σταθερές.

#### 4.5.4.1.2.4 Σύνθετη αντίσταση κινητήρα

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.2.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, η ωμική αντίσταση και η επαγωγική αντίδραση του κινητήρα που φαίνονται στο κύκλωμα θετικής ακολουθίας (βλέπε σχήμα 4.3) είναι η ωμική αντίσταση και επαγωγική αντίδραση του στάτη και του δρομέα του κινητήρα, ανηγμένες στην τάση του στάτη, για παράδειγμα σε ολίσθηση  $s=1$ .

$$R_M = R_R + R_S \quad (4.11)$$

$$X_M'' = X_R + X_S \quad (4.12)$$

#### 4.5.4.1.2.5 Χρονικές σταθερές

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.2.5 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, η υπομεταβατική χρονική σταθερά  $T_M''$  σχετίζεται με την ταχεία απόσβεση της Ε.Ρ. συνιστώσας. Εξαρτάται κυρίως από την αποσβεστική επίδραση του κυκλώματος του δρομέα και μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.13).

$$T_M'' = \frac{(X_R + X_S)}{\omega_r \cdot R_R} \quad (4.13)$$

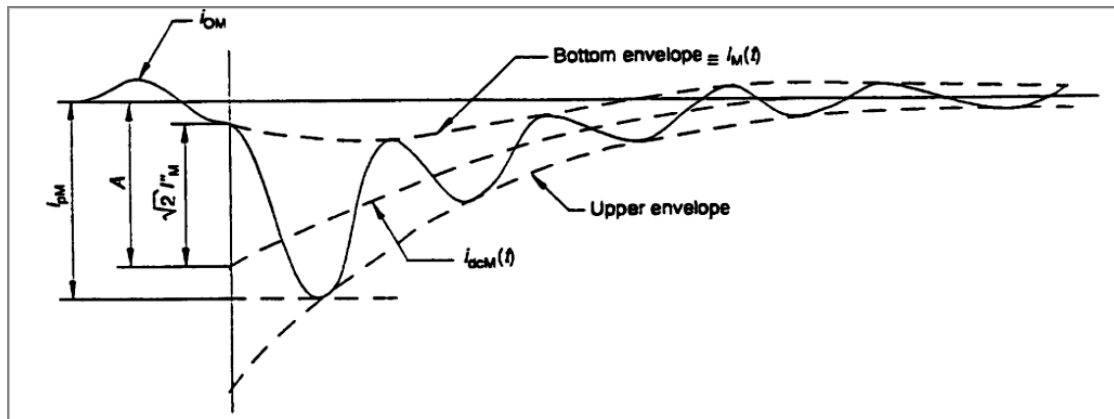
Η Σ.Ρ. χρονική σταθερά σχετίζεται με την απόσβεση της αperiοδικής συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Εξαρτάται κυρίως από την αποσβεστική επίδραση του κυκλώματος του στάτη και μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.14).

$$T_{dcM} = \frac{(X_R + X_S)}{\omega_r \cdot R_S} \quad (4.14)$$

#### 4.5.4.1.2.6 Υπολογισμός τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.1.2.6 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, η άνω περιβάλλουσα των μέγιστων τιμών του τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης ενός ασύγχρονου κινητήρα φαίνεται στο σχήμα 4.4. Μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.15).

$$i_M(t) = \sqrt{2} \cdot I_{acM}(t) + i_{dcM}(t) \quad (4.15)$$



$i_{0M}$  ρεύμα χωρίς φορτίο

$I_M''$  αρχικό συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

$i_{pM}$  κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

$i_{dcM}$  αποσβενύμενη (απεριοδική) συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης

A αρχική τιμή απεριοδικής συνιστώσας  $i_{dcM}$

**Σχήμα 4.3 – Συνάρτηση χρόνου του τελικού ρεύματος βραχυκύκλωσης ενός ασύγχρονου κινητήρα [4]**

a) Η Ε.Ρ. συνιστώσα  $I_{acM}(t)$

Η Ε.Ρ. συνιστώσα  $I_{acM}(t)$  εξαρτάται από τις υπομεταβατικές επιδράσεις της μηχανής και μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.16).

$$I_{acM}(t) = I_M'' \cdot e^{-\frac{t}{T_M''}} \quad (4.16)$$

όπου το  $I_M''$  μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.17).

$$I_M'' = \frac{E_M''}{\sqrt{(R_R+R_S)^2+(X_R+X_S)^2}} \quad (4.17)$$

Η τάση  $E_M''$  εξαρτάται από την τάση στους ακροδέκτες του κινητήρα, το ρεύμα φόρτισης του κινητήρα και το συντελεστή ισχύος τη στιγμή του βραχυκυκλώματος. Μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.18).

$$\underline{E}_M'' = \left(\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}}\right) - \underline{I}_{rM}\underline{Z}_M'' \quad (4.18)$$

όπου  $\underline{Z}_M'' = R_M + jX_M''$

Η εξίσωση (4.18) εκφρασμένη στην αριθμητική της τιμή φαίνεται στην εξίσωση (4.19).

$$E_M'' = \left[ \left( \frac{U_{rM}}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi_M - R_M \cdot I_{rM} \right)^2 + \left( \frac{U_{rM}}{\sqrt{3}} \cdot \sin\varphi_M - X_M'' \cdot I_{rM} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.19)$$

b) Η Σ.Ρ. συνιστώσα  $i_{dcM}(t)$

Η Σ.Ρ. συνιστώσα μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.20).

$$i_{dcM}(t) = \sqrt{2} \cdot (I_M'' + I_{rM} \cdot \sin\varphi_M) \cdot e^{-\frac{t}{T_{dcM}}} \quad (4.20)$$

όπου  $\cos\varphi_M$  είναι ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα.

c) Η κρουστική τιμή  $i_{pM}$

Η κρουστική τιμή μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση της εξίσωσης (4.21).

$$i_{pM} = \sqrt{2} \cdot I_{acM}(t) + i_{dcM}(t) \quad (4.21)$$

για τη χρονική στιγμή  $t=T/2$ .

#### 4.5.4.2 Παθητικά στοιχεία

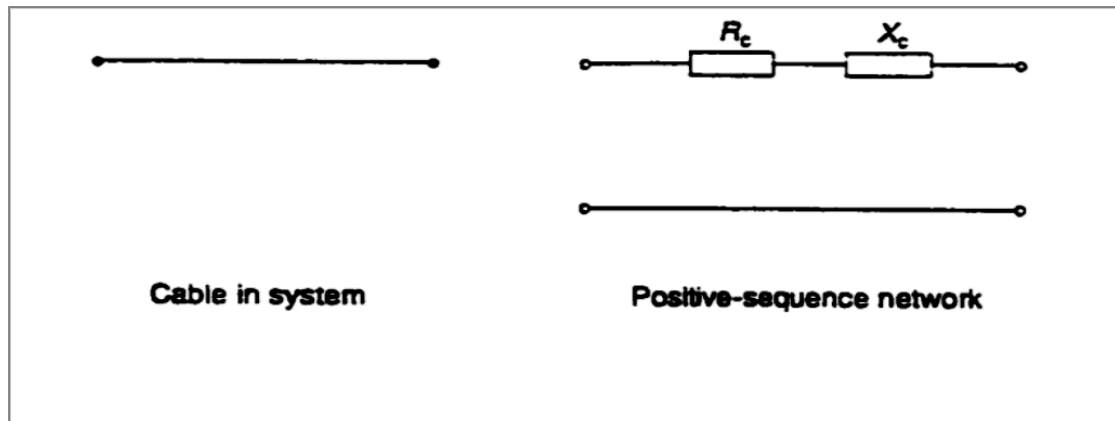
##### 4.5.4.2.1 Γενικά

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.2.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, τα παθητικά στοιχεία του συστήματος είναι τα καλώδια, οι μετασχηματιστές και τα επαγωγικά πηνία. Τέτοια στοιχεία αποσβένουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης και δεν συνεισφέρουν σε αυτό.

##### 4.5.4.2.2 Καλώδια

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.2.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, το κύκλωμα θετικής ακολουθίας φαίνεται στο σχήμα 4.4.

Η σύνθετη αντίσταση των καλωδίων περιλαμβάνει την ωμική αντίσταση και την επαγωγική αντίδραση. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη θερμοκρασία των καλωδίων κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας και την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του ρεύματος βραχυκύκλωσης.



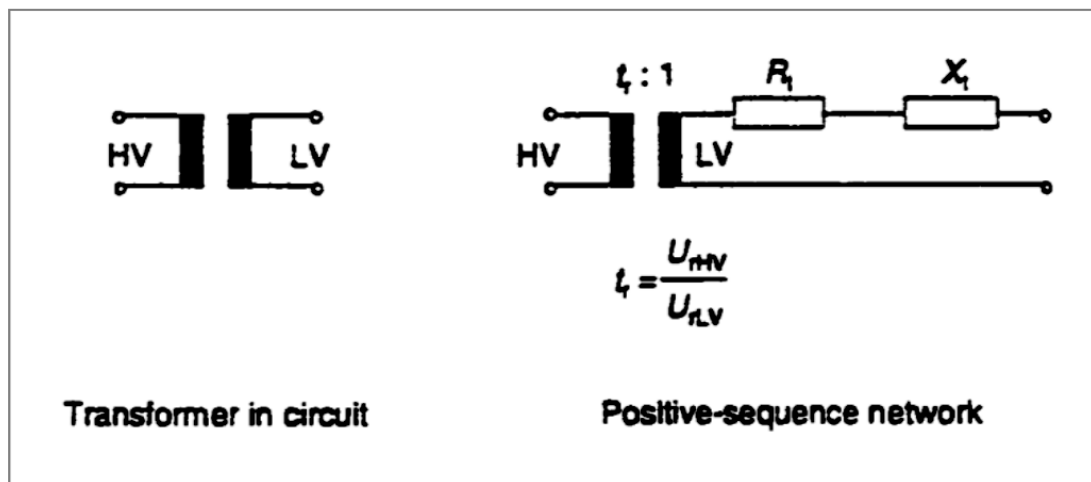
Σχήμα 4.4 – Κύκλωμα θετικής ακολουθίας καλωδίων [4]

Στις περισσότερες περιπτώσεις η ωμική αντίσταση και η επαγωγική αντίδραση μπορούν να ληφθούν από κατασκευαστικά πρότυπα και να υπολογιστούν για θερμοκρασία αγωγού ίση με 20 °C και τη συχνότητα λειτουργίας του συστήματος.

Για καλώδια που συνδέονται παράλληλα, προσοχή πρέπει να δοθεί στο 8.5.2 του IEC 60092-202.

#### 4.5.4.2.3 Μετασχηματιστές

Σύμφωνα με την υποενότητα 5.2.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, το σχήμα 4.5 δείχνει το κύκλωμα θετικής ακολουθίας για έναν μετασχηματιστή. Το κύκλωμα αυτό περιλαμβάνει τις τιμές της ωμικής αντίστασης και της επαγωγικής αντίδρασης οι οποίες μπορούν να ληφθούν από τον κατασκευαστή.



Σχήμα 4.5 – Κύκλωμα θετικής ακολουθίας μετασχηματιστή [4]

Η ωμική αντίσταση, η επαγωγική αντίδραση και η σύνθετη αντίδραση θετικής ακολουθίας μπορούν να υπολογιστούν από τις εξισώσεις (4.22), (4.23) και (4.24). Οι τιμές των  $u_{rR}$  και  $u_{rX}$  είναι σε %.

$$R_T = u_{rR} U_r^2 / 100 S_{rT} \quad (4.22)$$

$$X_T = (Z_T^2 - R_T^2)^{1/2} \quad (4.23)$$

$$Z_T = u_{rk} U_F^2 / 100 S_{rT} \quad (4.24)$$

Αν οι ωμικές απώλειες  $P_{Cu}$  είναι γνωστές, η ωμική αντίσταση μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4.25).

$$R_T = P_{Cu} / 3I_{rT}^2 \quad (4.25)$$

#### 4.5.5 Παραδοχές απλοποίησης

##### 4.5.5.1 Γενικά

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι σχέσεις που έχουν περιγραφεί στην παράγραφο 4.5.4 είναι οι πιο κατάλληλες για τον υπολογισμό χρονικά εξαρτημένων ρευμάτων που προκύπτουν στους ακροδέκτες ενός εξοπλισμού. Όταν στοιχεία συνδέονται μαζί σε ένα σύστημα, είναι επιθυμητό να απλοποιηθούν οι σχέσεις υπολογισμού και να τυποποιηθεί η μέθοδος υπολογισμού.

Οποιαδήποτε απλοποίηση αναπόφευκτα εισάγει σφάλματα. Επομένως, ο βαθμός της απλοποίησης που έχει επιλεγεί θα εξαρτηθεί όχι μόνο από τα διαθέσιμα δεδομένα αλλά και από την επιτρεπόμενη ακρίβεια στο τελικό αποτέλεσμα. Αν είναι διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες, οι σχέσεις της παραγράφου 4.5.4 πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Αν οι πληροφορίες είναι περιορισμένες, μια κατάλληλη σχέση από αυτή την παράγραφο μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Η παράγραφος αυτή περιγράφει προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν για την απλοποίηση των υπολογισμών, και δείχνει την προκύπτουσα απώλεια ακρίβειας σε σύγκριση με πιο εξελιγμένες μεθόδους. Εξακολουθεί να παραμένει ευθύνη του μηχανικού του συστήματος η απόφαση για το πόση απώλεια ακρίβειας είναι ανεκτή σε έναν υπολογισμό, και η επιλογή μιας κατάλληλης σχέσης.

##### 4.5.5.2 Σύγχρονες μηχανές

###### 4.5.5.2.1 Τριφασικά ρεύματα βραχυκύκλωσης

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.2.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι σχέσεις στο 4.5.4.1.1.5 απαιτούν γνώση των παραμέτρων της μηχανής καθώς και των συνθηκών φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα και του συντελεστή ισχύος.

Για υπολογισμούς τριφασικών ρευμάτων βραχυκύκλωσης, όπου το κύριο ενδιαφέρον έγκειται στην επιλογή του εξοπλισμού προστασίας, αρκετές λογικές παραδοχές μπορούν να γίνουν οι οποίες θα απλοποιήσουν τις διαδικασίες υπολογισμού και θα εξακολουθούν να διατηρούν μια επαρκή ακρίβεια στο αποτέλεσμα, κατά τη διάρκεια της περιόδου που θεωρείται.

Οι παραδοχές αυτές περιλαμβάνουν:

- a) την αγνόηση της ωμικής αντίστασης του στάτη, αμελητέο σφάλμα,
- b) την αγνόηση των συνθηκών φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα, τα αποτελέσματα θα είναι μεταξύ 5% και 10%,

- c) την αγνόηση της μεταβατικής απόσβεσης της E.P. συνιστώσας, υπερβολικές ανακρίβειες προκύπτουν στο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης,
- d) αγνόηση της υπομεταβατικής και μεταβατικής απόσβεσης της E.P. συνιστώσας, υπερβολικές ανακρίβειες προκύπτουν στο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης.

#### 4.5.5.2.2 Επίδραση ωμικής αντίστασης στάτη

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.2.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, αν η ωμική αντίσταση του στάτη  $R_a$  δεν είναι διαθέσιμη μπορεί να αγνοηθεί στις σχέσεις (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), και (4.8). Για ένα ρεύμα βραχυκύκλωσης υπολογισμένο στους ακροδέκτες μιας μηχανής, το αποτέλεσμα θα είναι υψηλότερο αλλά μέσα στις αποδεκτές ανοχές. Για τους υπολογισμούς του συστήματος το σφάλμα είναι αμελητέο.

#### 4.5.5.2.3 Επίδραση των συνθηκών φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.2.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, αν η κατάσταση φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα,  $I_0$  αγνοηθεί στις εξισώσεις (4.5), (4.6), (4.7) και (4.8) οι τιμές των  $E_{q0''}$  και  $E_{q0'}$  μπορούν να θεωρηθούν ίσες, και ίσες με  $U_0/\sqrt{3}$ . Αυτό ουσιαστικά υπολογίζει το ρεύμα βραχυκύκλωσης θεωρώντας τη γεννήτρια υπό κενό φορτίο, και καταλήγει στον υπολογισμό μιας χαμηλότερης τιμής του συμμετρικού ρεύματος βραχυκύκλωσης (γενικά λιγότερο από 10%).

#### 4.5.5.2.4 Αγνόηση της απόσβεσης της μεταβατικής E.P. συνιστώσας

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.2.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, αν αγνοηθεί η μεταβατική απόσβεση της E.P. συνιστώσας, προκύπτουν υπερβολικές ανακρίβειες στο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης. Αυτές οι ανακρίβειες θα ακυρώσουν οποιαδήποτε αποτελέσματα υπολογιστούν μετά τον πρώτο μισό κύκλο της κατάστασης σφάλματος, και επομένως η προσέγγιση αυτή δεν συνιστάται όταν απαιτούνται χρονικά εξαρτημένοι υπολογισμοί.

Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση, η σχέση (4.2) γίνεται:

$$I_{ac}(t) = (I''_{kd} - I'_{kd}) \cdot e^{-\frac{t}{T_d''}} + I'_{kd} \quad (4.26)$$

#### 4.5.5.2.5 Αγνόηση της απόσβεσης του ρεύματος βραχυκύκλωσης

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.2.5 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι σχέσεις στην παράγραφο 4.5.4, βασίζονται στον υπολογισμό της απόσβεσης της περιβάλλουσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης ως αποτέλεσμα των υπομεταβατικών, μεταβατικών και σύγχρονων στοιχείων. Αν η απόσβεση αυτή αγνοηθεί, η συνιστώσα E.P. του ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να θεωρηθεί ως ο λόγος μιας σταθερής τάσης προς τη σταθερή υπομεταβατική επαγωγική αντίδραση και η συνιστώσα Σ.P. σαν μια αναλογική σταθερά. Η ωμική αντίσταση του στάτη και τα ρεύματα πριν το βραχυκύκλωμα πρέπει να αγνοηθούν και το κρουστικό ρεύμα να υπολογιστεί θεωρώντας τη μέγιστη ασυμμετρία.



Αυτές οι παραδοχές θα πρέπει να γίνονται μόνο όταν υπολογίζονται προσεγγιστικές τιμές καθώς τα αποτελέσματα θα παράγουν υπερβολικά σφάλματα για τους υπολογισμούς που απαιτούνται μετά τους πρώτους 0,5 κύκλους.

Οι σχέσεις υπολογισμού γίνονται:

$$I_{ac} = U_0 / (\sqrt{3}X_d'') \quad (4.27)$$

$$i_{dc} = \sqrt{2}I_{ac} = A \quad (4.28)$$

$$i_p = \sqrt{2}I_{ac} + i_{dc} \quad (4.29)$$

δηλαδή

$$i_p = 2\sqrt{2}I_{ac} \quad (4.30)$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 –  $U_0$  είναι η τάση πριν το βραχυκύκλωμα της γεννήτριας. Για να επιβεβαιωθεί ότι ο υπολογισμός περιλαμβάνει τη μέγιστη τιμή των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι στην κατάσταση πριν το βραχυκύκλωμα, οι γεννήτριες λειτουργούν στα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 – Για να επιτευχθεί μια πιο κοντινή εκτίμηση της κρουστικής τιμής στους 0,5 κύκλους, ο συντελεστής 2 μπορεί να αντικατασταθεί από το 1,8.

#### 4.5.5.2.6 Χρονικές σταθερές

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.2.6 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, αν οι Ε.Ρ. και Σ.Ρ. χρονικές σταθερές δεν είναι διαθέσιμες, τότε μπορούν να υπολογιστούν από τις χρονικές σταθερές ανοιχτού κυκλώματος και τις σύνθετες αντιστάσεις της μηχανής ως εξής:

a) Υπομεταβατική χρονική σταθερά (συνήθως της τάξεως των 1 ms έως 30 ms):

$$T_d'' = \left( \frac{X_d''}{X_d'} \right) T_{d0}'' \quad (4.31)$$

b) Μεταβατική σταθερά χρόνου (συνήθως της τάξεως των 20 ms έως 1200 ms):

$$T_d' = \left( \frac{X_d'}{X_d} \right) T_{d0}' \quad (4.32)$$

c) Σ.Ρ. χρονική σταθερά (συνήθως της τάξεως των 15 ms έως 300 ms):

$$T_{dc} = X_d'' / (2\pi f_r R_a) \quad (4.33)$$

#### 4.5.5.3 Ασύγχρονοι κινητήρες

##### 4.5.5.3.1 Πρώτες προσεγγίσεις

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.3.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ως πρώτη προσέγγιση, μπορεί να θεωρηθεί ότι όλοι οι ασύγχρονοι κινητήρες που είναι συνδεδεμένοι τη στιγμή του βραχυκυκλώματος, συνεισφέρουν Ε.Ρ. βραχυκύκλωσης

ίσο με το ρεύμα εκκίνησής τους. (Συνήθως 4 έως 7 φορές το ρεύμα πλήρους φόρτισης της μηχανής.)

Μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι η συνεισφορά των κινητήρων είναι σταθερή κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου σφάλματος βραχυκύκλωσης.

Τέτοιες παραδοχές θα δώσουν μεγαλύτερες τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης από αυτές που θα προκύψουν στην πραγματική εγκατάσταση. Το σφάλμα θα εξαρτηθεί από τον αριθμό και το μέγεθος των συνδεδεμένων κινητήρων.

#### 4.5.5.3.2 Αγνόηση των καταστάσεων φόρτισης των κινητήρων πριν το βραχυκύκλωμα

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.3.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι εξισώσεις (4.18) και (4.19) υπολογίζουν την εσωτερική υπομεταβατική τάση του κινητήρα  $E_M''$  και περιλαμβάνουν την επίδραση των καταστάσεων φόρτισης των κινητήρων πριν το βραχυκύκλωμα. Η κατάσταση φόρτισης του κινητήρα πριν το βραχυκύκλωμα μπορεί να αγνοηθεί με αμελητέο σφάλμα έτσι ώστε:

$$E_M'' = U_{rM}/\sqrt{3} \quad (4.34)$$

Επιπλέον, αν τα καλώδια σύνδεσης είναι μικρά, η  $U_{rM}$  μπορεί να προσεγγιστεί ως  $U_n$ , την ονομαστική τάση του συστήματος:

$$E_M'' = U_n/\sqrt{3} \quad (4.35)$$

Όμοια στις εξισώσεις (4.17) και (4.20) για την Ε.Ρ. και Σ.Ρ. συνιστώσα, το ρεύμα φόρτισης του κινητήρα πριν το βραχυκύκλωμα μπορεί να αγνοηθεί και οι εξισώσεις γίνονται:

$$I_M'' = (U_n/\sqrt{3})/[(R_R + R_S)^2 + (X_R + X_S)^2]^{1/2} \quad (4.36)$$

και

$$i_{dcM}(t) = \sqrt{2} I_M'' e^{-t/T_{dcM}} \quad (4.37)$$

#### 4.5.5.3.3 Γενικά στοιχεία για μεγάλους κινητήρες

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.3.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, για κάθε κινητήρα με ισχύ λειτουργίας πάνω από 100 kW ή 15% της ισχύος των συνδεδεμένων γεννητριών, οι σχέσεις της παραγράφου 4.5.4 θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Αν τα δεδομένα του κινητήρα είναι ανεπαρκή, τότε οι παρακάτω προσεγγιστικές τιμές για τις χαρακτηριστικές παραμέτρους του κινητήρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

α) Σύνθετη αντίσταση κινητήρα  $Z_M''$

Για εγκαταστάσεις 50 Hz και 60 Hz

$$z_M'' = 0,16 \text{ α.μ.}$$

$$x_M'' = 0,15 \text{ α.μ.}$$

$$r_S = 0,034 \text{ α.μ.}$$

$$r_R = 0,021 \text{ α.μ.}$$

$$r_M = r_S + r_R = 0,055 \text{ α.μ.}$$

όπου

$Z_M''$  είναι η σύνθετη αντίσταση ακινητοποιημένου δρομέα.

b) Χρονικές σταθερές

$$- \text{ Σε } 60 \text{ Hz, } T_M'' = 18,67 \text{ ms, } T_{dcM} = 11,73 \text{ ms}$$

$$- \text{ Σε } 50 \text{ Hz, } T_M'' = 22,4 \text{ ms, } T_{dcM} = 14,08 \text{ ms}$$

c) Αγνόηση του ρεύματος φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα

Αν αγνοηθεί το ρεύμα φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα, η χρήση των παραπάνω χαρακτηριστικών παραμέτρων δίνει:

$$I_M'' = 6,25 I_{rM} \quad (4.38)$$

$$I_{acM} = 4 I_{rM} \text{ για } t = T/2 \quad (4.39)$$

$$i_{pM} = 10 I_{rM} \quad (4.40)$$

d) Χρήση του ρεύματος του ακινητοποιημένου δρομέα του κινητήρα

Αν το ρεύμα του ακινητοποιημένου δρομέα του κινητήρα  $I_{LR}$  είναι γνωστό τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι το ρεύμα  $I_M''$  είναι ίσο με  $I_{LR}$ .

e) Όταν δεν είναι διαθέσιμα όλα τα δεδομένα του κινητήρα, τα kVA εισόδου του κινητήρα μπορούν να υπολογιστούν ως εξής:

$$\text{Κινητήρες επαγωγής} \quad 1 \text{ kW} = 1,34 \text{ kVA}$$

$$\text{Σύγχρονοι κινητήρες 1.0 Σ.Ι.} \quad 1 \text{ kW} = 1 \text{ kVA}$$

Για προσεγγιστικούς υπολογισμούς το γινόμενο του συντελεστή ισχύος του κινητήρα και του βαθμού απόδοσης μπορεί να θεωρηθεί ίσο με 0,8.

#### 4.5.5.3.4 Γενικά στοιχεία για μικρούς κινητήρες

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.3.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι μικροί κινητήρες που είναι συνδεδεμένοι στον ίδιο ζυγό μπορούν να θεωρηθούν σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας, με ρεύμα λειτουργίας ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων κάθε χωριστού κινητήρα, και συνδεδεμένος στο σύστημα στο κοινό ζυγό.

Η συνολική ομάδα των κινητήρων, συμπεριλαμβανομένων και των καλωδίων σύνδεσης μπορούν να θεωρηθούν ως ένας ισοδύναμος κινητήρας με τις παρακάτω χαρακτηριστικές παραμέτρους:

a) Σύνθετη αντίσταση κινητήρα  $Z_M''$

Για εγκαταστάσεις 50 Hz και 60 Hz

$$z_M'' = 0,2 \text{ α.μ.}$$

$$x_M'' = 0,188 \text{ α.μ.}$$

$$r_S = 0,043 \text{ α.μ.}$$

$$r_R = 0,027 \text{ α.μ.}$$

$$r_M = r_S + r_R = 0,07 \text{ α.μ.}$$

b) Χρονικές σταθερές

- Σε 60 Hz,  $T_M'' = 18,67 \text{ ms}$ ,  $T_{dcM} = 11,73 \text{ ms}$

- Σε 50 Hz,  $T_M'' = 22,4 \text{ ms}$ ,  $T_{dcM} = 14,08 \text{ ms}$

c) Αγνόηση του ρεύματος φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα

Αν αγνοηθεί το ρεύμα φόρτισης πριν το βραχυκύκλωμα, τότε η χρήση των παραπάνω χαρακτηριστικών παραμέτρων οδηγεί στις:

$$I_M'' = 5 I_{rM} \quad (4.41)$$

$$I_{acM} = 3,2 I_{rM} \text{ για } t = T/2 \quad (4.42)$$

$$i_{pM} = 8 I_{rM} \quad (4.43)$$

d) Οι σχέσεις της 4.5.5.3.3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστούν τα kVA του κινητήρα.

#### 4.5.5.3.5 Ασύγχρονοι κινητήρες μη συνεχούς λειτουργίας

Σύμφωνα με την υποενότητα 6.3.5 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, το ρεύμα βραχυκύκλωσης των κινητήρων που είναι σχεδιασμένοι για μη συνεχή λειτουργία, και των οποίων τα χαρακτηριστικά δεν είναι πλήρως γνωστά, μπορούν να υπολογιστούν θεωρώντας ότι οι κινητήρες είναι σε συνεχή λειτουργία και λειτουργούν σε μειωμένη ισχύ.

#### 4.5.6 Υπολογισμοί του δικτύου

##### 4.5.6.1 Γενικά

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι υπολογισμοί του δικτύου απαιτούν το ρεύμα βραχυκύκλωσης να υπολογιστεί στους:

- α) ζυγούς των κύριων γεννητριών,
- β) πίνακες διανομής που συνδέονται στους ζυγούς των κύριων γεννητριών,
- γ) πίνακες διανομής ή υποπίνακες που συνδέονται στους ζυγούς των κύριων γεννητριών ή σε έναν πίνακα διανομής και τροφοδοτούνται μέσω ενός μετασχηματιστή.

Οι υπολογισμοί του ρεύματος βραχυκύκλωσης του συστήματος θα πρέπει να περιλαμβάνουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης που συνεισφέρουν όλοι οι κινητήρες και οι γεννήτριες που είναι συνδεδεμένοι στο σύστημα συμπεριλαμβανομένων εκείνων στους ζυγούς των κύριων γεννητριών, υποπινάκων και πινάκων διανομής. Οι σχέσεις στις παραγράφους 4.5.4 και 4.5.5 υπολογίζουν το χρονικά εξαρτημένο ρεύμα βραχυκύκλωσης στους ακροδέκτες των στοιχείων του συστήματος. Για τους

υπολογισμούς του συστήματος, αυτές οι σχέσεις θα πρέπει να τροποποιηθούν όπως περιγράφεται στις παρακάτω παραγράφους, έτσι ώστε να περιλαμβάνει τις επιδράσεις των καλωδίων και των μετασχηματιστών που συνδέουν τα στοιχεία του συστήματος στους πίνακες διανομής και τους υποπίνακες.

Είναι δύσκολο να καθιερωθεί μια τυποποιημένη μεθοδολογία ώστε να ολοκληρωθούν οι υπολογισμοί του συστήματος αλλά για να εξασφαλιστεί μια σταθερή προσέγγιση, μια τυποποιημένη διαδικασία υπολογισμού όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.5.6.7 θα πρέπει να ακολουθηθεί.

Εξαιτίας των εμπλεκόμενων περιπλοκών, η ολοκλήρωση ενός λεπτομερειακού υπολογισμού μπορεί να είναι χρονοβόρα και επομένως υπολογισμοί «δοκιμής» πρέπει να γίνουν όπως φαίνεται στο 4.5.6.3 ώστε να εξακριβωθεί αν τα σφάλματα που προκύπτουν από τη χρήση μιας απλοποιημένης ή προσεγγιστικής μεθόδου είναι ανεκτά.

#### **4.5.6.2 Επιδράσεις των παθητικών στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά με τα ενεργητικά στοιχεία**

##### **4.5.6.2.1 Γενικά**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.2.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, κατά τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε ένα σημείο μιας εγκατάστασης που συνδέεται μέσω ενός παθητικού στοιχείου (καλώδια ή μετασχηματιστές) σε ένα ενεργητικό στοιχείο (γεννήτριες ή κινητήρες), η σύνθετη αντίσταση του παθητικού στοιχείου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η σύνθετη αυτή αντίσταση ελαττώνει το μέγεθος του ρεύματος βραχυκύκλωσης, αυξάνει τις υπομεταβατικές και μεταβατικές χρονικές σταθερές, και ελαττώνει τη χρονική σταθερά Σ.Ρ.. Η επίδραση του δικτύου είναι μια χαμηλότερη τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης η οποία αποσβένει αρκετά πιο αργά.

##### **4.5.6.2.2 Γεννήτριες**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.2.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1,

a) Αλλαγές στη σύνθετη αντίσταση

Οι σύνθετες αντιστάσεις των παθητικών στοιχείων λαμβάνονται υπόψη αυξάνοντας τη σύνθετη αντίσταση των ενεργητικών στοιχείων.

Στις εξισώσεις (4.3) και (4.4) οι  $Z_d''$  και  $Z_d'$  θα πρέπει να αντικατασταθούν από τις  $Z_e''$  και  $Z_e'$  όπου:

$$Z_e'' = [(R_a + R)^2 + (X_d'' + X)^2]^{1/2} \quad (4.44)$$

$$Z_e' = [(R_a + R)^2 + (X_d' + X)^2]^{1/2} \quad (4.45)$$

Στις εξισώσεις (4.7) και (4.8), οι  $\underline{Z}_d''$  και  $\underline{Z}_d'$  θα πρέπει να αντικατασταθούν από τις  $\underline{Z}_e''$  και  $\underline{Z}_e'$  όπου:

$$\underline{Z}_e'' = \underline{Z}_d'' + Z \quad (4.46)$$

$$\underline{Z}_e' = \underline{Z}_d' + Z \quad (4.47)$$

b) Αλλαγές στη χρονική σταθερά

Οι χρονικές σταθερές θα πρέπει να περιλαμβάνουν την πρόσθετη σύνθετη αντίσταση των παθητικών στοιχείων.

Η υπομεταβατική χρονική σταθερά  $T_e''$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_e'' = \frac{[(R_a + R)^2 + (X_d'' + X)^2] X_d' T_d''}{[(R_a + R)^2 + (X_d'' + X)(X_d' + X)] X_d''} \quad (4.48)$$

Η μεταβατική χρονική σταθερά  $T_e'$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_e' = \frac{[(R_a + R)^2 + (X_d' + X)^2] X_d T_d'}{[(R_a + R)^2 + (X_d' + X)(X_d + X)] X_d'} \quad (4.49)$$

Η χρονικά σταθερά Σ.Ρ.  $T_{dce}$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_{dce} = \left[ T_{dc} + \frac{X}{2\pi f R_a} \right] / \left( 1 + \frac{R}{R_a} \right) \quad (4.50)$$

ή

$$T_{dce} = (X_d'' + X) / 2\pi f (R_a + R) \quad (4.51)$$

#### 4.5.6.2.3 Κινητήρες

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.2.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1,

a) Αλλαγές στη σύνθετη αντίσταση

Οι σύνθετες αντιστάσεις των παθητικών στοιχείων λαμβάνονται υπόψη αυξάνοντας τη σύνθετη αντίσταση των ενεργητικών στοιχείων.

Οι εξισώσεις (4.11) και (4.12) θα πρέπει να τροποποιηθούν ως εξής:

$$R_{Me} = R_R + R_S + R \quad (4.52)$$

$$X_{Me}'' = X_R + X_S + X \quad (4.53)$$

b) Αλλαγές στη χρονική σταθερά

Οι χρονικές σταθερές θα πρέπει να περιλαμβάνουν την πρόσθετη σύνθετη αντίσταση των παθητικών στοιχείων.

Η υπομεταβατική χρονική σταθερά  $T_{Me}''$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_{Me}'' = X_{Me}'' / \omega_r R_R \quad (4.54)$$

Η χρονικά σταθερά Σ.Ρ.  $T_{dcMe}$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_{dcMe} = X_{Me}'' / \omega_r (R_S + R) \quad (4.55)$$

#### **4.5.6.3 Ρεύμα βραχυκύκλωσης στους ζυγούς των γεννητριών**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ο υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης στους ζυγούς των γεννητριών θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- a) τις παράλληλα συνδεδεμένες γεννήτριες,
- b) τους απευθείας συνδεδεμένους κινητήρες,
- c) τους κινητήρες ή/και γεννήτριες συνδεδεμένους σε πίνακες διανομής ή υποπίνακες που συνδέονται απευθείας στους ζυγούς των κύριων γεννητριών.

##### **4.5.6.3.1 Παράλληλα συνδεδεμένες γεννήτριες**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.3.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, εάν οι παράλληλα συνδεδεμένες γεννήτριες έχουν ίδια χαρακτηριστικά και τιμές λειτουργίας, μπορούν να αξιολογηθούν σαν μια γεννήτρια με χαρακτηριστικά λειτουργίας ίσα με το άθροισμα των χαρακτηριστικών λειτουργίας κάθε χωριστής γεννήτριας.

Τα καλώδια των γεννητριών είναι γενικά κοντά και μπορούν κανονικά να αμεληθούν, ωστόσο αν αποσβένουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης περισσότερο από 5%, θα πρέπει να συμπεριληφθούν χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που έχουν περιγραφεί στην παράγραφο 4.5.6.2.

Αν η διαφορά στα μήκη των καλωδίων των γεννητριών είναι μέσα στο 5%, τότε όλες οι γεννήτριες θα αξιολογηθούν σαν να είναι συνδεδεμένες με όμοια καλώδια ίδιου μήκους.

Για τον προσδιορισμό των επιδράσεων των καλωδίων των γεννητριών ή των διαφορετικού μήκους καλωδίων, απλοί υπολογισμοί «δοκιμής» θα πρέπει να γίνονται σε μια γεννήτρια χρησιμοποιώντας προσεγγιστικές σχέσεις. Οι υπολογισμοί «δοκιμής» θα πρέπει εναλλάξ να συμπεριλαμβάνουν και να αγνοούν τα καλώδια, και να θεωρούν μέγιστο και ελάχιστο μήκος καλωδίων. Αν η διαφορά των αποτελεσμάτων είναι μέσα στο 5%, τότε αυτές οι επιδράσεις πρέπει να αμεληθούν χωρίς ανησυχία. Για εγκαταστάσεις μέσης τάσεως, η σύνθετη αντίσταση των καλωδίων έχει μικρή επίδραση, αλλά για δίκτυα χαμηλής τάσεως, η επίδραση μπορεί να είναι αξιοσημείωτη.

Αν οι γεννήτριες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας, ή τα μήκη και τα μεγέθη των καλωδίων δεν μπορούν να αμεληθούν, τότε κάθε γεννήτρια θα πρέπει να θεωρηθεί ξεχωριστά συμπεριλαμβάνοντας και την επίδραση του δικού της καλωδίου, και τα ρεύματα βραχυκύκλωσης να εκτιμηθούν χρησιμοποιώντας τις μεθόδους της ισοδύναμης γεννήτριας της παραγράφου 7 από το πρότυπο IEC 61363-1, το οποίο επειδή δεν εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία δεν κρίθηκε αναγκαίο και να συμπεριληφθεί σε αυτό το κεφάλαιο.

#### **4.5.6.3.2 Απευθείας συνδεδεμένοι κινητήρες**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.3.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι κινητήρες θα πρέπει να αξιολογηθούν με βάση τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ της γεννήτριας του δικτύου. Οι μικροί κινητήρες θα πρέπει να ομαδοποιηθούν και να αντιμετωπιστούν ως ένας ισοδύναμος κινητήρας. Οι μεγάλοι κινητήρες θα πρέπει να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας της μεθόδους της παραγράφου 4.5.4. Αν δεν είναι διαθέσιμα όλα τα στοιχεία, οι πληροφορίες που δίνονται στο 4.5.5.3.3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Στην πράξη, οποιαδήποτε συνεισφορά από τους κινητήρες μπορεί να σταματήσει όταν οι ελεγκτές τους βγουν εκτός λειτουργίας λόγω της πτώσης της E.P. τάσης στον ζυγό του βραχυκυκλώματος. Αυτό μπορεί να συμβεί μεταξύ 0,5 και 3 κύκλων.

Οι μέθοδοι της παραγράφου 4.5.4 περιλαμβάνουν τις επιδράσεις της μείωσης του ρεύματος του κινητήρα. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης του κινητήρα θα πρέπει να εκτιμηθεί σε κάθε διακριτό χρονικό διάστημα και αριθμητικά να προστεθεί στο ρεύμα βραχυκύκλωσης της γεννήτριας στο ίδιο χρονικό σημείο. Οι συνδυασμοί γεννήτριας – κινητήρα μπορούν τότε να αξιολογηθούν ως μια ισοδύναμη γεννήτρια όπως περιγράφεται στην παράγραφο 7 του προτύπου IEC 61363-1.

#### **4.5.6.3.3 Κινητήρες και/ή γεννήτριες συνδεδεμένοι σε άλλους ζυγούς**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.3.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, πριν την ολοκλήρωση ενός ακριβή υπολογισμού της συνεισφοράς του ρεύματος βραχυκύκλωσης από τους κινητήρες και τις γεννήτριες που είναι συνδεδεμένοι σε άλλα μέρη του συστήματος, προσεγγιστικοί υπολογισμοί που αμελούν τη μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης θα πρέπει να γίνουν και η σπουδαιότητα της συνεισφοράς από αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να εξακριβωθεί.

Όταν ακριβείς υπολογισμοί είναι αναγκαίοι, οι γεννήτριες και οι κινητήρες που είναι συνδεδεμένοι σε άλλα μέρη του συστήματος θα πρέπει να αντιμετωπιστούν όπως περιγράφεται στο 4.5.6.3.1 και 4.5.6.3.2 λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση του ρεύματος. Αυτές οι συνεισφορές μπορούν έπειτα να προστεθούν στις άλλες συνεισφορές, στο ζυγό σφάλματος και να εκτιμηθούν ως μια ισοδύναμη γεννήτρια χρησιμοποιώντας τις μεθόδους της παραγράφου 7 του προτύπου IEC 61363-1.

#### **4.5.6.4 Ρεύματα βραχυκύκλωσης σε δευτερεύοντες ζυγούς που είναι απευθείας συνδεδεμένοι στο ζυγό της γεννήτριας**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε ένα δευτερεύοντα ζυγό που είναι απευθείας συνδεδεμένος στον ζυγό της γεννήτριας, το υπολογισμένο ρεύμα βραχυκύκλωσης των στοιχείων που συνδέονται στο δευτερεύοντα ζυγό, θα πρέπει να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ισοδύναμης γεννήτριας της παραγράφου 7 του IEC 61363-1, και συμπεριλαμβάνοντας τις επιδράσεις των διασυνδεδεμένων στοιχείων μεταξύ του υποζυγού και του ζυγού της γεννήτριας.



Αν ο δευτερεύοντας ζυγός είναι συνδεδεμένος μέσω ενός μικρού μήκους καλωδίου που έχει μεγάλο εμβαδόν διατομής, το καλώδιο σύνδεσης μπορεί να αγνοηθεί, και οι συνθήκες βραχυκυκλώματος στον δευτερεύοντα ζυγό να θεωρηθούν ίδιες με αυτές στον ζυγό της γεννήτριας. Για να ελέγξουμε τις επιδράσεις του καλωδίου διασύνδεσης, θα πρέπει να γίνει ένας προσεγγιστικός υπολογισμός, στον οποίον το σύστημα της γεννήτριας θα θεωρηθεί ως ένα άπειρο σύστημα γνωστής ισχύος βραχυκύκλωσης, και οι επιδράσεις του καλωδίου διασύνδεσης θα εκτιμηθούν συγκρίνοντας τη σύνθετη αντίσταση του συστήματος με τη σύνθετη αντίσταση του καλωδίου σύνδεσης.

Αν απαιτείται περισσότερο ακριβής υπολογισμός, το σύστημα των γεννητριών πρέπει να θεωρηθεί σαν μια ισοδύναμη γεννήτρια και η επαγωγική αντίδραση και οι χρονικές σταθερές να εκτιμηθούν όπως περιγράφεται στην παράγραφο 7 του IEC 61363-1. Αυτές οι χαρακτηριστικές παράμετροι θα πρέπει έπειτα να τροποποιηθούν ώστε να περιλαμβάνουν τη σύνθετη αντίσταση του καλωδίου σύνδεσης όπως περιγράφεται στο 4.5.6.2, και το χρονικά εξαρτημένο ρεύμα βραχυκύκλωσης να υπολογιστεί.

#### **4.5.6.5 Μετασχηματιστές**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.5 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ο υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης στην πλευρά του πρωτεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή που συνδέεται στον ζυγό των κύριων γεννητριών, μπορεί να περιλαμβάνει ή όχι τις επιδράσεις των στοιχείων του δευτερεύοντος κυκλώματος. Όμοια ο υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης στην πλευρά του δευτερεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή μπορεί να περιλαμβάνει ή όχι τις επιδράσεις των στοιχείων του πρωτεύοντος κυκλώματος.

Δύο κύριες περιπτώσεις πρέπει να θεωρηθούν:

- a) ο μετασχηματιστής είναι αρκετά μικρός ώστε τα φορτία στο δευτερεύον σύστημα να μην επηρεάζουν τους υπολογισμούς του πρωτεύοντος συστήματος και το υπολογισμένο ρεύμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή να μην επηρεάζεται από τα φορτία του πρωτεύοντος συστήματος.
- b) ο μετασχηματιστής είναι αρκετά μεγάλος ώστε τα φορτία στο δευτερεύον σύστημα να επηρεάζουν τους υπολογισμούς του πρωτεύοντος συστήματος και τα στοιχεία του πρωτεύοντος κυκλώματος να επηρεάζουν το υπολογισμένο ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον σύστημα.

Αν ο μετασχηματιστής είναι μικρός και η σύνθετη του αντίσταση είναι μεγάλη, τότε τα στοιχεία του πρωτεύοντος κυκλώματος δεν θα επηρεάσουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον σύστημα και ο μετασχηματιστής θα πρέπει να θεωρηθεί σαν να είναι συνδεδεμένος σε έναν άπειρο ζυγό.

Αν ο μετασχηματιστής είναι μεγάλος και η σύνθετη του αντίσταση είναι μικρή, τότε οι υπολογισμοί των ρευμάτων βραχυκύκλωσης του πρωτεύοντος συστήματος θα

πρέπει να περιλαμβάνουν τις συνεισφορές των κινητήρων και των γεννητριών που συνδέονται στο δευτερεύον σύστημα. Επιπλέον, ο υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον σύστημα θα πρέπει να περιλαμβάνει τις επιδράσεις των στοιχείων του πρωτεύοντος κυκλώματος.

Οι έννοιες μικρός και μεγάλος είναι σχετικές και συσχετίζουν τη σύνθετη αντίσταση του μετασχηματιστή με τη σύνθετη αντίσταση του συστήματος, όμως δεν πρέπει να κριθούν μόνο οι απόλυτες τιμές τους. Σαν μια πρώτη προσέγγιση, η σύνθετη αντίσταση του μετασχηματιστή θα πρέπει να συγκριθεί με τη σύνθετη αντίσταση του συστήματος, (υπολογισμένα στις ίδιες βασικές τιμές) και θα μπορούσε να γίνει μια κρίση παρατηρώντας την αύξηση που θα προέκυπτε αν συμπεριλαμβάνονταν τα στοιχεία του πρωτεύοντος κυκλώματος. Αν η σύνθετη αντίσταση αυξηθεί αρκετά ώστε να προκαλέσει περισσότερο από 5% αύξηση στο ρεύμα βραχυκύκλωσης της πλευράς του δευτερεύοντος τυλίγματος, τότε τα στοιχεία του πρωτεύοντος κυκλώματος δεν πρέπει να αμεληθούν.

Εναλλακτικά, τα αποτελέσματα της πτώσης τάσεως που συμβαίνει λόγω του βραχυκυκλώματος μπορούν να ληφθούν υπόψη. Η τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή, που έχει υπολογιστεί θεωρώντας ότι ο μετασχηματιστής είναι συνδεδεμένος σε έναν άπειρο ζυγό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της πιθανής πτώσης τάσεως στο πρωτεύοντα ζυγό, όταν συμβαίνει το βραχυκύκλωμα. Αν η υπολογισμένη πτώση τάσεως είναι μικρότερη από 20%, είναι απίθανο οι γεννήτριες να αντιδράσουν στο βραχυκύκλωμα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η σύνθετη αντίσταση της γεννήτριας θα έχει αμελητέα επίδραση στα ρεύματα βραχυκύκλωσης των ακροδεκτών του δευτερεύοντος, και οι υπολογισμοί στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος μπορούν να ολοκληρωθούν θεωρώντας ότι ο μετασχηματιστής συνδέεται σε ένα άπειρο ζυγό.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** - Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της E.P. συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης μιας γεννήτριας περιλαμβάνουν τον όρο  $I_{kd}$ . Το  $I_{kd}$  που ισούται με  $I_k$  εξαρτάται από την τάση εξαναγκασμού λόγω του ρυθμιστή τάσης της γεννήτριας και επηρεάζει το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνο όταν ο ρυθμιστής τάσης «εξαναγκάζει», δηλαδή όταν η τάση του ζυγού πέφτει κοντά στο μηδέν.

Αν οι επιδράσεις των στοιχείων του πρωτεύοντος κυκλώματος δεν μπορούν να αμεληθούν, τότε η σύνθετη αντίσταση λόγω του μετασχηματιστή πρέπει να προστεθεί στην σύνθετη αντίσταση της (ισοδύναμης) γεννήτριας, και νέες χρονικές σταθερές να υπολογιστούν. Αυτές οι νέες παράμετροι μπορούν έπειτα να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των χρονικά εξαρτημένων ρευμάτων βραχυκύκλωσης όπως περιγράφεται στο 4.5.6.2.

#### **4.5.6.6 Διαδικασίες υπολογισμού**

##### **4.5.6.6.1 Γενικά**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, είναι δύσκολο να καθιερωθεί μια τυποποιημένη διαδικασία υπολογισμού για όλα τα ρεύματα βραχυκύκλωσης των συστημάτων. Κάθε σύστημα θα πρέπει να

αντιμετωπιστεί με τις δικές του αξίες και τις σχετικές απλοποιήσεις, παραδοχές και τους αντίστοιχους επιλεγμένους υπολογισμούς. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για ένα σύστημα μπορεί να μην εφαρμόζονται απαραίτητα σε ένα άλλο.

Είναι ωστόσο σημαντικό να καθιερωθεί μια τυποποιημένη διαδικασία που να εξασφαλίζει ότι όλες οι πτυχές του συστήματος έχουν ληφθεί υπόψη. Παραμένει υπευθυνότητα του μηχανικού σχεδίασης του συστήματος, χρησιμοποιώντας τις οδηγίες αυτού του προτύπου, ο προσδιορισμός της σχετικής σημασίας του υπολογισμού και η κρίση σχετικά με το ποιες προσεγγίσεις μπορούν να εφαρμοστούν.

#### **4.5.6.6.2 Διαδικασία μελέτης βραχυκυκλωμάτων**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, η διαδικασία μελέτης βραχυκυκλωμάτων πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- a) προσδιορισμός του συστήματος και του προβλήματος και προετοιμασία ενός διαγράμματος μελέτης του συστήματος,
- b) αναγνώριση των χαρακτηριστικών παραμέτρων των στοιχείων,
- c) προετοιμασία ενός διαγράμματος σύνθετων αντιστάσεων σε ένα κοινό σύστημα βάσης
- d) γρήγορος χρονικά ανεξάρτητος υπολογισμός προκειμένου να προσδιοριστούν τα κατά προσέγγιση επίπεδα σφαλμάτων σε κάθε σημείο,
- e) εκτίμηση των κατάλληλων προσεγγίσεων που μπορούν να γίνουν ώστε να απλοποιηθούν οι διαδικασίες υπολογισμού μέσα στην απαιτούμενη ακρίβεια των υπολογισμών,
- f) υπολογισμός των χρονικά εξαρτημένων ρευμάτων βραχυκύκλωσης στα κύρια σημεία του συστήματος,
- g) άθροισμα των ρευμάτων βραχυκύκλωσης και συμπεράσματα της μελέτης.

#### **4.5.6.6.3 Προσδιορισμός του συστήματος και του προβλήματος και προετοιμασία ενός διαγράμματος μελέτης του συστήματος**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.3 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ένα μονογραμμικό διάγραμμα ενός βασικού συστήματος πρέπει να γίνει, στο οποίο θα φαίνονται όλα τα κύρια στοιχεία.

Ο σκοπός του υπολογισμού, η έκταση και η αποδεκτή ακρίβεια θα πρέπει να αναφερθούν. Οι παραδοχές που θα εφαρμοστούν θα πρέπει να καταγραφούν. Οι καταστάσεις λειτουργίας κάτω από τις οποίες γίνονται οι υπολογισμοί θα πρέπει να παρατεθούν λεπτομερώς και ο αριθμός των γεννητριών στη γραμμή και τα εκτιμώμενα φορτία των γεννητριών και των κινητήρων θα πρέπει να σημειωθούν.

Μια σύνοψη των σχέσεων που έχουν εφαρμοστεί θα πρέπει να δοθεί, αναφέροντας λεπτομερώς οποιαδήποτε ειδική κατάσταση που επηρεάζει τις συνεισφορές στο ρεύμα βραχυκύκλωσης ενός συγκεκριμένου στοιχείου.

Μια σύντομη δήλωση πρέπει να γίνει περιγράφοντας το πεδίο εφαρμογής των αποτελεσμάτων.

#### **4.5.6.6.4 Αναγνώριση των χαρακτηριστικών παραμέτρων των στοιχείων**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.4 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, για κάθε στοιχείο στο μονογραμμικό διάγραμμα, όλες οι σχετικές χαρακτηριστικές παράμετροι θα πρέπει να καταγραφούν. Αναφορές πρέπει να γίνουν σχετικά με το ποιο δεδομένο είναι πραγματικό και ποιο υποθετικό.

#### **4.5.6.6.5 Διάγραμμα σύνθετων αντιστάσεων του συστήματος**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.5 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, το διάγραμμα σύνθετων αντιστάσεων του συστήματος θα πρέπει να κατασκευαστεί αλληλοσυνδέοντας τη σύνθετη αντίσταση όπως έχει καθοριστεί από το μονογραμμικό διάγραμμα του συστήματος. Αν κάθε στοιχείο αναπαρίσταται από τη σύνθετή του αντίσταση υπολογισμένη σε μια κοινή βάση, το διάγραμμα των σύνθετων αντιστάσεων θα δώσει μια άμεση ένδειξη της σχετικής σημασίας των διαφόρων στοιχείων που συνεισφέρουν στο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε οποιοδήποτε σημείο, και επομένως μια ένδειξη των πιθανών προσεγγίσεων που μπορούν να γίνουν.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ – Για γεννήτριες είναι γενικά επαρκές να χρησιμοποιηθεί η υπομεταβατική σύνθετη αντίσταση μόνο, καθώς ο σκοπός του διαγράμματος είναι να απεικονίσει τη διαμόρφωση του συστήματος.

#### **4.5.6.6.6 Προσεγγιστικός υπολογισμός**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.6 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις από το 4.5.5.2.5, προσεγγιστικοί, χρονικά ανεξάρτητοι υπολογισμοί πρέπει να γίνουν σε κάθε κύριο πίνακα διανομής. Η παράγραφος 4.5.5.3 θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης των κινητήρων.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 – Για τον υπολογισμό του κρουστικού ρεύματος βραχυκύκλωσης, πρέπει να θεωρηθεί η μέγιστη ασυμμετρία. Για γεννήτριες, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η υπομεταβατική σύνθετη αντίσταση. Για τους μετασχηματιστές πρέπει να θεωρηθεί ότι είναι συνδεδεμένοι σε έναν άπειρο ζυγό.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών θα πρέπει να συνοψιστούν και να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν τους χρονικά εξαρτημένους υπολογισμούς.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 – Για κάποιες εφαρμογές, δεν χρειάζονται επιπλέον υπολογισμοί. Για παράδειγμα, αν ο σκοπός του υπολογισμού είναι να ελέγξει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του διακοπτικού εξοπλισμού, και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του διακοπτικού εξοπλισμού ξεπερνούν τα ρεύματα βραχυκύκλωσης υπολογισμένα από αυτή τη μέθοδο.

#### **4.5.6.6.7 Εκτίμηση των κατάλληλων προσεγγίσεων**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.7 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι σχέσεις στο 4.5.4.1.1.5 θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την καθιέρωση της απόσβεσης του χρονικά εξαρτημένου ρεύματος βραχυκύκλωσης για τις γεννήτριες του συστήματος

και για την καθιέρωση μιας βάσεως από την οποία άλλες προσεγγίσεις μπορούν να κρίνονται π.χ.:

- a) υπολογισμοί για να εξακριβωθεί η επίδραση των καλωδίων των γεννητριών στα αποτελέσματα

ΣΗΜΕΙΩΣΗ – Ένας χρονικά εξαρτημένος υπολογισμός μπορεί να γίνει για μια γεννήτρια με ή χωρίς το καλώδιό της και τα αποτελέσματα να συγκριθούν. Μια κρίση μπορεί μετά να γίνει για τον αν θα συμπεριληφθούν ή θα αγνοηθούν τα καλώδια στους υπολογισμούς.

- b) υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της πτώσης τάσης στον πρωτεύοντα ζυγό, σαν αποτέλεσμα ενός ρεύματος βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον ενός διασυνδεδετικού μετασχηματιστή.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ – Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών θα παρέχουν τα κριτήρια ελέγχου για να καθορισθεί αν η σύνθετη αντίσταση της γεννήτριας θα πρέπει να συμπεριληφθεί κατά τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης στο πρωτεύον σύστημα ενός μετασχηματιστή.

#### **4.5.6.6.8 Υπολογισμός του συστήματος**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.8 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των χρονικά εξαρτημένων υπολογισμών, και εφαρμόζοντας τις επιτρεπτές απλοποιήσεις, το ρεύμα βραχυκύκλωσης σε κάθε σχετικό σημείο του συστήματος θα πρέπει να υπολογιστεί.

Οι υπολογισμοί των ρευμάτων βραχυκύκλωσης θα πρέπει να γίνουν για τις πιο αυστηρές συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή αυτές που παράγουν τις υψηλότερες τιμές του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Επιπλέον, οι θεωρητικά πιο αυστηρές συνθήκες, με όλα τα ενεργητικά στοιχεία να παράγουν το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης, θα πρέπει να αναγνωριστούν και οι υπολογισμοί θα πρέπει να γίνουν για να εξακριβωθεί αν οι διατάξεις προστασίας θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο σχεδιασμό του συστήματος ώστε να αποφευχθεί η ύπαρξη τέτοιων θεωρητικά αυστηρών συνθηκών.

#### **4.5.6.6.9 Σύνοψη των υπολογισμών**

Σύμφωνα με την υποενότητα 8.7.9 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, μια πλήρης σύνοψη θα πρέπει να γίνει για τα αποτελέσματα. Παρατηρήσεις θα πρέπει να γίνουν σχετικά με την καταλληλότητα των διατάξεων προστασίας του συστήματος.

### **4.5.7 Ερμηνεία και εφαρμογή των αποτελεσμάτων**

#### **4.5.7.1 Γενικά**

Σύμφωνα με την υποενότητα 9.1 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, ο κύριος σκοπός της μελέτης του ρεύματος βραχυκύκλωσης είναι:

- a) ο υπολογισμός των τιμών του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συγκεκριμένα σημεία σε ένα δίκτυο συστήματος,
- b) η εξακρίβωση ότι τα στοιχεία του συστήματος έχουν αρκετή ικανότητα αντοχής του ρεύματος βραχυκύκλωσης,

c) η επιλογή με βεβαιότητα του εξοπλισμού προστασίας του κυκλώματος.

Έχοντας υπολογίσει το ρεύμα βραχυκύκλωσης, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις συγκεκριμένες συνθήκες και τα πρότυπα στα οποία έχει δοκιμαστεί ο εξοπλισμός προστασίας και να ληφθούν υπόψη αυτές οι συνθήκες όταν εφαρμόζονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού ρεύματος βραχυκύκλωσης.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ηλεκτρικά συστήματα πάνω στα πλοία και οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις, χαρακτηρίζονται γενικά από μεγάλη ικανότητα ισχύος γεννητριών, περιορισμένο σε ένα μικρό χώρο. Επομένως, το ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορεί να προκύψει είναι σχετικά υψηλό σε τιμή, έχοντας ένα χαμηλό συντελεστή ισχύος.

#### 4.5.7.2 Συστήματα έως 1kV

Σύμφωνα με την υποενότητα 9.2 του διεθνούς προτύπου IEC 61363-1, οι διατάξεις προστασίας που χρησιμοποιούνται σε συστήματα έως 1kV για προστασία έναντι ρευμάτων βραχυκύκλωσης γενικά περιλαμβάνουν ασφάλειες και διακόπτες.

Κατά την επιλογή των διακοπών για χρήση σε συστήματα έως 1kV, τα παρακάτω χαρακτηριστικά λειτουργίας και συνθήκες ελέγχου, πρέπει να είναι διαθέσιμα:

- ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα
- ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα
- χρόνος απομάκρυνσης επαφών
- τάση λειτουργίας
- συντελεστής ισχύος

a) Ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα

Για όλους τους τύπους διακοπών, η ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το υπολογισμένο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης  $i_p$  στο σημείο της εγκατάστασης του συστήματος.

Η ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα του διακόπτη θα πρέπει να είναι εξασφαλισμένη σε μια τάση λειτουργίας όχι μικρότερη από την ονομαστική τάση του δικτύου σε εκείνο το σημείο της εγκατάστασης του συστήματος.

b) Ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα

Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των διακοπών δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από το υπολογισμένο αναμενόμενο ρεύμα διακοπής σε βραχυκύκλωμα. Η τιμή αυτή θα πρέπει να ληφθεί από τον υπολογισμό της E.P. συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης  $I_{ac}(t)$  στο σημείο της εγκατάστασης του συστήματος τη χρονική στιγμή που οι επαφές του διακόπτη διαχωρίζονται.

Για διακόπτες για τους οποίους ο διαχωρισμός των επαφών μπορεί να συμβεί σε λιγότερο από  $\frac{1}{2}$  κύκλους ο κατασκευαστής του διακόπτη θα πρέπει να ερωτηθεί σχετικά με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας.

Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του διακόπτη θα πρέπει να είναι εξασφαλισμένη σε τάση όχι μικρότερη από την ονομαστική τάση του συστήματος σε εκείνο το σημείο της εγκατάστασης του συστήματος, και σε συντελεστή ισχύος όχι μεγαλύτερο από τον υπολογισμένο συντελεστή ισχύος του αναμενόμενου ρεύματος διακοπής σε βραχυκύκλωμα.

c) Συντελεστής ισχύος

Οι διακόπτες δοκιμάζονται συνήθως με έναν σταθερό συντελεστή ισχύος κυκλώματος. Εξαιτίας της μη γραμμικής και χρονικά εξαρτημένης φύσης της σύνθετης αντίστασης των ενεργητικών στοιχείων κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος, ο συντελεστής ισχύος υπό συνθήκες βραχυκυκλώματος αλλάζει συνεχώς. Συνεπώς οι ναυτικές και οι υπεράκτιες E.P. ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις δεν έχουν σταθερό συντελεστή ισχύος και επομένως ο συντελεστής ισχύος θα πρέπει να υπολογίζεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χρόνο.

Εξαιτίας των μικρών αποστάσεων μεταξύ γεννητριών και καταναλωτών στις ναυτικές και υπεράκτιες εγκαταστάσεις, τα καλώδια γενικά έχουν μεγάλο εμβαδόν διατομής και μικρά μήκη, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα ο συντελεστής ισχύος κάτω από συνθήκες βραχυκυκλώματος να είναι χαμηλότερος από αυτόν που χρησιμοποιείται στις δοκιμές βραχυκυκλώματος.

Αν ο συντελεστής ισχύος κάτω από τις συνθήκες βραχυκυκλώματος είναι μικρότερος από το συντελεστή ισχύος των δοκιμών του διακόπτη, η ικανότητα του διακόπτη για αντοχή σε βραχυκύκλωμα μπορεί να είναι ανεπαρκής, ακόμη και αν η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του διακόπτη είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο ρεύμα διακοπής σε βραχυκύκλωμα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 – Η ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα του διακόπτη μπορεί να είναι χαμηλότερη από το υπολογισμένο κρουστικό ρεύμα ( $i_p$ ) και επομένως ο διακόπτης θα ήταν ακατάλληλος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 – Γενικά οι διακόπτες, που δοκιμάζονται σε συντελεστές ισχύος μικρότερους από 0,2, είναι κατάλληλοι για χρήση σε κυκλώματα που έχουν συντελεστές ισχύος σφάλματος στο εύρος 0,05 έως 0,20. Αλλά αν ο διακόπτης έχει δοκιμαστεί σε υψηλότερο συντελεστή ισχύος (π.χ. 0,2 έως 0,5), η ικανότητα διακοπής μπορεί να επηρεαστεί εξαιτίας της αλλαγής στην τάση αποκατάστασης και θα πρέπει να ερωτηθεί σχετικά ο κατασκευαστής.

d) Σύνοψη

Μετά τις δοκιμές, στους διακόπτες ανατίθενται οι παρακάτω τιμές λειτουργίας :

- ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα
- ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα
- τάση λειτουργίας
- συντελεστής ισχύος
- χρόνος διαχωρισμού επαφών

Κατά την εγκατάσταση σε ένα σύστημα, η ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα του διακόπτη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από  $i_p$ , την υπολογισμένη κρουστική τιμή του

ρεύματος βραχυκύκλωσης. Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα ενός διακόπτη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το  $I_{ac}(t)$  υπολογισμένο τη στιγμή διαχωρισμού των επαφών του διακόπτη. Η τάση λειτουργίας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ονομαστική τάση του κυκλώματος σε εκείνο το σημείο της εγκατάστασης στο σύστημα. Ο συντελεστής ισχύος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από τον συντελεστή ισχύος του υπολογισμένου αναμενόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης.

Όπου υπάρχουν μικρές διαφορές μεταξύ των συνθηκών του υπολογισμένου ρεύματος βραχυκύκλωσης και των προσδιορισμένων χαρακτηριστικών λειτουργίας βραχυκυκλώματος του διακόπτη, ο κατασκευαστής του διακόπτη θα πρέπει να ερωτηθεί πριν τη χρήση του διακόπτη. Αν έχει συμφωνηθεί ότι τα χαρακτηριστικά λειτουργίας βραχυκυκλώματος μπορούν να αλλάξουν, ο κατασκευαστής πρέπει να ερωτηθεί για απόδειξη της καταλληλότητας. Τέτοια απόδειξη πρέπει κατά προτίμηση να αποτελεί επιπλέον δελτίο δοκιμής.

- ❖ *Οι παράγραφοι που παραλήφθηκαν στην παραπάνω μετάφραση-απόδοση του προτύπου IEC 61363-1 λόγω της μη εφαρμογής τους στην παρούσα εργασία είναι οι : 2, 5.1.3, 5.1.4, 5.2.4, 7, 8.6, 9.3.*
- ❖ *Το κείμενο σε πλάγια γραφή της παραγράφου 4.5 δεν αποτελεί μέρος του προτύπου.*



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### **Περιγραφή προγραμμάτων για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων και για την επιλογή των διατομών των καλωδίων στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab.**

#### **5.1 Εισαγωγή**

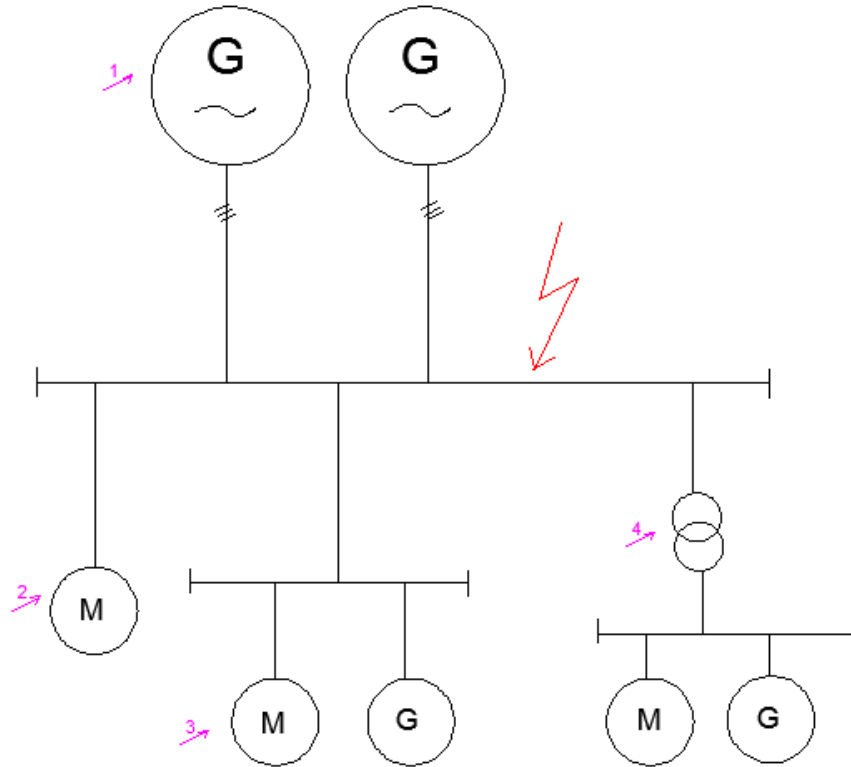
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα προγράμματα σε Matlab που υλοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας, προκειμένου να διευκολύνουν τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων καθώς και την επιλογή των κατάλληλων διατομών καλωδίων κατά την μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης των τριών υπό μελέτη πλοίων.

#### **5.2 Πρόγραμμα για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων.**

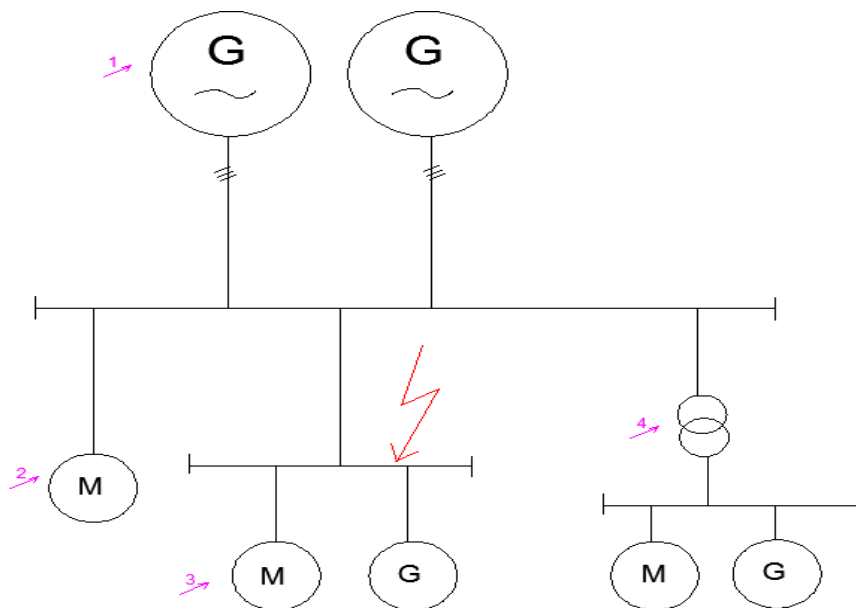
##### **5.2.1 Γενικά**

Το πρώτο πρόγραμμα αφορά τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων, στηρίζεται στο πρότυπο IEC 61363-1, το οποίο παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4, και υπολογίζει το ρεύμα βραχυκύκλωσης που προκύπτει όταν συμβαίνει ένα συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα στους ζυγούς των κύριων γεννητριών (βλέπε σχήμα 5.1).

- ❖ Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, δηλαδή παράγραφος 4.5.6.3 του κεφαλαίου 4, περιλαμβάνει:
  - 1) τις παράλληλα συνδεδεμένες γεννήτριες,
  - 2) τους απευθείας συνδεδεμένους κινητήρες,
  - 3) τους κινητήρες και/ή γεννήτριες που συνδέονται σε πίνακες διανομής ή υποπίνακες οι οποίοι συνδέονται απευθείας στους ζυγούς των κύριων γεννητριών,
  - 4) τους μετασχηματιστές που τροφοδοτούν κινητήρες ή φορτία, ανεξάρτητα από την ισχύ τους και τη σύνθετή τους αντίσταση, προκειμένου να έχουμε όσο πιο ακριβή αποτελέσματα γίνεται,
  - 5) τις σύνθετες αντιστάσεις των καλωδίων που συνδέουν τις γεννήτριες και τους κινητήρες με το ζυγό βραχυκυκλώματος αλλά και τη σύνθετη αντίσταση των καλωδίων που συνδέουν το πρωτεύον του μετασχηματιστή με το υπόλοιπο δίκτυο και το δευτερεύον με άλλους ζυγούς ή φορτία.
- ❖ Το πρόγραμμα αυτό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για βραχυκυκλώματα σε δευτερεύοντες ζυγούς που συνδέονται απευθείας στους ζυγούς των κύριων γεννητριών σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, δηλαδή παράγραφο 4.5.6.4 του κεφαλαίου 4 (βλέπε σχήμα 5.2).



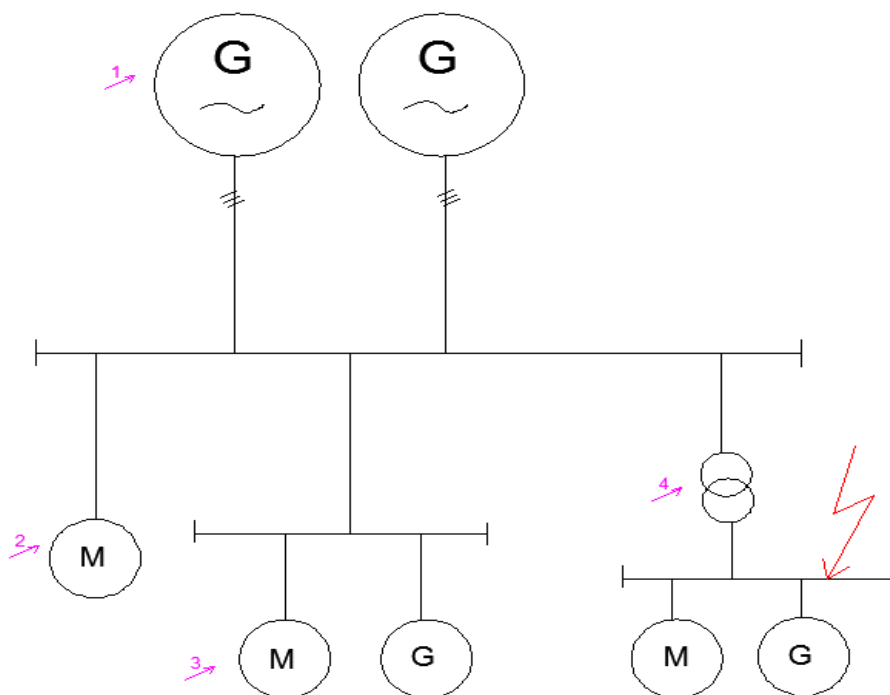
**Σχήμα 5.1** Βραχυκύκλωμα στους ζυγούς των κύριων γεννητριών



**Σχήμα 5.2** Βραχυκύκλωμα στους δευτερεύοντες ζυγούς απευθείας συνδεδεμένους στους ζυγούς των κύριων γεννητριών

- ❖ Το πρόγραμμα δεν βρίσκει εφαρμογή σε βραχυκυκλώματα που γίνονται σε ζυγούς στους οποίους συνδέονται κινητήρες ή/και γεννήτριες στο δευτερεύον του μετασχηματιστή ενώ το πρωτεύον συνδέεται στο κύριο δίκτυο, καθώς δεν έχει προβλεφθεί η ύπαρξη βραχυκυκλώματος σε ζυγό διαφορετικής ονομαστικής τάσεως από αυτή των κύριων γεννητριών (η δυσμενέστερη περίπτωση), δηλαδή η

παρουσία μετασχηματιστή μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και κύριων γεννητριών. Στην περίπτωση αυτή θα έπρεπε το ρεύμα βραχυκυκλώσεως που συνεισφέρουν οι κύριες γεννήτριες, οι οποίες έχουν διαφορετική ονομαστική τάση από την τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος να αναχθεί με βάση το λόγο μετασχηματισμού του μετασχηματιστή στην πλευρά του δευτερεύοντος (πλευρά του ζυγού βραχυκυκλώματος). Το πρόγραμμα εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα στην οθόνη του υπολογιστή σε περίπτωση που η τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος δεν συμπίπτει με την τάση εξόδου των κύριων γεννητριών. Σε περίπτωση τέτοιου βραχυκυκλώματος, το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί εφόσον τα χαρακτηριστικά του δικτύου (χαρακτηριστικά γεννητριών, κινητήρων, καλωδίων και μετασχηματιστή) πριν το μετασχηματιστή αναχθούν όλα στην πλευρά του δευτερεύοντος (πλευρά του ζυγού βραχυκυκλώματος).



**Σχήμα 5.3** Βραχυκύκλωμα σε δευτερεύοντες ζυγούς συνδεδεμένους με τους ζυγούς των κύριων γεννητριών μέσω μετασχηματιστή

- ❖ Όσον αφορά τις κύριες γεννήτριες, δηλαδή αυτές που συνδέονται στο ζυγό που γίνεται το βραχυκύκλωμα, μπορεί είτε να γίνει ομαδοποίησή τους σε μια ισοδύναμη γεννήτρια είτε να εισαχθούν στο πρόγραμμα τα χαρακτηριστικά κάθε μιας ξεχωριστά. Το ρεύμα που δίνει η κάθε γεννήτρια είναι ανάλογο της ονομαστικής της ικανότητας.
- ❖ Έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:
  - τα ωμικά φορτία δεν λαμβάνονται υπόψη καθώς δρουν μόνο αποσβεστικά στο ρεύμα βραχυκύκλωσης και επομένως η παραδοχή αυτή μας παράγει αποτελέσματα από την ασφαλή πλευρά. Το ρεύμα που δίνει η γεννήτρια ισούται με το ρεύμα που καταναλώνουν οι κινητήρες επαγωγής και μόνο αυτό λαμβάνεται υπόψη.

- οι διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στα παθητικά στοιχεία του δικτύου, δεν έχουν ληφθεί υπόψη. Γενικά σε περίπτωση βραχυκυκλώματος απομονώνονται σε χρόνους της τάξεως της ημιπεριόδου, οπότε ο μελετητής μαζί με τον κατασκευαστή καθορίζουν τον τρόπο συμμετοχής της διάταξης στο βραχυκύκλωμα,
- για τον υπολογισμό του κρουστικού ρεύματος και άρα της ικανότητας διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη, έχει χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική σχέση (4.30) ( $i_p = 2\sqrt{2}I_{ac}$ ) από το κεφάλαιο 4, η οποία μας οδηγεί σε ασφαλή αποτελέσματα.
- οι παράλληλα συνδεδεμένες γεννήτριες μοιράζονται, αναλογικά με την ονομαστική τους ικανότητα, τη συνολική απαιτούμενη ενεργό και άεργο ισχύ των φορτίων, σύμφωνα με την παράγραφο 4.5.3.3 (g) του 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου.
- Η πτώση τάσης στους ζυγούς θεωρείται αμελητέα και δεν λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων.

### 5.2.2 Περιγραφή του προγράμματος

Κατά το τρέξιμο του προγράμματος στο Matlab, τα παρακάτω μηνύματα με την ακόλουθη σειρά εμφανίζονται στο χρήστη:

*Εισάγετε τη συχνότητα του δικτύου  $f(\text{Hz})$ :*

*Εισάγετε την τάση του ζυγού που γίνεται το βραχυκύκλωμα  $U_b(\text{V})$ :*

=====

*Εισάγετε το πλήθος των κινητήρων:*

*Εισάγετε τα χαρακτηριστικά του 1ου κινητήρα*

*Εισάγετε την τάση του κινητήρα πριν το βραχυκύκλωμα,  $U_m(\text{V})$ :*

*Εισάγετε τη φαινόμενη ισχύ,  $S_m(\text{VA})$ :*

*Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του στάτη,  $X_s(\%)$ :*

*Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του δρομέα,  $X_r(\%)$ :*

*Εισάγετε την ωμική αντίσταση του στάτη,  $R_s(\%)$ :*

*Εισάγετε την ωμική αντίσταση του δρομέα,  $R_r(\%)$ :*

*Εισάγετε το συντελεστή ισχύος του κινητήρα,  $\cos\phi$ :*

*Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από τον κινητήρα έως το ζυγό βραχυκυκλώματος,*

*$L(\text{m})$ :*

*Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου,  $R_c(\Omega/\text{m})$ :*

*Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου,  $X_c(\Omega/\text{m})$ :*

=====

*Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:*

*$E_m'' =$*

*$I_m'' =$*

*Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t) =$*

*Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) =$*

*Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) =$*

*Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t) =$*

*Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) =$*

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)=$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)=$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

- ✓ Σε περίπτωση που το πλήθος των κινητήρων είναι μεγαλύτερο του 1, ο χρήστης μετά τα χαρακτηριστικά του 1<sup>ου</sup> κινητήρα εισάγει και των επόμενων κινητήρων τα χαρακτηριστικά.

Εισάγετε τα χαρακτηριστικά του 2ου κινητήρα

- ✓ Σε περίπτωση που η τάση του κινητήρα είναι διαφορετική από την τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος, δηλαδή μεσολαβεί μετασχηματιστής μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και κινητήρα, τα ακόλουθα εμφανίζονται:

Εισάγετε τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή:

Εισάγετε την ωμική πτώση τάσεως,  $u_{rr}$  (%):

Εισάγετε την τάση βραχυκύκλωσης,  $u_{rk}$  (%):

Εισάγετε τη φαινόμενη ισχύ του μετασχηματιστή,  $S(VA)$ :

Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από το  $M/\Sigma$  έως τον κινητήρα,  $L(m)$ :

Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου,  $R_c(\Omega/m)$ :

Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου,  $X_c(\Omega/m)$ :

Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από το μετασχηματιστή έως το ζυγό βραχυκυκλώματος,  $L(m)$ :

Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου,  $R_c(\Omega/m)$ :

Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου,  $X_c(\Omega/m)$ :

=====

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

Στην πλευρά των  $V$  έχουμε:

$E_m''=$

$I_m''=$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t)=$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0)=$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)=$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)=$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)=$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

=====

Οι παραπάνω τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης και κρουστικών ρευμάτων ανηγμένες στην πλευρά των  $V$  είναι:

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t)=$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0)=$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)=$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)=$   
 Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)=$   
 Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

=====

Στη συνέχεια το πρόγραμμα προχωράει με τις γεννήτριες και βγάζει τα ακόλουθα μηνύματα:

Εισάγετε το πλήθος των γεννητριών:

✓ Σε περίπτωση που το πλήθος των γεννητριών είναι μεγαλύτερο του 1, εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω μήνυμα:

Εισάγετε τη συνολική φαινόμενη ισχύ των γεννητριών (VA):

~~~~~

Εισάγετε τα χαρακτηριστικά της 1ης γεννήτριας

Εισάγετε την τάση εξόδου πριν το βραχυκύκλωμα,  $U_0(V)$ :

Εισάγετε τη φαινόμενη ισχύ,  $S_g(VA)$ :

Εισάγετε την υπομεταβατική αντίδραση ευθέως άξονα,  $X_{dυπομετ.}(\%)$ :

Εισάγετε τη μεταβατική αντίδραση ευθέως άξονα,  $X_{dμετ.}(\%)$ :

Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση μόνιμης κατάστασης ευθέως άξονα,  $X_d(\%)$ :

Εισάγετε την υπομεταβατική χρονική σταθερά βραχυκυκλώσεως d-άξονα,  $T_{dυπομετ.}(ms)$ :

Εισάγετε τη μεταβατική χρονική σταθερά βραχυκυκλώσεως d-άξονα,  $T_{dμετ.}(ms)$ :

Εισάγετε την ωμική αντίσταση του στάτη,  $R_a(\%)$ :

Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από τη γεννήτρια έως το ζυγό βραχυκυκλώματος,  $L(m)$ :

Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου,  $R_c(\Omega/m)$ :

Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου,  $X_c(\Omega/m)$ :

Εισάγετε το συντελεστή ισχύος της γεννήτριας,  $\cos\phi$ :

=====

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$E_q''=$

$E_q'=$

$E_q=$

$I_{kd}''=$

$I_{kd}'=$

$I_{kd}=$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{ac}(t)=$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{ac}(0)=$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{ac}(T/2)=$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dc}(t)=$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_k(t)=$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_k(0)=$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_k(T/2)=$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

Πόσες από τις υπόλοιπες γεννήτριες είναι ίδιες με αυτή τη γεννήτρια; (0,1,2...)]:

=====  
Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$I_{tot} =$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0) =$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2) =$

=====

- ✓ Σε περίπτωση που η τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος δεν συμπίπτει με την τάση εξόδου της γεννήτριας τότε το παρακάτω μήνυμα εμφανίζεται:

*Η τάση που έχετε εισάγει δεν συμπίπτει με την τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος, παρακαλώ εισάγετε ξανά την τάση της γεννήτριας:*

- ✓ Σε περίπτωση που υπάρχουν πάνω από μία γεννήτριες και είναι διαφορετικές από την πρώτη, ζητείται από το χρήστη να εισάγει τα χαρακτηριστικά τους, ενώ σε περίπτωση που είναι ίδιες με την πρώτη, δεν χρειάζεται να εισαχθούν ξανά τα χαρακτηριστικά και το παρακάτω μήνυμα εμφανίζεται στην οθόνη:

*Δεν χρειάζεται να εισάγετε ξανά τα χαρακτηριστικά των όμοιων γεννητριών.*

Ο κώδικας του προγράμματος για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων (μαζί με επεξηγηματικά σχόλια) που έχει περιγραφεί παραπάνω, βρίσκεται στο Παράρτημα Β. (B.1)

### 5.3 Πρόγραμμα για την επιλογή των κατάλληλων διατομών καλωδίων <sup>[5]-[9]</sup>

#### 5.3.1 Γενικά

Το δεύτερο πρόγραμμα αφορά την επιλογή των κατάλληλων διατομών καλωδίων σε χαμηλής τάσης ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων, στηρίζεται στους κανονισμούς του GL καθώς και στα πρότυπα IEC 60092-352 (third edition), IEC 60287-1-1 και IEC 60228 (third edition), και βρίσκει την ελάχιστη διατομή μονοπολικού ή διπολικού ή τρι-τετρα-πολικού καλωδίου, αναλόγως με τη τιμή του ρεύματος που εισάγει ο χρήστης αλλά και τον τρόπο εγκατάστασης των καλωδίων.

- ❖ Επιπλέον πέρα από τη διατομή του κατάλληλου καλωδίου το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη την τιμή της ωμικής αντίστασης του καλωδίου αλλά και της επαγωγικής αντίδρασης στους 85° C, που είναι η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των καλωδίων για συνεχή λειτουργία, προκειμένου να εκτιμηθεί η αποσβεστική επίδραση των καλωδίων στο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Οι τιμές που εμφανίζονται είναι ενδεικτικές, και αφορούν συγκεκριμένο τύπο καλωδίου αφού στην πραγματικότητα οι τιμές αυτές, διαφέρουν από καλώδιο σε καλώδιο και λαμβάνονται από τον κατασκευαστή του καλωδίου.
- ❖ Ο υπολογισμός των τιμών των ωμικών αντιστάσεων για τους 85°C έχει γίνει με βάση την παράγραφο 2.1.1 του προτύπου IEC 60287-1-1.

**Σύμφωνα με την υποενότητα 2.1.1 του προτύπου IEC 60287-1-1**, η DC αντίσταση ανά μονάδα μήκους του αγωγού στην μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας  $\theta$  δίνεται από τον τύπο :

$$R' = R_0[1 + a_{20}(\theta - 20)] \quad (5.1)$$

όπου

$R_0$  είναι η DC αντίσταση του αγωγού στους 20 °C ( $\Omega/m$ ).

Η τιμή της  $R_0$  μπορεί να ληφθεί απευθείας από το πρότυπο IEC 60228. Όταν το μέγεθος του αγωγού είναι εκτός του διαστήματος που καλύπτει το πρότυπο, η τιμή που λαμβάνεται προκύπτει μετά από συμφωνία του κατασκευαστή και του αγοραστή. Τότε, η αντίσταση του αγωγού θα πρέπει να υπολογιστεί με βάση τις τιμές της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης του Πίνακα A.7, Παράρτημα A.

$a_{20}$  είναι η θερμοκρασιακή σταθερά στους 20 °C ανά Κέλβιν (Πίνακας A.7, Παράρτημα A)

$\theta$  είναι η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας σε βαθμούς Κελσίου η οποία καθορίζεται από τον τύπο της μόνωσης που χρησιμοποιείται.

Οι τιμές της  $R_0$  έχουν ληφθεί από το πρότυπο IEC 60228 (Third edition) και συγκεκριμένα για χάλκινους class 2 πολύκλωνους αγωγούς για μονοπολικά ή πολυπολικά καλώδια και φαίνονται στον Πίνακα A.8, Παράρτημα A.

Στο πρόγραμμα αυτό, έχει χρησιμοποιηθεί η **DC αντίσταση των αγωγών**, καθώς ο υπολογισμός της AC αντίστασης θα εισήγαγε αρκετή πολυπλοκότητα, ενώ το σφάλμα που εισάγεται τώρα είναι αμελητέο.

Για λόγους πληρότητας αναφέρουμε τον τρόπο που θα μπορούσε να υπολογιστεί η AC αντίσταση των καλωδίων σύμφωνα με την παράγραφο 2.1 του προτύπου IEC 60287-1-1. Η AC αντίσταση είναι μεγαλύτερη από την DC κυρίως λόγω του επιδερμικού φαινομένου και του φαινομένου γειννίας.

**Σύμφωνα με την υποενότητα 2.1 του προτύπου IEC 60287-1-1**, η αντίσταση εναλλασσόμενου ρεύματος ανά μονάδα μήκους του αγωγού στην μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας δίνεται από τον ακόλουθο τύπο, εκτός από τις περιπτώσεις όπου έχουμε καλώδια τύπου σωλήνα :

$$R = R'(1 + y_s + y_p) \quad (5.2)$$

όπου

$R$  είναι η εν λόγω AC αντίσταση του αγωγού στην μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας

$R'$  είναι η DC αντίσταση του αγωγού στην μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας

$y_s$  είναι ο συντελεστής επιδερμικού φαινομένου

$y_p$  είναι ο συντελεστής γειννίας

**Σύμφωνα με την υποενότητα 2.1.2 του προτύπου IEC 60287-1-1**, ο συντελεστής επιδερμικού φαινομένου  $y_s$ , δίνεται από την σχέση :



$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 x_s^4} \quad (5.3)$$

όπου

$$x_s^2 = \frac{8\pi f}{R'} 10^{-7} k_s \quad (5.4)$$

$f$  είναι η συχνότητα της πηγής σε hertz.

Οι τιμές για το  $k_s$  δίνονται στον Πίνακα Α.9, Παράρτημα Α.

Ο παραπάνω τύπος είναι ακριβής με την προϋπόθεση ότι το  $x_s$  δεν είναι μεγαλύτερο του 2.8 και για αυτό εφαρμόζεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

**Σύμφωνα με την υποενότητα 2.1.4.1 του προτύπου IEC 60287-1-1**, ο συντελεστής γεινίασης, για τριπολικά καλώδια και τρία μονοπολικά καλώδια με κυκλικούς αγωγούς, δίνεται από την σχέση :

$$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0,8 x_p^4} \left( \frac{d_c}{s} \right)^2 \left[ 0,312 \left( \frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{x_p^4}{192 + 0,8 x_p^4} + 0,27} \right] \quad (5.5)$$

όπου

$$x_p^2 = \frac{8\pi f}{R'} 10^{-7} k_p \quad (5.6)$$

$d_c$  είναι η διάμετρος του αγωγού (mm)

$s$  είναι η απόσταση μεταξύ των αξόνων των αγωγών (mm) .

Σημείωση : Για τα καλώδια σε οριζόντια διάταξη , η παράμετρος  $s$  είναι η απόσταση μεταξύ των διαδοχικών φάσεων. Όταν αυτή η απόσταση δεν είναι σταθερή, τότε λαμβάνεται ίση με  $s = \sqrt{s_1 s_2}$ .

Οι τιμές για το  $k_p$  δίνονται στον Πίνακα Α.9, Παράρτημα Α.

Ο παραπάνω τύπος είναι ακριβής με την προϋπόθεση ότι το  $x_p$  δεν είναι μεγαλύτερο του 2.8 και για αυτό εφαρμόζεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

- ❖ Όσον αφορά τις επαγωγικές αντιδράσεις, έχουν ληφθεί από υπολογισμούς της Mitsubishi Electric Company, όπου έχουν υπολογιστεί με βάση τη σχέση:

$$L = 0,05 + 0,4605 \log_{10}(D/r), \quad (5.7)$$

όπου  $D$  η μεταξύ απόσταση των αγωγών από το κέντρο τους,

και  $r$  η ακτίνα του αγωγού

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι τιμές αυτές των επαγωγικών αντιδράσεων παραμένουν σταθερές ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας των καλωδίων, καθώς ο χαλκός είναι διαμαγνητικό υλικό και επομένως η σχετική μαγνητική του διαπερατότητα δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Οι προαναφερθείσες τιμές φαίνονται στον Πίνακα A.10, Παράρτημα A. Έχουν χρησιμοποιηθεί οι επαγωγικές αντιδράσεις των close-spaced καλωδίων.

- ❖ Όσον αφορά την ομαδοποίηση των καλωδίων, σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, Section 12, B.1.1 και B.1.2 αλλά και το Annex B, B.1 του προτύπου IEC 60092-352 (third edition), οι τιμές του Πίνακα A1, Παράρτημα A, που δείχνουν την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος για μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας του αγωγού τους 85°C (η μέγιστη θερμοκρασία αντοχής της μόνωσης σε συνεχή λειτουργία), θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με ένα συντελεστή 0,85, για ομαδοποίηση πάνω από 6 καλώδια όπως έχει περιγραφεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 3. Η άλλη και πιο ακριβής μέθοδος είναι να προσδιοριστεί η μέθοδος της εγκατάστασης των καλωδίων καθώς και η διάταξη των καλωδίων, με τον τρόπο που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 3 στην αντίστοιχη παράγραφο και να χρησιμοποιηθούν οι Πίνακες A.3, A.4, A.5, A.6 του Παραρτήματος A. Η πρώτη μέθοδος θα ήταν πολύ προσεγγιστική ενώ η δεύτερη αρκετά περίπλοκη και δύσκολη. Στην προσπάθεια να προσεγγίσουμε με περισσότερη ακρίβεια και λιγότερη πολυπλοκότητα το ρεύμα που διαρρέει τα ομαδοποιημένα καλώδια, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του Πίνακα A.1, Παράρτημα A σε συνδυασμό με τον πίνακα A.4, Παράρτημα A, που περιλαμβάνει όλες τις μεθόδους εγκατάστασης (B,C,E,F).
- ❖ Σχετικά με την ομαδοποίηση των καλωδίων πρέπει να αναφέρουμε ότι οι συντελεστές διόρθωσης **δεν** χρειάζεται να εφαρμοστούν εάν η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών καλωδίων ξεπερνά το διπλάσιο των συνολικών τους διαμέτρων, σύμφωνα με τη Σημείωση 2, του Πίνακα A.4, Παράρτημα A.
- ❖ Τέλος, σύμφωνα με τη σημείωση 6, του Πίνακα A.4, Παράρτημα A, η ακρίβεια των τιμών του πίνακα, οι οποίες τιμές εφαρμόζονται στις τιμές του Πίνακα A.3, Παράρτημα A, έχει απόκλιση της τάξεως του 5%. Στη δική μας περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του Πίνακα A.4 στις τιμές του A.1, η απόκλιση της ακρίβειας είναι σε μεγαλύτερο εύρος.

### 5.3.2 Περιγραφή του προγράμματος

Κατά το τρέξιμο του προγράμματος στο Matlab, τα παρακάτω μηνύματα εμφανίζονται στο χρήστη και με την ακόλουθη σειρά:

*Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει την ελάχιστη κατάλληλη διατομή καλωδίου σε ένα δίκτυο χαμηλής τάσης είτε από μονοπολικά καλώδια είτε από πολυπολικά και εμφανίζει μόνο αυτές τις τιμές.*

*Παρακαλώ εισάγετε τη συχνότητα του δικτύου (Hz):*

*Παρακαλώ εισάγετε τη μέγιστη ένταση του ρεύματος γραμμής που θα διαρρέει το καλώδιο (A):*

Εισάγετε το πλήθος των ομαδοποιημένων καλωδίων:

(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 16, 20):

Παρακαλώ εισάγετε την διάταξη εγκατάστασης των καλωδίων:

1: για καλώδια σε δέσμη στον αέρα, σε μια επιφάνεια, ενσωματωμένα ή καλυμμένα

2: για ενιαίο στρώμα σε μπουλμέ, κατάστρωμα ή σε αδιάτρητες σχάρες

3: για ενιαίο στρώμα στερεωμένο απευθείας κάτω από μη μεταλλικό άνω μέρος καταστρώματος

4: για ενιαίο στρώμα σε μια διάτρητη οριζόντια ή κάθετη σχάρα

5: για ενιαίο στρώμα σε σκάλα στήριξης ή σε στήριγμα καλωδίου με σφήνα

Μπορείτε να επιλέξετε την παρακάτω διατομή μονοπολικού καλωδίου:

$x(1 * mm^2), R_c = m\Omega/m, X_c = m\Omega/m$

=====

Μπορείτε να επιλέξετε τις παρακάτω διατομές πολυπολικών καλωδίων:

$x(2 * mm^2), R_c = m\Omega/m, X_c = m\Omega/m$

$x((3 \text{ ή } 4) * mm^2), R_c = m\Omega/m, X_c = m\Omega/m$

=====

- ✓ Σε περίπτωση που δεν βρεθεί κατάλληλη τιμή μονοπολικού καλωδίου, το παρακάτω μήνυμα εμφανίζεται στην οθόνη:

*Δεν βρέθηκε κατάλληλη διατομή μονοπολικού καλωδίου. Θέλετε να γίνει άλλη ομαδοποίηση καλωδίων; (y/n)*

Εάν ο χρήστης πατήσει n(νο) τότε το πρόγραμμα προχωράει στην επιλογή κατάλληλου πολυπολικού καλωδίου, αλλιώς ψάχνει για κατάλληλη διατομή σύμφωνα με την νέα ομαδοποίηση.

- ✓ Σε περίπτωση που δεν βρεθεί κατάλληλη τιμή πολυπολικού καλωδίου, το παρακάτω μήνυμα εμφανίζεται στην οθόνη:

*Δεν βρέθηκε κατάλληλη διατομή πολυπολικού καλωδίου. Θέλετε να γίνει άλλη ομαδοποίηση καλωδίων; (y/n)*

Αν ο χρήστης πατήσει n τότε το πρόγραμμα τερματίζει, αλλιώς ψάχνει για κατάλληλη διατομή σύμφωνα με τη νέα ομαδοποίηση.

- ✓ Στην περίπτωση που ένα κύκλωμα αποτελείται από n μονοπολικά καλώδια, σύμφωνα με την σημείωση 5 στον Πίνακα Α.4, Παράρτημα Α, τότε έχει θεωρηθεί ότι το κύκλωμα αποτελείται από n/2 κυκλώματα από μονοπολικά καλώδια. Αν ο αριθμός n είναι μονός, έχει γίνει στρογγυλοποίηση προς τον επόμενο ακέραιο.

- ✓ Εάν ο χρήστης εισάγει ως αριθμό ομαδοποίησης των καλωδίων το 20, τότε για μονοπολικά καλώδια, προκύπτουν 10 κυκλώματα → όμως ο αριθμός ομαδοποίησης 10 δεν συμπεριλαμβάνεται στον Πίνακα Α.4, Παράρτημα Α, και για αυτό έχουμε θεωρήσει ότι υπάρχουν 9 κυκλώματα.

Ο κώδικας του προγράμματος επιλογής κατάλληλης διατομής καλωδίου (μαζί με επεξηγηματικά σχόλια) που έχει περιγραφεί παραπάνω, βρίσκεται στο Παράρτημα Β (Β.2)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Εφαρμογή στα τρία υπό μελέτη πλοία

#### 6.1 Generic πλοίο – Πλοίο γενικευμένου τύπου

Η πρώτη εφαρμογή όσων έχουν περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια, έγινε πάνω σε ένα γενικευμένου τύπου ανύπαρκτο πλοίο (generic). Τα επίπεδα των τάσεων που εμφανίζονται στα φορτία του πλοίου είναι της τάξεως των 440V και των 115V, και επομένως μιλάμε για φορτία χαμηλής τάσης, και η συχνότητα του δικτύου είναι 60 Hz. Προκειμένου να έχουμε τάση των 115 V (πολική τάση) υπάρχουν δύο μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσεως σε συνδεσμολογία Dd (τριγώνου – τριγώνου), ο ένας για τις κύριες γεννήτριες και ο άλλος για τη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης. Το δίκτυο του πλοίου είναι τριφασικό (440V) με τον ουδέτερο αγείωτο (insulated neutral system) (3 αγωγοί) και μονοφασικό (220V-2 αγωγοί).

#### 6.1.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός

Ο αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του generic πλοίου έχει γίνει για τρεις χαρακτηριστικές καταστάσεις του πλοίου: 1) *κατάσταση κανονικής πορείας*, 2) *κατάσταση χειρισμών*, 3) *κατάσταση εν όρμω*. Παρατηρούμε ότι τα φορτία του πλοίου τα οποία δίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.1 έχουν ομαδοποιηθεί σε ορισμένες κατηγορίες:

- Βοηθητικά πρόωσης
- Πίνακας βοηθητικών μηχανοστασίου
- Βοηθητικά σκάφους
- Βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης
- Συσκευές μαγειρείου
- Πίνακες φωτισμού
- Πίνακας οργάνων ναυσιπλοΐας
- Εφεδρική παροχή

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές λειτουργίας των φορτίων του πλοίου έχουν ληφθεί από τον Πίνακα A.11, Παράρτημα A.

Έχουμε κάνει τις παρακάτω παραδοχές:

- ❖ Στα βοηθητικά πρόωσης θεωρήθηκε ότι από τους τρεις διαχωριστήρες πετρελαίου (καθαριστής βαρέως πετρελαίου) λειτουργεί ένα μηχανήμα λόγω ευπάθειας του ενός ( 1 σε λειτουργία + 1 σε εφεδρεία + 1 σε συντήρηση). Ο συντελεστής λειτουργίας θεωρήθηκε 0,70 – 0,20 – 0,20 αντί 0,70 – 0,00 – 0,00 με βάση τον Πίνακα A.11, Παράρτημα A.
- ❖ Στα βοηθητικά πρόωσης οι μηχανισμοί περιστροφής άξονα θεωρήθηκαν ότι λειτουργούν με συντελεστή 0,00 – 0,00 – 0,00 αντί 0,00 – 0,00 – 0,80 με βάση τον Πίνακα A.11, Παράρτημα A.

- ❖ Στα βοηθητικά πρόωσης ο συντελεστής λειτουργίας του ανεμιστήρα προσαγωγής αέρα λέβητα θεωρήθηκε 0,50 – 0,50 – 0,50 αντί 0,50 – 0,50 – 0,20 με βάση τον προαναφερθέντα πίνακα.
- ❖ Στα βοηθητικά πρόωσης ο συντελεστής λειτουργίας των αντλιών τροφοδότησης καυσίμου θεωρήθηκε 0,85 – 0,85 – 0,00 αντί 0,80 – 0,80 – 0,00 με βάση τον προαναφερθέντα πίνακα.
- ❖ Στα βοηθητικά πρόωσης ο συντελεστής λειτουργίας των κύριων αντλιών κυκλοφορίας θαλασσινού νερού θεωρήθηκε 0,85 – 0,85 – 0,30 αντί 0,85 – 0,85 – 0,00 με βάση τον προαναφερθέντα πίνακα.
- ❖ Στα βοηθητικά πρόωσης ο συντελεστής λειτουργίας των ανεμιστήρων προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου θεωρήθηκε 0,85 – 0,85 – 0,50 αντί 0,85 – 0,85 – 0,20 με βάση τον προαναφερθέντα πίνακα.
- ❖ Στον πίνακα βοηθητικών μηχανοστασίου οι εργαλειομηχανές δηλαδή ο τόρνος, το δράπανο, η συσκευή συγκολλήσεων και οι διάφοροι ηλεκτροκινητήρες (που αντιμετωπίζονται ως τόρνοι) λειτουργούν με συντελεστή 0,10 – 0,10 – 0,10 αντί 0,10 – 0,00 – 0,10 με βάση τον προαναφερθέντα πίνακα.
- ❖ Στον πίνακα βοηθητικών μηχανοστασίου για την εφεδρική παροχή θεωρήθηκε ότι είναι εκτός λειτουργίας σε κάθε κατάσταση.
- ❖ Στα βοηθητικά σκάφους ο κινητήρας καταπέλτη λειτουργεί μόνο εν όρμω με συντελεστή λειτουργίας 0,10 (κατέβασμα – ανέβασμα), ενώ στις άλλες καταστάσεις δεν λειτουργεί.
- ❖ Στα βοηθητικά σκάφους οι υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας λειτουργούν και οι δύο με συντελεστή λειτουργίας 0,30 - 0,00 - 0,00 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας – χειρισμών – «εν όρμω» αντίστοιχα.
- ❖ Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης οι συμπιεστές της ψυκτικής λειτουργούν και οι δύο.
- ❖ Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης από τους συμπιεστές κλιματισμού λειτουργεί μόνο ένας.
- ❖ Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης οι διάφοροι ηλεκτροκινητήρες θεωρήθηκε ότι λειτουργούν όλοι με συντελεστή λειτουργίας 0,40 σε όλες τις καταστάσεις.
- ❖ Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης θεωρήθηκε ότι οι ανελκυστήρες λειτουργούν και οι δύο με συντελεστή λειτουργίας 0,20 – 0,00 – 0,50 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας – χειρισμών (απαγόρευση χρήσης) – «εν όρμω» (αυξημένη λόγω κίνησης ατόμων) αντίστοιχα.
- ❖ Στις συσκευές μαγειρείου που είναι πάνω από μια (κουζίνα, εστίες, διάφορες συσκευές ) θεωρήθηκε ότι λειτουργούν όλες σε κανονική πορεία , ενώ στις υπόλοιπες καταστάσεις οι μισές.
- ❖ Στις συσκευές μαγειρείου, το πλυντήριο πιάτων θεωρήθηκε ότι λειτουργεί με συντελεστή 0,20 – 0,20 – 0,20 αντί για 0,20 – 0,00 – 0,20 με βάση τον Πίνακα Α.11, Παράρτημα Α.
- ❖ Στον πίνακα φωτισμού για το μηχανοστάσιο τέθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας είναι 1,00 σε όλες τις καταστάσεις αντί 0,90 με βάση τον προαναφερθέντα πίνακα.

- ❖ Στον πίνακα οργάνων ναυσιπλοΐας τέθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας είναι 0,50 – 0,50 – 0,00 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας – χειρισμών – εν όρμω, αντίστοιχα.
- ❖ Για τη γενική εφεδρική παροχή ο συντελεστής λειτουργίας τέθηκε ότι είναι 0,00 για όλες τις καταστάσεις.
- ❖ Τέλος, οι συντελεστές λειτουργίας των υπολοίπων ηλεκτρικών συσκευών προέκυψαν από λογικές παραδοχές.
- ❖ Ο βαθμός απόδοσης καταναλωτή η τέθηκε 0,85 για πάσης φύσεως κινητήρες και 1,00 για ωμικά φορτία.

Με βάση τα αποτελέσματα που παρατίθενται και στον Πίνακα 6.1 βλέπουμε ότι η συνολική καταναλισκόμενη ισχύς είναι:

- Κατάσταση κανονικής πορείας = 709,11 kW
- Κατάσταση χειρισμών = 696,23 kW
- Κατάσταση «εν όρμω» = 460,38 kW

Για την περίπτωση της κατάστασης έκτακτης ανάγκης, τα φορτία έκτακτης ανάγκης έχουν προσδιορισθεί με βάση τη διεθνή σύμβαση S.O.L.A.S, όπως έχει περιγραφεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 2 και για το πλοίο generic φαίνονται στον Πίνακα 6.2, θεωρώντας συντελεστή λειτουργίας για λόγους ασφαλείας, ίσο με 1 για όλα τα φορτία.

### 6.1.2 Επιλογή κύριων γεννητριών και γεννήτριας έκτακτης ανάγκης

- ❖ Ο αριθμός και οι ισχείς των γεννητριών θα πρέπει να ικανοποιούν την ακόλουθη απαίτηση: *με μια γεννήτρια εκτός λειτουργίας, πρέπει να είναι δυνατή η τροφοδότηση όλων των μηχανημάτων, που είναι απαραίτητα για την ασφάλεια και πρόωση του πλοίου και τη διατήρηση του φορτίου σε καλή κατάσταση.* Επειδή το συνολικό φορτίο είναι μικρότερο του 2200 kW [2], επιλέγονται δύο γεννήτριες ώστε η κάθε μία να είναι ικανή να καλύψει το φορτίο κανονικής πορείας, που είναι και η δυσμενέστερη κατάσταση κινήσεως του πλοίου από πλευράς ηλεκτρικού φορτίου. Άρα κάθε μια γεννήτρια θα πρέπει υπό φόρτιση 85%-90% να τροφοδοτεί τα **709,11 kW**, δηλαδή η ισχύς της να είναι ίση ή μεγαλύτερη από:

$$709,11 \text{ kW} / 0,85 = 834,25 \text{ kW}$$

Για το generic πλοίο έχουμε επιλέξει δύο γεννήτριες από την Cummins Generator Technologies, και συγκεκριμένα τις γεννήτριες Stamford HCM634K (4 poles), κλάσης μονώσεως 'H' (110/50°C), ονομαστικής ισχύος 1200 kVA (960kW) και τάσεως 440 V (βλέπε Γ.1, Παράρτημα Γ).

Πίνακας 6.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του generic πλοίου

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                   | η    | N | Εγκατεστημένη Ισχύς   |       |                         |                     | Ισχύς Κανονικής Πορείας |                |                    | Ισχύς Χειρισμών |                |                    | Ισχύς εν όρμω |                |                    |
|----|-----------------------------------------------|------|---|-----------------------|-------|-------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------|
|    |                                               |      |   | P <sub>ον.αποδ.</sub> |       | P <sub>ον.αποροφ.</sub> | P <sub>εγκατ.</sub> | N                       | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N               | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N             | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> |
|    |                                               |      |   | PS                    | KW    | KW                      | KW                  |                         |                | KW                 |                 |                | KW                 |               |                | KW                 |
|    |                                               |      |   | 1                     | 2     | 3                       | 4                   | 5                       | 6              | 7                  | 8               | 9              | 10                 | 11            | 12             | 13                 |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>                      |      |   |                       |       |                         |                     |                         |                |                    |                 |                |                    |               |                |                    |
| 1  | Κύριοι Αεροσυμπιεστές                         | 0,85 | 2 | 25                    | 18,40 | 21,65                   | 43,29               | 1                       | 0,20           | 4,33               | 1               | 0,70           | 15,15              | 1             | 0,30           | 6,49               |
| 2  | Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ                   | 0,85 | 2 | 45                    | 33,12 | 38,96                   | 77,93               | 1                       | 0,85           | 33,12              | 1               | 0,85           | 33,12              | 0             | 0,00           | 0,00               |
| 3  | Διαχωριστήρες πετρελαίου                      | 0,85 | 3 | 20                    | 14,72 | 17,32                   | 51,95               | 1                       | 0,70           | 12,12              | 1               | 0,20           | 3,46               | 1             | 0,20           | 3,46               |
| 4  | Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel           | 0,85 | 1 | 5                     | 3,68  | 4,33                    | 4,33                | 1                       | 0,70           | 3,03               | 1               | 0,20           | 0,87               | 1             | 0,10           | 0,43               |
| 5  | Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως                     | 0,85 | 2 | 40                    | 29,44 | 34,64                   | 69,27               | 1                       | 0,20           | 6,93               | 1               | 0,70           | 24,24              | 1             | 0,30           | 10,39              |
| 6  | Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού                   | 0,85 | 1 | 35                    | 25,76 | 30,31                   | 30,31               | 1                       | 0,20           | 6,06               | 1               | 0,20           | 6,06               | 1             | 0,20           | 6,06               |
| 7  | Αντλία Συμπυκνώματος                          | 0,85 | 2 | 12                    | 8,83  | 10,39                   | 20,78               | 1                       | 0,50           | 5,20               | 1               | 0,50           | 5,20               | 1             | 0,50           | 5,20               |
| 8  | Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου                 | 0,85 | 2 | 35                    | 25,76 | 30,31                   | 60,61               | 1                       | 0,50           | 15,15              | 1               | 0,70           | 21,21              | 0             | 0,00           | 0,00               |
| 9  | Μηχανισμοί περιστροφής άξονα                  | 0,85 | 2 | 10                    | 7,36  | 8,66                    | 17,32               | 0                       | 0,00           | 0,00               | 0               | 0,00           | 0,00               | 0             | 0,00           | 0,00               |
| 10 | Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα            | 0,85 | 1 | 4                     | 2,94  | 3,46                    | 3,46                | 1                       | 0,50           | 1,73               | 1               | 0,50           | 1,73               | 1             | 0,50           | 1,73               |
| 11 | Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ | 0,85 | 2 | 35                    | 25,76 | 30,31                   | 60,61               | 1                       | 0,85           | 25,76              | 1               | 0,85           | 25,76              | 0             | 0,00           | 0,00               |
| 12 | Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου                 | 0,85 | 2 | 10                    | 7,36  | 8,66                    | 17,32               | 1                       | 0,85           | 7,36               | 1               | 0,85           | 7,36               | 0             | 0,00           | 0,00               |
| 13 | Θερμαντήρες καυσίμου                          | 1,00 | 2 |                       | 15,00 | 15,00                   | 30,00               | 1                       | 0,70           | 10,50              | 1               | 0,70           | 10,50              | 1             | 0,70           | 10,50              |
| 14 | Αντλίες μετάγγισης βαρέος                     | 0,85 | 2 | 20                    | 14,72 | 17,32                   | 34,64               | 1                       | 0,50           | 8,66               | 1               | 0,50           | 8,66               | 1             | 0,30           | 5,20               |

|    |                                           |      |   |    |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|----|-------------------------------------------|------|---|----|-------|-------|-------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|
|    | πετρελαίου                                |      |   |    |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
| 15 | Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερού     | 0,85 | 3 | 85 | 62,56 | 73,60 | 220,8 | 2 | 0,85 | 125,12        | 2 | 0,85 | 125,12        | 1 | 0,30 | 22,08         |
| 16 | Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ                | 0,85 | 2 | 25 | 18,40 | 21,65 | 43,29 | 1 | 0,85 | 18,40         | 1 | 0,85 | 18,40         | 0 | 0,00 | 0,00          |
| 17 | Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα         | 0,85 | 2 | 8  | 5,89  | 6,93  | 13,85 | 1 | 0,50 | 3,46          | 1 | 0,50 | 3,46          | 1 | 0,50 | 3,46          |
| 18 | Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου | 0,85 | 4 | 40 | 29,44 | 34,64 | 138,5 | 3 | 0,85 | 88,32         | 3 | 0,85 | 88,32         | 2 | 0,50 | 34,64         |
| 19 | Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης             | 0,85 | 2 | 14 | 10,30 | 12,12 | 24,24 | 1 | 0,40 | 4,85          | 1 | 0,40 | 4,85          | 1 | 0,40 | 4,849         |
|    |                                           |      |   |    |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|    |                                           |      |   |    |       |       |       |   |      | <b>380,10</b> |   |      | <b>403,48</b> |   |      | <b>114,49</b> |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>   |      |   |    |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
| 1  | Γερανογέφυρα                              | 0,85 | 1 | 15 | 11,04 | 12,99 | 12,99 | 1 | 0,10 | 1,30          | 1 | 0,10 | 1,30          | 1 | 0,20 | 2,60          |
| 2  | Τόρνος                                    | 0,85 | 1 | 5  | 3,68  | 4,33  | 4,329 | 1 | 0,10 | 0,43          | 1 | 0,10 | 0,43          | 1 | 0,10 | 0,43          |
| 3  | Δράπανο                                   | 0,85 | 1 | 2  | 1,47  | 1,73  | 1,732 | 1 | 0,10 | 0,17          | 1 | 0,10 | 0,17          | 1 | 0,10 | 0,17          |
| 4  | Συσκευή συγκολλήσεων                      | 0,85 | 1 |    | 20,00 | 23,53 | 23,53 | 1 | 0,10 | 2,35          | 1 | 0,10 | 2,35          | 1 | 0,10 | 2,35          |
| 5  | Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων             | 0,85 | 2 |    | 18,00 | 21,18 | 42,35 | 1 | 0,40 | 8,47          | 1 | 0,40 | 8,47          | 1 | 0,40 | 8,47          |
| 6  | Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες                 | 0,85 | 4 | 20 | 14,72 | 17,32 | 69,27 | 1 | 0,10 | 1,73          | 1 | 0,10 | 1,73          | 1 | 0,10 | 1,73          |
| 7  | Εφεδρική παροχή                           | 0,85 | 2 |    | 15,00 | 17,65 | 35,29 | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          |
|    |                                           |      |   |    |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|    |                                           |      |   |    |       |       |       |   |      | <b>14,46</b>  |   |      | <b>14,46</b>  |   |      | <b>15,76</b>  |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>                  |      |   |    |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
| 1  | Αντλία κύτους                             | 0,85 | 1 | 20 | 14,72 | 17,32 | 17,32 | 1 | 0,20 | 3,46          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,20 | 3,46          |
| 2  | Αντλία πυρκαγιάς                          | 0,85 | 1 | 45 | 33,12 | 38,96 | 38,96 | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          |



|    |                                         |      |   |    |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
|----|-----------------------------------------|------|---|----|-------|-------|-------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|--------------|
| 3  | Αντλίες γενικής χρήσεως                 | 0,85 | 2 | 50 | 36,80 | 43,29 | 86,59 | 1 | 0,20 | 8,66         | 1 | 0,20 | 8,66         | 1 | 0,20 | 8,66         |
| 4  | Εργάτης άγκυρας                         | 0,85 | 1 | 40 | 29,44 | 34,64 | 34,64 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,10 | 3,46         |
| 5  | Εργάτες πρυμνησίων                      | 0,85 | 2 | 45 | 33,12 | 38,96 | 77,93 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 2 | 0,20 | 15,59        |
| 6  | Αντλία ποσίμου νερού                    | 0,85 | 2 | 15 | 11,04 | 12,99 | 25,98 | 1 | 0,50 | 6,49         | 1 | 0,50 | 6,49         | 1 | 0,50 | 6,49         |
| 7  | Αντλία κυκλ. ζεστού νερού               | 0,85 | 1 | 5  | 3,68  | 4,33  | 4,329 | 1 | 0,70 | 3,03         | 1 | 0,70 | 3,03         | 1 | 0,70 | 3,03         |
| 8  | Αντλία πλυσίματος καταστρώματος         | 0,85 | 1 | 15 | 11,04 | 12,99 | 12,99 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 3,90         |
| 9  | Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης             | 0,85 | 1 | 20 | 14,72 | 17,32 | 17,32 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,10 | 1,73         |
| 10 | Αντλίες υγιεινής                        | 0,85 | 2 | 10 | 7,36  | 8,66  | 17,32 | 2 | 0,40 | 6,93         | 2 | 0,40 | 6,93         | 2 | 0,40 | 6,93         |
| 11 | Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας | 0,85 | 2 | 25 | 18,40 | 21,65 | 43,29 | 2 | 0,30 | 12,99        | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 12 | Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων                | 0,85 | 4 | 20 | 14,72 | 17,32 | 69,27 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 13 | Αντλία στεγανών θυρών                   | 0,85 | 1 | 5  | 3,68  | 4,33  | 4,329 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 14 | Αντλίες πυρκαγιάς garage                | 0,85 | 4 | 30 | 22,08 | 25,98 | 103,9 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    |                                         |      |   |    |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
|    |                                         |      |   |    |       |       |       |   |      | <b>41,56</b> |   |      | <b>25,11</b> |   |      | <b>53,25</b> |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ<br/>ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ</b>  |      |   |    |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
| 1  | Συμπιεστές κλιματισμού                  | 0,85 | 2 | 35 | 25,76 | 30,31 | 60,61 | 1 | 0,75 | 22,73        | 1 | 0,75 | 22,73        | 1 | 0,75 | 22,73        |
| 2  | Συμπιεστές ψυκτικής                     | 0,85 | 2 | 10 | 7,36  | 8,66  | 17,32 | 2 | 0,40 | 6,93         | 2 | 0,40 | 6,93         | 2 | 0,40 | 6,93         |
| 3  | Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού        | 0,85 | 2 | 20 | 14,72 | 17,32 | 34,64 | 2 | 0,75 | 25,98        | 2 | 0,75 | 25,98        | 2 | 0,75 | 25,98        |
| 4  | Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού          | 0,85 | 2 | 15 | 11,04 | 12,99 | 25,98 | 2 | 0,75 | 19,48        | 2 | 0,75 | 19,48        | 2 | 0,75 | 19,48        |
| 5  | Αντλίες θαλ. νερού ψυκτικής             | 0,85 | 2 | 2  | 1,47  | 1,73  | 3,464 | 2 | 0,40 | 1,39         | 2 | 0,40 | 1,39         | 2 | 0,40 | 1,39         |
| 6  | Αντλίες πόσιμου νερού                   | 0,85 | 2 | 4  | 2,94  | 3,46  | 6,927 | 2 | 0,50 | 3,46         | 2 | 0,50 | 3,46         | 2 | 0,50 | 3,46         |
| 7  | Αντλίες αποχέτευσης                     | 0,85 | 2 | 10 | 7,36  | 8,66  | 17,32 | 2 | 0,70 | 12,12        | 2 | 0,70 | 12,12        | 2 | 0,70 | 12,12        |

|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
|----|-------------------------------|------|----|-----|-------|-------|-------|----|------|---------------|----|------|---------------|----|------|---------------|
| 8  | Αντλίες θερμού νερού          | 0,85 | 2  | 3   | 2,21  | 2,60  | 5,195 | 2  | 0,70 | 3,64          | 2  | 0,70 | 3,64          | 2  | 0,70 | 3,64          |
| 9  | Συμπιεστής παγωτομηχανής      | 0,85 | 1  | 1,5 | 1,10  | 1,30  | 1,299 | 1  | 0,80 | 1,04          | 1  | 0,80 | 1,04          | 1  | 0,80 | 1,04          |
| 10 | Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων   | 0,85 | 12 | 1   | 0,74  | 0,87  | 10,39 | 12 | 0,80 | 8,31          | 12 | 0,80 | 8,31          | 12 | 0,80 | 8,31          |
| 11 | Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης | 0,85 | 12 | 5   | 3,68  | 4,33  | 51,95 | 12 | 0,85 | 44,16         | 12 | 0,85 | 44,16         | 12 | 0,85 | 44,16         |
| 12 | Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες     | 0,85 | 7  | 10  | 7,36  | 8,66  | 60,61 | 7  | 0,40 | 24,24         | 7  | 0,40 | 24,24         | 7  | 0,40 | 24,24         |
| 13 | Ανελκυστήρας                  | 0,85 | 2  | 15  | 11,04 | 12,99 | 25,98 | 2  | 0,20 | 5,20          | 0  | 0,00 | 0,00          | 2  | 0,50 | 12,99         |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      | <b>178,67</b> |    |      | <b>173,48</b> |    |      | <b>186,47</b> |
|    | <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>    |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
| 1  | Κουζίνα                       | 1,00 | 2  |     | 30,00 | 30,00 | 60    | 2  | 0,30 | 18,00         | 1  | 0,30 | 9,00          | 1  | 0,30 | 9,00          |
| 2  | Εστίες                        | 1,00 | 2  |     | 20,00 | 20,00 | 40    | 2  | 0,30 | 12,00         | 1  | 0,30 | 6,00          | 1  | 0,30 | 6,00          |
| 3  | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα   | 0,85 | 1  | 6   | 4,42  | 5,20  | 5,195 | 1  | 0,30 | 1,56          | 1  | 0,30 | 1,56          | 1  | 0,30 | 1,56          |
| 4  | Εξαεριστήρας                  | 0,85 | 1  | 15  | 11,04 | 12,99 | 12,99 | 1  | 0,30 | 3,90          | 1  | 0,30 | 3,90          | 1  | 0,30 | 3,90          |
| 5  | Πλυντήριο πιάτων              | 0,85 | 1  | 2   | 1,47  | 1,73  | 1,732 | 1  | 0,20 | 0,35          | 1  | 0,20 | 0,35          | 1  | 0,20 | 0,35          |
| 6  | Διάφορες συσκευές             | 0,85 | 4  |     | 2,00  | 2,35  | 9,412 | 4  | 0,30 | 2,82          | 2  | 0,30 | 1,41          | 2  | 0,30 | 1,41          |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      | <b>38,62</b>  |    |      | <b>22,21</b>  |    |      | <b>22,21</b>  |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>       |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
| 1  | Μηχανοστάσιο                  | 1,00 | 1  |     | 22,00 | 22,00 | 22    | 1  | 1,00 | 22,00         | 1  | 1,00 | 22,00         | 1  | 1,00 | 22,00         |
| 2  | Γέφυρα                        | 1,00 | 1  |     | 15,00 | 15,00 | 15    | 1  | 0,30 | 4,50          | 1  | 0,30 | 4,50          | 1  | 1,00 | 15,00         |
| 3  | Χώροι ενδιαίτησης             | 1,00 | 2  |     | 12,00 | 12,00 | 24    | 2  | 0,70 | 16,80         | 2  | 0,70 | 16,80         | 2  | 0,70 | 16,80         |
| 4  | Καταστρώματος                 | 1,00 | 2  |     | 9,00  | 9,00  | 18    | 1  | 0,20 | 1,80          | 2  | 0,20 | 3,60          | 2  | 0,80 | 14,40         |
| 5  | Φωτισμός ασφαλείας            | 1,00 | 1  |     | 10,00 | 10,00 | 10    | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      | <b>45,10</b>  |    |      | <b>46,90</b>  |    |      | <b>68,20</b>  |
|    |                               |      |    |     |       |       |       |    |      |               |    |      |               |    |      |               |

|  |                                        |      |   |  |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|--|----------------------------------------|------|---|--|-------|-------|-------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|
|  | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ<br/>ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ</b> | 0,85 | 1 |  | 18,00 | 21,18 | 21,18 | 1 | 0,50 | <b>10,59</b>  | 1 | 0,50 | <b>10,59</b>  | 0 | 0,00 | <b>0,00</b>   |
|  |                                        |      |   |  |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|  | <b>ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ</b>                 | 0,85 | 1 |  | 15,00 | 17,65 | 17,65 | 0 | 0,00 | <b>0,00</b>   | 0 | 0,00 | <b>0,00</b>   | 0 | 0,00 | <b>0,00</b>   |
|  |                                        |      |   |  |       |       |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|  | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |   |  |       |       |       |   |      | <b>709,11</b> |   |      | <b>696,23</b> |   |      | <b>460,38</b> |

**Πίνακας 6.2** Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του generic πλοίου στην κατάσταση εκτάκτου ανάγκης

|          | <b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ</b>              | <b>η</b> | <b>N</b> | <b>Εγκατεστημένη<br/>Ισχύς</b> |           |                               |                           | <b>Ισχύς Κατάστασης<br/>Ανάγκης</b> |                      |                          |          |          |           |  |  |  |               |
|----------|---------------------------------|----------|----------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|----------|----------|-----------|--|--|--|---------------|
|          |                                 |          |          | <b>P<sub>ον.αποδ.</sub></b>    |           | <b>P<sub>ον.αποροφ.</sub></b> | <b>P<sub>εγκατ.</sub></b> | <b>N</b>                            | <b>f<sub>s</sub></b> | <b>P<sub>λειτ.</sub></b> |          |          |           |  |  |  |               |
|          |                                 |          |          | <b>PS</b>                      | <b>KW</b> | <b>KW</b>                     | <b>KW</b>                 |                                     |                      | <b>KW</b>                |          |          |           |  |  |  |               |
|          |                                 |          |          | <b>1</b>                       | <b>2</b>  | <b>3</b>                      | <b>4</b>                  | <b>5</b>                            | <b>6</b>             | <b>7</b>                 | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> |  |  |  |               |
|          | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ</b> |          |          |                                |           |                               |                           |                                     |                      |                          |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>1</b> | Φωτισμός ασφαλείας              | 1,00     | 1        |                                | 10,00     | 10,00                         | 10,00                     | 1                                   | 1,00                 | 10,00                    |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>2</b> | Όργανα ναυσιπλοΐας              | 0,85     | 1        |                                | 18,00     | 21,18                         | 21,18                     | 1                                   | 1,00                 | 21,18                    |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>3</b> | Αντλία πυρκαγιάς                | 0,85     | 1        | 45,00                          | 33,12     | 38,96                         | 38,96                     | 1                                   | 1,00                 | 38,96                    |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>4</b> | Αντλία πυρκαγιάς garage         | 0,85     | 1        | 30,00                          | 22,08     | 25,98                         | 25,98                     | 1                                   | 1,00                 | 25,98                    |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>5</b> | Αντλία κύτους (bilge pump)      | 0,85     | 1        | 20,00                          | 14,72     | 17,32                         | 17,32                     | 1                                   | 1,00                 | 17,32                    |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>6</b> | Αντλία στεγανών θυρών           | 0,85     | 1        | 5,00                           | 3,68      | 4,33                          | 4,33                      | 1                                   | 1,00                 | 4,33                     |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>7</b> | Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων        | 0,85     | 4        | 20,00                          | 14,72     | 17,32                         | 69,27                     | 4                                   | 1,00                 | 69,27                    |          |          |           |  |  |  |               |
| <b>8</b> | Κινητήρας μηχανισμού πηδαλίου   | 0,85     | 1        | 35,00                          | 25,76     | 30,31                         | 30,31                     | 1                                   | 1,00                 | 30,31                    |          |          |           |  |  |  |               |
|          |                                 |          |          |                                |           |                               |                           |                                     |                      |                          |          |          |           |  |  |  |               |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                   |          |          |                                |           |                               |                           |                                     |                      |                          |          |          |           |  |  |  | <b>217,34</b> |

- ❖ Για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης, έχουμε επιλέξει γεννήτρια έκτακτης ανάγκης, τέτοια ώστε σε φόρτιση 85%-90% να καλύπτει το συνολικό φορτίο έκτακτης ανάγκης, όπως υπολογίστηκε παραπάνω, των 217,34 kW, δηλαδή πρέπει να έχει ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από  $217,34 \text{ kW} / 0,85 = 255,69 \text{ kW}$ . Άρα επιλέξαμε το μοντέλο Stamford HCM434E (4 poles), κλάσης μονώσεως 'H' (110/50°C), ονομαστικής ισχύος 350 kVA (280kW) και τάσεως 440 V (βλέπε Γ2, Παράρτημα Γ).

### 6.1.3 Επιλογή καλωδίων παροχής

Για τον υπολογισμό της διατομής των καλωδίων παροχής, έχουν χρησιμοποιηθεί οι σχέσεις (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) και (3.5) του κεφαλαίου 3. Επιλέγονται διατομές καλωδίων με βάση το πρόγραμμα που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 5, δηλαδή χάλκινα καλώδια, class 2 (πολύκλινα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσεως 0,6/1 kV. Επιπλέον όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 3, προτιμώνται τα πολυπολικά καλώδια από τα μονοπολικά και για αυτό τον λόγο, έχουμε επιλέξει τριπολικά καλώδια παροχής για κάθε καταναλωτή.

Στον Πίνακα 6.3 που παρατίθεται πιο κάτω, περιλαμβάνονται οι υπολογισμοί των διατομών των καλωδίων παροχής με βάση την ένταση του ρεύματος της εκάστοτε γραμμής καθώς επίσης και οι ονομαστικές τιμές ρεύματος των ασφαλειών που έχουν χρησιμοποιηθεί για προστασία από υπερένταση [3].

Έχουν γίνει οι εξής παραδοχές :

- ❖ Ο συντελεστής ισχύος είναι 0,85 για τους κινητήρες και 1,00 για τα ωμικά φορτία.
- ❖ Οι συσκευές συγκολλήσεων λόγω αρμονικών έχουν συντελεστή ισχύος 0,80.
- ❖ Συσκευές – παροχές όπως θερμοαντήρες καυσίμου, κουζίνα, εστίες, πίνακες φωτισμού και όργανα ναυσιπλοΐας, είναι ωμικά φορτία και εφαρμόζεται η σχέση (3.1), δηλαδή δεν υπάρχει προσαύξηση 25%. Στα υπόλοιπα φορτία εφαρμόζεται η σχέση (3.2).
- ❖ Οι παροχές των πινάκων φωτισμού και των οργάνων ναυσιπλοΐας θεωρούνται τριφασικές. Από εκεί και πέρα διαχωρίζονται σε επιμέρους μονοφασικά κυκλώματα.
- ❖ Η διατομή  $1,0 \text{ mm}^2$  από τον Πίνακα A.1, Παράρτημα A, δεν χρησιμοποιείται (πηγαίνουμε στην αντίστοιχη του  $1,5 \text{ mm}^2$ ).

**Πίνακας 6.3** Υπολογισμός διατομών με βάση την ένταση του ρεύματος κάθε παροχής στο πλοίο generic .

|           | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                   | V    | N | Ονομαστική Ισχύς Μονάδας | cosφ | I <sub>γ</sub> | I <sub>γf</sub> (επιλογή) | I <sub>τυπ</sub> | I <sub>ασφ</sub> | S     |
|-----------|-----------------------------------------------|------|---|--------------------------|------|----------------|---------------------------|------------------|------------------|-------|
|           |                                               |      |   |                          |      |                |                           |                  |                  |       |
|           |                                               | Volt |   | KW                       |      |                | A                         | A                | A                | A     |
|           | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>                      |      |   |                          |      |                |                           |                  |                  |       |
| <b>1</b>  | Κύριοι Αεροσυμπιεστές                         | 440  | 2 | 21,65                    | 0,85 | 33,42          | 41,77                     | 47               | 50               | 3*10  |
| <b>2</b>  | Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ                   | 440  | 2 | 38,96                    | 0,85 | 60,15          | 75,19                     | 84               | 80               | 3*25  |
| <b>3</b>  | Διαχωριστήρες πετρελαίου                      | 440  | 3 | 17,32                    | 0,85 | 26,73          | 33,42                     | 34               | 35               | 3*6   |
| <b>4</b>  | Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel           | 440  | 1 | 4,33                     | 0,85 | 6,68           | 8,35                      | 14               | 10               | 3*1,5 |
| <b>5</b>  | Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως                     | 440  | 2 | 34,64                    | 0,85 | 53,47          | 66,83                     | 84               | 80               | 3*25  |
| <b>6</b>  | Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού                   | 440  | 1 | 30,31                    | 0,85 | 46,78          | 58,48                     | 63               | 63               | 3*16  |
| <b>7</b>  | Αντλία Συμπυκνώματος                          | 440  | 2 | 10,39                    | 0,85 | 16,04          | 20,05                     | 20               | 20               | 3*2,5 |
| <b>8</b>  | Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου                 | 440  | 2 | 30,31                    | 0,85 | 46,78          | 58,48                     | 63               | 63               | 3*16  |
| <b>9</b>  | Μηχανισμοί περιστροφής άξονα                  | 440  | 2 | 8,66                     | 0,85 | 13,37          | 16,71                     | 20               | 20               | 3*2,5 |
| <b>10</b> | Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα            | 440  | 1 | 3,46                     | 0,85 | 5,35           | 6,68                      | 14               | 10               | 3*1,5 |
| <b>11</b> | Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ | 440  | 2 | 30,31                    | 0,85 | 46,78          | 58,48                     | 63               | 63               | 3*16  |
| <b>12</b> | Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου                 | 440  | 2 | 8,66                     | 0,85 | 13,37          | 16,71                     | 20               | 20               | 3*2,5 |
| <b>13</b> | Θερμαντήρες καυσίμου                          | 440  | 2 | 15,00                    | 1,00 | 19,68          | 19,68                     | 20               | 20               | 3*2,5 |
| <b>14</b> | Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαίου          | 440  | 2 | 17,32                    | 0,85 | 26,73          | 33,42                     | 34               | 35               | 3*6   |
| <b>15</b> | Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερού         | 440  | 3 | 73,60                    | 0,85 | 113,62         | 142,02                    | 157              | 160              | 3*70  |
| <b>16</b> | Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ                    | 440  | 2 | 21,65                    | 0,85 | 33,42          | 41,77                     | 47               | 50               | 3*10  |
| <b>17</b> | Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα             | 440  | 2 | 6,93                     | 0,85 | 10,69          | 13,37                     | 14               | 16               | 3*1,5 |
| <b>18</b> | Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου     | 440  | 4 | 34,64                    | 0,85 | 53,47          | 66,83                     | 84               | 80               | 3*25  |

|    |                                                 |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
|----|-------------------------------------------------|-----|---|-------|------|-------|-------|----|----|-------|
| 19 | Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης                   | 440 | 2 | 12,12 | 0,85 | 18,71 | 23,39 | 27 | 25 | 3*4   |
|    |                                                 |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
| 1  | Γερανογέφυρα                                    | 440 | 1 | 12,99 | 0,85 | 20,05 | 25,06 | 27 | 25 | 3*4   |
| 2  | Τόρνος                                          | 440 | 1 | 4,33  | 0,85 | 6,68  | 8,35  | 14 | 10 | 3*1,5 |
| 3  | Δράπανο                                         | 440 | 1 | 1,73  | 0,85 | 2,67  | 3,34  | 14 | 6  | 3*1,5 |
| 4  | Συσκευή συγκολλήσεων                            | 440 | 1 | 23,53 | 0,80 | 38,59 | 48,24 | 47 | 50 | 3*10  |
| 5  | Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων                   | 440 | 2 | 21,18 | 0,85 | 32,69 | 40,86 | 47 | 50 | 3*10  |
| 6  | Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες                       | 440 | 4 | 17,32 | 0,85 | 26,73 | 33,42 | 34 | 35 | 3*6   |
| 7  | Εφεδρική παροχή                                 | 440 | 2 | 17,65 | 0,85 | 27,24 | 34,05 | 34 | 35 | 3*6   |
|    |                                                 |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ<br/>ΣΚΑΦΟΥΣ</b>                    |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
| 1  | Αντλία κύτους                                   | 440 | 1 | 17,32 | 0,85 | 26,73 | 33,42 | 34 | 35 | 3*6   |
| 2  | Αντλία πυρκαγιάς                                | 440 | 1 | 38,96 | 0,85 | 60,15 | 75,19 | 84 | 80 | 3*25  |
| 3  | Αντλίες γενικής χρήσης                          | 440 | 2 | 43,29 | 0,85 | 66,83 | 83,54 | 84 | 80 | 3*25  |
| 4  | Εργάτης άγκυρας                                 | 440 | 1 | 34,64 | 0,85 | 53,47 | 66,83 | 84 | 80 | 3*25  |
| 5  | Εργάτες πρυμνησίων                              | 440 | 2 | 38,96 | 0,85 | 60,15 | 75,19 | 84 | 80 | 3*25  |
| 6  | Αντλία ποσίμου νερού                            | 440 | 2 | 12,99 | 0,85 | 20,05 | 25,06 | 27 | 25 | 3*4   |
| 7  | Αντλία κυκλ. ζεστού νερού                       | 440 | 1 | 4,33  | 0,85 | 6,68  | 8,35  | 14 | 10 | 3*1,5 |
| 8  | Αντλία πλυσίματος καταστρώματος                 | 440 | 1 | 12,99 | 0,85 | 20,05 | 25,06 | 27 | 25 | 3*4   |
| 9  | Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης                     | 440 | 1 | 17,32 | 0,85 | 26,73 | 33,42 | 34 | 35 | 3*6   |
| 10 | Αντλίες υγιεινής                                | 440 | 2 | 8,66  | 0,85 | 13,37 | 16,71 | 20 | 20 | 3*2,5 |
| 11 | Υδραυλικές αντλίες περυγίων ευστάθειας          | 440 | 2 | 21,65 | 0,85 | 33,42 | 41,77 | 47 | 50 | 3*10  |
| 12 | Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων                        | 440 | 4 | 17,32 | 0,85 | 26,73 | 33,42 | 34 | 35 | 3*6   |
| 13 | Αντλία στεγανών θυρών                           | 440 | 1 | 4,33  | 0,85 | 6,68  | 8,35  | 14 | 10 | 3*1,5 |
| 14 | Αντλίες πυρκαγιάς garage                        | 440 | 4 | 25,98 | 0,85 | 40,10 | 50,13 | 63 | 63 | 3*16  |
|    |                                                 |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ<br/>ΧΩΡΩΝ<br/>ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ</b>      |     |   |       |      |       |       |    |    |       |
| 1  | Συμπιεστές κλιματισμού                          | 440 | 2 | 30,31 | 0,85 | 46,78 | 58,48 | 63 | 63 | 3*16  |
| 2  | Συμπιεστές ψυκτικής                             | 440 | 2 | 8,66  | 0,85 | 13,37 | 16,71 | 20 | 20 | 3*2,5 |
| 3  | Αντλίες γλυκού νερού                            | 440 | 2 | 17,32 | 0,85 | 26,73 | 33,42 | 34 | 35 | 3*6   |

|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|----|------------------------------------|-----|----|-------|------|--------|--------|-----|-----|-------|
|    | κλιματισμού                        |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
| 4  | Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού     | 440 | 2  | 12,99 | 0,85 | 20,05  | 25,06  | 27  | 25  | 3*4   |
| 5  | Αντλίες θαλ. νερού ψυκτικής        | 440 | 2  | 1,73  | 0,85 | 2,67   | 3,34   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 6  | Αντλίες πόσιμου νερού              | 440 | 2  | 3,46  | 0,85 | 5,35   | 6,68   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 7  | Αντλίες αποχέτευσης                | 440 | 2  | 8,66  | 0,85 | 13,37  | 16,71  | 20  | 20  | 3*2,5 |
| 8  | Αντλίες θερμού νερού               | 115 | 2  | 2,60  | 0,85 | 15,34  | 19,18  | 20  | 20  | 3*2,5 |
| 9  | Συμπιεστής παγωτομηχανής           | 115 | 1  | 1,30  | 0,85 | 7,67   | 9,59   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 10 | Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων        | 115 | 12 | 0,87  | 0,85 | 5,11   | 6,39   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 11 | Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης      | 115 | 12 | 4,33  | 0,85 | 25,57  | 31,96  | 34  | 35  | 3*6   |
| 12 | Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες          | 440 | 7  | 8,66  | 0,85 | 13,37  | 16,71  | 20  | 20  | 3*2,5 |
| 13 | Ανελκυστήρας                       | 440 | 2  | 12,99 | 0,85 | 20,05  | 25,06  | 27  | 25  | 3*4   |
|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>         |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
| 1  | Κουζίνα                            | 440 | 2  | 30,00 | 1,00 | 39,36  | 39,36  | 47  | 50  | 3*10  |
| 2  | Εστίες                             | 440 | 2  | 20,00 | 1,00 | 26,24  | 26,24  | 34  | 35  | 3*6   |
| 3  | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα        | 440 | 1  | 5,20  | 0,85 | 8,02   | 10,03  | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 4  | Εξαεριστήρας                       | 440 | 1  | 12,99 | 0,85 | 20,05  | 25,06  | 27  | 25  | 3*4   |
| 5  | Πλυντήριο πιάτων                   | 115 | 1  | 1,73  | 0,85 | 10,23  | 12,79  | 14  | 16  | 3*1,5 |
| 6  | Διάφορες συσκευές                  | 115 | 4  | 2,35  | 0,85 | 13,90  | 17,37  | 20  | 20  | 3*2,5 |
|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>            |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
| 1  | Μηχανοστάσιο                       | 115 | 1  | 22,00 | 1,00 | 110,45 | 110,45 | 126 | 125 | 3*50  |
| 2  | Γέφυρα                             | 115 | 1  | 15,00 | 1,00 | 75,31  | 75,31  | 84  | 80  | 3*25  |
| 3  | Χώροι ενδιαίτησης                  | 115 | 2  | 12,00 | 1,00 | 60,25  | 60,25  | 63  | 63  | 3*16  |
| 4  | Καταστρώματος                      | 115 | 2  | 9,00  | 1,00 | 45,18  | 45,18  | 47  | 50  | 3*10  |
| 5  | Φωτισμός ασφαλείας                 | 115 | 1  | 10,00 | 1,00 | 50,20  | 50,20  | 63  | 63  | 3*16  |
|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΙΑΣ</b> | 115 | 1  | 21,18 | 1,00 | 106,32 | 106,32 | 126 | 125 | 3*50  |
|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ</b>             | 440 | 1  | 17,65 | 0,85 | 27,24  | 34,05  | 34  | 35  | 3*6   |
|    |                                    |     |    |       |      |        |        |     |     |       |

#### 6.1.4 Υπολογισμός πτώσης τάσεως στα καλώδια

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, η πτώση τάσεως μεταξύ ζυγών (κύριων/έκτακτης ανάγκης πινάκων) και των καταναλωτών δεν πρέπει να ξεπερνά το 6% ή το 10% στην περίπτωση δικτύων τάσεως 50 V ή λιγότερο, που τροφοδοτούνται από μπαταρίες. Με βάση την παραπάνω απαίτηση και τη σχέση (3.7) του κεφαλαίου 3, αφού όλες οι παροχές είναι τριφασικές, παρατίθεται ο Πίνακας 6.4 που περιλαμβάνει τους υπολογισμούς πτώσης τάσης στα καλώδια παροχών των 11 καταναλώσεων των οποίων δίνονται οι αποστάσεις από τους αντίστοιχους ζυγούς. Η ειδική αντίσταση των χάλκινων αγωγών, έχει ληφθεί ίση με  $0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Σε όλες τις περιπτώσεις ικανοποιείται το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης τάσης (6%).

**Πίνακας 6.4** Πτώση τάσεως στα καλώδια μεταξύ φορτίων και ζυγών στο πλοίο *generic*

|           | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                    | V    | $I_{\gamma}$ | S  | Μήκος Καλωδίου | Πτώση Τάσεως | Μέγ. Επιτρ. Πτώση Τάσεως |
|-----------|------------------------------------------------|------|--------------|----|----------------|--------------|--------------------------|
|           |                                                | Volt | A            | mm | m              | V            | V                        |
|           | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>                       |      |              |    |                |              |                          |
| <b>1</b>  | Κύριοι Αεροσυμπιεστές                          | 440  | 33,42        | 10 | 45,00          | 4,584        | 26,4                     |
| <b>5</b>  | Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως                      | 440  | 53,47        | 25 | 35,00          | 2,282        | 26,4                     |
| <b>8</b>  | Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου                  | 440  | 46,78        | 16 | 30,00          | 2,674        | 26,4                     |
| <b>11</b> | Αντλίες κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ. | 440  | 46,78        | 16 | 30,00          | 2,674        | 26,4                     |
| <b>15</b> | Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερού          | 440  | 113,62       | 70 | 40,00          | 1,979        | 26,4                     |
| <b>18</b> | Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου      | 440  | 53,47        | 25 | 50,00          | 3,260        | 26,4                     |
|           |                                                |      |              |    |                |              |                          |
|           | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>                       |      |              |    |                |              |                          |
| <b>3</b>  | Αντλίες γενικής χρήσης                         | 440  | 66,83        | 25 | 55,00          | 4,482        | 26,4                     |
| <b>4</b>  | Εργάτης άγκυρας                                | 440  | 53,47        | 25 | 110,00         | 7,172        | 26,4                     |
| <b>5</b>  | Εργάτες πρυμνησίων                             | 440  | 60,15        | 25 | 150,00         | 11,002       | 26,4                     |
|           |                                                |      |              |    |                |              |                          |
|           | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ</b>             |      |              |    |                |              |                          |
| <b>1</b>  | Συμπιεστές κλιματισμού                         | 440  | 46,78        | 16 | 45,00          | 4,011        | 26,4                     |
|           |                                                |      |              |    |                |              |                          |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>                        |      |              |    |                |              |                          |
| <b>2</b>  | Γέφυρα                                         | 115  | 75,31        | 25 | 60             | 5,510        | 6,9                      |

Λόγω έλλειψης πληροφοριών σχετικές με τη θέση των υπόλοιπων φορτίων στο πλοίο και τις αποστάσεις των καταναλώσεων από τους ζυγούς, δηλαδή τα ακριβή μήκη



όλων των καλωδίων του πλοίου, θεωρούμε ότι οι πτώσεις τάσεως σε όλα τα καλώδια του πλοίου δεν ξεπερνούν τις προδιαγραφές του GL (6%).

### 6.1.5 Υπολογισμός άεργου ισχύος

Με βάση τις σχέσεις (2.12) και (2.13) του κεφαλαίου 2, υπολογίζουμε την άεργο και την ενεργό ισχύ όλων των φορτίων του πλοίου και για τις τρεις καταστάσεις του πλοίου. Ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων επαγωγής έχει υπολογιστεί με βάση τη σχέση, (βλέπε σχέση (2.10), 2.2.3, κεφάλαιο 2):

$$\cos\varphi = 0,26 + (1,1833 \cdot f_s) + (-0,2708 \cdot f_s^2) + (-0,8333 \cdot f_s^3) + (0,5208 \cdot f_s^4)$$

ενώ ο συντελεστής ισχύος των ωμικών φορτίων είναι ίσος με 1. Οι παραπάνω υπολογισμοί φαίνονται στον Πίνακα 6.5.

Αντίστοιχα, στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης προκύπτει ο Πίνακας 6.6.

Από τους προαναφερθέντες πίνακες επαληθεύουμε ότι οι γεννήτριες που έχουμε επιλέξει καλύπτουν και τη χειρότερη κατάσταση ζήτησης άεργου ισχύος.

### 6.1.6 Διατομές ζυγών και καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών

Χρησιμοποιώντας τη μέγιστη φαινόμενη ισχύ από κάθε κατάσταση, όπως υπολογίστηκε στον Πίνακα 6.5 και 6.6 αντίστοιχα, και με μια προσαύξηση της τάξεως του 10% στη φαινόμενη ισχύ, για λόγους ασφαλείας, υπολογίζουμε με βάση τη σχέση  $I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \times 1,1$  το ρεύμα γραμμής που τροφοδοτεί κάθε ζυγό. Με βάση την τιμή αυτή του ρεύματος, προσδιορίζουμε τις διατομές των καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών (δηλαδή συνδέουν τους ζυγούς με τους υποζυγούς) αλλά και τις διατομές των χάλκινων ζυγών με βάση τον πίνακα A.12, Παράρτημα Α, καθώς επίσης και το είδος και τις ονομαστικές τιμές λειτουργίας των ασφαλιστικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται. Οι τιμές αυτές φαίνονται στον Πίνακα 6.7.

Η διατομή των καλωδίων έχει γίνει με βάση το πρόγραμμα που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 5, δηλαδή επιλέγουμε χάλκινα καλώδια, class 2 (πολύκλωνα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσεως 0,6/1 kV. Σε περίπτωση **ομαδοποίησης καλωδίων**, έχει επιλεγεί παντού η διάταξη 1 (καλώδια σε δέσμη στον αέρα, σε μια επιφάνεια, ενσωματωμένα ή καλυμμένα) ώστε να λαμβάνουμε υπόψη το μικρότερο συντελεστή διόρθωσης και άρα υποεκτίμηση της ικανότητας μεταφοράς ρεύματος των καλωδίων. Αυτή η υπόθεση ίσως αυξάνει τον συνολικό όγκο των καλωδίων πάνω στο πλοίο, εξασφαλίζει όμως ότι δεν θα έχουμε καταστροφή κάποιου καλωδίου για συνεχή λειτουργία του συστήματος στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης.

Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των αυτόματων διακοπών θα προσδιοριστεί μέσα από τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων που ακολουθεί στην επόμενη παράγραφο.

Πίνακας 6.5 Υπολογισμός άεργου ισχύος στις τρεις καταστάσεις λειτουργίας του generic πλοίου

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                 | Κατάσταση Κανονικής Πορείας |      |                    |             |             |                    |              | Κατάσταση Χειρισμών |      |                    |             |             |                    |              | Κατάσταση Εν'Όρμω |      |                    |             |             |                    |              |
|----|---------------------------------------------|-----------------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|---------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|-------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
|    |                                             | N                           | fs   | Ρ <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  | N                   | fs   | Ρ <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  | N                 | fs   | Ρ <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  |
|    |                                             |                             |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |                     |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |                   |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |
|    | 1                                           | 2                           | 3    | 4                  | 5           | 6           | 7                  | 8            | 9                   | 10   | 11                 | 12          | 13          | 14                 | 15           | 16                | 17   | 18                 | 19          | 20          | 21                 | 22           |
|    | <b>ΖΥΓΟΙ 115V</b>                           |                             |      |                    |             |             |                    |              |                     |      |                    |             |             |                    |              |                   |      |                    |             |             |                    |              |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>                     |                             |      |                    |             |             |                    |              |                     |      |                    |             |             |                    |              |                   |      |                    |             |             |                    |              |
| 1  | Μηχανοστάσιο                                | 1                           | 1,00 | 22,00              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 22,00        | 1                   | 1,00 | 22,00              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 22,00        | 1                 | 1,00 | 22,00              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 22,00        |
| 2  | Γέφυρα                                      | 1                           | 0,30 | 4,50               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,50         | 1                   | 0,30 | 4,50               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,50         | 1                 | 1,00 | 15,00              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 15,00        |
| 3  | Χώροι ενδίαιτησης                           | 2                           | 0,70 | 16,80              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 16,80        | 2                   | 0,70 | 16,80              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 16,80        | 2                 | 0,70 | 16,80              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 16,80        |
| 4  | Καταστρώματος                               | 1                           | 0,20 | 1,80               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 1,80         | 2                   | 0,20 | 3,60               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 3,60         | 2                 | 0,80 | 14,40              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 14,40        |
| 5  | Φωτισμός ασφαλείας                          | 0                           | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00         | 0                   | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00         | 0                 | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                               |                             |      | <b>45,10</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>45,10</b> |                     |      | <b>46,90</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>46,90</b> |                   |      | <b>68,20</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>68,20</b> |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>          |                             |      |                    |             |             |                    |              |                     |      |                    |             |             |                    |              |                   |      |                    |             |             |                    |              |
| 5  | Πλυντήριο πιάτων                            | 1                           | 0,20 | 0,35               | 0,48        | 0,88        | 0,63               | 0,72         | 1                   | 0,20 | 0,35               | 0,48        | 0,88        | 0,63               | 0,72         | 1                 | 0,20 | 0,35               | 0,48        | 0,88        | 0,63               | 0,72         |
| 6  | Διάφορες συσκευές                           | 4                           | 0,30 | 2,82               | 0,57        | 0,82        | 4,05               | 4,93         | 2                   | 0,30 | 1,41               | 0,57        | 0,82        | 2,02               | 2,47         | 2                 | 0,30 | 1,41               | 0,57        | 0,82        | 2,02               | 2,47         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                               |                             |      | <b>3,17</b>        | <b>0,56</b> | <b>0,83</b> | <b>4,68</b>        | <b>5,65</b>  |                     |      | <b>1,76</b>        | <b>0,55</b> | <b>0,83</b> | <b>2,66</b>        | <b>3,19</b>  |                   |      | <b>1,76</b>        | <b>0,55</b> | <b>0,83</b> | <b>2,66</b>        | <b>3,19</b>  |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ</b> |                             |      |                    |             |             |                    |              |                     |      |                    |             |             |                    |              |                   |      |                    |             |             |                    |              |
| 8  | Αντλίες θερμού νερού                        | 2                           | 0,70 | 3,64               | 0,79        | 0,61        | 2,78               | 4,58         | 2                   | 0,70 | 3,64               | 0,79        | 0,61        | 2,78               | 4,58         | 2                 | 0,70 | 3,64               | 0,79        | 0,61        | 2,78               | 4,58         |
| 9  | Συμπιεστής παγωτομηχανής                    | 1                           | 0,80 | 1,04               | 0,82        | 0,57        | 0,73               | 1,27         | 1                   | 0,80 | 1,04               | 0,82        | 0,57        | 0,73               | 1,27         | 1                 | 0,80 | 1,04               | 0,82        | 0,57        | 0,73               | 1,27         |
| 10 | Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων                 | 12                          | 0,80 | 8,31               | 0,82        | 0,57        | 5,80               | 10,14        | 12                  | 0,80 | 8,31               | 0,82        | 0,57        | 5,80               | 10,14        | 12                | 0,80 | 8,31               | 0,82        | 0,57        | 5,80               | 10,14        |
| 11 | Ανεμιστήρες χώρων ενδίαιτησης               | 12                          | 0,85 | 44,16              | 0,83        | 0,56        | 29,65              | 53,19        | 12                  | 0,85 | 44,16              | 0,83        | 0,56        | 29,65              | 53,19        | 12                | 0,85 | 44,16              | 0,83        | 0,56        | 29,65              | 53,19        |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                               |                             |      | <b>57,15</b>       | <b>0,83</b> | <b>0,56</b> | <b>38,95</b>       | <b>69,17</b> |                     |      | <b>57,15</b>       | <b>0,83</b> | <b>0,56</b> | <b>38,95</b>       | <b>69,17</b> |                   |      | <b>57,15</b>       | <b>0,83</b> | <b>0,56</b> | <b>38,95</b>       | <b>69,17</b> |

|           |                                                  |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |
|-----------|--------------------------------------------------|----------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ<br/>ΝΑΥΣΙΠΛΟΙΑΣ</b>           | 1        | 0,50        | 10,59         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 10,59         | 1        | 0,50        | 10,59         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 10,59         | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
|           |                                                  |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 115 V</b>                   |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |
|           |                                                  |          |             | <b>116,01</b> | <b>0,89</b> | <b>0,46</b> | <b>43,63</b> | <b>130,51</b> |          |             | <b>116,39</b> | <b>0,90</b> | <b>0,44</b> | <b>41,60</b> | <b>129,84</b> |          |             | <b>127,11</b> | <b>0,90</b> | <b>0,43</b> | <b>41,60</b> | <b>140,56</b> |
|           | <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>                               |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΠΡΩΩΣΗΣ</b>            |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |          |             |               |             |             |              |               |
| <b>1</b>  | Κύριοι Αεροσυμπιεστές                            | 1        | 0,20        | 4,33          | 0,48        | 0,88        | 7,91         | 9,02          | 1        | 0,70        | 15,15         | 0,79        | 0,61        | 11,57        | 19,06         | 1        | 0,30        | 6,49          | 0,57        | 0,82        | 9,30         | 11,35         |
| <b>2</b>  | Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ                      | 1        | 0,85        | 33,12         | 0,83        | 0,56        | 22,23        | 39,89         | 1        | 0,85        | 33,12         | 0,83        | 0,56        | 22,23        | 39,89         | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>3</b>  | Διαχωριστήρες πετρελαίου                         | 1        | 0,70        | 12,12         | 0,79        | 0,61        | 9,25         | 15,25         | 1        | 0,20        | 3,46          | 0,48        | 0,88        | 6,33         | 7,22          | 1        | 0,20        | 3,46          | 0,48        | 0,88        | 6,33         | 7,22          |
| <b>4</b>  | Αντλία Μετάγγισης<br>Πετρελαίου Diesel           | 1        | 0,70        | 3,03          | 0,79        | 0,61        | 2,31         | 3,81          | 1        | 0,20        | 0,87          | 0,48        | 0,88        | 1,58         | 1,80          | 1        | 0,10        | 0,43          | 0,37        | 0,93        | 1,07         | 1,15          |
| <b>5</b>  | Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως                        | 1        | 0,20        | 6,93          | 0,48        | 0,88        | 12,66        | 14,43         | 1        | 0,70        | 24,24         | 0,79        | 0,61        | 18,51        | 30,50         | 1        | 0,30        | 10,39         | 0,57        | 0,82        | 14,89        | 18,15         |
| <b>6</b>  | Αεροσυμπιεστής<br>Αυτοματισμού                   | 1        | 0,20        | 6,06          | 0,48        | 0,88        | 11,08        | 12,63         | 1        | 0,20        | 6,06          | 0,48        | 0,88        | 11,08        | 12,63         | 1        | 0,20        | 6,06          | 0,48        | 0,88        | 11,08        | 12,63         |
| <b>7</b>  | Αντλία Συμπυκνώματος                             | 1        | 0,50        | 5,20          | 0,71        | 0,70        | 5,12         | 7,29          | 1        | 0,50        | 5,20          | 0,71        | 0,70        | 5,12         | 7,29          | 1        | 0,50        | 5,20          | 0,71        | 0,70        | 5,12         | 7,29          |
| <b>8</b>  | Κινητήρες Μηχανισμού<br>Πηδαλίου                 | 1        | 0,50        | 15,15         | 0,71        | 0,70        | 14,93        | 21,27         | 1        | 0,70        | 21,21         | 0,79        | 0,61        | 16,20        | 26,69         | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>9</b>  | Μηχανισμοί περιστροφής<br>άξονα                  | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>10</b> | Ανεμιστήρας Προσαγωγής<br>Αέρα Λέβητα            | 1        | 0,50        | 1,73          | 0,71        | 0,70        | 1,71         | 2,43          | 1        | 0,50        | 1,73          | 0,71        | 0,70        | 1,71         | 2,43          | 1        | 0,50        | 1,73          | 0,71        | 0,70        | 1,71         | 2,43          |
| <b>11</b> | Αντλίες Κυκλοφορίας νερού<br>ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ | 1        | 0,85        | 25,76         | 0,83        | 0,56        | 17,29        | 31,03         | 1        | 0,85        | 25,76         | 0,83        | 0,56        | 17,29        | 31,03         | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>12</b> | Αντλίες τροφοδότησης<br>καυσίμου                 | 1        | 0,85        | 7,36          | 0,83        | 0,56        | 4,94         | 8,86          | 1        | 0,85        | 7,36          | 0,83        | 0,56        | 4,94         | 8,86          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>13</b> | Θερμαντήρες καυσίμου                             | 1        | 0,70        | 10,50         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 10,50         | 1        | 0,70        | 10,50         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 10,50         | 1        | 0,70        | 10,50         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 10,50         |
| <b>14</b> | Αντλίες μετάγγισης βαρέος<br>πετρελαίου          | 1        | 0,50        | 8,66          | 0,71        | 0,70        | 8,53         | 12,16         | 1        | 0,50        | 8,66          | 0,71        | 0,70        | 8,53         | 12,16         | 1        | 0,30        | 5,20          | 0,57        | 0,82        | 7,44         | 9,08          |
| <b>15</b> | <b>Κύριες αντλίες κυκλοφορίας<br/>θαλ. Νερού</b> | <b>2</b> | <b>0,85</b> | <b>125,12</b> | <b>0,83</b> | <b>0,56</b> | <b>84,00</b> | <b>150,70</b> | <b>2</b> | <b>0,85</b> | <b>125,12</b> | <b>0,83</b> | <b>0,56</b> | <b>84,00</b> | <b>150,70</b> | <b>1</b> | <b>0,30</b> | <b>22,08</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>31,63</b> | <b>38,58</b>  |
| <b>16</b> | Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ                       | 1        | 0,85        | 18,40         | 0,83        | 0,56        | 12,35        | 22,16         | 1        | 0,85        | 18,40         | 0,83        | 0,56        | 12,35        | 22,16         | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>17</b> | Αντλίες τροφοδοτικού νερού<br>λέβητα             | 1        | 0,50        | 3,46          | 0,71        | 0,70        | 3,41         | 4,86          | 1        | 0,50        | 3,46          | 0,71        | 0,70        | 3,41         | 4,86          | 1        | 0,50        | 3,46          | 0,71        | 0,70        | 3,41         | 4,86          |

|    |                                           |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|----|-------------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 18 | Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου | 3 | 0,85 | 88,32         | 0,83        | 0,56        | 59,29         | 106,38        | 3 | 0,85 | 88,32         | 0,83        | 0,56        | 59,29         | 106,38        | 2 | 0,50 | 34,64         | 0,71        | 0,70        | 34,12         | 48,62         |
| 19 | Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης             | 1 | 0,40 | 4,85          | 0,65        | 0,76        | 5,67          | 7,46          | 1 | 0,40 | 4,85          | 0,65        | 0,76        | 5,67          | 7,46          | 1 | 0,40 | 4,85          | 0,65        | 0,76        | 5,67          | 7,46          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                             |   |      | <b>380,10</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>282,69</b> | <b>480,13</b> |   |      | <b>403,48</b> | <b>0,80</b> | <b>0,59</b> | <b>289,81</b> | <b>501,62</b> |   |      | <b>114,49</b> | <b>0,64</b> | <b>0,77</b> | <b>131,78</b> | <b>179,32</b> |
|    |                                           |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>   |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Γερανογέφυρα                              | 1 | 0,10 | 1,30          | 0,37        | 0,93        | 3,21          | 3,46          | 1 | 0,10 | 1,30          | 0,37        | 0,93        | 3,21          | 3,46          | 1 | 0,20 | 2,60          | 0,48        | 0,88        | 4,75          | 5,41          |
| 2  | Τόρνος                                    | 1 | 0,10 | 0,43          | 0,37        | 0,93        | 1,07          | 1,15          | 1 | 0,10 | 0,43          | 0,37        | 0,93        | 1,07          | 1,15          | 1 | 0,10 | 0,43          | 0,37        | 0,93        | 1,07          | 1,15          |
| 3  | Δράπανο                                   | 1 | 0,10 | 0,17          | 0,37        | 0,93        | 0,43          | 0,46          | 1 | 0,10 | 0,17          | 0,37        | 0,93        | 0,43          | 0,46          | 1 | 0,10 | 0,17          | 0,37        | 0,93        | 0,43          | 0,46          |
| 4  | Συσκευή συγκολλήσεων                      | 1 | 0,10 | 2,35          | 0,37        | 0,93        | 5,82          | 6,28          | 1 | 0,10 | 2,35          | 0,37        | 0,93        | 5,82          | 6,28          | 1 | 0,10 | 2,35          | 0,37        | 0,93        | 5,82          | 6,28          |
| 5  | Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων             | 1 | 0,40 | 8,47          | 0,65        | 0,76        | 9,90          | 13,03         | 1 | 0,40 | 8,47          | 0,65        | 0,76        | 9,90          | 13,03         | 1 | 0,40 | 8,47          | 0,65        | 0,76        | 9,90          | 13,03         |
| 6  | Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες                 | 1 | 0,10 | 1,73          | 0,37        | 0,93        | 4,28          | 4,62          | 1 | 0,10 | 1,73          | 0,37        | 0,93        | 4,28          | 4,62          | 1 | 0,10 | 1,73          | 0,37        | 0,93        | 4,28          | 4,62          |
| 7  | Εφεδρική παροχή                           | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                             |   |      | <b>14,46</b>  | <b>0,50</b> | <b>0,87</b> | <b>24,72</b>  | <b>29,01</b>  |   |      | <b>14,46</b>  | <b>0,50</b> | <b>0,87</b> | <b>24,72</b>  | <b>29,01</b>  |   |      | <b>15,76</b>  | <b>0,51</b> | <b>0,86</b> | <b>26,25</b>  | <b>30,96</b>  |
|    |                                           |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>         |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Αντλία κύτους                             | 1 | 0,20 | 3,46          | 0,48        | 0,88        | 6,33          | 7,22          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,20 | 3,46          | 0,48        | 0,88        | 6,33          | 7,22          |
| 2  | Αντλία πυρκαγιάς                          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 3  | Αντλίες γενικής χρήσεως                   | 1 | 0,20 | 8,66          | 0,48        | 0,88        | 15,83         | 18,04         | 1 | 0,20 | 8,66          | 0,48        | 0,88        | 15,83         | 18,04         | 1 | 0,20 | 8,66          | 0,48        | 0,88        | 15,83         | 18,04         |
| 4  | Εργάτης άγκυρας                           | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,10 | 3,46          | 0,37        | 0,93        | 8,57          | 9,24          |
| 5  | Εργάτες πρυμνησίων                        | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 2 | 0,20 | 15,59         | 0,48        | 0,88        | 28,49         | 32,47         |
| 6  | Αντλία ποσίμου νερού                      | 1 | 0,50 | 6,49          | 0,71        | 0,70        | 6,40          | 9,12          | 1 | 0,50 | 6,49          | 0,71        | 0,70        | 6,40          | 9,12          | 1 | 0,50 | 6,49          | 0,71        | 0,70        | 6,40          | 9,12          |
| 7  | Αντλία κυκλ. ζεστού νερού                 | 1 | 0,70 | 3,03          | 0,79        | 0,61        | 2,31          | 3,81          | 1 | 0,70 | 3,03          | 0,79        | 0,61        | 2,31          | 3,81          | 1 | 0,70 | 3,03          | 0,79        | 0,61        | 2,31          | 3,81          |
| 8  | Αντλία πλυσίματος καταστρώματος           | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,30 | 3,90          | 0,57        | 0,82        | 5,58          | 6,81          |
| 9  | Κινητήρας καταπέλητη πρύμνης              | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,10 | 1,73          | 0,37        | 0,93        | 4,28          | 4,62          |
| 10 | Αντλίες υγιεινής                          | 2 | 0,40 | 6,93          | 0,65        | 0,76        | 8,10          | 10,66         | 2 | 0,40 | 6,93          | 0,65        | 0,76        | 8,10          | 10,66         | 2 | 0,40 | 6,93          | 0,65        | 0,76        | 8,10          | 10,66         |
| 11 | Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας   | 2 | 0,30 | 12,99         | 0,57        | 0,82        | 18,61         | 22,69         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |

|    |                                             |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|----|---------------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 12 | Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων                    | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 13 | Αντλία στεγανών θυρών                       | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 14 | Αντλίες πυρκαγιάς garage                    | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                               |   |      | <b>41,56</b>  | <b>0,58</b> | <b>0,81</b> | <b>57,57</b>  | <b>71,53</b>  |   |      | <b>25,11</b>  | <b>0,60</b> | <b>0,80</b> | <b>32,64</b>  | <b>41,63</b>  |   |      | <b>53,25</b>  | <b>0,52</b> | <b>0,85</b> | <b>85,88</b>  | <b>101,98</b> |
|    |                                             |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ</b> |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Συμπιεστές κλιματισμού                      | 1 | 0,75 | 22,73         | 0,81        | 0,59        | 16,55         | 28,12         | 1 | 0,75 | 22,73         | 0,81        | 0,59        | 16,55         | 28,12         | 1 | 0,75 | 22,73         | 0,81        | 0,59        | 16,55         | 28,12         |
| 2  | Συμπιεστές ψυκτικής                         | 2 | 0,40 | 6,93          | 0,65        | 0,76        | 8,10          | 10,66         | 2 | 0,40 | 6,93          | 0,65        | 0,76        | 8,10          | 10,66         | 2 | 0,40 | 6,93          | 0,65        | 0,76        | 8,10          | 10,66         |
| 3  | Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού            | 2 | 0,75 | 25,98         | 0,81        | 0,59        | 18,92         | 32,13         | 2 | 0,75 | 25,98         | 0,81        | 0,59        | 18,92         | 32,13         | 2 | 0,75 | 25,98         | 0,81        | 0,59        | 18,92         | 32,13         |
| 4  | Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού              | 2 | 0,75 | 19,48         | 0,81        | 0,59        | 14,19         | 24,10         | 2 | 0,75 | 19,48         | 0,81        | 0,59        | 14,19         | 24,10         | 2 | 0,75 | 19,48         | 0,81        | 0,59        | 14,19         | 24,10         |
| 5  | Αντλίες θαλ. νερού ψυκτικής                 | 2 | 0,40 | 1,39          | 0,65        | 0,76        | 1,62          | 2,13          | 2 | 0,40 | 1,39          | 0,65        | 0,76        | 1,62          | 2,13          | 2 | 0,40 | 1,39          | 0,65        | 0,76        | 1,62          | 2,13          |
| 6  | Αντλίες πόσιμου νερού                       | 2 | 0,50 | 3,46          | 0,71        | 0,70        | 3,41          | 4,86          | 2 | 0,50 | 3,46          | 0,71        | 0,70        | 3,41          | 4,86          | 2 | 0,50 | 3,46          | 0,71        | 0,70        | 3,41          | 4,86          |
| 7  | Αντλίες αποχέτευσης                         | 2 | 0,70 | 12,12         | 0,79        | 0,61        | 9,25          | 15,25         | 2 | 0,70 | 12,12         | 0,79        | 0,61        | 9,25          | 15,25         | 2 | 0,70 | 12,12         | 0,79        | 0,61        | 9,25          | 15,25         |
| 12 | Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες                   | 7 | 0,40 | 24,24         | 0,65        | 0,76        | 28,35         | 37,30         | 7 | 0,40 | 24,24         | 0,65        | 0,76        | 28,35         | 37,30         | 7 | 0,40 | 24,24         | 0,65        | 0,76        | 28,35         | 37,30         |
| 13 | Ανεκυστήρας                                 | 2 | 0,20 | 5,20          | 0,48        | 0,88        | 9,50          | 10,82         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 2 | 0,50 | 12,99         | 0,71        | 0,70        | 12,80         | 18,23         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                               |   |      | <b>121,53</b> | <b>0,73</b> | <b>0,68</b> | <b>109,88</b> | <b>165,38</b> |   |      | <b>116,33</b> | <b>0,75</b> | <b>0,66</b> | <b>100,38</b> | <b>154,55</b> |   |      | <b>129,32</b> | <b>0,75</b> | <b>0,66</b> | <b>113,18</b> | <b>172,79</b> |
|    |                                             |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>          |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Κουζίνα                                     | 2 | 0,30 | 18,00         | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 18,00         | 1 | 0,30 | 9,00          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 9,00          | 1 | 0,30 | 9,00          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 9,00          |
| 2  | Εστίες                                      | 2 | 0,30 | 12,00         | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 12,00         | 1 | 0,30 | 6,00          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,00          | 1 | 0,30 | 6,00          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,00          |
| 3  | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα                 | 1 | 0,30 | 1,56          | 0,57        | 0,82        | 2,23          | 2,72          | 1 | 0,30 | 1,56          | 0,57        | 0,82        | 2,23          | 2,72          | 1 | 0,30 | 1,56          | 0,57        | 0,82        | 2,23          | 2,72          |
| 4  | Εξαεριστήρας                                | 1 | 0,30 | 3,90          | 0,57        | 0,82        | 5,58          | 6,81          | 1 | 0,30 | 3,90          | 0,57        | 0,82        | 5,58          | 6,81          | 1 | 0,30 | 3,90          | 0,57        | 0,82        | 5,58          | 6,81          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                               |   |      | <b>35,46</b>  | <b>0,90</b> | <b>0,44</b> | <b>7,82</b>   | <b>39,53</b>  |   |      | <b>20,46</b>  | <b>0,83</b> | <b>0,55</b> | <b>7,82</b>   | <b>24,53</b>  |   |      | <b>20,46</b>  | <b>0,83</b> | <b>0,55</b> | <b>7,82</b>   | <b>24,53</b>  |
|    |                                             |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ</b>                      | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|    |                                             |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                        |   |      | <b>709,11</b> | <b>0,77</b> | <b>0,63</b> | <b>526,31</b> | <b>916,10</b> |   |      | <b>696,23</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>496,96</b> | <b>881,19</b> |   |      | <b>460,38</b> | <b>0,71</b> | <b>0,71</b> | <b>406,51</b> | <b>650,13</b> |

**Πίνακας 6.6** Υπολογισμός άεργου ισχύος στην κατάσταση ανάγκης στο πλοίο generic

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                       | Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης |      |               |             |             |                    |               |
|----|-----------------------------------|----------------------------|------|---------------|-------------|-------------|--------------------|---------------|
|    |                                   | N                          | fs   | Ρλετ.         | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαινομ. Ισχύς |
|    |                                   |                            |      | kW            |             |             | kVar               | kVa           |
|    | 1                                 | 2                          | 3    | 4             | 5           | 6           | 7                  | 8             |
|    | <b>ΖΥΓΟΙ 115V</b>                 |                            |      |               |             |             |                    |               |
| 5  | Φωτισμός ασφαλείας                | 1                          | 1,00 | 10,00         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 10,00         |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΠΛΟΙΑΣ</b> | 1                          | 1,00 | 21,18         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 21,18         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 115 V</b>    |                            |      | <b>31,18</b>  | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>31,18</b>  |
|    | <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>                |                            |      |               |             |             |                    |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΩΣΗΣ</b>  |                            |      |               |             |             |                    |               |
| 8  | Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλιού     | 1                          | 1,00 | 30,31         | 0,86        | 0,51        | 17,98              | 35,24         |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΣΚΑΦΟΥΣ</b> |                            |      |               |             |             |                    |               |
| 1  | Αντλία κύτους                     | 1                          | 1,00 | 17,32         | 0,86        | 0,51        | 10,28              | 20,14         |
| 2  | Αντλία πυρκαγιάς                  | 1                          | 1,00 | 38,96         | 0,86        | 0,51        | 23,12              | 45,31         |
| 12 | Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων          | 4                          | 1,00 | 69,27         | 0,86        | 0,51        | 41,10              | 80,55         |
| 13 | Αντλία στεγανών θυρών             | 1                          | 1,00 | 4,33          | 0,86        | 0,51        | 2,57               | 5,03          |
| 14 | Αντλίες πυρκαγιάς garage          | 1                          | 1,00 | 25,98         | 0,86        | 0,51        | 15,41              | 30,21         |
|    | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>              |                            |      | <b>217,34</b> | <b>0,88</b> | <b>0,48</b> | <b>110,46</b>      | <b>247,65</b> |

Από τον Πίνακα 6.7, προκύπτει ότι η μέγιστη ζητούμενη ισχύς του μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως στο κύριο δίκτυο, είναι ίση με  $140,56 \text{ kVA} \times 1,1 = 154,62 \text{ kVA}$  (προσαύξηση 10%, όπως στα καλώδια), και επομένως επιλέγεται μετασχηματιστής των **160 kVA** (ονομαστική ισχύς). Αντίστοιχα, για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης ο μετασχηματιστής θα πρέπει να τροφοδοτήσει τα φορτία έκτακτης ανάγκης και τάσεως των 115 V, τα οποία απορροφούν 31,18 kVA και με προσαύξηση 10%, έχουμε  $31,18 \text{ kVA} \times 1,1 = 34,3 \text{ kVA}$ . Για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης επιλέγεται μετασχηματιστής ονομαστικής ισχύος **40 kVA**.

Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο μονογραμμικό διάγραμμα του generic πλοίου στο τέλος της εργασίας υπάρχει διάταξη για λήψη ρεύματος από τη στεριά. Η διατομή αυτού του καλωδίου θα είναι ίση με τη διατομή των καλωδίων που συνδέουν τις κύριες γεννήτριες με τον κύριο πίνακα διανομής, δηλαδή  $3 \times (1 \times 300)$  ανά φάση και η ασφαλιστική διάταξη περιλαμβάνει αυτόματο διακόπτη των 2000A (ρύθμιση στα 1500A).

**Πίνακας 6.7 Διατομές ζυγών και καλωδίων στο πλοίο generic**

| Είδος πίνακα                          | Μέγιστη φαινόμενη ισχύς (kVA) | Ρεύμα τριφασικής γραμμής +10% προσαύξηση (A) | Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )   | Κύριος ζυγός Πίνακα (mm <sup>2</sup> ) | Ασφαλιστική διάταξη                           |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Επίπεδο τάσης 115 V</b>            |                               |                                              |                                       |                                        |                                               |
| Κεντρική μπάρα                        | 140,56                        | 776,22                                       | 2x(1*185) ανά φάση                    | 500                                    | Αυτόματος διακόπτης 800 A                     |
| Συσκευές μαγειρείου                   | 5,65                          | 31,23                                        | 3*6 ανά φάση                          | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 32 A                      |
| Βοηθητικοί χώροι ενδιαίτησης          | 69,17                         | 381,98                                       | 1*185 ανά φάση                        | 300                                    | Αυτόματος διακόπτης 400 A                     |
|                                       |                               |                                              |                                       |                                        |                                               |
| <b>Επίπεδο τάσης 440 V</b>            |                               |                                              |                                       |                                        |                                               |
| Κεντρική μπάρα                        | 916,10                        | 1322,27                                      | 3x(1*300) ανά φάση για κάθε γεννήτρια | 1000                                   | Αυτόματος διακόπτης 2000A (ρύθμιση στα 1500A) |
| Βοηθητικά πρόωσης                     | 501,62                        | 724,03                                       | 2x(1*150) ανά φάση                    | 500                                    | Αυτόματος διακόπτης 800 A                     |
| Βοηθητικά μηχανοστασίου               | 30,96                         | 44,68                                        | 3*10 ανά φάση                         | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 50 A                      |
| Βοηθητικά σκάφους                     | 101,98                        | 147,19                                       | 3*70 ανά φάση                         | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 160 A                     |
| Βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης           | 172,79                        | 249,39                                       | 1*95 ανά φάση                         | 200                                    | Αυτόματος διακόπτης 250 A                     |
| Συσκευές μαγειρείου                   | 39,53                         | 57,06                                        | 3*16 ανά φάση                         | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 63 A                      |
| Μετασχηματιστής 440/115 V             | 140,56                        | 202,87                                       | 3*120 ανά φάση                        |                                        | Αυτόματος διακόπτης 250 A                     |
|                                       |                               |                                              |                                       |                                        |                                               |
| <b>Έκτακτη ανάγκη</b>                 |                               |                                              |                                       |                                        |                                               |
| Κεντρική μπάρα                        | 247,65                        | 357,45                                       | 1*150 ανά φάση                        | 300                                    | Αυτόματος διακόπτης 400 A                     |
| Μετασχηματιστής 440/115 V (emergency) | 31,18                         | 45,00                                        | 3*10 ανά φάση                         |                                        | Αυτόματος διακόπτης 50 A                      |
| Βοηθητικά πρόωσης                     | 35,24                         | 50,86                                        | 3*16 ανά φάση                         |                                        | Αυτόματος διακόπτης 63A                       |
| Βοηθητικά σκάφους                     | 181,23                        | 261,58                                       | 1*95 ανά φάση                         | 200                                    | Αυτόματος διακόπτης 400A                      |
| Φορτία των 115 V                      | 31,18                         | 172,17                                       | 3*95 ανά φάση                         | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 250A                      |

### 6.1.7 Μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο πλοίο generic

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, το οποίο έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 4, αρχικά γίνεται η ομαδοποίηση των κινητήρων και των γεννητριών του πλοίου. Στο συγκεκριμένο πλοίο, για εκπαιδευτικούς σκοπούς έχουν ομαδοποιηθεί όλοι οι κινητήρες που συνδέονται στον ίδιο ζυγό και έχουν ονομαστική ισχύ <50 kW, αντί 100 kW που προβλέπει το πρότυπο. Από τον Πίνακα 6.1 βλέπουμε ότι το μοναδικό φορτίο-κινητήρας με ισχύ μεγαλύτερη από 50 kW είναι οι κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλασσινού νερού από τα βοηθητικά πρόωσης. Οι τρεις αντλίες αυτές θα θεωρηθούν σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας M1. Οι υπόλοιποι κινητήρες έχουν ομαδοποιηθεί ως εξής:

M2: βοηθητικά πρόωσης

M3: βοηθητικά μηχανοστασίου

M4: βοηθητικά σκάφους

M5: βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης

M6: συσκευές μαγειρείου

M7: φορτία των 115 V

Οι ισχείς των κινητήρων στις τρεις καταστάσεις λειτουργίας φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 6.8.

**Πίνακας 6.8** Ομαδοποίηση κινητήρων για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο πλοίο generic

| Κατάσταση λειτουργίας | Ισχύς κινητήρα M1 (kW) | Ισχύς κινητήρα M2 (kW) | Ισχύς κινητήρα M3 (kW) | Ισχύς κινητήρα M4 (kW) | Ισχύς κινητήρα M5 (kW) | Ισχύς κινητήρα M6 (kW) | Ισχύς κινητήρα M7 (kW) | Συνολική ισχύς κινητήρων (kW) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Κανονικής πορείας     | 125,12                 | 244,48                 | 14,46                  | 41,56                  | 121,53                 | 5,46                   | <b>60,32</b>           | 612,92                        |
| <b>Χειρισμών</b>      | <b>125,12</b>          | <b>267,86</b>          | 14,46                  | 25,11                  | 116,33                 | <b>5,46</b>            | 58,91                  | <b>613,24</b>                 |
| Εν όρμω               | 22,08                  | 81,91                  | <b>15,76</b>           | <b>53,25</b>           | <b>129,32</b>          | 5,46                   | 58,91                  | 366,68                        |

Σύμφωνα λοιπόν με τον Πίνακα 6.8, η χειρότερη κατάσταση φόρτισης για τη γεννήτρια, αφού μόνο μια λειτουργεί κάθε φορά και η άλλη είναι εφεδρική, είναι η **κατάσταση χειρισμών**. Η χειρότερη κατάσταση φόρτισης της γεννήτριας δεν συμπίπτει απαραίτητα με τη χειρότερη κατάσταση φόρτισης των κινητήρων ή των ζυγών, σε περίπτωση που σε αυτόν συνδέονται περισσότεροι από ένας κινητήρας (με βάση την ομαδοποίηση). Για αυτές τις περιπτώσεις, υπολογίζουμε και το ρεύμα βραχυκύκλωσης είτε στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του κινητήρα είτε στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του ζυγού, ώστε να διαπιστώσουμε αν αλλάζει ή όχι η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη όπως έχει υπολογιστεί στην κατάσταση χειρισμών.



Έχουν θεωρηθεί τα παρακάτω:

- ▲ Το βραχυκύκλωμα είναι συμμετρικό και τριφασικό και συμβαίνει στον ζυγό των κύριων γεννητριών.
- ▲ Τα ωμικά φορτία καθώς και τα ηλεκτρονικά ισχύος, δηλαδή θερμαντήρας καυσίμου, οι κουζίνες, οι εστίες, ο φωτισμός, αλλά και τα όργανα ναυσιπλοΐας, δεν έχουν ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό του βραχυκυκλώματος. Τα στοιχεία αυτά συμμετέχουν μόνο αποσβεστικά στο ρεύμα βραχυκύκλωσης.
- ▲ Έχουν ληφθεί υπόψη οι σύνθετες αντιστάσεις όλων των καλωδίων και των μετασχηματιστών.
- ▲ Ο συντελεστής ισχύος της γεννήτριας πριν το βραχυκύκλωμα έχει προκύψει από τους Πίνακες 6.5 και 6.6, από το λόγο του αθροίσματος της ενεργού ισχύος όλων των φορτίων που συμμετέχουν στο βραχυκύκλωμα (εκτός από τα ωμικά φορτία που συμμετέχουν αποσβεστικά) προς το άθροισμα της φαινόμενης ισχύος τους (σύμφωνα με το κεφάλαιο 2).
- ▲ Αντίστοιχα, ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων πριν το βραχυκύκλωμα έχει προκύψει από τους Πίνακες 6.5 και 6.6 με όμοιο τρόπο με αυτόν που υπολογίστηκε ο συντελεστής ισχύος της γεννήτριας παραπάνω.
- ▲ Η φαινόμενη ισχύς της γεννήτριας είναι η ονομαστική φαινόμενη ισχύς και έχει ληφθεί από το αντίστοιχο datasheet, βλέπε παράρτημα Γ.
- ▲ Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας έχουν ληφθεί από το αντίστοιχο datasheet, βλέπε παράρτημα Γ.
- ▲ Τα χαρακτηριστικά των κινητήρων έχουν ληφθεί σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, δηλαδή παράγραφοι 4.5.5.3.3 και 4.5.5.3.4 του κεφαλαίου 4 για μεγάλους (>100 kW) και μικρούς κινητήρες (<100 kW) αντίστοιχα, καθώς δεν γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά των επιμέρους κινητήρων που έχουν ομαδοποιηθεί ώστε να βρούμε τα χαρακτηριστικά των ισοδύναμων κινητήρων που προκύπτουν με βάση την παράγραφο 7 του προτύπου IEC 61363-1.
- ▲ Η υπομεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέως άξονα της γεννήτριας υπολογίζεται από τη σχέση:  $T_{do}'' = \frac{x_d'}{x_d''} \cdot T_d''$ , όπου τα υπόλοιπα λαμβάνονται από το datasheet της γεννήτριας.
- ▲ Στους κινητήρες έχει θεωρηθεί ότι  $X_S = X_R = X_M''/2$  αφού  $X_M'' = X_S + X_R$  για  $s=1$  (ακινητοποιημένο δρομέα).
- ▲ Σαν μέση απόσταση των γεννητριών από τον ζυγό βραχυκυκλώματος (κύριο ζυγό ή ζυγό γεννήτριας έκτακτης ανάγκης) έχουν ληφθεί τα 50m.
- ▲ Σαν μέση απόσταση των κινητήρων από τον κύριο ζυγό έχουν ληφθεί τα 70m.
- ▲ Όταν μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και κινητήρα μεσολαβούν καλώδια διαφορετικής διατομής, τότε στη μελέτη βραχυκυκλωμάτων έχουμε θεωρήσει την ελάχιστη σύνθετη αντίσταση των καλωδίων, ώστε να έχουμε την ελάχιστη απόσβεση του ρεύματος βραχυκύκλωσης και επομένως υπερεκτίμηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

- ▲ Έχει γίνει επίσης μελέτη βραχυκυκλωμάτων στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης (βραχυκύκλωμα στο ζυγό της γεννήτριας), προκειμένου να προσδιοριστεί η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη της γεννήτριας και των φορτίων έκτακτης ανάγκης, θεωρώντας τα φορτία έκτακτης ανάγκης ως έναν ισοδύναμο κινητήρα.
- ▲ Σαν μέση απόσταση των κινητήρων από τον ζυγό βραχυκυκλώματος (κύριο ζυγό φορτίων έκτακτης ανάγκης) έχουν ληφθεί τα 100m.

Για το generic πλοίο έχουμε τους παρακάτω **κινητήρες**, για την κατάσταση χειρισμών (1<sup>η</sup> στήλη) και για τη χειρότερη κατάσταση φόρτισής τους (2<sup>η</sup> στήλη) ή φόρτισης των ζυγών, όπου αυτή δεν συμπίπτει με την κατάσταση χειρισμών. Επίσης παρουσιάζονται τα αντίστοιχα ρεύματα βραχυκύκλωσης που συνεισφέρουν οι κινητήρες. Στη συνέχεια επισημαίνεται η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη που επιλέγεται.

1) Για τον κινητήρα M1 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br/>M1</b> |               |           |
|------------------------------------|---------------|-----------|
| <b>U<sub>FM</sub></b>              | <b>440</b>    | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>150747</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>     | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>               | <b>3,4</b>    | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>               | <b>2,1</b>    | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>               | <b>7,5</b>    | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>               | <b>7,5</b>    | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,83</b>   | <b>-</b>  |

Αντίστοιχα για το καλώδιο από τον κινητήρα M1 μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος έχουμε θεωρήσει τα παρακάτω:

|                       |                   |            |
|-----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>         | <b>M</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,00007785</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000478</b>  | <b>Ω/m</b> |

*Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:*

$$Em'' = 221.20V$$

$$Im'' = 1052.16A$$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t) = (1052.16) \exp(-t/0.019276)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) = 1052.16A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) = 682.86A$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t) = (1644.00) \exp(-t/0.010585)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(1052.16) \exp(-t/0.019276) + (1644.00) \exp(-t/0.010585)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 3131.97A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 1713.85A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $2975.95A$

2) Για τον κινητήρα M2 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M2</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>339063,3</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>               | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>               | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,79</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                   |            |
|-----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>         | <b>M</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,00007785</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000478</b>  | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$E_m'' = 217.84V$

$I_m'' = 2261.59A$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t) = (2261.59) \exp(-t/0.019687)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) = 2261.59A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) = 1481.09A$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t) = (3584.13) \exp(-t/0.009495)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(2261.59) \exp(-t/0.019687) + (3584.13) \exp(-t/0.009495)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 6782.50A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 3584.65A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $6396.74A$

Οι κινητήρες M1 και M2 συνδέονται στον ίδιο ζυγό, επομένως η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη που βρίσκεται πριν το ζυγό των βοηθητικών πρόωσης, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του πλοίου, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $(2975,95+6396,74)= 9372,69 \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

3) Για τον κινητήρα M3 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M3 |              |           |
|----------------------------|--------------|-----------|
| $U_{rM}$                   | <b>440</b>   | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                   | <b>28920</b> | <b>VA</b> |
| <b>F</b>                   | <b>60</b>    | <b>Hz</b> |
| $R_s$                      | <b>4,3</b>   | <b>%</b>  |
| $R_r$                      | <b>2,7</b>   | <b>%</b>  |
| $X_s$                      | <b>9,4</b>   | <b>%</b>  |
| $X_r$                      | <b>9,4</b>   | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$               | <b>0,5</b>   | <b>-</b>  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M3 |                 |           |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| $U_{rM}$                   | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                   | <b>30901,96</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                   | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                      | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                      | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                      | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                      | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$               | <b>0,51</b>     | <b>-</b>  |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>70</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0022975</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0001048</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 200.52V$$

$$I_m'' = 141.84A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (141.84) \exp(-t/0.018577)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 141.84A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 90.57A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (247.06) \exp(-t/0.007484)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(141.84) \exp(-t/0.018577) + (247.06) \exp(-t/0.007484)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 447.65A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 209.22A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $401.18A$

**Στη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του έχουμε τα παρακάτω:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 200.34V$$

$$I_m'' = 150.84A$$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t) = (150.84) \exp(-t/0.018585)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) = 150.84A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) = 96.34A$

Συνιστώσα Σ.Ρ.:  $I_{dcm}(t) = (262.65) \exp(-t/0.007307)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(150.84) \exp(-t/0.018585) + (262.65) \exp(-t/0.007307)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 475.98A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 220.21A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $426.65A$

Επομένως ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη του κινητήρα M3 σύμφωνα με την χειρότερη κατάσταση φόρτισής του  $\rightarrow$  επιλέγονται τα **10 kA**.

4) Για τον κινητήρα M4 έχουμε :

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M4 |              |           |
|----------------------------|--------------|-----------|
| $U_{rM}$                   | <b>440</b>   | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                   | <b>41850</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                   | <b>60</b>    | <b>Hz</b> |
| $R_s$                      | <b>4,3</b>   | <b>%</b>  |
| $R_r$                      | <b>2,7</b>   | <b>%</b>  |
| $X_s$                      | <b>9,4</b>   | <b>%</b>  |
| $X_r$                      | <b>9,4</b>   | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$               | <b>0,6</b>   | <b>-</b>  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M4 |                 |           |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| $U_{rM}$                   | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                   | <b>102403,8</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                   | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                      | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                      | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                      | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                      | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$               | <b>0,52</b>     | <b>-</b>  |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>70</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0003365</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000884</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$E_m'' = 204.56V$

$I_m'' = 217.10A$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t) = (217.10) \exp(-t/0.018601)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) = 217.10A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) = 138.71A$

Συνιστώσα Σ.Ρ.:  $I_{dcm}(t) = (369.15) \exp(-t/0.010443)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(217.10) \exp(-t/0.018601) + (369.15) \exp(-t/0.010443)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 676.18A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 362.37A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 614.05A

**Στη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του έχουμε τα παρακάτω:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 201.77V$$

$$I_m'' = 512.39A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (512.39) \exp(-t/0.018791)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 512.39A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 328.86A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (886.95) \exp(-t/0.009148)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(512.39) \exp(-t/0.018791) + (886.95) \exp(-t/0.009148)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1611.58A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 821.77A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1449.27A

Επομένως ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη του κινητήρα M4 σύμφωνα με την χειρότερη κατάσταση φόρτισής του **→επιλέγονται τα 10 kA.**

5) Για τον κινητήρα M5 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M5 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                   | 440      | V  |
| $S$                        | 155106,7 | VA |
| $F$                        | 60       | Hz |
| $R_s$                      | 3,4      | %  |
| $R_r$                      | 2,1      | %  |
| $X_s$                      | 7,5      | %  |
| $X_r$                      | 7,5      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,75     | -  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M5 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                   | 440      | V  |
| $S$                        | 172426,7 | VA |
| $f$                        | 60       | Hz |
| $R_s$                      | 3,4      | %  |
| $R_r$                      | 2,1      | %  |
| $X_s$                      | 7,5      | %  |
| $X_r$                      | 7,5      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,75     | -  |

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{FM}$ | 440       | V          |
| $L$      | 70        | m          |
| $R_c$    | 0,0002423 | $\Omega/m$ |
| $X_c$    | 0,000104  | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 215.55V$$

$$I_m'' = 1014.29A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1014.29) \exp(-t/0.019684)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1014.29A$$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)= 664.20A$   
 Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=( 1624.80)exp(-t/0.008686)$   
 Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(1014.29)exp(-t/0.019684)+( 1624.80)exp(-t/0.008686)$   
 Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 3059.21A$   
 Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 1561.82A$   
 Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $2868.83A$

**Στη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του έχουμε τα παρακάτω:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$E_m''= 215.14V$

$I_m''= 1117.46A$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t)=( 1117.46)exp(-t/0.019766)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0)= 1117.46A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)= 733.05A$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=( 1791.97)exp(-t/0.008453)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(1117.46)exp(-t/0.019766)+( 1791.97)exp(-t/0.008453)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 3372.30A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)=1705.31A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $3160.66A$

Επομένως ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη του κινητήρα M5 σύμφωνα με την χειρότερη κατάσταση φόρτισής του  $\rightarrow$  επιλέγονται **τα 10 kA.**

6) Για τον κινητήρα M6 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M6</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| $U_{rM}$                           | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>9578,947</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                              | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                              | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                              | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                              | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                       | <b>0,57</b>     | <b>-</b>  |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>70</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0014438</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000959</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 204.19V$$

$$I_m'' = 49.84A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (49.84) \exp(-t/0.018502)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 49.84A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 31.77A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (85.09) \exp(-t/0.010408)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(49.84) \exp(-t/0.018502) + (85.09) \exp(-t/0.010408)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 155.57A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 83.13A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $140.97A \rightarrow$  Επιλέγονται τα 10 kA.

7) Για τον κινητήρα M7 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br>M7 |         |    |
|----------------------------|---------|----|
| (ΜΕΣΩ ΜΕΤΑΣΧ/ΣΤΗ)          |         |    |
| $U_{FM}$                   | 115     | V  |
| S                          | 72728,4 | VA |
| f                          | 60      | Hz |
| $R_S$                      | 4,3     | %  |
| $R_R$                      | 2,7     | %  |
| $X_S$                      | 9,4     | %  |
| $X_R$                      | 9,4     | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,81    | -  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br>M7 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| (ΜΕΣΩ ΜΕΤΑΣΧ/ΣΤΗ)          |          |    |
| $U_{FM}$                   | 115      | V  |
| S                          | 74469,14 | VA |
| f                          | 60       | Hz |
| $R_S$                      | 4,3      | %  |
| $R_R$                      | 2,7      | %  |
| $X_S$                      | 9,4      | %  |
| $X_R$                      | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,81     | -  |

Για το μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως έχουμε:

|           |        |    |
|-----------|--------|----|
| $U_{FM}$  | 440    | V  |
| $U_{FMT}$ | 115    | V  |
| f         | 60     | Hz |
| $u_{rR}$  | 1,4    | %  |
| $u_{rK}$  | 4      | %  |
| S         | 160000 | VA |

Τέλος, για τα καλώδια έχουμε:

- από κινητήρα M7 μέχρι το Μ/Σ

|          |            |            |
|----------|------------|------------|
| $U_{FM}$ | 115        | V          |
| L        | 35         | M          |
| Rc       | 0,0000622  | $\Omega/m$ |
| Xc       | 0,00004835 | $\Omega/m$ |

- από Μ/Σ μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{FM}$ | 440       | V          |
| L        | 35        | m          |
| Rc       | 0,0001921 | $\Omega/m$ |
| Xc       | 0,0000864 | $\Omega/m$ |



Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

Στην πλευρά των 115V έχουμε:

$$E_m'' = 53.73V$$

$$I_m'' = 1263.44A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1263.44)\exp(-t/0.021169)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1263.44A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 852.30A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (2089.59)\exp(-t/0.008950)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(1263.44)\exp(-t/0.021169) + (2089.59)\exp(-t/0.008950)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 3876.37A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 2028.89A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 3573.55A

=====

Οι παραπάνω τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης και κρουστικών ρευμάτων ανηγμένες στην πλευρά των 440 V είναι:

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (330.22)\exp(-t/0.021169)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 330.22A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 222.76A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (546.14)\exp(-t/0.008950)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(330.22)\exp(-t/0.021169) + (546.14)\exp(-t/0.008950)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1013.14A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 530.28A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 934.00A

### **Στη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του έχουμε τα παρακάτω:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

Στην πλευρά των 115V έχουμε:

$$E_m'' = 53.68V$$

$$I_m'' = 1288.08A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1288.08)\exp(-t/0.021234)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1288.08A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 869.96A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (2131.69)\exp(-t/0.008908)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(1288.08)\exp(-t/0.021234) + (2131.69)\exp(-t/0.008908)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 3953.31A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 2066.75A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 3643.25A

=====

Οι παραπάνω τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης και κρουστικών ρευμάτων ανηγμένες στην πλευρά των 440 V είναι:

$$\text{Συνιστώσα Ε.Ρ.: } I_{acm}(t) = (336.66) \exp(-t/0.021234)$$

$$\text{Συνιστώσα Ε.Ρ. για } t=0: I_{acm}(0) = 336.66A$$

$$\text{Συνιστώσα Ε.Ρ. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 227.38A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.Ρ.: } I_{dcm}(t) = (557.15) \exp(-t/0.008908)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(336.66) \exp(-t/0.021234) + (557.15) \exp(-t/0.008908)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1033.25A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 540.17A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 952.21A

Επομένως ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και Μ/Σ αλλά και του αυτόματου διακόπτη μεταξύ Μ/Σ και κινητήρα Μ7, σύμφωνα με την χειρότερη κατάσταση φόρτισής τους **→ επιλέγονται τα 10 kA.**

Στο επίπεδο των 115 V, εφόσον όλα τα φορτία αυτής της τάσεως έχουν ομαδοποιηθεί σε έναν κινητήρα, επιλέγεται ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα όλων των αυτόματων διακοπών αυτή των 10 kA.

Αντίστοιχα για τη **γεννήτρια** με τα παρακάτω χαρακτηριστικά, στην κατάσταση χειρισμών, έχουμε:

| <b>ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ</b> |                   |           |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| <b>U<sub>0</sub></b>      | <b>440</b>        | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                  | <b>1200000</b>    | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                  | <b>60</b>         | <b>Hz</b> |
| <b>X''<sub>d</sub></b>    | <b>15</b>         | <b>%</b>  |
| <b>X'<sub>d</sub></b>     | <b>22</b>         | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>d</sub></b>      | <b>269</b>        | <b>%</b>  |
| <b>T''<sub>d</sub></b>    | <b>25</b>         | <b>ms</b> |
| <b>T''<sub>do</sub></b>   | <b>36,6666667</b> | <b>ms</b> |
| <b>T'<sub>d</sub></b>     | <b>185</b>        | <b>ms</b> |
| <b>T'<sub>do</sub></b>    | <b>3,4</b>        | <b>s</b>  |
| <b>R<sub>a</sub></b>      | <b>1,05</b>       | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>0</sub></b>   | <b>0,77</b>       | <b>-</b>  |

Και το καλώδιο από τη γεννήτρια μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

|                      |                   |            |
|----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>0</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>             | <b>50</b>         | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b> | <b>0,00002517</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b> | <b>0,0000316</b>  | <b>Ω/m</b> |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{q''} = 274.28V$$

$$E_{q'} = 282.57V$$

$$E_g = 649.31V$$

$$I_{kd''} = 10570.31A$$

$$I_{kd'} = 7597.75A$$

$$I_{kd} = 1490.70A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (2972.57)\exp(-t/0.025598) + (6107.05)\exp(-t/0.193651) + 1490.70$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 10570.31A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 9487.11A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (14003.86)\exp(-t/0.023161)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((2972.57)\exp(-t/0.025598) + (6107.05)\exp(-t/0.193651) + 1490.70) + (14003.86)\exp(-t/0.023161)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 28952.54A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 23188.95A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 29897.36A → **Επιλέγονται τα 36 kA.**

Παρακάτω δίνεται το υπολογισμένο συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό του σφάλματος. Ο υπολογισμός αυτός χρησιμεύει στον έλεγχο της αντοχής των ζυγών τροφοδοσίας των πινάκων, στους οποίους γίνεται το βραχυκύκλωμα, στο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο έλεγχος αυτός δεν έχει γίνει στην παρούσα εργασία.

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$$\begin{aligned} I_{tot} = & (1.41421)((2972.57)\exp(-t/0.025598) + (6107.05)\exp(-t/0.193651) + \\ & 1490.70) + (14003.86)\exp(-t/0.023161) + \\ & (1.41421)(1052.16)\exp(-t/0.019276) + (1644.00)\exp(-t/0.010585) + \\ & (1.41421)(2261.59)\exp(-t/0.019687) + (3584.13)\exp(-t/0.009495) + \\ & (1.41421)(141.84)\exp(-t/0.018577) + (247.06)\exp(-t/0.007484) + \\ & (1.41421)(217.10)\exp(-t/0.018601) + (369.15)\exp(-t/0.010443) + \\ & (1.41421)(1014.29)\exp(-t/0.019684) + (1624.80)\exp(-t/0.008686) + \\ & (1.41421)(49.84)\exp(-t/0.018502) + (85.09)\exp(-t/0.010408) + \\ & (1.41421)(330.22)\exp(-t/0.021169) + (546.14)\exp(-t/0.008950) \end{aligned}$$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0)=44218.76A$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2)=31234.26A$

Όσον αφορά την περίπτωση βραχυκυκλώματος στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης στο ζυγό της γεννήτριας, έχουμε ομαδοποιήσει όλους τους κινητήρες σε έναν, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως. Έχουμε λάβει υπόψη την μικρότερη σύνθετη αντίσταση που εμφανίζεται στα καλώδια μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και του ισοδύναμου κινητήρα και έχουμε αγνοήσει την αποσβεστική επίδραση της σύνθετης αντίστασης του Μ/Σ, με αμελητέο σφάλμα προς την ασφαλή πλευρά προφανώς.

Έχουμε λοιπόν τα παρακάτω:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ</b> |                 |           |
|-----------------------------|-----------------|-----------|
| <b>M1emerg</b>              |                 |           |
| $U_{rM}$                    | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                    | <b>216465,1</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                    | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                       | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                       | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                       | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                       | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                | <b>0,86</b>     | <b>-</b>  |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>100</b>       | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0002423</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000882</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 216.74V$$

$$I_m'' = 1348.52A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1348.52)\exp(-t/0.020193)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1348.52A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 892.54A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (2112.07)\exp(-t/0.006941)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(1348.52)\exp(-t/0.020193) + (2112.07)\exp(-t/0.006941)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 4019.17A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 1898.02A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: **3814.19A**

Με βάση τον παραπάνω υπολογισμό, όλοι οι αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων έκτακτης ανάγκης, έχουν επιλεγεί με ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα ίση με **10kA**.

| ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |           |    |
|--------------------|-----------|----|
| $U_0$              | 440       | V  |
| S                  | 350000    | VA |
| f                  | 60        | Hz |
| $X''_d$            | 12        | %  |
| $X'_d$             | 16        | %  |
| $X_d$              | 271       | %  |
| $T''_d$            | 19        | ms |
| $T''_{d0}$         | 25,333333 | ms |
| $T'_d$             | 80        | ms |
| $T'_{d0}$          | 1,7       | s  |
| Ra                 | 1,6       | %  |
| cosφo              | 0,86      | -  |

|       |           |     |
|-------|-----------|-----|
| $U_0$ | 440       | V   |
| L     | 50        | m   |
| Rc    | 0,0001557 | Ω/m |
| Xc    | 0,0000956 | Ω/m |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_q'' = 268.83V$$

$$E_q' = 272.38V$$

$$E_q = 599.84V$$

$$I_{kd}'' = 3678.76A$$

$$I_{kd}' = 2874.60A$$

$$I_{kd} = 398.86A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (804.16)\exp(-t/0.019565) + (2475.74)\exp(-t/0.086555) + 398.86$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 3678.76A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 3172.60A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (4997.58)\exp(-t/0.011346)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((804.16)\exp(-t/0.019565) + (2475.74)\exp(-t/0.086555) + 398.86) + (4997.58)\exp(-t/0.011346)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 10200.13A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 6884.43A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 10405.11A → **Επιλέγονται τα 15 kA**

Για τον έλεγχο της μηχανικής αντοχής του ζυγού της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης στο ρεύμα βραχυκύκλωσης δίνεται παρακάτω και το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό σφάλματος. Ο έλεγχος αυτός δεν έχει γίνει στην παρούσα εργασία.

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$$I_{tot}=(1.41421)(( 804.16)exp(-t/0.019565)+( 2475.74)exp(-t/0.086555)+ 398.86)+(4997.58)exp(-t/0.011346)+(1.41421)( 1348.52)exp(-t/0.020193)+( 2112.07)exp(-t/0.006941)$$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0)=14219.30A$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2)= 8782.45A$

Τέλος, το μονογραμμικό διάγραμμα που δείχνει το κύριο δίκτυο του πλοίου αλλά και αυτό της έκτακτης ανάγκης βρίσκεται στο τέλος της παρούσας εργασίας.

## 6.2 Bulk carrier - Πλοίο μεταφοράς φορτίου χύδην

Στη δεύτερη ενότητα του κεφαλαίου 6 παρουσιάζεται αναλυτικά η ηλεκτρολογική μελέτη ενός πραγματικού πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην (bulk carrier). Οι διαφορές στις ηλεκτρικές απαιτήσεις ενός πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην σε σχέση με ένα φορτηγό πλοίο γενικού φορτίου, αφορούν κυρίως τους ανιχνευτές στάθμης νερού και τα αντίστοιχα οπτικά ή ακουστικά συστήματα συναγερμού, τα οποία απαιτούνται από τη διεθνή σύμβαση SOLAS για τέτοιου τύπου πλοία (βλέπε παράγραφο 1.6, κεφάλαιο 1)

Τα επίπεδα των τάσεων που εμφανίζονται στα φορτία του πλοίου είναι της τάξεως των 440V και των 220V (χαμηλή τάση), και η συχνότητα του δικτύου είναι 60 Hz. Η τάση των 220 V (πολική τάση) επιτυγχάνεται μέσω δύο μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσεως σε συνδεσμολογία Dd (τριγώνου – τριγώνου), ο ένας για τις κύριες γεννήτριες και ο άλλος για τη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης. Το δίκτυο του πλοίου είναι τριφασικό (440V) με τον ουδέτερο αγείωτο (insulated neutral system) (3 αγωγοί) και μονοφασικό (220V-2 αγωγοί).

### 6.2.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός

Ο αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του bulk carrier έχει γίνει για πέντε χαρακτηριστικές καταστάσεις του πλοίου: 1) κατάσταση κανονικής πορείας, 2) κατάσταση χειρισμών, 3) κατάσταση εν όρμω, 4) κατάσταση ερματισμού και 5) κατάσταση χειρισμού φορτίου και φαίνεται στον Πίνακα 6.9, που παρατίθεται πιο κάτω.

Με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.9 βλέπουμε ότι η συνολική καταναλισκόμενη ισχύς είναι:

- Κατάσταση κανονικής πορείας = 409,14 kW
- Κατάσταση χειρισμών = 773,05 kW
- Κατάσταση «εν όρμω» = 439,69 kW
- Κατάσταση ερματισμού = 680,71 kW
- Κατάσταση χειρισμού φορτίου = 533,94 kW

**Πίνακας 6.9** Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                         | η    | N | Ονομαστική Ισχύς      |       |                         | P <sub>εγκατ.</sub> | Ισχύς Κανονικής Πορείας |                |                    | Ισχύς Χειρισμών |                |                    | Ισχύς εν όρμω |                |                    | Ισχύς ερματισμού |                |                    | Ισχύς χειρισμού φορτίου |                |                    |   |                |                    |
|----|-------------------------------------|------|---|-----------------------|-------|-------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------------|----------------|--------------------|---|----------------|--------------------|
|    |                                     |      |   | P <sub>ον.αποδ.</sub> |       | P <sub>ον.αποροφ.</sub> |                     | N                       | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N               | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N             | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N                | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N                       | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> |
|    |                                     |      |   | PS                    | KW    | KW                      |                     |                         | KW             | KW                 |                 | KW             | KW                 |               | KW             | KW                 |                  | KW             | KW                 |                         | KW             | KW                 |   | KW             |                    |
| 1  | 2                                   | 3    | 4 | 5                     | 6     | 7                       | 8                   | 9                       | 10             | 11                 | 12              | 13             | 14                 | 15            | 16             | 17                 | 18               | 19             | 20                 | 21                      | 22             |                    |   |                |                    |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>            |      |   |                       |       |                         |                     |                         |                |                    |                 |                |                    |               |                |                    |                  |                |                    |                         |                |                    |   |                |                    |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης        | 0,95 | 2 | 101,90                | 75,00 | 78,95                   | 157,89              | 1                       | 0,65           | 51,32              | 1               | 0,65           | 51,32              | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,65           | 51,32              | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 2  | Κύρια αντλία θαλασσινού νερού ψύξης | 0,95 | 2 | 95,11                 | 70,00 | 73,68                   | 147,37              | 1                       | 0,80           | 58,95              | 1               | 0,80           | 58,95              | 1             | 0,60           | 44,21              | 1                | 0,60           | 44,21              | 1                       | 0,60           | 44,21              |   |                |                    |
| 3  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης Κ.Μ.      | 0,85 | 2 | 20,38                 | 15,00 | 17,65                   | 35,29               | 1                       | 0,80           | 14,12              | 1               | 0,80           | 14,12              | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,80           | 14,12              | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 4  | Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.    | 0,95 | 2 | 122,28                | 90,00 | 94,74                   | 189,47              | 1                       | 0,80           | 75,79              | 1               | 0,80           | 75,79              | 1             | 0,60           | 56,84              | 1                | 0,80           | 75,79              | 1                       | 0,60           | 56,84              |   |                |                    |
| 5  | Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης    | 0,80 | 2 | 4,96                  | 3,65  | 4,56                    | 9,13                | 1                       | 0,80           | 3,65               | 1               | 0,80           | 3,65               | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,80           | 3,65               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 6  | Αντλία πετρελαίου                   | 0,80 | 2 | 2,04                  | 1,50  | 1,88                    | 3,75                | 1                       | 0,80           | 1,50               | 1               | 0,80           | 1,50               | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,80           | 1,50               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 7  | Αντλία λίπανσης                     | 0,80 | 2 | 2,72                  | 2,00  | 2,50                    | 5,00                | 1                       | 0,80           | 2,00               | 1               | 0,80           | 2,00               | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,80           | 2,00               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 8  | Βοηθητική παροχή αέρα Κ.Μ.          | 0,95 | 2 | 59,78                 | 44,00 | 46,32                   | 92,63               | 0                       | 0,00           | 0,00               | 2               | 0,80           | 74,11              | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 9  | Στροφέιο Κύριας Μηχανής             | 0,80 | 1 | 4,08                  | 3,00  | 3,75                    | 3,75                | 0                       | 0,00           | 0,00               | 0               | 0,00           | 0,00               | 1             | 0,30           | 1,13               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 10 | Φίλτρο λαδιού λίπανσης              | 0,80 | 1 | 0,27                  | 0,20  | 0,25                    | 0,25                | 1                       | 0,80           | 0,20               | 1               | 0,80           | 0,20               | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,80           | 0,20               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 11 | Ξηραντήρας αέρα                     | 0,80 | 1 | 0,61                  | 0,45  | 0,56                    | 0,56                | 1                       | 0,30           | 0,17               | 1               | 0,30           | 0,17               | 1             | 0,30           | 0,17               | 1                | 0,30           | 0,17               | 1                       | 0,30           | 0,17               |   |                |                    |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |      |   |                       |       |                         |                     |                         |                | <b>207,69</b>      |                 |                | <b>281,79</b>      |               |                | <b>102,35</b>      |                  |                | <b>192,95</b>      |                         |                | <b>101,22</b>      |   |                |                    |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>      |      |   |                       |       |                         |                     |                         |                |                    |                 |                |                    |               |                |                    |                  |                |                    |                         |                |                    |   |                |                    |
| 1  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα | 0,80 | 2 | 0,54                  | 0,40  | 0,50                    | 1,00                | 1                       | 0,80           | 0,40               | 1               | 0,80           | 0,40               | 0             | 0,00           | 0,00               | 1                | 0,80           | 0,40               | 0                       | 0,00           | 0,00               |   |                |                    |
| 2  | Αντλία μεταγγισης πετρελαίου        | 0,85 | 1 | 10,19                 | 7,50  | 8,82                    | 8,82                | 1                       | 0,60           | 5,29               | 1               | 0,60           | 5,29               | 1             | 0,60           | 5,29               | 1                | 0,60           | 5,29               | 1                       | 0,60           | 5,29               |   |                |                    |

|    |                                            |      |   |        |        |               |        |   |      |             |   |      |             |   |      |             |   |      |               |   |      |              |
|----|--------------------------------------------|------|---|--------|--------|---------------|--------|---|------|-------------|---|------|-------------|---|------|-------------|---|------|---------------|---|------|--------------|
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου               | 0,80 | 1 | 2,04   | 1,50   | 1,88          | 1,88   | 1 | 0,30 | 0,56        | 1 | 0,30 | 0,56        | 1 | 0,30 | 0,56        | 1 | 0,30 | 0,56          | 1 | 0,30 | 0,56         |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel                   | 0,80 | 1 | 2,99   | 2,20   | 2,75          | 2,75   | 0 | 0,00 | 0,00        | 1 | 0,60 | 1,65        | 1 | 0,60 | 1,65        | 1 | 0,40 | 1,10          | 1 | 0,40 | 1,10         |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού              | 0,80 | 1 | 2,38   | 1,75   | 2,19          | 2,19   | 1 | 0,30 | 0,66        | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 1 | 0,30 | 0,66          | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης          | 0,80 | 1 | 2,99   | 2,20   | 2,75          | 2,75   | 1 | 0,60 | 1,65        | 1 | 0,60 | 1,65        | 1 | 0,60 | 1,65        | 1 | 0,60 | 1,65          | 1 | 0,60 | 1,65         |
| 7  | Αντλία σεντινών                            | 0,80 | 1 | 2,04   | 1,50   | 1,88          | 1,88   | 1 | 0,30 | 0,56        | 0 | 0,00 | 0,00        | 1 | 0,30 | 0,56        | 1 | 0,30 | 0,56          | 1 | 0,30 | 0,56         |
| 8  | Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας         | 0,80 | 1 | 3,26   | 2,40   | 3,00          | 3,00   | 1 | 0,60 | 1,80        | 1 | 0,60 | 1,80        | 1 | 0,60 | 1,80        | 1 | 0,60 | 1,80          | 1 | 0,60 | 1,80         |
| 9  | Αντλία πόσιμου νερού                       | 0,80 | 2 | 5,03   | 3,70   | 4,63          | 9,25   | 1 | 0,60 | 2,78        | 1 | 0,60 | 2,78        | 1 | 0,60 | 2,78        | 1 | 0,60 | 2,78          | 1 | 0,60 | 2,78         |
| 10 | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού            | 0,80 | 1 | 1,02   | 0,75   | 0,94          | 0,94   | 1 | 0,60 | 0,56        | 1 | 0,60 | 0,56        | 1 | 0,60 | 0,56        | 1 | 0,60 | 0,56          | 1 | 0,60 | 0,56         |
| 11 | Δεξαμενή θέρμανσης νερού                   | 0,90 | 1 | 32,61  | 24,00  | 26,67         | 26,67  | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 1 | 0,60 | 16,00       | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 12 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης           | 0,95 | 2 | 74,73  | 55,00  | 57,89         | 115,79 | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 46,32        |
| 13 | Αντλία ερματισμού                          | 0,95 | 2 | 149,46 | 110,00 | <b>115,79</b> | 231,58 | 0 | 0,00 | <b>0,00</b> | 0 | 0,00 | <b>0,00</b> | 0 | 0,00 | <b>0,00</b> | 2 | 0,80 | <b>185,26</b> | 1 | 0,80 | <b>92,63</b> |
| 14 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 0,85 | 2 | 11,68  | 8,60   | 10,12         | 20,24  | 1 | 0,60 | 6,07        | 1 | 0,60 | 6,07        | 1 | 0,60 | 6,07        | 1 | 0,60 | 6,07          | 1 | 0,60 | 6,07         |
| 15 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης              | 0,85 | 2 | 8,70   | 6,40   | 7,53          | 15,06  | 1 | 0,60 | 4,52        | 1 | 0,60 | 4,52        | 1 | 0,60 | 4,52        | 1 | 0,60 | 4,52          | 1 | 0,60 | 4,52         |
| 16 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης            | 0,90 | 2 | 53,26  | 39,20  | 43,56         | 87,11  | 1 | 0,30 | 13,07       | 1 | 0,30 | 13,07       | 1 | 0,30 | 13,07       | 1 | 0,30 | 13,07         | 1 | 0,30 | 13,07        |
| 17 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                  | 0,90 | 1 | 33,97  | 25,00  | 27,78         | 27,78  | 0 | 0,00 | 0,00        | 1 | 0,80 | 22,22       | 1 | 0,80 | 22,22       | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 18 | Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης           | 0,85 | 1 | 8,56   | 6,30   | 7,41          | 7,41   | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου | 0,80 | 1 | 1,77   | 1,30   | 1,63          | 1,63   | 1 | 0,60 | 0,98        | 1 | 0,60 | 0,98        | 1 | 0,60 | 0,98        | 1 | 0,60 | 0,98          | 1 | 0,60 | 0,98         |
| 20 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού     | 0,80 | 1 | 1,77   | 1,30   | 1,63          | 1,63   | 1 | 0,60 | 0,98        | 1 | 0,60 | 0,98        | 1 | 0,60 | 0,98        | 1 | 0,60 | 0,98          | 1 | 0,60 | 0,98         |
| 21 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων              | 0,85 | 1 | 27,17  | 20,00  | 23,53         | 23,53  | 0 | 0,00 | 0,00        | 0 | 0,00 | 0,00        | 1 | 0,20 | 4,71        | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 22 | Αντλία προλίπανσης                         | 0,80 | 3 | 1,26   | 0,93   | 1,16          | 3,49   | 2 | 0,80 | 1,86        | 1 | 0,80 | 0,93        | 2 | 0,80 | 1,86        | 1 | 0,80 | 0,93          | 1 | 0,80 | 0,93         |



|    |                                            |      |   |       |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |               |   |      |               |  |
|----|--------------------------------------------|------|---|-------|-------|-------|-------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|---------------|---|------|---------------|--|
|    | ηλεκτρογεννητριών                          |      |   |       |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |               |   |      |               |  |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών    | 0,80 | 2 | 0,37  | 0,27  | 0,34  | 0,68  | 1 | 0,80 | 0,27         | 1 | 0,80 | 0,27         | 1 | 0,80 | 0,27         | 1 | 0,80 | 0,27          | 1 | 0,80 | 0,27          |  |
| 24 | Αντλία μετάγγισης υψηλής πίεσης γεννητριών | 0,80 | 2 | 0,86  | 0,63  | 0,79  | 1,58  | 1 | 0,80 | 0,63         | 1 | 0,80 | 0,63         | 1 | 0,80 | 0,63         | 1 | 0,80 | 0,63          | 0 | 0,00 | 0,00          |  |
| 25 | Αντλία μετάγγισης diesel γεννητριών        | 0,80 | 1 | 0,23  | 0,17  | 0,21  | 0,21  | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          |  |
| 26 | Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων                | 0,85 | 1 | 8,97  | 6,60  | 7,76  | 7,76  | 1 | 0,30 | 2,33         | 1 | 0,30 | 2,33         | 1 | 0,30 | 2,33         | 1 | 0,30 | 2,33          | 1 | 0,30 | 2,33          |  |
| 27 | Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων              | 0,80 | 1 | 5,71  | 4,20  | 5,25  | 5,25  | 1 | 0,30 | 1,58         | 1 | 0,30 | 1,58         | 1 | 0,30 | 1,58         | 1 | 0,30 | 1,58          | 1 | 0,30 | 1,58          |  |
| 28 | Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού              | 0,90 | 1 | 29,08 | 21,40 | 23,78 | 23,78 | 1 | 0,60 | 14,27        | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,60 | 14,27         | 0 | 0,00 | 0,00          |  |
| 29 | Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας                 | 0,90 | 1 | 33,97 | 25,00 | 27,78 | 27,78 | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          |  |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |      |   |       |       |       |       |   |      | <b>60,80</b> |   |      | <b>68,26</b> |   |      | <b>90,05</b> |   |      | <b>246,23</b> |   |      | <b>183,96</b> |  |
|    | <b>ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ &amp; ΛΕΒΗΤΑΣ</b>         |      |   |       |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |               |   |      |               |  |
| 1  | Αποτεφρωτήρας                              | 0,85 | 1 | 20,38 | 15,00 | 17,65 | 17,65 | 1 | 0,30 | 5,29         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 5,29          | 0 | 0,00 | 0,00          |  |
| 2  | Καυστήρας λέβητα                           | 0,80 | 1 | 6,11  | 4,50  | 5,63  | 5,63  | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,80 | 4,50         | 1 | 0,80 | 4,50         | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 4,50          |  |
| 3  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα        | 0,45 | 2 | 0,61  | 0,45  | 1,00  | 2,00  | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,80 | 0,80         | 1 | 0,80 | 0,80         | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 0,80          |  |
| 4  | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα            | 0,80 | 2 | 2,99  | 2,20  | 2,75  | 5,50  | 1 | 0,80 | 2,20         | 1 | 0,80 | 2,20         | 1 | 0,80 | 2,20         | 1 | 0,80 | 2,20          | 1 | 0,80 | 2,20          |  |
| 5  | Προθερμαντήρας λέβητα                      | 0,85 | 1 | 9,65  | 7,10  | 8,35  | 8,35  | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 1,00 | 8,35         | 1 | 1,00 | 8,35         | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 1,00 | 8,35          |  |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |      |   |       |       |       |       |   |      | <b>7,49</b>  |   |      | <b>15,85</b> |   |      | <b>15,85</b> |   |      | <b>7,49</b>   |   |      | <b>15,85</b>  |  |
|    | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>            |      |   |       |       |       |       |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |               |   |      |               |  |
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης                  | 0,85 | 1 | 21,74 | 16,00 | 18,82 | 18,82 | 1 | 0,20 | 3,76         | 1 | 0,20 | 3,76         | 1 | 0,30 | 5,65         | 1 | 0,20 | 3,76          | 1 | 0,30 | 5,65          |  |
| 2  | Δράπανο                                    | 0,80 | 1 | 0,95  | 0,70  | 0,88  | 0,88  | 1 | 0,20 | 0,18         | 1 | 0,20 | 0,18         | 1 | 0,30 | 0,26         | 1 | 0,20 | 0,18          | 1 | 0,30 | 0,26          |  |
| 3  | Τόρνος                                     | 0,80 | 1 | 4,08  | 3,00  | 3,75  | 3,75  | 1 | 0,20 | 0,75         | 1 | 0,20 | 0,75         | 1 | 0,30 | 1,13         | 1 | 0,20 | 0,75          | 1 | 0,30 | 1,13          |  |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                          | 0,80 | 1 | 0,27  | 0,20  | 0,25  | 0,25  | 1 | 0,20 | 0,05         | 1 | 0,20 | 0,05         | 1 | 0,30 | 0,08         | 1 | 0,20 | 0,05          | 1 | 0,30 | 0,08          |  |
| 5  | Γερανός                                    | 0,85 | 1 | 9,92  | 7,30  | 8,59  | 8,59  | 1 | 0,20 | 1,72         | 1 | 0,20 | 1,72         | 1 | 0,30 | 2,58         | 1 | 0,20 | 1,72          | 1 | 0,30 | 2,58          |  |

|           |                                    |      |   |        |       |       |        |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
|-----------|------------------------------------|------|---|--------|-------|-------|--------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|--------------|
|           | Μηχανοστασίου                      |      |   |        |       |       |        |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                      |      |   |        |       |       |        |   |      | <b>6,46</b>  |   |      | <b>6,46</b>  |   |      | <b>9,69</b>  |   |      | <b>6,46</b>  |   |      | <b>9,69</b>  |
|           | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ<br/>ΨΥΞΕΩΣ</b>        |      |   |        |       |       |        |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
| <b>1</b>  | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού    | 0,85 | 2 | 13,59  | 10,00 | 11,76 | 23,53  | 2 | 0,60 | 14,12        | 2 | 0,60 | 14,12        | 2 | 0,60 | 14,12        | 2 | 0,60 | 14,12        | 2 | 0,60 | 14,12        |
| <b>2</b>  | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού     | 0,95 | 1 | 84,24  | 62,00 | 65,26 | 65,26  | 1 | 0,60 | 39,16        | 1 | 0,60 | 39,16        | 1 | 0,60 | 39,16        | 1 | 0,60 | 39,16        | 1 | 0,60 | 39,16        |
| <b>3</b>  | Συμπιεστής μονάδας ψύξης           | 0,85 | 2 | 17,66  | 13,00 | 15,29 | 30,59  | 1 | 0,60 | 9,18         | 1 | 0,60 | 9,18         | 1 | 0,60 | 9,18         | 1 | 0,60 | 9,18         | 1 | 0,60 | 9,18         |
| <b>4</b>  | Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών       | 0,80 | 1 | 1,09   | 0,80  | 1,00  | 1,00   | 1 | 0,60 | 0,60         | 1 | 0,60 | 0,60         | 1 | 0,60 | 0,60         | 1 | 0,60 | 0,60         | 1 | 0,60 | 0,60         |
| <b>5</b>  | Θερμαντήρας χώρου προμηθειών       | 0,85 | 1 | 24,46  | 18,00 | 21,18 | 21,18  | 1 | 0,10 | 2,12         | 1 | 0,10 | 2,12         | 1 | 0,10 | 2,12         | 1 | 0,10 | 2,12         | 1 | 0,10 | 2,12         |
| <b>6</b>  | Μονάδα κλιματισμού ecr             | 0,85 | 1 | 10,73  | 7,90  | 9,29  | 9,29   | 1 | 0,60 | 5,58         | 1 | 0,60 | 5,58         | 1 | 0,60 | 5,58         | 1 | 0,60 | 5,58         | 1 | 0,60 | 5,58         |
| <b>7</b>  | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας  | 0,85 | 1 | 13,59  | 10,00 | 11,76 | 11,76  | 1 | 0,60 | 7,06         | 1 | 0,60 | 7,06         | 1 | 0,60 | 7,06         | 1 | 0,60 | 7,06         | 1 | 0,60 | 7,06         |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                      |      |   |        |       |       |        |   |      | <b>77,80</b> |   |      | <b>77,80</b> |   |      | <b>77,80</b> |   |      | <b>77,80</b> |   |      | <b>77,80</b> |
|           | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ<br/>ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b> |      |   |        |       |       |        |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |   |      |              |
| <b>1</b>  | Σύστημα πηδαλιουχίας               | 0,90 | 2 | 44,84  | 33,00 | 36,67 | 73,33  | 1 | 0,30 | 11,00        | 2 | 0,30 | 22,00        | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 11,00        | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>2</b>  | Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας     | 0,80 | 2 | 0,54   | 0,40  | 0,50  | 1,00   | 1 | 0,30 | 0,15         | 2 | 0,30 | 0,30         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 0,15         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>3</b>  | Αντλία εργάτη άγκυρας              | 0,95 | 2 | 122,28 | 90,00 | 94,74 | 189,47 | 0 | 0,00 | 0,00         | 2 | 0,60 | 113,68       | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>4</b>  | Αντλία εργάτη πρυμνησίων           | 0,95 | 2 | 101,90 | 75,00 | 78,95 | 157,89 | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,60 | 47,37        | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>5</b>  | Γερανός πετρέλευσης                | 0,80 | 2 | 5,43   | 4,00  | 5,00  | 10,00  | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 1,50         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 1,50         |
| <b>6</b>  | Γερανός προμηθειών                 | 0,85 | 1 | 17,26  | 12,70 | 14,94 | 14,94  | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 4,48         | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 4,48         |
| <b>7</b>  | Βίντσι σωσίβιας λέμβου             | 0,85 | 1 | 11,55  | 8,50  | 10,00 | 10,00  | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>8</b>  | Βίντσι λέμβου διάσωσης             | 0,85 | 1 | 13,99  | 10,30 | 12,12 | 12,12  | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>9</b>  | Σκάλες επιβίβασης πλοίου           | 0,85 | 2 | 8,15   | 6,00  | 7,06  | 14,12  | 0 | 0,00 | 0,00         | 1 | 0,30 | 2,12         | 1 | 0,30 | 2,12         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |
| <b>10</b> | Σκάλες επιβίβασης                  | 0,80 | 2 | 5,43   | 4,00  | 5,00  | 10,00  | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         |

|           |                                        |      |    |       |       |       |       |    |      |              |    |      |               |    |      |              |    |      |              |    |      |              |  |
|-----------|----------------------------------------|------|----|-------|-------|-------|-------|----|------|--------------|----|------|---------------|----|------|--------------|----|------|--------------|----|------|--------------|--|
|           | πιλότου                                |      |    |       |       |       |       |    |      |              |    |      |               |    |      |              |    |      |              |    |      |              |  |
| <b>11</b> | Βοηθητική σκάλα                        | 0,80 | 2  | 3,40  | 2,50  | 3,13  | 6,25  | 0  | 0,00 | 0,00         | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00         | 0  | 0,00 | 0,00         | 0  | 0,00 | 0,00         |  |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |       |       |       |       |    |      | <b>11,15</b> |    |      | <b>185,47</b> |    |      | <b>8,10</b>  |    |      | <b>11,15</b> |    |      | <b>5,98</b>  |  |
|           | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                      |      |    |       |       |       |       |    |      |              |    |      |               |    |      |              |    |      |              |    |      |              |  |
| <b>1</b>  | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου              | 0,85 | 4  | 17,26 | 12,70 | 14,94 | 59,76 | 4  | 0,80 | 47,81        | 4  | 0,80 | 47,81         | 4  | 0,80 | 47,81        | 4  | 0,80 | 47,81        | 4  | 0,80 | 47,81        |  |
| <b>2</b>  | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων        | 0,80 | 1  | 5,43  | 4,00  | 5,00  | 5,00  | 1  | 0,80 | 4,00         | 1  | 0,80 | 4,00          | 1  | 0,80 | 4,00         | 1  | 0,80 | 4,00         | 1  | 0,80 | 4,00         |  |
| <b>3</b>  | Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας         | 0,80 | 1  | 2,04  | 1,50  | 1,88  | 1,88  | 1  | 0,80 | 1,50         | 1  | 0,80 | 1,50          | 1  | 0,80 | 1,50         | 1  | 0,80 | 1,50         | 1  | 0,80 | 1,50         |  |
| <b>4</b>  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 0,80 | 1  | 5,43  | 4,00  | 5,00  | 5,00  | 1  | 0,80 | 4,00         | 1  | 0,80 | 4,00          | 1  | 0,80 | 4,00         | 1  | 0,80 | 4,00         | 1  | 0,80 | 4,00         |  |
| <b>5</b>  | Ανεμιστήρες χώρων ενδιάιτησης          | 0,80 | 20 | 0,11  | 0,08  | 0,10  | 2,00  | 20 | 0,80 | 1,60         | 20 | 0,80 | 1,60          | 20 | 0,80 | 1,60         | 20 | 0,80 | 1,60         | 20 | 0,80 | 1,60         |  |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |       |       |       |       |    |      | <b>58,91</b> |    |      | <b>58,91</b>  |    |      | <b>58,91</b> |    |      | <b>58,91</b> |    |      | <b>58,91</b> |  |
|           | <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>             |      |    |       |       |       |       |    |      |              |    |      |               |    |      |              |    |      |              |    |      |              |  |
| <b>1</b>  | Βραστήρας                              | 0,85 | 1  | 16,58 | 12,20 | 14,35 | 14,35 | 1  | 0,30 | 4,31         | 1  | 0,30 | 4,31          | 1  | 0,30 | 4,31         | 1  | 0,30 | 4,31         | 1  | 0,30 | 4,31         |  |
| <b>2</b>  | Κουζίνα-Εστίες                         | 0,90 | 1  | 27,85 | 20,50 | 22,78 | 22,78 | 1  | 0,30 | 6,83         | 1  | 0,30 | 6,83          | 1  | 0,30 | 6,83         | 1  | 0,30 | 6,83         | 1  | 0,30 | 6,83         |  |
| <b>3</b>  | Πλυντήριο πιάτων                       | 0,85 | 1  | 9,24  | 6,80  | 8,00  | 8,00  | 1  | 0,30 | 2,40         | 1  | 0,30 | 2,40          | 1  | 0,30 | 2,40         | 1  | 0,30 | 2,40         | 1  | 0,30 | 2,40         |  |
| <b>4</b>  | Βραστήρας νερού                        | 0,80 | 1  | 4,08  | 3,00  | 3,75  | 3,75  | 1  | 0,30 | 1,13         | 1  | 0,30 | 1,13          | 1  | 0,30 | 1,13         | 1  | 0,30 | 1,13         | 1  | 0,30 | 1,13         |  |
| <b>5</b>  | Φριτέζα                                | 0,85 | 1  | 19,02 | 14,00 | 16,47 | 16,47 | 1  | 0,30 | 4,94         | 1  | 0,30 | 4,94          | 1  | 0,30 | 4,94         | 1  | 0,30 | 4,94         | 1  | 0,30 | 4,94         |  |
| <b>6</b>  | Πλυντήριο                              | 0,85 | 1  | 12,23 | 9,00  | 10,59 | 10,59 | 1  | 0,30 | 3,18         | 1  | 0,30 | 3,18          | 1  | 0,30 | 3,18         | 1  | 0,30 | 3,18         | 1  | 0,30 | 3,18         |  |
| <b>7</b>  | Στεγνωτήριο                            | 0,85 | 1  | 11,28 | 8,30  | 9,76  | 9,76  | 1  | 0,30 | 2,93         | 1  | 0,30 | 2,93          | 1  | 0,30 | 2,93         | 1  | 0,30 | 2,93         | 1  | 0,30 | 2,93         |  |
| <b>8</b>  | Διάφορα μηχανήματα                     | 0,85 | 20 | 1,02  | 0,75  | 0,88  | 17,65 | 20 | 0,30 | 5,29         | 20 | 0,30 | 5,29          | 20 | 0,30 | 5,29         | 20 | 0,30 | 5,29         | 20 | 0,30 | 5,29         |  |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |       |       |       |       |    |      | <b>31,01</b> |    |      | <b>31,01</b>  |    |      | <b>31,01</b> |    |      | <b>31,01</b> |    |      | <b>31,01</b> |  |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>                |      |    |       |       |       |       |    |      |              |    |      |               |    |      |              |    |      |              |    |      |              |  |
| <b>1</b>  | Εξωτερικός φωτισμός                    | 0,90 | 1  | 28,53 | 21,00 | 23,33 | 23,33 | 0  | 0,00 | 0,00         | 1  | 0,80 | 18,67         | 1  | 0,80 | 18,67        | 1  | 0,80 | 18,67        | 1  | 0,80 | 18,67        |  |
| <b>2</b>  | Φωτισμός μηχανοστασίου                 | 0,85 | 1  | 9,51  | 7,00  | 8,24  | 8,24  | 1  | 1,00 | 8,24         | 1  | 1,00 | 8,24          | 1  | 1,00 | 8,24         | 1  | 1,00 | 8,24         | 1  | 1,00 | 8,24         |  |
| <b>3</b>  | Φωτισμός ανάγκης                       | 0,85 | 1  | 9,51  | 7,00  | 8,24  | 8,24  | 1  | 0,60 | 4,94         | 1  | 0,60 | 4,94          | 1  | 0,60 | 4,94         | 1  | 0,60 | 4,94         | 1  | 0,60 | 4,94         |  |
| <b>4</b>  | Φωτισμός ενδιάιτησεως                  | 0,85 | 1  | 16,30 | 12,00 | 14,12 | 14,12 | 1  | 0,80 | 11,29        | 1  | 0,80 | 11,29         | 1  | 0,80 | 11,29        | 1  | 0,80 | 11,29        | 1  | 0,80 | 11,29        |  |
| <b>5</b>  | Φωτισμός ναυσιπλοΐας                   | 0,80 | 1  | 3,53  | 2,60  | 3,25  | 3,25  | 1  | 0,20 | 0,65         | 1  | 0,20 | 0,65          | 1  | 0,20 | 0,65         | 1  | 0,20 | 0,65         | 1  | 0,20 | 0,65         |  |

|   |                                     |      |    |      |      |      |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |    |      |               |
|---|-------------------------------------|------|----|------|------|------|-------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|----|------|---------------|
| 6 | Φωτισμός χώρων φορτίου              | 0,80 | 28 | 0,41 | 0,30 | 0,38 | 10,50 | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 28 | 0,30 | 3,15          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |      |    |      |      |      |       |   |      | <b>25,12</b>  |   |      | <b>43,79</b>  |   |      | <b>43,79</b>  |   |      | <b>43,79</b>  |    |      | <b>46,94</b>  |
|   | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                      |      |    |      |      |      |       |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |    |      |               |
| 1 | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας   | 0,80 | 1  | 3,80 | 2,80 | 3,50 | 3,50  | 1 | 0,40 | 1,40          | 1 | 0,40 | 1,40          | 1 | 0,20 | 0,70          | 1 | 0,40 | 1,40          | 1  | 0,20 | 0,70          |
| 2 | Φορτιστής μπαταριών                 | 0,80 | 1  | 1,22 | 0,90 | 1,13 | 1,13  | 1 | 0,50 | 0,56          | 1 | 0,50 | 0,56          | 1 | 0,50 | 0,56          | 1 | 0,50 | 0,56          | 1  | 0,50 | 0,56          |
| 3 | Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας      | 0,80 | 1  | 4,76 | 3,50 | 4,38 | 4,38  | 1 | 0,40 | 1,75          | 1 | 0,40 | 1,75          | 1 | 0,20 | 0,88          | 1 | 0,40 | 1,75          | 1  | 0,30 | 1,31          |
| 4 | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας | 0,80 | 2  | 1,63 | 1,20 | 1,50 | 3,00  | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 1,20          | 0  | 0,00 | 0,00          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |      |    |      |      |      |       |   |      | <b>3,71</b>   |   |      | <b>3,71</b>   |   |      | <b>2,14</b>   |   |      | <b>4,91</b>   |    |      | <b>2,58</b>   |
|   | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                |      |    |      |      |      |       |   |      | <b>490,14</b> |   |      | <b>773,05</b> |   |      | <b>439,69</b> |   |      | <b>680,71</b> |    |      | <b>533,94</b> |

Ο πίνακας 6.10 δείχνει τον αναλυτικό ηλεκτρικό ισολογισμό του bulk carrier στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Για τα φορτία που είναι σε λειτουργία στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης, έχει ληφθεί συντελεστής λειτουργίας  $f_s$  ίσος με 1 για λόγους ασφαλείας.

**Πίνακας 6.10** Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του bulk carrier στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                         | $\eta$ | N | Ονομαστική Ισχύς      |        |                         | Ισχύς Κατάστασης ανάγκης |       |                    |
|----|-------------------------------------|--------|---|-----------------------|--------|-------------------------|--------------------------|-------|--------------------|
|    |                                     |        |   | $P_{\text{ον.αποδ.}}$ |        | $P_{\text{ον.αποροφ.}}$ | N                        | $f_s$ | $P_{\text{λειτ.}}$ |
|    |                                     |        |   | PS                    | KW     | KW                      |                          |       | KW                 |
| 1  | 2                                   | 3      | 4 | 5                     | 6      | 7                       | 8                        | 9     |                    |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>            |        |   |                       |        |                         |                          |       |                    |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης        | 0,95   | 2 | 101,90                | 75,00  | 78,95                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 2  | Κύρια αντλία θαλασσινού νερού ψύξης | 0,95   | 2 | 95,11                 | 70,00  | 73,68                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 3  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης Κ.Μ.      | 0,85   | 2 | 20,38                 | 15,00  | 17,65                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 4  | Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.    | 0,95   | 2 | 122,28                | 90,00  | 94,74                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 5  | Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης    | 0,80   | 2 | 4,96                  | 3,65   | 4,56                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 6  | Αντλία πετρελαίου                   | 0,80   | 2 | 2,04                  | 1,50   | 1,88                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 7  | Αντλία λίπανσης                     | 0,80   | 2 | 2,72                  | 2,00   | 2,50                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 8  | Βοηθητική παροχή αέρα Κ.Μ.          | 0,95   | 2 | 59,78                 | 44,00  | 46,32                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 9  | Στροφέιο Κύριας Μηχανής             | 0,80   | 1 | 4,08                  | 3,00   | 3,75                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 10 | Φίλτρο λαδιού λίπανσης              | 0,80   | 1 | 0,27                  | 0,20   | 0,25                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 11 | Ξηραντήρας αέρα                     | 0,80   | 1 | 0,61                  | 0,45   | 0,56                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |        |   |                       |        |                         |                          |       | <b>0,00</b>        |
|    |                                     |        |   |                       |        |                         |                          |       |                    |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>      |        |   |                       |        |                         |                          |       |                    |
| 1  | Αντλίες λίπανσης χροάνης ελικ.άξονα | 0,80   | 2 | 0,54                  | 0,40   | 0,50                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 2  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου        | 0,85   | 1 | 10,19                 | 7,50   | 8,82                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου        | 0,80   | 1 | 2,04                  | 1,50   | 1,88                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel            | 0,80   | 1 | 2,99                  | 2,20   | 2,75                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού       | 0,80   | 1 | 2,38                  | 1,75   | 2,19                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης   | 0,80   | 1 | 2,99                  | 2,20   | 2,75                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 7  | Αντλία σεντινών                     | 0,80   | 1 | 2,04                  | 1,50   | 1,88                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 8  | Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας  | 0,80   | 1 | 3,26                  | 2,40   | 3,00                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 9  | Αντλία πόσιμο νερού                 | 0,80   | 2 | 5,03                  | 3,70   | 4,63                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 10 | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού     | 0,80   | 1 | 1,02                  | 0,75   | 0,94                    | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 11 | Δεξαμενή θέρμανσης νερού            | 0,90   | 1 | 32,61                 | 24,00  | 26,67                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 12 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης    | 0,95   | 2 | 74,73                 | 55,00  | 57,89                   | 0                        | 0,00  | 0,00               |
| 13 | Αντλία ερματισμού                   | 0,95   | 2 | 149,46                | 110,00 | 115,79                  | 0                        | 0,00  | 0,00               |

|    |                                            |      |   |       |       |       |   |      |              |
|----|--------------------------------------------|------|---|-------|-------|-------|---|------|--------------|
| 14 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 0,85 | 2 | 11,68 | 8,60  | 10,12 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 15 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης              | 0,85 | 2 | 8,70  | 6,40  | 7,53  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 16 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης            | 0,90 | 2 | 53,26 | 39,20 | 43,56 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 17 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                  | 0,90 | 1 | 33,97 | 25,00 | 27,78 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 18 | Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης           | 0,85 | 1 | 8,56  | 6,30  | 7,41  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου | 0,80 | 1 | 1,77  | 1,30  | 1,63  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 20 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού     | 0,80 | 1 | 1,77  | 1,30  | 1,63  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 21 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων              | 0,85 | 1 | 27,17 | 20,00 | 23,53 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών       | 0,80 | 3 | 1,26  | 0,93  | 1,16  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών    | 0,80 | 2 | 0,37  | 0,27  | 0,34  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 24 | Αντλία μετάγγισης υψηλής πίεσης γεννητριών | 0,80 | 2 | 0,86  | 0,63  | 0,79  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 25 | Αντλία μετάγγισης diesel γεννητριών        | 0,80 | 1 | 0,23  | 0,17  | 0,21  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 26 | Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων                | 0,85 | 1 | 8,97  | 6,60  | 7,76  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 27 | Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων              | 0,80 | 1 | 5,71  | 4,20  | 5,25  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 28 | Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού              | 0,90 | 1 | 29,08 | 21,40 | 23,78 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 29 | Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας                 | 0,90 | 1 | 33,97 | 25,00 | 27,78 | 1 | 1,00 | 27,78        |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |      |   |       |       |       |   |      | <b>27,78</b> |
|    |                                            |      |   |       |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ &amp; ΛΕΒΗΤΑΣ</b>         |      |   |       |       |       |   |      |              |
| 1  | Αποτεφρωτήρας                              | 0,85 | 1 | 20,38 | 15,00 | 17,65 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 2  | Καυστήρας λέβητα                           | 0,80 | 1 | 6,11  | 4,50  | 5,63  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 3  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα        | 0,45 | 2 | 0,61  | 0,45  | 1,00  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 4  | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα            | 0,80 | 2 | 2,99  | 2,20  | 2,75  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 5  | Προθερμαντήρας λέβητα                      | 0,85 | 1 | 9,65  | 7,10  | 8,35  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |      |   |       |       |       |   |      | <b>0,00</b>  |
|    |                                            |      |   |       |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>            |      |   |       |       |       |   |      |              |
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης                  | 0,85 | 1 | 21,74 | 16,00 | 18,82 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 2  | Δράπανο                                    | 0,80 | 1 | 0,95  | 0,70  | 0,88  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 3  | Τόρνος                                     | 0,80 | 1 | 4,08  | 3,00  | 3,75  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                          | 0,80 | 1 | 0,27  | 0,20  | 0,25  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 5  | Γερανός Μηχανοστασίου                      | 0,85 | 1 | 9,92  | 7,30  | 8,59  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |      |   |       |       |       |   |      | <b>0,00</b>  |
|    |                                            |      |   |       |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ</b>                    |      |   |       |       |       |   |      |              |
| 1  | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού            | 0,85 | 2 | 13,59 | 10,00 | 11,76 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 2  | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού             | 0,95 | 1 | 84,24 | 62,00 | 65,26 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 3  | Συμπιεστής μονάδας ψύξης                   | 0,85 | 2 | 17,66 | 13,00 | 15,29 | 0 | 0,00 | 0,00         |

|    |                                        |      |    |        |       |       |   |      |              |
|----|----------------------------------------|------|----|--------|-------|-------|---|------|--------------|
| 4  | Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών           | 0,80 | 1  | 1,09   | 0,80  | 1,00  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 5  | Θερμαντήρας χώρου προμηθειών           | 0,85 | 1  | 24,46  | 18,00 | 21,18 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 6  | Μονάδα κλιματισμού εκτ                 | 0,85 | 1  | 10,73  | 7,90  | 9,29  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 7  | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας      | 0,85 | 1  | 13,59  | 10,00 | 11,76 | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |        |       |       |   |      | <b>0,00</b>  |
|    |                                        |      |    |        |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>         |      |    |        |       |       |   |      |              |
| 1  | Σύστημα πηδαλιουχίας                   | 0,90 | 2  | 44,84  | 33,00 | 36,67 | 1 | 1,00 | 36,67        |
| 2  | Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας         | 0,80 | 2  | 0,54   | 0,40  | 0,50  | 1 | 1,00 | 0,50         |
| 3  | Αντλία εργάτη άγκυρας                  | 0,95 | 2  | 122,28 | 90,00 | 94,74 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 4  | Αντλία εργάτη πρυμνησίων               | 0,95 | 2  | 101,90 | 75,00 | 78,95 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 5  | Γερανός πετρέλευσης                    | 0,80 | 2  | 5,43   | 4,00  | 5,00  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 6  | Γερανός προμηθειών                     | 0,85 | 1  | 17,26  | 12,70 | 14,94 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 7  | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                 | 0,85 | 1  | 11,55  | 8,50  | 10,00 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 8  | Βίντσι λέμβου διάσωσης                 | 0,85 | 1  | 13,99  | 10,30 | 12,12 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 9  | Σκάλες επιβίβασης πλοίου               | 0,85 | 2  | 8,15   | 6,00  | 7,06  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 10 | Σκάλες επιβίβασης πιλότου              | 0,80 | 2  | 5,43   | 4,00  | 5,00  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 11 | Βοηθητική σκάλα                        | 0,80 | 2  | 3,40   | 2,50  | 3,13  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |        |       |       |   |      | <b>37,17</b> |
|    |                                        |      |    |        |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                      |      |    |        |       |       |   |      |              |
| 1  | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου              | 0,85 | 4  | 17,26  | 12,70 | 14,94 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 2  | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων        | 0,80 | 1  | 5,43   | 4,00  | 5,00  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 3  | Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας         | 0,80 | 1  | 2,04   | 1,50  | 1,88  | 1 | 1,00 | 1,88         |
| 4  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 0,80 | 1  | 5,43   | 4,00  | 5,00  | 1 | 1,00 | 5,00         |
| 5  | Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης          | 0,80 | 20 | 0,11   | 0,08  | 0,10  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |        |       |       |   |      | <b>6,88</b>  |
|    |                                        |      |    |        |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>             |      |    |        |       |       |   |      |              |
| 1  | Βραστήρας                              | 0,85 | 1  | 16,58  | 12,20 | 14,35 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 2  | Κουζίνα-Εστίες                         | 0,90 | 1  | 27,85  | 20,50 | 22,78 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 3  | Πλυντήριο πιάτων                       | 0,85 | 1  | 9,24   | 6,80  | 8,00  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 4  | Βραστήρας νερού                        | 0,80 | 1  | 4,08   | 3,00  | 3,75  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 5  | Φριτέζα                                | 0,85 | 1  | 19,02  | 14,00 | 16,47 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 6  | Πλυντήριο                              | 0,85 | 1  | 12,23  | 9,00  | 10,59 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 7  | Στεγνωτήριο                            | 0,85 | 1  | 11,28  | 8,30  | 9,76  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 8  | Διάφορα μηχανήματα                     | 0,85 | 20 | 1,02   | 0,75  | 0,88  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |      |    |        |       |       |   |      | <b>0,00</b>  |
|    |                                        |      |    |        |       |       |   |      |              |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>                |      |    |        |       |       |   |      |              |

|   |                                     |      |    |       |       |       |   |      |              |
|---|-------------------------------------|------|----|-------|-------|-------|---|------|--------------|
| 1 | Εξωτερικός φωτισμός                 | 0,90 | 1  | 28,53 | 21,00 | 23,33 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 2 | Φωτισμός μηχανοστασίου              | 0,85 | 1  | 9,51  | 7,00  | 8,24  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 3 | Φωτισμός ανάγκης                    | 0,85 | 1  | 9,51  | 7,00  | 8,24  | 1 | 1,00 | 8,24         |
| 4 | Φωτισμός ενδειατήσεως               | 0,85 | 1  | 16,30 | 12,00 | 14,12 | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 5 | Φωτισμός ναυσιπλοΐας                | 0,80 | 1  | 3,53  | 2,60  | 3,25  | 0 | 0,00 | 0,00         |
| 6 | Φωτισμός χώρων φορτίου              | 0,80 | 28 | 0,41  | 0,30  | 0,38  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |      |    |       |       |       |   |      | <b>8,24</b>  |
|   |                                     |      |    |       |       |       |   |      |              |
|   | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                      |      |    |       |       |       |   |      |              |
| 1 | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας   | 0,80 | 1  | 3,80  | 2,80  | 3,50  | 1 | 1,00 | 3,50         |
| 2 | Φορτιστής μπαταριών                 | 0,80 | 1  | 1,22  | 0,90  | 1,13  | 1 | 1,00 | 1,13         |
| 3 | Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας      | 0,80 | 1  | 4,76  | 3,50  | 4,38  | 1 | 1,00 | 4,38         |
| 4 | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας | 0,80 | 2  | 1,63  | 1,20  | 1,50  | 0 | 0,00 | 0,00         |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |      |    |       |       |       |   |      | <b>9,00</b>  |
|   | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                |      |    |       |       |       |   |      | <b>89,05</b> |

### 6.2.2 Επιλογή κύριων γεννητριών και γεννήτριας έκτακτης ανάγκης

- ❖ Θα πρέπει με μια γεννήτρια εκτός λειτουργίας, να είναι δυνατή η τροφοδότηση όλων των μηχανημάτων, που είναι απαραίτητα για την ασφάλεια και πρόωση του πλοίου και τη διατήρηση του φορτίου σε καλή κατάσταση. Επομένως επιλέγονται τρεις γεννήτριες, εκ των οποίων η μια θα προορίζεται μόνο για λειτουργία στην κατάσταση εν όρμω, ενώ οι άλλες δυο μαζί σε παράλληλη λειτουργία θα καλύπτουν το συνολικό φορτίο στη δυσμενέστερη κατάσταση όπως προκύπτει από τον ισολογισμό (κατάσταση χειρισμών). Σε περίπτωση βλάβης της μιας από τις δύο γεννήτριες, η γεννήτρια για χρήση εν όρμω μπορεί να παραλληλιστεί με την απομένουσα εν λειτουργία γεννήτρια ώστε να καλυφθεί το φορτίο ακόμη και στην κατάσταση χειρότερης φόρτισης.

Άρα οι δύο μαζί από τις κύριες γεννήτριες θα πρέπει υπό φόρτιση 85%-90% να τροφοδοτούν τα **773,05 kW**, δηλαδή να έχουν συνολική ονομαστική ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από:

$$773,05 \text{ kW} / 0,85 = 909,47 \text{ kW}$$

Η γεννήτρια που προορίζεται μόνο για λειτουργία στην «εν όρμω κατάσταση», θα πρέπει να καλύπτει το φορτίο όπως υπολογίστηκε στον ισολογισμό ισχύος των **439,69 kW** σε φόρτιση 85-90%, δηλαδή να έχει ονομαστική ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από **439,69 kW/0,85 = 517,28 kW**.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω υπολογισμούς, και για να μειώσουμε την ποσότητα των ανταλλακτικών στο πλοίο, επιλέξαμε τρεις ίδιες γεννήτριες, από την Cummins Generator Technologies, και συγκεκριμένα τις γεννήτριες Stamford HCM534F (4 poles), κλάσης μονώσεως 'H' (110/50°C), ονομαστικής ισχύος 694 kVA (555kW) και τάσεως 440 V (βλέπε Γ.3, Παράρτημα Γ).



- ❖ Για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης, έχουμε επιλέξει γεννήτρια έκτακτης ανάγκης, τέτοια ώστε σε φόρτιση 85%-90% να καλύπτει το συνολικό φορτίο έκτακτης ανάγκης, όπως υπολογίστηκε παραπάνω, των **89,05 kW**, δηλαδή να έχει ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από  $89,05 \text{ kW} / 0,85 = 104,76 \text{ kW}$ . Άρα επιλέξαμε το μοντέλο Stamford UCM274E (4 poles), κλάσης μονώσεως 'H' (110/50°C), ονομαστικής ισχύος 137,5 kVA (110kW) και τάσεως 440 V (βλέπε Γ.4, Παράρτημα Γ).

### 6.2.3 Επιλογή καλωδίων παροχής

Όπως και στο πλοίο generic επιλέγονται χάλκινα καλώδια, class 2 (πολύκλιωνα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσεως 0,6/1 kV. Επιπλέον όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 3, προτιμώνται τα πολυπολικά καλώδια από τα μονοπολικά και για αυτό τον λόγο, έχουμε επιλέξει τριπολικά καλώδια παροχής.

Στον Πίνακα 6.11 που παρατίθεται πιο κάτω, περιλαμβάνονται οι υπολογισμοί των διατομών των καλωδίων παροχής με βάση την ένταση του ρεύματος της εκάστοτε γραμμής καθώς επίσης και οι ονομαστικές τιμές ρεύματος των ασφαλειών που έχουν χρησιμοποιηθεί για προστασία από υπερένταση [3].

Έχουν γίνει οι εξής παραδοχές :

- ❖ Ο συντελεστής ισχύος είναι 0, 85 για τους κινητήρες και 1, 00 για τα ωμικά φορτία.
- ❖ Συσκευές – παροχές όπως δεξαμενή θέρμανσης νερού, προθερμαντήρας νερού χιτωνίων, αποτεφρωτήρας, προθερμαντήρας λέβητα, θερμομαντήρας χώρου προμηθειών, βραστήρας, κουζίνα - εστίες, βραστήρας νερού, φριτέζα, στεγνωτήριο, πίνακες φωτισμού, όργανα ναυσιπλοΐας, φορτιστής μπαταριών και όργανα εσωτερικής επικοινωνίας είναι ωμικά φορτία και εφαρμόζεται η σχέση (3.1), δηλαδή δεν υπάρχει προσαύξηση 25%. Στα υπόλοιπα φορτία εφαρμόζεται η σχέση (3.2).
- ❖ Οι παροχές των πινάκων φωτισμού και των οργάνων ναυσιπλοΐας και εσωτερικής επικοινωνίας θεωρούνται τριφασικές. Από εκεί και πέρα διαχωρίζονται σε επιμέρους μονοφασικά κυκλώματα.
- ❖ Η διατομή  $1,0 \text{ mm}^2$  από τον Πίνακα Α.1, Παράρτημα Α, δεν χρησιμοποιείται (πηγαίνουμε στην αντίστοιχη του  $1,5 \text{ mm}^2$ ).

**Πίνακας 6.11** Υπολογισμός διατομών με βάση την ένταση του ρεύματος κάθε παροχής στο bulk carrier

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                         | Τάση | N | Ρ ονομ. απορροφ. | Συντελ. Ισχύος | I <sub>γ</sub> | I <sub>γf</sub> | I τυπ | I ασφ. | S               |
|----|-------------------------------------|------|---|------------------|----------------|----------------|-----------------|-------|--------|-----------------|
|    |                                     | V    |   | KW               | cosφ           | A              | A               | A     | A      | mm <sup>2</sup> |
|    |                                     | 1    |   | 2                | 3              | 4              | 5               | 6     | 7      | 8               |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>            |      |   |                  |                |                |                 |       |        |                 |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης        | 440  | 2 | 78,95            | 0,85           | 121,87         | 152,34          | 157   | 160    | 3*70            |
| 2  | Κύρια αντλία θαλασσινού νερού ψύξης | 440  | 2 | 73,68            | 0,85           | 113,75         | 142,18          | 157   | 160    | 3*70            |
| 3  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης Κ.Μ.      | 440  | 2 | 17,65            | 0,85           | 27,24          | 34,05           | 47    | 35     | 3*10            |
| 4  | Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.    | 440  | 2 | 94,74            | 0,85           | 146,25         | 182,81          | 192   | 200    | 3*95            |
| 5  | Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης    | 440  | 2 | 4,56             | 0,85           | 7,04           | 8,80            | 14    | 10     | 3*1,5           |
| 6  | Αντλία πετρελαίου                   | 440  | 2 | 1,88             | 0,85           | 2,89           | 3,62            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 7  | Αντλία λίπανσης                     | 440  | 2 | 2,50             | 0,85           | 3,86           | 4,82            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 8  | Βοηθητική παροχή αέρα Κ.Μ.          | 440  | 2 | 46,32            | 0,85           | 71,50          | 89,37           | 101   | 100    | 3*35            |
| 9  | Στροφείο Κύριας Μηχανής             | 440  | 1 | 3,75             | 0,85           | 5,79           | 7,24            | 14    | 10     | 3*1,5           |
| 10 | Φίλτρο λαδιού λίπανσης              | 440  | 1 | 0,25             | 0,85           | 0,39           | 0,48            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 11 | Ξηραντήρας αέρα                     | 440  | 1 | 0,56             | 0,85           | 0,87           | 1,09            | 14    | 6      | 3*1,5           |
|    |                                     |      |   |                  |                |                |                 |       |        |                 |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>      |      |   |                  |                |                |                 |       |        |                 |
| 1  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα | 440  | 2 | 0,50             | 0,85           | 0,77           | 0,96            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 2  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου        | 440  | 1 | 8,82             | 0,85           | 13,62          | 17,03           | 20    | 20     | 3*2,5           |
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου        | 440  | 1 | 1,88             | 0,85           | 2,89           | 3,62            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel            | 440  | 1 | 2,75             | 0,85           | 4,25           | 5,31            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού       | 440  | 1 | 2,19             | 0,85           | 3,38           | 4,22            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης   | 440  | 1 | 2,75             | 0,85           | 4,25           | 5,31            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 7  | Αντλία σεντινών                     | 440  | 1 | 1,88             | 0,85           | 2,89           | 3,62            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 8  | Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας  | 440  | 1 | 3,00             | 0,85           | 4,63           | 5,79            | 14    | 6      | 3*1,5           |
| 9  | Αντλία πόσιμου νερού                | 440  | 2 | 4,63             | 0,85           | 7,14           | 8,92            | 14    | 10     | 3*1,5           |
| 10 | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού     | 440  | 1 | 0,94             | 0,85           | 1,45           | 1,81            | 14    | 6      | 3*1,5           |

|    |                                            |     |   |        |      |        |        |     |     |       |
|----|--------------------------------------------|-----|---|--------|------|--------|--------|-----|-----|-------|
| 11 | Δεξαμενή θέρμανσης νερού                   | 440 | 1 | 26,67  | 1,00 | 34,99  | 34,99  | 47  | 35  | 3*10  |
| 12 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης           | 440 | 2 | 57,89  | 0,85 | 89,37  | 111,72 | 126 | 125 | 3*50  |
| 13 | Αντλία ερματισμού                          | 440 | 2 | 115,79 | 0,85 | 178,75 | 223,43 | 224 | 224 | 3*120 |
| 14 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 440 | 2 | 10,12  | 0,85 | 15,62  | 19,52  | 20  | 20  | 3*2,5 |
| 15 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης              | 440 | 2 | 7,53   | 0,85 | 11,62  | 14,53  | 20  | 16  | 3*2,5 |
| 16 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης            | 440 | 2 | 43,56  | 0,85 | 67,24  | 84,05  | 101 | 100 | 3*35  |
| 17 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                  | 440 | 1 | 27,78  | 0,85 | 42,88  | 53,60  | 63  | 63  | 3*16  |
| 18 | Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης           | 440 | 1 | 7,41   | 0,85 | 11,44  | 14,30  | 20  | 16  | 3*2,5 |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου | 440 | 1 | 1,63   | 0,85 | 2,51   | 3,14   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 20 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού     | 440 | 1 | 1,63   | 0,85 | 2,51   | 3,14   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 21 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων              | 440 | 1 | 23,53  | 1,00 | 30,87  | 30,87  | 34  | 35  | 3*6   |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών       | 440 | 3 | 1,16   | 0,85 | 1,79   | 2,24   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών    | 440 | 2 | 0,34   | 0,85 | 0,52   | 0,65   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 24 | Αντλία μετάγγισης υψηλής πίεσης γεννητριών | 440 | 2 | 0,79   | 0,85 | 1,22   | 1,52   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 25 | Αντλία μετάγγισης diesel γεννητριών        | 440 | 1 | 0,21   | 0,85 | 0,33   | 0,41   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 26 | Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων                | 440 | 1 | 7,76   | 0,85 | 11,99  | 14,98  | 20  | 16  | 3*2,5 |
| 27 | Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων              | 440 | 1 | 5,25   | 0,85 | 8,10   | 10,13  | 14  | 16  | 3*1,5 |
| 28 | Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού              | 440 | 1 | 23,78  | 0,85 | 36,71  | 45,88  | 47  | 50  | 3*10  |
| 29 | Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας                 | 440 | 1 | 27,78  | 0,85 | 42,88  | 53,60  | 63  | 63  | 3*16  |
|    |                                            |     |   |        |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ &amp; ΛΕΒΗΤΑΣ</b>         |     |   |        |      |        |        |     |     |       |
| 1  | Αποτεφρωτήρας                              | 440 | 1 | 17,65  | 1,00 | 23,16  | 23,16  | 27  | 25  | 3*4   |
| 2  | Καυστήρας λέβητα                           | 440 | 1 | 5,63   | 0,85 | 8,68   | 10,85  | 14  | 16  | 3*1,5 |
| 3  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα        | 440 | 2 | 1,00   | 0,85 | 1,54   | 1,93   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 4  | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα            | 440 | 2 | 2,75   | 0,85 | 4,25   | 5,31   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 5  | Προθερμαντήρας λέβητα                      | 440 | 1 | 8,35   | 1,00 | 10,96  | 10,96  | 14  | 16  | 3*1,5 |
|    |                                            |     |   |        |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>            |     |   |        |      |        |        |     |     |       |

|    |                                        |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|----|----------------------------------------|-----|----|-------|------|--------|--------|-----|-----|-------|
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης              | 440 | 1  | 18,82 | 0,85 | 29,06  | 36,32  | 47  | 50  | 3*10  |
| 2  | Δράπανο                                | 440 | 1  | 0,88  | 0,85 | 1,35   | 1,69   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 3  | Τόρνος                                 | 440 | 1  | 3,75  | 0,85 | 5,79   | 7,24   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                      | 440 | 1  | 0,25  | 0,85 | 0,39   | 0,48   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 5  | Γερανός Μηχανοστασίου                  | 440 | 1  | 8,59  | 0,85 | 13,26  | 16,57  | 20  | 20  | 3*2,5 |
|    |                                        |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ</b>                |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
| 1  | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού        | 440 | 2  | 11,76 | 0,85 | 18,16  | 22,70  | 27  | 25  | 3*4   |
| 2  | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού         | 440 | 1  | 65,26 | 0,85 | 100,75 | 125,93 | 157 | 160 | 3*70  |
| 3  | Συμπιεστής μονάδας ψύξης               | 440 | 2  | 15,29 | 0,85 | 23,61  | 29,51  | 34  | 35  | 3*6   |
| 4  | Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών           | 440 | 1  | 1,00  | 0,85 | 1,54   | 1,93   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 5  | Θερμαντήρας χώρου προμηθειών           | 440 | 1  | 21,18 | 1,00 | 27,79  | 27,79  | 34  | 35  | 3*6   |
| 6  | Μονάδα κλιματισμού ecr                 | 440 | 1  | 9,29  | 0,85 | 14,35  | 17,93  | 20  | 20  | 3*2,5 |
| 7  | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας      | 440 | 1  | 11,76 | 0,85 | 18,16  | 22,70  | 27  | 25  | 3*4   |
|    |                                        |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>         |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
| 1  | Σύστημα πηδαλιουχίας                   | 440 | 2  | 36,67 | 0,85 | 56,60  | 70,75  | 84  | 80  | 3*25  |
| 2  | Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας         | 440 | 2  | 0,50  | 0,85 | 0,77   | 0,96   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 3  | Αντλία εργάτη άγκυρας                  | 440 | 2  | 94,74 | 0,85 | 146,25 | 182,81 | 192 | 200 | 3*95  |
| 4  | Αντλία εργάτη πρυμνησίων               | 440 | 2  | 78,95 | 0,85 | 121,87 | 152,34 | 157 | 160 | 3*70  |
| 5  | Γερανός πετρέλευσης                    | 440 | 2  | 5,00  | 0,85 | 7,72   | 9,65   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 6  | Γερανός προμηθειών                     | 440 | 1  | 14,94 | 0,85 | 23,06  | 28,83  | 34  | 35  | 3*6   |
| 7  | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                 | 440 | 1  | 10,00 | 0,85 | 15,44  | 19,30  | 20  | 20  | 3*2,5 |
| 8  | Βίντσι λέμβου διάσωσης                 | 440 | 1  | 12,12 | 0,85 | 18,71  | 23,38  | 27  | 25  | 3*4   |
| 9  | Σκάλες επιβίβασης πλοίου               | 440 | 2  | 7,06  | 0,85 | 10,90  | 13,62  | 14  | 16  | 3*1,5 |
| 10 | Σκάλες επιβίβασης πιλότου              | 440 | 2  | 5,00  | 0,85 | 7,72   | 9,65   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 11 | Βοηθητική σκάλα                        | 440 | 2  | 3,13  | 0,85 | 4,82   | 6,03   | 14  | 10  | 3*1,5 |
|    |                                        |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
|    | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                      |     |    |       |      |        |        |     |     |       |
| 1  | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου              | 440 | 4  | 14,94 | 0,85 | 23,06  | 28,83  | 34  | 35  | 3*6   |
| 2  | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων        | 440 | 1  | 5,00  | 0,85 | 7,72   | 9,65   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 3  | Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας         | 440 | 1  | 1,88  | 0,85 | 2,89   | 3,62   | 14  | 6   | 3*1,5 |
| 4  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 440 | 1  | 5,00  | 0,85 | 7,72   | 9,65   | 14  | 10  | 3*1,5 |
| 5  | Ανεμιστήρες χώρων ενδιάιτησης          | 220 | 20 | 0,10  | 0,85 | 0,31   | 0,39   | 14  | 6   | 3*1,5 |
|    |                                        |     |    |       |      |        |        |     |     |       |

| <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ<br/>ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b> |                                     |     |    |       |      |       |       |    |    |       |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----|----|-------|------|-------|-------|----|----|-------|
| 1                              | Βραστήρας                           | 440 | 1  | 14,35 | 1,00 | 18,83 | 18,83 | 20 | 20 | 3*2,5 |
| 2                              | Κουζίνα-Εστίες                      | 440 | 1  | 22,78 | 1,00 | 29,89 | 29,89 | 34 | 35 | 3*6   |
| 3                              | Πλυντήριο πιάτων                    | 440 | 1  | 8,00  | 0,85 | 12,35 | 15,44 | 20 | 16 | 3*2,5 |
| 4                              | Βραστήρας νερού                     | 220 | 1  | 3,75  | 1,00 | 9,84  | 9,84  | 14 | 10 | 3*1,5 |
| 5                              | Φριτέζα                             | 440 | 1  | 16,47 | 1,00 | 21,61 | 21,61 | 27 | 25 | 3*4   |
| 6                              | Πλυντήριο                           | 440 | 1  | 10,59 | 0,85 | 16,35 | 20,43 | 27 | 25 | 3*4   |
| 7                              | Στεγνωτήριο                         | 440 | 1  | 9,76  | 1,00 | 12,81 | 12,81 | 14 | 16 | 3*1,5 |
| 8                              | Διάφορα μηχανήματα                  | 220 | 20 | 0,88  | 0,85 | 2,72  | 3,41  | 14 | 6  | 3*1,5 |
| <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>        |                                     |     |    |       |      |       |       |    |    |       |
| 1                              | Εξωτερικός φωτισμός                 | 220 | 1  | 23,33 | 1,00 | 61,23 | 61,23 | 63 | 63 | 3*16  |
| 2                              | Φωτισμός μηχανοστασίου              | 220 | 1  | 8,24  | 1,00 | 21,61 | 21,61 | 27 | 25 | 3*4   |
| 3                              | Φωτισμός ανάγκης                    | 220 | 1  | 8,24  | 1,00 | 21,61 | 21,61 | 27 | 25 | 3*4   |
| 4                              | Φωτισμός ενδιαιτήσεως               | 220 | 1  | 14,12 | 1,00 | 37,05 | 37,05 | 47 | 50 | 3*10  |
| 5                              | Φωτισμός ναυσιπλοΐας                | 220 | 1  | 3,25  | 1,00 | 8,53  | 8,53  | 14 | 10 | 3*1,5 |
| 6                              | Φωτισμός χώρων φορτίου              | 220 | 28 | 0,38  | 1,00 | 0,98  | 0,98  | 14 | 6  | 3*1,5 |
| <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                 |                                     |     |    |       |      |       |       |    |    |       |
| 1                              | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας   | 220 | 1  | 3,50  | 1,00 | 9,19  | 9,19  | 14 | 10 | 3*1,5 |
| 2                              | Φορτιστής μπαταριών                 | 220 | 1  | 1,13  | 1,00 | 2,95  | 2,95  | 14 | 6  | 3*1,5 |
| 3                              | Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας      | 220 | 1  | 4,38  | 1,00 | 11,48 | 11,48 | 14 | 16 | 3*1,5 |
| 4                              | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας | 440 | 2  | 1,50  | 0,85 | 2,32  | 2,89  | 14 | 6  | 3*1,5 |

Λόγω έλλειψης πληροφοριών σχετικές με τη θέση των φορτίων στο πλοίο και τις αποστάσεις των καταναλώσεων από τους ζυγούς, δηλαδή τα μήκη όλων των καλωδίων του πλοίου, θεωρούμε ότι η πτώση τάσεως σε όλα τα καλώδια του πλοίου δεν ξεπερνά τις προδιαγραφές του GL (6%).

#### 6.2.4 Υπολογισμός άεργου ισχύος

Με βάση τις σχέσεις (2.12) και (2.13) του κεφαλαίου 2, υπολογίζουμε την άεργο και τη φαινόμενη ισχύ όλων των φορτίων του πλοίου και για τις πέντε καταστάσεις του πλοίου. Ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων επαγωγής έχει υπολογιστεί με βάση τη σχέση, (βλέπε σχέση (2.10), 2.2.3, κεφάλαιο 2):

$$\cos\varphi = 0,26 + (1,1833 \cdot f_s) + (-0,2708 \cdot f_s^2) + (-0,8333 \cdot f_s^3) + (0,5208 \cdot f_s^4)$$

ενώ ο συντελεστής ισχύος των ωμικών φορτίων είναι ίσος με 1. Οι παραπάνω υπολογισμοί φαίνονται στον Πίνακα 6.12.1 και Πίνακα 6.12.2.

Πίνακας 6.12.1 Υπολογισμός άεργου ισχύος στο bulk carrier στην κατάσταση κανονικής πορείας, κατάσταση χειρισμών και εν όρμω κατάσταση.

|   | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                        | Κατάσταση Κανονικής Πορείας |      |                    |             |             |                    | Κατάσταση Χειρισμών |    |      |                    |             |             | Κατάσταση Εν Όρμω  |              |    |      |                    |             |             |                    |              |
|---|------------------------------------|-----------------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|----|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|----|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
|   |                                    | N                           | fs   | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Απορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς         | N  | fs   | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Απορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  | N  | fs   | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Απορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  |
|   |                                    |                             |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa                 |    |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |    |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |
|   | 1                                  | 2                           | 3    | 4                  | 5           | 6           | 7                  | 8                   | 9  | 10   | 11                 | 12          | 13          | 14                 | 15           | 16 | 17   | 18                 | 19          | 20          | 21                 | 22           |
|   | <b>ΖΥΓΟΙ 220V</b>                  |                             |      |                    |             |             |                    |                     |    |      |                    |             |             |                    |              |    |      |                    |             |             |                    |              |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>            |                             |      |                    |             |             |                    |                     |    |      |                    |             |             |                    |              |    |      |                    |             |             |                    |              |
| 1 | Εξωτερικός φωτισμός                | 0                           | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00                | 1  | 0,80 | 18,67              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 18,67        | 1  | 0,80 | 18,670             | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 18,67        |
| 2 | Φωτισμός μηχανοστασίου             | 1                           | 1,00 | 8,24               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 8,24                | 1  | 1,00 | 8,24               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 8,24         | 1  | 1,00 | 8,24               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 8,24         |
| 3 | Φωτισμός ανάγκης                   | 1                           | 0,60 | 4,94               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,94                | 1  | 0,60 | 4,94               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,94         | 1  | 0,60 | 4,94               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,94         |
| 4 | Φωτισμός ενδიაίτησεως              | 1                           | 0,80 | 11,29              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 11,29               | 1  | 0,80 | 11,29              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 11,29        | 1  | 0,80 | 11,29              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 11,29        |
| 5 | Φωτισμός ναυσιπλοΐας               | 1                           | 0,20 | 0,65               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 0,65                | 1  | 0,20 | 0,65               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 0,65         | 1  | 0,20 | 0,65               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 0,65         |
| 6 | Φωτισμός χώρων φορτίου             | 0                           | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00                | 0  | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00         | 0  | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00         |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                      |                             |      | <b>25,12</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>25,12</b>        |    |      | <b>43,79</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>43,79</b> |    |      | <b>43,79</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>43,79</b> |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>          |                             |      |                    |             |             |                    |                     |    |      |                    |             |             |                    |              |    |      |                    |             |             |                    |              |
| 5 | Ανεμιστήρες χώρων ενδίαίτησης      | 20                          | 0,80 | 1,60               | 0,82        | 0,57        | 1,12               | 1,95                | 20 | 0,80 | 1,60               | 0,82        | 0,57        | 1,12               | 1,95         | 20 | 0,80 | 1,60               | 0,82        | 0,57        | 1,12               | 1,95         |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b> |                             |      |                    |             |             |                    |                     |    |      |                    |             |             |                    |              |    |      |                    |             |             |                    |              |
| 4 | Βραστήρας νερού                    | 1                           | 0,30 | 1,13               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 1,13                | 1  | 0,30 | 1,13               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 1,13         | 1  | 0,30 | 1,13               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 1,13         |
| 8 | Διάφορα μηχανήματα                 | 20                          | 0,30 | 5,29               | 0,57        | 0,82        | 7,58               | 9,24                | 20 | 0,30 | 5,29               | 0,57        | 0,82        | 7,58               | 9,24         | 20 | 0,30 | 5,29               | 0,57        | 0,82        | 7,58               | 9,24         |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                      |                             |      | <b>6,42</b>        | <b>0,62</b> | <b>0,79</b> | <b>7,58</b>        | <b>10,37</b>        |    |      | <b>6,42</b>        | <b>0,62</b> | <b>0,79</b> | <b>7,58</b>        | <b>10,37</b> |    |      | <b>6,42</b>        | <b>0,62</b> | <b>0,79</b> | <b>7,58</b>        | <b>10,37</b> |
|   | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                     |                             |      |                    |             |             |                    |                     |    |      |                    |             |             |                    |              |    |      |                    |             |             |                    |              |

|    |                                     |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |              |               |
|----|-------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| 1  | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας   | 1 | 0,40 | 1,40          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,40          | 1 | 0,40 | 1,40          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,40          | 1 | 0,20 | 0,70          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 0,70          |
| 2  | Φορτιστής μπαταριών                 | 1 | 0,50 | 0,56          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 0,56          | 1 | 0,50 | 0,56          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 0,56          | 1 | 0,50 | 0,56          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 0,56          |
| 3  | Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας      | 1 | 0,40 | 1,75          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,75          | 1 | 0,40 | 1,75          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,75          | 1 | 0,20 | 0,88          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 0,88          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |   |      | <b>3,71</b>   | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>   | <b>3,71</b>   |   |      | <b>3,71</b>   | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>   | <b>3,71</b>   |   |      | <b>2,14</b>   | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>  | <b>2,14</b>   |
|    |                                     |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |              |               |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 220 V</b>      |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |              |               |
|    |                                     |   |      | <b>36,85</b>  | <b>0,90</b> | <b>0,45</b> | <b>8,70</b>   | <b>41,15</b>  |   |      | <b>55,52</b>  | <b>0,93</b> | <b>0,37</b> | <b>8,70</b>   | <b>59,82</b>  |   |      | <b>53,95</b>  | <b>0,93</b> | <b>0,38</b> | <b>8,70</b>  | <b>58,25</b>  |
|    | <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>                  |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |              |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>   |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |              |               |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης        | 1 | 0,65 | 51,32         | 0,78        | 0,63        | 41,32         | 65,89         | 1 | 0,65 | 51,32         | 0,78        | 0,63        | 41,32         | 65,89         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 2  | Κύρια αντλία θαλασσινού νερού ψύξης | 1 | 0,80 | 58,95         | 0,82        | 0,57        | 41,15         | 71,89         | 1 | 0,80 | 58,95         | 0,82        | 0,57        | 41,15         | 71,89         | 1 | 0,60 | 44,21         | 0,76        | 0,65        | 37,81        | 58,17         |
| 3  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης Κ.Μ.      | 1 | 0,80 | 14,12         | 0,82        | 0,57        | 9,85          | 17,22         | 1 | 0,80 | 14,12         | 0,82        | 0,57        | 9,85          | 17,22         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 4  | Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.    | 1 | 0,80 | 75,79         | 0,82        | 0,57        | 52,90         | 92,43         | 1 | 0,80 | 75,79         | 0,82        | 0,57        | 52,90         | 92,43         | 1 | 0,60 | 56,84         | 0,76        | 0,65        | 48,61        | 74,79         |
| 5  | Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης    | 1 | 0,80 | 3,65          | 0,82        | 0,57        | 2,55          | 4,45          | 1 | 0,80 | 3,65          | 0,82        | 0,57        | 2,55          | 4,45          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 6  | Αντλία πετρελαίου                   | 1 | 0,80 | 1,50          | 0,82        | 0,57        | 1,05          | 1,83          | 1 | 0,80 | 1,50          | 0,82        | 0,57        | 1,05          | 1,83          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 7  | Αντλία λίπανσης                     | 1 | 0,80 | 2,00          | 0,82        | 0,57        | 1,40          | 2,44          | 1 | 0,80 | 2,00          | 0,82        | 0,57        | 1,40          | 2,44          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 8  | Βοηθητική παροχή αέρα Κ.Μ.          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 2 | 0,80 | 74,11         | 0,82        | 0,57        | 51,73         | 90,37         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 9  | Στροφείο Κύριας Μηχανής             | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,30 | 1,13          | 0,57        | 0,82        | 1,61         | 1,97          |
| 10 | Φίλτρο λαδιού λίπανσης              | 1 | 0,80 | 0,20          | 0,82        | 0,57        | 0,14          | 0,24          | 1 | 0,80 | 0,20          | 0,82        | 0,57        | 0,14          | 0,24          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 11 | Ξηραντήρας αέρα                     | 1 | 0,30 | 0,17          | 0,57        | 0,82        | 0,24          | 0,29          | 1 | 0,30 | 0,17          | 0,57        | 0,82        | 0,24          | 0,29          | 1 | 0,30 | 0,17          | 0,57        | 0,82        | 0,24         | 0,29          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |   |      | <b>207,69</b> | <b>0,81</b> | <b>0,59</b> | <b>150,60</b> | <b>256,67</b> |   |      | <b>281,79</b> | <b>0,81</b> | <b>0,58</b> | <b>202,32</b> | <b>347,05</b> |   |      | <b>102,35</b> | <b>0,76</b> | <b>0,65</b> | <b>88,27</b> | <b>135,22</b> |

|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |          |             |             |      |      |             |             |          |             |             |      |      |             |             |          |             |             |      |      |             |             |
|-----------|-------------------------------------------------|----------|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|
| <b>1</b>  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα             | 1        | 0,80        | 0,40        | 0,82 | 0,57 | 0,28        | 0,49        | 1        | 0,80        | 0,40        | 0,82 | 0,57 | 0,28        | 0,49        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        |
| <b>2</b>  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου                    | 1        | 0,60        | 5,29        | 0,76 | 0,65 | 4,53        | 6,97        | 1        | 0,60        | 5,29        | 0,76 | 0,65 | 4,53        | 6,97        | 1        | 0,60        | 5,29        | 0,76 | 0,65 | 4,53        | 6,97        |
| <b>3</b>  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου                    | 1        | 0,30        | 0,56        | 0,57 | 0,82 | 0,81        | 0,98        | 1        | 0,30        | 0,56        | 0,57 | 0,82 | 0,81        | 0,98        | 1        | 0,30        | 0,56        | 0,57 | 0,82 | 0,81        | 0,98        |
| <b>4</b>  | Αντλία μετάγγισης diesel                        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 1        | 0,60        | 1,65        | 0,76 | 0,65 | 1,41        | 2,17        | 1        | 0,60        | 1,65        | 0,76 | 0,65 | 1,41        | 2,17        |
| <b>5</b>  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού                   | 1        | 0,30        | 0,66        | 0,57 | 0,82 | 0,94        | 1,15        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        |
| <b>6</b>  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης               | 1        | 0,60        | 1,65        | 0,76 | 0,65 | 1,41        | 2,17        | 1        | 0,60        | 1,65        | 0,76 | 0,65 | 1,41        | 2,17        | 1        | 0,60        | 1,65        | 0,76 | 0,65 | 1,41        | 2,17        |
| <b>7</b>  | Αντλία σεντινών                                 | 1        | 0,30        | 0,56        | 0,57 | 0,82 | 0,81        | 0,98        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 1        | 0,30        | 0,56        | 0,57 | 0,82 | 0,81        | 0,98        |
| <b>8</b>  | Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας              | 1        | 0,60        | 1,80        | 0,76 | 0,65 | 1,54        | 2,37        | 1        | 0,60        | 1,80        | 0,76 | 0,65 | 1,54        | 2,37        | 1        | 0,60        | 1,80        | 0,76 | 0,65 | 1,54        | 2,37        |
| <b>9</b>  | Αντλία πόσιμου νερού                            | 1        | 0,60        | 2,78        | 0,76 | 0,65 | 2,37        | 3,65        | 1        | 0,60        | 2,78        | 0,76 | 0,65 | 2,37        | 3,65        | 1        | 0,60        | 2,78        | 0,76 | 0,65 | 2,37        | 3,65        |
| <b>10</b> | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού                 | 1        | 0,60        | 0,56        | 0,76 | 0,65 | 0,48        | 0,74        | 1        | 0,60        | 0,56        | 0,76 | 0,65 | 0,48        | 0,74        | 1        | 0,60        | 0,56        | 0,76 | 0,65 | 0,48        | 0,74        |
| <b>11</b> | Δεξαμενή θέρμανσης νερού                        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 1        | 0,60        | 16,00       | 1,00 | 0,00 | 0,00        | 16,00       |
| <b>12</b> | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης                | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        |
| <b>13</b> | Αντλία ερματισμού                               | <b>0</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | -    | -    | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | -    | -    | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | -    | -    | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> |
| <b>14</b> | Διαχωριστήρας πετρελαίου                        | 1        | 0,60        | 6,07        | 0,76 | 0,65 | 5,19        | 7,99        | 1        | 0,60        | 6,07        | 0,76 | 0,65 | 5,19        | 7,99        | 1        | 0,60        | 6,07        | 0,76 | 0,65 | 5,19        | 7,99        |
| <b>15</b> | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης                   | 1        | 0,60        | 4,52        | 0,76 | 0,65 | 3,86        | 5,94        | 1        | 0,60        | 4,52        | 0,76 | 0,65 | 3,86        | 5,94        | 1        | 0,60        | 4,52        | 0,76 | 0,65 | 3,86        | 5,94        |
| <b>16</b> | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης                 | 1        | 0,30        | 13,07       | 0,57 | 0,82 | 18,72       | 22,83       | 1        | 0,30        | 13,07       | 0,57 | 0,82 | 18,72       | 22,83       | 1        | 0,30        | 13,07       | 0,57 | 0,82 | 18,72       | 22,83       |
| <b>17</b> | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                       | 0        | 0,00        | 0,00        | -    | -    | 0,00        | 0,00        | 1        | 0,80        | 22,22       | 0,82 | 0,57 | 15,51       | 27,10       | 1        | 0,80        | 22,22       | 0,82 | 0,57 | 15,51       | 27,10       |



|    |                                            |   |      |              |             |             |              |              |   |      |              |             |             |              |              |   |      |              |             |             |              |               |
|----|--------------------------------------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| 18 | Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου | 1 | 0,60 | 0,98         | 0,76        | 0,65        | 0,83         | 1,28         | 1 | 0,60 | 0,98         | 0,76        | 0,65        | 0,83         | 1,28         | 1 | 0,60 | 0,98         | 0,76        | 0,65        | 0,83         | 1,28          |
| 20 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού     | 1 | 0,60 | 0,98         | 0,76        | 0,65        | 0,83         | 1,28         | 1 | 0,60 | 0,98         | 0,76        | 0,65        | 0,83         | 1,28         | 1 | 0,60 | 0,98         | 0,76        | 0,65        | 0,83         | 1,28          |
| 21 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων              | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 1 | 0,20 | 4,71         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 4,71          |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών       | 2 | 0,80 | 1,86         | 0,82        | 0,57        | 1,30         | 2,27         | 1 | 0,80 | 0,93         | 0,82        | 0,57        | 0,65         | 1,13         | 2 | 0,80 | 1,86         | 0,82        | 0,57        | 1,30         | 2,27          |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών    | 1 | 0,80 | 0,27         | 0,82        | 0,57        | 0,19         | 0,33         | 1 | 0,80 | 0,27         | 0,82        | 0,57        | 0,19         | 0,33         | 1 | 0,80 | 0,27         | 0,82        | 0,57        | 0,19         | 0,33          |
| 24 | Αντλία μετάγγισης υψηλής πίεσης γεννητριών | 1 | 0,80 | 0,63         | 0,82        | 0,57        | 0,44         | 0,77         | 1 | 0,80 | 0,63         | 0,82        | 0,57        | 0,44         | 0,77         | 1 | 0,80 | 0,63         | 0,82        | 0,57        | 0,44         | 0,77          |
| 25 | Αντλία μετάγγισης diesel γεννητριών        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 26 | Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων                | 1 | 0,30 | 2,33         | 0,57        | 0,82        | 3,34         | 4,07         | 1 | 0,30 | 2,33         | 0,57        | 0,82        | 3,34         | 4,07         | 1 | 0,30 | 2,33         | 0,57        | 0,82        | 3,34         | 4,07          |
| 27 | Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων              | 1 | 0,30 | 1,58         | 0,57        | 0,82        | 2,26         | 2,75         | 1 | 0,30 | 1,58         | 0,57        | 0,82        | 2,26         | 2,75         | 1 | 0,30 | 1,58         | 0,57        | 0,82        | 2,26         | 2,75          |
| 28 | Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού              | 1 | 0,60 | 14,27        | 0,76        | 0,65        | 12,20        | 18,77        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 29 | Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας                 | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |   |      | <b>60,80</b> | <b>0,69</b> | <b>0,72</b> | <b>62,33</b> | <b>87,78</b> |   |      | <b>68,26</b> | <b>0,72</b> | <b>0,70</b> | <b>64,65</b> | <b>95,02</b> |   |      | <b>90,05</b> | <b>0,77</b> | <b>0,64</b> | <b>65,83</b> | <b>117,36</b> |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑ &amp; ΛΕΒΗΤΑ</b>   |   |      |              |             |             |              |              |   |      |              |             |             |              |              |   |      |              |             |             |              |               |
| 1  | Αποτεφρωτήρας                              | 1 | 0,30 | 5,29         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 5,29         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 2  | Καυστήρας λέβητα                           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 1 | 0,80 | 4,50         | 0,82        | 0,57        | 3,14         | 5,49         | 1 | 0,80 | 4,50         | 0,82        | 0,57        | 3,14         | 5,49          |
| 3  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 1 | 0,80 | 0,80         | 0,82        | 0,57        | 0,56         | 0,98         | 1 | 0,80 | 0,80         | 0,82        | 0,57        | 0,56         | 0,98          |
| 4  | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα            | 1 | 0,80 | 2,20         | 0,82        | 0,57        | 1,54         | 2,68         | 1 | 0,80 | 2,20         | 0,82        | 0,57        | 1,54         | 2,68         | 1 | 0,80 | 2,20         | 0,82        | 0,57        | 1,54         | 2,68          |

|   |                                                  |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|---|--------------------------------------------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| 5 | Προθερμαντήρας λέβητα                            | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 1 | 1,00 | 8,35         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 8,35          | 1 | 1,00 | 8,35         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 8,35          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                    |   |      | <b>7,49</b>  | <b>0,94</b> | <b>0,34</b> | <b>1,54</b>  | <b>7,98</b>   |   |      | <b>15,85</b> | <b>0,91</b> | <b>0,42</b> | <b>5,24</b>  | <b>17,50</b>  |   |      | <b>15,85</b> | <b>0,91</b> | <b>0,42</b> | <b>5,24</b>  | <b>17,50</b>  |
|   |                                                  |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ<br/>ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
| 1 | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης                        | 1 | 0,20 | 3,76         | 0,48        | 0,88        | 6,88         | 7,84          | 1 | 0,20 | 3,76         | 0,48        | 0,88        | 6,88         | 7,84          | 1 | 0,30 | 5,65         | 0,57        | 0,82        | 8,09         | 9,87          |
| 2 | Δράπανο                                          | 1 | 0,20 | 0,18         | 0,48        | 0,88        | 0,32         | 0,36          | 1 | 0,20 | 0,18         | 0,48        | 0,88        | 0,32         | 0,36          | 1 | 0,30 | 0,26         | 0,57        | 0,82        | 0,38         | 0,46          |
| 3 | Τόρνος                                           | 1 | 0,20 | 0,75         | 0,48        | 0,88        | 1,37         | 1,56          | 1 | 0,20 | 0,75         | 0,48        | 0,88        | 1,37         | 1,56          | 1 | 0,30 | 1,13         | 0,57        | 0,82        | 1,61         | 1,97          |
| 4 | Ηλεκτρικό τρυπάνι                                | 1 | 0,20 | 0,05         | 0,48        | 0,88        | 0,09         | 0,10          | 1 | 0,20 | 0,05         | 0,48        | 0,88        | 0,09         | 0,10          | 1 | 0,30 | 0,08         | 0,57        | 0,82        | 0,11         | 0,13          |
| 5 | Γερανός Μηχανοστασίου                            | 1 | 0,20 | 1,72         | 0,48        | 0,88        | 3,14         | 3,58          | 1 | 0,20 | 1,72         | 0,48        | 0,88        | 3,14         | 3,58          | 1 | 0,30 | 2,58         | 0,57        | 0,82        | 3,69         | 4,50          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                    |   |      | <b>6,46</b>  | <b>0,48</b> | <b>0,88</b> | <b>11,80</b> | <b>13,45</b>  |   |      | <b>6,46</b>  | <b>0,48</b> | <b>0,88</b> | <b>11,80</b> | <b>13,45</b>  |   |      | <b>9,69</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>13,88</b> | <b>16,92</b>  |
|   |                                                  |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ<br/>ΨΥΞΗΣ</b>          |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
| 1 | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού                  | 2 | 0,60 | 14,12        | 0,76        | 0,65        | 12,07        | 18,58         | 2 | 0,60 | 14,12        | 0,76        | 0,65        | 12,07        | 18,58         | 2 | 0,60 | 14,12        | 0,76        | 0,65        | 12,07        | 18,58         |
| 2 | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού                   | 1 | 0,60 | 39,16        | 0,76        | 0,65        | 33,49        | 51,52         | 1 | 0,60 | 39,16        | 0,76        | 0,65        | 33,49        | 51,52         | 1 | 0,60 | 39,16        | 0,76        | 0,65        | 33,49        | 51,52         |
| 3 | Συμπιεστής μονάδας ψύξης                         | 1 | 0,60 | 9,18         | 0,76        | 0,65        | 7,85         | 12,07         | 1 | 0,60 | 9,18         | 0,76        | 0,65        | 7,85         | 12,07         | 1 | 0,60 | 9,18         | 0,76        | 0,65        | 7,85         | 12,07         |
| 4 | Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών                     | 1 | 0,60 | 0,60         | 0,76        | 0,65        | 0,51         | 0,79          | 1 | 0,60 | 0,60         | 0,76        | 0,65        | 0,51         | 0,79          | 1 | 0,60 | 0,60         | 0,76        | 0,65        | 0,51         | 0,79          |
| 5 | Θερμαντήρας χώρου προμηθειών                     | 1 | 0,10 | 2,12         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 2,12          | 1 | 0,10 | 2,12         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 2,12          | 1 | 0,10 | 2,12         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 2,12          |
| 6 | Μονάδα κλιματισμού ecr                           | 1 | 0,60 | 5,58         | 0,76        | 0,65        | 4,77         | 7,34          | 1 | 0,60 | 5,58         | 0,76        | 0,65        | 4,77         | 7,34          | 1 | 0,60 | 5,58         | 0,76        | 0,65        | 4,77         | 7,34          |
| 7 | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας                | 1 | 0,60 | 7,06         | 0,76        | 0,65        | 6,04         | 9,29          | 1 | 0,60 | 7,06         | 0,76        | 0,65        | 6,04         | 9,29          | 1 | 0,60 | 7,06         | 0,76        | 0,65        | 6,04         | 9,29          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                    |   |      | <b>77,80</b> | <b>0,76</b> | <b>0,64</b> | <b>64,72</b> | <b>101,71</b> |   |      | <b>77,80</b> | <b>0,76</b> | <b>0,64</b> | <b>64,72</b> | <b>101,71</b> |   |      | <b>77,80</b> | <b>0,76</b> | <b>0,64</b> | <b>64,72</b> | <b>101,71</b> |
|   |                                                  |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |

|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b> |   |      |              |             |             |              |              |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
|----|-------------------------------------------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--|
| 1  | Σύστημα πηδαλιουχίας                            | 1 | 0,30 | 11,00        | 0,57        | 0,82        | 15,76        | 19,22        | 2 | 0,30 | 22,00         | 0,57        | 0,82        | 31,52         | 38,44         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 2  | Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας                  | 1 | 0,30 | 0,15         | 0,57        | 0,82        | 0,21         | 0,26         | 2 | 0,30 | 0,30          | 0,57        | 0,82        | 0,43          | 0,52          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 3  | Αντλία εργάτη άγκυρας                           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 2 | 0,60 | 113,68        | 0,76        | 0,65        | 97,22         | 149,58        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 4  | Αντλία εργάτη πρυμνησίων                        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 1 | 0,60 | 47,37         | 0,76        | 0,65        | 40,51         | 62,33         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 5  | Γερανός πετρέλευσης                             | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,30 | 1,50         | 0,57        | 0,82        | 2,15         | 2,62         |  |
| 6  | Γερανός προμηθειών                              | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,30 | 4,48         | 0,57        | 0,82        | 6,42         | 7,83         |  |
| 7  | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 8  | Βίντσι λέμβου διάσωσης                          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 9  | Σκάλες επιβίβασης πλοίου                        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 1 | 0,30 | 2,12          | 0,57        | 0,82        | 3,03          | 3,70          | 1 | 0,30 | 2,12         | 0,57        | 0,82        | 3,03         | 3,70         |  |
| 10 | Σκάλες επιβίβασης πιλότου                       | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 11 | Βοηθητική σκάλα                                 | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>11,15</b> | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>15,97</b> | <b>19,48</b> |   |      | <b>185,47</b> | <b>0,73</b> | <b>0,68</b> | <b>172,71</b> | <b>254,57</b> |   |      | <b>8,10</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>11,61</b> | <b>14,15</b> |  |
|    |                                                 |   |      |              |             |             |              |              |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>                   |   |      |              |             |             |              |              |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
| 1  | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου                       | 4 | 0,80 | 47,81        | 0,82        | 0,57        | 33,37        | 58,31        | 4 | 0,80 | 47,81         | 0,82        | 0,57        | 33,37         | 58,31         | 4 | 0,80 | 47,81        | 0,82        | 0,57        | 33,37        | 58,31        |  |
| 2  | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων                 | 1 | 0,80 | 4,00         | 0,82        | 0,57        | 2,79         | 4,88         | 1 | 0,80 | 4,00          | 0,82        | 0,57        | 2,79          | 4,88          | 1 | 0,80 | 4,00         | 0,82        | 0,57        | 2,79         | 4,88         |  |
| 3  | Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας                  | 1 | 0,80 | 1,50         | 0,82        | 0,57        | 1,05         | 1,83         | 1 | 0,80 | 1,50          | 0,82        | 0,57        | 1,05          | 1,83          | 1 | 0,80 | 1,50         | 0,82        | 0,57        | 1,05         | 1,83         |  |
| 4  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας          | 1 | 0,80 | 4,00         | 0,82        | 0,57        | 2,79         | 4,88         | 1 | 0,80 | 4,00          | 0,82        | 0,57        | 2,79          | 4,88          | 1 | 0,80 | 4,00         | 0,82        | 0,57        | 2,79         | 4,88         |  |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>57,31</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>40,00</b> | <b>69,89</b> |   |      | <b>57,31</b>  | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>40,00</b>  | <b>69,89</b>  |   |      | <b>57,31</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>40,00</b> | <b>69,89</b> |  |
|    |                                                 |   |      |              |             |             |              |              |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ<br/>ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>          |   |      |              |             |             |              |              |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
| 1  | Βραστήρας                                       | 1 | 0,30 | 4,31         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 4,31         | 1 | 0,30 | 4,31          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,31          | 1 | 0,30 | 4,31         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 4,31         |  |

|   |                                     |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|---|-------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 2 | Κουζίνα-Εστίες                      | 1 | 0,30 | 6,83          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,83          | 1 | 0,30 | 6,83          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,83          | 1 | 0,30 | 6,83          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,83          |
| 3 | Πλυντήριο πιάτων                    | 1 | 0,30 | 2,40          | 0,57        | 0,82        | 3,44          | 4,19          | 1 | 0,30 | 2,40          | 0,57        | 0,82        | 3,44          | 4,19          | 1 | 0,30 | 2,40          | 0,57        | 0,82        | 3,44          | 4,19          |
| 5 | Φριτέζα                             | 1 | 0,30 | 4,94          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,94          | 1 | 0,30 | 4,94          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,94          | 1 | 0,30 | 4,94          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,94          |
| 6 | Πλυντήριο                           | 1 | 0,30 | 3,18          | 0,57        | 0,82        | 4,55          | 5,55          | 1 | 0,30 | 3,18          | 0,57        | 0,82        | 4,55          | 5,55          | 1 | 0,30 | 3,18          | 0,57        | 0,82        | 4,55          | 5,55          |
| 7 | Στεγνωτήριο                         | 1 | 0,30 | 2,93          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 2,93          | 1 | 0,30 | 2,93          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 2,93          | 1 | 0,30 | 2,93          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 2,93          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |   |      | <b>24,59</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,52</b> | <b>7,99</b>   | <b>28,75</b>  |   |      | <b>24,59</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,52</b> | <b>7,99</b>   | <b>28,75</b>  |   |      | <b>24,59</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,52</b> | <b>7,99</b>   | <b>28,75</b>  |
|   | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                      |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 4 | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0             | 0,00          | 0 | 0,00 | 0             | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|   | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                |   |      | <b>490,14</b> | <b>0,78</b> | <b>0,62</b> | <b>363,65</b> | <b>626,88</b> |   |      | <b>773,05</b> | <b>0,78</b> | <b>0,62</b> | <b>578,14</b> | <b>987,77</b> |   |      | <b>439,69</b> | <b>0,79</b> | <b>0,62</b> | <b>306,23</b> | <b>559,76</b> |

Πίνακας 6.12.2 Υπολογισμός άεργου ισχύος στο bulk carrier στην κατάσταση ερματισμού και κατάσταση χειρισμού φορτίου

|   | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                   | Κατάσταση Ερματισμού |      |                    |             |             |                    |              | Κατάσταση Χειρισμού Φορτίου |      |                    |             |             |                    |              |
|---|-------------------------------|----------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|-----------------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
|   |                               | N                    | fs   | Ρ <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  | N                           | fs   | Ρ <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς  |
|   |                               |                      |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |                             |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |
| 1 | 2                             | 3                    | 4    | 5                  | 6           | 7           | 8                  | 9            | 10                          | 11   | 12                 | 13          | 14          | 15                 |              |
|   | <b>ΖΥΓΟΙ 220V</b>             |                      |      |                    |             |             |                    |              |                             |      |                    |             |             |                    |              |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>       |                      |      |                    |             |             |                    |              |                             |      |                    |             |             |                    |              |
| 1 | Εξωτερικός φωτισμός           | 1                    | 0,80 | 18,67              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 18,67        | 1                           | 0,80 | 18,67              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 18,67        |
| 2 | Φωτισμός μηχανοστασίου        | 1                    | 1,00 | 8,24               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 8,24         | 1                           | 1,00 | 8,24               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 8,24         |
| 3 | Φωτισμός ανάγκης              | 1                    | 0,60 | 4,94               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,94         | 1                           | 0,60 | 4,94               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,94         |
| 4 | Φωτισμός ενδιαίτησεως         | 1                    | 0,80 | 11,29              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 11,29        | 1                           | 0,80 | 11,29              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 11,29        |
| 5 | Φωτισμός ναυσιπλοΐας          | 1                    | 0,20 | 0,65               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 0,65         | 1                           | 0,20 | 0,65               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 0,65         |
| 6 | Φωτισμός χώρων φορτίου        | 0                    | 0,00 | 0,00               | -           | -           | 0,00               | 0,00         | 28                          | 0,30 | 3,15               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 3,15         |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                 |                      |      | <b>43,79</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>43,79</b> |                             |      | <b>46,94</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>46,94</b> |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>     |                      |      |                    |             |             |                    |              |                             |      |                    |             |             |                    |              |
| 5 | Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης | 20                   | 0,80 | 1,60               | 0,82        | 0,57        | 1,12               | 1,95         | 20                          | 0,80 | 1,60               | 0,82        | 0,57        | 1,12               | 1,95         |

|           |                                         |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|-----------|-----------------------------------------|----|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|----|------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
|           |                                         |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>      |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
| <b>4</b>  | Βραστήρας νερού                         | 1  | 0,30 | 1,13          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,13          | 1  | 0,30 | 1,13          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 1,13          |
| <b>8</b>  | Διάφορα μηχανήματα                      | 20 | 0,30 | 5,29          | 0,57        | 0,82        | 7,58          | 9,24          | 20 | 0,30 | 5,29          | 0,57        | 0,82        | 7,58         | 9,24          |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |    |      | <b>6,42</b>   | <b>0,62</b> | <b>0,79</b> | <b>7,58</b>   | <b>10,37</b>  |    |      | <b>6,42</b>   | <b>0,62</b> | <b>0,79</b> | <b>7,58</b>  | <b>10,37</b>  |
|           |                                         |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                          |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
| <b>1</b>  | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας       | 1  | 0,40 | 1,40          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,40          | 1  | 0,20 | 0,70          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 0,70          |
| <b>2</b>  | Φορτιστής μπαταριών                     | 1  | 0,50 | 0,56          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 0,56          | 1  | 0,50 | 0,56          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 0,56          |
| <b>3</b>  | Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας          | 1  | 0,40 | 1,75          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 1,75          | 1  | 0,30 | 1,31          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 1,31          |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |    |      | <b>3,71</b>   | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>   | <b>3,71</b>   |    |      | <b>2,57</b>   | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>  | <b>2,57</b>   |
|           |                                         |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 220 V</b>          |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|           |                                         |    |      | <b>55,52</b>  | <b>0,93</b> | <b>0,37</b> | <b>8,70</b>   | <b>59,82</b>  |    |      | <b>57,53</b>  | <b>0,93</b> | <b>0,37</b> | <b>8,70</b>  | <b>61,83</b>  |
|           | <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>                      |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>       |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
| <b>1</b>  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης            | 1  | 0,65 | 51,32         | 0,78        | 0,63        | 41,32         | 65,89         | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>2</b>  | Κύρια αντλία θαλασσινού νερού ψύξης     | 1  | 0,60 | 44,21         | 0,76        | 0,65        | 37,81         | 58,17         | 1  | 0,60 | 44,21         | 0,76        | 0,65        | 37,81        | 58,17         |
| <b>3</b>  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης Κ.Μ.          | 1  | 0,80 | 14,12         | 0,82        | 0,57        | 9,85          | 17,22         | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>4</b>  | Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.        | 1  | 0,80 | 75,79         | 0,82        | 0,57        | 52,90         | 92,43         | 1  | 0,60 | 56,84         | 0,76        | 0,65        | 48,61        | 74,79         |
| <b>5</b>  | Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης        | 1  | 0,80 | 3,65          | 0,82        | 0,57        | 2,55          | 4,45          | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>6</b>  | Αντλία πετρελαίου                       | 1  | 0,80 | 1,50          | 0,82        | 0,57        | 1,05          | 1,83          | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>7</b>  | Αντλία λίπανσης                         | 1  | 0,80 | 2,00          | 0,82        | 0,57        | 1,40          | 2,44          | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>8</b>  | Βοηθητική παροχή αέρα Κ.Μ.              | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>9</b>  | Στροφέιο Κύριας Μηχανής                 | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>10</b> | Φίλτρο λαδιού λίπανσης                  | 1  | 0,80 | 0,20          | 0,82        | 0,57        | 0,14          | 0,24          | 0  | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>11</b> | Ξηραντήρας αέρα                         | 1  | 0,30 | 0,17          | 0,57        | 0,82        | 0,24          | 0,29          | 1  | 0,30 | 0,17          | 0,57        | 0,82        | 0,24         | 0,29          |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |    |      | <b>192,95</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>147,26</b> | <b>242,96</b> |    |      | <b>101,22</b> | <b>0,76</b> | <b>0,65</b> | <b>86,66</b> | <b>133,26</b> |
|           |                                         |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |    |      |               |             |             |               |               |    |      |               |             |             |              |               |

|    |                                            |   |             |               |             |             |               |               |          |             |               |             |             |               |               |
|----|--------------------------------------------|---|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|----------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 1  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα        | 1 | 0,80        | 0,40          | 0,82        | 0,57        | 0,28          | 0,49          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 2  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου               | 1 | 0,60        | 5,29          | 0,76        | 0,65        | 4,53          | 6,97          | 1        | 0,60        | 5,29          | 0,76        | 0,65        | 4,53          | 6,97          |
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου               | 1 | 0,30        | 0,56          | 0,57        | 0,82        | 0,81          | 0,98          | 1        | 0,30        | 0,56          | 0,57        | 0,82        | 0,81          | 0,98          |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel                   | 1 | 0,40        | 1,10          | 0,65        | 0,76        | 1,29          | 1,69          | 1        | 0,40        | 1,10          | 0,65        | 0,76        | 1,29          | 1,69          |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού              | 1 | 0,30        | 0,66          | 0,57        | 0,82        | 0,94          | 1,15          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης          | 1 | 0,60        | 1,65          | 0,76        | 0,65        | 1,41          | 2,17          | 1        | 0,60        | 1,65          | 0,76        | 0,65        | 1,41          | 2,17          |
| 7  | Αντλία σεντινών                            | 1 | 0,30        | 0,56          | 0,57        | 0,82        | 0,81          | 0,98          | 1        | 0,30        | 0,56          | 0,57        | 0,82        | 0,81          | 0,98          |
| 8  | Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας         | 1 | 0,60        | 1,80          | 0,76        | 0,65        | 1,54          | 2,37          | 1        | 0,60        | 1,80          | 0,76        | 0,65        | 1,54          | 2,37          |
| 9  | Αντλία πόσιμου νερού                       | 1 | 0,60        | 2,78          | 0,76        | 0,65        | 2,37          | 3,65          | 1        | 0,60        | 2,78          | 0,76        | 0,65        | 2,37          | 3,65          |
| 10 | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού            | 1 | 0,60        | 0,56          | 0,76        | 0,65        | 0,48          | 0,74          | 1        | 0,60        | 0,56          | 0,76        | 0,65        | 0,48          | 0,74          |
| 11 | Δεξαμενή θέρμανσης νερού                   | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 12 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης           | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1        | 0,80        | 46,32         | 0,82        | 0,57        | 32,33         | 56,48         |
| 13 | Αντλία ερματισμού                          | 2 | <b>0,80</b> | <b>185,26</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>129,31</b> | <b>225,93</b> | <b>1</b> | <b>0,80</b> | <b>92,63</b>  | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>64,66</b>  | <b>112,97</b> |
| 14 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 1 | 0,60        | 6,07          | 0,76        | 0,65        | 5,19          | 7,99          | 1        | 0,60        | 6,07          | 0,76        | 0,65        | 5,19          | 7,99          |
| 15 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης              | 1 | 0,60        | 4,52          | 0,76        | 0,65        | 3,86          | 5,94          | 1        | 0,60        | 4,52          | 0,76        | 0,65        | 3,86          | 5,94          |
| 16 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης            | 1 | 0,30        | 13,07         | 0,57        | 0,82        | 18,72         | 22,83         | 1        | 0,30        | 13,07         | 0,57        | 0,82        | 18,72         | 22,83         |
| 17 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                  | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 18 | Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης           | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου | 1 | 0,60        | 0,98          | 0,76        | 0,65        | 0,83          | 1,28          | 1        | 0,60        | 0,98          | 0,76        | 0,65        | 0,83          | 1,28          |
| 20 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού     | 1 | 0,60        | 0,98          | 0,76        | 0,65        | 0,83          | 1,28          | 1        | 0,60        | 0,98          | 0,76        | 0,65        | 0,83          | 1,28          |
| 21 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων              | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών       | 1 | 0,80        | 0,93          | 0,82        | 0,57        | 0,65          | 1,13          | 1        | 0,80        | 0,93          | 0,82        | 0,57        | 0,65          | 1,13          |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών    | 1 | 0,80        | 0,27          | 0,82        | 0,57        | 0,19          | 0,33          | 1        | 0,80        | 0,27          | 0,82        | 0,57        | 0,19          | 0,33          |
| 24 | Αντλία μετάγγισης υψηλής πίεσης γεννητριών | 1 | 0,80        | 0,63          | 0,82        | 0,57        | 0,44          | 0,77          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 25 | Αντλία μετάγγισης diesel γεννητριών        | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 26 | Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων                | 1 | 0,30        | 2,33          | 0,57        | 0,82        | 3,34          | 4,07          | 1        | 0,30        | 2,33          | 0,57        | 0,82        | 3,34          | 4,07          |
| 27 | Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων              | 1 | 0,30        | 1,58          | 0,57        | 0,82        | 2,26          | 2,75          | 1        | 0,30        | 1,58          | 0,57        | 0,82        | 2,26          | 2,75          |
| 28 | Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού              | 1 | 0,60        | 14,27         | 0,76        | 0,65        | 12,20         | 18,77         | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 29 | Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας                 | 0 | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0        | 0,00        | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |   |             | <b>246,23</b> | <b>0,78</b> | <b>0,62</b> | <b>192,28</b> | <b>314,27</b> |          |             | <b>183,96</b> | <b>0,78</b> | <b>0,63</b> | <b>146,09</b> | <b>236,62</b> |

|          | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑ &amp; ΛΕΒΗΤΑ</b> |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|----------|------------------------------------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| <b>1</b> | Αποτεφρωτήρας                            | 1 | 0,30 | 5,29         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 5,29          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>2</b> | Καυστήρας λέβητα                         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 1 | 0,80 | 4,50         | 0,82        | 0,57        | 3,14         | 5,49          |
| <b>3</b> | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα      | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 1 | 0,80 | 0,80         | 0,82        | 0,57        | 0,56         | 0,98          |
| <b>4</b> | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα          | 1 | 0,80 | 2,20         | 0,82        | 0,57        | 1,54         | 2,68          | 1 | 0,80 | 2,20         | 0,82        | 0,57        | 1,54         | 2,68          |
| <b>5</b> | Προθερμαντήρας λέβητα                    | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 1 | 1,00 | 8,35         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 8,35          |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                            |   |      | <b>7,49</b>  | <b>0,94</b> | <b>0,34</b> | <b>1,54</b>  | <b>7,98</b>   |   |      | <b>15,85</b> | <b>0,91</b> | <b>0,42</b> | <b>5,24</b>  | <b>17,50</b>  |
|          |                                          |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|          | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
| <b>1</b> | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης                | 1 | 0,20 | 3,76         | 0,48        | 0,88        | 6,88         | 7,84          | 1 | 0,30 | 5,65         | 0,57        | 0,82        | 8,09         | 9,87          |
| <b>2</b> | Δράπανο                                  | 1 | 0,20 | 0,18         | 0,48        | 0,88        | 0,32         | 0,36          | 1 | 0,30 | 0,26         | 0,57        | 0,82        | 0,38         | 0,46          |
| <b>3</b> | Τόρνος                                   | 1 | 0,20 | 0,75         | 0,48        | 0,88        | 1,37         | 1,56          | 1 | 0,30 | 1,13         | 0,57        | 0,82        | 1,61         | 1,97          |
| <b>4</b> | Ηλεκτρικό τρυπάνι                        | 1 | 0,20 | 0,05         | 0,48        | 0,88        | 0,09         | 0,10          | 1 | 0,30 | 0,08         | 0,57        | 0,82        | 0,11         | 0,13          |
| <b>5</b> | Γερανός Μηχανοστασίου                    | 1 | 0,20 | 1,72         | 0,48        | 0,88        | 3,14         | 3,58          | 1 | 0,30 | 2,58         | 0,57        | 0,82        | 3,69         | 4,50          |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                            |   |      | <b>6,46</b>  | <b>0,48</b> | <b>0,88</b> | <b>11,80</b> | <b>13,45</b>  |   |      | <b>9,69</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>13,88</b> | <b>16,92</b>  |
|          |                                          |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|          | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ</b>          |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
| <b>1</b> | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού          | 2 | 0,60 | 14,12        | 0,76        | 0,65        | 12,07        | 18,58         | 2 | 0,60 | 14,12        | 0,76        | 0,65        | 12,07        | 18,58         |
| <b>2</b> | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού           | 1 | 0,60 | 39,16        | 0,76        | 0,65        | 33,49        | 51,52         | 1 | 0,60 | 39,16        | 0,76        | 0,65        | 33,49        | 51,52         |
| <b>3</b> | Συμπιεστής μονάδας ψύξης                 | 1 | 0,60 | 9,18         | 0,76        | 0,65        | 7,85         | 12,07         | 1 | 0,60 | 9,18         | 0,76        | 0,65        | 7,85         | 12,07         |
| <b>4</b> | Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών             | 1 | 0,60 | 0,60         | 0,76        | 0,65        | 0,51         | 0,79          | 1 | 0,60 | 0,60         | 0,76        | 0,65        | 0,51         | 0,79          |
| <b>5</b> | Θερμαντήρας χώρου προμηθειών             | 1 | 0,10 | 2,12         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 2,12          | 1 | 0,10 | 2,12         | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 2,12          |
| <b>6</b> | Μονάδα κλιματισμού ecr                   | 1 | 0,60 | 5,58         | 0,76        | 0,65        | 4,77         | 7,34          | 1 | 0,60 | 5,58         | 0,76        | 0,65        | 4,77         | 7,34          |
| <b>7</b> | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας        | 1 | 0,60 | 7,06         | 0,76        | 0,65        | 6,04         | 9,29          | 1 | 0,60 | 7,06         | 0,76        | 0,65        | 6,04         | 9,29          |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                            |   |      | <b>77,80</b> | <b>0,76</b> | <b>0,64</b> | <b>64,72</b> | <b>101,71</b> |   |      | <b>77,80</b> | <b>0,76</b> | <b>0,64</b> | <b>64,72</b> | <b>101,71</b> |
|          |                                          |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|          | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>  |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
| <b>1</b> | Σύστημα πηδαλιουχίας                     | 1 | 0,30 | 11,00        | 0,57        | 0,82        | 15,76        | 19,22         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>2</b> | Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας           | 1 | 0,30 | 0,15         | 0,57        | 0,82        | 0,21         | 0,26          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>3</b> | Αντλία εργάτη άγκυρας                    | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>4</b> | Αντλία εργάτη πρυμνησίων                 | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>5</b> | Γερανός πετρέλευσης                      | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 1 | 0,30 | 1,50         | 0,57        | 0,82        | 2,15         | 2,62          |

|    |                                        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|----|----------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 6  | Γερανός προμηθειών                     | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,30 | 4,48          | 0,57        | 0,82        | 6,42          | 7,83          |
| 7  | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                 | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 8  | Βίντσι λέμβου διάσωσης                 | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 9  | Σκάλες επιβίβασης πλοίου               | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 10 | Σκάλες επιβίβασης πιλότου              | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 11 | Βοηθητική σκάλα                        | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |   |      | <b>11,15</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>15,97</b>  | <b>19,48</b>  |   |      | <b>5,98</b>   | <b>0,57</b> | <b>0,82</b> | <b>8,57</b>   | <b>10,45</b>  |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>              |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου              | 4 | 0,80 | 47,81         | 0,82        | 0,57        | 33,37         | 58,31         | 4 | 0,80 | 47,81         | 0,82        | 0,57        | 33,37         | 58,31         |
| 2  | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων        | 1 | 0,80 | 4,00          | 0,82        | 0,57        | 2,79          | 4,88          | 1 | 0,80 | 4,00          | 0,82        | 0,57        | 2,79          | 4,88          |
| 3  | Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας         | 1 | 0,80 | 1,50          | 0,82        | 0,57        | 1,05          | 1,83          | 1 | 0,80 | 1,50          | 0,82        | 0,57        | 1,05          | 1,83          |
| 4  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 1 | 0,80 | 4,00          | 0,82        | 0,57        | 2,79          | 4,88          | 1 | 0,80 | 4,00          | 0,82        | 0,57        | 2,79          | 4,88          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |   |      | <b>57,31</b>  | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>40,00</b>  | <b>69,89</b>  |   |      | <b>57,31</b>  | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>40,00</b>  | <b>69,89</b>  |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>     |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Βραστήρας                              | 1 | 0,30 | 4,31          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,31          | 1 | 0,30 | 4,31          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,31          |
| 2  | Κουζίνα-Εστίες                         | 1 | 0,30 | 6,83          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,83          | 1 | 0,30 | 6,83          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 6,83          |
| 3  | Πλυντήριο πιάτων                       | 1 | 0,30 | 2,40          | 0,57        | 0,82        | 3,44          | 4,19          | 1 | 0,30 | 2,40          | 0,57        | 0,82        | 3,44          | 4,19          |
| 5  | Φριτέζα                                | 1 | 0,30 | 4,94          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,94          | 1 | 0,30 | 4,94          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 4,94          |
| 6  | Πλυντήριο                              | 1 | 0,30 | 3,18          | 0,57        | 0,82        | 4,55          | 5,55          | 1 | 0,30 | 3,18          | 0,57        | 0,82        | 4,55          | 5,55          |
| 7  | Στεγνωτήριο                            | 1 | 0,30 | 2,93          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 2,93          | 1 | 0,30 | 2,93          | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 2,93          |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                          |   |      | <b>24,59</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,52</b> | <b>7,99</b>   | <b>28,75</b>  |   |      | <b>24,59</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,52</b> | <b>7,99</b>   | <b>28,75</b>  |
|    | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                         |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 4  | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας    | 1 | 0,80 | 1,20          | 0,82        | 0,57        | 0,84          | 1,46          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
|    | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                   |   |      | <b>680,71</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>491,10</b> | <b>859,78</b> |   |      | <b>533,94</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>381,85</b> | <b>676,94</b> |



Αντίστοιχα στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης έχουμε υπολογίσει τα παρακάτω:

**Πίνακας 6.13** Άεργος ισχύς του *bulk carrier* στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                            | Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης |      |              |             |             |                    |               |
|----|----------------------------------------|----------------------------|------|--------------|-------------|-------------|--------------------|---------------|
|    |                                        | N                          | fs   | Ρλειτ.       | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς   |
|    |                                        |                            |      | kW           |             |             | kVar               | kVa           |
|    | 1                                      | 2                          | 3    | 4            | 5           | 6           | 7                  | 8             |
|    | <b>ΖΥΓΟΙ 220V</b>                      |                            |      |              |             |             |                    |               |
| 3  | Φωτισμός ανάγκης                       | 1                          | 1,00 | 8,24         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 8,24          |
| 1  | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας      | 1                          | 1,00 | 3,50         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 3,50          |
| 2  | Φορτιστής μπαταριών                    | 1                          | 1,00 | 1,13         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 1,13          |
| 3  | Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας         | 1                          | 1,00 | 4,38         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 4,38          |
|    |                                        |                            |      |              |             |             |                    |               |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 220 V</b>         |                            |      | <b>17,24</b> | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>17,24</b>  |
|    |                                        |                            |      |              |             |             |                    |               |
|    | <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>                     |                            |      |              |             |             |                    |               |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>         |                            |      |              |             |             |                    |               |
| 29 | Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας             | 1                          | 1,00 | 27,78        | 0,86        | 0,51        | 16,48              | 32,30         |
|    |                                        |                            |      |              |             |             |                    |               |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>         |                            |      |              |             |             |                    |               |
| 1  | Σύστημα πηδαλιουχίας                   | 1                          | 1,00 | 36,67        | 0,86        | 0,51        | 21,76              | 42,64         |
| 2  | Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας         | 1                          | 1,00 | 0,50         | 0,86        | 0,51        | 0,30               | 0,58          |
|    |                                        |                            |      | <b>37,17</b> | <b>0,86</b> | <b>0,51</b> | <b>22,05</b>       | <b>43,22</b>  |
|    |                                        |                            |      |              |             |             |                    |               |
|    | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                      |                            |      |              |             |             |                    |               |
| 3  | Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας         | 1                          | 1,00 | 1,88         | 0,86        | 0,51        | 1,11               | 2,18          |
| 4  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 1                          | 1,00 | 5,00         | 0,86        | 0,51        | 2,97               | 5,81          |
|    |                                        |                            |      | <b>6,88</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,51</b> | <b>4,08</b>        | <b>7,99</b>   |
|    |                                        |                            |      |              |             |             |                    |               |
|    | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                   |                            |      | <b>89,05</b> | <b>0,88</b> | <b>0,47</b> | <b>42,62</b>       | <b>100,75</b> |

Από τους παραπάνω πίνακες επαληθεύουμε ότι οι γεννήτριες που έχουμε επιλέξει καλύπτουν και τη χειρότερη κατάσταση ζήτησης άεργου ισχύος.

### 6.2.5 Διατομές ζυγών και καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών

Χρησιμοποιώντας τη μέγιστη φαινόμενη ισχύ από κάθε κατάσταση, όπως υπολογίστηκε στους πίνακες 6.12.1, 6.12.2 και 6.13, και με μια προσαύξηση της τάξεως του 10% στη φαινόμενη ισχύ, για λόγους ασφαλείας, υπολογίζουμε με βάση τη σχέση  $I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \times 1,1$  το ρεύμα γραμμής που τροφοδοτεί κάθε ζυγό. Με βάση την τιμή αυτή του ρεύματος, προσδιορίζουμε τις διατομές των καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών (ουσιαστικά συνδέουν τους ζυγούς με τους υποζυγούς) αλλά και τις διατομές των χάλκινων ζυγών με βάση τον πίνακα Α.12, Παράρτημα Α, καθώς επίσης και το είδος και τις ονομαστικές τιμές λειτουργίας των ασφαλιστικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται. Οι τιμές αυτές φαίνονται στον Πίνακα 6.14.

Η διατομή των καλωδίων έχει γίνει με βάση το πρόγραμμα που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 5, δηλαδή επιλέγουμε χάλκινα καλώδια, class 2 (πολύκλωνα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσεως 0,6/1 kV. Σε περίπτωση **ομαδοποίησης καλωδίων**, έχει επιλεγεί παντού η διάταξη 1 (καλώδια σε δέσμη στον αέρα, σε μια επιφάνεια, ενσωματωμένα ή καλυμμένα).

Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των αυτόματων διακοπών θα προσδιοριστεί μέσα από τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων που ακολουθεί στην επόμενη παράγραφο.

Από τον Πίνακα 6.14, προκύπτει ότι η μέγιστη ζητούμενη ισχύς του μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως στο κύριο δίκτυο, είναι ίση με  $61,83 \text{ kVA} \times 1,1 = 68,01 \text{ kVA}$  (προσαύξηση 10%, όπως στα καλώδια), και επομένως επιλέγεται μετασχηματιστής των **70 kVA** (ονομαστική ισχύς). Αντίστοιχα, για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης ο μετασχηματιστής θα πρέπει να τροφοδοτήσει τα φορτία έκτακτης ανάγκης και τάσεως των 220 V, τα οποία απορροφούν 17,24 kVA και με προσαύξηση 10%, έχουμε  $17,24 \text{ kVA} \times 1,1 = 18,96 \text{ kVA}$ . Για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης επιλέγεται μετασχηματιστής ονομαστικής ισχύος **20 kVA**.

Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο μονογραμμικό διάγραμμα του bulk carrier στο τέλος της εργασίας, υπάρχει διάταξη για λήψη ρεύματος από τη στεριά. Η διατομή αυτού του καλωδίου θα είναι ίση με  $4 \times (1 \times 240) \text{ mm}^2$  αφού το συνολικό ρεύμα που θα περάσει από το καλώδιο είναι 1425,72 A. Τέλος, επιλέγεται αυτόματος διακόπτης των 2000A, με ρύθμιση στα 1500 A.

### 6.2.6 Μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο bulk carrier

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, το οποίο έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 4, αρχικά γίνεται η ομαδοποίηση των κινητήρων και των γεννητριών του πλοίου. Στο συγκεκριμένο πλοίο, έχουν ομαδοποιηθεί όλοι οι κινητήρες που συνδέονται στον ίδιο ζυγό και έχουν ονομαστική ισχύ <100 kW όπως προβλέπει το πρότυπο. Οι υπόλοιποι κινητήρες έχουν ληφθεί υπόψη ξεχωριστά. Έχει προκύψει η παρακάτω ομαδοποίηση:

**Πίνακας 6.14** Διατομές ζυγών και καλωδίων στο *bulk carrier*

| Είδος πίνακα                  | Μέγιστη φαινόμενη ισχύς (kVA) | Ρεύμα τριφασικής γραμμής +10% προσάυξηση (A) | Διατομή καλωδίου παροχής (mm <sup>2</sup> )                            | Κύριος ζυγός Πίνακα (mm <sup>2</sup> ) | Ασφαλιστική διάταξη                          |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Επίπεδο τάσης 220 V</b>    |                               |                                              |                                                                        |                                        |                                              |
| Κεντρική μπάρα                | 61,83                         | 178,50                                       | 3*95 ανά φάση                                                          | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 250 A                    |
| Συσκευές μαγειρείου           | 10,37                         | 29,94                                        | 3*6 ανά φάση                                                           | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 32 A                     |
| Πίνακας εξαερισμού            | 1,95                          | 5,63                                         | 3*1,5 ανά φάση                                                         | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 16 A                     |
| <b>Επίπεδο τάσης 440 V</b>    |                               |                                              |                                                                        |                                        |                                              |
| Κεντρική μπάρα                | 987,77                        | 1425,72                                      | 2x(1*150) ανά φάση για κάθε κύρια γεννήτρια (712,86A για την κάθε μία) | 1000                                   | Αυτόματος διακόπτης 1000A για κάθε γεννήτρια |
| Βοηθητικά πρόωσης             | 347,05                        | 500,92                                       | 1*300 ανά φάση                                                         | 400                                    | Αυτόματος διακόπτης 630 A                    |
| Βοηθητικά μηχανοστασίου       | 314,27                        | 453,61                                       | 1*240 ανά φάση                                                         | 400                                    | Αυτόματος διακόπτης 630 A                    |
| Πίνακας Αποτεφρωτήρα & Λέβητα | 17,50                         | 25,26                                        | 3*4 ανά φάση                                                           | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 32 A                     |
| Εργαστήριο μηχανοστασίου      | 16,92                         | 24,43                                        | 3*4 ανά φάση                                                           | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 25 A                     |
| Συστήματα ψύξης               | 101,71                        | 146,80                                       | 3*70 ανά φάση                                                          | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 160 A                    |
| Βοηθητικά καταστρώματος       | 254,57                        | 367,45                                       | 1*185 ανά φάση                                                         | 300                                    | Αυτόματος διακόπτης 400 A                    |

|                                       |        |        |                    |     |                            |
|---------------------------------------|--------|--------|--------------------|-----|----------------------------|
| Πίνακας εξαιρισμού                    | 69,89  | 100,88 | 3*35 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 160 A  |
| Πίνακας συσκευών μαγειρείου           | 28,75  | 41,50  | 3*10 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 50 A   |
| Μετασχηματιστής 440/220V              | 61,83  | 89,25  | 3*35 ανά φάση      |     | Αυτόματος διακόπτης 100 A  |
| Γεννήτρια για χρήση εν όρμω           | 559,76 | 807,94 | 2x(1*185) ανά φάση |     | Αυτόματος διακόπτης 1000 A |
| <b>Έκτακτη ανάγκη</b>                 |        |        |                    |     |                            |
| Κεντρική μπάρα                        | 100,75 | 145,41 | 3*70 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 160 A  |
| Μετασχηματιστής 440/220 V (emergency) | 17,24  | 24,88  | 3*4 ανά φάση       |     | Αυτόματος διακόπτης 25 A   |
| Βοηθητικά μηχανοστασίου               | 32,30  | 46,62  | 3*10 ανά φάση      |     | Αυτόματος διακόπτης 50A    |
| Βοηθητικά καταστρώματος               | 43,22  | 62,38  | 3*16 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 63A    |
| Πίνακας εξαιρισμού                    | 5,81   | 8,39   | 3*1,5 ανά φάση     | 100 | Αυτόματος διακόπτης 16A    |
| Φορτία των 220 V                      | 17,24  | 49,75  | 3*16 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 50A    |

M1: βοηθητικά πρόωσης

M2: αντλία ερματισμού, (οι δύο αντλίες έχουν θεωρηθεί σαν ένας ισοδύναμος «μεγάλος» κινητήρας)

M3: βοηθητικά μηχανοστασίου

M4: αποτεφρωτήρας και λέβητας

M5: εργαστήριο μηχανοστασίου

M6: συστήματα ψύξης

M7: βοηθητικά καταστρώματος

M8: εξαερισμός

M9: συσκευές μαγειρείου

M10: φορτία των 220 V

Οι ισχείς των κινητήρων στις πέντε καταστάσεις λειτουργίας φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 6.15.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Πίνακα 6.15, η χειρότερη κατάσταση φόρτισης για τις δύο κύριες γεννήτριες που λειτουργούν παράλληλα, είναι η **κατάσταση χειρισμών**. Η χειρότερη κατάσταση φόρτισης των γεννητριών δεν συμπίπτει απαραίτητα με τη χειρότερη κατάσταση φόρτισης των κινητήρων ή των ζυγών. Για αυτές τις περιπτώσεις, υπολογίζουμε και το ρεύμα βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό για τη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του, ώστε να διαπιστώσουμε αν αλλάζει ή όχι η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη όπως έχει υπολογιστεί στην κατάσταση χειρισμών.

Έχουν θεωρηθεί τα παρακάτω:

- ▲ Το βραχυκύκλωμα είναι συμμετρικό και τριφασικό και συμβαίνει στον ζυγό των κύριων γεννητριών.
- ▲ Τα ωμικά φορτία καθώς και τα ηλεκτρονικά ισχύος, δηλαδή δεξαμενή θέρμανσης νερού, προθερμαντήρας νερού χιτωνίων, αποτεφρωτήρας, προθερμαντήρας λέβητα, θερμαντήρας χώρου προμηθειών, βραστήρας, κουζίνα - εστίες, βραστήρας νερού, φριτέζα, στεγνωτήριο, πίνακες φωτισμού, όργανα ναυσιπλοΐας, φορτιστής μπαταριών και όργανα εσωτερικής επικοινωνίας, δεν έχουν ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό του βραχυκυκλώματος. Τα στοιχεία αυτά συμμετέχουν μόνο αποσβεστικά στο ρεύμα βραχυκύκλωσης.
- ▲ Έχουν ληφθεί υπόψη οι σύνθετες αντιστάσεις όλων των καλωδίων και των μετασχηματιστών.
- ▲ Ο συντελεστής ισχύος των γεννητριών πριν το βραχυκύκλωμα έχει προκύψει από τους Πίνακες 6.12.1, 6.12.2 και 6.13, από το λόγο του αθροίσματος της ενεργού ισχύος όλων των φορτίων που συμμετέχουν στο βραχυκύκλωμα (εκτός από τα

**Πίνακας 6.15** Ομαδοποίηση κινητήρων για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο *bulk carrier*

| Κατάσταση λειτουργίας | Ισχύς κινητήρα M1 (kW) | Ισχύς κινητήρα M2 (kW) | Ισχύς κινητήρα M3 (kW) | Ισχύς κινητήρα M4 (kW) | Ισχύς κινητήρα M5 (kW) | Ισχύς κινητήρα M6 (kW) | Ισχύς κινητήρα M7 (kW) | Ισχύς κινητήρα M8 (kW) | Ισχύς κινητήρα M9 (kW) | Ισχύς κινητήρα M10 (kW) | Συνολική ισχύς κινητήρων (kW) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Κανονικής πορείας     | 207,69                 | 0,00                   | 60,80                  | 2,20                   | 6,46                   | 75,69                  | 11,15                  | 57,31                  | 5,58                   | 6,89                    | 433,76                        |
| <b>Χειρισμών</b>      | <b>281,79</b>          | 0,00                   | 68,26                  | <b>7,50</b>            | 6,46                   | <b>75,69</b>           | <b>185,47</b>          | <b>57,31</b>           | <b>5,58</b>            | <b>6,89</b>             | <b>694,94</b>                 |
| Εν όρμω               | 102,35                 | 0,00                   | 69,35                  | 7,50                   | 9,69                   | 75,69                  | 8,10                   | 57,31                  | 5,58                   | 6,89                    | 342,45                        |
| Ερματισμού            | 192,95                 | <b>185,26</b>          | <b>60,97</b>           | 2,20                   | 6,46                   | 75,69                  | 11,15                  | 57,31                  | 5,58                   | 6,89                    | 604,46                        |
| Χειρισμού φορτίου     | 101,22                 | 92,63                  | 91,33                  | 7,50                   | <b>9,69</b>            | 75,69                  | 5,98                   | 57,31                  | 5,58                   | 6,89                    | 453,82                        |

ωμικά φορτία που συμμετέχουν αποσβεστικά) προς το άθροισμα της φαινόμενης ισχύος τους (σύμφωνα με το κεφάλαιο 2).

- ▲ Αντίστοιχα, ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων πριν το βραχυκύκλωμα έχει προκύψει από τους Πίνακες 6.12.1, 6.12.2 και 6.13 με όμοιο τρόπο με αυτόν που υπολογίστηκε ο συντελεστής ισχύος των γεννητριών παραπάνω.
- ▲ Η φαινόμενη ισχύς των γεννητριών είναι η ονομαστική φαινόμενη ισχύς τους και έχει ληφθεί από τα αντίστοιχα datasheets, βλέπε παράρτημα Γ.
- ▲ Τα χαρακτηριστικά των γεννητριών έχουν ληφθεί από τα αντίστοιχα datasheets, βλέπε παράρτημα Γ.
- ▲ Τα χαρακτηριστικά των κινητήρων έχουν ληφθεί σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, δηλαδή παράγραφοι 4.5.5.3.3 και 4.5.5.3.4 του κεφαλαίου 4 για μεγάλους (>100 kW) και μικρούς κινητήρες (<100 kW) αντίστοιχα, καθώς δεν γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά των επιμέρους κινητήρων που έχουν ομαδοποιηθεί ώστε να βρούμε τα χαρακτηριστικά των ισοδύναμων κινητήρων που προκύπτουν με βάση την παράγραφο 7 του προτύπου IEC 61363-1.
- ▲ Η υπομεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέως άξονα των γεννητριών υπολογίζεται από τη σχέση:  $T_{do}'' = \frac{x_d'}{x_d''} \cdot T_d''$ , όπου τα υπόλοιπα λαμβάνονται από τα datasheets των γεννητριών.
- ▲ Στους κινητήρες έχει θεωρηθεί ότι  $X_S = X_R = X_M''/2$  αφού  $X_M'' = X_S + X_R$  για  $s=1$  (ακινητοποιημένο δρομέα).
- ▲ Σαν μέση απόσταση των γεννητριών από τον ζυγό βραχυκυκλώματος (κύριο ζυγό ή ζυγό γεννητριών έκτακτης ανάγκης) έχουν ληφθεί τα 50m.
- ▲ Σαν μέση απόσταση των κινητήρων από τον κύριο ζυγό έχουν ληφθεί τα 70m.
- ▲ Όταν μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και κινητήρα μεσολαβούν καλώδια διαφορετικής διατομής, τότε στη μελέτη βραχυκυκλωμάτων έχουμε θεωρήσει την ελάχιστη σύνθετη αντίσταση των καλωδίων, ώστε να έχουμε την ελάχιστη απόσβεση του ρεύματος βραχυκύκλωσης και επομένως υπερεκτίμηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης.
- ▲ Ο κινητήρας M2 δεν συνεισφέρει στο ρεύμα βραχυκύκλωσης στην κατάσταση χειρισμών αφού είναι εκτός λειτουργίας, και επομένως δεν θα ληφθεί υπόψη, ενώ θα μελετηθεί μόνο η χειρότερη κατάσταση φόρτισης του ζυγού στον οποίον συνδέονται οι κινητήρες M2 και M3.
- ▲ Έχει γίνει επίσης μελέτη βραχυκυκλωμάτων στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης (βραχυκύκλωμα στο ζυγό της γεννήτριας), προκειμένου να προσδιοριστεί η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη της γεννήτριας αλλά και των φορτίων έκτακτης ανάγκης, θεωρώντας τα φορτία έκτακτης ανάγκης ως έναν ισοδύναμο κινητήρα.
- ▲ Σαν μέση απόσταση των κινητήρων έκτακτης ανάγκης από το ζυγό της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης, έχουν ληφθεί τα 100m.
- ▲ Στην εν όρμω κατάσταση έγινε μελέτη βραχυκυκλωμάτων, προκειμένου να δούμε την επίδραση της ελάχιστα διαφορετικής σύνθετης αντίστασης του καλωδίου μεταξύ γεννήτριας και κύριων ζυγών (ζυγός βραχυκυκλώματος) και της διαφορετικής φόρτισης της γεννήτριας πριν το βραχυκύκλωμα, στο ρεύμα

βραχυκύκλωσης που προσφέρει η γεννήτρια εν όρμω (ίδια με τις κύριες γεννήτριες). Οι κινητήρες δεν μελετήθηκαν ξανά, αφού η χειρότερη κατάσταση φόρτισης του καθενός ή του ζυγού που συνδέονται έχει μελετηθεί και επομένως η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των αυτόματων διακοπών έχει προσδιοριστεί ήδη.

- ▲ Η υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας λόγω της μικρής ισχύος που απορροφά, δεν έχει ληφθεί υπόψη κατά το βραχυκύκλωμα.

Για το bulk carrier έχουμε τους παρακάτω **κινητήρες**, για την κατάσταση χειρισμών (1<sup>η</sup> στήλη) και για τη χειρότερη κατάσταση φόρτισής τους ή των ζυγών τους (2<sup>η</sup> στήλη), όπου αυτή δεν συμπίπτει με την κατάσταση χειρισμών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αντίστοιχα ρεύματα βραχυκύκλωσης που συνεισφέρουν οι κινητήρες. Τέλος, φαίνεται επίσης η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη που επιλέγεται τελικά.

1) Για τον κινητήρα M1 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br/>M1</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>rM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>347888,9</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>s</sub></b>               | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>r</sub></b>               | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>s</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>r</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,81</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>rM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000755</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000948</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 217.93V$$

$$I_m'' = 2246.83A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (2246.83) \exp(-t/0.020453)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 2246.83A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 1494.94A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (3556.08) \exp(-t/0.009875)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(2246.83) \exp(-t/0.020453) + (3556.08) \exp(-t/0.009875)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 6733.58A$$



Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)=3643.38A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $6355.00A \rightarrow$  Επιλέγονται τα  $10 kA$

- 2) Για τον κινητήρα M2, στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του ζυγού, στον οποίον συνδέεται μαζί με τον κινητήρα M3, (κατάσταση ερματισμού), έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M2 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                   | 440      | V  |
| $S$                        | 225926,8 | VA |
| $f$                        | 60       | Hz |
| $R_S$                      | 3,4      | %  |
| $R_R$                      | 2,1      | %  |
| $X_S$                      | 7,5      | %  |
| $X_R$                      | 7,5      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,82     | -  |

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{FM}$ | 440       | V          |
| $L$      | 70        | M          |
| $R_c$    | 0,0001921 | $\Omega/m$ |
| $X_c$    | 0,0000864 | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 217.63V$$

$$I_m'' = 1474.57A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1474.57) \exp(-t/0.019839)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1474.57A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 968.81A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (2325.32) \exp(-t/0.008384)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(1474.57) \exp(-t/0.019839) + (2325.32) \exp(-t/0.008384)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 4410.68A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 2230.70A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $4170.72A$

3) Για τον κινητήρα M3 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M3 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{rM}$                   | 440      | V  |
| S                          | 94805,56 | VA |
| F                          | 60       | Hz |
| $R_s$                      | 4,3      | %  |
| $R_r$                      | 2,7      | %  |
| $X_s$                      | 9,4      | %  |
| $X_r$                      | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,72     | -  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M3 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{rM}$                   | 440      | V  |
| S                          | 88362,32 | VA |
| f                          | 60       | Hz |
| $R_s$                      | 4,3      | %  |
| $R_r$                      | 2,7      | %  |
| $X_s$                      | 9,4      | %  |
| $X_r$                      | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,69     | -  |

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{rM}$ | 440       | V          |
| L        | 70        | m          |
| Rc       | 0,0000947 | $\Omega/m$ |
| Xc       | 0,0000982 | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 208.08V$$

$$I_m'' = 497.28A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (497.28) \exp(-t/0.018801)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 497.28A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 319.23A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (825.35) \exp(-t/0.010976)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(497.28) \exp(-t/0.018801) + (825.35) \exp(-t/0.010976)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1528.60A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 837.75A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1406.51A

Στην κατάσταση ερματισμού, η συνολική ισχύς που φτάνει στο ζυγό των βοηθητικών μηχανοστασίου είναι ίση με 246,23kW (από τον M2 και M3) και είναι η μέγιστη που φτάνει στο ζυγό αυτό για τις πέντε καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου. Επομένως για τη κατάσταση ερματισμού για τον M3 έχουμε τα παρακάτω:

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 207.06V$$

$$I_m'' = 461.89A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (461.89) \exp(-t/0.018778)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 461.89A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 296.35A$$

Συνιστώσα Σ.Ρ.:  $I_{dcm}(t) = (771.89) \exp(-t/0.011016)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(461.89) \exp(-t/0.018778) + (771.89) \exp(-t/0.011016)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 1425.10A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 781.36A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $1306.41A$

Το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης που φτάνει στον κοινό ζυγό των M2 και M3, από αυτούς τους κινητήρες, είναι στην κατάσταση ερματισμού και ισούται με  $(4170,72+1306,41) A = 5477,13 A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

4) Για τον κινητήρα M4 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M4</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| $U_{rM}$                           | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>9146,341</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                              | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                              | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                              | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                              | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                       | <b>0,82</b>     | <b>-</b>  |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>70</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0057876</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0001191</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$E_m'' = 209.73V$

$I_m'' = 47.54A$

Συνιστώσα Ε.Ρ.:  $I_{acm}(t) = (47.54) \exp(-t/0.018509)$

Συνιστώσα Ε.Ρ. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) = 47.54A$

Συνιστώσα Ε.Ρ. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) = 30.31A$

Συνιστώσα Σ.Ρ.:  $I_{dcm}(t) = (76.95) \exp(-t/0.008042)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(47.54) \exp(-t/0.018509) + (76.95) \exp(-t/0.008042)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 144.18A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 70.16A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $134.46A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

5) Για τον κινητήρα M5 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M5 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                   | 440      | V  |
| S                          | 13458,33 | VA |
| f                          | 60       | Hz |
| $R_S$                      | 4,3      | %  |
| $R_R$                      | 2,7      | %  |
| $X_S$                      | 9,4      | %  |
| $X_R$                      | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,48     | -  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M5 |       |    |
|----------------------------|-------|----|
| $U_{FM}$                   | 440   | V  |
| S                          | 17000 | VA |
| f                          | 60    | Hz |
| $R_S$                      | 4,3   | %  |
| $R_R$                      | 2,7   | %  |
| $X_S$                      | 9,4   | %  |
| $X_R$                      | 9,4   | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,57  | -  |

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{FM}$ | 440       | V          |
| L        | 70        | m          |
| Rc       | 0,0057876 | $\Omega/m$ |
| Xc       | 0,0001191 | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 200.04V$$

$$I_m'' = 65.41A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (65.41)\exp(-t/0.018527)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 65.41A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 41.72A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (114.41)\exp(-t/0.007029)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(65.41)\exp(-t/0.018527) + (114.41)\exp(-t/0.007029)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 206.92A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 93.96A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 185.01A

**Στη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του έχουμε τα παρακάτω:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 199.42V$$

$$I_m'' = 80.98A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (80.98)\exp(-t/0.018542)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 80.98A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 51.66A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (140.44)\exp(-t/0.006371)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(80.98)\exp(-t/0.018542) + (140.44)\exp(-t/0.006371)$$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 254.95A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 111.03A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $229.03A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA**

6) Για τον κινητήρα M6 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M6 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{rM}$                   | 440      | V  |
| S                          | 99592,11 | VA |
| F                          | 60       | Hz |
| $R_s$                      | 4,3      | %  |
| $R_r$                      | 2,7      | %  |
| $X_s$                      | 9,4      | %  |
| $X_r$                      | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,76     | -  |

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{rM}$ | 440       | V          |
| L        | 70        | m          |
| Rc       | 0,0003365 | $\Omega/m$ |
| Xc       | 0,0000884 | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$E_m'' = 207.93V$

$I_m'' = 514.07A$

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t) = (514.07) \exp(-t/0.018783)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0) = 514.07A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2) = 329.87A$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t) = (847.12) \exp(-t/0.009201)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t) = (1.41421)(514.07) \exp(-t/0.018783) + (847.12) \exp(-t/0.009201)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 1574.13A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 808.95A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $1454.01A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

7) Για τον κινητήρα M7 έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M7 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{rM}$                   | 440      | V  |
| S                          | 254068,5 | VA |

|                         |             |           |
|-------------------------|-------------|-----------|
| <b>F</b>                | <b>60</b>   | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>    | <b>3,4</b>  | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>    | <b>2,1</b>  | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>    | <b>7,5</b>  | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>    | <b>7,5</b>  | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b> | <b>0,73</b> | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0001244</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000967</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 214.88V$$

$$I_m'' = 1637.50A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1637.50) \exp(-t/0.020069)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1637.50A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 1081.05A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (2638.00) \exp(-t/0.009277)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(1637.50) \exp(-t/0.020069) + (2638.00) \exp(-t/0.009277)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 4953.77A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 2603.26A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 4631.54A → **Επιλέγονται τα 10 kA.**

8) Για τον κινητήρα M8 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M8</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>69890,24</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>               | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>               | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,82</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0006579</b> | <b>Ω/m</b> |

|           |                  |            |
|-----------|------------------|------------|
| <b>Xc</b> | <b>0,0000915</b> | <b>Ω/m</b> |
|-----------|------------------|------------|

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 210.07V$$

$$I_m'' = 362.67A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (362.67) \exp(-t/0.018697)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 362.67A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 232.25A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (587.13) \exp(-t/0.008467)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(362.67) \exp(-t/0.018697) + (587.13) \exp(-t/0.008467)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1100.03A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 547.86A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $1025.79A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

9) Για τον κινητήρα M9 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M9</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>9789,474</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>               | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>               | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,57</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>ΓM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>Rc</b>             | <b>0,0022975</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>Xc</b>             | <b>0,0001048</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 203.70V$$

$$I_m'' = 50.51A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (50.51) \exp(-t/0.018506)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 50.51A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 32.20A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (86.35) \exp(-t/0.009772)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(50.51) \exp(-t/0.018506) + (86.35) \exp(-t/0.009772)$$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0) = 157.78A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2) = 82.34A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $142.86A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

10) Για τον κινητήρα M10 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br/>M10</b> |                |           |
|-------------------------------------|----------------|-----------|
| <b>(ΜΕΣΩ ΜΕΤΑΣΧ/ΣΤΗ)</b>            |                |           |
| $U_{FM}$                            | <b>220</b>     | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                            | <b>11112,9</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                            | <b>60</b>      | <b>Hz</b> |
| $R_S$                               | <b>4,3</b>     | <b>%</b>  |
| $R_R$                               | <b>2,7</b>     | <b>%</b>  |
| $X_S$                               | <b>9,4</b>     | <b>%</b>  |
| $X_R$                               | <b>9,4</b>     | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                        | <b>0,62</b>    | <b>-</b>  |

Για το μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως έχουμε:

|           |              |           |
|-----------|--------------|-----------|
| $U_{FM}$  | <b>440</b>   | <b>V</b>  |
| $U_{FMT}$ | <b>220</b>   | <b>V</b>  |
| <b>f</b>  | <b>60</b>    | <b>Hz</b> |
| $u_{rR}$  | <b>1,4</b>   | <b>%</b>  |
| $u_{rK}$  | <b>4</b>     | <b>%</b>  |
| <b>S</b>  | <b>70000</b> | <b>VA</b> |

Τέλος, για τα καλώδια έχουμε:

- από κινητήρα M10 μέχρι το  
M/Σ

- από M/Σ μέχρι το ζυγό  
βραχυκυκλώματος

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{FM}$  | <b>220</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>35</b>        | <b>M</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0002423</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000882</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{FM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>35</b>        | <b>M</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0006579</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000915</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

Στην πλευρά των 220V έχουμε:

$$E_m'' = 101.95V$$

$$I_m'' = 112.03A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (112.03) \exp(-t/0.019142)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 112.03A$$



Συνοιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)= 72.49A$

Συνοιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=( 190.80)exp(-t/0.010658)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(112.03)exp(-t/0.019142)+( 190.80)exp(-t/0.010658)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 349.23A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 189.81A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $316.87A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

=====

Οι παραπάνω τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης και κρουστικών ρευμάτων ανηγμένες στην πλευρά των 440 V είναι:

Συνοιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t)=( 56.02)exp(-t/0.019142)$

Συνοιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0)= 56.02A$

Συνοιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)= 36.24A$

Συνοιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=( 95.40)exp(-t/0.010658)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(56.02)exp(-t/0.019142)+( 95.40)exp(-t/0.010658)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 174.62A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 94.91A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $158.44A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

Στο επίπεδο των 220 V, εφόσον όλα τα φορτία αυτής της τάσεως έχουν ομαδοποιηθεί σε έναν κινητήρα, επιλέγεται ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα όλων των αυτόματων διακοπών αυτή της τάξεως των 10 kA.

Αντίστοιχα για τη γεννήτρια με τα παρακάτω χαρακτηριστικά, στην κατάσταση χειρισμών, έχουμε:

| ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |            |    |
|--------------------|------------|----|
| $U_0$              | 440        | V  |
| S                  | 694000     | VA |
| f                  | 60         | Hz |
| X'd                | 9          | %  |
| X'd                | 13         | %  |
| Xd                 | 280        | %  |
| T'd                | 12         | ms |
| T'do               | 17,3333333 | ms |
| T'd                | 80         | ms |
| T'do               | 2,5        | s  |
| Ra                 | 1,326      | %  |
| cosφo              | 0,74       | -  |

Και το καλώδιο από τη γεννήτρια μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

|                      |                   |            |
|----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>0</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>             | <b>50</b>         | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b> | <b>0,00007785</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b> | <b>0,0000478</b>  | <b>Ω/m</b> |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{q''} = 268.58V$$

$$E_{q'} = 273.27V$$

$$E_q = 666.90V$$

$$I_{kd''} = 9415.48A$$

$$I_{kd'} = 6936.82A$$

$$I_{kd} = 851.15A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (2478.67)\exp(-t/0.012587) + (6085.67)\exp(-t/0.088123) + 851.15$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 9415.48A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 7666.18A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (12180.01)\exp(-t/0.009608)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((2478.67)\exp(-t/0.012587) + (6085.67)\exp(-t/0.088123) + 851.15) + (12180.01)\exp(-t/0.009608)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 25495.51A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 15957.92A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: **26631.01A → Επιλέγονται τα 36 kA για κάθε γεννήτρια**

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό από τις γεννήτριες είναι το διπλάσιο από αυτό που υπολογίστηκε παραπάνω, αφού οι γεννήτριες είναι ίδιες και αναλογικά με την ικανότητά τους φορτισμένες. Παρακάτω δίνεται το υπολογισμένο συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό του σφάλματος. Ο υπολογισμός αυτός χρησιμεύει στον έλεγχο της αντοχής των ζυγών τροφοδοσίας των πινάκων, στους οποίους γίνεται το βραχυκύκλωμα, στο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο έλεγχος αυτός δεν έχει γίνει στην παρούσα εργασία.

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$$\begin{aligned} I_{tot} = & (1.41421)((2478.67)\exp(-t/0.012587) + (6085.67)\exp(-t/0.088123) + \\ & 851.15) + (12180.01)\exp(-t/0.009608) + \\ & (1.41421)((2478.67)\exp(-t/0.012587) + (6085.67)\exp(-t/0.088123) + \\ & 851.15) + (12180.01)\exp(-t/0.009608) + \\ & (1.41421)(2246.83)\exp(-t/0.020453) + (3556.08)\exp(-t/0.009875) + \\ & (1.41421)(497.28)\exp(-t/0.018801) + (825.35)\exp(-t/0.010976) + \\ & (1.41421)(47.54)\exp(-t/0.018509) + (76.95)\exp(-t/0.008042) + \\ & (1.41421)(65.41)\exp(-t/0.018527) + (114.41)\exp(-t/0.007029) + \end{aligned}$$

$$(1.41421)(514.07)\exp(-t/0.018783)+(847.12)\exp(-t/0.009201)+$$

$$(1.41421)(1637.50)\exp(-t/0.020069)+(2638.00)\exp(-t/0.009277)+$$

$$(1.41421)(362.67)\exp(-t/0.018697)+(587.13)\exp(-t/0.008467)+$$

$$(1.41421)(50.51)\exp(-t/0.018506)+(86.35)\exp(-t/0.009772)+$$

$$(1.41421)(56.02)\exp(-t/0.019142)+(95.40)\exp(-t/0.010658)$$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0)=67564.62A$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2)=40698.40A$

Όσον αφορά την περίπτωση βραχυκυκλώματος στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης στο ζυγό της γεννήτριας, έχουμε ομαδοποιήσει όλους τους κινητήρες σε έναν, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως. Έχουμε λάβει υπόψη την μικρότερη σύνθετη αντίσταση που εμφανίζεται στα καλώδια μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και του ισοδύναμου κινητήρα και έχουμε αγνοήσει την αποσβεστική επίδραση της σύνθετης αντίστασης του Μ/Σ, με αμελητέο σφάλμα προς την ασφαλή πλευρά προφανώς.

Έχουμε λοιπόν τα παρακάτω:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ</b> |                 |           |
|-----------------------------|-----------------|-----------|
| <b>M1</b>                   |                 |           |
| <b>U<sub>FM</sub></b>       | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                    | <b>83511,63</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                    | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>        | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>        | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>        | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>        | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>     | <b>0,86</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>100</b>       | <b>M</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0003365</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000884</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 212.97V$$

$$I_m'' = 438.27A$$

$$\text{Σνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (438.27)\exp(-t/0.018844)$$

$$\text{Σνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 438.27A$$

$$\text{Σνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 281.64A$$

$$\text{Σνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (698.89)\exp(-t/0.008846)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(438.27)\exp(-t/0.018844) + (698.89)\exp(-t/0.008846)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1318.71A$$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 670.76A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $1239.63A$

Με βάση τον παραπάνω υπολογισμό, όλοι οι αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων έκτακτης ανάγκης, έχουν επιλεγεί με ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα ίση με **10kA**.

| ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |                  |           |
|--------------------|------------------|-----------|
| $U_0$              | <b>440</b>       | <b>V</b>  |
| <b>S</b>           | <b>137500</b>    | <b>VA</b> |
| <b>f</b>           | <b>60</b>        | <b>Hz</b> |
| $X''_d$            | <b>13</b>        | <b>%</b>  |
| $X'_d$             | <b>19</b>        | <b>%</b>  |
| $X_d$              | <b>206</b>       | <b>%</b>  |
| $T''_d$            | <b>10</b>        | <b>ms</b> |
| $T''_{do}$         | <b>14,615385</b> | <b>ms</b> |
| $T'_d$             | <b>32</b>        | <b>ms</b> |
| $T'_{do}$          | <b>0,85</b>      | <b>s</b>  |
| <b>Ra</b>          | <b>2,25</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφo</b>       | <b>0,86</b>      | <b>-</b>  |

|           |                  |            |
|-----------|------------------|------------|
| $U_0$     | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>  | <b>50</b>        | <b>M</b>   |
| <b>Rc</b> | <b>0,0003365</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000884</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_q'' = 269.50V$$

$$E_q' = 274.77V$$

$$E_q = 500.74V$$

$$I_{kd}'' = 1391.82A$$

$$I_{kd}' = 994.70A$$

$$I_{kd} = 172.35A$$

$$\text{Σνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (397.12)\exp(-t/0.010275) + (822.35)\exp(-t/0.033413) + 172.35$$

$$\text{Σνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 1391.82A$$

$$\text{Σνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 989.66A$$

$$\text{Σνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (1889.25)\exp(-t/0.010252)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((397.12)\exp(-t/0.010275) + (822.35)\exp(-t/0.033413) + 172.35) + (1889.25)\exp(-t/0.010252)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 3857.58A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 2237.63A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $3936.66A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

Για τον έλεγχο της μηχανικής αντοχής του ζυγού της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης στο ρεύμα βραχυκύκλωσης δίνεται παρακάτω και το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό σφάλματος. Ο έλεγχος αυτός δεν έχει γίνει στην παρούσα εργασία.

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$$I_{tot} = (1.41421)((397.12)\exp(-t/0.010275) + (822.35)\exp(-t/0.033413) + 172.35) + (1889.25)\exp(-t/0.010252) + (1.41421)(438.27)\exp(-t/0.018844) + (698.89)\exp(-t/0.008846)$$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0) = 5176.28A$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2) = 2908.38A$

Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στον κύριο ζυγό στην κατάσταση **εν όρμω**, όπου στην κατάσταση αυτή λειτουργεί μόνο μια γεννήτρια, έχει γίνει η ακόλουθη μελέτη. Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας δίνονται παρακάτω καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που προκύπτουν καθώς τρέχουμε το πρόγραμμα για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων, εισάγοντας στο πρόγραμμα (editor) την τιμή του ρεύματος που δίνει η γεννήτρια, και η οποία θα είναι ίση με :  $I_{gen} = I_{κιν} = \frac{S_{κιν}}{\sqrt{3} \cdot V_{κιν}} = \frac{462510}{\sqrt{3} \cdot 440} = 606,89A$ .

| <b>ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ</b> |                  |           |
|---------------------------|------------------|-----------|
| <b>U<sub>0</sub></b>      | <b>440</b>       | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                  | <b>694000</b>    | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                  | <b>60</b>        | <b>Hz</b> |
| <b>X''<sub>d</sub></b>    | <b>9</b>         | <b>%</b>  |
| <b>X'<sub>d</sub></b>     | <b>13</b>        | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>d</sub></b>      | <b>280</b>       | <b>%</b>  |
| <b>T''<sub>d</sub></b>    | <b>12</b>        | <b>ms</b> |
| <b>T''<sub>do</sub></b>   | <b>17,333333</b> | <b>ms</b> |
| <b>T'<sub>d</sub></b>     | <b>80</b>        | <b>ms</b> |
| <b>T'<sub>do</sub></b>    | <b>2,5</b>       | <b>s</b>  |
| <b>R<sub>a</sub></b>      | <b>1,326</b>     | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>0</sub></b>   | <b>0,74</b>      | <b>-</b>  |

|                      |                  |            |
|----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>0</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>             | <b>50</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b> | <b>0,0000622</b> | <b>Ω/m</b> |

|           |                   |            |
|-----------|-------------------|------------|
| <b>Xc</b> | <b>0,00004835</b> | <b>Ω/m</b> |
|-----------|-------------------|------------|

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{q''} = 268.50V$$

$$E_{q'} = 273.27V$$

$$E_q = 674.32V$$

$$I_{kd''} = 9469.55A$$

$$I_{kd'} = 6957.50A$$

$$I_{kd} = 860.60A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (2512.05)\exp(-t/0.012542) + (6096.90)\exp(-t/0.087572) + 860.60$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 9469.55A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 7696.68A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (12814.70)\exp(-t/0.010723)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((2512.05)\exp(-t/0.012542) + (6096.90)\exp(-t/0.087572) + 860.60) + (12814.70)\exp(-t/0.010723)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 26206.67A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 16775.66A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 26783.94A → **Επιλέγονται τα 36 kA.**

Τέλος, το μονογραμμικό διάγραμμα που δείχνει το κύριο δίκτυο του πλοίου αλλά και αυτό της έκτακτης ανάγκης βρίσκεται στο τέλος της παρούσας εργασίας.

### 6.3 Tanker - Δεξαμενόπλοιο

Η τρίτη ενότητα του κεφαλαίου 6 περιλαμβάνει την ηλεκτρολογική μελέτη σε ένα πραγματικό δεξαμενόπλοιο η οποία γίνεται με όμοιο τρόπο όπως στα δύο προηγούμενα πλοία. Οι διαφορές στις ηλεκτρικές απαιτήσεις ενός δεξαμενόπλοιου σε σχέση με ένα φορτηγό πλοίο γενικού φορτίου, αφορούν κυρίως την προστασία των καλωδίων και του εξοπλισμού που βρίσκεται στις περιοχές κινδύνου, όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 1.

Τα επίπεδα των τάσεων που εμφανίζονται στα φορτία του πλοίου είναι της τάξεως των 440V και των 220V (χαμηλή τάση), και η συχνότητα του δικτύου είναι 60 Hz. Η τάση των 220 V (πολική τάση) επιτυγχάνεται μέσω δύο μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσεως σε συνδεσμολογία Dd (τριγώνου – τριγώνου), ο ένας για τις κύριες γεννήτριες και ο άλλος για τη γεννήτρια έκτακτης ανάγκης. Το δίκτυο του πλοίου είναι τριφασικό (440V) με τον ουδέτερο αγείωτο (insulated neutral system) (3 αγωγοί) και μονοφασικό (220V- 2 αγωγοί), όπως επιβάλλουν οι κανονισμοί για τα δεξαμενόπλοια.

#### 6.3.1 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός

Ο αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του tanker έχει γίνει για πέντε χαρακτηριστικές καταστάσεις του πλοίου: 1) κατάσταση κανονικής πορείας, 2)

κατάσταση χειρισμών, 3) κατάσταση εν όρμω, 4) κατάσταση εκφόρτωσης και 5) κατάσταση φόρτωσης και φαίνεται στον Πίνακα 6.16, που παρατίθεται πιο κάτω.

Με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.16 βλέπουμε ότι η συνολική καταναλισκόμενη ισχύς είναι:

- Κατάσταση κανονικής πορείας = 1368,45 kW
- Κατάσταση χειρισμών = 1515,63 kW
- Κατάσταση «εν όρμω» = 827,32 kW
- Κατάσταση εκφόρτωσης = 1440,79 kW
- Κατάσταση φόρτωσης = 1317,99 kW

Οι αυξημένες ηλεκτρικές ανάγκες του δεξαμενόπλοιου σε σχέση με το bulk carrier που μελετήθηκε στη δεύτερη ενότητα αυτού του κεφαλαίου είναι εμφανείς στα παραπάνω αποτελέσματα που προέκυψαν από τον ισολογισμό ισχύος.

Ο πίνακας 6.17 δείχνει τον αναλυτικό ηλεκτρικό ισολογισμό του tanker στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Για τα φορτία που είναι σε λειτουργία στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης, έχει ληφθεί συντελεστής λειτουργίας  $f_s$  ίσος με 1 για λόγους ασφαλείας.

### 6.3.2 Επιλογή κύριων γεννητριών και γεννήτριας έκτακτης ανάγκης

❖ Με βάση τον ισολογισμό του πλοίου στον Πίνακα 6.16 επιλέγουμε τρεις κύριες γεννήτριες, εκ των οποίων η μια θα προορίζεται μόνο για λειτουργία στην κατάσταση εν όρμω, ενώ οι άλλες δυο μαζί σε παράλληλη λειτουργία θα καλύπτουν το συνολικό φορτίο στη δυσμενέστερη κατάσταση όπως προκύπτει από τον ισολογισμό (κατάσταση χειρισμών). Σε περίπτωση βλάβης της μιας από τις δύο γεννήτριες, η γεννήτρια για χρήση εν όρμω μπορεί να παραλληλιστεί με την απομένουσα εν λειτουργία γεννήτρια ώστε να καλυφθεί το φορτίο ακόμη και στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης.

Άρα οι δύο κύριες γεννήτριες θα πρέπει υπό φόρτιση 85%-90% και σε παράλληλη λειτουργία να τροφοδοτούν τα **1515,63 kW**, δηλαδή να έχουν συνολική ονομαστική ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από:

$$1515,63 \text{ kW} / 0,85 = 1783,09 \text{ kW}$$

Η γεννήτρια που προορίζεται μόνο για λειτουργία στην «εν όρμω» κατάσταση, θα πρέπει να καλύπτει το φορτίο όπως υπολογίστηκε στον ισολογισμό ισχύος των **827,32 kW** σε φόρτιση 85-90%, δηλαδή να έχει ονομαστική ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από **827,32 kW/0,85 = 973,32 kW**.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω υπολογισμούς, και για να μειώσουμε την ποσότητα των ανταλλακτικών στο πλοίο, επιλέξαμε τρεις ίδιες γεννήτριες, από την Cummins Generator Technologies, και συγκεκριμένα τις γεννήτριες Stamford HCM634K (4 poles), κλάσης μονώσεως 'H' (110/50°C), ονομαστικής ισχύος 1200 kVA (960 kW) και τάσεως 440 V (βλέπε Γ.1, Παράρτημα Γ).

Πίνακας 6.16 Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός στο tanker

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                | η     | N | Ονομαστική Ισχύς      |        |                         | P <sub>εγκ.</sub> | Ισχύς Κανονικής Πορείας |                |                    | Ισχύς Χειρισμών |                |                    | Ισχύς εν όρμω |                |                    | Ισχύς εκφόρτωσης |                |                    | Ισχύς φόρτωσης |                |                    |
|----|--------------------------------------------|-------|---|-----------------------|--------|-------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|
|    |                                            |       |   | P <sub>ον.αποδ.</sub> |        | P <sub>ον.αποροφ.</sub> |                   | N                       | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N               | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N             | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N                | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> | N              | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> |
|    |                                            |       |   | PS                    | KW     | KW                      |                   |                         | KW             | KW                 |                 | KW             | KW                 |               | KW             | KW                 |                  | KW             | KW                 |                |                |                    |
|    |                                            |       |   | 1                     | 2      | 3                       |                   | 4                       | 5              | 6                  | 7               | 8              | 9                  | 10            | 11             | 12                 | 13               | 14             | 15                 | 16             | 17             | 18                 |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>                   |       |   |                       |        |                         |                   |                         |                |                    |                 |                |                    |               |                |                    |                  |                |                    |                |                |                    |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης               | 0,952 | 2 | 179,35                | 132,00 | 138,66                  | 277,31            | 1                       | 0,80           | 110,92             | 1               | 0,65           | 90,13              | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 2  | Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλίνδρων Κ.Μ. | 0,780 | 2 | 2,99                  | 2,20   | 2,82                    | 5,64              | 1                       | 0,80           | 2,26               | 1               | 0,80           | 2,26               | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 3  | Αντλία θαλ. νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)    | 0,922 | 1 | 61,14                 | 45,00  | 48,81                   | 48,81             | 0                       | 0,00           | 0,00               | 1               | 0,82           | 40,02              | 1             | 0,82           | 40,02              | 1                | 0,82           | 40,02              | 1              | 0,82           | 40,02              |
| 4  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμηλής θερμ.    | 0,934 | 2 | 88,32                 | 65,00  | 69,59                   | 139,19            | 1                       | 0,82           | 57,07              | 2               | 0,82           | 114,13             | 1             | 0,82           | 57,07              | 1                | 0,82           | 57,07              | 1              | 0,82           | 57,07              |
| 5  | Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων Κ.Μ.           | 0,904 | 2 | 35,33                 | 26,00  | 28,76                   | 57,52             | 1                       | 0,75           | 21,57              | 0               | 0,00           | 0,00               | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 6  | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου Κ.Μ.         | 0,840 | 2 | 8,97                  | 6,60   | 7,86                    | 15,71             | 1                       | 0,75           | 5,89               | 1               | 0,75           | 5,89               | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 7  | Αντλία παροχής πετρελαίου Κ.Μ.             | 0,820 | 2 | 3,53                  | 2,60   | 3,17                    | 6,34              | 1                       | 0,65           | 2,06               | 1               | 0,65           | 2,06               | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 8  | Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή Κ.Μ.           | 0,877 | 2 | 8,56                  | 6,30   | 7,18                    | 14,37             | 1                       | 0,75           | 5,39               | 1               | 0,75           | 5,39               | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 9  | Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα Κ.Μ.           | 0,910 | 2 | 101,90                | 75,00  | 82,42                   | 164,84            | 0                       | 0,00           | 0,00               | 2               | 0,75           | 123,63             | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 10 | Μηχανισμός πηδαλίου                        | 0,930 | 2 | 122,28                | 90,00  | 96,77                   | 193,55            | 1                       | 0,25           | 24,19              | 2               | 0,25           | 48,39              | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
| 11 | Αντλία μηχανισμού πηδαλίου                 | 0,763 | 2 | 1,02                  | 0,75   | 0,98                    | 1,97              | 1                       | 0,80           | 0,79               | 0               | 0,00           | 0,00               | 0             | 0,00           | 0,00               | 0                | 0,00           | 0,00               | 0              | 0,00           | 0,00               |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |       |   |                       |        |                         |                   |                         |                | <b>230,14</b>      |                 |                | <b>431,89</b>      |               |                | <b>97,09</b>       |                  |                | <b>97,09</b>       |                |                | <b>97,09</b>       |



|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ<br/>ΣΚΑΦΟΥΣ-<br/>ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>   |       |   |        |        |        |        |   |      |        |   |      |        |   |      |       |   |      |        |   |      |        |
|----|---------------------------------------------------|-------|---|--------|--------|--------|--------|---|------|--------|---|------|--------|---|------|-------|---|------|--------|---|------|--------|
| 1  | Αντλίες λίπανσης<br>χοάνης ελικ.άξονα             | 0,763 | 2 | 1,02   | 0,75   | 0,98   | 1,97   | 1 | 0,65 | 0,64   | 1 | 0,65 | 0,64   | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00   |
| 2  | Αντλία μετάγγισης<br>πετρελαίου                   | 0,875 | 1 | 14,95  | 11,00  | 12,57  | 12,57  | 1 | 0,60 | 7,54   | 1 | 0,60 | 7,54   | 1 | 0,60 | 7,54  | 1 | 0,60 | 7,54   | 1 | 0,60 | 7,54   |
| 3  | Αντλία καταλοίπων<br>πετρελαίου                   | 0,780 | 1 | 2,99   | 2,20   | 2,82   | 2,82   | 1 | 0,80 | 2,26   | 1 | 0,80 | 2,26   | 1 | 0,80 | 2,26  | 1 | 0,80 | 2,26   | 1 | 0,80 | 2,26   |
| 4  | Αντλία μετάγγισης<br>diesel                       | 0,800 | 1 | 5,03   | 3,70   | 4,63   | 4,63   | 1 | 0,50 | 2,31   | 1 | 0,50 | 2,31   | 1 | 0,50 | 2,31  | 1 | 0,50 | 2,31   | 1 | 0,50 | 2,31   |
| 5  | Διαχωριστήρας<br>ακάθαρτου νερού                  | 0,800 | 1 | 2,31   | 1,70   | 2,13   | 2,13   | 1 | 0,70 | 1,49   | 1 | 0,70 | 1,49   | 1 | 0,70 | 1,49  | 1 | 0,70 | 1,49   | 1 | 0,70 | 1,49   |
| 6  | Αντλία μετάγγισης<br>ελαίου λίπανσης              | 0,800 | 1 | 5,03   | 3,70   | 4,63   | 4,63   | 1 | 0,50 | 2,31   | 1 | 0,50 | 2,31   | 1 | 0,50 | 2,31  | 1 | 0,50 | 2,31   | 1 | 0,50 | 2,31   |
| 7  | Αντλία σεντινών                                   | 0,740 | 1 | 2,04   | 1,50   | 2,03   | 2,03   | 1 | 0,50 | 1,01   | 1 | 0,50 | 1,01   | 1 | 0,50 | 1,01  | 1 | 0,50 | 1,01   | 1 | 0,50 | 1,01   |
| 8  | Αντλία πόσιμου νερού                              | 0,860 | 2 | 10,19  | 7,50   | 8,72   | 17,44  | 1 | 0,70 | 6,10   | 1 | 0,70 | 6,10   | 1 | 0,70 | 6,10  | 1 | 0,70 | 6,10   | 1 | 0,70 | 6,10   |
| 9  | Αντλία κυκλοφορίας<br>θερμού νερού                | 0,697 | 1 | 0,54   | 0,40   | 0,57   | 0,57   | 1 | 0,40 | 0,23   | 1 | 0,40 | 0,23   | 1 | 0,40 | 0,23  | 1 | 0,40 | 0,23   | 1 | 0,40 | 0,23   |
| 10 | Αντλία σεντινών &<br>γενικής χρήσης               | 0,946 | 2 | 149,46 | 110,00 | 116,28 | 232,56 | 1 | 0,74 | 86,05  | 0 | 0,00 | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00   |
| 11 | Αντλία ερματισμού                                 | 0,940 | 2 | 312,50 | 230,00 | 244,68 | 489,36 | 0 | 0,00 | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00  | 2 | 0,82 | 401,28 | 2 | 0,82 | 401,28 |
| 12 | Κύρια αντλία ψύξης<br>συμπυκνώματος<br>θαλ. νερού | 0,943 | 3 | 95,11  | 70,00  | 74,23  | 222,69 | 2 | 0,88 | 130,65 | 2 | 0,88 | 130,65 | 0 | 0,00 | 0,00  | 1 | 0,88 | 65,32  | 1 | 0,88 | 65,32  |
| 13 | Διαχωριστήρας<br>πετρελαίου                       | 0,920 | 2 | 14,95  | 11,00  | 11,96  | 23,91  | 1 | 0,74 | 8,85   | 1 | 0,74 | 8,85   | 1 | 0,74 | 8,85  | 1 | 0,74 | 8,85   | 1 | 0,74 | 8,85   |
| 14 | Διαχωριστήρας ελαίου<br>λίπανσης                  | 0,877 | 2 | 8,70   | 6,40   | 7,30   | 14,60  | 1 | 0,76 | 5,55   | 1 | 0,76 | 5,55   | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00   |
| 15 | Κύριος<br>αεροσυμπιεστής<br>εκκίνησης             | 0,940 | 2 | 70,65  | 52,00  | 55,32  | 110,64 | 1 | 0,78 | 43,15  | 2 | 0,78 | 86,30  | 1 | 0,78 | 43,15 | 1 | 0,78 | 43,15  | 1 | 0,78 | 43,15  |
| 16 | Βοηθητικός<br>αεροσυμπιεστής                      | 0,930 | 1 | 36,68  | 27,00  | 29,03  | 29,03  | 1 | 0,73 | 21,19  | 0 | 0,00 | 0,00   | 1 | 0,73 | 21,19 | 1 | 0,73 | 21,19  | 1 | 0,73 | 21,19  |
| 17 | Αεροσυμπιεστής                                    | 0,930 | 1 | 36,68  | 27,00  | 29,03  | 29,03  | 1 | 0,73 | 21,19  | 1 | 0,73 | 21,19  | 1 | 0,73 | 21,19 | 1 | 0,73 | 21,19  | 1 | 0,73 | 21,19  |

|    |                                                 |       |   |       |       |       |       |   |      |       |   |      |       |   |      |       |   |      |       |   |      |       |
|----|-------------------------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|---|------|-------|---|------|-------|---|------|-------|---|------|-------|---|------|-------|
|    | αυτοματισμού                                    |       |   |       |       |       |       |   |      |       |   |      |       |   |      |       |   |      |       |   |      |       |
| 18 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου      | 0,740 | 2 | 2,04  | 1,50  | 2,03  | 4,05  | 1 | 0,60 | 1,22  | 1 | 0,60 | 1,22  | 1 | 0,60 | 1,22  | 1 | 0,60 | 1,22  | 1 | 0,60 | 1,22  |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού          | 0,740 | 2 | 2,04  | 1,50  | 2,03  | 4,05  | 1 | 0,60 | 1,22  | 1 | 0,60 | 1,22  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 20 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεν.       | 1,000 | 2 | 18,34 | 13,50 | 13,50 | 27,00 | 1 | 0,80 | 10,80 | 1 | 0,80 | 10,80 | 1 | 0,80 | 10,80 | 1 | 0,80 | 10,80 | 1 | 0,80 | 10,80 |
| 21 | Αντλία κυκλοφορίας νερού προθερμαντήρα χιτωνίων | 0,760 | 1 | 6,11  | 4,50  | 5,92  | 5,92  | 1 | 0,80 | 4,74  | 1 | 0,80 | 4,74  | 1 | 0,80 | 4,74  | 1 | 0,80 | 4,74  | 1 | 0,80 | 4,74  |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών            | 0,750 | 3 | 1,02  | 0,75  | 1,00  | 3,00  | 2 | 0,80 | 1,60  | 1 | 0,80 | 0,80  | 2 | 0,80 | 1,60  | 1 | 0,80 | 0,80  | 1 | 0,80 | 0,80  |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών         | 0,730 | 2 | 0,90  | 0,66  | 0,90  | 1,81  | 1 | 0,50 | 0,45  | 1 | 0,50 | 0,45  | 1 | 0,50 | 0,45  | 1 | 0,50 | 0,45  | 1 | 0,50 | 0,45  |
| 24 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου ηλεκτρογεν.       | 0,800 | 2 | 2,45  | 1,80  | 2,25  | 4,50  | 1 | 0,80 | 1,80  | 1 | 0,80 | 1,80  | 1 | 0,80 | 1,80  | 1 | 0,80 | 1,80  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 25 | Αντλία ψύξης θαλ.νερού πλυντρίδας α.α.          | 0,917 | 1 | 44,84 | 33,00 | 35,99 | 35,99 | 1 | 0,85 | 30,59 | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 1 | 0,85 | 30,59 | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 26 | Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσ.           | 0,870 | 1 | 6,25  | 4,60  | 5,29  | 5,29  | 1 | 0,60 | 3,17  | 1 | 0,60 | 3,17  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 27 | Ξηραντήρας αέρα                                 | 0,900 | 1 | 1,09  | 0,80  | 0,89  | 0,89  | 1 | 0,80 | 0,71  | 1 | 0,80 | 0,71  | 1 | 0,80 | 0,71  | 1 | 0,80 | 0,71  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 28 | Μονάδα και δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων        | 0,879 | 1 | 11,41 | 8,40  | 9,56  | 9,56  | 1 | 0,80 | 7,65  | 1 | 0,80 | 7,65  | 1 | 0,80 | 7,65  | 1 | 0,80 | 7,65  | 1 | 0,80 | 7,65  |
| 29 | Αντλία τροφ. θαλασσινού νερού αποστακτήρα       | 0,920 | 1 | 29,08 | 21,40 | 23,26 | 23,26 | 1 | 0,70 | 16,28 | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 30 | Αντλία συμπυκνώματος νερού αποστάξεως           | 0,763 | 1 | 1,02  | 0,75  | 0,98  | 0,98  | 1 | 0,60 | 0,59  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 31 | Αποτεφρωτήρας                                   | 0,920 | 1 | 36,68 | 27,00 | 29,35 | 29,35 | 1 | 0,80 | 23,48 | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  | 0 | 0,00 | 0,00  |
| 32 | Αντλία τροφοδοσίας χημικών ψυγείου Κ.Μ.         | 0,780 | 1 | 2,04  | 1,50  | 1,92  | 1,92  | 1 | 0,54 | 1,04  | 1 | 0,54 | 1,04  | 1 | 0,54 | 1,04  | 1 | 0,54 | 1,04  | 1 | 0,54 | 1,04  |

|    |                                      |       |   |        |        |        |        |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|----|--------------------------------------|-------|---|--------|--------|--------|--------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|---|------|---------------|
| 33 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου λέβητα | 0,879 | 2 | 12,23  | 9,00   | 10,24  | 20,48  | 1 | 0,67 | 6,86          | 1 | 0,67 | 6,86          | 1 | 0,80 | 8,19          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 8,19          |
| 34 | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα      | 0,941 | 3 | 61,14  | 45,00  | 47,82  | 143,46 | 2 | 0,86 | 82,25         | 2 | 0,86 | 82,25         | 2 | 0,86 | 82,25         | 2 | 0,86 | 82,25         | 2 | 0,86 | 82,25         |
| 35 | Ανελκυστήρας                         | 0,870 | 3 | 7,47   | 5,50   | 6,32   | 18,97  | 1 | 0,70 | 4,43          | 1 | 0,70 | 4,43          | 1 | 0,70 | 4,43          | 1 | 0,70 | 4,43          | 1 | 0,70 | 4,43          |
| 36 | Σύστημα καθοδικής προστασίας         | 0,800 | 1 | 25,82  | 19,00  | 23,75  | 23,75  | 1 | 0,50 | 11,88         | 1 | 0,50 | 11,88         | 1 | 0,50 | 11,88         | 1 | 0,50 | 11,88         | 1 | 0,50 | 11,88         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                        |       |   |        |        |        |        |   |      | <b>551,26</b> |   |      | <b>415,43</b> |   |      | <b>254,39</b> |   |      | <b>742,59</b> |   |      | <b>717,68</b> |
|    |                                      |       |   |        |        |        |        |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|    | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>      |       |   |        |        |        |        |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης            | 0,850 | 1 | 23,10  | 17,00  | 20,00  | 20,00  | 1 | 0,80 | 16,00         | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 16,00         | 1 | 0,80 | 16,00         | 1 | 0,80 | 16,00         |
| 2  | Δράπανο                              | 0,770 | 1 | 0,95   | 0,70   | 0,91   | 0,91   | 1 | 0,20 | 0,18          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,10 | 0,09          | 1 | 0,10 | 0,09          | 1 | 0,30 | 0,27          |
| 3  | Τόρνος                               | 0,770 | 1 | 4,08   | 3,00   | 3,90   | 3,90   | 1 | 0,20 | 0,78          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,10 | 0,39          | 1 | 0,10 | 0,39          | 1 | 0,30 | 1,17          |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                    | 0,770 | 1 | 2,31   | 1,70   | 2,21   | 2,21   | 1 | 0,20 | 0,44          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,10 | 0,22          | 1 | 0,20 | 0,44          | 1 | 0,30 | 0,66          |
| 5  | Γερανός Μηχανοστασίου                | 0,770 | 1 | 24,46  | 18,00  | 23,38  | 23,38  | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,69 | 16,13         | 1 | 0,69 | 16,13         | 1 | 0,69 | 16,13         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                        |       |   |        |        |        |        |   |      | <b>17,40</b>  |   |      | <b>0,00</b>   |   |      | <b>32,83</b>  |   |      | <b>33,05</b>  |   |      | <b>34,23</b>  |
|    |                                      |       |   |        |        |        |        |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
|    | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ-ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ</b> |       |   |        |        |        |        |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |   |      |               |
| 1  | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού      | 0,922 | 2 | 34,38  | 25,30  | 27,44  | 54,88  | 1 | 0,71 | 19,48         | 1 | 0,71 | 19,48         | 1 | 0,71 | 19,48         | 1 | 0,71 | 19,48         | 1 | 0,71 | 19,48         |
| 2  | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού       | 0,939 | 2 | 115,49 | 85,00  | 90,52  | 181,04 | 1 | 0,65 | 58,84         | 1 | 0,65 | 58,84         | 1 | 0,65 | 58,84         | 1 | 0,65 | 58,84         | 1 | 0,65 | 58,84         |
| 3  | Συμπιεστής μονάδας ψύξης προμηθειών  | 0,910 | 2 | 14,95  | 11,00  | 12,09  | 24,18  | 1 | 0,76 | 9,19          | 1 | 0,76 | 9,19          | 1 | 0,76 | 9,19          | 1 | 0,76 | 9,19          | 1 | 0,76 | 9,19          |
| 4  | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα λέβητα   | 0,936 | 1 | 133,15 | 98,00  | 104,70 | 104,70 | 1 | 0,71 | 74,34         | 1 | 0,71 | 74,34         | 1 | 0,71 | 74,34         | 1 | 0,71 | 74,34         | 1 | 0,71 | 74,34         |
| 5  | Μονάδα κλιματισμού γέφυρας           | 0,877 | 1 | 7,61   | 5,60   | 6,39   | 6,39   | 1 | 0,70 | 4,47          | 1 | 0,70 | 4,47          | 1 | 0,70 | 4,47          | 1 | 0,70 | 4,47          | 1 | 0,70 | 4,47          |
| 6  | Ανεμιστήρας συστήματος αδρανούς      | 0,930 | 2 | 167,12 | 123,00 | 132,26 | 264,52 | 1 | 0,74 | 97,87         | 0 | 0,00 | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,74 | 97,87         | 0 | 0,00 | 0,00          |

|   |                                         |       |    |        |       |        |        |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
|---|-----------------------------------------|-------|----|--------|-------|--------|--------|----|------|---------------|----|------|---------------|----|------|---------------|----|------|---------------|----|------|---------------|
|   | αερίου                                  |       |    |        |       |        |        |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
| 7 | Μονάδα κλιματισμού ec                   | 0,875 | 1  | 7,07   | 5,20  | 5,94   | 5,94   | 1  | 0,70 | 4,16          | 1  | 0,70 | 4,16          | 1  | 0,70 | 4,16          | 1  | 0,70 | 4,16          | 1  | 0,70 | 4,16          |
| 8 | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας       | 0,877 | 1  | 8,08   | 5,95  | 6,78   | 6,78   | 1  | 0,72 | 4,88          | 1  | 0,72 | 4,88          | 1  | 0,72 | 4,88          | 1  | 0,72 | 4,88          | 1  | 0,72 | 4,88          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |       |        |        |    |      | <b>273,23</b> |    |      | <b>175,36</b> |    |      | <b>175,36</b> |    |      | <b>273,23</b> |    |      | <b>175,36</b> |
|   | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>          |       |    |        |       |        |        |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
| 1 | Αντλία εργάτη άγκυρας                   | 0,940 | 3  | 134,51 | 99,00 | 105,32 | 315,96 | 0  | 0,00 | 0,00          | 2  | 0,60 | 126,38        | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          |
| 2 | Αντλία εργάτη πρυμνησίων                | 0,940 | 2  | 134,51 | 99,00 | 105,32 | 210,64 | 0  | 0,00 | 0,00          | 2  | 0,40 | 84,26         | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          |
| 3 | Γερανός πετρέλευσης                     | 0,941 | 2  | 97,83  | 72,00 | 76,51  | 153,03 | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 1  | 0,30 | 22,95         | 1  | 0,25 | 19,13         | 1  | 0,25 | 19,13         |
| 4 | Γερανός προμηθειών                      | 0,935 | 2  | 62,50  | 46,00 | 49,20  | 98,40  | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 1  | 0,25 | 12,30         | 1  | 0,25 | 12,30         | 1  | 0,25 | 12,30         |
| 5 | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                  | 0,920 | 1  | 33,97  | 25,00 | 27,17  | 27,17  | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          |
| 6 | Βίντσι λέμβου διάσωσης                  | 0,880 | 1  | 11,55  | 8,50  | 9,66   | 9,66   | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          | 0  | 0,00 | 0,00          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |       |        |        |    |      | <b>0,00</b>   |    |      | <b>210,64</b> |    |      | <b>35,25</b>  |    |      | <b>31,43</b>  |    |      | <b>31,43</b>  |
|   | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                       |       |    |        |       |        |        |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |
| 1 | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου               | 0,918 | 4  | 25,14  | 18,50 | 20,15  | 80,61  | 4  | 0,70 | 56,43         | 4  | 0,70 | 56,43         | 2  | 0,70 | 28,21         | 2  | 0,70 | 28,21         | 2  | 0,70 | 28,21         |
| 2 | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων         | 0,915 | 1  | 20,38  | 15,00 | 16,39  | 16,39  | 1  | 0,50 | 8,20          | 1  | 0,50 | 8,20          | 1  | 0,50 | 8,20          | 1  | 0,50 | 8,20          | 1  | 0,50 | 8,20          |
| 3 | Ανεμιστήρες χώρου αντλιοστασίου         | 0,918 | 2  | 25,14  | 18,50 | 20,15  | 40,31  | 2  | 0,70 | 28,21         | 1  | 0,70 | 14,11         | 0  | 0,00 | 0,00          | 2  | 0,70 | 28,21         | 2  | 0,70 | 28,21         |
| 4 | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας  | 0,830 | 1  | 2,99   | 2,20  | 2,65   | 2,65   | 1  | 0,63 | 1,67          | 1  | 0,63 | 1,67          | 1  | 0,63 | 1,67          | 1  | 0,63 | 1,67          | 1  | 0,63 | 1,67          |
| 5 | Ανεμιστήρες χώρων ενδιάτησης και λοιποί | 0,800 | 15 | 0,68   | 0,50  | 0,63   | 9,38   | 15 | 0,80 | 7,50          | 15 | 0,80 | 7,50          | 15 | 0,80 | 7,50          | 15 | 0,80 | 7,50          | 15 | 0,80 | 7,50          |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |       |        |        |    |      | <b>102,01</b> |    |      | <b>87,90</b>  |    |      | <b>45,58</b>  |    |      | <b>73,79</b>  |    |      | <b>73,79</b>  |
|   | <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ</b>                         |       |    |        |       |        |        |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |    |      |               |

|          |                                     |       |   |        |        |        |        |   |      |                |   |      |                |   |      |               |   |      |                |   |      |                |
|----------|-------------------------------------|-------|---|--------|--------|--------|--------|---|------|----------------|---|------|----------------|---|------|---------------|---|------|----------------|---|------|----------------|
|          | <b>ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>                   |       |   |        |        |        |        |   |      |                |   |      |                |   |      |               |   |      |                |   |      |                |
| <b>1</b> | Διάφορα μηχανήματα                  | 0,850 | 1 | 161,68 | 119,00 | 140,00 | 140,00 | 1 | 0,80 | 112,00         | 1 | 0,80 | 112,00         | 1 | 0,80 | 112,00        | 1 | 0,80 | 112,00         | 1 | 0,80 | 112,00         |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |       |   |        |        |        |        |   |      | <b>112,00</b>  |   |      | <b>112,00</b>  |   |      | <b>112,00</b> |   |      | <b>112,00</b>  |   |      | <b>112,00</b>  |
|          |                                     |       |   |        |        |        |        |   |      |                |   |      |                |   |      |               |   |      |                |   |      |                |
|          | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ<br/>ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>         |       |   |        |        |        |        |   |      |                |   |      |                |   |      |               |   |      |                |   |      |                |
| <b>1</b> | Εξωτερικός φωτισμός καταστρώματος   | 0,850 | 1 | 16,98  | 12,50  | 14,71  | 14,71  | 1 | 1,00 | 14,71          | 1 | 1,00 | 14,71          | 1 | 1,00 | 14,71         | 1 | 1,00 | 14,71          | 1 | 1,00 | 14,71          |
| <b>2</b> | Φωτισμός μηχανοστασίου              | 0,850 | 1 | 28,53  | 21,00  | 24,71  | 24,71  | 1 | 1,00 | 24,71          | 1 | 1,00 | 24,71          | 1 | 1,00 | 24,71         | 1 | 1,00 | 24,71          | 1 | 1,00 | 24,71          |
| <b>3</b> | Φωτισμός ανάγκης                    | 0,850 | 1 | 10,87  | 8,00   | 9,41   | 9,41   | 1 | 1,00 | 9,41           | 1 | 1,00 | 9,41           | 1 | 1,00 | 9,41          | 1 | 1,00 | 9,41           | 1 | 1,00 | 9,41           |
| <b>4</b> | Φωτισμός ενδιαιτήσεως               | 0,850 | 1 | 23,10  | 17,00  | 20,00  | 20,00  | 1 | 1,00 | 20,00          | 1 | 1,00 | 20,00          | 1 | 1,00 | 20,00         | 1 | 1,00 | 20,00          | 1 | 1,00 | 20,00          |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |       |   |        |        |        |        |   |      | <b>68,82</b>   |   |      | <b>68,82</b>   |   |      | <b>68,82</b>  |   |      | <b>68,82</b>   |   |      | <b>68,82</b>   |
|          |                                     |       |   |        |        |        |        |   |      |                |   |      |                |   |      |               |   |      |                |   |      |                |
|          | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                      |       |   |        |        |        |        |   |      |                |   |      |                |   |      |               |   |      |                |   |      |                |
| <b>1</b> | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας   | 0,800 | 1 | 16,30  | 12,00  | 15,00  | 15,00  | 1 | 0,80 | 12,00          | 1 | 0,80 | 12,00          | 1 | 0,40 | 6,00          | 1 | 0,40 | 6,00           | 1 | 0,40 | 6,00           |
| <b>2</b> | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας | 0,800 | 2 | 1,63   | 1,20   | 1,50   | 3,00   | 0 | 0,00 | 0,00           | 0 | 0,00 | 0,00           | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 0,80 | 1,20           | 0 | 0,00 | 0,00           |
| <b>3</b> | Σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης  | 0,820 | 1 | 1,77   | 1,30   | 1,59   | 1,59   | 1 | 1,00 | 1,59           | 1 | 1,00 | 1,59           | 0 | 0,00 | 0,00          | 1 | 1,00 | 1,59           | 1 | 1,00 | 1,59           |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |       |   |        |        |        |        |   |      | <b>13,59</b>   |   |      | <b>13,59</b>   |   |      | <b>6,00</b>   |   |      | <b>8,79</b>    |   |      | <b>7,59</b>    |
|          | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                |       |   |        |        |        |        |   |      | <b>1368,45</b> |   |      | <b>1515,63</b> |   |      | <b>827,32</b> |   |      | <b>1440,79</b> |   |      | <b>1317,99</b> |

**Πίνακας 6.17** Αναλυτικός ηλεκτρικός ισολογισμός του tanker στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                | η     | N | Όνομαστική Ισχύς      |        |                         | Ισχύς Κατάστασης ανάγκης |                |                    |
|----|--------------------------------------------|-------|---|-----------------------|--------|-------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
|    |                                            |       |   | P <sub>ον.αποδ.</sub> |        | P <sub>ον.αποροφ.</sub> | N                        | f <sub>s</sub> | P <sub>λειτ.</sub> |
|    |                                            |       |   | PS                    | KW     | KW                      |                          |                | KW                 |
|    |                                            |       |   | 1                     | 2      | 3                       | 4                        | 5              | 6                  |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΩΩΣΗΣ</b>                   |       |   |                       |        |                         |                          |                |                    |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης               | 0,952 | 2 | 179,35                | 132,00 | 138,66                  | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 2  | Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλίνδρων Κ.Μ. | 0,780 | 2 | 2,99                  | 2,20   | 2,82                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 3  | Αντλία θαλ. νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)    | 0,922 | 1 | 61,14                 | 45,00  | 48,81                   | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 4  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμηλής θερμ.    | 0,934 | 2 | 88,32                 | 65,00  | 69,59                   | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 5  | Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων Κ.Μ.           | 0,904 | 2 | 35,33                 | 26,00  | 28,76                   | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 6  | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου Κ.Μ.         | 0,840 | 2 | 8,97                  | 6,60   | 7,86                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 7  | Αντλία παροχής πετρελαίου Κ.Μ.             | 0,820 | 2 | 3,53                  | 2,60   | 3,17                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 8  | Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή Κ.Μ.           | 0,877 | 2 | 8,56                  | 6,30   | 7,18                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 9  | Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα Κ.Μ.           | 0,910 | 2 | 101,90                | 75,00  | 82,42                   | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 10 | Μηχανισμός πηδαλίου                        | 0,930 | 2 | 122,28                | 90,00  | 96,77                   | 1                        | 1,00           | 96,77              |
| 11 | Αντλία μηχανισμού πηδαλίου                 | 0,763 | 2 | 1,02                  | 0,75   | 0,98                    | 1                        | 1,00           | 0,98               |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |       |   |                       |        |                         |                          |                | <b>97,76</b>       |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ-ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>     |       |   |                       |        |                         |                          |                |                    |
| 1  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα        | 0,763 | 2 | 1,02                  | 0,75   | 0,98                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 2  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου               | 0,875 | 1 | 14,95                 | 11,00  | 12,57                   | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου               | 0,780 | 1 | 2,99                  | 2,20   | 2,82                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel                   | 0,800 | 1 | 5,03                  | 3,70   | 4,63                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού              | 0,800 | 1 | 2,31                  | 1,70   | 2,13                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης          | 0,800 | 1 | 5,03                  | 3,70   | 4,63                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 7  | Αντλία σεντινών                            | 0,740 | 1 | 2,04                  | 1,50   | 2,03                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 8  | Αντλία πόσιμου νερού                       | 0,860 | 2 | 10,19                 | 7,50   | 8,72                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 9  | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού            | 0,697 | 1 | 0,54                  | 0,40   | 0,57                    | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 10 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης           | 0,946 | 2 | 149,46                | 110,00 | 116,28                  | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 11 | Αντλία ερματισμού                          | 0,940 | 2 | 312,50                | 230,00 | 244,68                  | 0                        | 0,00           | 0,00               |
| 13 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 0,920 | 2 | 14,95                 | 11,00  | 11,96                   | 0                        | 0,00           | 0,00               |

|    |                                                 |       |   |       |       |       |   |      |             |
|----|-------------------------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|---|------|-------------|
| 14 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης                   | 0,877 | 2 | 8,70  | 6,40  | 7,30  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 15 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης                 | 0,940 | 2 | 70,65 | 52,00 | 55,32 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 16 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                       | 0,930 | 1 | 36,68 | 27,00 | 29,03 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 17 | Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού                     | 0,930 | 1 | 36,68 | 27,00 | 29,03 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 18 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου      | 0,740 | 2 | 2,04  | 1,50  | 2,03  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού          | 0,740 | 2 | 2,04  | 1,50  | 2,03  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 20 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεν.       | 1,000 | 2 | 18,34 | 13,50 | 13,50 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 21 | Αντλία κυκλοφορίας νερού προθερμαντήρα χιτωνίων | 0,760 | 1 | 6,11  | 4,50  | 5,92  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών            | 0,750 | 3 | 1,02  | 0,75  | 1,00  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών         | 0,730 | 2 | 0,90  | 0,66  | 0,90  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 24 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου ηλεκτρογεν.       | 0,800 | 2 | 2,45  | 1,80  | 2,25  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 25 | Αντλία ψύξης θαλ.νερού πλυντρίδας α.α.          | 0,917 | 1 | 44,84 | 33,00 | 35,99 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 26 | Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσ.           | 0,870 | 1 | 6,25  | 4,60  | 5,29  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 27 | Ξηραντήρας αέρα                                 | 0,900 | 1 | 1,09  | 0,80  | 0,89  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 28 | Μονάδα και δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων        | 0,879 | 1 | 11,41 | 8,40  | 9,56  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 29 | Αντλία τροφοδ.θαλασσινού νερού αποστακτήρα      | 0,920 | 1 | 29,08 | 21,40 | 23,26 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 30 | Αντλία συμπυκνώματος νερού αποστάξεως           | 0,763 | 1 | 1,02  | 0,75  | 0,98  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 31 | Αποτεφρωτήρας                                   | 0,920 | 1 | 36,68 | 27,00 | 29,35 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 32 | Αντλία τροφοδοσίας χημικών ψυγείου Κ.Μ.         | 0,780 | 1 | 2,04  | 1,50  | 1,92  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 33 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου λέβητα            | 0,879 | 2 | 12,23 | 9,00  | 10,24 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 34 | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα                 | 0,941 | 3 | 61,14 | 45,00 | 47,82 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 35 | Ανελκυστήρας                                    | 0,870 | 3 | 7,47  | 5,50  | 6,32  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 36 | Σύστημα καθοδικής προστασίας                    | 0,800 | 1 | 25,82 | 19,00 | 23,75 | 0 | 0,00 | 0,00        |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |       |   |       |       |       |   |      | <b>0,00</b> |
|    |                                                 |       |   |       |       |       |   |      |             |
|    | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>                 |       |   |       |       |       |   |      |             |
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης                       | 0,850 | 1 | 23,10 | 17,00 | 20,00 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 2  | Δράπανο                                         | 0,770 | 1 | 0,95  | 0,70  | 0,91  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 3  | Τόρνος                                          | 0,770 | 1 | 4,08  | 3,00  | 3,90  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                               | 0,770 | 1 | 2,31  | 1,70  | 2,21  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 5  | Γερανός Μηχανοστασίου                           | 0,770 | 1 | 24,46 | 18,00 | 23,38 | 0 | 0,00 | 0,00        |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |       |   |       |       |       |   |      | <b>0,00</b> |
|    |                                                 |       |   |       |       |       |   |      |             |
|    | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ-ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ</b>            |       |   |       |       |       |   |      |             |

|   |                                         |       |    |        |        |        |   |      |             |
|---|-----------------------------------------|-------|----|--------|--------|--------|---|------|-------------|
| 1 | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού         | 0,922 | 2  | 34,38  | 25,30  | 27,44  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 2 | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού          | 0,939 | 2  | 115,49 | 85,00  | 90,52  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 3 | Συμπιεστής μονάδας ψύξης προμηθειών     | 0,910 | 2  | 14,95  | 11,00  | 12,09  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 4 | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα λέβητα      | 0,936 | 1  | 133,15 | 98,00  | 104,70 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 5 | Μονάδα κλιματισμού γέφυρας              | 0,877 | 1  | 7,61   | 5,60   | 6,39   | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 6 | Ανεμιστήρας συστήματος αδρανούς αερίου  | 0,930 | 2  | 167,12 | 123,00 | 132,26 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 7 | Μονάδα κλιματισμού ecr                  | 0,875 | 1  | 7,07   | 5,20   | 5,94   | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 8 | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας       | 0,877 | 1  | 8,08   | 5,95   | 6,78   | 0 | 0,00 | 0,00        |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |        |        |   |      | <b>0,00</b> |
|   |                                         |       |    |        |        |        |   |      |             |
|   | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>          |       |    |        |        |        |   |      |             |
| 1 | Αντλία εργάτη άγκυρας                   | 0,940 | 3  | 134,51 | 99,00  | 105,32 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 2 | Αντλία εργάτη πρυμνησίων                | 0,940 | 2  | 134,51 | 99,00  | 105,32 | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 3 | Γερανός πετρέλευσης                     | 0,941 | 2  | 97,83  | 72,00  | 76,51  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 4 | Γερανός προμηθειών                      | 0,935 | 2  | 62,50  | 46,00  | 49,20  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 5 | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                  | 0,920 | 1  | 33,97  | 25,00  | 27,17  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 6 | Βίντσι λέμβου διάσωσης                  | 0,880 | 1  | 11,55  | 8,50   | 9,66   | 0 | 0,00 | 0,00        |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |        |        |   |      | <b>0,00</b> |
|   |                                         |       |    |        |        |        |   |      |             |
|   | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                       |       |    |        |        |        |   |      |             |
| 1 | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου               | 0,918 | 4  | 25,14  | 18,50  | 20,15  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 2 | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων         | 0,915 | 1  | 20,38  | 15,00  | 16,39  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 3 | Ανεμιστήρες χώρου αντλιοστασίου         | 0,918 | 2  | 25,14  | 18,50  | 20,15  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 4 | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας  | 0,830 | 1  | 2,99   | 2,20   | 2,65   | 1 | 1,00 | 2,65        |
| 5 | Ανεμιστήρες χώρων ενδιάτησης και λοιποί | 0,800 | 15 | 0,68   | 0,50   | 0,63   | 0 | 0,00 | 0,00        |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |        |        |   |      | <b>2,65</b> |
|   |                                         |       |    |        |        |        |   |      |             |
|   | <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>              |       |    |        |        |        |   |      |             |
| 1 | Διάφορα μηχανήματα                      | 0,850 | 1  | 161,68 | 119,00 | 140,00 | 0 | 0,00 | 0,00        |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |        |        |   |      | <b>0,00</b> |
|   |                                         |       |    |        |        |        |   |      |             |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>                 |       |    |        |        |        |   |      |             |
| 1 | Εξωτερικός φωτισμός καταστρώματος       | 0,850 | 1  | 16,98  | 12,50  | 14,71  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 2 | Φωτισμός μηχανοστασίου                  | 0,850 | 1  | 28,53  | 21,00  | 24,71  | 0 | 0,00 | 0,00        |
| 3 | Φωτισμός ανάγκης                        | 0,850 | 1  | 10,87  | 8,00   | 9,41   | 1 | 1,00 | 9,41        |
| 4 | Φωτισμός ενδιάτησεως                    | 0,850 | 1  | 23,10  | 17,00  | 20,00  | 0 | 0,00 | 0,00        |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                           |       |    |        |        |        |   |      | <b>9,41</b> |



|          |                                     |       |   |       |       |       |   |      |               |
|----------|-------------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|---|------|---------------|
|          |                                     |       |   |       |       |       |   |      |               |
|          | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                      |       |   |       |       |       |   |      |               |
| <b>1</b> | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας   | 0,800 | 1 | 16,30 | 12,00 | 15,00 | 1 | 1,00 | 15,00         |
| <b>2</b> | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας | 0,800 | 2 | 1,63  | 1,20  | 1,50  | 0 | 0,00 | 0,00          |
| <b>3</b> | Σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης  | 0,820 | 1 | 1,77  | 1,30  | 1,59  | 0 | 0,00 | 0,00          |
|          | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                       |       |   |       |       |       |   |      | <b>15,00</b>  |
|          | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                |       |   |       |       |       |   |      | <b>124,82</b> |

- ❖ Για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης, έχουμε επιλέξει γεννήτρια έκτακτης ανάγκης, τέτοια ώστε σε φόρτιση 85%-90% να καλύπτει το συνολικό φορτίο έκτακτης ανάγκης, όπως υπολογίστηκε παραπάνω, των **124,82 kW**, δηλαδή να έχει ισχύ ίση ή μεγαλύτερη από  $124,82 \text{ kW} / 0,85 = 146,85 \text{ kW}$ . Άρα επιλέξαμε το μοντέλο Stamford UCM274G (4 poles), κλάσης μονώσεως 'H' (110/50°C), ονομαστικής ισχύος 192,8 kVA (154,2 kW) και τάσεως 440 V (βλέπε Γ.5, Παράρτημα Γ).

### 6.3.3 Επιλογή καλωδίων παροχής

Για τον υπολογισμό της διατομής των καλωδίων παροχής, έχουν χρησιμοποιηθεί οι σχέσεις (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) και (3.5) του κεφαλαίου 3. Επιλέγονται διατομές καλωδίων με βάση το πρόγραμμα που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 5, δηλαδή χάλκινα καλώδια, class 2 (πολύκλιωνα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσεως 0,6/1 kV. Επιπλέον όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 3, προτιμώνται τα πολυπολικά καλώδια από τα μονοπολικά και για αυτό τον λόγο, έχουμε επιλέξει τριπολικά καλώδια παροχής.

Στον Πίνακα 6.18 που παρατίθεται πιο κάτω, περιλαμβάνονται οι υπολογισμοί των διατομών των καλωδίων παροχής με βάση την ένταση του ρεύματος της εκάστοτε γραμμής καθώς επίσης και οι ονομαστικές τιμές ρεύματος των ασφαλειών που έχουν χρησιμοποιηθεί για προστασία από υπερένταση [3]. Για εντάσεις ρεύματος μεγαλύτερες από 315 A, σύμφωνα με τους κανονισμούς του GL, έχει χρησιμοποιηθεί διάταξη αυτόματου διακόπτη για προστασία των φορτίων από βραχυκύκλωμα.

Έχουν γίνει οι εξής παραδοχές :

- ❖ Ο συντελεστής ισχύος είναι 0, 85 για τους κινητήρες και 1, 00 για τα ωμικά φορτία.
- ❖ Συσκευές – παροχές όπως προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεννητριών, αποτεφρωτήρας, πίνακες φωτισμού και όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας, είναι ωμικά φορτία και εφαρμόζεται η σχέση (3.3), δηλαδή δεν υπάρχει προσαύξηση 25%. Στα υπόλοιπα φορτία εφαρμόζεται η σχέση (3.4).
- ❖ Οι παροχές των πινάκων φωτισμού και των οργάνων ναυσιπλοΐας και επικοινωνίας θεωρούνται τριφασικές. Από εκεί και πέρα διαχωρίζονται σε επιμέρους μονοφασικά κυκλώματα.

- ❖ Η διατομή 1,0 mm<sup>2</sup> από τον Πίνακα Α.1, Παράρτημα Α, δεν χρησιμοποιείται (πηγαίνουμε στην αντίστοιχη του 1,5 mm<sup>2</sup>).
- ❖ Όπου έχει γίνει ομαδοποίηση καλωδίων οι κατάλληλοι συντελεστές διόρθωσης για διάταξη 1 (arrangement 1) από τον Πίνακα Α.4, Παράρτημα Α, έχουν χρησιμοποιηθεί.

**Πίνακας 6.18** Υπολογισμός διατομών με βάση την ένταση του ρεύματος κάθε παροχής στο tanker.

|    | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                                | Τάση | N | Ρ ονομ. απορροφ. | Συντελεσ. Ισχύος | Ιγ     | Ιγf    | I τυποπ. | I ασφαλ. | S               |
|----|--------------------------------------------|------|---|------------------|------------------|--------|--------|----------|----------|-----------------|
|    |                                            | V    |   | KW               | cosφ             | A      | A      | A        | A        | mm <sup>2</sup> |
|    |                                            | 1    | 2 | 3                | 6                | 7      | 8      | 10       | 11       | 12              |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΩΣΗΣ</b>                    |      |   |                  |                  |        |        |          |          |                 |
| 1  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης               | 440  | 2 | 138,66           | 0,85             | 214,04 | 267,56 | 307      | 315      | 2x(3*95)        |
| 2  | Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλίνδρων Κ.Μ. | 440  | 2 | 2,82             | 0,85             | 4,35   | 5,44   | 14       | 6        | 3*1,5           |
| 3  | Αντλία θαλ. νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)    | 440  | 1 | 48,81            | 0,85             | 75,34  | 94,18  | 101      | 100      | 3*35            |
| 4  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμηλής θερμ.    | 440  | 2 | 69,59            | 0,85             | 107,43 | 134,29 | 157      | 160      | 3*70            |
| 5  | Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων Κ.Μ.           | 440  | 2 | 28,76            | 0,85             | 44,40  | 55,50  | 63       | 63       | 3*16            |
| 6  | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου Κ.Μ.         | 440  | 2 | 7,86             | 0,85             | 12,13  | 15,16  | 20       | 16       | 3*2,5           |
| 7  | Αντλία παροχής πετρελαίου Κ.Μ.             | 440  | 2 | 3,17             | 0,85             | 4,89   | 6,12   | 14       | 10       | 3*1,5           |
| 8  | Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή Κ.Μ.           | 440  | 2 | 7,18             | 0,85             | 11,09  | 13,86  | 14       | 16       | 3*1,5           |
| 9  | Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα Κ.Μ.           | 440  | 2 | 82,42            | 0,85             | 127,23 | 159,04 | 192      | 160      | 3*95            |
| 10 | Μηχανισμός πηδαλίου                        | 440  | 2 | 96,77            | 0,85             | 149,39 | 186,74 | 192      | 200      | 3*95            |
| 11 | Αντλία μηχανισμού πηδαλίου                 | 440  | 2 | 0,98             | 0,85             | 1,52   | 1,90   | 14       | 6        | 3*1,5           |
|    |                                            |      |   |                  |                  |        |        |          |          |                 |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ-ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>     |      |   |                  |                  |        |        |          |          |                 |
| 1  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα        | 440  | 2 | 0,98             | 0,85             | 1,52   | 1,90   | 14       | 6        | 3*1,5           |
| 2  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου               | 440  | 1 | 12,57            | 0,85             | 19,41  | 24,26  | 27       | 25       | 3*4             |
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου               | 440  | 1 | 2,82             | 0,85             | 4,35   | 5,44   | 14       | 6        | 3*1,5           |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel                   | 440  | 1 | 4,63             | 0,85             | 7,14   | 8,92   | 14       | 10       | 3*1,5           |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού              | 440  | 1 | 2,13             | 0,85             | 3,28   | 4,10   | 14       | 6        | 3*1,5           |

|    |                                                 |     |   |        |      |        |        |                          |     |          |
|----|-------------------------------------------------|-----|---|--------|------|--------|--------|--------------------------|-----|----------|
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης               | 440 | 1 | 4,63   | 0,85 | 7,14   | 8,92   | 14                       | 10  | 3*1,5    |
| 7  | Αντλία σεντινών                                 | 440 | 1 | 2,03   | 0,85 | 3,13   | 3,91   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 8  | Αντλία πόσιμου νερού                            | 440 | 2 | 8,72   | 0,85 | 13,46  | 16,83  | 20                       | 20  | 3*2,5    |
| 9  | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού                 | 440 | 1 | 0,57   | 0,85 | 0,89   | 1,11   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 10 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης                | 440 | 2 | 116,28 | 0,85 | 179,50 | 224,38 | 224                      | 224 | 3*120    |
| 11 | Αντλία ερματισμού                               | 440 | 2 | 244,68 | 0,85 | 377,72 | 472,15 | Αυτόματος διακόπτης 630A |     | 4x(3*95) |
| 12 | Κύρια αντλία ψύξης συμπυκνώματος θαλ.νερού      | 440 | 3 | 74,23  | 0,85 | 114,59 | 143,24 | 157                      | 160 | 3*70     |
| 13 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                        | 440 | 2 | 11,96  | 0,85 | 18,46  | 23,07  | 27                       | 25  | 3*4      |
| 14 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης                   | 440 | 2 | 7,30   | 0,85 | 11,27  | 14,08  | 20                       | 16  | 3*2,5    |
| 15 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης                 | 440 | 2 | 55,32  | 0,85 | 85,40  | 106,75 | 126                      | 125 | 3*50     |
| 16 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                       | 440 | 1 | 29,03  | 0,85 | 44,82  | 56,02  | 63                       | 63  | 3*16     |
| 17 | Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού                     | 440 | 1 | 29,03  | 0,85 | 44,82  | 56,02  | 63                       | 63  | 3*16     |
| 18 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου      | 440 | 2 | 2,03   | 0,85 | 3,13   | 3,91   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού          | 440 | 2 | 2,03   | 0,85 | 3,13   | 3,91   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 20 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεν.       | 440 | 2 | 13,50  | 1,00 | 17,71  | 17,71  | 20                       | 20  | 3*2,5    |
| 21 | Αντλία κυκλοφορίας νερού προθερμαντήρα χιτωνίων | 440 | 1 | 5,92   | 0,85 | 9,14   | 11,43  | 14                       | 16  | 3*1,5    |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών            | 440 | 3 | 1,00   | 0,85 | 1,54   | 1,93   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών         | 440 | 2 | 0,90   | 0,85 | 1,40   | 1,74   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 24 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου ηλεκτρογεν.       | 440 | 2 | 2,25   | 0,85 | 3,47   | 4,34   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 25 | Αντλία ψύξης θαλ.νερού πλυντρίδας α.α.          | 440 | 1 | 35,99  | 0,85 | 55,55  | 69,44  | 84                       | 80  | 3*25     |
| 26 | Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσ.           | 440 | 1 | 5,29   | 0,85 | 8,16   | 10,20  | 14                       | 16  | 3*1,5    |
| 27 | Ξηραντήρας αέρα                                 | 440 | 1 | 0,89   | 0,85 | 1,37   | 1,72   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 28 | Μονάδα και δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων        | 440 | 1 | 9,56   | 0,85 | 14,75  | 18,44  | 20                       | 20  | 3*2,5    |
| 29 | Αντλία τροφод.θαλασσινού νερού αποστακτήρα      | 440 | 1 | 23,26  | 0,85 | 35,91  | 44,89  | 47                       | 50  | 3*10     |
| 30 | Αντλία συμπυκνώματος νερού αποστάξεως           | 440 | 1 | 0,98   | 0,85 | 1,52   | 1,90   | 14                       | 6   | 3*1,5    |
| 31 | Αποτεφρωτήρας                                   | 440 | 1 | 29,35  | 1,00 | 38,51  | 38,51  | 47                       | 50  | 3*10     |

|    |                                         |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
|----|-----------------------------------------|-----|---|--------|------|--------|--------|-----|-----|----------|
| 32 | Αντλία τροφοδοσίας χημικών ψυγείου Κ.Μ. | 440 | 1 | 1,92   | 0,85 | 2,97   | 3,71   | 14  | 6   | 3*1,5    |
| 33 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου λέβητα    | 440 | 2 | 10,24  | 0,85 | 15,81  | 19,76  | 20  | 20  | 3*2,5    |
| 34 | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα         | 440 | 3 | 47,82  | 0,85 | 73,82  | 92,28  | 101 | 100 | 3*35     |
| 35 | Ανελκυστήρας                            | 440 | 3 | 6,32   | 0,85 | 9,76   | 12,20  | 14  | 16  | 3*1,5    |
| 36 | Σύστημα καθοδικής προστασίας            | 440 | 1 | 23,75  | 0,85 | 36,66  | 45,83  | 47  | 50  | 3*10     |
|    |                                         |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
|    | <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>         |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης               | 440 | 1 | 20,00  | 0,85 | 30,87  | 38,59  | 47  | 50  | 3*10     |
| 2  | Δράπανο                                 | 440 | 1 | 0,91   | 0,85 | 1,40   | 1,75   | 14  | 6   | 3*1,5    |
| 3  | Τόρνος                                  | 440 | 1 | 3,90   | 0,85 | 6,01   | 7,52   | 14  | 10  | 3*1,5    |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                       | 440 | 1 | 2,21   | 0,85 | 3,41   | 4,26   | 14  | 6   | 3*1,5    |
| 5  | Γερανός Μηχανοστασίου                   | 440 | 1 | 23,38  | 0,85 | 36,09  | 45,11  | 47  | 50  | 3*10     |
|    |                                         |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
|    | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ- ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ</b>   |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
| 1  | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού         | 440 | 2 | 27,44  | 0,85 | 42,36  | 52,95  | 63  | 63  | 3*16     |
| 2  | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού          | 440 | 2 | 90,52  | 0,85 | 139,74 | 174,68 | 192 | 200 | 3*95     |
| 3  | Συμπιεστής μονάδας ψύξης προμηθειών     | 440 | 2 | 12,09  | 0,85 | 18,66  | 23,33  | 27  | 25  | 3*4      |
| 4  | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα λέβητα      | 440 | 1 | 104,70 | 0,85 | 161,63 | 202,04 | 224 | 224 | 3*120    |
| 5  | Μονάδα κλιματισμού γέφυρας              | 440 | 1 | 6,39   | 0,85 | 9,86   | 12,32  | 14  | 16  | 3*1,5    |
| 6  | Ανεμιστήρας συστήματος αδρανούς αερίου  | 440 | 2 | 132,26 | 0,85 | 204,17 | 255,21 | 307 | 315 | 2x(3*95) |
| 7  | Μονάδα κλιματισμού ecr                  | 440 | 1 | 5,94   | 0,85 | 9,17   | 11,47  | 14  | 16  | 3*1,5    |
| 8  | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας       | 440 | 1 | 6,78   | 0,85 | 10,47  | 13,09  | 14  | 16  | 3*1,5    |
|    |                                         |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
|    | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>          |     |   |        |      |        |        |     |     |          |
| 1  | Αντλία εργάτη άγκυρας                   | 440 | 3 | 105,32 | 0,85 | 162,58 | 203,23 | 224 | 224 | 3*120    |
| 2  | Αντλία εργάτη πρυμνησίων                | 440 | 2 | 105,32 | 0,85 | 162,58 | 203,23 | 224 | 224 | 3*120    |
| 3  | Γερανός πετρέλευσης                     | 440 | 2 | 76,51  | 0,85 | 118,12 | 147,65 | 126 | 125 | 3*50     |
| 4  | Γερανός προμηθειών                      | 440 | 2 | 49,20  | 0,85 | 75,95  | 94,93  | 101 | 100 | 3*35     |
| 5  | Βίντσι σασίβιας λέμβου                  | 440 | 1 | 27,17  | 0,85 | 41,95  | 52,44  | 63  | 63  | 3*16     |
| 6  | Βίντσι λέμβου διάσωσης                  | 440 | 1 | 9,66   | 0,85 | 14,91  | 18,64  | 20  | 20  | 3*2,5    |
|    |                                         |     |   |        |      |        |        |     |     |          |

| <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>          |                                          |     |    |        |      |        |        |                            |    |       |
|----------------------------|------------------------------------------|-----|----|--------|------|--------|--------|----------------------------|----|-------|
| 1                          | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου                | 440 | 4  | 20,15  | 0,85 | 31,11  | 38,89  | 47                         | 50 | 3*10  |
| 2                          | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων          | 440 | 1  | 16,39  | 0,85 | 25,31  | 31,63  | 34                         | 35 | 3*6   |
| 3                          | Ανεμιστήρες χώρου αντλιοστασίου          | 440 | 2  | 20,15  | 0,85 | 31,11  | 38,89  | 47                         | 50 | 3*10  |
| 4                          | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας   | 440 | 1  | 2,65   | 0,85 | 4,09   | 5,11   | 14                         | 6  | 3*1,5 |
| 5                          | Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης και λοιποί | 220 | 15 | 0,63   | 0,85 | 1,93   | 2,41   | 14                         | 6  | 3*1,5 |
| <b>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b> |                                          |     |    |        |      |        |        |                            |    |       |
| 1                          | Διάφορα μηχανήματα                       | 440 | 1  | 140,00 | 0,85 | 216,12 | 270,15 | Διάταξη αυτόματου διακόπτη |    |       |
| <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>    |                                          |     |    |        |      |        |        |                            |    |       |
| 1                          | Εξωτερικός φωτισμός καταστρώματος        | 220 | 1  | 14,71  | 1,00 | 38,59  | 38,59  | 47                         | 50 | 3*10  |
| 2                          | Φωτισμός μηχανοστασίου                   | 220 | 1  | 24,71  | 1,00 | 64,84  | 64,84  | 84                         | 80 | 3*25  |
| 3                          | Φωτισμός ανάγκης                         | 220 | 1  | 9,41   | 1,00 | 24,70  | 24,70  | 27                         | 25 | 3*4   |
| 4                          | Φωτισμός ενδιαίτησεως                    | 220 | 1  | 20,00  | 1,00 | 52,49  | 52,49  | 63                         | 63 | 3*16  |
| <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>             |                                          |     |    |        |      |        |        |                            |    |       |
| 1                          | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας        | 220 | 1  | 15,00  | 1,00 | 39,36  | 39,36  | 47                         | 50 | 3*10  |
| 2                          | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας      | 440 | 2  | 1,50   | 0,85 | 2,32   | 2,89   | 14                         | 6  | 3*1,5 |
| 3                          | Σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης       | 440 | 1  | 1,59   | 0,85 | 2,45   | 3,06   | 14                         | 6  | 3*1,5 |

Λόγω έλλειψης πληροφοριών σχετικές με τη θέση των φορτίων στο πλοίο και τις αποστάσεις των καταναλώσεων από τους ζυγούς, δηλαδή τα ακριβή μήκη όλων των καλωδίων του πλοίου, θεωρούμε ότι η πτώση τάσεως σε όλα τα καλώδια του πλοίου δεν ξεπερνά τις προδιαγραφές του GL (6%).

#### 6.3.4 Υπολογισμός άεργου ισχύος

Με βάση τις σχέσεις (2.12) και (2.13) του κεφαλαίου 2, υπολογίζουμε την άεργο και τη φαινόμενη ισχύ όλων των φορτίων του πλοίου και για τις πέντε καταστάσεις του πλοίου. Ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων επαγωγής έχει υπολογιστεί με βάση τη σχέση, (βλέπε σχέση (2.10), 2.2.3, κεφάλαιο 2):

$$\cos\varphi = 0,26 + (1,1833 \cdot f_s) + (-0,2708 \cdot f_s^2) + (-0,8333 \cdot f_s^3) + (0,5208 \cdot f_s^4)$$

ενώ ο συντελεστής ισχύος των ωμικών φορτίων είναι ίσος με 1. Οι παραπάνω υπολογισμοί φαίνονται στον Πίνακα 6.19.1 και Πίνακα 6.19.2.

Πίνακας 6.19.1 Υπολογισμός άεργου ισχύος στο tanker στην κατάσταση κανονικής πορείας, κατάσταση χειρισμών και εν όρμω κατάσταση.

| ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                    | Κατάσταση Κανονικής Πορείας              |    |                    |              |             |                    |             |              | Κατάσταση Χειρισμών |                    |              |             |                    |             |              |    | Κατάσταση Εν Όρμω  |              |             |                    |             |              |  |  |
|--------------------------------|------------------------------------------|----|--------------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|----|--------------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|--|--|
|                                | N                                        | fs | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ         | sinφ        | Απορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς | N            | fs                  | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ         | sinφ        | Απορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς | N            | fs | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ         | sinφ        | Απορ. Άεργος Ισχύς | Φαιν. Ισχύς |              |  |  |
|                                |                                          |    | kW                 |              |             | kVar               | kVa         |              |                     | kW                 |              |             | kVar               | kVa         |              |    | kW                 |              |             | kVar               | kVa         |              |  |  |
| 1                              | 2                                        | 3  | 4                  | 5            | 6           | 7                  | 8           | 6            | 7                   | 8                  | 9            | 10          | 11                 | 12          | 13           | 14 | 15                 | 16           | 17          | 18                 | 19          |              |  |  |
| <b>ΖΥΓΟΙ 220V</b>              |                                          |    |                    |              |             |                    |             |              |                     |                    |              |             |                    |             |              |    |                    |              |             |                    |             |              |  |  |
| <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>        |                                          |    |                    |              |             |                    |             |              |                     |                    |              |             |                    |             |              |    |                    |              |             |                    |             |              |  |  |
| 1                              | Εξωτερικός φωτισμός                      | 1  | 1,00               | 14,71        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 14,71        | 1                   | 1,00               | 14,71        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 14,71        | 1  | 1,00               | 14,710       | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 14,71        |  |  |
| 2                              | Φωτισμός μηχανοστασίου                   | 1  | 1,00               | 24,71        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 24,71        | 1                   | 1,00               | 24,71        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 24,71        | 1  | 1,00               | 24,71        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 24,71        |  |  |
| 3                              | Φωτισμός ανάγκης                         | 1  | 1,00               | 9,41         | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 9,41         | 1                   | 1,00               | 9,41         | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 9,41         | 1  | 1,00               | 9,41         | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 9,41         |  |  |
| 4                              | Φωτισμός ενδιαίτησεως                    | 1  | 1,00               | 20,00        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 20,00        | 1                   | 1,00               | 20,00        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 20,00        | 1  | 1,00               | 20,00        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 20,00        |  |  |
|                                | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                            |    |                    | <b>68,83</b> | <b>1,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>0,00</b> | <b>68,83</b> |                     |                    | <b>68,83</b> | <b>1,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>0,00</b> | <b>68,83</b> |    |                    | <b>68,83</b> | <b>1,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>0,00</b> | <b>68,83</b> |  |  |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>      |                                          |    |                    |              |             |                    |             |              |                     |                    |              |             |                    |             |              |    |                    |              |             |                    |             |              |  |  |
| 5                              | Ανεμιστήρες χώρων ενδίαίτησης και λοιποί | 15 | 0,80               | 7,50         | 0,82        | 0,57               | 5,24        | 9,15         | 15                  | 0,80               | 7,50         | 0,82        | 0,57               | 5,24        | 9,15         | 15 | 0,80               | 7,50         | 0,82        | 0,57               | 5,24        | 9,15         |  |  |
| <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                 |                                          |    |                    |              |             |                    |             |              |                     |                    |              |             |                    |             |              |    |                    |              |             |                    |             |              |  |  |
| 1                              | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας        | 1  | 0,80               | 12,00        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 12,00        | 1                   | 0,80               | 12,00        | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 12,00        | 1  | 0,40               | 6,00         | 1,00        | 0,00               | 0,00        | 6,00         |  |  |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 220 V</b> |                                          |    |                    |              |             |                    |             |              |                     |                    |              |             |                    |             |              |    |                    |              |             |                    |             |              |  |  |
|                                |                                          |    |                    | <b>88,33</b> | <b>0,98</b> | <b>0,19</b>        | <b>5,24</b> | <b>89,98</b> |                     |                    | <b>88,33</b> | <b>0,98</b> | <b>0,19</b>        | <b>5,24</b> | <b>89,98</b> |    |                    | <b>82,33</b> | <b>0,98</b> | <b>0,20</b>        | <b>5,24</b> | <b>83,98</b> |  |  |
| <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>             |                                          |    |                    |              |             |                    |             |              |                     |                    |              |             |                    |             |              |    |                    |              |             |                    |             |              |  |  |

|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΠΡΩΩΣΗΣ</b>       |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |               |
|-----------|-------------------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| <b>1</b>  | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης                    | 1 | 0,80 | 110,92        | 0,82        | 0,57        | 77,43         | 135,27        | 1 | 0,65 | 90,13         | 0,78        | 0,63        | 72,58         | 115,72        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>2</b>  | Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλίνδρων Κ.Μ.      | 1 | 0,80 | 2,26          | 0,82        | 0,57        | 1,57          | 2,75          | 1 | 0,80 | 2,26          | 0,82        | 0,57        | 1,57          | 2,75          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>3</b>  | Αντλία θαλ. νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,82 | 40,02         | 0,82        | 0,57        | 27,50         | 48,56         | 1 | 0,82 | 40,02        | 0,82        | 0,57        | 27,50        | 48,56         |
| <b>4</b>  | Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμηλής θερμ.         | 1 | 0,82 | 57,07         | 0,82        | 0,57        | 39,20         | 69,24         | 2 | 0,82 | 114,13        | 0,82        | 0,57        | 78,41         | 138,47        | 1 | 0,82 | 57,07        | 0,82        | 0,57        | 39,20        | 69,24         |
| <b>5</b>  | Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων Κ.Μ.                | 1 | 0,75 | 21,57         | 0,81        | 0,59        | 15,71         | 26,68         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>6</b>  | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου Κ.Μ.              | 1 | 0,75 | 5,89          | 0,81        | 0,59        | 4,29          | 7,29          | 1 | 0,75 | 5,89          | 0,81        | 0,59        | 4,29          | 7,29          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>7</b>  | Αντλία παροχής πετρελαίου Κ.Μ.                  | 1 | 0,65 | 2,06          | 0,78        | 0,63        | 1,66          | 2,65          | 1 | 0,65 | 2,06          | 0,78        | 0,63        | 1,66          | 2,65          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>8</b>  | Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή Κ.Μ.                | 1 | 0,75 | 5,39          | 0,81        | 0,59        | 3,92          | 6,66          | 1 | 0,75 | 5,39          | 0,81        | 0,59        | 3,92          | 6,66          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>9</b>  | Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα Κ.Μ.                | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 2 | 0,75 | 123,63        | 0,81        | 0,59        | 90,02         | 152,93        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>10</b> | Μηχανισμός πηδαλίου                             | 1 | 0,25 | 24,19         | 0,53        | 0,85        | 38,92         | 45,83         | 2 | 0,25 | 48,39         | 0,53        | 0,85        | 77,84         | 91,66         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>11</b> | Αντλία μηχανισμού πηδαλίου                      | 1 | 0,80 | 0,79          | 0,82        | 0,57        | 0,55          | 0,96          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>230,14</b> | <b>0,77</b> | <b>0,63</b> | <b>183,26</b> | <b>297,33</b> |   |      | <b>431,89</b> | <b>0,76</b> | <b>0,65</b> | <b>357,80</b> | <b>566,68</b> |   |      | <b>97,09</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>66,70</b> | <b>117,79</b> |
|           |                                                 |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |               |
|           | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |               |
| <b>1</b>  | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ. άξονα             | 1 | 0,65 | 0,64          | 0,78        | 0,63        | 0,51          | 0,82          | 1 | 0,65 | 0,64          | 0,78        | 0,63        | 0,51          | 0,82          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| <b>2</b>  | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου                    | 1 | 0,60 | 7,54          | 0,76        | 0,65        | 6,45          | 9,92          | 1 | 0,60 | 7,54          | 0,76        | 0,65        | 6,45          | 9,92          | 1 | 0,60 | 7,54         | 0,76        | 0,65        | 6,45         | 9,92          |

|    |                                            |   |      |        |      |      |       |        |   |      |        |      |      |       |        |   |      |       |      |      |       |       |
|----|--------------------------------------------|---|------|--------|------|------|-------|--------|---|------|--------|------|------|-------|--------|---|------|-------|------|------|-------|-------|
| 3  | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου               | 1 | 0,80 | 2,26   | 0,82 | 0,57 | 1,57  | 2,75   | 1 | 0,80 | 2,26   | 0,82 | 0,57 | 1,57  | 2,75   | 1 | 0,80 | 2,26  | 0,82 | 0,57 | 1,57  | 2,75  |
| 4  | Αντλία μετάγγισης diesel                   | 1 | 0,50 | 2,31   | 0,71 | 0,70 | 2,28  | 3,25   | 1 | 0,50 | 2,31   | 0,71 | 0,70 | 2,28  | 3,25   | 1 | 0,50 | 2,31  | 0,71 | 0,70 | 2,28  | 3,25  |
| 5  | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού              | 1 | 0,70 | 1,49   | 0,79 | 0,61 | 1,14  | 1,87   | 1 | 0,70 | 1,49   | 0,79 | 0,61 | 1,14  | 1,87   | 1 | 0,70 | 1,49  | 0,79 | 0,61 | 1,14  | 1,87  |
| 6  | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης          | 1 | 0,50 | 2,31   | 0,71 | 0,70 | 2,28  | 3,25   | 1 | 0,50 | 2,31   | 0,71 | 0,70 | 2,28  | 3,25   | 1 | 0,50 | 2,31  | 0,71 | 0,70 | 2,28  | 3,25  |
| 7  | Αντλία σεντινών                            | 1 | 0,50 | 1,01   | 0,71 | 0,70 | 1,00  | 1,42   | 1 | 0,50 | 1,01   | -    | -    | 0,00  | 0,00   | 1 | 0,50 | 1,01  | 0,71 | 0,70 | 1,00  | 1,42  |
| 8  | Αντλία πόσιμου νερού                       | 1 | 0,70 | 6,10   | 0,79 | 0,61 | 4,66  | 7,68   | 1 | 0,70 | 6,10   | 0,79 | 0,61 | 4,66  | 7,68   | 1 | 0,70 | 6,10  | 0,79 | 0,61 | 4,66  | 7,68  |
| 9  | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού            | 1 | 0,40 | 0,23   | 0,65 | 0,76 | 0,27  | 0,35   | 1 | 0,40 | 0,23   | 0,65 | 0,76 | 0,27  | 0,35   | 1 | 0,40 | 0,23  | 0,65 | 0,76 | 0,27  | 0,35  |
| 10 | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης           | 1 | 0,74 | 86,05  | 0,81 | 0,59 | 63,22 | 106,78 | 0 | 0,00 | 0,00   | -    | -    | 0,00  | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00  | -    | -    | 0,00  | 0,00  |
| 11 | Αντλία ερματισμού                          | 0 | 0,00 | 0,00   | -    | -    | 0,00  | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00   | -    | -    | 0,00  | 0,00   | 0 | 0,00 | 0,00  | -    | -    | 0,00  | 0,00  |
| 12 | Κύρια αντλία ψύξης συμπυκνώματος θαλ.νερού | 2 | 0,88 | 130,65 | 0,84 | 0,55 | 85,74 | 156,27 | 2 | 0,88 | 130,65 | 0,84 | 0,55 | 85,74 | 156,27 | 0 | 0,00 | 0,00  | -    | -    | 0,00  | 0,00  |
| 13 | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 1 | 0,74 | 8,85   | 0,81 | 0,59 | 6,50  | 10,98  | 1 | 0,74 | 8,85   | 0,81 | 0,59 | 6,50  | 10,98  | 1 | 0,74 | 8,85  | 0,81 | 0,59 | 6,50  | 10,98 |
| 14 | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης              | 1 | 0,76 | 5,55   | 0,81 | 0,59 | 4,00  | 6,84   | 1 | 0,76 | 5,55   | 0,81 | 0,59 | 4,00  | 6,84   | 0 | 0,00 | 0,00  | -    | -    | 0,00  | 0,00  |
| 15 | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης            | 1 | 0,78 | 43,15  | 0,82 | 0,58 | 30,62 | 52,91  | 2 | 0,78 | 86,30  | 0,82 | 0,58 | 61,23 | 105,82 | 1 | 0,78 | 43,15 | 0,82 | 0,58 | 30,62 | 52,91 |
| 16 | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                  | 1 | 0,73 | 21,19  | 0,80 | 0,60 | 15,72 | 26,39  | 0 | 0,00 | 0,00   | -    | -    | 0,00  | 0,00   | 1 | 0,73 | 21,19 | 0,80 | 0,60 | 15,72 | 26,39 |
| 17 | Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού                | 1 | 0,73 | 21,19  | 0,80 | 0,60 | 15,72 | 26,39  | 1 | 0,73 | 21,19  | 0,80 | 0,60 | 15,72 | 26,39  | 1 | 0,73 | 21,19 | 0,80 | 0,60 | 15,72 | 26,39 |
| 18 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου | 1 | 0,60 | 1,22   | 0,76 | 0,65 | 1,04  | 1,60   | 1 | 0,60 | 1,22   | 0,76 | 0,65 | 1,04  | 1,60   | 1 | 0,60 | 1,22  | 0,76 | 0,65 | 1,04  | 1,60  |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού     | 1 | 0,60 | 1,22   | 0,76 | 0,65 | 1,04  | 1,60   | 1 | 0,60 | 1,22   | 0,76 | 0,65 | 1,04  | 1,60   | 0 | 0,00 | 0,00  | -    | -    | 0,00  | 0,00  |
| 20 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεν.  | 1 | 0,80 | 10,80  | 1,00 | 0,00 | 0,00  | 10,80  | 1 | 0,80 | 10,80  | 1,00 | 0,00 | 0,00  | 10,80  | 1 | 0,80 | 10,80 | 1,00 | 0,00 | 0,00  | 10,80 |



|    |                                                 |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|----|-------------------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 21 | Αντλία κυκλοφορίας νερού προθερμαντήρα χιτωνίων | 1 | 0,80 | 4,74          | 0,82        | 0,57        | 3,31          | 5,78          | 1 | 0,80 | 4,74          | 0,82        | 0,57        | 3,31          | 5,78          | 1 | 0,80 | 4,74          | 0,82        | 0,57        | 3,31          | 5,78          |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών            | 2 | 0,80 | 1,60          | 0,82        | 0,57        | 1,12          | 1,95          | 1 | 0,80 | 0,80          | 0,82        | 0,57        | 0,56          | 0,98          | 2 | 0,80 | 1,60          | 0,82        | 0,57        | 1,12          | 1,95          |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών         | 1 | 0,50 | 0,45          | 0,71        | 0,70        | 0,45          | 0,63          | 1 | 0,50 | 0,45          | 0,71        | 0,70        | 0,45          | 0,63          | 1 | 0,50 | 0,45          | 0,71        | 0,70        | 0,45          | 0,63          |
| 24 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου ηλεκτρογεν.       | 1 | 0,80 | 1,80          | 0,82        | 0,57        | 1,26          | 2,20          | 1 | 0,80 | 1,80          | 0,82        | 0,57        | 1,26          | 2,20          | 1 | 0,80 | 1,80          | 0,82        | 0,57        | 1,26          | 2,20          |
| 25 | Αντλία ψύξης θαλ.νερού πλυντρίδας α.α.          | 1 | 0,85 | 30,59         | 0,83        | 0,56        | 20,53         | 36,84         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 26 | Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσ.           | 1 | 0,60 | 3,17          | 0,76        | 0,65        | 2,71          | 4,17          | 1 | 0,60 | 3,17          | 0,76        | 0,65        | 2,71          | 4,17          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 27 | Ξηραντήρας αέρα                                 | 1 | 0,80 | 0,71          | 0,82        | 0,57        | 0,50          | 0,87          | 1 | 0,80 | 0,71          | 0,82        | 0,57        | 0,50          | 0,87          | 1 | 0,80 | 0,71          | 0,82        | 0,57        | 0,50          | 0,87          |
| 28 | Μονάδα και δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων        | 1 | 0,80 | 7,65          | 0,82        | 0,57        | 5,34          | 9,32          | 1 | 0,80 | 7,65          | 0,82        | 0,57        | 5,34          | 9,32          | 1 | 0,80 | 7,65          | 0,82        | 0,57        | 5,34          | 9,32          |
| 29 | Αντλία τροφοδ.θαλασσινού νερού αποστακτήρα      | 1 | 0,70 | 16,28         | 0,79        | 0,61        | 12,43         | 20,49         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 30 | Αντλία συμπυκνώματος νερού αποστάξεως           | 1 | 0,60 | 0,59          | 0,76        | 0,65        | 0,50          | 0,78          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 31 | Αποτεφρωτήρας                                   | 1 | 0,80 | 23,48         | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 23,48         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 32 | Αντλία τροφοδοσίας χημικών ψυγείου Κ.Μ.         | 1 | 0,54 | 1,04          | 0,73        | 0,68        | 0,96          | 1,42          | 1 | 0,54 | 1,04          | 0,73        | 0,68        | 0,96          | 1,42          | 1 | 0,54 | 1,04          | 0,73        | 0,68        | 0,96          | 1,42          |
| 33 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου λέβητα            | 1 | 0,67 | 6,86          | 0,79        | 0,62        | 5,40          | 8,73          | 1 | 0,67 | 6,86          | 0,79        | 0,62        | 5,40          | 8,73          | 1 | 0,80 | 8,19          | 0,82        | 0,57        | 5,72          | 9,99          |
| 34 | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα                 | 2 | 0,86 | 82,25         | 0,83        | 0,55        | 54,80         | 98,84         | 2 | 0,86 | 82,25         | 0,83        | 0,55        | 54,80         | 98,84         | 2 | 0,86 | 82,25         | 0,83        | 0,55        | 54,80         | 98,84         |
| 35 | Ανελκυστήρας                                    | 1 | 0,70 | 4,43          | 0,79        | 0,61        | 3,38          | 5,57          | 1 | 0,70 | 4,43          | 0,79        | 0,61        | 3,38          | 5,57          | 1 | 0,70 | 4,43          | 0,79        | 0,61        | 3,38          | 5,57          |
| 36 | Σύστημα καθοδικής προστασίας                    | 1 | 0,50 | 11,88         | 0,71        | 0,70        | 11,70         | 16,67         | 1 | 0,50 | 11,88         | 0,71        | 0,70        | 11,70         | 16,67         | 1 | 0,50 | 11,88         | 0,71        | 0,70        | 11,70         | 16,67         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>551,26</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>368,14</b> | <b>669,59</b> |   |      | <b>415,43</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>284,79</b> | <b>505,35</b> |   |      | <b>254,39</b> | <b>0,81</b> | <b>0,58</b> | <b>177,75</b> | <b>312,78</b> |



|   |                                                 |   |      |              |             |             |              |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
|---|-------------------------------------------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--|
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ<br/>ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b> |   |      |              |             |             |              |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
| 1 | Αντλία εργάτη άγκυρας                           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 2 | 0,60 | 126,38        | 0,76        | 0,65        | 108,08        | 166,29        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 2 | Αντλία εργάτη<br>πρυμνησίων                     | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 2 | 0,40 | 84,26         | 0,65        | 0,76        | 98,51         | 129,62        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 3 | Γερανός πετρέλευσης                             | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,30 | 22,95        | 0,57        | 0,82        | 32,89        | 40,11        |  |
| 4 | Γερανός προμηθειών                              | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,25 | 12,30        | 0,53        | 0,85        | 19,79        | 23,30        |  |
| 5 | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 6 | Βίντσι λέμβου<br>διάσωσης                       | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>0,00</b>  | -           | -           | <b>0,00</b>  | <b>0,00</b>   |   |      | <b>210,64</b> | <b>0,71</b> | <b>0,70</b> | <b>206,58</b> | <b>295,92</b> |   |      | <b>35,25</b> | <b>0,56</b> | <b>0,83</b> | <b>52,67</b> | <b>63,40</b> |  |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>                   |   |      |              |             |             |              |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
| 1 | Ανεμιστήρες<br>μηχανοστασίου                    | 4 | 0,70 | 56,43        | 0,79        | 0,61        | 43,08        | 70,99         | 4 | 0,70 | 56,43         | 0,79        | 0,61        | 43,08         | 70,99         | 2 | 0,70 | 28,21        | 0,79        | 0,61        | 21,54        | 35,50        |  |
| 2 | Ανεμιστήρες χώρου<br>διαχωριστήρων              | 1 | 0,50 | 8,20         | 0,71        | 0,70        | 8,08         | 11,51         | 1 | 0,50 | 8,20          | 0,71        | 0,70        | 8,08          | 11,51         | 1 | 0,50 | 8,20         | 0,71        | 0,70        | 8,08         | 11,51        |  |
| 3 | Ανεμιστήρες χώρου<br>αντλιοστασίου              | 2 | 0,70 | 28,21        | 0,79        | 0,61        | 21,54        | 35,50         | 1 | 0,70 | 14,11         | 0,79        | 0,61        | 10,77         | 17,75         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |
| 4 | Ανεμιστήρες χώρου<br>γεννήτριας ασφαλείας       | 1 | 0,63 | 1,67         | 0,77        | 0,64        | 1,38         | 2,16          | 1 | 0,63 | 1,67          | 0,77        | 0,64        | 1,38          | 2,16          | 1 | 0,63 | 1,67         | 0,77        | 0,64        | 1,38         | 2,16         |  |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>94,51</b> | <b>0,79</b> | <b>0,62</b> | <b>74,07</b> | <b>120,16</b> |   |      | <b>80,40</b>  | <b>0,79</b> | <b>0,62</b> | <b>63,30</b>  | <b>102,41</b> |   |      | <b>38,08</b> | <b>0,77</b> | <b>0,63</b> | <b>30,99</b> | <b>49,17</b> |  |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ<br/>ΣΥΣΚΕΥΩΝ<br/>ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>      |   |      |              |             |             |              |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
| 1 | Διάφορα μηχανήματα                              | 1 | 0,80 | 112,00       | 0,82        | 0,57        | 78,18        | 136,59        | 1 | 0,80 | 112,00        | 0,82        | 0,57        | 78,18         | 136,59        | 1 | 0,80 | 112,00       | 0,82        | 0,57        | 78,18        | 136,59       |  |
|   | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                                  |   |      |              |             |             |              |               |   |      |               |             |             |               |               |   |      |              |             |             |              |              |  |
| 2 | Υδραυλική αντλία<br>χειρισμού βαλβίδας          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00         |  |

|   |                                    |   |      |                |             |             |               |                |   |      |                |             |             |                |                |   |      |               |             |             |               |                |
|---|------------------------------------|---|------|----------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---|------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 3 | Σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης | 1 | 1,00 | 1,59           | 0,86        | 0,51        | 0,94          | 1,84           | 1 | 1,00 | 1,59           | 0,86        | 0,51        | 0,94           | 1,84           | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00           |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                      |   |      | <b>1,59</b>    | <b>0,86</b> | <b>0,51</b> | <b>0,94</b>   | <b>1,84</b>    |   |      | <b>1,59</b>    | <b>0,86</b> | <b>0,51</b> | <b>0,94</b>    | <b>1,84</b>    |   |      | <b>0,00</b>   | -           | -           | <b>0,00</b>   | <b>0,00</b>    |
|   | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>               |   |      | <b>1368,46</b> | <b>0,81</b> | <b>0,58</b> | <b>930,64</b> | <b>1680,82</b> |   |      | <b>1515,64</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>1132,00</b> | <b>1920,22</b> |   |      | <b>827,33</b> | <b>0,81</b> | <b>0,59</b> | <b>572,05</b> | <b>1026,91</b> |

Πίνακας 6.19.2 Υπολογισμός άεργου ισχύος στο tanker στην κατάσταση εκφόρτωσης και κατάσταση φόρτωσης

|   | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                              | Κατάσταση Εκφόρτωσης |      |                    |             |             |                    |              | Κατάσταση Φόρτωσης |      |                    |             |             |                    |              |
|---|------------------------------------------|----------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
|   |                                          | N                    | fs   | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαν. Ισχύς   | N                  | fs   | P <sub>λειτ.</sub> | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαν. Ισχύς   |
|   |                                          |                      |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |                    |      | kW                 |             |             | kVar               | kVa          |
|   | 1                                        | 2                    | 3    | 4                  | 5           | 6           | 7                  | 8            | 6                  | 7    | 8                  | 9           | 10          | 11                 | 12           |
|   | <b>ΖΥΓΟΙ 220V</b>                        |                      |      |                    |             |             |                    |              |                    |      |                    |             |             |                    |              |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>                  |                      |      |                    |             |             |                    |              |                    |      |                    |             |             |                    |              |
| 1 | Εξωτερικός φωτισμός                      | 1                    | 1,00 | 14,71              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 14,71        | 1                  | 1,00 | 14,71              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 14,71        |
| 2 | Φωτισμός μηχανοστασίου                   | 1                    | 1,00 | 24,71              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 24,71        | 1                  | 1,00 | 24,71              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 24,71        |
| 3 | Φωτισμός ανάγκης                         | 1                    | 1,00 | 9,41               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 9,41         | 1                  | 1,00 | 9,41               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 9,41         |
| 4 | Φωτισμός ενδιαιτήσεως                    | 1                    | 1,00 | 20,00              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 20,00        | 1                  | 1,00 | 20,00              | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 20,00        |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                            |                      |      | <b>68,83</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>68,83</b> |                    |      | <b>68,83</b>       | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>68,83</b> |
|   | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>                |                      |      |                    |             |             |                    |              |                    |      |                    |             |             |                    |              |
| 5 | Ανεμιστήρες χώρων ενδιαιτήσης και λοιποί | 15                   | 0,80 | 7,50               | 0,82        | 0,57        | 5,24               | 9,15         | 15                 | 0,80 | 7,50               | 0,82        | 0,57        | 5,24               | 9,15         |
|   | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                           |                      |      |                    |             |             |                    |              |                    |      |                    |             |             |                    |              |
| 1 | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας        | 1                    | 0,40 | 6,00               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 6,00         | 1                  | 0,40 | 6,00               | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 6,00         |
|   | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 220 V</b>           |                      |      | <b>82,33</b>       | <b>0,98</b> | <b>0,20</b> | <b>5,24</b>        | <b>83,98</b> |                    |      | <b>82,33</b>       | <b>0,98</b> | <b>0,20</b> | <b>5,24</b>        | <b>83,98</b> |
|   | <b>ΖΥΓΟΙ 440 V</b>                       |                      |      |                    |             |             |                    |              |                    |      |                    |             |             |                    |              |

| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΩΩΣΗΣ</b>       |                                            |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---|------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| 1                                       | Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης               | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 2                                       | Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλίνδρων Κ.Μ. | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 3                                       | Αντλία θαλ. νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)    | 1 | 0,82 | 40,02        | 0,82        | 0,57        | 27,50        | 48,56         | 1 | 0,82 | 40,02        | 0,82        | 0,57        | 27,50        | 48,56         |
| 4                                       | Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμηλής θερμ.    | 1 | 0,82 | 57,07        | 0,82        | 0,57        | 39,20        | 69,24         | 1 | 0,82 | 57,07        | 0,82        | 0,57        | 39,20        | 69,24         |
| 5                                       | Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων Κ.Μ.           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 6                                       | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου Κ.Μ.         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 7                                       | Αντλία παροχής πετρελαίου Κ.Μ.             | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 8                                       | Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή Κ.Μ.           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 9                                       | Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα Κ.Μ.           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 10                                      | Μηχανισμός πηδαλίου                        | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 11                                      | Αντλία μηχανισμού πηδαλίου                 | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
|                                         | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                              |   |      | <b>97,09</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>66,70</b> | <b>117,79</b> |   |      | <b>97,09</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>66,70</b> | <b>117,79</b> |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b> |                                            |   |      |              |             |             |              |               |   |      |              |             |             |              |               |
| 1                                       | Αντλίες λίπανσης χοάνης ελικ.άξονα         | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 2                                       | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου               | 1 | 0,60 | 7,54         | 0,76        | 0,65        | 6,45         | 9,92          | 1 | 0,60 | 7,54         | 0,76        | 0,65        | 6,45         | 9,92          |
| 3                                       | Αντλία καταλοίπων πετρελαίου               | 1 | 0,80 | 2,26         | 0,82        | 0,57        | 1,57         | 2,75          | 1 | 0,80 | 2,26         | 0,82        | 0,57        | 1,57         | 2,75          |
| 4                                       | Αντλία μετάγγισης diesel                   | 1 | 0,50 | 2,31         | 0,71        | 0,70        | 2,28         | 3,25          | 1 | 0,50 | 2,31         | 0,71        | 0,70        | 2,28         | 3,25          |
| 5                                       | Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού              | 1 | 0,70 | 1,49         | 0,79        | 0,61        | 1,14         | 1,87          | 1 | 0,70 | 1,49         | 0,79        | 0,61        | 1,14         | 1,87          |
| 6                                       | Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης          | 1 | 0,50 | 2,31         | 0,71        | 0,70        | 2,28         | 3,25          | 1 | 0,50 | 2,31         | 0,71        | 0,70        | 2,28         | 3,25          |
| 7                                       | Αντλία σεντινών                            | 1 | 0,50 | 1,01         | 0,71        | 0,70        | 1,00         | 1,42          | 1 | 0,50 | 1,01         | 0,71        | 0,70        | 1,00         | 1,42          |
| 8                                       | Αντλία πόσιμου νερού                       | 1 | 0,70 | 6,10         | 0,79        | 0,61        | 4,66         | 7,68          | 1 | 0,70 | 6,10         | 0,79        | 0,61        | 4,66         | 7,68          |
| 9                                       | Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού            | 1 | 0,40 | 0,23         | 0,65        | 0,76        | 0,27         | 0,35          | 1 | 0,40 | 0,23         | 0,65        | 0,76        | 0,27         | 0,35          |
| 10                                      | Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης           | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 11                                      | Αντλία ερματισμού                          | 2 | 0,82 | 401,28       | 0,82        | 0,57        | 275,68       | 486,85        | 2 | 0,82 | 401,28       | 0,82        | 0,57        | 275,68       | 486,85        |
| 12                                      | Κύρια αντλία ψύξης συμπυκνώματος θαλ.νερού | 1 | 0,88 | 65,32        | 0,84        | 0,55        | 42,87        | 78,13         | 1 | 0,88 | 65,32        | 0,84        | 0,55        | 42,87        | 78,13         |
| 13                                      | Διαχωριστήρας πετρελαίου                   | 1 | 0,74 | 8,85         | 0,81        | 0,59        | 6,50         | 10,98         | 1 | 0,74 | 8,85         | 0,81        | 0,59        | 6,50         | 10,98         |
| 14                                      | Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης              | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00         | -           | -           | 0,00         | 0,00          |
| 15                                      | Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης            | 1 | 0,78 | 43,15        | 0,82        | 0,58        | 30,62        | 52,91         | 1 | 0,78 | 43,15        | 0,82        | 0,58        | 30,62        | 52,91         |
| 16                                      | Βοηθητικός αεροσυμπιεστής                  | 1 | 0,73 | 21,19        | 0,80        | 0,60        | 15,72        | 26,39         | 1 | 0,73 | 21,19        | 0,80        | 0,60        | 15,72        | 26,39         |
| 17                                      | Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού                | 1 | 0,73 | 21,19        | 0,80        | 0,60        | 15,72        | 26,39         | 1 | 0,73 | 21,19        | 0,80        | 0,60        | 15,72        | 26,39         |

|    |                                                 |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|----|-------------------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 18 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα πετρελαίου      | 1 | 0,60 | 1,22          | 0,76        | 0,65        | 1,04          | 1,60          | 1 | 0,60 | 1,22          | 0,76        | 0,65        | 1,04          | 1,60          |
| 19 | Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστήρα λαδιού          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 20 | Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεν.       | 1 | 0,80 | 10,80         | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 10,80         | 1 | 0,80 | 10,80         | 1,00        | 0,00        | 0,00          | 10,80         |
| 21 | Αντλία κυκλοφορίας νερού προθερμαντήρα χιτωνίων | 1 | 0,80 | 4,74          | 0,82        | 0,57        | 3,31          | 5,78          | 1 | 0,80 | 4,74          | 0,82        | 0,57        | 3,31          | 5,78          |
| 22 | Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριών            | 1 | 0,80 | 0,80          | 0,82        | 0,57        | 0,56          | 0,98          | 1 | 0,80 | 0,80          | 0,82        | 0,57        | 0,56          | 0,98          |
| 23 | Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητριών         | 1 | 0,50 | 0,45          | 0,71        | 0,70        | 0,45          | 0,63          | 1 | 0,50 | 0,45          | 0,71        | 0,70        | 0,45          | 0,63          |
| 24 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου ηλεκτρογεν.       | 1 | 0,80 | 1,80          | 0,82        | 0,57        | 1,26          | 2,20          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 25 | Αντλία ψύξης θαλ.νερού πλυντρίδας α.α.          | 1 | 0,85 | 30,59         | 0,83        | 0,56        | 20,53         | 36,84         | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 26 | Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσ.           | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 27 | Ξηραντήρας αέρα                                 | 1 | 0,80 | 0,71          | 0,82        | 0,57        | 0,50          | 0,87          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 28 | Μονάδα και δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων        | 1 | 0,80 | 7,65          | 0,82        | 0,57        | 5,34          | 9,32          | 1 | 0,80 | 7,65          | 0,82        | 0,57        | 5,34          | 9,32          |
| 29 | Αντλία τροφοδ.θαλασσινού νερού αποστακτήρα      | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 30 | Αντλία συμπυκνώματος νερού αποστάξεως           | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 31 | Αποτεφρωτήρας                                   | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 32 | Αντλία τροφοδοσίας χημικών ψυγείου Κ.Μ.         | 1 | 0,54 | 1,04          | 0,73        | 0,68        | 0,96          | 1,42          | 1 | 0,54 | 1,04          | 0,73        | 0,68        | 0,96          | 1,42          |
| 33 | Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου λέβητα            | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 1 | 0,80 | 8,19          | 0,82        | 0,57        | 5,72          | 9,99          |
| 34 | Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα                 | 2 | 0,86 | 82,25         | 0,83        | 0,55        | 54,80         | 98,84         | 2 | 0,86 | 82,25         | 0,83        | 0,55        | 54,80         | 98,84         |
| 35 | Ανελκυστήρας                                    | 1 | 0,70 | 4,43          | 0,79        | 0,61        | 3,38          | 5,57          | 1 | 0,70 | 4,43          | 0,79        | 0,61        | 3,38          | 5,57          |
| 36 | Σύστημα καθοδικής προστασίας                    | 1 | 0,50 | 11,88         | 0,71        | 0,70        | 11,70         | 16,67         | 1 | 0,50 | 11,88         | 0,71        | 0,70        | 11,70         | 16,67         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>742,59</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>510,56</b> | <b>903,64</b> |   |      | <b>717,68</b> | <b>0,82</b> | <b>0,57</b> | <b>493,99</b> | <b>873,73</b> |
|    |                                                 |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|    | <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ</b>        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1  | Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης                       | 1 | 0,80 | 16,00         | 0,82        | 0,57        | 11,17         | 19,51         | 1 | 0,80 | 16,00         | 0,82        | 0,57        | 11,17         | 19,51         |
| 2  | Δράπανο                                         | 1 | 0,10 | 0,09          | 0,37        | 0,93        | 0,22          | 0,24          | 1 | 0,30 | 0,27          | 0,57        | 0,82        | 0,39          | 0,48          |
| 3  | Τόρνος                                          | 1 | 0,10 | 0,39          | 0,37        | 0,93        | 0,96          | 1,04          | 1 | 0,30 | 1,17          | 0,57        | 0,82        | 1,67          | 2,04          |
| 4  | Ηλεκτρικό τρυπάνι                               | 1 | 0,20 | 0,44          | 0,48        | 0,88        | 0,81          | 0,92          | 1 | 0,30 | 0,66          | 0,57        | 0,82        | 0,95          | 1,16          |
| 5  | Γερανός Μηχανοστασίου                           | 1 | 0,69 | 16,13         | 0,79        | 0,61        | 12,44         | 20,37         | 1 | 0,69 | 16,13         | 0,79        | 0,61        | 12,44         | 20,37         |
|    | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                   |   |      | <b>33,05</b>  | <b>0,79</b> | <b>0,62</b> | <b>25,60</b>  | <b>42,08</b>  |   |      | <b>34,23</b>  | <b>0,79</b> | <b>0,62</b> | <b>26,62</b>  | <b>43,56</b>  |
|    |                                                 |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |

| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ-ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ</b> |                                        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---|------|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 1                                            | Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού        | 1 | 0,71 | 19,48         | 0,80        | 0,60        | 14,73         | 24,42         | 1 | 0,71 | 19,48         | 0,80        | 0,60        | 14,73         | 24,42         |
| 2                                            | Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού         | 1 | 0,65 | 58,84         | 0,78        | 0,63        | 47,38         | 75,55         | 1 | 0,65 | 58,84         | 0,78        | 0,63        | 47,38         | 75,55         |
| 3                                            | Συμπιεστής μονάδας ψύξης προμηθειών    | 1 | 0,76 | 9,19          | 0,81        | 0,59        | 6,63          | 11,33         | 1 | 0,76 | 9,19          | 0,81        | 0,59        | 6,63          | 11,33         |
| 4                                            | Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα λέβητα     | 1 | 0,71 | 74,34         | 0,80        | 0,60        | 56,19         | 93,19         | 1 | 0,71 | 74,34         | 0,80        | 0,60        | 56,19         | 93,19         |
| 5                                            | Μονάδα κλιματισμού γέφυρας             | 1 | 0,70 | 4,47          | 0,79        | 0,61        | 3,41          | 5,62          | 1 | 0,70 | 4,47          | 0,79        | 0,61        | 3,41          | 5,62          |
| 6                                            | Ανεμιστήρας συστήματος αδρανούς αερίου | 1 | 0,74 | 97,87         | 0,81        | 0,59        | 71,91         | 121,45        | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 7                                            | Μονάδα κλιματισμού esr                 | 1 | 0,70 | 4,16          | 0,79        | 0,61        | 3,18          | 5,23          | 1 | 0,70 | 4,16          | 0,79        | 0,61        | 3,18          | 5,23          |
| 8                                            | Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας      | 1 | 0,72 | 4,88          | 0,80        | 0,60        | 3,66          | 6,10          | 1 | 0,72 | 4,88          | 0,80        | 0,60        | 3,66          | 6,10          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                |                                        |   |      | <b>273,23</b> | <b>0,80</b> | <b>0,60</b> | <b>207,09</b> | <b>342,89</b> |   |      | <b>175,36</b> | <b>0,79</b> | <b>0,61</b> | <b>135,18</b> | <b>221,44</b> |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ</b>      |                                        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1                                            | Αντλία εργάτη άγκυρας                  | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 2                                            | Αντλία εργάτη πρυμνησίων               | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 3                                            | Γερανός πετρέλευσης                    | 1 | 0,25 | 19,13         | 0,53        | 0,85        | 30,77         | 36,23         | 1 | 0,25 | 19,13         | 0,53        | 0,85        | 30,77         | 36,23         |
| 4                                            | Γερανός προμηθειών                     | 1 | 0,25 | 12,30         | 0,53        | 0,85        | 19,79         | 23,30         | 1 | 0,25 | 12,30         | 0,53        | 0,85        | 19,79         | 23,30         |
| 5                                            | Βίντσι σωσίβιας λέμβου                 | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 6                                            | Βίντσι λέμβου διάσωσης                 | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                |                                        |   |      | <b>31,43</b>  | <b>0,53</b> | <b>0,85</b> | <b>50,56</b>  | <b>59,53</b>  |   |      | <b>31,43</b>  | <b>0,53</b> | <b>0,85</b> | <b>50,56</b>  | <b>59,53</b>  |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>                    |                                        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1                                            | Ανεμιστήρες μηχανοστασίου              | 2 | 0,70 | 28,21         | 0,79        | 0,61        | 21,54         | 35,50         | 2 | 0,70 | 28,21         | 0,79        | 0,61        | 21,54         | 35,50         |
| 2                                            | Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων        | 1 | 0,50 | 8,20          | 0,71        | 0,70        | 8,08          | 11,51         | 1 | 0,50 | 8,20          | 0,71        | 0,70        | 8,08          | 11,51         |
| 3                                            | Ανεμιστήρες χώρου αντλιοστασίου        | 2 | 0,70 | 28,21         | 0,79        | 0,61        | 21,54         | 35,50         | 2 | 0,70 | 28,21         | 0,79        | 0,61        | 21,54         | 35,50         |
| 4                                            | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 1 | 0,63 | 1,67          | 0,77        | 0,64        | 1,38          | 2,16          | 1 | 0,63 | 1,67          | 0,77        | 0,64        | 1,38          | 2,16          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                |                                        |   |      | <b>66,29</b>  | <b>0,78</b> | <b>0,62</b> | <b>52,53</b>  | <b>84,66</b>  |   |      | <b>66,29</b>  | <b>0,78</b> | <b>0,62</b> | <b>52,53</b>  | <b>84,66</b>  |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ</b>           |                                        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 1                                            | Διάφορα μηχανήματα                     | 1 | 0,80 | 112,00        | 0,82        | 0,57        | 78,18         | 136,59        | 1 | 0,80 | 112,00        | 0,82        | 0,57        | 78,18         | 136,59        |
| <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>                               |                                        |   |      |               |             |             |               |               |   |      |               |             |             |               |               |
| 2                                            | Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας    | 1 | 0,80 | 1,20          | 0,82        | 0,57        | 0,84          | 1,46          | 0 | 0,00 | 0,00          | -           | -           | 0,00          | 0,00          |
| 3                                            | Σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης     | 1 | 1,00 | 1,59          | 0,86        | 0,51        | 0,94          | 1,84          | 1 | 1,00 | 1,59          | 0,86        | 0,51        | 0,94          | 1,84          |

|  |               |  |  |         |      |      |        |         |  |  |         |      |      |        |         |
|--|---------------|--|--|---------|------|------|--------|---------|--|--|---------|------|------|--------|---------|
|  | ΣΥΝΟΛΟ        |  |  | 2,79    | 0,84 | 0,54 | 1,78   | 3,31    |  |  | 1,59    | 0,86 | 0,51 | 0,94   | 1,84    |
|  | ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ |  |  | 1440,79 | 0,81 | 0,58 | 998,24 | 1774,48 |  |  | 1318,00 | 0,81 | 0,58 | 909,93 | 1623,13 |

Αντίστοιχα στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης έχουμε υπολογίσει τα παρακάτω:

**Πίνακας 6.20** Άεργος ισχύς του tanker στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης

|           | ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ                            | Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης |      |               |             |             |                    |               |
|-----------|----------------------------------------|----------------------------|------|---------------|-------------|-------------|--------------------|---------------|
|           |                                        | N                          | fs   | Πλειτ.        | cosφ        | sinφ        | Άπορ. Άεργος Ισχύς | Φαινομ. Ισχύς |
|           |                                        |                            |      | kW            |             |             | kVar               | kVa           |
|           | 1                                      | 2                          | 3    | 4             | 5           | 6           | 7                  | 8             |
|           | <b>ZYΓΟΙ 220V</b>                      |                            |      |               |             |             |                    |               |
| <b>3</b>  | Φωτισμός ανάγκης                       | 1                          | 1,00 | 9,41          | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 9,41          |
| <b>1</b>  | Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας      | 1                          | 1,00 | 15,00         | 1,00        | 0,00        | 0,00               | 15,00         |
|           | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ 220 V</b>         |                            |      | <b>24,41</b>  | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>        | <b>24,41</b>  |
|           | <b>ZYΓΟΙ 440 V</b>                     |                            |      |               |             |             |                    |               |
|           | <b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ</b>               |                            |      |               |             |             |                    |               |
| <b>10</b> | Μηχανισμός πηδαλίου                    | 1                          | 1,00 | 96,77         | 0,86        | 0,51        | 57,42              | 112,53        |
| <b>11</b> | Αντλία μηχανισμού πηδαλίου             | 1                          | 1,00 | 0,98          | 0,86        | 0,51        | 0,58               | 1,14          |
|           |                                        |                            |      | <b>97,76</b>  | <b>0,86</b> | <b>0,51</b> | <b>58,01</b>       | <b>113,67</b> |
|           | <b>ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>                      |                            |      |               |             |             |                    |               |
| <b>4</b>  | Ανεμιστήρες χώρου γεννήτριας ασφαλείας | 1                          | 1,00 | 2,65          | 0,86        | 0,51        | 1,57               | 3,08          |
|           |                                        |                            |      |               |             |             |                    |               |
|           | <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>                   |                            |      | <b>124,82</b> | <b>0,88</b> | <b>0,47</b> | <b>59,58</b>       | <b>141,16</b> |

Από τους παραπάνω πίνακες επαληθεύουμε ότι οι γεννήτριες που έχουμε επιλέξει καλύπτουν και τη χειρότερη κατάσταση ζήτησης άεργου ισχύος.



### 6.3.5 Διατομές ζυγών και καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών

Χρησιμοποιώντας τη μέγιστη φαινόμενη ισχύ από κάθε κατάσταση, όπως υπολογίστηκε στους πίνακες 6.19.1, 6.19.2 και 6.20, και με μια προσαύξηση της τάξεως του 10% στη φαινόμενη ισχύ, για λόγους ασφαλείας, υπολογίζουμε με βάση τη σχέση  $I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \times 1,1$  το ρεύμα γραμμής που τροφοδοτεί κάθε ζυγό. Με βάση την τιμή αυτή του ρεύματος, προσδιορίζουμε τις διατομές των καλωδίων που τροφοδοτούν ομάδα καταναλωτών (ουσιαστικά συνδέουν τους ζυγούς με τους υποζυγούς) αλλά και τις διατομές των χάλκινων ζυγών με βάση τον πίνακα Α.12, Παράρτημα Α, καθώς επίσης και το είδος και τις ονομαστικές τιμές λειτουργίας των ασφαλιστικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται. Οι τιμές αυτές φαίνονται στον Πίνακα 6.21.

Η διατομή των καλωδίων έχει γίνει με βάση το πρόγραμμα που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 5, δηλαδή επιλέγουμε χάλκινα καλώδια, class 2 (πολύκλωνα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσεως 0,6/1 kV. Σε περίπτωση **ομαδοποίησης καλωδίων**, έχει επιλεγεί παντού η διάταξη 1 (καλώδια σε δέσμη στον αέρα, σε μια επιφάνεια, ενσωματωμένα ή καλυμμένα).

Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των αυτόματων διακοπών θα προσδιοριστεί μέσα από τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων που ακολουθεί στην επόμενη παράγραφο.

**Πίνακας 6.21 Διατομές ζυγών και καλωδίων στο tanker**

| Είδος πίνακα                      | Μέγιστη φαινόμενη ισχύς (kVA) | Ρεύμα τριφασικής γραμμής +10% προσαύξηση (A) | Διατομή καλωδίου παροχής (mm <sup>2</sup> )                             | Κύριος ζυγός Πίνακα (mm <sup>2</sup> ) | Ασφαλιστική διάταξη                          |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Επίπεδο τάσης 220 V</b>        |                               |                                              |                                                                         |                                        |                                              |
| Κεντρική μπάρα                    | 89,98                         | 259,74                                       | 1*95 ανά φάση                                                           | 200                                    | Αυτόματος διακόπτης 400 A                    |
| Πίνακας εξαερισμού                | 9,15                          | 26,40                                        | 3*4 ανά φάση                                                            | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 32 A                     |
| <b>Επίπεδο τάσης 440 V</b>        |                               |                                              |                                                                         |                                        |                                              |
| Κεντρική μπάρα                    | 1920,21                       | 2771,58                                      | 4x(1*240) ανά φάση για κάθε κύρια γεννήτρια (1385,79A για την κάθε μία) | 2400                                   | Αυτόματος διακόπτης 2000A για κάθε γεννήτρια |
| Βοηθητικά πρόωσης                 | 566,68                        | 817,93                                       | 2x(1*185) ανά φάση                                                      | 600                                    | Αυτόματος διακόπτης 1000 A                   |
| Βοηθητικά σκάφους - μηχανοστασίου | 903,64                        | 1304,30                                      | 3x(1*300) ανά φάση                                                      | 1000                                   | Αυτόματος διακόπτης 2000 A                   |
| Εργαστήριο μηχανοστασίου          | 43,56                         | 62,87                                        | 3*16 ανά φάση                                                           | 100                                    | Αυτόματος διακόπτης 63 A                     |

|                                       |         |         |                    |     |                            |
|---------------------------------------|---------|---------|--------------------|-----|----------------------------|
| Συστήματα ψύξης-παροχής αέρα          | 342,89  | 494,92  | 1*300 ανά φάση     | 400 | Αυτόματος διακόπτης 630 A  |
| Βοηθητικά καταστρώματος               | 295,92  | 427,12  | 1*240 ανά φάση     | 400 | Αυτόματος διακόπτης 630 A  |
| Πίνακας εξαερισμού                    | 120,16  | 173,43  | 3*95 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 250 A  |
| Πίνακας συσκευών μαγειρείου           | 136,59  | 197,14  | 3*120 ανά φάση     | 100 | Αυτόματος διακόπτης 250 A  |
| Μετασχηματιστής 440/220V              | 89,98   | 129,87  | 3*70 ανά φάση      |     | Αυτόματος διακόπτης 160A   |
| Γεννήτρια για χρήση εν όρμω           | 1026,90 | 1482,21 | 4x(1*240) ανά φάση |     | Αυτόματος διακόπτης 2000 A |
| <b>Έκτακτη ανάγκη</b>                 |         |         |                    |     |                            |
| Κεντρική μπάρα                        | 141,16  | 203,75  | 3*120 ανά φάση     | 200 | Αυτόματος διακόπτης 250 A  |
| Μετασχηματιστής 440/220 V (emergency) | 24,41   | 35,24   | 3*10 ανά φάση      |     | Αυτόματος διακόπτης 40 A   |
| Βοηθητικά πρόωσης                     | 113,67  | 164,07  | 3*95 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 250A   |
| Πίνακας εξαερισμού                    | 3,08    | 4,45    | 3*1,5 ανά φάση     |     | Αυτόματος διακόπτης 16A    |
| Φορτία των 220 V                      | 24,41   | 70,47   | 3*25 ανά φάση      | 100 | Αυτόματος διακόπτης 80A    |

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει ότι η μέγιστη ζητούμενη ισχύς του μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως στο κύριο δίκτυο, είναι ίση με  $89,98 \text{ kVA} \times 1,1 = \mathbf{98,98 \text{ kVA}}$  (προσαύξηση 10%, όπως στα καλώδια), και επομένως επιλέγεται μετασχηματιστής των **100 kVA** (ονομαστική ισχύς). Αντίστοιχα, για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης ο μετασχηματιστής θα πρέπει να τροφοδοτήσει τα φορτία έκτακτης ανάγκης και τάσεως των 220 V, τα οποία απορροφούν 24,41 kVA και με προσαύξηση 10%, έχουμε  $24,41 \text{ kVA} \times 1,1 = \mathbf{26,85 \text{ kVA}}$ . Για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης επιλέγεται μετασχηματιστής ονομαστικής ισχύος **30 kVA**.

Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο μονογραμμικό διάγραμμα του tanker στο τέλος της εργασίας υπάρχουν δύο διατάξεις για λήψη ρεύματος από τη στεριά. Η διατομή αυτών των καλωδίων θα είναι ίση με  $4x(1*240) \text{ mm}^2$  αφού το συνολικό ρεύμα που θα περάσει από το κάθε καλώδιο είναι 1385,79 A. Τέλος, επιλέγεται αυτόματος διακόπτης των 2000A, με ρύθμιση στα 1500 A.

### 6.3.6 Μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο tanker

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, το οποίο έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 4, αρχικά γίνεται η ομαδοποίηση των κινητήρων και των γεννητριών του πλοίου. Στο συγκεκριμένο πλοίο, έχουν ομαδοποιηθεί όλοι οι κινητήρες που συνδέονται στον ίδιο ζυγό και έχουν ονομαστική ισχύ  $<100 \text{ kW}$  όπως προβλέπει το πρότυπο. Οι υπόλοιποι κινητήρες έχουν ληφθεί υπόψη ξεχωριστά. Έχει προκύψει η παρακάτω ομαδοποίηση:

- M1: κύρια αντλία λαδιού λίπανσης
- M2: βοηθητικά πρόωσης
- M3: αντλία σεντινών και γενικής χρήσης
- M4: αντλία ερματισμού (οι δύο αντλίες θεωρούνται σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας)
- M5: βοηθητικά σκάφους -μηχανοστασίου
- M6: εργαστήριο μηχανοστασίου
- M7: ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα λέβητα
- M8: ανεμιστήρας συστήματος αδρανούς αερίου
- M9: συστήματα ψύξεως –παροχής αέρα
- M10: αντλία εργάτη άγκυρας (οι δύο αντλίες θεωρούνται σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας)
- M11: αντλία εργάτη πρυμνησίων (οι δύο αντλίες θεωρούνται σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας)
- M12: βοηθητικά καταστρώματος
- M13: εξαερισμός
- M14: συσκευές μαγειρείου (θεωρούνται σαν ένας ισοδύναμος κινητήρας)
- M15: φορτία των 220 V

Οι ισχείς των κινητήρων στις πέντε καταστάσεις λειτουργίας φαίνονται στον Πίνακα 6.22.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Πίνακα 6.22, η χειρότερη κατάσταση φόρτισης για τις δύο κύριες γεννήτριες που λειτουργούν παράλληλα, είναι η **κατάσταση χειρισμών**. Στις περιπτώσεις όπου η χειρότερη κατάσταση φόρτισης των κύριων γεννητριών δεν συμπίπτει με την χειρότερη κατάσταση φόρτισης των κινητήρων ή των ζυγών, υπολογίζουμε το ρεύμα βραχυκύκλωσης του κινητήρα και στη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του κινητήρα ή του ζυγού, ώστε να διαπιστώσουμε αν αλλάζει ή όχι η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη όπως έχει υπολογιστεί στην κατάσταση χειρισμών.

Έχουν θεωρηθεί τα παρακάτω:

- ▲ Το βραχυκύκλωμα είναι συμμετρικό και τριφασικό και συμβαίνει στον ζυγό των κύριων γεννητριών.
- ▲ Τα ωμικά φορτία καθώς και τα ηλεκτρονικά ισχύος, δηλαδή προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεννητριών, αποτεφρωτήρας, πίνακες φωτισμού, όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας, δεν έχουν ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό του βραχυκυκλώματος. Τα στοιχεία αυτά συμμετέχουν μόνο αποσβεστικά στο ρεύμα βραχυκύκλωσης.

**Πίνακας 6.22** Ομαδοποίηση κινητήρων για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων στο tanker

| Κατάσταση λειτουργίας | Ισχύς κινητήρα M1 (kW) | Ισχύς κινητήρα M2 (kW) | Ισχύς κινητήρα M3 (kW) | Ισχύς κινητήρα M4 (kW) | Ισχύς κινητήρα M5 (kW) | Ισχύς κινητήρα M6 (kW) | Ισχύς κινητήρα M7 (kW) | Ισχύς κινητήρα M8 (kW) | Ισχύς κινητήρα M9 (kW) | Ισχύς κινητήρα M10 (kW) | Ισχύς κινητήρα M11 (kW) | Ισχύς κινητήρα M12 (kW) | Ισχύς κινητήρα M13(kW) | Ισχύς κινητήρα M14 (kW) | Ισχύς κινητήρα M15 (kW) | Συνολική ισχύς κινητήρων (kW) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Κανονικής πορείας     | 110,92                 | 119,22                 | 86,05                  | 0,00                   | 430,94                 | 17,40                  | <b>74,34</b>           | <b>97,87</b>           | <b>101,02</b>          | 0,00                    | 0,00                    | 0,00                    | <b>94,51</b>           | 112,00                  | 7,50                    | 1251,77                       |
| <b>Χειρισμών</b>      | <b>90,13</b>           | <b>341,77</b>          | 0,00                   | 0,00                   | 404,63                 | 0,00                   | 74,34                  | 0,00                   | 101,02                 | <b>126,38</b>           | <b>84,26</b>            | <b>0,00</b>             | 80,40                  | <b>112,00</b>           | <b>7,50</b>             | <b>1422,42</b>                |
| Εν όρμω               | 0,00                   | 97,09                  | 0,00                   | 0,00                   | 243,59                 | 32,83                  | 74,34                  | 0,00                   | 101,02                 | 0,00                    | 0,00                    | 35,25                   | 38,08                  | 112,00                  | 7,50                    | 741,70                        |
| Εκφόρτωσης            | 0,00                   | 97,09                  | <b>0,00</b>            | <b>401,28</b>          | <b>330,51</b>          | 33,05                  | 74,34                  | 97,87                  | 101,02                 | 0,00                    | 0,00                    | 31,43                   | 66,29                  | 112,00                  | 7,50                    | 1352,38                       |
| Φόρτωσης              | 0,00                   | 97,09                  | 0,00                   | 401,28                 | 305,60                 | <b>34,23</b>           | 74,34                  | 0,00                   | 101,02                 | 0,00                    | 0,00                    | 31,43                   | 66,29                  | 112,00                  | 7,50                    | 1230,78                       |

- ▲ Έχουν ληφθεί υπόψη οι σύνθετες αντιστάσεις όλων των καλωδίων και των μετασχηματιστών.
- ▲ Ο συντελεστής ισχύος των γεννητριών πριν το βραχυκύκλωμα έχει προκύψει από τους Πίνακες 6.19.1, 6.19.2 και 6.20, από το λόγο του αθροίσματος της ενεργού ισχύος όλων των φορτίων που συμμετέχουν στο βραχυκύκλωμα (εκτός από τα ωμικά φορτία που συμμετέχουν αποσβεστικά) προς το άθροισμα της φαινόμενης ισχύος τους (σύμφωνα με το κεφάλαιο 2).
- ▲ Αντίστοιχα, ο συντελεστής ισχύος των κινητήρων πριν το βραχυκύκλωμα έχει προκύψει από τους Πίνακες 6.19.1, 6.19.2 και 6.20 με όμοιο τρόπο με αυτόν που υπολογίστηκε ο συντελεστής ισχύος των γεννητριών παραπάνω.
- ▲ Η φαινόμενη ισχύς των γεννητριών είναι η ονομαστική φαινόμενη ισχύς τους και έχει ληφθεί από τα αντίστοιχα datasheets, βλέπε παράρτημα Γ.
- ▲ Τα χαρακτηριστικά των γεννητριών έχουν ληφθεί από τα αντίστοιχα datasheets, βλέπε παράρτημα Γ.
- ▲ Τα χαρακτηριστικά των κινητήρων έχουν ληφθεί σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, δηλαδή παράγραφοι 4.5.5.3.3 και 4.5.5.3.4 του κεφαλαίου 4 για μεγάλους (>100 kW) και μικρούς κινητήρες (<100 kW) αντίστοιχα, καθώς δεν γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά των επιμέρους κινητήρων που έχουν ομαδοποιηθεί ώστε να βρούμε τα χαρακτηριστικά των ισοδύναμων κινητήρων που προκύπτουν με βάση την παράγραφο 7 του προτύπου IEC 61363-1.
- ▲ Η υπομεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέως άξονα των γεννητριών υπολογίζεται από τη σχέση:  $T''_{do} = \frac{X'_d}{X''_d} \cdot T''_d$ , όπου τα υπόλοιπα λαμβάνονται από τα datasheets των γεννητριών.
- ▲ Στους κινητήρες έχει θεωρηθεί ότι  $X_S = X_R = X_M''/2$  αφού  $X_M'' = X_S + X_R$  για  $s=1$  (ακινητοποιημένο δρομέα).
- ▲ Σαν μέση απόσταση των γεννητριών από τον ζυγό βραχυκυκλώματος (κύριο ζυγό και ζυγό γεννήτριας έκτακτης ανάγκης) έχουν ληφθεί τα 50m.
- ▲ Σαν μέση απόσταση των κινητήρων από τον κύριο ζυγό έχουν ληφθεί τα 70m.
- ▲ Όταν μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και κινητήρα μεσολαβούν καλώδια διαφορετικής διατομής, τότε στη μελέτη βραχυκυκλωμάτων έχουμε θεωρήσει την ελάχιστη σύνθετη αντίσταση των καλωδίων, ώστε να έχουμε την ελάχιστη απόσβεση του ρεύματος βραχυκύκλωσης και επομένως υπερεκτίμηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης.
- ▲ Οι κινητήρες M3, M4, M6, M8, M12 δεν συνεισφέρουν στο ρεύμα βραχυκύκλωσης στην κατάσταση χειρισμών αφού είναι εκτός λειτουργίας, και επομένως δεν θα ληφθούν υπόψη.
- ▲ Έχει γίνει επίσης μελέτη βραχυκυκλωμάτων στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης, προκειμένου να προσδιοριστεί η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη της γεννήτριας αλλά και των φορτίων έκτακτης ανάγκης, θεωρώντας τα φορτία έκτακτης ανάγκης ως έναν ισοδύναμο κινητήρα.
- ▲ Σαν μέση απόσταση των κινητήρων έκτακτης ανάγκης από το ζυγό της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης, έχουν ληφθεί τα 100m.

- ▲ Στην εν όρμω κατάσταση τρέξαμε το πρόγραμμα εισάγοντας ως ρεύμα που δίνει η γεννήτρια την τιμή του ρεύματος που απορροφούν οι κινητήρες εν λειτουργία. Οι κινητήρες δεν μελετήθηκαν ξανά, αφού η χειρότερη κατάσταση φόρτισης του καθενός έχει μελετηθεί και επομένως η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των αυτόματων διακοπών έχει προσδιοριστεί ήδη. Λόγω του ότι η γεννήτρια για χρήση εν όρμω είναι ίδια με τις γεννήτριες στις υπόλοιπες καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου, αναμένουμε η υπολογισμένη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης και του κρουστικού ρεύματος, να είναι κοντά σε αυτή που υπολογίστηκε για κάθε μια από τις άλλες δύο κύριες γεννήτριες. Το μόνο που διαφέρει είναι το ρεύμα λειτουργίας της γεννήτριας πριν το βραχυκύκλωμα.
- ▲ Τα φορτία : υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας και σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης, δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά το βραχυκύκλωμα λόγω της μικρής ισχύος που απορροφούν.

Για το tanker έχουμε τους παρακάτω **κινητήρες**, για την κατάσταση χειρισμών (1<sup>η</sup> στήλη) και για τη χειρότερη κατάσταση φόρτισής τους ή των ζυγών στους οποίους συνδέονται (2<sup>η</sup> στήλη), όπου αυτή δεν συμπίπτει με την κατάσταση χειρισμών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αντίστοιχα ρεύματα βραχυκύκλωσης που συνεισφέρουν οι κινητήρες. Τέλος, φαίνεται επίσης η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη που επιλέγεται τελικά.

Οι κινητήρες M1 και M2 συνδέονται στον ίδιο ζυγό, ο οποίος παρουσιάζει τη χειρότερη φόρτιση στην κατάσταση χειρισμών (431,9 kW).

1) Για τον κινητήρα M1 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br/>M1</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>rM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>115551,3</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>s</sub></b>               | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>r</sub></b>               | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>s</sub></b>               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>r</sub></b>               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,78</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                   |            |
|-----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>rM</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>         | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000622</b>  | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,00004835</b> | <b>Ω/m</b> |

*Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:*

$$E_m'' = 211.06V$$

$$I_m'' = 619.29A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (619.29) \exp(-t/0.018668)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 619.29A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 396.31A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (1009.99) \exp(-t/0.011054)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(619.29) \exp(-t/0.018668) + (1009.99) \exp(-t/0.011054)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1885.81A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 1035.70A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1751.62A

2) Για τον κινητήρα M2 έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M2</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>FM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>449697,4</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>               | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>               | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,76</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                   |            |
|-----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>         | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000622</b>  | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,00004835</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 216.30V$$

$$I_m'' = 2942.25A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (2942.25) \exp(-t/0.019940)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 2942.25A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 1937.22A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (4703.32) \exp(-t/0.009492)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(2942.25) \exp(-t/0.019940) + (4703.32) \exp(-t/0.009492)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 8864.29A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 4694.60A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 8321.94A

Για τους κινητήρες M1 και M2 που συνδέονται στον ίδιο ζυγό, η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης που φτάνει στον κοινό αυτό ζυγό, από αυτούς τους κινητήρες, ισούται με  $(1751,62 + 8321,94) \text{ A} = 10073,56 \text{ A} \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 15 kA.**

Οι κινητήρες M3, M4, M5 συνδέονται στον ίδιο ζυγό, ο οποίος παρουσιάζει τη χειρότερη φόρτιση (731,79 kW) στην κατάσταση εκφόρτωσης. Ο κινητήρας M3 είτε στην κατάσταση χειρισμών είτε στην κατάσταση εκφόρτωσης δεν θα ληφθεί υπόψη γιατί είναι εκτός λειτουργίας. Για τους κινητήρες M4 και M5 έχουμε τα παρακάτω:

4) Για τον κινητήρα M4 στην κατάσταση εκφόρτωσης έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M4</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| $U_{FM}$                           | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>489365,9</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                              | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                              | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                              | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                              | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                       | <b>0,82</b>     | <b>-</b>  |

|           |                   |                              |
|-----------|-------------------|------------------------------|
| $U_{FM}$  | <b>440</b>        | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>70</b>         | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,00002517</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000316</b>  | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 220.31V$$

$$I_m'' = 3343.39A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (3343.39) \exp(-t/0.019653)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 3343.39A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 2187.96A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (5248.03) \exp(-t/0.010733)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(3343.39) \exp(-t/0.019653) + (5248.03) \exp(-t/0.010733)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 9976.30A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 5508.58A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 9456.54A



- 5) Για τον κινητήρα M5 στην κατάσταση χειρισμών και κατάσταση εκφόρτωσης, αντίστοιχα, έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M5 |          |    |
|----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                   | 440      | V  |
| $S$                        | 493451,2 | VA |
| $f$                        | 60       | Hz |
| $R_S$                      | 3,4      | %  |
| $R_R$                      | 2,1      | %  |
| $X_S$                      | 7,5      | %  |
| $X_R$                      | 7,5      | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,82     | -  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M5 |        |    |
|----------------------------|--------|----|
| $U_{FM}$                   | 440    | V  |
| $S$                        | 408037 | VA |
| $f$                        | 60     | Hz |
| $R_S$                      | 3,4    | %  |
| $R_R$                      | 2,1    | %  |
| $X_S$                      | 7,5    | %  |
| $X_R$                      | 7,5    | %  |
| $\cos\phi_M$               | 0,81   | -  |

|          |            |            |
|----------|------------|------------|
| $U_{FM}$ | 440        | V          |
| $L$      | 70         | m          |
| $R_c$    | 0,00002517 | $\Omega/m$ |
| $X_c$    | 0,0000316  | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 220.30V$$

$$I_m'' = 3369.94A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (3369.94) \exp(-t/0.019659)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 3369.94A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 2205.61A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (5289.92) \exp(-t/0.010726)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(3369.94) \exp(-t/0.019659) + (5289.92) \exp(-t/0.010726)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 10055.73A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 5551.55A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 9531.62A

**Στην κατάσταση εκφόρτωσης έχουμε:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 220.13V$$

$$I_m'' = 2804.44A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (2804.44) \exp(-t/0.019536)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 2804.44A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 1830.59A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (4410.11) \exp(-t/0.010878)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(2804.44) \exp(-t/0.019536) + (4410.11) \exp(-t/0.010878)$$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 8376.18A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 4638.85A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $7932.15A$

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη που βρίσκεται πριν από το ζυγό των βοηθητικών σκάφους-μηχανοστασίου, εκεί δηλαδή που συνδέονται οι κινητήρες M3, M4 και M5, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $(0+9456,54+7932,15)A=17388,69A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 25 kA.**

6) Για τον κινητήρα M6 στην κατάσταση φόρτωσης έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M6</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b><math>U_{FM}</math></b>         | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>43329,11</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b><math>R_S</math></b>            | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| <b><math>R_R</math></b>            | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| <b><math>X_S</math></b>            | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b><math>X_R</math></b>            | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b><math>\cos\phi_M</math></b>     | <b>0,79</b>     | <b>-</b>  |

|                            |                  |                              |
|----------------------------|------------------|------------------------------|
| <b><math>U_{FM}</math></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>                   | <b>70</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b>                  | <b>0,0014438</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b>                  | <b>0,0000959</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 207.28V$$

$$I_m'' = 219.94A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (219.94) \exp(-t/0.018617)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 219.94A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 140.58A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (360.34) \exp(-t/0.007660)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(219.94) \exp(-t/0.018617) + (360.34) \exp(-t/0.007660)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 671.38A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 320.22A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $622.08A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA**

Οι κινητήρες M7, M8, M9 συνδέονται στον ίδιο ζυγό, ο οποίος παρουσιάζει χειρότερη φόρτιση (273,23 kW) στην κατάσταση κανονικής πορείας ή εκφόρτωσης. Για τους τρεις αυτούς κινητήρες έχουμε τα παρακάτω:

7) Για τον κινητήρα M7 στην κατάσταση χειρισμών αλλά και κανονικής πορείας/εκφόρτωσης έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M7</b> |              |           |
|------------------------------------|--------------|-----------|
| $U_{rM}$                           | <b>440</b>   | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>92925</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>    | <b>Hz</b> |
| $R_s$                              | <b>4,3</b>   | <b>%</b>  |
| $R_r$                              | <b>2,7</b>   | <b>%</b>  |
| $X_s$                              | <b>9,4</b>   | <b>%</b>  |
| $X_r$                              | <b>9,4</b>   | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                       | <b>0,8</b>   | <b>-</b>  |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>70</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0000755</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000948</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{m''} = 211.98V$$

$$I_{m''} = 497.59A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (497.59) \exp(-t/0.018783)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 497.59A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 319.29A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (807.16) \exp(-t/0.011137)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(497.59) \exp(-t/0.018783) + (807.16) \exp(-t/0.011137)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1510.86A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 833.48A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1407.39A

8) Για τον κινητήρα M8 στην κατάσταση κανονικής πορείας / εκφόρτωσης έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M8</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| $U_{rM}$                           | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>120827,2</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |

|                         |             |          |
|-------------------------|-------------|----------|
| <b>R<sub>S</sub></b>    | <b>4,3</b>  | <b>%</b> |
| <b>R<sub>R</sub></b>    | <b>2,7</b>  | <b>%</b> |
| <b>X<sub>S</sub></b>    | <b>9,4</b>  | <b>%</b> |
| <b>X<sub>R</sub></b>    | <b>9,4</b>  | <b>%</b> |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b> | <b>0,81</b> | <b>-</b> |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000755</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000948</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 212.27V$$

$$I_m'' = 644.19A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (644.19) \exp(-t/0.018877)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 644.19A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 414.28A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (1042.51) \exp(-t/0.011008)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(644.19) \exp(-t/0.018877) + (1042.51) \exp(-t/0.011008)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1953.53A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 1074.89A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1822.05A

- 9) Για τον κινητήρα M9 στην κατάσταση χειρισμών/κανονικής πορείας/εκφόρτωσης έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M9</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>FM</sub></b>              | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                           | <b>127873,4</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                           | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>               | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>               | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>               | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>            | <b>0,79</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000755</b> | <b>Ω/m</b> |

|           |                  |            |
|-----------|------------------|------------|
| <b>Xc</b> | <b>0,0000948</b> | <b>Ω/m</b> |
|-----------|------------------|------------|

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 219.34V$$

$$I_m'' = 877.56A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (877.56) \exp(-t/0.019501)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 877.56A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 572.38A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (1386.54) \exp(-t/0.010923)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(877.56) \exp(-t/0.019501) + (1386.54) \exp(-t/0.010923)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 2627.59A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 1456.02A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 2482.10A

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς, η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη πριν το ζυγό των συστημάτων ψύξης-παροχής αέρα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $(1407,39+1822,05+2482,1)A=5711,54A \rightarrow \text{Επιλέγονται τα } 10 \text{ kA}$

Οι κινητήρες M10, M11, M12 συνδέονται στον ίδιο ζυγό, ο οποίος παρουσιάζει τη δυσμενέστερη φόρτιση στην κατάσταση χειρισμών. Ο κινητήρας M12 είναι εκτός λειτουργίας στην κατάσταση χειρισμών, ενώ για τους υπόλοιπους δύο έχουμε τα παρακάτω:

10) Για τον κινητήρα M10 στην κατάσταση χειρισμών έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M10</b> |                 |           |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>FM</sub></b>               | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                            | <b>166289,5</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                            | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>                | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>                | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>                | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>                | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>             | <b>0,76</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>Rc</b>             | <b>0,0000947</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>Xc</b>             | <b>0,0000982</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 217.50V$$

$$I_m'' = 1116.68A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (1116.68) \exp(-t/0.019693)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 1116.68A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 731.39A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (1779.77) \exp(-t/0.010418)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(1116.68) \exp(-t/0.019693) + (1779.77) \exp(-t/0.010418)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 3358.99A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 1834.15A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 3158.44A

11) Για τον κινητήρα M11 στην κατάσταση χειρισμών έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M11</b> |                 |           |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>FM</sub></b>               | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                            | <b>129630,8</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                            | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>                | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>                | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>                | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>                | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>             | <b>0,65</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>FM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000947</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000982</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 205.30V$$

$$I_m'' = 665.74A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (665.74) \exp(-t/0.018922)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 665.74A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 428.59A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (1124.30) \exp(-t/0.010770)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(665.74) \exp(-t/0.018922) + (1124.30) \exp(-t/0.010770)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 2065.80A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 1124.71A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1882.99A

Η ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη που βρίσκεται πριν το ζυγό που συνδέονται οι κινητήρες M10, M11, M12 πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $(3158,44+1882,99)A=5041,43A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA**

- 13) Για τον κινητήρα M13 στην κατάσταση χειρισμών και στη χειρότερη κατάσταση φόρτισής του, δηλαδή την κατάσταση κανονικής πορείας, αντίστοιχα έχουμε:

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M13 |          |    |
|-----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                    | 440      | V  |
| S                           | 101772,2 | VA |
| f                           | 60       | Hz |
| $R_S$                       | 4,3      | %  |
| $R_R$                       | 2,7      | %  |
| $X_S$                       | 9,4      | %  |
| $X_R$                       | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$                | 0,79     | -  |

| ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M13 |          |    |
|-----------------------------|----------|----|
| $U_{FM}$                    | 440      | V  |
| S                           | 119632,9 | VA |
| f                           | 60       | Hz |
| $R_S$                       | 4,3      | %  |
| $R_R$                       | 2,7      | %  |
| $X_S$                       | 9,4      | %  |
| $X_R$                       | 9,4      | %  |
| $\cos\phi_M$                | 0,79     | -  |

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| $U_{FM}$ | 440       | V          |
| L        | 70        | m          |
| Rc       | 0,0002423 | $\Omega/m$ |
| Xc       | 0,0000882 | $\Omega/m$ |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{m''} = 210.04V$$

$$I_{m''} = 533.68A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (533.68) \exp(-t/0.018789)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 533.68A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 342.50A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (870.53) \exp(-t/0.009771)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(533.68) \exp(-t/0.018789) + (870.53) \exp(-t/0.009771)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1625.27A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 855.40A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1509.49A

**Για την κατάσταση κανονικής πορείας έχουμε:**

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{m''} = 209.62V$$

$$I_m'' = 622.71A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (622.71) \exp(-t/0.018845)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 622.71A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 400.16A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.Ρ.: } I_{dcm}(t) = (1016.75) \exp(-t/0.009514)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(622.71) \exp(-t/0.018845) + (1016.75) \exp(-t/0.009514)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 1897.40A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_m(T/2) = 989.37A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 1761.29A

Με βάση τη χειρότερη κατάσταση φόρτισης του κινητήρα επιλέγονται τα **10 kA** ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα του αυτόματου διακόπτη του κινητήρα M13.

14) Για τον κινητήρα M14 στην κατάσταση χειρισμών έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ<br/>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ M14</b> |                 |           |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>U<sub>ΓΜ</sub></b>               | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                            | <b>136585,4</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                            | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>S</sub></b>                | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>R</sub></b>                | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>S</sub></b>                | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>R</sub></b>                | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>             | <b>0,82</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>ΓΜ</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>70</b>        | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0001921</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000864</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_m'' = 219.35V$$

$$I_m'' = 925.55A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (925.55) \exp(-t/0.019486)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 925.55A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 603.49A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.Ρ.: } I_{dcm}(t) = (1454.00) \exp(-t/0.009410)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_m(t) = (1.41421)(925.55) \exp(-t/0.019486) + (1454.00) \exp(-t/0.009410)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_m(0) = 2762.93A$$



Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 1453.20A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  
 $2617.86A \rightarrow$  Επιλέγονται τα  $10kA$

15) Για τον κινητήρα M15 στην κατάσταση χειρισμών, έχουμε:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ<br/>M15</b> |                 |           |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| <b>(ΜΕΣΩ ΜΕΤΑΣΧ/ΣΤΗ)</b>            |                 |           |
| $U_{rM}$                            | <b>220</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                            | <b>9146,341</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                            | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| $R_s$                               | <b>4,3</b>      | <b>%</b>  |
| $R_r$                               | <b>2,7</b>      | <b>%</b>  |
| $X_s$                               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $X_r$                               | <b>9,4</b>      | <b>%</b>  |
| $\cos\phi_M$                        | <b>0,82</b>     | <b>-</b>  |

Για το μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως έχουμε:

|           |               |           |
|-----------|---------------|-----------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>    | <b>V</b>  |
| $U_{rMT}$ | <b>220</b>    | <b>V</b>  |
| <b>f</b>  | <b>60</b>     | <b>Hz</b> |
| $u_{rR}$  | <b>1,4</b>    | <b>%</b>  |
| $u_{rK}$  | <b>4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>S</b>  | <b>100000</b> | <b>VA</b> |

Τέλος, για τα καλώδια έχουμε:

- από κινητήρα M15 μέχρι το  
M/Σ

- από M/Σ μέχρι το ζυγό  
βραχυκυκλώματος

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>35</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0002423</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,000104</b>  | <b><math>\Omega/m</math></b> |

|           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| $U_{rM}$  | <b>440</b>       | <b>V</b>                     |
| <b>L</b>  | <b>35</b>        | <b>m</b>                     |
| <b>Rc</b> | <b>0,0003365</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,0000884</b> | <b><math>\Omega/m</math></b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

Στην πλευρά των 220V έχουμε:

$$E_m'' = 106.41V$$

$$I_m'' = 97.70A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t) = (97.70) \exp(-t/0.018888)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0) = 97.70A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2) = 62.85A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t) = (157.60) \exp(-t/0.010982)$$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(97.70)\exp(-t/0.018888)+(157.60)\exp(-t/0.010982)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 295.78A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 162.68A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: **276.35A → Επιλέγονται τα 10kA**

=====

Οι παραπάνω τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης και κρουστικών ρευμάτων ανηγμένες στην πλευρά των 440 V είναι:

Συνιστώσα E.P.:  $I_{acm}(t)=( 48.85)\exp(-t/0.018888)$

Συνιστώσα E.P. για  $t=0$ :  $I_{acm}(0)= 48.85A$

Συνιστώσα E.P. για  $t=T/2$ :  $I_{acm}(T/2)= 31.43A$

Συνιστώσα Σ.P.:  $I_{dcm}(t)=( 78.80)\exp(-t/0.010982)$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(48.85)\exp(-t/0.018888)+(78.80)\exp(-t/0.010982)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 147.89A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 81.34A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: **138.17A → Επιλέγονται τα 10kA**

Στο επίπεδο των 220 V, εφόσον όλα τα φορτία αυτής της τάσεως έχουν ομαδοποιηθεί σε έναν κινητήρα, επιλέγεται ως ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα όλων των αυτόματων διακοπών τα 10 kA.

Αντίστοιχα για τη γεννήτρια με τα παρακάτω χαρακτηριστικά, στην κατάσταση χειρισμών, έχουμε:

| ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |            |    |
|--------------------|------------|----|
| $U_0$              | 440        | V  |
| S                  | 1200000    | VA |
| f                  | 60         | Hz |
| $X''_d$            | 15         | %  |
| $X'_d$             | 22         | %  |
| $X_d$              | 269        | %  |
| $T''_d$            | 25         | ms |
| $T''_{do}$         | 36,6666667 | ms |
| $T'_d$             | 185        | ms |
| $T'_{do}$          | 3,4        | s  |
| Ra                 | 1,05       | %  |
| cosφo              | 0,78       | -  |

Και το καλώδιο από τη γεννήτρια μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

|                      |                   |            |
|----------------------|-------------------|------------|
| <b>U<sub>0</sub></b> | <b>440</b>        | <b>V</b>   |
| <b>L</b>             | <b>50</b>         | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b> | <b>0,00002368</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b> | <b>0,00002455</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_q'' = 276.59V$$

$$E_q' = 286.01V$$

$$E_q = 708.75V$$

$$I_{kd}'' = 10808.64A$$

$$I_{kd}' = 7764.92A$$

$$I_{kd} = 1628.48A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (3043.72)\exp(-t/0.025489) + (6136.45)\exp(-t/0.191931) + 1628.48$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 10808.64A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 9699.10A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (13168.87)\exp(-t/0.023436)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((3043.72)\exp(-t/0.025489) + (6136.45)\exp(-t/0.191931) + 1628.48) + (13168.87)\exp(-t/0.023436)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 28454.59A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 22944.91A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από: 30571.45A

Πόσες από τις υπόλοιπες γεννήτριες είναι ίδιες με αυτή τη γεννήτρια; (0, 1, 2...): 1

Δεν χρειάζεται να εισάγετε ξανά τα χαρακτηριστικά των όμοιων γεννητριών.

**→ Επιλέγονται τα 36 kA για κάθε γεννήτρια**

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό από τις γεννήτριες είναι το διπλάσιο από αυτό που υπολογίστηκε παραπάνω, αφού οι γεννήτριες είναι δύο, ίδιες και αναλογικά με την ικανότητά τους φορτισμένες. Παρακάτω δίνεται το υπολογισμένο συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό του σφάλματος. Ο υπολογισμός αυτός χρησιμεύει στον έλεγχο της αντοχής των ζυγών τροφοδοσίας των πινάκων, στους οποίους γίνεται το βραχυκύκλωμα, στο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο έλεγχος αυτός δεν έχει γίνει στην παρούσα εργασία.

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$$I_{tot} = (1.41421)((3043.72)\exp(-t/0.025489) + (6136.45)\exp(-t/0.191931) + 1628.48) + (13168.87)\exp(-t/0.023436) + (1.41421)((3043.72)\exp(-t/0.025489) + (6136.45)\exp(-t/0.191931) + 1628.48) + (13168.87)\exp(-t/0.023436) + (1.41421)(619.29)\exp(-t/0.018668) + (1009.99)\exp(-t/0.011054) + (1.41421)(2942.25)\exp(-t/0.019940) + (4703.32)\exp(-t/0.009492) + (1.41421)(3369.94)\exp(-t/0.019659) + (5289.92)\exp(-t/0.010726) +$$

$$(1.41421)(497.59)\exp(-t/0.018783)+(807.16)\exp(-t/0.011137)+$$

$$(1.41421)(877.56)\exp(-t/0.019501)+(1386.54)\exp(-t/0.010923)+$$

$$(1.41421)(1116.68)\exp(-t/0.019693)+(1779.77)\exp(-t/0.010418)+$$

$$(1.41421)(665.74)\exp(-t/0.018922)+(1124.30)\exp(-t/0.010770)+$$

$$(1.41421)(533.68)\exp(-t/0.018789)+(870.53)\exp(-t/0.009771)+$$

$$(1.41421)(925.55)\exp(-t/0.019486)+(1454.00)\exp(-t/0.009410)+$$

$$(1.41421)(48.85)\exp(-t/0.018888)+(78.80)\exp(-t/0.010982)$$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0)=91814.33A$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2)=64809.98A$

Όσον αφορά την περίπτωση βραχυκυκλώματος στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης στο ζυγό της γεννήτριας, έχουμε ομαδοποιήσει όλους τους κινητήρες σε έναν, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως. Έχουμε λάβει υπόψη την μικρότερη σύνθετη αντίσταση που εμφανίζεται στα καλώδια μεταξύ ζυγού βραχυκυκλώματος και του ισοδύναμου κινητήρα και έχουμε αγνοήσει την αποσβεστική επίδραση της σύνθετης αντίστασης του Μ/Σ, με αμελητέο σφάλμα προς την ασφαλή πλευρά προφανώς.

Έχουμε λοιπόν τα παρακάτω:

| <b>ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ</b> |                 |           |
|-----------------------------|-----------------|-----------|
| <b>M1emergency</b>          |                 |           |
| <b>U<sub>rM</sub></b>       | <b>440</b>      | <b>V</b>  |
| <b>S</b>                    | <b>116755,8</b> | <b>VA</b> |
| <b>f</b>                    | <b>60</b>       | <b>Hz</b> |
| <b>R<sub>s</sub></b>        | <b>3,4</b>      | <b>%</b>  |
| <b>R<sub>r</sub></b>        | <b>2,1</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>s</sub></b>        | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>X<sub>r</sub></b>        | <b>7,5</b>      | <b>%</b>  |
| <b>cosφ<sub>M</sub></b>     | <b>0,86</b>     | <b>-</b>  |

|                       |                  |            |
|-----------------------|------------------|------------|
| <b>U<sub>rM</sub></b> | <b>440</b>       | <b>V</b>   |
| <b>L</b>              | <b>100</b>       | <b>m</b>   |
| <b>R<sub>c</sub></b>  | <b>0,0002423</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>X<sub>c</sub></b>  | <b>0,0000882</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{m''}= 220.11V$$

$$I_{m''}= 779.88A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{acm}(t)=(779.88)\exp(-t/0.019619)$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{acm}(0)= 779.88A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{acm}(T/2)= 509.99A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dcm}(t)=(1213.48)\exp(-t/0.008475)$$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_m(t)=(1.41421)(779.88)\exp(-t/0.019619)+(1213.48)\exp(-t/0.008475)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_m(0)= 2316.41A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_m(T/2)= 1175.18A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $2205.85A$

Με βάση τον παραπάνω υπολογισμό, όλοι οι αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων έκτακτης ανάγκης, έχουν επιλεγεί με ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα ίση με **10kA**.

| ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |        |    |
|--------------------|--------|----|
| $U_0$              | 440    | V  |
| S                  | 192800 | VA |
| f                  | 60     | Hz |
| $X''_d$            | 12     | %  |
| $X'_d$             | 18     | %  |
| $X_d$              | 204    | %  |
| $T''_d$            | 12     | ms |
| $T''_{d0}$         | 18     | ms |
| $T'_d$             | 38     | ms |
| $T'_{d0}$          | 1      | s  |
| Ra                 | 1,98   | %  |
| cosφo              | 0,86   | -  |

|       |           |     |
|-------|-----------|-----|
| $U_0$ | 440       | V   |
| L     | 50        | m   |
| Rc    | 0,0001921 | Ω/m |
| Xc    | 0,0000864 | Ω/m |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_{q''}= 268.05V$$

$$E_{q'}= 273.28V$$

$$E_q= 496.96V$$

$$I_{kd''}= 2090.00A$$

$$I_{kd'}= 1458.26A$$

$$I_{kd}= 242.07A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t)=(631.74)\exp(-t/0.012353)+(1216.20)\exp(-t/0.039721)+242.07$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0)= 2090.00A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2)= 1549.87A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t)=( 2845.15)\exp(-t/0.011228)$$

Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης:  $I_k(t)=(1.41421)((631.74)exp(-t/0.012353)+(1216.20)exp(-t/0.039721)+242.07)+(2845.15)exp(-t/0.011228)$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_k(0)=5800.86A$

Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_k(T/2)=3546.36A$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $5911.42A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 10 kA.**

Για τον έλεγχο της μηχανικής αντοχής του ζυγού της γεννήτριας έκτακτης ανάγκης στο ρεύμα βραχυκύκλωσης δίνεται παρακάτω και το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που φτάνει στο ζυγό σφάλματος. Ο έλεγχος αυτός δεν έχει γίνει στην παρούσα εργασία.

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

$I_{tot}=(1.41421)((631.74)exp(-t/0.012353)+(1216.20)exp(-t/0.039721)+242.07)+(2845.15)exp(-t/0.011228)+$

$(1.41421)(779.88)exp(-t/0.019619)+(1213.48)exp(-t/0.008475)$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=0$ :  $I_{tot}(0)=8117.26A$

Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για  $t=T/2$ :  $I_{tot}(T/2)=4721.54A$

Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στον κύριο ζυγό στην κατάσταση εν όρμω, όπου στην κατάσταση αυτή λειτουργεί μόνο μια γεννήτρια, η ακόλουθη μελέτη έχει γίνει. Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας δίνονται παρακάτω καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που προκύπτουν καθώς τρέχουμε το πρόγραμμα για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων, εισάγοντας στο πρόγραμμα (editor) την τιμή του ρεύματος που δίνει η γεννήτρια, και η οποία θα είναι ίση με :  $I_{gen} = I_{κιν} = \frac{S_{κιν}}{\sqrt{3} \cdot V_{κιν}} = \frac{941270}{\sqrt{3} \cdot 440} = 1235A.$

| ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |            |    |
|--------------------|------------|----|
| $U_0$              | 440        | V  |
| S                  | 1200000    | VA |
| f                  | 60         | Hz |
| X''d               | 15         | %  |
| X'd                | 22         | %  |
| Xd                 | 269        | %  |
| T''d               | 25         | ms |
| T''do              | 36,6666667 | ms |
| T'd                | 185        | ms |
| T'do               | 3,4        | s  |
| Ra                 | 1,05       | %  |
| cosφo              | 0,79       | -  |

|       |     |   |
|-------|-----|---|
| $U_0$ | 440 | V |
|-------|-----|---|

|           |                   |            |
|-----------|-------------------|------------|
| <b>L</b>  | <b>50</b>         | <b>m</b>   |
| <b>Rc</b> | <b>0,00002368</b> | <b>Ω/m</b> |
| <b>Xc</b> | <b>0,00002455</b> | <b>Ω/m</b> |

Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:

$$E_q'' = 277.02V$$

$$E_q' = 286.63V$$

$$E_q = 722.74V$$

$$I_{kd}'' = 10825.50A$$

$$I_{kd}' = 7781.82A$$

$$I_{kd} = 1660.62A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P.: } I_{ac}(t) = (3043.69)\exp(-t/0.025489) + (6121.20)\exp(-t/0.191931) + 1660.62$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=0: I_{ac}(0) = 10825.50A$$

$$\text{Συνιστώσα E.P. για } t=T/2: I_{ac}(T/2) = 9716.62A$$

$$\text{Συνιστώσα Σ.P.: } I_{dc}(t) = (14238.67)\exp(-t/0.023436)$$

$$\text{Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: } I_k(t) = (1.41421)((3043.69)\exp(-t/0.025489) + (6121.20)\exp(-t/0.191931) + 1660.62) + (14238.67)\exp(-t/0.023436)$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=0: I_k(0) = 29548.24A$$

$$\text{Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για } t=T/2: I_k(T/2) = 23719.37A$$

Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:  $30619.15A \rightarrow$  **Επιλέγονται τα 36 kA.**

Τέλος, το μονογραμμικό διάγραμμα που δείχνει το κύριο δίκτυο του πλοίου αλλά και αυτό της έκτακτης ανάγκης βρίσκεται στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τα μονογραμμικά διαγράμματα των τριών υπό μελέτη πλοίων, σχεδιάστηκαν με τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Συμπεράσματα

#### 7.1 Συμπεράσματα

Κατά την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, που σκοπό είχε την κατά το δυνατόν πλήρη και αναλυτική ηλεκτρολογική μελέτη σε τρία διαφορετικού τύπου πλοία, έγινε μια προσπάθεια να επιτευχθούν τα παρακάτω:

- Σωστή διαστασιολόγηση των γεννητριών, μέσω του ηλεκτρικού ισολογισμού και του επεκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού αλλά και θεωρώντας ότι οι γεννήτριες θα πρέπει να λειτουργούν σε φόρτιση 85-90% όταν πρόκειται να καλύψουν το μέγιστο ηλεκτρικό φορτίο του πλοίου. Υπό τέτοια φόρτιση οι γεννήτριες παρουσιάζουν μέγιστο βαθμό απόδοσης, το οποίο αυτομάτως σημαίνει μείωση των ρύπων του περιβάλλοντος αλλά και λιγότερη ανάγκη συντήρησης της μηχανής.
- Ορθή διαστασιολόγηση των διατομών των καλωδίων (ελήφθη υπόψη ο συντελεστής διόρθωσης λόγω ομαδοποίησης αλλά και ο επεκτεταμένος ηλεκτρικός ισολογισμός) και των μέσων προστασίας από βραχυκυκλώματα και υπερφορτίσεις.

Υποδιαστασιολόγηση των στοιχείων στις δύο προηγούμενες παραγράφους θα μπορούσε να οδηγήσει το πλοίο σε μια κατάσταση επικίνδυνη (καταστροφή ηλεκτρικού εξοπλισμού, μη επαρκής ισχύς παροχής των ουσιωδών καταναλωτών) για την ασφάλειά του αλλά και των επιβαινόντων. Ενώ η υπερδιαστασιολόγηση είναι μεν από την ασφαλή πλευρά ωστόσο αυξάνει τους ρύπους στο περιβάλλον, τον όγκο του ηλεκτρικού εξοπλισμού στο πλοίο, το συνολικό βάρος του πλοίου αλλά και το κόστος της συνολικής εγκατάστασης.

- Αναλυτική περιγραφή με διευκρινιστικά σχόλια και επεξηγήσεις κατά την ηλεκτρολογική μελέτη καθώς, η εργασία αυτή απευθύνεται όχι μόνο σε ηλεκτρολόγους μηχανικούς αλλά και σε ναυπηγούς μηχανικούς που πολλές φορές βρίσκονται στη θέση να κατανοήσουν αλλά και να κάνουν μια τέτοια μελέτη χωρίς να είναι το ίδιο εξοικειωμένοι σε σχέση με τους ηλεκτρολόγους με ηλεκτρολογικούς ορισμούς και έννοιες.
- Αυτοματοποίηση της μελέτης μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Matlab για την ευκολότερη και γρηγορότερη υλοποίηση της μελέτης.
- Έγινε το πρώτο βήμα για τη δημιουργία μιας «βάσης δεδομένων» - «βιβλιοθήκης» που θα περιλαμβάνει αντιπροσωπευτικές ηλεκτρολογικές μελέτες για κάθε τύπου πλοίο.

#### 7.2 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, προέκυψαν τα παρακάτω θέματα τα οποία θα μπορούσαν να μελετηθούν σε μελλοντικές εργασίες:



- Με βάση τα σχέδια του πλοίου (σχέδιο γενικής διάταξης (general arrangement plan), κατόψεις κάθε καταστρώματος, σχέδια του μηχανοστασίου (engine room plan)) θα μπορούσαν να υπολογιστούν τα μήκη των καλωδίων όλων των καταναλωτών από τον κεντρικό πίνακα και να υπολογιστεί η πτώση τάσης στα καλώδια, η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά το 6% με βάση τον GL.
- Να υπολογιστεί η μηχανική αντοχή των ζυγών του δικτύου του πλοίου στο μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορεί να φτάσει στον καθέναν.
- Να γίνουν αντιπροσωπευτικές ηλεκτρολογικές μελέτες και για άλλους τύπους πλοίων ώστε να διερυνθεί η «βιβλιοθήκη» - « βάση δεδομένων».
- Να γίνει περισσότερη αυτοματοποίηση της μελέτης, μέσω προγραμμάτων, με καλύτερο περιβάλλον εργασίας (interface) και πιο φιλικά προς το χρήστη. Για παράδειγμα, το πρόγραμμα για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων θα μπορούσε να δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα διόρθωσης δεδομένων που μπορεί να εισάγει λάθος χωρίς να χρειάζεται επανεκκίνηση του προγράμματος. Όσον αφορά το πρόγραμμα επιλογής κατάλληλης διατομής καλωδίου, θα μπορούσε εξελιχθεί έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψη και τη μέθοδο εγκατάστασης των καλωδίων και τη διάταξη των ομαδοποιημένων καλωδίων σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60092-352 (3<sup>rd</sup> edition) αλλά και να δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέγει το υλικό μόνωσης των καλωδίων και βάση των παραπάνω να εμφανίζει τις κατάλληλες διατομές καλωδίων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α














**Πίνακας Α.1 – Ικανότητα μεταφοράς ρεύματος των καλωδίων για μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου τους 85°C [7]**

| Nominal cross-section       |                     | Current-carrying based on a maximum conductor operating temperature of |             |             |                        |             |             |
|-----------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
|                             |                     | 80 °C                                                                  |             |             | 85 °C                  |             |             |
|                             |                     | S 1<br>cont. operation                                                 | S 2- 30 min | S 2- 60 min | S 1<br>cont. operation | S 2- 30 min | S 2- 60 min |
| mm <sup>2</sup>             | AWG/MCM             | A<br>max.                                                              | A<br>max.   | A<br>max.   | A<br>max.              | A<br>max.   | A<br>max.   |
| <b>Single-core cables:</b>  |                     |                                                                        |             |             |                        |             |             |
| 1,0                         | 17                  | 15                                                                     | 16          | 16          | 16                     | 17          | 17          |
| 1,5                         | 15                  | 19                                                                     | 20          | 20          | 20                     | 21          | 21          |
| 2,5                         | 13                  | 26                                                                     | 28          | 28          | 28                     | 30          | 30          |
| 4                           | 11                  | 35                                                                     | 37          | 37          | 38                     | 40          | 40          |
| 6                           | 9                   | 45                                                                     | 48          | 43          | 48                     | 51          | 51          |
| 10                          | 7                   | 63                                                                     | 67          | 67          | 67                     | 71          | 71          |
| 16                          | 5                   | 84                                                                     | 89          | 89          | 90                     | 95          | 95          |
| 25                          | 3                   | 110                                                                    | 118         | 117         | 120                    | 128         | 127         |
| 35                          | 2                   | 140                                                                    | 151         | 148         | 145                    | 157         | 154         |
| 50                          | 0                   | 165                                                                    | 180         | 175         | 180                    | 196         | 191         |
| 70                          | 2/0                 | 215                                                                    | 239         | 228         | 225                    | 250         | 239         |
| 95                          | 4/0                 | 260                                                                    | 294         | 278         | 275                    | 311         | 294         |
| 120                         | 250                 | 300                                                                    | 348         | 321         | 320                    | 371         | 342         |
| 150                         | 300                 | 340                                                                    | 401         | 367         | 365                    | 431         | 394         |
| 185                         | 400                 | 390                                                                    | 476         | 425         | 415                    | 506         | 452         |
| 240                         | 500                 | 460                                                                    | 580         | 511         | 490                    | 617         | 544         |
| 300                         | 600                 | 530                                                                    | 694         | 599         | 560                    | 734         | 633         |
| <b>2-core cables:</b>       |                     |                                                                        |             |             |                        |             |             |
| 1,0                         | 17                  | 13                                                                     | 13          | 13          | 14                     | 14          | 14          |
| 1,5                         | 15                  | 16                                                                     | 17          | 17          | 17                     | 18          | 18          |
| 2,5                         | 13                  | 22                                                                     | 24          | 23          | 24                     | 26          | 25          |
| 4                           | 11                  | 30                                                                     | 32          | 32          | 32                     | 35          | 34          |
| 6                           | 9                   | 38                                                                     | 41          | 40          | 41                     | 45          | 43          |
| 10                          | 7                   | 53                                                                     | 59          | 56          | 57                     | 63          | 60          |
| 16                          | 5                   | 71                                                                     | 80          | 76          | 76                     | 86          | 81          |
| 25                          | 3                   | 93                                                                     | 111         | 100         | 102                    | 121         | 110         |
| <b>3- or 4-core cables:</b> |                     |                                                                        |             |             |                        |             |             |
| 1,0                         | 17                  | 10                                                                     | 11          | 11          | 11                     | 12          | 12          |
| 1,5                         | 15                  | 13                                                                     | 14          | 14          | 14                     | 15          | 15          |
| 2,5                         | 13                  | 18                                                                     | 19          | 19          | 20                     | 22          | 21          |
| 4                           | 11                  | 24                                                                     | 26          | 25          | 27                     | 29          | 29          |
| 6                           | 9                   | 31                                                                     | 34          | 33          | 34                     | 37          | 36          |
| 10                          | 7                   | 44                                                                     | 49          | 47          | 47                     | 53          | 50          |
| 16                          | 5                   | 59                                                                     | 67          | 63          | 63                     | 72          | 67          |
| 25                          | 3                   | 77                                                                     | 92          | 84          | 84                     | 101         | 92          |
| 35                          | 2                   | 98                                                                     | 122         | 108         | 101                    | 125         | 111         |
| 50                          | 0                   | 115                                                                    | 150         | 129         | 126                    | 164         | 141         |
| 70                          | 2/0                 | 150                                                                    | 206         | 173         | 157                    | 215         | 181         |
| 95                          | 4/0                 | 182                                                                    | 262         | 217         | 192                    | 276         | 228         |
| 120                         | 250                 | 210                                                                    | 315         | 256         | 224                    | 336         | 273         |
| <b>Multi-core cables:</b>   |                     |                                                                        |             |             |                        |             |             |
| 5 × 1,5                     | 5 × 15              | 11                                                                     |             |             | 12                     |             |             |
| 7 × 1,5                     | 7 × 15              | 11                                                                     |             |             | 10                     |             |             |
| 10 × 1,5                    | 10 × 15             | 9                                                                      |             |             | 9                      |             |             |
| 12 × 1,5                    | 12 × 15             | 8                                                                      |             |             | 9                      |             |             |
| 14 × 1,5                    | 14 × 15             | 8                                                                      |             |             | 8                      |             |             |
| 16 × 1,5                    | 16 × 15             | 7                                                                      |             |             | 8                      |             |             |
| 19 × 1,5                    | 19 × 15             | 7                                                                      |             |             | 7                      |             |             |
| 24 × 1,5                    | 24 × 15             | 7                                                                      |             |             | 7                      |             |             |
| AWG:                        | American Wire Gauge |                                                                        |             |             |                        |             |             |
| MCM:                        | Mille Circular Mil  |                                                                        |             |             |                        |             |             |

**Πίνακας Α.2 – Συντελεστές διόρθωσης για την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος των διατομών των καλωδίων [5]**

| Maximum rated conductor temperature °C | Correction factors for ambient air temperature of |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                        | 35 °C                                             | 40 °C | 45 °C | 50 °C | 55 °C | 60 °C | 65 °C | 70 °C | 75 °C | 80 °C | 85 °C |
| 60                                     | 1,29                                              | 1,15  | 1,00  | 0,82  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 65                                     | 1,22                                              | 1,12  | 1,00  | 0,87  | 0,71  | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 70                                     | 1,18                                              | 1,10  | 1,00  | 0,89  | 0,77  | 0,63  | -     | -     | -     | -     | -     |
| 75                                     | 1,15                                              | 1,08  | 1,00  | 0,91  | 0,82  | 0,71  | 0,58  | -     | -     | -     | -     |
| 80                                     | 1,13                                              | 1,07  | 1,00  | 0,93  | 0,85  | 0,76  | 0,65  | 0,53  | -     | -     | -     |
| 85                                     | 1,12                                              | 1,06  | 1,00  | 0,94  | 0,87  | 0,79  | 0,71  | 0,61  | 0,50  | -     | -     |
| 90                                     | 1,10                                              | 1,05  | 1,00  | 0,94  | 0,88  | 0,82  | 0,74  | 0,67  | 0,58  | 0,47  | -     |
| 95                                     | 1,10                                              | 1,05  | 1,00  | 0,95  | 0,89  | 0,84  | 0,77  | 0,71  | 0,63  | 0,55  | 0,45  |

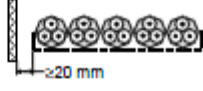
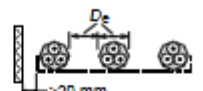
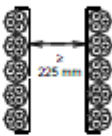
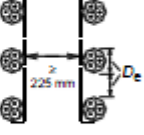
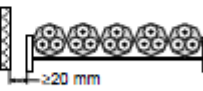
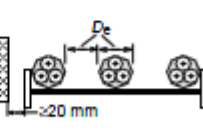
**Πίνακας Α.3 – Ικανότητα μεταφοράς ρεύματος σε Αμπέρ- Θερμοκρασία χάλκινων καλωδίων: 85° C και θερμοκρασία περιβάλλοντος: 45° C [5]**

| Nominal cross-sectional area of conductor mm <sup>2</sup> | Installation Method                                                               |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | Method B1<br>Insulated conductors or single core cables in conduit on a bulkhead  |                                                                                   | Method B2<br>Multi-core cable in conduit on a bulkhead                            |                                                                                   | Method C<br>Multi-core cables on a bulkhead                                         |                                                                                     | Method E<br>Multi-core cables in free air                                           |                                                                                     | Method F<br>Single core cables, touching in free air                                |                                                                                     |                                                                                     | Method G<br>Single core cables, spaced in free air                                  |                                                                                     |
|                                                           | Two conductors                                                                    | Three conductors                                                                  | Two conductors                                                                    | Three conductors                                                                  | Two conductors                                                                      | Three conductors                                                                    | Two conductors                                                                      | Three conductors                                                                    | Two conductors                                                                      | Three conductors trefoil                                                            | Three conductors                                                                    | Horizontal                                                                          | Vertical                                                                            |
|                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1,5                                                       | 10,5                                                                              | 9,5                                                                               | 10                                                                                | 9                                                                                 | 12                                                                                  | 10,5                                                                                | 13,5                                                                                | 11,5                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 2,5                                                       | 14,5                                                                              | 13                                                                                | 14                                                                                | 12                                                                                | 16,5                                                                                | 14,5                                                                                | 18,5                                                                                | 15,5                                                                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 4                                                         | 19,5                                                                              | 17                                                                                | 18,5                                                                              | 16,5                                                                              | 22                                                                                  | 19,5                                                                                | 25                                                                                  | 21                                                                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 6                                                         | 25                                                                                | 22                                                                                | 23                                                                                | 21                                                                                | 28                                                                                  | 25                                                                                  | 31                                                                                  | 26                                                                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 10                                                        | 35                                                                                | 31                                                                                | 32                                                                                | 28                                                                                | 38                                                                                  | 35                                                                                  | 43                                                                                  | 37                                                                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 16                                                        | 46                                                                                | 41                                                                                | 42                                                                                | 38                                                                                | 52                                                                                  | 46                                                                                  | 57                                                                                  | 49                                                                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 25                                                        | 62                                                                                | 54                                                                                | 55                                                                                | 49                                                                                | 68                                                                                  | 59                                                                                  | 73                                                                                  | 62                                                                                  | 80                                                                                  | 67                                                                                  | 70                                                                                  | 89                                                                                  | 79                                                                                  |
| 35                                                        | 76                                                                                | 67                                                                                | 68                                                                                | 60                                                                                | 84                                                                                  | 73                                                                                  | 90                                                                                  | 77                                                                                  | 99                                                                                  | 84                                                                                  | 87                                                                                  | 110                                                                                 | 99                                                                                  |
| 50                                                        | 92                                                                                | 82                                                                                | 81                                                                                | 72                                                                                | 102                                                                                 | 88                                                                                  | 110                                                                                 | 93                                                                                  | 120                                                                                 | 102                                                                                 | 106                                                                                 | 134                                                                                 | 120                                                                                 |
| 70                                                        | 117                                                                               | 104                                                                               | 102                                                                               | 91                                                                                | 130                                                                                 | 112                                                                                 | 142                                                                                 | 120                                                                                 | 153                                                                                 | 132                                                                                 | 137                                                                                 | 171                                                                                 | 155                                                                                 |
| 95                                                        | 142                                                                               | 126                                                                               | 123                                                                               | 109                                                                               | 157                                                                                 | 136                                                                                 | 172                                                                                 | 145                                                                                 | 185                                                                                 | 161                                                                                 | 168                                                                                 | 208                                                                                 | 190                                                                                 |
| 120                                                       | 164                                                                               | 146                                                                               | 142                                                                               | 126                                                                               | 182                                                                                 | 158                                                                                 | 200                                                                                 | 168                                                                                 | 215                                                                                 | 188                                                                                 | 196                                                                                 | 242                                                                                 | 221                                                                                 |
| 150                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | 210                                                                                 | 182                                                                                 | 231                                                                                 | 195                                                                                 | 248                                                                                 | 217                                                                                 | 227                                                                                 | 278                                                                                 | 256                                                                                 |
| 185                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | 239                                                                                 | 208                                                                                 | 265                                                                                 | 222                                                                                 | 282                                                                                 | 249                                                                                 | 260                                                                                 | 318                                                                                 | 293                                                                                 |
| 240                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | 281                                                                                 | 246                                                                                 | 314                                                                                 | 262                                                                                 | 333                                                                                 | 296                                                                                 | 309                                                                                 | 375                                                                                 | 347                                                                                 |
| 300                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | 323                                                                                 | 283                                                                                 | 362                                                                                 | 303                                                                                 | 384                                                                                 | 342                                                                                 | 358                                                                                 | 432                                                                                 | 402                                                                                 |
| 400                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | 460                                                                                 | 400                                                                                 | 420                                                                                 | 520                                                                                 | 485                                                                                 |
| 500                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | 529                                                                                 | 457                                                                                 | 481                                                                                 | 599                                                                                 | 561                                                                                 |
| 630                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | 613                                                                                 | 522                                                                                 | 552                                                                                 | 694                                                                                 | 653                                                                                 |

**Πίνακας Α.4 – Συντελεστές διόρθωσης για ομάδες με πάνω από ένα κύκλωμα ή πάνω από ένα πολυπολικό καλώδιο [5]**

| Item                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Arrangement<br>(cables touching)                          | Number of circuits or multi-core cables |      |      |      |      |      |      |      |      |                                                                             |      | To be used with<br>current-carrying<br>capacities,<br>reference |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                           | 1                                       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 12                                                                          | 16   |                                                                 | 20                  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Bunched in air, on a surface, embedded or enclosed        | 1,00                                    | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,45                                                                        | 0,41 | 0,38                                                            | Methods B,C,E and F |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Single layer on bulkhead, deck or unperforated tray       | 1,00                                    | 0,85 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | No further reduction factor for more than nine circuits or multicore cables |      | Method C                                                        |                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Single layer fixed directly under a non metallic deckhead | 0,95                                    | 0,81 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 |                                                                             |      |                                                                 |                     |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Single layer on a perforated horizontal or vertical tray  | 1,00                                    | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 |                                                                             |      |                                                                 | Methods E and F     |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Single layer on ladder support or cleats etc.,            | 1,00                                    | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 |                                                                             |      |                                                                 |                     |
| <p>NOTE 1 These factors are applicable to uniform groups of cables, equally loaded.</p> <p>NOTE 2 Where horizontal clearances between adjacent cables exceeds twice their overall diameter, no reduction factor need be applied.</p> <p>NOTE 3 The same factors are applied to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– groups of two or three single-core cables;</li> <li>– multi-core cables.</li> </ul> <p>NOTE 4 If a system consists of both two- and three-core cables, the total number of cables is taken as the number of circuits, and the corresponding factor is applied to the tables for two loaded conductors for the two-core cables, and to the tables for three loaded conductors for the three-core cables.</p> <p>NOTE 5 If a group consists of <math>n</math> single-core cables it may either be considered as <math>n/2</math> circuits of two loaded conductors or <math>n/3</math> circuits of three loaded conductors.</p> <p>NOTE 6 The values given have been averaged over the range of conductor sizes and types of installation included in Tables A.1 to A.5 the overall accuracy of tabulated values is within 5 %.</p> <p>NOTE 7 For some installations and for other methods not provided for in the above table, it may be appropriate to use factors calculated for specific cases, see for example tables A.7 and A.8.</p> |                                                           |                                         |      |      |      |      |      |      |      |      |                                                                             |      |                                                                 |                     |

**Πίνακας Α.5 – Συντελεστές διόρθωσης για ομάδες με πάνω από ένα πολυπολικό Καλώδιο, που εφαρμόζονται σε πολυπολικά καλώδια στον αέρα - Μέθοδος εγκατάστασης E [5]**

| Method of Installation                    |                                                                                                 |   | Number of trays | Number of cables per tray or ladder |      |      |      |      |   |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------|-------------------------------------|------|------|------|------|---|
|                                           |                                                                                                 |   |                 | 1                                   | 2    | 3    | 4    | 6    | 9 |
| Perforated trays<br>(Note 3)              | Touching<br>   | 1 | 1,00            | 0,88                                | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 |   |
|                                           |                                                                                                 | 2 | 1,00            | 0,87                                | 0,80 | 0,77 | 0,73 | 0,68 |   |
|                                           |                                                                                                 | 3 | 1,00            | 0,86                                | 0,79 | 0,76 | 0,71 | 0,66 |   |
|                                           | Spaced<br>     | 1 | 1,00            | 1,00                                | 0,98 | 0,95 | 0,91 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 2 | 1,00            | 0,99                                | 0,96 | 0,92 | 0,87 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 3 | 1,00            | 0,98                                | 0,95 | 0,91 | 0,85 | –    |   |
| Vertical perforated trays<br>(Note 4)     | Touching<br>   | 1 | 1,00            | 0,88                                | 0,82 | 0,78 | 0,73 | 0,72 |   |
|                                           |                                                                                                 | 2 | 1,00            | 0,88                                | 0,81 | 0,76 | 0,71 | 0,70 |   |
|                                           | Spaced<br>    | 1 | 1,00            | 0,91                                | 0,89 | 0,88 | 0,87 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 2 | 1,00            | 0,91                                | 0,88 | 0,87 | 0,85 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 3 | 1,00            | 0,91                                | 0,88 | 0,87 | 0,85 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 4 | 1,00            | 0,91                                | 0,88 | 0,87 | 0,85 | –    |   |
| Ladder supports, cleats, etc.<br>(Note 3) | Touching<br> | 1 | 1,00            | 0,87                                | 0,82 | 0,80 | 0,79 | 0,78 |   |
|                                           |                                                                                                 | 2 | 1,00            | 0,86                                | 0,80 | 0,78 | 0,76 | 0,73 |   |
|                                           |                                                                                                 | 3 | 1,00            | 0,85                                | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,70 |   |
|                                           | Spaced<br>   | 1 | 1,00            | 1,00                                | 1,00 | 1,00 | 1,00 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 2 | 1,00            | 0,99                                | 0,98 | 0,97 | 0,96 | –    |   |
|                                           |                                                                                                 | 3 | 1,00            | 0,98                                | 0,97 | 0,96 | 0,93 | –    |   |

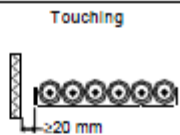
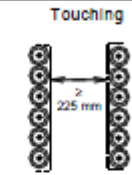
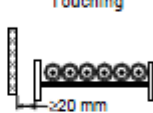
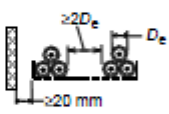
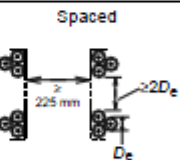
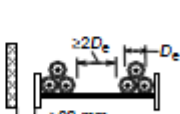
NOTE 1 Values given are averages for the cable types and range of conductor sizes considered in tables A.1 to A.5. The spread of values is generally less than 5 %.

NOTE 2 Factors apply to single layer groups of cables as shown above and do not apply when cables are installed in more than one layer touching each other. Values for such installations may be significantly lower and must be determined by an appropriate method.

NOTE 3 Values are given for vertical spacings between trays of 300 mm and at least 20 mm between trays and wall. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 4 Values are given for horizontal spacing between trays of 225 mm with trays mounted back to back. For closer spacing the factors should be reduced.

**Πίνακας Α.6 – Συντελεστές διόρθωσης για ομάδες με πάνω από ένα κύκλωμα μονοπολικών καλωδίων, που εφαρμόζονται σε ένα κύκλωμα μονοπολικών καλωδίων στον αέρα - Μέθοδος εγκατάστασης F [5]**

| Method of Installation                    |                                                                                     | Number of trays | Number of three-phase circuits per tray or ladder (note 5) |      |      | Use as a multiplier to rating for    |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|------|------|--------------------------------------|
|                                           |                                                                                     |                 | 1                                                          | 2    | 3    |                                      |
| Perforated trays<br>(Note 3)              |    | 1               | 0,98                                                       | 0,91 | 0,87 | Three cables in horizontal formation |
|                                           |                                                                                     | 2               | 0,96                                                       | 0,87 | 0,81 |                                      |
|                                           |                                                                                     | 3               | 0,95                                                       | 0,85 | 0,78 |                                      |
| Vertical perforated trays<br>(Note 4)     |    | 1               | 0,96                                                       | 0,86 | –    | Three cables in vertical formation   |
|                                           |                                                                                     | 2               | 0,95                                                       | 0,84 | –    |                                      |
| Ladder supports, cleats, etc.<br>(Note 3) |    | 1               | 1,00                                                       | 0,97 | 0,96 | Three cables in horizontal formation |
|                                           |                                                                                     | 2               | 0,98                                                       | 0,93 | 0,89 |                                      |
|                                           |                                                                                     | 3               | 0,97                                                       | 0,90 | 0,86 |                                      |
| Perforated trays<br>(Note 3)              |   | 1               | 1,00                                                       | 0,98 | 0,96 | Three cables in trefoil formation    |
|                                           |                                                                                     | 2               | 0,97                                                       | 0,93 | 0,89 |                                      |
|                                           |                                                                                     | 3               | 0,96                                                       | 0,92 | 0,86 |                                      |
| Vertical perforated trays<br>(Note 4)     |  | 1               | 1,00                                                       | 0,91 | 0,89 |                                      |
|                                           |                                                                                     | 2               | 1,00                                                       | 0,90 | 0,86 |                                      |
| Ladder supports, cleats, etc.<br>(Note 3) |  | 1               | 1,00                                                       | 1,00 | 1,00 |                                      |
|                                           |                                                                                     | 2               | 0,97                                                       | 0,95 | 0,93 |                                      |
|                                           |                                                                                     | 3               | 0,96                                                       | 0,94 | 0,90 |                                      |

NOTE 1 Values given are averages for the cable types and range of conductor sizes considered in table A.1 to A.5. The spread of values is generally less than 5 %.

NOTE 2 Factors are given for single layers of cables (or trefoil groups) as shown in the table and do not apply when cables are installed in more than one layer touching each other. Values for such installations may be significantly lower and must be determined by an appropriate method.

NOTE 3 Values are given for vertical spacings between trays of 300 mm. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 4 Values are given for horizontal spacing between trays of 225 mm with trays mounted back to back and at least 20 mm between the tray and any wall. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 5 For circuits having more than one cable in parallel per phase, each three phase set of conductors should be considered as a circuit for the purpose of this table.

**Πίνακας Α.7 – Ειδικές ηλεκτρικές αντιστάσεις και θερμοκρασιακές σταθερές [8]**

| Material                                                                                                                | Resistivity ( $\rho$ )<br>ohm · m at 20 °C | Temperature<br>coefficient ( $\alpha_{20}$ )<br>per K at 20 °C |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| a) <i>Conductors</i>                                                                                                    |                                            |                                                                |
| Copper                                                                                                                  | 1,7241 $10^{-8}$                           | 3,93 $10^{-3}$                                                 |
| Aluminium                                                                                                               | 2,8264 $10^{-8}$                           | 4,03 $10^{-3}$                                                 |
| b) <i>Sheaths and armour</i>                                                                                            |                                            |                                                                |
| Lead or lead alloy                                                                                                      | 21,4 $10^{-8}$                             | 4,0 $10^{-3}$                                                  |
| Steel                                                                                                                   | 13,8 $10^{-8}$                             | 4,5 $10^{-3}$                                                  |
| Bronze                                                                                                                  | 3,5 $10^{-8}$                              | 3,0 $10^{-3}$                                                  |
| Stainless steel                                                                                                         | 70 $10^{-8}$                               | Negligible                                                     |
| Aluminium                                                                                                               | 2,84 $10^{-8}$                             | 4,03 $10^{-3}$                                                 |
| NOTE Values for copper conductors are taken from IEC 60028.<br>Value for aluminium conductors are taken from IEC 60889. |                                            |                                                                |



**Πίνακας Α.8 – Μέγιστη αντίσταση αγωγού στους 20 °C / Κλάση 2 :**  
*πολύκλωνοι αγωγοί για μονοπολικά και πολυπολικά καλώδια [7]*

| 1                                               | 2                                        | 3  | 4                  | 5  | 6      | 7  | 8                                       | 9                          | 10                                                  |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------|----|--------------------|----|--------|----|-----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| Nominal cross-sectional area<br>mm <sup>2</sup> | Minimum number of wires in the conductor |    |                    |    |        |    | Maximum resistance of conductor at 20°C |                            |                                                     |
|                                                 | Circular                                 |    | Circular compacted |    | Shaped |    | Annealed copper conductor               |                            | Aluminium or aluminium alloy conductor <sup>c</sup> |
|                                                 | Cu                                       | Al | Cu                 | Al | Cu     | Al | Plain wires<br>Ω/km                     | Metal-coated wires<br>Ω/km |                                                     |
| 0,5                                             | 7                                        | -  | -                  | -  | -      | -  | 36,0                                    | 36,7                       | -                                                   |
| 0,75                                            | 7                                        | -  | -                  | -  | -      | -  | 24,5                                    | 24,8                       | -                                                   |
| 1,0                                             | 7                                        | -  | -                  | -  | -      | -  | 18,1                                    | 18,2                       | -                                                   |
| 1,5                                             | 7                                        | -  | 6                  | -  | -      | -  | 12,1                                    | 12,2                       | -                                                   |
| 2,5                                             | 7                                        | -  | 6                  | -  | -      | -  | 7,41                                    | 7,56                       | -                                                   |
| 4                                               | 7                                        | -  | 6                  | -  | -      | -  | 4,61                                    | 4,70                       | -                                                   |
| 6                                               | 7                                        | -  | 6                  | -  | -      | -  | 3,08                                    | 3,11                       | -                                                   |
| 10                                              | 7                                        | 7  | 6                  | 6  | -      | -  | 1,83                                    | 1,84                       | 3,08                                                |
| 16                                              | 7                                        | 7  | 6                  | 6  | -      | -  | 1,15                                    | 1,16                       | 1,91                                                |
| 25                                              | 7                                        | 7  | 6                  | 6  | 6      | 6  | 0,727                                   | 0,734                      | 1,20                                                |
| 35                                              | 7                                        | 7  | 6                  | 6  | 6      | 6  | 0,524                                   | 0,529                      | 0,868                                               |
| 50                                              | 19                                       | 19 | 6                  | 6  | 6      | 6  | 0,387                                   | 0,391                      | 0,641                                               |
| 70                                              | 19                                       | 19 | 12                 | 12 | 12     | 12 | 0,268                                   | 0,270                      | 0,443                                               |
| 95                                              | 19                                       | 19 | 15                 | 15 | 15     | 15 | 0,193                                   | 0,195                      | 0,320                                               |
| 120                                             | 37                                       | 37 | 18                 | 15 | 18     | 15 | 0,153                                   | 0,154                      | 0,253                                               |
| 150                                             | 37                                       | 37 | 18                 | 15 | 18     | 15 | 0,124                                   | 0,126                      | 0,206                                               |
| 185                                             | 37                                       | 37 | 30                 | 30 | 30     | 30 | 0,0991                                  | 0,100                      | 0,164                                               |
| 240                                             | 37                                       | 37 | 34                 | 30 | 34     | 30 | 0,0754                                  | 0,0762                     | 0,125                                               |
| 300                                             | 61                                       | 61 | 34                 | 30 | 34     | 30 | 0,0601                                  | 0,0607                     | 0,100                                               |
| 400                                             | 61                                       | 61 | 53                 | 53 | 53     | 53 | 0,0470                                  | 0,0475                     | 0,0778                                              |
| 500                                             | 61                                       | 61 | 53                 | 53 | 53     | 53 | 0,0366                                  | 0,0369                     | 0,0605                                              |
| 630                                             | 91                                       | 91 | 53                 | 53 | 53     | 53 | 0,0283                                  | 0,0286                     | 0,0469                                              |
| 800                                             | 91                                       | 91 | 53                 | 53 | -      | -  | 0,0221                                  | 0,0224                     | 0,0367                                              |
| 1 000                                           | 91                                       | 91 | 53                 | 53 | -      | -  | 0,0176                                  | 0,0177                     | 0,0291                                              |
| 1 200                                           |                                          |    |                    | b  |        |    | 0,0151                                  | 0,0151                     | 0,0247                                              |
| 1 400 *                                         |                                          |    |                    | b  |        |    | 0,0129                                  | 0,0129                     | 0,0212                                              |
| 1 600                                           |                                          |    |                    | b  |        |    | 0,0113                                  | 0,0113                     | 0,0186                                              |
| 1 800 *                                         |                                          |    |                    | b  |        |    | 0,0101                                  | 0,0101                     | 0,0165                                              |
| 2 000                                           |                                          |    |                    | b  |        |    | 0,0090                                  | 0,0090                     | 0,0149                                              |
| 2 500                                           |                                          |    |                    | b  |        |    | 0,0072                                  | 0,0072                     | 0,0127                                              |

\* These sizes are non-preferred. Other non-preferred sizes are recognized for some specialized applications but are not within the scope of this standard.

<sup>b</sup> The minimum number of wires for these sizes is not specified. These sizes may be constructed from 4, 5 or 6 equal segments (Milliken).

<sup>c</sup> For stranded aluminium alloy conductors having the same nominal cross-sectional area as an aluminium conductor the resistance value should be agreed between the manufacturer and the purchaser.

Πίνακας Α.9 – Επιδερμικό φαινόμενο και φαινόμενο γειτνίασης – Πειραματικές τιμές για τις σταθερές  $k_s$  και  $k_p$  [8]

| Type of conductor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Whether dried and impregnated or not | $k_s$ | $k_p$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|
| <i>Copper</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                      |       |       |
| Round, stranded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Yes                                  | 1     | 0,8   |
| Round, stranded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | No                                   | 1     | 1     |
| Round, segmental <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                      | 0,435 | 0,37  |
| Hollow, helical stranded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Yes                                  | b     | 0,8   |
| Sector-shaped                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Yes                                  | 1     | 0,8   |
| Sector-shaped                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | No                                   | 1     | 1     |
| <i>Aluminium</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |       |       |
| Round, stranded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Either                               | 1     | d     |
| Round, 4 segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Either                               | 0,28  |       |
| Round, 5 segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Either                               | 0,19  |       |
| Round, 6 segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Either                               | 0,12  |       |
| Segmental with peripheral strands                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Either                               | c     |       |
| <p><sup>a</sup> The values given apply to conductors having four segments (with or without central duct) and sectional areas less than 1 600 mm<sup>2</sup>. These values apply to conductors in which all the layers of wire have the same direction of lay. The values are provisional and the subject is under consideration.</p> <p><sup>b</sup> The following formula should be used for <math>k_s</math>:</p> $k_s = \left( \frac{d_c' - d_i}{d_c' + d_i} \right) \left( \frac{d_c' + 2d_i}{d_c' + d_i} \right)^2$ <p>where</p> <p><math>d_i</math> is the inside diameter of the conductor (central duct) (mm);</p> <p><math>d_c'</math> is the outside diameter of the equivalent solid conductor having the same central duct (mm).</p> <p><sup>c</sup> The following formula should be used to calculate <math>k_s</math> for cables having a conductor which consists of a central segmental portion surrounded by one or more layers of strands.</p> $k_s = \left\{ 12c \left[ \alpha c - 0,5 \right]^2 + (\alpha c - 0,5) \psi - \alpha \right\} c + 0,33 \psi - \alpha \left\{ c^2 \right\} + b \left\{ 3 - 6b + 4b^2 \right\}^{0,5}$ <p>where</p> <p><math>b</math> is the ratio of the total cross-sectional area of the peripheral strands to the total cross-sectional area of the complete conductor;</p> <p><math>c</math> is the ratio of the total cross-sectional area of the segmental conductor to the total cross-sectional area of the complete conductor, <math>c = (1-b)</math>.</p> $\alpha = \frac{1}{(1 + \sin \pi / n)^2}$ $\psi = \frac{2\pi / n + 2/3}{2(1 + \pi / n)}$ <p>where</p> <p><math>n</math> is the number of segments.</p> <p>This formula is applicable to aluminium conductors up to 1 600 mm<sup>2</sup>.<br/>If the total cross-sectional area of the peripheral strands exceeds 30 % of the total cross-sectional area of the conductor, then <math>k_s</math> may be regarded as unity.</p> <p><sup>d</sup> Although there are no accepted experimental results dealing specifically with the coefficient <math>k_p</math> for aluminium conductors, it is recommended that, for stranded aluminium conductors, the values given for similar copper conductors are used.</p> |                                      |       |       |

**Πίνακας Α.10 – Τιμές επαγωγικών αντιδράσεων των καλωδίων σύμφωνα με την Mitsubishi Electric Company [9]**

| Cable size (mm <sup>2</sup> ) | Resistance (mΩ/m) | Reactance(mW/m)    |                              |                            |                    |                              |                            |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
|                               |                   | 50Hz               |                              |                            | 60Hz               |                              |                            |
|                               |                   | 2-or 3-core cables | 1-core cables (close-spaced) | 1-core cables (6cm-spaced) | 2-or 3-core cables | 1-core cables (close-spaced) | 1-core cables (6cm-spaced) |
| 1.5                           | 12.10             | 0.1076             | 0.1576                       | 0.2963                     | 0.1292             | 0.1891                       | 0.3555                     |
| 2.5                           | 7.41              | 0.1032             | 0.1496                       | 0.2803                     | 0.1238             | 0.1796                       | 0.3363                     |
| 4.0                           | 4.61              | 0.0992             | 0.1390                       | 0.2656                     | 0.1191             | 0.1668                       | 0.3187                     |
| 6.0                           | 3.08              | 0.0935             | 0.1299                       | 0.2527                     | 0.1122             | 0.1559                       | 0.3033                     |
| 10.0                          | 1.83              | 0.0873             | 0.1211                       | 0.2369                     | 0.1048             | 0.1453                       | 0.2843                     |
| 16.0                          | 1.15              | 0.0799             | 0.1043                       | 0.2138                     | 0.0959             | 0.1251                       | 0.2565                     |
| 25.0                          | 0.727             | 0.0793             | 0.1014                       | 0.2000                     | 0.0952             | 0.1217                       | 0.2400                     |
| 35.0                          | 0.524             | 0.0762             | 0.0964                       | 0.1879                     | 0.0915             | 0.1157                       | 0.2254                     |
| 50.0                          | 0.387             | 0.0760             | 0.0924                       | 0.1774                     | 0.0912             | 0.1109                       | 0.2129                     |
| 70.0                          | 0.268             | 0.0737             | 0.0893                       | 0.1669                     | 0.0884             | 0.1072                       | 0.2001                     |
| 95.0                          | 0.193             | 0.0735             | 0.0867                       | 0.1573                     | 0.0882             | 0.1040                       | 0.1888                     |
| 120.0                         | 0.153             | 0.0720             | 0.0838                       | 0.1498                     | 0.0864             | 0.1006                       | 0.1798                     |
| 150.0                         | 0.124             | 0.0721             | 0.0797                       | 0.1427                     | 0.0865             | 0.0956                       | 0.1712                     |
| 185.0                         | 0.0991            | 0.0720             | 0.0806                       | 0.1356                     | 0.0864             | 0.0967                       | 0.1627                     |
| 240.0                         | 0.0754            | 0.0716             | 0.0818                       | 0.1275                     | 0.0859             | 0.0982                       | 0.1530                     |
| 300.0                         | 0.0601            | 0.0712             | 0.0790                       | 0.1195                     | 0.0854             | 0.0948                       | 0.1434                     |
| 400.0                         | 0.0470            | –                  | 0.0777                       | 0.1116                     | –                  | 0.0932                       | 0.1339                     |
| 500.0                         | 0.0366            | –                  | 0.0702                       | 0.1043                     | –                  | 0.0843                       | 0.1252                     |
| 630.0                         | 0.0283            | –                  | 0.0691                       | 0.0964                     | –                  | 0.0829                       | 0.1157                     |

- Notes: 1. Resistance values per IEC 60228  
2. Reactance per the equation:  $L(\text{mH/km}) = 0.05 + 0.4605 \log_{10} D/r$  (D=core separation, r=conductor radius)  
3. Close-spaced reactance values are used.

**Πίνακας Α.11** – Προτεινόμενοι συντελεστές λειτουργίας για την εκτίμηση του ηλεκτρικού φορτίου [10]

| Περιγραφή                                       | Μέγιστη τιμή | Κανονικής πορείας | Χειρισμών | Όρμου | Παρατηρήσεις |
|-------------------------------------------------|--------------|-------------------|-----------|-------|--------------|
| <b>Βοηθητικά Προώσεως</b>                       |              |                   |           |       |              |
| 1. Κυρία αντλία κυκλοφορίας                     | 0,90         | 0,85              | 0,85      | 0,0   |              |
| 2. Βοηθητική αντλία κυκλοφορίας                 | 0,90         | 0,0               | 0,70      | 0,70  |              |
| 3. Κυρία αντλία συμπυκνώματος                   | 0,75         | 0,40              | 0,40      | 0,0   |              |
| 4. Βοηθητική αντλία συμπυκνώματος               | 0,75         | 0,0               | 0,0       | 0,75  |              |
| 5. Κυρία τροφοδοτική αντλία                     | 0,80 (a)     |                   |           |       |              |
| 6. Τροφοδοτική αντλία ανάγκης                   | 0,0 (c)      |                   |           |       |              |
| 7. Τροφοδοτική αντλία όρμου                     | 0,0 (c)      |                   |           |       |              |
| 8. Αντλία συμπυκνωμάτων προθερμαντήρων Χ.Π.     | 0,65         | 0,65              | 0,65      | 0,0   |              |
| 9. Αντλία μεταγίσεως συμπυκνώματος Ψυγείου      | 0,60         | 0,60              | 0,60      | 0,60  |              |
| 10. Αντλία λαδιού λιπάνσεως                     | 0,90         | 0,85              | 0,85      | 0,0   |              |
| 11. Αντλία μεταγίσεως λαδιού                    | 0,0 (c)      |                   |           |       |              |
| 12. Αντλία κυκλοφορίας ψυγείου λαδιού λιπάνσεως | 0,90         | 0,90              | 0,90      | 0,0   |              |
| 13. Αντλία τροφοδοτήσεως καυσίμου               | 0,85         | 0,80              | 0,80      | 0,0   |              |
| 14. Αντλία μεταγίσεως βαρέος καυσίμου           | 0,10         | 0,10              | 0,0       | 0,0   |              |
| 15. Υπερηχητική αντλία θάλασσας                 | 0,80         |                   |           |       |              |
| 16. Τροφοδοτική αντλία αποστακτήρα ακαθάρτων    | 0,65         |                   |           |       |              |
| 17. Αντλία κυκλοφορίας ατμοσφαιρικού ψυγείου    | 0,0 (c)      |                   |           |       |              |
| 18. Ανεμιστήρας προσαγωγής λεβητα               | (b)          |                   |           |       | 0,5 0,5 0,2  |
| 19. Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού                 | 0,40         | 0,20              | 0,20      | 0,20  |              |
| 20. Καθαριστής λαδιού λιπάνσεως                 | 0,35         | 0,35              | 0,35      | 0,0   |              |
| 21. Προθερμαντήρας λαδιού λιπάνσεως             | 0,10         | 0,0               | 0,0       | 0,10  |              |
| 22. Μηχανισμός πηδαλίου                         | 0,20         | 0,10              | 0,20      | 0,0   |              |
| 23. Ανεμιστήρες προσαγωγής μηχανοστασίου        | 0,85         | 0,85              | 0,85      | 0,20  |              |
| 24. Ανεμιστήρες εξαγωγής μηχανοστασίου          | 0,85         | 0,85              | 0,85      | 0,85  |              |

|                                               |         |      |      |      |                                 |
|-----------------------------------------------|---------|------|------|------|---------------------------------|
| 25. Ανεμιστήρας αναρροφήσεως λαβυρίνθων       | 0,90    | 0,90 | 0,90 | 0,90 |                                 |
| 26. Τύμπανο προθερμαντ. αέρα                  | 0,90    | 0,90 | 0,90 | 0,0  |                                 |
| 27. Φωτισμός μηχανοστασίου                    | 0,90    | 0,90 | 0,90 | 0,90 |                                 |
| 28. Αντλία κενού                              | 0,80    | 0,80 | 0,80 | 0,0  |                                 |
| 29. Κύριος αεροσυμπιεστής                     | 0,85    | 0,10 | 0,85 | 0,10 | 0,30 εάν η Κ.Μ. είναι ατμ/βίλος |
| 30. Αντλία κυκλοφορίας νερού ψύξεως κυλίνδρων | 0,85    | 0,85 | 0,85 | 0,0  |                                 |
| 31. Αντλία κυκλοφορίας νερού ψύξεως εμβόλων   | 0,85    | 0,85 | 0,85 | 0,0  |                                 |
| 32. Αντλία νερού ψύξεως καυστήρων             | 0,85    | 0,85 | 0,85 | 0,0  |                                 |
| 33. Αντλία μεταγγίσεως ελαφρού πετρελαίου     | 0,0 (c) |      |      |      |                                 |
| 34. Καθαριστής βαρέως πετρελαίου              | 0,70    | 0,70 | 0,0  | 0,0  |                                 |
| 35. Καθαριστής ελαφρού τρελαίου               | 0,0 (c) |      |      |      |                                 |
| 36. Βοηθητικός ανεμιστήρας Κυρίας Μηχανής     | 0,85    | 0,0  | 0,85 | 0,0  |                                 |
| 37. Μηχανισμός περιστροφής άξονα              | 0,80    | 0,0  | 0,0  | 0,80 |                                 |
| 38. Σύστημα καύσεως συνδυασμένου λέβητα       | 0,80    | 0,50 | 0,80 | 0,80 |                                 |
| 39. Αντλία λαδιού λιπάνσεως μειωτήρα          | 0,90    | 0,90 | 0,90 | 0,0  |                                 |
| <b>Βοηθητικά χώρων διαμονής</b>               |         |      |      |      |                                 |
| 1. Φωτισμός διαμερισμάτων                     | 0,60    | 0,40 | 0,40 | 0,60 |                                 |
| 2. Αερισμός διαμερισμάτων                     | 0,85    | 0,85 | 0,85 | 0,85 |                                 |
| 3. Ατομικοί ανεμιστήρες                       | 0,50    | 0,30 | 0,0  | 0,40 |                                 |
| 4. Συσκευές μαγειρείου                        | 0,30    | 0,30 | 0,30 | 0,30 |                                 |
| 5. Συσκευές πλυντηρίου                        | 0,20    | 0,20 | 0,0  | 0,20 |                                 |
| 6. Συσκευές νοσοκομείου                       | 0,20    | 0,20 | 0,20 | 0,20 |                                 |
| 7. Ηλεκτρική θέρμανση νερού                   | 0,50    | 0,0  | 0,20 | 0,50 |                                 |
| 8. Θέρμανση διαμερισμάτων                     | 0,40    | 0,40 | 0,40 | 0,40 |                                 |
| 9. Αντλία κυκλοφορίας ζεστού νερού            | 0,70    | 0,70 | 0,70 | 0,70 |                                 |
| 10. Αντλία κυκλοφορίας πολύ κρύου νερού       | 0,70    | 0,70 | 0,70 | 0,70 |                                 |
| 11. Αντλία ποσίμου νερού                      | 0,50    | 0,50 | 0,50 | 0,50 |                                 |
| 12. Πίδακες ποσίμου νερού                     | 0,30    | 0,30 | 0,30 | 0,30 |                                 |
| 13. Αντλία κυκλοφ. κολυμβητικής δεξαμενής     | 0,20    | 0,20 | 0,0  | 0,0  |                                 |
| 14. Αντλία υγιεινής                           | 0,40    | 0,40 | 0,40 | 0,40 |                                 |
| 15. Εγκατάσταση αποχετεύσεως                  | 0,70    | 0,70 | 0,70 | 0,70 |                                 |
| 16. Συμπιεστής ψυκτικής                       | 0,40    | 0,40 | 0,40 | 0,40 |                                 |

|                                                                  |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| 17. Αντλία κυκλοφ. θάλασ-<br>σας ψυκτικής                        | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| 18. Μεμονωμένα ψυγεία                                            | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| 19. Συμπιεστής κλιματισμού                                       | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 20. Αντλία κρύου νερού κλι-<br>ματισμού                          | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 21. Αντλία ζεστού νερού<br>κλιματισμού                           | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 22. Αντλία κυκλοφορίας θά-<br>λασσας κλιματισμού                 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 23. Ανεμιστήρας κλιματισ-<br>μού                                 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 24. Αντλία τροφοδοτήσεως<br>θαλασσινού νερού στον<br>αποστακτήρα | 0,75 | 0,75 | 0,0  | 0,0  |
| 25. Αντλία εξαγωγής υπο-<br>λειμ. αποστάξεως                     | 0,75 | 0,75 | 0,0  | 0,0  |
| 26. Αντλία συμπυκνώματος<br>νερού αποστάξεως                     | 0,60 | 0,50 | 0,0  | 0,0  |
| 27. Αντλία αποστραγγίσεως<br>αποστακτήρα                         | 0,60 | 0,0  | 0,0  | 0,60 |
| 28. Αντλία μεταγγίσεως α-<br>πεσταγμένου νερού                   | 0,60 | 0,60 | 0,0  | 0,0  |
| 29. Αντλία τροφοδοτήσεως<br>χημικών στο απεσταγ-<br>μένο νερό    | 0,20 | 0,20 | 0,0  | 0,0  |

#### Βοηθητικά σκάφους

|                                                |      |      |      |                                                        |
|------------------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------------------------|
| 1. Αντλία πυρκαϊάς                             | 0,0  | (c)  |      |                                                        |
| 2. Αντλία πυρκαϊάς και κύ-<br>τους             | 0,0  | (c)  |      |                                                        |
| 3. Αντλία πυρκαϊάς και γε-<br>νικής χρήσεως    | 0,0  | (c)  |      |                                                        |
| 4. Αντλία κύτους και έρ-<br>ματος              | 0,20 | 0,20 | 0,0  | 0,20                                                   |
| 5. Υποβρύχια αντλία κύ-<br>τους                | 0,10 | 0,10 | 0,0  | 0,0                                                    |
| 6. Αντλία έρματος                              | 0,90 | 0,0  | 0,0  | 0,90                                                   |
|                                                |      |      |      | φόρτωση<br>εκφόρτωση                                   |
| 7. Αντλία πληρώσεως φυ-<br>γοκέντρικών αντλιών | 0,10 | 0,0  | 0,0  | 0,10                                                   |
| 8. Αεροσυμπιεστής σκά-<br>φους                 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30                                                   |
| 9. Φωτισμός καταστρώμα-<br>τος                 | 0,90 | 0,0  | 0,0  | 0,90                                                   |
|                                                |      |      |      | 0,35 εάν χρη-<br>σιμοποιείται<br>τοπικός φωτισ-<br>μός |
| 10. Φωτισμός ναυσιπλοίας                       | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,0                                                    |
| 11. Φωτισμός χώρου ασυρ-<br>μάτου              | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,0                                                    |
| 12. Εσωτερικές επικοινωνίες                    | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40                                                   |
| 13. Ηλεκτρονικά                                | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,30                                                   |
| 14. Φόρτιση συσσωρευτών                        | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20                                                   |
| 15. Πίνακας ελέγχου ηλεκ-<br>τρικών συσκευών   | 0,20 | 0,20 | 0,0  | 0,20                                                   |

|                                           |         |      |      |      |
|-------------------------------------------|---------|------|------|------|
| 16. Γυροπιξίδα                            | 0,40    | 0,40 | 0,40 | 0,20 |
| 17. Θερμαντές μηχανημάτων καταστρώματος   | 1,00    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 18. Εργαλειομηχανές                       | 0,10    | 0,10 | 0,0  | 0,10 |
| 19. Αερισμός φορτίου                      | 0,85    | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| 20. Ξήρανση φορτίου                       | 0,50    | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| 21. Γερανός μηχανοστασίου                 | 0,80    | 0,0  | 0,0  | 0,40 |
| 22. Εργάτης αγκύρας                       | 0,0 (c) |      |      |      |
| 23. Βαρούλκα                              | 0,0 (c) |      |      |      |
| 24. Υδραυλικοί κινητήρες καλυμμάτων κυτών | 0,10    | 0,0  | 0,0  | 0,10 |
| 25. Φορτωτές φορτίου                      | 0,50    | 0,0  | 0,0  | 0,35 |

- (a) Στην περίπτωση εγκατάστασης ηλεκτροκινήτων αντλιών  
(b) Να υπολογιστεί η ισχύς χωριστά  
(c) Δεν χρησιμοποιείται παρά σπάνια

**Πίνακας Α.12** Διατομές χάλκινων ζυγών[3]

| Cu-section of connection bus-bars<br>[mm <sup>2</sup> ] | Permitted load<br>[A] |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|
| 100                                                     | 200                   |
| 200                                                     | 315                   |
| 300                                                     | 400                   |
| 400                                                     | 630                   |
| 500                                                     | 800                   |
| 600                                                     | 1000                  |
| 800                                                     | 1250                  |
| 1000                                                    | 1600                  |
| 1600                                                    | 2000                  |
| 2000                                                    | 2500                  |
| 2400                                                    | 3150                  |
| 3200                                                    | 4000                  |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### Κώδικας στο Matlab

#### B.1 Πρόγραμμα για τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων

```
%%Μελέτη βραχυκυκλωμάτων σε ηλεκτρικό δίκτυο πλοίου με βάση το διεθνές
%%πρότυπο IEC 61363-1
clear all;
f=input('Εισάγετε τη συχνότητα του δικτύου f(Hz):');
T_half=1/(2*f);
Ub=input('Εισάγετε την τάση του ζυγού που γίνεται το βραχυκύκλωμα Ub(V):');
%%Ρεύμα βραχυκύκλωσης κινητήρων

k=1;
fprintf('=====\n');
kmax=input('Εισάγετε το πλήθος των κινητήρων: ');
Um=zeros(kmax,1);Sm=zeros(kmax,1);Xs=zeros(kmax,1);Xr=zeros(kmax,1);Rs=zeros(kmax,1);Rr=zeros(kmax,1);SIm=zeros(kmax,1);urr=zeros(kmax,1);
urk=zeros(kmax,1);Strf=zeros(kmax,1);Zbtrf=zeros(kmax,1);
Rtrf=zeros(kmax,1);Xtrf=zeros(kmax,1);Ltrf=zeros(kmax,1);Rctrf=zeros(kmax,1);
Xctrf=zeros(kmax,1);Rtrf_tot=zeros(kmax,1);Xtrf_tot=zeros(kmax,1);Irm=zeros(kmax,1);Zbas=zeros(kmax,1);Rm_ohm=zeros(kmax,1);Xm_ohm=zeros(kmax,1);Tmyp=zeros(kmax,1);
Tmdc=zeros(kmax,1);Lm=zeros(kmax,1);Rcm=zeros(kmax,1);Xcm=zeros(kmax,1);Rm_tot=zeros(kmax,1);Xm_tot=zeros(kmax,1);Tm_yp_tot=zeros(kmax,1);Tmdc_tot=zeros(kmax,1);
Emyp=zeros(kmax,1);Imyp=zeros(kmax,1);D=zeros(kmax,1);Iacm_0=zeros(kmax,1);Iacm_Thalf=zeros(kmax,1);Im_0=zeros(kmax,1);Im_Thalf=zeros(kmax,1);a=zeros(kmax,1);
while k>=1 && k<=kmax
    fprintf('~~~~~\n');
    fprintf('Εισάγετε τα χαρακτηριστικά του %2.0fου κινητήρα\n',k);
    Um(k,1)=input('Εισάγετε την τάση του κινητήρα πριν το βραχυκύκλωμα, Um(V):');
    Sm(k,1)=input('Εισάγετε τη φαινόμενη ισχύ, Sm(VA):');
    Xs(k,1)=input('Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του στάτη, Xs(%):');
    Xr(k,1)=input('Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του δρομέα, Xr(%):');
    Rs(k,1)=input('Εισάγετε την ωμική αντίσταση του στάτη, Rs(%):');
```



```

Rr(k,1)=input('Εισάγετε την ωμική αντίσταση του δρομέα, Rr(%):');
SIm(k,1)=input('Εισάγετε το συντελεστή ισχύος του κινητήρα, cosφ:');
while SIm(k,1)>1 || SIm(k,1)<0
    SIm(k,1)=input(' Έχετε εισάγει λάθος συντελεστή ισχύος του κινητήρα,cosφ. Παρακαλώ εισάγετε ξανά:');
end

%% Χαρακτηριστικά μετασχηματιστή
if Ub~=Um(k,1)
    fprintf('Εισάγετε τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή:\n');
    urr(k,1)=input('Εισάγετε την ωμική πτώση τάσεως, urr (%):');
    urk(k,1)=input('Εισάγετε την τάση βραχυκύκλωσης, urk (%):');
    Strf(k,1)=input('Εισάγετε τη φαινόμενη ισχύ του μετασχηματιστή, S(VA):');
    Zbtrf(k,1)=Um(k,1)^2/Strf(k,1); %%υπολογισμός βασικής αντίστασης M/Σ με αναγωγή στην πλευρά του
    δευτερεύοντος (του κινητήρα)
    Rtrf(k,1)=urr(k,1)*Zbtrf(k,1)/100;
    Xtrf(k,1)=sqrt((urk(k,1)*Zbtrf(k,1)/100)^2-Rtrf(k,1)^2);

    %%Διόρθωση των χαρακτηριστικών του M/Σ λόγω καλωδίου μεταξύ M/Σ και κινητήρα στην πλευρά του δευτερεύοντος.
    Ltrf(k,1)=input('Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από το M/Σ έως τον κινητήρα, L(m):');
    Rctrf(k,1)=input('Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου, Rc(Ω/m):');
    Xctrf(k,1)=input('Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου, Xc(Ω/m):');
    Rtrf_tot(k,1)=Rtrf(k,1)+Rctrf(k,1)*Ltrf(k,1);
    Xtrf_tot(k,1)=Xtrf(k,1)+Xctrf(k,1)*Ltrf(k,1);
end

Irm(k,1)=Sm(k,1)/(sqrt(3)*Um(k,1)); %% υπολογισμός ρεύματος λειτουργίας κινητήρα πριν το βραχυκύκλωμα
στην πλευρά του δευτερεύοντος
Zbas(k,1)=Um(k,1)^2/Sm(k,1); %% υπολογισμός βασικής αντίστασης στην πλευρά του δευτερεύοντος
Rm_ohm(k,1)=(Rs(k,1)+Rr(k,1))*Zbas(k,1)/100;
Xm_ohm(k,1)=(Xs(k,1)+Xr(k,1))*Zbas(k,1)/100;
Tmyp(k,1)=(Xm_ohm(k,1)*100)/(2*pi*f*Rr(k,1)*Zbas(k,1));
Tmdc(k,1)=(Xm_ohm(k,1)*100)/(2*pi*f*Rs(k,1)*Zbas(k,1));

%%Χαρακτηριστικά καλωδίου από μετασχηματιστή (αν υπάρχει) ή αλλιώς από κινητήρα έως ζυγό βραχυκυκλώματος.
if Ub~=Um(k,1)

```

```

    Lm(k,1)=input('Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από το μετασχηματιστή έως το ζυγό βραχυκυκλώματος, L(m):');
else Lm(k,1)=input('Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από τον κινητήρα έως το ζυγό βραχυκυκλώματος, L(m):');
end
Rcm(k,1)=input('Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου, Rc(Ω/m):');
Xcm(k,1)=input('Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου, Xc(Ω/m):');

%% ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΛΟΓΩ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΚΑΙ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ
if Ub==Um(k,1) %%εάν δεν υπάρχει μετασχηματιστής
    Rtrf_tot(k,1)=0;
    Xtrf_tot(k,1)=0;
end
Rm_tot(k,1)=Rm_ohm(k,1)+Rcm(k,1)*Lm(k,1)/(Ub/Um(k,1))^2+Rtrf_tot(k,1); %%τη σύνθετη αντίσταση του καλωδίου
μεταξύ M/Σ και ζυγού βραχυκυκλώματος την ανάγουμε στο δευτερεύον.
Xm_tot(k,1)=Xm_ohm(k,1)+Xcm(k,1)*Lm(k,1)/(Ub/Um(k,1))^2+Xtrf_tot(k,1);

Tmyp_tot(k,1)=(Xm_tot(k,1)*100)/(2*pi*f*Rr(k,1)*Zbas(k,1));
Tmdc_tot(k,1)=Xm_tot(k,1)/(2*pi*f*(Rs(k,1)/100*Zbas(k,1)+Rtrf_tot(k,1)+Rcm(k,1)*Lm(k,1)/(Ub/Um(k,1))^2));

%%Υπολογισμός εσωτερικής τάσης διέγερσης και ρεύματος βραχυκύκλωσης στην πλευρά του δευτερεύοντος και
εμφάνιση των τιμών αυτών στο χρήστη.
fprintf('=====\\n');
fprintf('Για τον κινητήρα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:\\n');
if Ub~=Um(k,1)
    fprintf('Στην πλευρά των %5.0fV έχουμε:\\n',Um(k,1));
end
Emyp(k,1)=sqrt((Um(k,1)/sqrt(3)*SIm(k,1)- Rm_tot(k,1)*Irm(k,1))^2+(Um(k,1)/sqrt(3)*sin(acos(SIm(k,1)))-
Xm_tot(k,1)*Irm(k,1))^2);
fprintf('Em'''='%8.2fV\\n',Emyp(k,1));
Imyp(k,1)=Emyp(k,1)/sqrt(Rm_tot(k,1)^2+Xm_tot(k,1)^2);
fprintf('Im'''='%8.2fA\\n',Imyp(k,1));

%%Εμφάνιση στην οθόνη των αποτελεσμάτων.
D(k,1)=sqrt(2)*(Imyp(k,1)+Irm(k,1)*sin(acos(SIm(k,1))));
Iacm_0(k,1)=Imyp(k,1)*exp(-0/Tmyp_tot(k,1));

```

```

Iacm_Thalf(k,1)=Imyp(k,1)*exp(-T_half/Tmyp_tot(k,1));
Im_0(k,1)=sqrt(2)*Imyp(k,1)*exp(-0/Tmyp_tot(k,1))+D(k,1)*exp(-0/Tmdc_tot(k,1));
Im_Thalf(k,1)=sqrt(2)*Imyp(k,1)*exp(-T_half/Tmyp_tot(k,1))+D(k,1)*exp(-T_half/Tmdc_tot(k,1));
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ.:Iacm(t)=(%8.2f)exp(-t/%1.6f)\n',Imyp(k,1),Tmyp_tot(k,1)); %%Εκτύπωση στην πλευρά του
δευτερεύοντος τυλίγματος του Μ/Σ.
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ. για t=0: Iacm(0)=%8.2fA\n',Iacm_0(k,1));
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ. για t=T/2: Iacm(T/2)=%8.2fA\n',Iacm_Thalf(k,1));
fprintf('Συνιστώσα Σ.Ρ.: Idcm(t)=(%8.2f)exp(-t/%1.6f)\n',D(k,1),Tmdc_tot(k,1));
fprintf('Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: Im(t)=(%1.5f) (%8.2f)exp(-t/%1.6f)+(%8.2f)exp(-
t/%1.6f)\n',sqrt(2),Imyp(k,1),Tmyp_tot(k,1),D(k,1),Tmdc_tot(k,1));
fprintf('Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=0: Im(0)=%8.2fA\n',Im_0(k,1));
fprintf('Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=T/2: Im(T/2)=%8.2fA\n',Im_Thalf(k,1));
fprintf('Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:
%8.2fA\n',2*sqrt(2)*Iacm_0(k,1));
if Ub~=Um(k,1) %%Εκτύπωση των αποτελεσμάτων στην πλευρά του πρωτεύοντος τυλίγματος του Μ/Σ.
a(k,1)=Um(k,1)/Ub;
Irm(k,1)=Sm(k,1)/(sqrt(3)*Ub); %% υπολογισμός του ρεύματος στην πλευρά του πρωτεύοντος
Imyp(k,1)=Imyp(k,1)*a(k,1);
D(k,1)=sqrt(2)*(Imyp(k,1)+Irm(k,1)*sin(acos(SIm(k,1))));
Iacm_0(k,1)=Iacm_0(k,1)*a(k,1);
Iacm_Thalf(k,1)=Iacm_Thalf(k,1)*a(k,1);
Im_0(k,1)=Im_0(k,1)*a(k,1);
Im_Thalf(k,1)=Im_Thalf(k,1)*a(k,1);

fprintf('=====\n');
fprintf('Οι παραπάνω τιμές ρευμάτων βραχυκύκλωσης και κρουστικών ρευμάτων ανηγμένες στην πλευρά των %5.0f V
είναι:\n',Ub);
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ.:Iacm(t)=(%8.2f)exp(-t/%1.6f)\n',Imyp(k,1),Tmyp_tot(k,1));
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ. για t=0: Iacm(0)=%8.2fA\n',Iacm_0(k,1));
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ. για t=T/2: Iacm(T/2)=%8.2fA\n',Iacm_Thalf(k,1));
fprintf('Συνιστώσα Σ.Ρ.: Idcm(t)=(%8.2f)exp(-t/%1.6f)\n',D(k,1),Tmdc_tot(k,1));
fprintf('Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: Im(t)=(%1.5f) (%8.2f)exp(-t/%1.6f)+(%8.2f)exp(-
t/%1.6f)\n',sqrt(2),Imyp(k,1),Tmyp_tot(k,1),D(k,1),Tmdc_tot(k,1));
fprintf('Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=0: Im(0)=%8.2fA\n',Im_0(k,1));
fprintf('Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=T/2: Im(T/2)=%8.2fA\n',Im_Thalf(k,1));

```

```

        fprintf('Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:
%8.2fA\n', 2*sqrt(2)*Iacm_0(k,1));
    end
    k=k+1;
end

%%Συνολικό ρεύμα που απορροφούν οι κινητήρες
Ig=sum(Irm);

%% Ρεύμα βραχυκύκλωσης γεννητριών

i=1;
fprintf('===== \n');
imax=input('Εισάγετε το πλήθος των γεννητριών: ');
if imax~=1 && imax~=0
Stot=input('Εισάγετε τη συνολική φαινόμενη ισχύ των γεννητριών (VA):');
end
Ug=zeros(imax,1);Sg=zeros(imax,1);Xdyp=zeros(imax,1);Xdmet=zeros(imax,1);Xdmk=zeros(imax,1);Tdyp=zeros(imax,1);Tdm
et=zeros(imax,1);Ra=zeros(imax,1);L=zeros(imax,1);
Rc=zeros(imax,1);Xc=zeros(imax,1);SI=zeros(imax,1);Zb=zeros(imax,1);Ra_ohm=zeros(imax,1);Xdyp_ohm=zeros(imax,1);Xdme
t_ohm=zeros(imax,1);Xdmk_ohm=zeros(imax,1);
Ra_tot=zeros(imax,1);Xdyp_tot=zeros(imax,1);Xdmet_tot=zeros(imax,1);Xdmk_tot=zeros(imax,1);Tdyp_tot=zeros(imax,1);Td
met_tot=zeros(imax,1);Tdc=zeros(imax,1);
Eqyp=zeros(imax,1);Eqmet=zeros(imax,1);Eqmk=zeros(imax,1);Ikdp=zeros(imax,1);Ikdmk=zeros(imax,1);Ikdmk=zeros(imax,
1);A=zeros(imax,1);B=zeros(imax,1);
C=zeros(imax,1);Iac_0=zeros(imax,1);Iac_Thalf=zeros(imax,1);Ik_0=zeros(imax,1);Ik_Thalf=zeros(imax,1);b=zeros(imax,1
);

while i>=1 && i<=imax
    fprintf('~~~~~ \n');
    fprintf('Εισάγετε τα χαρακτηριστικά της %2.0fης γεννήτριας\n',i);
    Ug(i,1)=input('Εισάγετε την τάση εξόδου πριν το βραχυκύκλωμα, Uo(V):');
    while Ug(i,1)~=Ub
        Ug(i,1)=input('Η τάση που έχετε εισάγει δεν συμπίπτει με την τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος, παρακαλώ
εισάγετε ξανά την τάση της γεννήτριας:');
    end
end

```

```

end
Sg(i,1)=input('Εισάγετε τη φαινόμενη ισχύ, Sg(VA):');
Xdyp(i,1)=input('Εισάγετε την υπομεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα, Xδυπομετ.(%):');
Xdmet(i,1)=input('Εισάγετε τη μεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα, Xdμετ.(%):');
Xdmk(i,1)=input('Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση μόνιμης κατάστασης ευθέος άξονα, Xd(%):');
Tdyp(i,1)=input('Εισάγετε την υπομεταβατική χρονική σταθερά βραχυκυκλώσεως d-άξονα, Tδυπομετ.(ms):');
Tdmct(i,1)=input('Εισάγετε τη μεταβατική χρονική σταθερά βραχυκυκλώσεως d-άξονα, Tdμετ.(ms):');
Ra(i,1)=input('Εισάγετε την ωμική αντίσταση του στάτη, Ra(%):');
L(i,1)=input('Εισάγετε το μήκος του καλωδίου από τη γεννήτρια έως το ζυγό βραχυκυκλώματος, L(m):');
Rc(i,1)=input('Εισάγετε την ωμική αντίσταση του καλωδίου, Rc(Ω/m):');
Xc(i,1)=input('Εισάγετε την επαγωγική αντίδραση του καλωδίου, Xc(Ω/m):');
SI(i,1)=input('Εισάγετε το συντελεστή ισχύος της γεννήτριας, cosφ:');
while SI(i,1)>1 || SI(i,1)<0
    SI(i,1)=input(' Έχετε εισάγει λάθος συντελεστή ισχύος της γεννήτριας,cosφ. Παρακαλώ εισάγετε ξανά:');
end

Zb(i,1)=Ug(i,1)^2/Sg(i,1); %% υπολογισμός βασικής αντίστασης
Ra_ohm(i,1)=Ra(i,1)*Zb(i,1)/100;
Xdyp_ohm(i,1)=Xdyp(i,1)*Zb(i,1)/100;
Xdmet_ohm(i,1)=Xdmet(i,1)*Zb(i,1)/100;
Xdmk_ohm(i,1)=Xdmk(i,1)*Zb(i,1)/100;

%% ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΛΟΓΩ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
Ra_tot(i,1)=Ra_ohm(i,1)+ Rc(i,1)*L(i,1);

Xdyp_tot(i,1)=Xdyp_ohm(i,1)+Xc(i,1)*L(i,1);
Xdmet_tot(i,1)=Xdmet_ohm(i,1)+Xc(i,1)*L(i,1);
Xdmk_tot(i,1)=Xdmk_ohm(i,1)+Xc(i,1)*L(i,1);

Tdyp_tot(i,1)=(Ra_tot(i,1)^2+Xdyp_tot(i,1)^2)*Xdmet_ohm(i,1)*
Tdyp(i,1)/((Ra_tot(i,1)^2+Xdyp_tot(i,1)*Xdmet_tot(i,1))*Xdyp_ohm(i,1))/1000;
Tdmct_tot(i,1)=(Ra_tot(i,1)^2+Xdmet_tot(i,1)^2)*Xdmk_ohm(i,1)*
Tdmet(i,1)/((Ra_tot(i,1)^2+Xdmet_tot(i,1)*Xdmk_tot(i,1))*Xdmet_ohm(i,1))/1000;
Tdc(i,1)=Xdyp_tot(i,1)/(2*pi*f*Ra_tot(i,1));

```

```

    %%Υπολογισμός ενεργών τάσεων πίσω από τις αντίστοιχες σύνθετες αντιστάσεις και ρευμάτων βραχυκύκλωσης και
    εμφάνιση των τιμών αυτών στο χρήστη.
    if imax==1
        b(i,1)=1;
    else b(i,1)=Sg(i,1)/Stot; %%H αναλογία του ρεύματος που αντιστοιχεί σε κάθε γεννήτρια σε σχέση με το συνολικό
    ρεύμα που παράγεται από όλες τις γεννήτριες.
    end

fprintf('=====\n');
    fprintf('Για τη γεννήτρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν τα ακόλουθα:\n');
    Eqyp(i,1)=sqrt((Ug(i,1)/sqrt(3)*SI(i,1)+ Ra_tot(i,1)*Ig*b(i,1))^2+(Ug(i,1)/sqrt(3)*sin(acos(SI(i,1)))+
Xdyp_tot(i,1)*Ig*b(i,1))^2);
    fprintf('Eq''''=%8.2fV\n',Eqyp(i,1));
    Eqmet(i,1)=sqrt((Ug(i,1)/sqrt(3)*SI(i,1)+ Ra_tot(i,1)*Ig*b(i,1))^2+(Ug(i,1)/sqrt(3)*sin(acos(SI(i,1)))+
Xdmet_tot(i,1)*Ig*b(i,1))^2);
    fprintf('Eq''''=%8.2fV\n',Eqmet(i,1));
    Eqmk(i,1)=sqrt((Ug(i,1)/sqrt(3)*SI(i,1)+ Ra_tot(i,1)*Ig*b(i,1))^2+(Ug(i,1)/sqrt(3)*sin(acos(SI(i,1)))+
Xdmk_tot(i,1)*Ig*b(i,1))^2);
    fprintf('Eq=%8.2fV\n',Eqmk(i,1));
    Ikdyp(i,1)=Eqyp(i,1)/sqrt(Ra_tot(i,1)^2+Xdyp_tot(i,1)^2);
    fprintf('Ikd''''=%8.2fA\n',Ikdyp(i,1));
    Ikdmety(i,1)=Eqmet(i,1)/sqrt(Ra_tot(i,1)^2+Xdmet_tot(i,1)^2);
    fprintf('Ikd''''=%8.2fA\n',Ikdmety(i,1));
    Ikdmk(i,1)=Eqmk(i,1)/sqrt(Ra_tot(i,1)^2+Xdmk_tot(i,1)^2);
    fprintf('Ikd=%8.2fA\n',Ikdmk(i,1));

    %%Εμφάνιση στην οθόνη των αποτελεσμάτων.
    A(i,1)=Ikdyp(i,1)-Ikdmety(i,1);
    B(i,1)=Ikdmety(i,1)-Ikdmk(i,1);
    C(i,1)=sqrt(2)*(Ikdyp(i,1)-Ig*sin(acos(SI(i,1))));
    Iac_0(i,1)=A(i,1)*exp(-0/Tdyp_tot(i,1))+B(i,1)*exp(-0/Tdmet_tot(i,1))+Ikdmk(i,1);
    Iac_Thalf(i,1)=A(i,1)*exp(-T_half/Tdyp_tot(i,1))+B(i,1)*exp(-T_half/Tdmet_tot(i,1))+Ikdmk(i,1);
    Ik_0(i,1)=sqrt(2)*(A(i,1)*exp(-0/Tdyp_tot(i,1))+B(i,1)*exp(-0/Tdmet_tot(i,1))+ Ikdmk(i,1)) + C(i,1)*exp(-
0/Tdc(i,1));
    Ik_Thalf(i,1)=sqrt(2)*(A(i,1)*exp(-T_half/Tdyp_tot(i,1))+B(i,1)*exp(-
T_half/Tdmet_tot(i,1))+Ikdmk(i,1))+C(i,1)*exp(-T_half/Tdc(i,1));

```

```

fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ.: Iac(t)=(%8.2f)exp(-t/%1.6f)+(%8.2f)exp(-
t/%1.6f)+%8.2f\n',A(i,1),Tdyp_tot(i,1),B(i,1),Tdmet_tot(i,1),Ikdmk(i,1));
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ. για t=0: Iac(0)=%8.2fA\n',Iac_0(i,1));
fprintf('Συνιστώσα Ε.Ρ. για t=T/2: Iac(T/2)=%8.2fA\n',Iac_Thalf(i,1));
fprintf('Συνιστώσα Σ.Ρ.: Idc(t)=(%8.2f)exp(-t/%1.6f)\n',C(i,1),Tdc(i,1));
fprintf('Συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: Ik(t)=(%1.5f) ((%8.2f)exp(-t/%1.6f)+(%8.2f)exp(-
t/%1.6f)+%8.2f)+(%8.2f)exp(-
t/%1.6f)\n',sqrt(2),A(i,1),Tdyp_tot(i,1),B(i,1),Tdmet_tot(i,1),Ikdmk(i,1),C(i,1),Tdc(i,1));
fprintf('Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=0: Ik(0)=%8.2fA\n',Ik_0(i,1));
fprintf('Κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=T/2: Ik(T/2)=%8.2fA\n',Ik_Thalf(i,1));
fprintf('Η ικανότητα διακοπής του αυτόματου διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:
%8.2fA\n',2*sqrt(2)*Iac_0(i,1));

if i<imax
samegen=input('Πόσες από τις υπόλοιπες γεννήτριες είναι ίδιες με αυτή τη γεννήτρια; (0,1,2...)]:');
while samegen>imax-i
samegen=input('Έχετε εισάγει μεγαλύτερο αριθμό γεννητριών από αυτό που δηλώσατε αρχικά. Παρακαλώ
εισάγετε ξανά:');
end
if samegen>0
fprintf('Δεν χρειάζεται να εισάγετε ξανά τα χαρακτηριστικά των όμοιων γεννητριών.\n');
for j=i+1:i+samegen
A(j,1)=A(i,1);
B(j,1)=B(i,1);
C(j,1)=C(i,1);
Ikdmk(j,1)=Ikdmk(i,1);
Tdyp_tot(j,1)=Tdyp_tot(i,1);
Tdmet_tot(j,1)=Tdmet_tot(i,1);
Tdc(j,1)=Tdc(i,1);
Ik_0(j,1)=Ik_0(i,1);
Ik_Thalf(j,1)=Ik_Thalf(i,1);
Iac_0(j,1)=Iac_0(i,1);
Iac_Thalf(j,1)=Iac_Thalf(i,1);
end
end
i=i+samegen+1;

```

```

else break;
end
if i<=imax
    fprintf('Συνεχίστε με τις υπόλοιπες γεννήτριες.\n');
else break;
end
end
fprintf('=====\n');
if imax~=0 && kmax~=0
    fprintf('Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:\n');
    fprintf('Itot=')
    for i=1:imax
        fprintf(' (%1.5f) ( (%8.2f) exp(-t/%1.6f) + (%8.2f) exp(-t/%1.6f) + %8.2f) + (%8.2f) exp(-t/%1.6f) + \n', sqrt(2), A(i,1), Tdyp_tot(i,1), B(i,1), Tdmet_tot(i,1), Ikdmk(i,1), C(i,1), Tdc(i,1));
    end
    for k=1:kmax
        if k==kmax
            fprintf(' (%1.5f) (%8.2f) exp(-t/%1.6f) + (%8.2f) exp(-t/%1.6f) \n', sqrt(2), Imyp(kmax,1), Tmyp_tot(kmax,1), D(kmax,1), Tmdc_tot(kmax,1));
        else
            fprintf(' (%1.5f) (%8.2f) exp(-t/%1.6f) + (%8.2f) exp(-t/%1.6f) + \n', sqrt(2), Imyp(k,1), Tmyp_tot(k,1), D(k,1), Tmdc_tot(k,1));
        end
    end
    fprintf('Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=0: Itot(0)=%8.2fA\n', sum(Ik_0)+sum(Im_0));
    fprintf('Το συνολικό κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης για t=T/2: Itot(T/2)=%8.2fA\n', sum(Ik_Thalf)+sum(Im_Thalf));
    fprintf('=====\n');
end

```



## B.2 Πρόγραμμα για την επιλογή κατάλληλης διατομής καλωδίου

%ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ, ΩΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ.

% Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει την ελάχιστη κατάλληλη διατομή καλωδίου σε ένα δίκτυο χαμηλής τάσης είτε από  
% μονοπολικά καλώδια είτε από πολυπολικά και εμφανίζει μόνο αυτές τις τιμές.

% Οι τιμές των ωμικών αντιστάσεων (dc αντιστάσεων) των καλωδίων έχουν ληφθεί με βάση  
% το πρότυπο IEC 60228(3rd edition) και το πρότυπο IEC 60287-1-1 και συγκεκριμένα για καλώδια χαλκού,  
% class 2 (stranded conductors with plain wires) και για μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας τους 85  
% βαθμούς Κελσίου.

% Οι τιμές των επαγωγικών αντιδράσεων των καλωδίων έχουν ληφθεί από υπολογισμούς της Mitsubishi Electric Company με  
% βάση τη σχέση:

%  $L(\text{mH/km})=0.05+0.4605\log(D/r)$  (D:core separation, r=conductor radius) και

% είναι προσεγγιστικές για συγκεκριμένο τύπο καλωδίου καθώς εξαρτώνται από τον κατασκευαστή.

% Current carrying capacity based on maximum conductor operating temperature

% of 85 C(GL-IEC 60092-352)

% Arrangement(cables touching) 1 comprises: cables bunched in air, on a  
% surface,embedded or enclosed.

% Arrangement 2 comprises: Single layer on bulkhead,deck or unperforated  
% tray.

% Arrangement 3 comprises:Single layer fixed directly under a non metallic  
% bulkhead.

% Arrangement 4 comprises: Single layer on a perforated horizontal or  
% vertical tray.

% Arrangement 5 comprises: Single layer on ladder support or cleats etc..

clear all

| % | Current   | Rc | Xc (mΩ/m) | Xc (mΩ/m) |
|---|-----------|----|-----------|-----------|
| % | rating(A) |    | f=50Hz    | f=60Hz    |

```

Data=[ 20      15.1909      0.1576      0.1891
      28      9.3029      0.1496      0.1796
      38      5.7876      0.139      0.1668
      48      3.8668      0.1299      0.1559
      67      2.2975      0.1211      0.1453
      90      1.4438      0.1043      0.1251
     120      0.9127      0.1014      0.1217
     145      0.6579      0.0964      0.1157
     180      0.4859      0.0924      0.1109
     225      0.3365      0.0893      0.1072
     275      0.2423      0.0867      0.104
     320      0.1921      0.0838      0.1006
     365      0.1557      0.0797      0.0956
     415      0.1244      0.0806      0.0967
     490      0.0947      0.0818      0.0982
     560      0.0755      0.079      0.0948      %%% singlecores
     17      15.1909      0.1076      0.1292
     24      9.3029      0.1032      0.1238
     32      5.7876      0.0992      0.1191
     41      3.8668      0.0935      0.1122
     57      2.2975      0.0873      0.1048
     76      1.4438      0.0799      0.0959
    102      0.9127      0.0793      0.0952      %%% twocores
     14      15.1909      0.1076      0.1292
     20      9.3029      0.1032      0.1238
     27      5.7876      0.0992      0.1191
     34      3.8668      0.0935      0.1122
     47      2.2975      0.0873      0.1048
     63      1.4438      0.0799      0.0959
     84      0.9127      0.0793      0.0952
    101      0.6579      0.0762      0.0915
    126      0.4859      0.076      0.0912
    157      0.3365      0.0737      0.0884
    192      0.2423      0.0735      0.0882
    224      0.1921      0.072      0.0864]; %%% multicores

```

```
% Nominal Cross-section(mm2)
```

```
Cablesize={ '1*1,5 mm2'  
            '1*2,5 mm2'  
            '1*4 mm2'  
            '1*6 mm2'  
            '1*10 mm2'  
            '1*16 mm2'  
            '1*25 mm2'  
            '1*35 mm2'  
            '1*50 mm2'  
            '1*70 mm2'  
            '1*95 mm2'  
            '1*120 mm2'  
            '1*150 mm2'  
            '1*185 mm2'  
            '1*240 mm2'  
            '1*300 mm2'  
            '2*1,5 mm2'  
            '2*2,5 mm2'  
            '2*4 mm2'  
            '2*6 mm2'  
            '2*10 mm2'  
            '2*16 mm2'  
            '2*25 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*1,5 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*2,5 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*4 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*6 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*10 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*16 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*25 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*35 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*50 mm2'  
            '(3 ĩ 4)*70 mm2'
```

```
' (3 ή 4) * 95 mm2 '  
' (3 ή 4) * 120 mm2 '};
```

| %                   | Number of circuits   | Correction Factor | C.F  | C.F. | C.F. | C.F.   |                                                                                                                                 |
|---------------------|----------------------|-------------------|------|------|------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| %                   | or multi-core cables | Arrangement 1     | Ar.2 | Ar.3 | Ar.4 | Ar.5   |                                                                                                                                 |
| Correctionfactors=[ | 1                    | 1.00              | 1.00 | 0.95 | 1.00 | 1.0    | % These factors are applicable to uniform group of cables, equally loaded.                                                      |
|                     | 2                    | 0.80              | 0.85 | 0.81 | 0.88 | 0.87   | % Where horizontal clearance between adjacent cables exceeds twice their overall diameter, no reduction factor need be applied. |
|                     | 3                    | 0.70              | 0.79 | 0.72 | 0.82 | 0.82   | % The same factors are applied to: - groups of two or three single-core cables                                                  |
|                     | 4                    | 0.65              | 0.75 | 0.68 | 0.77 | 0.80   | % - multi-core cables                                                                                                           |
|                     | 5                    | 0.60              | 0.73 | 0.66 | 0.75 | 0.80   | % If a group consists of n single-core cables, it will be considered as n/2 circuits of two loaded conductors.                  |
|                     | 6                    | 0.57              | 0.72 | 0.64 | 0.73 | 0.79   |                                                                                                                                 |
|                     | 7                    | 0.54              | 0.72 | 0.63 | 0.73 | 0.79   |                                                                                                                                 |
|                     | 8                    | 0.52              | 0.71 | 0.62 | 0.72 | 0.78   |                                                                                                                                 |
|                     | 9                    | 0.50              | 0.70 | 0.61 | 0.72 | 0.78   |                                                                                                                                 |
|                     | 12                   | 0.45              | 0.70 | 0.61 | 0.72 | 0.78   |                                                                                                                                 |
|                     | 16                   | 0.41              | 0.70 | 0.61 | 0.72 | 0.78   |                                                                                                                                 |
|                     | 20                   | 0.38              | 0.70 | 0.61 | 0.72 | 0.78]; |                                                                                                                                 |

```
fprintf('Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει την ελάχιστη κατάλληλη διατομή καλωδίου σε ένα δίκτυο χαμηλής τάσης είτε από  
μονοπολικά καλώδια\n');  
fprintf('είτε από πολυπολικά και εμφανίζει μόνο αυτές τις τιμές.\n');  
next='y';  
while next=='y'  
f=input('Παρακαλώ εισάγετε τη συχνότητα του δικτύου (Hz):');  
while f~=50 && f~=60  
fprintf('Το πρόγραμμα υπολογίζει διατομές καλωδίων σε δίκτυα συχνότητας 50 ή 60 Hz.\n');  
f=input('Παρακαλώ εισάγετε ξανά τη συχνότητα του δικτύου (Hz):');  
end  
  
Currentmax=input('Παρακαλώ εισάγετε τη μέγιστη ένταση του ρεύματος γραμμής που θα διαρρέει το καλώδιο (A):');
```

```

fprintf('Εισάγετε το πλήθος των ομαδοποιημένων καλωδίων:\n');
groupedcables=input(' (1, 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 12 ,16, 20 ) : ');
while groupedcables~=1 && groupedcables~=2 && groupedcables~=3 && groupedcables~=4 && groupedcables~=5 &&
groupedcables~=6 && groupedcables~=7 && groupedcables~=8 && groupedcables~=9 && groupedcables~=12 &&
groupedcables~=16 && groupedcables~=20
    groupedcables=input('Παρακαλώ εισάγετε μια από αυτές τις τιμές : (1, 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 12 ,16, 20
) : ');
end

fprintf('Παρακαλώ εισάγετε την διάταξη εγκατάστασης των καλωδίων:\n');
fprintf('1: για καλώδια σε δέσμη στον αέρα, σε μια επιφάνεια, ενσωματωμένα ή καλυμμένα\n');
fprintf('2: για ενιαίο στρώμα σε μπουλμέ, κατάστρωμα ή σε αδιάτρητες σχάρες\n');
fprintf('3: για ενιαίο στρώμα στερεωμένο απευθείας κάτω από μη μεταλλικό άνω μέρος καταστρώματος\n');
fprintf('4: για ενιαίο στρώμα σε μια διάτρητη οριζόντια ή κάθετη σχάρα\n');
fprintf('5: για ενιαίο στρώμα σε σκάλα στήριξης ή σε στήριγμα καλωδίου με σφήνα\n');
arrangement=input(' ');
while arrangement ~=1 && arrangement~=2 && arrangement~=3 && arrangement~=4 && arrangement~=5
    arrangement=input('Παρακαλώ εισάγετε 1 ή 2 ή 3 ή 4 ή 5: ');
end

singlecores=16;twocores=7;multicores=12;
x1=zeros(singlecores,1);x2=zeros(twocores,1); x3_4=zeros(multicores,1); %αρχικοποίηση των πινάκων με μηδενικά
στοιχεία
j=1; k=1; m=1;

% Έλεγχος αν κάποιο από τα μονοπολικά καλώδια είτε ομαδοποιημένα είτε όχι
% είναι κατάλληλο για το ρεύμα που εισήγαγε ο χρήστης και εμφάνιση των
% αποτελεσμάτων στην οθόνη.

if groupedcables==20 % γιατί τότε θα έχουμε 10 κυκλώματα και συντελεστής για ομαδοποίηση 10 κυκλωμάτων δεν υπάρχει
στον πίνακα!
    circuits=9;
else circuits=round(groupedcables/2);
end

```

```

vres1=find(Correctionfactors(:,1)==circuits);
factor1=Correctionfactors(vres1, arrangement+1);

while Currentmax>max(Data(1:singlecores,1))*groupedcables*factor1
    answer1=input('Δεν βρέθηκε κατάλληλη διατομή μονοπολικού καλωδίου. Θέλετε να γίνει άλλη ομαδοποίηση
καλωδίων; (y/n)', 's');
    while answer1~='y' && answer1~='n'
        answer1=input('Παρακαλώ πατήστε y/n !', 's');
    end
    if answer1=='y'
        groupedcables=input('Εισάγετε το πλήθος των ομαδοποιημένων καλωδίων:');
        while groupedcables~1 && groupedcables~2 && groupedcables~3 && groupedcables~4 && groupedcables~5 &&
groupedcables~6 && groupedcables~7 && groupedcables~8 && groupedcables~9 && groupedcables~12 &&
groupedcables~16 && groupedcables~20
            groupedcables=input('Παρακαλώ εισάγετε μια από αυτές τις τιμές :(1, 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 ,
12 ,16, 20 ):');
            end
            if groupedcables==20 % γιατί τότε θα έχουμε 10 κυκλώματα και συντελεστής για ομαδοποίηση 10 κυκλωμάτων δεν
υπάρχει στον πίνακα!
                circuits=9;
            else circuits=round(groupedcables/2);
            end
            vres1=find(Correctionfactors(:,1)==circuits); % εύρεση της σειράς με το σωστό συντελεστή διόρθωσης
            factor1=Correctionfactors(vres1, arrangement+1);
        elseif answer1=='n' % αν ο χρήστης πατήσει n τότε το πρόγραμμα συνεχίζει με την αναζήτηση πολυπολικού καλωδίου
            break % get out of the while loop
        end
    end

end

for i=1:singlecores
    if Currentmax<=groupedcables*factor1*Data(i,1)
        x1(j,1)=Data(i,1); % διάνυσμα με ρεύματα μεγαλύτερα από αυτό που εισήγαγε ο χρήστης (επιλογή κατάλληλων
διατομών από μονοπολικά καλώδια)
        j=j+1;
    end
end
end

```

```

if Currentmax<=max(Data(1:singlecores,1))*groupedcables*factor1

fprintf('=====\n');
    fprintf('Μπορείτε να επιλέξετε την παρακάτω διατομή μονοπολικού καλωδίου:\n');
end

mhdenikos1=any(x1);
if mhdenikos1==1 % αν ο x1 δεν είναι μηδενικός πίνακας, δηλαδή αν έχει σχηματιστεί ένας x1 επειδή υπάρχει διατομή
που ταιριάζει στο ζητούμενο ρεύμα    newx1=x1(x1~=0); % αφαίρεση των μηδενικών στοιχείων από τους πίνακες ώστε να
μην υπολογίζει το 0 ως ελάχιστο
    newx1=x1(x1~=0); % αφαιρούμε τα μηδενικά στοιχεία ώστε να μην τα λάβει υπόψη ως ελάχιστα
    min1=min(newx1); % επιλογή ελαχίστου ρεύματος για την επιλογή ελάχιστης διατομής
    r1=find(Data(1:singlecores,1)==min(min1)); % εύρεση της σειράς με τη μικρότερη διατομή από τα μονοπολικά καλώδια
    if f==50
        fprintf('%dx(%s) ,Rc=%3.5fmΩ/m, Xc=%1.5fmΩ/m\n ',groupedcables, Cablesize{r1,1}, Data(r1,2)/groupedcables,
Data(r1,3)/groupedcables);
    else
        fprintf('%dx(%s) ,Rc=%3.5fmΩ/m, Xc=%1.5fmΩ/m\n ',groupedcables, Cablesize{r1,1}, Data(r1,2)/groupedcables,
Data(r1,4)/groupedcables);
    end
end

% Έλεγχος αν κάποιο από τα πολυπολικά καλώδια είτε ομαδοποιημένα είτε όχι
% είναι κατάλληλο για το ρεύμα που εισήγαγε ο χρήστης και εμφάνιση των
% αποτελεσμάτων στην οθόνη.

vres2=find(Correctionfactors(:,1)==groupedcables);
factor2=Correctionfactors(vres2, arrangement+1);

while Currentmax>max(Data(singlecores+1:end,1))*groupedcables*factor2
    answer2=input('Δεν βρέθηκε κατάλληλη διατομή πολυπολικού καλωδίου. Θέλετε να γίνει άλλη ομαδοποίηση
καλωδίων; (y/n) ', 's');
    while answer2~='y' && answer2~='n'
        answer2=input('Παρακαλώ πατήστε y/n !', 's');
    end
end

```

```

end
if answer2=='y'
    groupedcables=input('Εισάγετε το πλήθος των ομαδοποιημένων καλωδίων:');
    while groupedcables~=1 && groupedcables~=2 && groupedcables~=3 && groupedcables~=4 && groupedcables~=5 &&
groupedcables~=6 && groupedcables~=7 && groupedcables~=8 && groupedcables~=9 && groupedcables~=12 &&
groupedcables~=16 && groupedcables~=20
        groupedcables=input('Παρακαλώ εισάγετε μια από αυτές τις τιμές :(1, 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 ,
12 ,16, 20 ):');
        end
        vres2=find(Correctionfactors(:,1)==groupedcables); % εύρεση της σειράς με το σωστό συντελεστή διόρθωσης
        factor2=Correctionfactors(vres2, arrangement+1);
    elseif answer2=='n' % αν ο χρήστης πατήσει n τότε το πρόγραμμα τερματίζεται
        break % get out of the while loop
    end
end

for i=(singlecores+1):(singlecores+twocores+multicores)
    if Currentmax<=groupedcables*factor2*Data(i,1)
        if i<=singlecores+twocores
            x2(k,1)=Data(i,1); % διάνυσμα με ρεύματα μεγαλύτερα από αυτό που εισήγαγε ο χρήστης (επιλογή κατάλληλων
διατομών από διπολικά καλώδια)
            k=k+1;
        elseif i>singlecores+twocores
            x3_4(m,1)=Data(i,1); % διάνυσμα με ρεύματα μεγαλύτερα από αυτό που εισήγαγε ο χρήστης (επιλογή
κατάλληλων διατομών από τρι ή τετραπολικά καλώδια)
            m=m+1;
        end
    end
end

if Currentmax<=max(Data(singlecores+1:end,1))*groupedcables*factor2

fprintf('=====\\n');
    fprintf('Μπορείτε να επιλέξετε τις παρακάτω διατομές πολυπολικών καλωδίων:\\n');
end

```



```

mhdenikos2=any(x2);
if mhdenikos2==1
    newx2=x2(x2~=0);
    min2=min(newx2);
    r2=find(Data((singlecores+1):(singlecores+twocores),1)==min(min2))+singlecores; %εύρεση της σειράς με τη
    μικρότερη διατομή από τα διπολικά καλώδια
    if f==50
        fprintf('%dx(%s) ,Rc=%3.5fmΩ/m, Xc=%1.5fmΩ/m\n ',groupedcables, Cablesize{r2,1}, Data(r2,2)/groupedcables,
        Data(r2,3)/groupedcables);
    else
        fprintf('%dx(%s) ,Rc=%3.5fmΩ/m, Xc=%1.5fmΩ/m\n ',groupedcables, Cablesize{r2,1}, Data(r2,2)/groupedcables,
        Data(r2,4)/groupedcables);
    end
end

mhdenikos3=any(x3_4);
if mhdenikos3==1
    newx3_4=x3_4(x3_4~=0);
    min3_4=min(newx3_4);

r3_4=find(Data((singlecores+twocores+1):(singlecores+twocores+multicores),1)==min(min3_4)+(singlecores+twocores);
%εύρεση της σειράς με τη μικρότερη διατομή από τα τρι/τετρα-πολικά καλώδια
    if f==50
        fprintf('%dx(%s) ,Rc=%3.5fmΩ/m, Xc=%1.5fmΩ/m\n ',groupedcables, Cablesize{r3_4,1}, Data(r3_4,2)/groupedcables,
        Data(r3_4,3)/groupedcables);
    else
        fprintf('%dx(%s) ,Rc=%3.5fmΩ/m, Xc=%1.5fmΩ/m\n ',groupedcables, Cablesize{r3_4,1},
        Data(r3_4,2)/groupedcables, Data(r3_4,4)/groupedcables);
    end
end
next=input('Θέλετε να υπολογίσετε και άλλη διατομή καλωδίου; (y/n):','s');
end
fprintf('=====\n');

```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

### ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΕΝΗΤΡΙΩΝ

Το παράρτημα αυτό περιέχει πληροφορίες από τα datasheets των γεννητριών που επιλέχθηκαν για τα τρία υπό μελέτη πλοία. [13]

#### Γ.1



#### HCM634K WINDING 312

|                                          |                                                                                      |         |         |         |                                                     |         |         |         |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| CONTROL SYSTEM                           | SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.                                                         |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| A.V.R.                                   | MX321                                                                                |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| VOLTAGE REGULATION                       | ± 0.5 % With 4% ENGINE GOVERNING                                                     |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| SUSTAINED SHORT CIRCUIT                  | REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 7)                                     |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| INSULATION SYSTEM                        | CLASS H                                                                              |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| PROTECTION                               | IP23                                                                                 |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| RATED POWER FACTOR                       | 0.8                                                                                  |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| STATOR WINDING                           | DOUBLE LAYER LAP                                                                     |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| WINDING PITCH                            | TWO THIRDS                                                                           |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| WINDING LEADS                            | 6                                                                                    |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| STATOR WDG. RESISTANCE                   | 0.0017 Ohms PER PHASE AT 22°C STAR CONNECTED                                         |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| ROTOR WDG. RESISTANCE                    | 2.36 Ohms at 22°C                                                                    |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| R.F.I. SUPPRESSION                       | BS EN 61000-6-2 & BS EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| WAVEFORM DISTORTION                      | NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%                            |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| MAXIMUM OVERSPEED                        | 2250 Rev/Min                                                                         |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| BEARING DRIVE END                        | BALL. 6224 (ISO)                                                                     |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| BEARING NON-DRIVE END                    | BALL. 6317 (ISO)                                                                     |         |         |         |                                                     |         |         |         |
|                                          | 1 BEARING                                                                            |         |         |         | 2 BEARING                                           |         |         |         |
| WEIGHT COMP. GENERATOR                   | 2541 kg                                                                              |         |         |         | 2581 kg                                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND STATOR                      | 1294 kg                                                                              |         |         |         | 1294 kg                                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND ROTOR                       | 1093 kg                                                                              |         |         |         | 1408 kg                                             |         |         |         |
| WR <sup>2</sup> INERTIA                  | 26.5295 kgm <sup>2</sup>                                                             |         |         |         | 25.9823 kgm <sup>2</sup>                            |         |         |         |
| SHIPPING WEIGHTS in a crate              | 2601 kg                                                                              |         |         |         | 2622 kg                                             |         |         |         |
| PACKING CRATE SIZE                       | 194 x 92 x 147(cm)                                                                   |         |         |         | 194 x 92 x 147(cm)                                  |         |         |         |
|                                          | 50 Hz                                                                                |         |         |         | 60 Hz                                               |         |         |         |
| TELEPHONE INTERFERENCE                   | THF<2%                                                                               |         |         |         | TIF<50                                              |         |         |         |
| COOLING AIR                              | 1.614 m <sup>3</sup> /sec 3420 cfm                                                   |         |         |         | 1.961 m <sup>3</sup> /sec 4156 cfm                  |         |         |         |
| VOLTAGE SERIES STAR                      | 380/220                                                                              | 400/231 | 415/240 | 440/254 | 416/240                                             | 440/254 | 460/266 | 480/277 |
| KVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES     | 930                                                                                  | 950     | 970     | 970     | 1150                                                | 1200    | 1238    | 1275    |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS SYNCHRONOUS     | 2.33                                                                                 | 2.15    | 2.04    | 1.81    | 2.89                                                | 2.69    | 2.54    | 2.40    |
| X' <sub>d</sub> DIR. AXIS TRANSIENT      | 0.18                                                                                 | 0.17    | 0.17    | 0.15    | 0.23                                                | 0.22    | 0.21    | 0.20    |
| X'' <sub>d</sub> DIR. AXIS SUBTRANSIENT  | 0.13                                                                                 | 0.12    | 0.11    | 0.10    | 0.16                                                | 0.15    | 0.14    | 0.13    |
| X <sub>q</sub> QUAD. AXIS REACTANCE      | 1.37                                                                                 | 1.26    | 1.20    | 1.06    | 1.70                                                | 1.58    | 1.49    | 1.41    |
| X'' <sub>q</sub> QUAD. AXIS SUBTRANSIENT | 0.19                                                                                 | 0.18    | 0.17    | 0.15    | 0.24                                                | 0.22    | 0.21    | 0.20    |
| X <sub>L</sub> LEAKAGE REACTANCE         | 0.07                                                                                 | 0.06    | 0.05    | 0.05    | 0.08                                                | 0.07    | 0.07    | 0.06    |
| X <sub>0</sub> NEGATIVE SEQUENCE         | 0.18                                                                                 | 0.17    | 0.17    | 0.15    | 0.23                                                | 0.22    | 0.21    | 0.20    |
| X <sub>0</sub> ZERO SEQUENCE             | 0.03                                                                                 | 0.02    | 0.02    | 0.02    | 0.03                                                | 0.03    | 0.03    | 0.03    |
|                                          | REACTANCES ARE SATURATED                                                             |         |         |         | VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED |         |         |         |
| T <sub>d</sub> TRANSIENT TIME CONST.     | 0.185 s                                                                              |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| T' <sub>d</sub> SUB-TRANSTIME CONST.     | 0.025 s                                                                              |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| T <sub>do</sub> O.C. FIELD TIME CONST.   | 3.4s                                                                                 |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| T <sub>a</sub> ARMATURE TIME CONST.      | 0.049 s                                                                              |         |         |         |                                                     |         |         |         |
| SHORT CIRCUIT RATIO                      | 1/X <sub>d</sub>                                                                     |         |         |         |                                                     |         |         |         |

**HCM434E**  
**WINDING 311**

**STAMFORD**

|                                                                              |                                                                                      |         |                          |         |                                   |         |         |         |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|---------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| CONTROL SYSTEM                                                               | SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.                                                         |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| A.V.R.                                                                       | MX321                                                                                | MX341   |                          |         |                                   |         |         |         |
| VOLTAGE REGULATION                                                           | ± 0.5 %                                                                              | ± 1.0 % | With 4% ENGINE GOVERNING |         |                                   |         |         |         |
| SUSTAINED SHORT CIRCUIT                                                      | REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 7)                                     |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| INSULATION SYSTEM                                                            | CLASS H                                                                              |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| PROTECTION                                                                   | IP23                                                                                 |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| RATED POWER FACTOR                                                           | 0.8                                                                                  |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| STATOR WINDING                                                               | DOUBLE LAYER LAP                                                                     |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| WINDING PITCH                                                                | TWO THIRDS                                                                           |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| WINDING LEADS                                                                | 12                                                                                   |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| STATOR WDG. RESISTANCE                                                       | 0.009 Ohms PER PHASE AT 22°C SERIES STAR CONNECTED                                   |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| ROTOR WDG. RESISTANCE                                                        | 1.19 Ohms at 22°C                                                                    |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| EXCITER STATOR RESISTANCE                                                    | 18 Ohms at 22°C                                                                      |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| EXCITER ROTOR RESISTANCE                                                     | 0.068 Ohms PER PHASE AT 22°C                                                         |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| R.F.I. SUPPRESSION                                                           | BS EN 61000-6-2 & BS EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| WAVEFORM DISTORTION                                                          | NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%                            |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| MAXIMUM OVERSPEED                                                            | 2250 Rev/MIn                                                                         |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| BEARING DRIVE END                                                            | BALL. 6317 (ISO)                                                                     |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| BEARING NON-DRIVE END                                                        | BALL. 6314 (ISO)                                                                     |         |                          |         |                                   |         |         |         |
|                                                                              | 1 BEARING                                                                            |         |                          |         | 2 BEARING                         |         |         |         |
| WEIGHT COMP. GENERATOR                                                       | 1024 kg                                                                              |         |                          |         | 1030 kg                           |         |         |         |
| WEIGHT WOUND STATOR                                                          | 470 kg                                                                               |         |                          |         | 470 kg                            |         |         |         |
| WEIGHT WOUND ROTOR                                                           | 400 kg                                                                               |         |                          |         | 377 kg                            |         |         |         |
| WR <sup>2</sup> INERTIA                                                      | 4.6331 kgm <sup>2</sup>                                                              |         |                          |         | 4.4343 kgm <sup>2</sup>           |         |         |         |
| SHIPPING WEIGHTS In a crate                                                  | 1095 kg                                                                              |         |                          |         | 1100 kg                           |         |         |         |
| PACKING CRATE SIZE                                                           | 155 x 87 x 107(cm)                                                                   |         |                          |         | 155 x 87 x 107(cm)                |         |         |         |
|                                                                              | 50 Hz                                                                                |         |                          |         | 60 Hz                             |         |         |         |
| TELEPHONE INTERFERENCE                                                       | THF<2%                                                                               |         |                          |         | TIF<50                            |         |         |         |
| COOLING AIR                                                                  | 0.80 m <sup>3</sup> /sec. 1700 cfm                                                   |         |                          |         | 0.99 m <sup>3</sup> /sec 2100 cfm |         |         |         |
| VOLTAGE SERIES STAR                                                          | 380/220                                                                              | 400/231 | 415/240                  | 440/254 | 415/240                           | 440/254 | 460/266 | 480/277 |
| VOLTAGE PARALLEL STAR                                                        | 190/110                                                                              | 200/115 | 208/120                  | 220/127 | 208/120                           | 220/127 | 230/133 | 240/138 |
| VOLTAGE SERIES DELTA                                                         | 220/110                                                                              | 230/115 | 240/120                  | 254/127 | 240/120                           | 254/127 | 266/133 | 277/138 |
| KVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES                                         | 295                                                                                  | 295     | 295                      | 295     | 340                               | 350     | 365     | 370     |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS SYNCHRONOUS                                         | 2.53                                                                                 | 2.29    | 2.12                     | 1.89    | 2.95                              | 2.71    | 2.59    | 2.41    |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS TRANSIENT                                           | 0.17                                                                                 | 0.15    | 0.14                     | 0.13    | 0.18                              | 0.16    | 0.16    | 0.15    |
| X <sub>d</sub> ' DIR. AXIS SUBTRANSIENT                                      | 0.12                                                                                 | 0.11    | 0.10                     | 0.09    | 0.13                              | 0.12    | 0.11    | 0.10    |
| X <sub>q</sub> QUAD. AXIS REACTANCE                                          | 2.17                                                                                 | 1.96    | 1.82                     | 1.62    | 2.48                              | 2.28    | 2.18    | 2.03    |
| X <sub>q</sub> ' QUAD. AXIS SUBTRANSIENT                                     | 0.30                                                                                 | 0.27    | 0.25                     | 0.22    | 0.35                              | 0.32    | 0.31    | 0.28    |
| X <sub>l</sub> LEAKAGE REACTANCE                                             | 0.06                                                                                 | 0.05    | 0.05                     | 0.04    | 0.07                              | 0.06    | 0.06    | 0.06    |
| X <sub>2</sub> NEGATIVE SEQUENCE                                             | 0.20                                                                                 | 0.18    | 0.17                     | 0.15    | 0.24                              | 0.22    | 0.21    | 0.19    |
| X <sub>0</sub> ZERO SEQUENCE                                                 | 0.08                                                                                 | 0.07    | 0.07                     | 0.06    | 0.09                              | 0.08    | 0.07    | 0.07    |
| REACTANCES ARE SATURATED VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED |                                                                                      |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| T <sub>d</sub> TRANSIENT TIME CONST.                                         | 0.08s                                                                                |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| T <sub>d</sub> ' SUB-TRANSTIME CONST.                                        | 0.019s                                                                               |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| T <sub>do</sub> O.C. FIELD TIME CONST.                                       | 1.7s                                                                                 |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| T <sub>a</sub> ARMATURE TIME CONST.                                          | 0.018s                                                                               |         |                          |         |                                   |         |         |         |
| SHORT CIRCUIT RATIO                                                          | 1/X <sub>d</sub>                                                                     |         |                          |         |                                   |         |         |         |

### F.3

#### HCM534F

**STAMFORD**

#### WINDING 311

|                                         |                                                                                      |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| CONTROL SYSTEM                          | SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.                                                         |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| A.V.R.                                  | MX321                                                                                | MX341   |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| VOLTAGE REGULATION                      | ± 0.5 %                                                                              | ± 1.0 % | With 4% ENGINE GOVERNING |                                                     |                                    |         |         |         |
| SUSTAINED SHORT CIRCUIT                 | REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 7)                                     |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| INSULATION SYSTEM                       | CLASS H                                                                              |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| PROTECTION                              | IP23                                                                                 |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| RATED POWER FACTOR                      | 0.8                                                                                  |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| STATOR WINDING                          | DOUBLE LAYER LAP                                                                     |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| WINDING FITCH                           | TWO THIRDS                                                                           |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| WINDING LEADS                           | 12                                                                                   |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| STATOR WDG. RESISTANCE                  | 0.0037 Ohms PER PHASE AT 22°C SERIES STAR CONNECTED                                  |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| ROTOR WDG. RESISTANCE                   | 2.16 Ohms at 22°C                                                                    |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| EXCITER STATOR RESISTANCE               | 17 Ohms at 22°C                                                                      |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| EXCITER ROTOR RESISTANCE                | 0.092 Ohms PER PHASE AT 22°C                                                         |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| R.F.I. SUPPRESSION                      | BS EN 61000-6-2 & BS EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| WAVEFORM DISTORTION                     | NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%                            |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| MAXIMUM OVERSPEED                       | 2250 Rev/Min                                                                         |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| BEARING DRIVE END                       | BALL. 6220 (ISO)                                                                     |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| BEARING NON-DRIVE END                   | BALL. 6314 (ISO)                                                                     |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
|                                         | 1 BEARING                                                                            |         |                          |                                                     | 2 BEARING                          |         |         |         |
| WEIGHT COMP. GENERATOR                  | 1685 kg                                                                              |         |                          |                                                     | 1694 kg                            |         |         |         |
| WEIGHT WOUND STATOR                     | 805 kg                                                                               |         |                          |                                                     | 805 kg                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND ROTOR                      | 684 kg                                                                               |         |                          |                                                     | 655 kg                             |         |         |         |
| WR <sup>2</sup> INERTIA                 | 10.033 kgm <sup>2</sup>                                                              |         |                          |                                                     | 9.7551 kgm <sup>2</sup>            |         |         |         |
| SHIPPING WEIGHTS in a crate             | 1775 kg                                                                              |         |                          |                                                     | 1780 kg                            |         |         |         |
| PACKING CRATE SIZE                      | 166 x 87 x 124(cm)                                                                   |         |                          |                                                     | 166 x 87 x 124(cm)                 |         |         |         |
|                                         | 50 Hz                                                                                |         |                          |                                                     | 60 Hz                              |         |         |         |
| TELEPHONE INTERFERENCE                  | THF<2%                                                                               |         |                          |                                                     | TIF<50                             |         |         |         |
| COOLING AIR                             | 1.035 m <sup>3</sup> /sec 2202 cfm                                                   |         |                          |                                                     | 1.312 m <sup>3</sup> /sec 2780 cfm |         |         |         |
| VOLTAGE SERIES STAR                     | 380/220                                                                              | 400/231 | 415/240                  | 440/254                                             | 416/240                            | 440/254 | 460/266 | 480/277 |
| VOLTAGE PARALLEL STAR                   | 190/110                                                                              | 200/115 | 208/120                  | 220/127                                             | 208/120                            | 220/127 | 230/133 | 240/138 |
| VOLTAGE SERIES DELTA                    | 220/110                                                                              | 230/115 | 240/120                  | 254/127                                             | 240/120                            | 254/127 | 266/133 | 277/138 |
| KVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES    | 565                                                                                  | 585     | 600                      | 600                                                 | 663                                | 694     | 706     | 725     |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS SYNCHRONOUS    | 2.45                                                                                 | 2.29    | 2.18                     | 1.94                                                | 2.99                               | 2.80    | 2.60    | 2.46    |
| X' <sub>d</sub> DIR. AXIS TRANSIENT     | 0.13                                                                                 | 0.12    | 0.12                     | 0.10                                                | 0.14                               | 0.13    | 0.12    | 0.11    |
| X'' <sub>d</sub> DIR. AXIS SUBTRANSIENT | 0.09                                                                                 | 0.09    | 0.08                     | 0.07                                                | 0.10                               | 0.09    | 0.09    | 0.08    |
| X <sub>q</sub> QUAD. AXIS REACTANCE     | 2.04                                                                                 | 1.91    | 1.82                     | 1.62                                                | 2.39                               | 2.24    | 2.08    | 1.96    |
| X' <sub>q</sub> QUAD. AXIS SUBTRANSIENT | 0.21                                                                                 | 0.20    | 0.19                     | 0.17                                                | 0.28                               | 0.26    | 0.24    | 0.23    |
| X <sub>l</sub> LEAKAGE REACTANCE        | 0.04                                                                                 | 0.03    | 0.04                     | 0.03                                                | 0.04                               | 0.04    | 0.04    | 0.04    |
| X <sub>2</sub> NEGATIVE SEQUENCE        | 0.15                                                                                 | 0.14    | 0.13                     | 0.12                                                | 0.19                               | 0.18    | 0.17    | 0.16    |
| X <sub>0</sub> ZERO SEQUENCE            | 0.07                                                                                 | 0.07    | 0.06                     | 0.06                                                | 0.08                               | 0.07    | 0.07    | 0.07    |
| REACTANCES ARE SATURATED                |                                                                                      |         |                          | VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED |                                    |         |         |         |
| T <sub>d</sub> TRANSIENT TIME CONST.    | 0.08s                                                                                |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| T' <sub>d</sub> SUB-TRANSTIME CONST.    | 0.012s                                                                               |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| T <sub>do</sub> O.C. FIELD TIME CONST.  | 2.5s                                                                                 |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| T <sub>a</sub> ARMATURE TIME CONST.     | 0.019s                                                                               |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |
| SHORT CIRCUIT RATIO                     | 1/X <sub>d</sub>                                                                     |         |                          |                                                     |                                    |         |         |         |

**UCM274E**

**STAMFORD**

**WINDING 311**

|                                                                              |                                                                                      |         |                          |         |                                    |         |         |         |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| CONTROL SYSTEM                                                               | SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.                                                         |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| A.V.R.                                                                       | MX321                                                                                | MX341   |                          |         |                                    |         |         |         |
| VOLTAGE REGULATION                                                           | ± 0.5 %                                                                              | ± 1.0 % | With 4% ENGINE GOVERNING |         |                                    |         |         |         |
| SUSTAINED SHORT CIRCUIT                                                      | REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 7)                                     |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| INSULATION SYSTEM                                                            | CLASS H                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| PROTECTION                                                                   | IP23                                                                                 |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| RATED POWER FACTOR                                                           | 0.8                                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| STATOR WINDING                                                               | DOUBLE LAYER CONCENTRIC                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| WINDING FITCH                                                                | TWO THIRDS                                                                           |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| WINDING LEADS                                                                | 12                                                                                   |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| STATOR WDG. RESISTANCE                                                       | 0.0317 Ohms PER PHASE AT 22°C SERIES STAR CONNECTED                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| ROTOR WDG. RESISTANCE                                                        | 1.34 Ohms at 22°C                                                                    |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| EXCITER STATOR RESISTANCE                                                    | 20 Ohms at 22°C                                                                      |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| EXCITER ROTOR RESISTANCE                                                     | 0.091 Ohms PER PHASE AT 22°C                                                         |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| R.F.I. SUPPRESSION                                                           | B0 EN 61000-6-2 & B0 EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| WAVEFORM DISTORTION                                                          | NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%                            |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| MAXIMUM OVERSPEED                                                            | 2250 Rev/Min                                                                         |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| BEARING DRIVE END                                                            | BALL 6315-2RS (ISO)                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| BEARING NON-DRIVE END                                                        | BALL 6310-2RS (ISO)                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
|                                                                              | 1 BEARING                                                                            |         |                          |         | 2 BEARING                          |         |         |         |
| WEIGHT COMP. GENERATOR                                                       | 492 kg                                                                               |         |                          |         | 511 kg                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND STATOR                                                          | 180 kg                                                                               |         |                          |         | 180 kg                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND ROTOR                                                           | 167.5 kg                                                                             |         |                          |         | 156.6 kg                           |         |         |         |
| WR <sup>2</sup> INERTIA                                                      | 1.3271 kgm <sup>2</sup>                                                              |         |                          |         | 1.2765 kgm <sup>2</sup>            |         |         |         |
| SHIPPING WEIGHTS in a crate                                                  | 525 kg                                                                               |         |                          |         | 539 kg                             |         |         |         |
| PACKING CRATE SIZE                                                           | 123 x 67 x 103 (cm)                                                                  |         |                          |         | 123 x 67 x 103 (cm)                |         |         |         |
|                                                                              | 50 Hz                                                                                |         |                          |         | 60 Hz                              |         |         |         |
| TELEPHONE INTERFERENCE                                                       | THF<2%                                                                               |         |                          |         | TIF<50                             |         |         |         |
| COOLING AIR                                                                  | 0.514 m <sup>3</sup> /sec 1090 cfm                                                   |         |                          |         | 0.617 m <sup>3</sup> /sec 1308 cfm |         |         |         |
| VOLTAGE SERIES STAR                                                          | 380/220                                                                              | 400/231 | 415/240                  | 440/254 | 416/240                            | 440/254 | 460/266 | 480/277 |
| VOLTAGE PARALLEL STAR                                                        | 190/110                                                                              | 200/115 | 208/120                  | 220/127 | 208/120                            | 220/127 | 230/133 | 240/138 |
| VOLTAGE SERIES DELTA                                                         | 220/110                                                                              | 230/115 | 240/120                  | 254/127 | 240/120                            | 254/127 | 266/133 | 277/138 |
| KVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES                                         | 120                                                                                  | 120     | 120                      | N/A     | 135                                | 137.5   | 140     | 144     |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS SYNCHRONOUS                                         | 2.01                                                                                 | 1.81    | 1.68                     | -       | 2.26                               | 2.06    | 1.91    | 1.81    |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS TRANSIENT                                           | 0.18                                                                                 | 0.16    | 0.15                     | -       | 0.21                               | 0.19    | 0.18    | 0.17    |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS SUBTRANSIENT                                        | 0.12                                                                                 | 0.11    | 0.10                     | -       | 0.14                               | 0.13    | 0.13    | 0.11    |
| X <sub>q</sub> QUAD. AXIS REACTANCE                                          | 1.31                                                                                 | 1.18    | 1.10                     | -       | 1.47                               | 1.34    | 1.25    | 1.18    |
| X <sub>q</sub> QUAD. AXIS SUBTRANSIENT                                       | 0.15                                                                                 | 0.14    | 0.13                     | -       | 0.19                               | 0.17    | 0.16    | 0.14    |
| X <sub>l</sub> LEAKAGE REACTANCE                                             | 0.07                                                                                 | 0.07    | 0.06                     | -       | 0.08                               | 0.07    | 0.07    | 0.06    |
| X <sub>2</sub> NEGATIVE SEQUENCE                                             | 0.14                                                                                 | 0.12    | 0.11                     | -       | 0.16                               | 0.15    | 0.13    | 0.13    |
| X <sub>0</sub> ZERO SEQUENCE                                                 | 0.09                                                                                 | 0.08    | 0.07                     | -       | 0.09                               | 0.08    | 0.08    | 0.07    |
| REACTANCES ARE SATURATED VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED |                                                                                      |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>d</sub> TRANSIENT TIME CONST.                                         | 0.032 s                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>d</sub> SUB-TRANSTIME CONST.                                          | 0.01 s                                                                               |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>do</sub> O.C. FIELD TIME CONST.                                       | 0.86 s                                                                               |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>a</sub> ARMATURE TIME CONST.                                          | 0.007 s                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| SHORT CIRCUIT RATIO                                                          | 1/X <sub>d</sub>                                                                     |         |                          |         |                                    |         |         |         |

# F.5

## UCM274G

**STAMFORD**

### WINDING 311

|                                                                              |                                                                                      |         |                          |         |                                    |         |         |         |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| CONTROL SYSTEM                                                               | SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.                                                         |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| A.V.R.                                                                       | MX321                                                                                | MX341   |                          |         |                                    |         |         |         |
| VOLTAGE REGULATION                                                           | ± 0.5 %                                                                              | ± 1.0 % | With 4% ENGINE GOVERNING |         |                                    |         |         |         |
| SUSTAINED SHORT CIRCUIT                                                      | REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 7)                                     |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| INSULATION SYSTEM                                                            | CLASS H                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| PROTECTION                                                                   | IP23                                                                                 |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| RATED POWER FACTOR                                                           | 0.8                                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| STATOR WINDING                                                               | DOUBLE LAYER CONCENTRIC                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| WINDING FITCH                                                                | TWO THIRDS                                                                           |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| WINDING LEADS                                                                | 12                                                                                   |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| STATOR WDG. RESISTANCE                                                       | 0.0199 Ohms PER PHASE AT 22°C SERIES STAR CONNECTED                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| ROTOR WDG. RESISTANCE                                                        | 1.69 Ohms at 22°C                                                                    |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| EXCITER STATOR RESISTANCE                                                    | 20 Ohms at 22°C                                                                      |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| EXCITER ROTOR RESISTANCE                                                     | 0.091 Ohms PER PHASE AT 22°C                                                         |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| R.F.I. SUPPRESSION                                                           | B3 EN 61000-6-2 & B3 EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| WAVEFORM DISTORTION                                                          | NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%                            |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| MAXIMUM OVERSPEED                                                            | 2250 Rev/Min                                                                         |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| BEARING DRIVE END                                                            | BALL 6315-2RS (ISO)                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| BEARING NON-DRIVE END                                                        | BALL 6310-2RS (ISO)                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
|                                                                              | 1 BEARING                                                                            |         |                          |         | 2 BEARING                          |         |         |         |
| WEIGHT COMP. GENERATOR                                                       | 580 kg                                                                               |         |                          |         | 598 kg                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND STATOR                                                          | 225 kg                                                                               |         |                          |         | 225 kg                             |         |         |         |
| WEIGHT WOUND ROTOR                                                           | 210.4 kg                                                                             |         |                          |         | 199.4 kg                           |         |         |         |
| WR <sup>2</sup> INERTIA                                                      | 1.7674 kgm <sup>2</sup>                                                              |         |                          |         | 1.7169 kgm <sup>2</sup>            |         |         |         |
| SHIPPING WEIGHTS in a crate                                                  | 613 kg                                                                               |         |                          |         | 630 kg                             |         |         |         |
| PACKING CRATE SIZE                                                           | 123 x 67 x 103 (cm)                                                                  |         |                          |         | 123 x 67 x 103 (cm)                |         |         |         |
|                                                                              | 50 Hz                                                                                |         |                          |         | 60 Hz                              |         |         |         |
| TELEPHONE INTERFERENCE                                                       | THF<2%                                                                               |         |                          |         | TIF<50                             |         |         |         |
| COOLING AIR                                                                  | 0.514 m <sup>3</sup> /sec 1090 cfm                                                   |         |                          |         | 0.617 m <sup>3</sup> /sec 1308 cfm |         |         |         |
| VOLTAGE SERIES STAR                                                          | 380/220                                                                              | 400/231 | 415/240                  | 440/254 | 416/240                            | 440/254 | 460/266 | 480/277 |
| VOLTAGE PARALLEL STAR                                                        | 190/110                                                                              | 200/115 | 208/120                  | 220/127 | 208/120                            | 220/127 | 230/133 | 240/138 |
| VOLTAGE SERIES DELTA                                                         | 220/110                                                                              | 230/115 | 240/120                  | 254/127 | 240/120                            | 254/127 | 266/133 | 277/138 |
| KVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES                                         | 159                                                                                  | 159     | 159                      | N/A     | 186.4                              | 192.8   | 192.8   | 205.7   |
| X <sub>d</sub> DIR. AXIS SYNCHRONOUS                                         | 1.87                                                                                 | 1.70    | 1.57                     | -       | 2.21                               | 2.04    | 1.87    | 1.83    |
| X' <sub>d</sub> DIR. AXIS TRANSIENT                                          | 0.16                                                                                 | 0.15    | 0.14                     | -       | 0.19                               | 0.18    | 0.16    | 0.16    |
| X'' <sub>d</sub> DIR. AXIS SUBTRANSIENT                                      | 0.11                                                                                 | 0.11    | 0.10                     | -       | 0.14                               | 0.12    | 0.11    | 0.11    |
| X <sub>q</sub> QUAD. AXIS REACTANCE                                          | 1.13                                                                                 | 1.02    | 0.95                     | -       | 1.34                               | 1.24    | 1.13    | 1.10    |
| X'' <sub>q</sub> QUAD. AXIS SUBTRANSIENT                                     | 0.15                                                                                 | 0.14    | 0.13                     | -       | 0.16                               | 0.15    | 0.14    | 0.13    |
| X <sub>L</sub> LEAKAGE REACTANCE                                             | 0.07                                                                                 | 0.06    | 0.06                     | -       | 0.08                               | 0.07    | 0.07    | 0.06    |
| X <sub>0</sub> NEGATIVE SEQUENCE                                             | 0.11                                                                                 | 0.11    | 0.10                     | -       | 0.15                               | 0.13    | 0.11    | 0.12    |
| X <sub>0</sub> ZERO SEQUENCE                                                 | 0.07                                                                                 | 0.06    | 0.06                     | -       | 0.09                               | 0.08    | 0.07    | 0.07    |
| REACTANCES ARE SATURATED VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED |                                                                                      |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>d</sub> TRANSIENT TIME CONST.                                         | 0.038 s                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T' <sub>d</sub> SUB-TRANSTIME CONST.                                         | 0.012 s                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>do</sub> O.C. FIELD TIME CONST.                                       | 1.5                                                                                  |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| T <sub>a</sub> ARMATURE TIME CONST.                                          | 0.001 s                                                                              |         |                          |         |                                    |         |         |         |
| SHORT CIRCUIT RATIO                                                          | 1/X <sub>d</sub>                                                                     |         |                          |         |                                    |         |         |         |

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βασιλείου Κ. Παπαδιά 'Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος ΙΙ, Ασύμμετρες και Μεταβατικές Καταστάσεις', ΕΜΠ, Αθήνα 1993
- [2] Χρίστος Αθ. Φραγκόπουλος, Ιωάννης Μ. Προυσαλίδης, 'Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου, Τεύχος Α', Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις, Εισαγωγή στον Αυτοματισμό', ΕΜΠ, Αθήνα 2005
- [3] Ι.Π. Ιωαννίδης, Χ.Α. Φραγκόπουλος, Ι.Μ. Προυσαλίδης, 'Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου, Συμπληρωματικά Βοηθήματα και Ασκήσεις', ΕΜΠ, Αθήνα 2010
- [4] IEC 61363-1, First edition 1998-02, 'Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units – Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in the three-phase a.c.', IEC 1998
- [5] IEC 60092-352, Third edition 2005-09, 'Electrical Installations in ships – Part 352: Choice and installation of electrical cables', IEC 2005
- [6] IEC 60228, Third edition 2004-11, 'Conductors of insulated cables', IEC 2004
- [7] GL Rules and Guidelines, I- Part 1, Chapter 3, GL 2010
- [8] IEC 60287-1-1, Edition 1.2, 2001-11, 'Electric Cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equation (100% load factor) and calculation of losses – General', IEC 2001
- [9] Mitsubishi Electric Company, '9 SHORT CIRCUIT CURRENT CALCULATIONS',  
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/haisei/lvs/downloads/pdf/tech/shortcircuit.pdf>
- [10] Ι.Π. Ιωαννίδης, 'Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού', ΕΜΠ, Αθήνα 1998
- [11] C. Fischer, 'Electrical Systems Design of a Maritime Search and Rescue Vessel', 2008
- [12]<http://www.parszereh.com/products/Generators/EnglishStamford/hcm634k.pdf>
- [13] <https://www.cumminsgeneratortechnologies.com/en/>
- [14] JM Prousalidis, 'The necessity of reactive power balance in ship electric energy systems', Journal of Marine Engineering and Technology, IMareEST,, January 2011, pp 37-47
- [15] Prousalidis JM, Xanthopoulos E and Voutzoulidis C. 2009, 'On reactive power sharing in ship energy systems with shaft generators', Journal of Marine Engineering & Technology (Part A13), IMarEST,(Feb),21-38
- [16] SOLAS, Consolidated edition 2009, IMO

- [17] Κ. Λαζαρίδης, ‘Αναλυτικός Ηλεκτρικός Ισολογισμός και Μελέτη Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Πλοίου με Μέση και Χαμηλή Τάση’, Διπλωματική εργασία, Ιούνιος 2005
- [18] Π. Γεωργάκης, ‘Εκτίμηση παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργίας μηχανοστασίων σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier) και δεξαμενόπλοιων (Tanker)’, Διπλωματική εργασία, Οκτώβριος 2012
- [19] MARPOL 73/78, Annex VI, Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships, Technical and Operational Implications, DNV
- [20]<http://www.imo.org>
- [21] <http://www.abb.com/>
- [22] Π. Ντοκόπουλος, ‘Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών’, Θεσσαλονίκη 2005
- [23] Dennis T. Hall B.A. (Hons), C. Eng., M.I.E.E., M.I.Mar.E, ‘Practical Marine Electrical Knowledge’, Second edition, 1999.
- [24] Ι.Μ. Προυσαλίδης, Ι.Κ. Χατζηλάου, Ε. Στυβακτάκης, Φ. Κανέλλος, Ν. Χατζηαργυρίου, Χ. Φραγκόπουλος, Η. Σοφράς, ‘Ηλεκτροπρόωση Πλοίων και Πλήρως Εξηλεκτρισμένο Πλοίο: Προβλήματα Ποιότητας Ισχύος’, ΤΕΕ, Αθήνα, Ιανουάριος 2006.
- [25] Ι.Κ. Χατζηλάου, Ι.Μ. Προυσαλίδης, Γ. Αντωνόπουλος, Ι.Κ. Γύπαρης, Π. Βαλλιανάτος, ‘Εξελίξεις στην ηλεκτροπρόωση πλοίων και ανασκόπηση ζητημάτων σχεδιασμού στο πλήρως εξηλεκτρισμένο πλοίο’, Ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς στην Ελλάδα – Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές, ΤΕΕ, Αθήνα, 12-13 Ιαν. 2006.
- [26] Rolls – Royce, <http://www.rolls-royce.com/>



