ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF NAVAL ARCHITECTURE & MARINE ENGINEERING

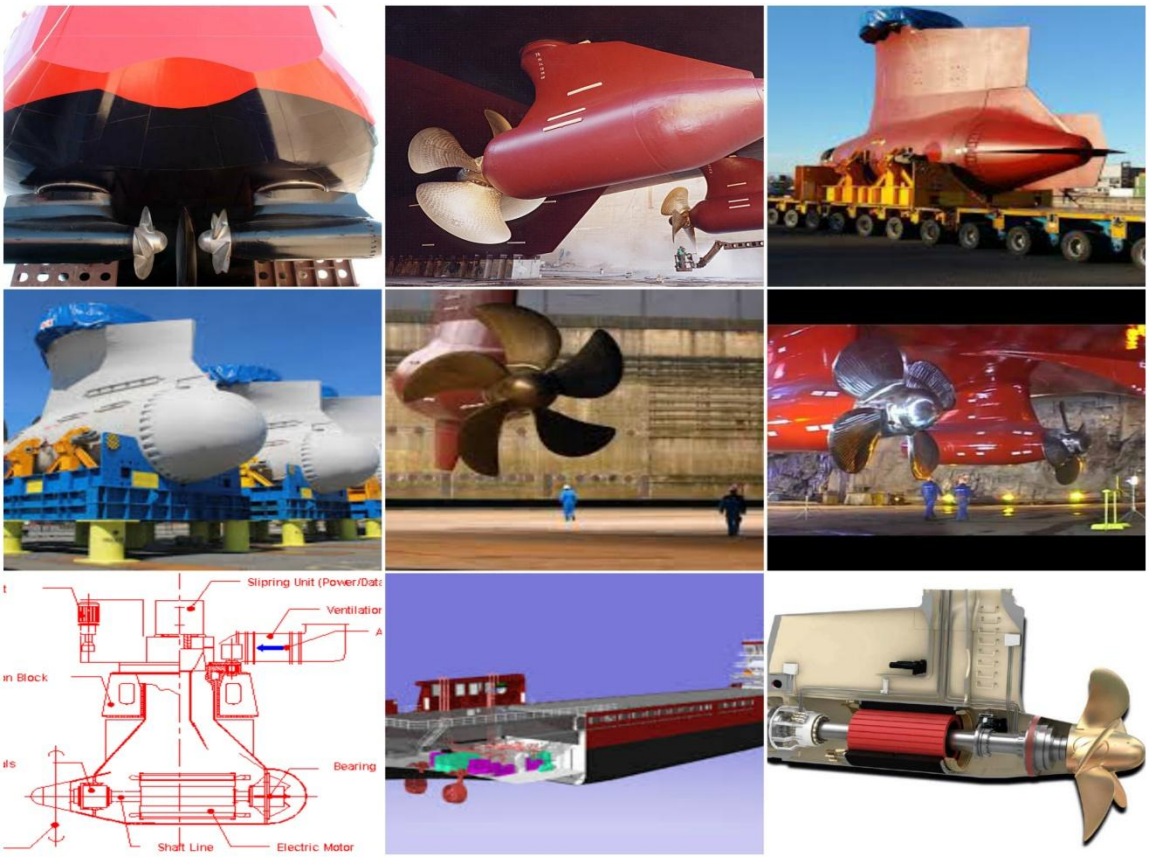
ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΛΟΙΟΥ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΟΩΣΤΗΡΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Για την ολοκλήρωση των απαιτήσεων των σπουδών και την απόκτηση του Διπλώματος του Ναυπηγού Μηχανολόγου Μηχανικού

του

ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Κ. ΧΟΝΔΡΟΔΗΜΟΥ



Επιβλέπων Καθηγητής: Ι. Μ. Προυσαλίδης

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Copyright © Evangelos K. Hondrodimos 2017

All rights reserved.

Unless otherwise indicated, every copy, storage and distribution of this work, in whole or part of it, for commercial purposes, is strictly forbidden. Any reproduction, storage and distribution for nonprofit purpose, for educational or research nature, is allowed, as long as the source of origin will be maintained and clearly referred. Questions concerning the use of labor for profit should be addressed to the author.

The approval of the present Diploma Thesis from the School of Naval Architecture and Marine Engineering of N.T.U.A. does not imply acceptance of the opinions of the author (Law 5343/1932, Article 202)

Έμπνευση και Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Υπεύθυνο, Αναπληρωτή Καθηγητή, κύριο Ι. Μ. Προυσαλίδη για την ανεκτίμητη υποστήριξη που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στην Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στα πλαίσια μιας συναδελφικής σχέσης διδασκαλίας και συνεργασίας, η οποία επέτρεψε την επίτευξη του επίπεδου γνώσεων που απαιτείται, των στόχων μου, και, αισίως, το αποτέλεσμα του περιεχομένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Περαιτέρω, οι ευχαριστίες μου επεκτείνονται στον Καθηγητή της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κύριο Γεώργιο Ζαραφωνίτη για τα ουσιαστικά σχόλια, την υποστήριξη, τη συνεργασία, τη βοήθεια που παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, και την τελική συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Αποτελεί, επίσης, τιμή μου η συμμετοχή στην εξεταστική επιτροπή, του Επίκουρου καθηγητή της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κυρίου Χ. Παπαδόπουλου.

Πολλές ευχαριστίες θα ήθελα, εν συνεχεία, να απευθύνω στον Διδάκτορα Ηλία Σοφρά και τον υποψήφιο Διδάκτορα Δημοσθένη Σπαθή για τη συνεργασία, . τα σχόλια, τις διορθώσεις, και τις κατευθυντήριες γραμμές που μου παρείχαν κατά τις φάσεις της ανάπτυξης του Ηλεκτρικού Ισολογισμού και σχεδίασης του δικτύου στο λογισμικό της DigSILENT αντιστοίχως.

Επιπλέον, είμαι περισσότερο ευγνώμων από τους ανθρώπους της οικογένειάς μου. Περισσότερο συγκεκριμένα από τον αδερφό μου, Γιώργο, για τη βοήθεια και την ηθική υποστήριξη, και τους γονείς μου Κωνσταντίνο Ε. Χονδροδήμο και Ευγενία Γ. Κωνσταντοπούλου για την ανεκτίμητη ηθική και οικονομική στήριξή τους κατά τη διάρκεια όλων των ετών των σπουδών μου, και για το ότι με δίδαξαν να ανεβαίνω αργά αλλά σταθερά στη ζωή, οικοδομώντας ισχυρά θεμέλια.

Τέλος θα ήθελα να αναφέρω ότι είμαι ευγνώμων στον οικογενειακό φίλο και Καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του ΤΕΙ Πάτρας , Φώτη Ηλιόπουλο, ο οποίος, αν και μας άφησε πρόωρα, μας μετέδωσε ένα εξαιρετικά σημαντικό ποσό γνώσεων της επιστήμης του και της ίδιας του της ζωής.

Ευάγγελος Κ. Χονδροδήμος

Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π

Πίνακας περιεχομένων

ABSTRACT 9

Περίληψη και Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας 11

Κεφάλαιο 1 14

1.1 Περιγραφή της Ηλεκτροπρόωσης 15

1.2 Η Ντιζελοηλεκτρική Πρόωση (Diesel-Electric Propulsion) 21

1.3 Η Έλικα στα συστήματα Ηλεκτρικής Πρόωσης 26

1.3.1. Έλικα Σταθερού Βήματος (Fixed Pitch Propeller / FPP) 26

1.3.2. Έλικα Ρυθμιζόμενου Βήματος (Controlled Pitch Propeller / CPP) 27

1.4. Αζιμουθιακό Προωστήριο Σύστημα (POD) 27

1.4.1. Μηχανική μετάδοση κίνησης: 27

1.4.2. Ηλεκτρική Μετάδοση Κίνησης: 30

1.5 Azipod 32

1.6 Περιγραφή Ωκεανογραφικών Πλοίων , των πλοίων Ειδικών σκοπών και των Ερευνητικών Πλοίων 43

1.7 Η Ωκεανογραφία και ο εξοπλισμός ενός σύγχρονου Ωκεανογραφικού σκάφους 45

1.8 Ο Ρόλος των Ωκεανογραφικών σκαφών 47

1.9 Η Ωκεανογραφία στην Ελλάδα 47

1.9.1 Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) 49

1.9.2 Η Ανάθεση 52

1.9.3 Το Ωκεανογραφικό Σκάφος ΑΙΓΑΙΟΝ 52

Κεφάλαιο 2 55

2.1 Απαιτήσεις Πλοιοκτήτη για τη Σχεδίαση και τον Εξοπλισμό του Πλοίου 56

2.2 Η Σχεδίαση του Πλοίου 58

2.3 Εκτίμηση-Πρόβλεψη της Αντίστασης 60

2.3.1 Εκτίμηση Αντίστασης στην ταχύτητα των 4 κόμβων 62

2.4 Η Κινητήρια εγκατάσταση του πλοίου και οι λόγοι που μας οδηγησαν στην επιλογή Ηλεκτροπρόωσης 65

2.4.1 Καθορισμός του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας 67

2.5 Ο Έλεγχος των στροφών των ηλεκτροκινητήρων πρόωσης 83

2.5.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ Ε.Ρ. 83

2.5.2 Ρυθμιστές Στροφών Κινητήρων – Motor Drives 87

2.6 Επιλεγείσα Κατηγορία ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης 89
2.7 Επιλεγείσα Ονομαστική Τάση Λειτουργίας 89
Κεφάλαιο 3 90
3.1 Καθορισμός της Ζήτησης Ενέργειας για την Ισχύ του Συστήματος Πρόωσης 91
3.2 Ισχύς για επίτευξη χαμηλής ταχύτητας των 4 κόμβων. 92
3.3 Καθορισμός και επιλογή Προωστηρίου Συστήματος 93
3.4 Επιλογή Ρυθμιστών Στροφών Κινητήρων Πρόωσης (Propulsion Drives) 101
3.5 Καθορισμός της απαιτούμενος Ισχύος του Πρωραίου Συστήματος Ώσης (Bow Thruster) ,επιλογή του, και επιλογή κατάλληλου ρυθμιστή στροφών για την οδήγησή του. 105
3.6 Καθορισμός Ισχύος Φωτισμού 109
3.7 Καθορισμός και επιλογή Μονάδας Βιολογικού Καθαρισμού 112
3.8 Καθορισμός απαιτούμενης ισχύος Εργάτη Άγκυρας 113
3.9 Καθορισμός Απαιτούμενης Ισχύος Κλιματισμού 115
3.10 Καθορισμός Ισχύος Γερανού Καταστρώματος 117
Κεφάλαιο 4 120
4.1 Ανάπτυξη Ηλεκτρικού Ισολογισμού 121
Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση Κανονικής Πορείας 124
4.3 Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση Χειρισμών 127
4.4 Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση Δειγματοληψίας 130
4.5 Ηλεκτρικός Ισολογισμός εν Όρμω 133
4.5.1 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ηλεκτρικού Ισολογισμού 136
4.6 Επιλογή Γεννητριών Diesel 137
4.6.1 Διαθέσιμος Χώρος στο Μηχανοστάσιο (Engine Room) 137
4.6.2 Επιλογή Γεννητριών 138
4.7 Εκτίμηση της Αυτονομίας του Πλοίου 142
4.7.1 Μέγιστη εκτιμώμενη ταχύτητα πλεύσης 144
4.8 Γενικά Στοιχεία για τις Γεννήτριες ενός Πλοίου 146
4.9 Ποσοστά Φόρτισης Ηλεκτρογεννητριών 148
4.10 Η Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (Emergency) 149
4.10.1 Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην περίπτωση Έκτακτης Ανάγκης (Emergency) 151
4.10.2 Επιλογή Emergency Generator 154
4.11 Συγκεντρωτικά Ποσοστά Φόρτισης Ηλεκτρογεννητριών 155
4.12 Η Ευελιξία του Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας 157

Κεφάλαιο 5 159
5.1 Επιλογή Καλωδίων Παροχής 160
5.1.1 Πτώση Τάσεως κατά μήκος Αγωγού 160
5.1.2 Γενικά για τους Ρευματαγωγούς 161
5.1.3 Σχετικά με τον Υπολογισμό της έντασης των καλωδίων παροχής 165
5.2 Υπολογισμός Βάρους και Μήκους Ρευματαγωγών 172
5.3 Μέσα προστασίας του Πλοίου 179
5.3.1 Αναφορά στα Διακοπτικά Μέσα 179
5.3.2 Εκλογή Ασφαλειών για το υπό μελέτη πλοίο 180
5.3.3 Σχετικά με τους Πίνακες Ασφαλειών (Switchboards) 184
5.3.4 Σχετικά με τους Ζυγούς (Bus Bars) 184
5.3.5 Υπολογισμός Διαστάσεων Ζυγών (Rating of Busbars) 185
5.4 Το πρόβλημα της Αέργου Ισχύος 192
5.4.1 Εκτίμηση Αέργου Ισχύος 194
5.4.2 Η συνεισφορά των Motor Drives στην εξοικονόμηση Αέργου Ισχύος 215
5.5 Επιλογή Μετασχηματιστών 219
5.6 Διατομές Ζυγών και Καλωδίων Πινάκων 232
5.7 Δίαταξη Λήψης ρεύματος από τη στεριά 234
Κεφάλαιο 6 236
6.1 Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων 237
6.1.1 Βασικές Παραδοχές πριν την Μελέτη Βραχυκυκλώματος 239
6.2 Ομαδοποίηση κινητήρων για τη Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων 241
6.3 Αποτελέσματα Μελέτης Βραχυκυκλωμάτων με τη χρήση του Microsoft Excel 243
6.3.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναμενόμενων Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης 260
6.4 DigSILENT Power Factory 262
6.4.1 Υπολογισμός Ροής Φορτίου (Load Flow Calculation) 262
6.4.2 Ανάλυση Βραχυκυκλώματος (Short Circuit Calculation) 265
6.4.3 Απόκλιση αποτελεσμάτων 271
6.4.4 Συμπεράσματα από τη χρήση του DigSILENT Power Factory 272
Κεφάλαιο 7 273
7.1 Ποιότητα Ηλεκτρικής Ισχύος 274
7.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΙΣΧΥΟΣ 274
7.3 Προβλήματα ποιότητας ισχύος 280
7.4 Ποιότητα Ισχύος στο υπό μελέτη Πλοίο 282

7.4.1 Η συμμετοχή των ρυθμιστών στροφών στη μείωση των αρμονικών παραμορφώσεων 282
7.5 Μέθοδοι ανάρθωσης για μείωση αρμονικών παραμορφώσεων ρυθμιστών στροφών. 284
7.6 Αναμενόμενα ποσοστά αρμονικής παραμόρφωσης 287
7.7 Συμπεράσματα σε όσον αφορά την αρμονική παραμόρφωση στο υπό μελέτη πλοίο. 290
Κεφάλαιο 8 291
8.1 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ 292
8.2 Συμπεράσματα 292
8.3 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη 294
Βιβλιογραφία 295
Διαδικτυακοί τόποι 297
Λογισμικά Ηλεκτρονικού Υπολογιστή 298
Ορισμοί, σύμβολα, δείκτες και εκθέτες 298
ΕΝΘΕΤΑ ΔΙΑΓΡΆΜΜΑΤΑ 305

ABSTRACT

The present Diploma Thesis deals with a particular form of propulsion, the Diesel-Electric, which shows increasing rates of application and evolution the field of shipping over the last years. We are going to examine the most critical factors that determine the design of a diesel-electric propulsion system which are, mainly, the propulsion motors, the ship's generators, and the rest features of the electrical network. More specifically, we will be interested in designing and studying the energy system of an Oceanographic Research Vessel (RV), as well as in the distribution, at the stage of consumption, in order to optimize the operation of the entire vessel. We had at our disposal the preliminary study of the ship, which included the basic features, the General Arrangement plan and the calculation of loading conditions and stability.

.

The continuity and the result of the above constitute the structure of this Diploma Thesis which consists of the following:

Chapter 1 *refers to the Electric Propulsion and Azimuth Propulsion System (POD), Special Purpose Ships with emphasis on Research Ships, the Hellenic Center for Marine Research, its mission and operational needs, the assignment of this study, and closes with Description of Oceanographic vessel AEGEAN, and the reasons.*

In ***Chapter 2****, the requirements for the design of this research vessel, its design and the provision of its navigational resistance are initially stated. The reason ,in the form of advantages, that led to the selection of the Electric Drive installation instead of conventional propulsion, the type of the electric power network, the way of controlling the speed of the drive motors are determined, and then the choice of the drive category and the nominal voltage Operation of the network.*

In ***Chapter 3****, we proceed to determine the required power of the propulsion system, and its choice. In determining the appropriate propulsion engine speed regulators, the choice of the front thrust system, and in describing the calculation of the required lighting power, the biological cleaning unit, the anchor worker and the air conditioning power.*

Chapter 4 *identified, carefully investigated the needs and requirements of the above research ship, and on the basis of which were defined all the machinery and equipment with which it should be equipped. They were counted, sorted and grouped in order to determine the amount of power that should be available to meet their energy needs and propulsion, and developed the Electric Balance Sheet for each cruise situation including Emergency, A choice of generators and their charge rates, an assessment of new autonomy, and a description of the flexibility of the ship's power generation system.*

In ***Chapter 5****, we first make a brief description of the currents and their types, and we continue to calculate their cross-section in our case, taking into account the voltage drop that occurs in each case. The selection of fuses and weights, the calculation of the weight of the cables, the determination of the resulting Reactive Power of the installation, the selection of suitable voltage downgrading transformers, and the required cross-sections of the scales and cabling of the panels as well as those of the receiving device Electricity from the land.*

Chapter 6 *describes the case of a Short Circuit and calculates the Installation Short Circuit Currents that could potentially be developed in the given case, initially using a properly configured program in Microsoft Excel and then with DigSILENT's Power Factory software.*

In ***Chapter 7****, reference is made to its power quality and its importance in the ship's electrical networks, and an illustration of this assessment, based on the manufacturer's specifications, for the ship under study, taking into account the THDs underlying the energy System we are studying.*

Finally, ***Chapter 8*** *contains the conclusions of this Diploma Thesis with an estimate of the rate at which our objectives have been achieved, as well as some proposals for future research and development of the under study ship, and the Electricity sector, in a more general context.*

Περίληψη και Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται μία ιδιαίτερη μορφή πρόωσης, αυτή της Ντήζελ-Ηλεκτρικής Πρόωσης, η οποία απαντάται, πλέον, σε όχι μικρό αριθμό πλοίων, και παρουσιάζει αυξητικά ποσοστά εφαρμογής και εξέλιξης κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών. Θα εξετάσουμε τους πιο κρίσιμους παράγοντες που καθορίζουν το σχεδιασμό ενός συστήματος ηλεκτροκίνησης μέσω ντίζελ, όπως, κυρίως, ο τύπος των κινητήρων πρόωσης του πλοίου, οι γεννήτριές του, και τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται να μας απασχολήσει τόσο ο σχεδιασμός και η μελέτη του συστήματος ενέργειας ενός Ωκεανογραφικού-Ερευνητικού Πλοίου , όσο και η διανομή αυτής μέχρι το στάδιο της κατανάλωσης, με σκοπό την όσο γίνεται πιο βέλτιστη λειτουργία του όλου σκάφους. Είχαμε στην διάθεσή μας την προμελέτη του πλοίου η οποία είχε προηγηθεί από την συνάδελφο Καψάλη Τριανταφυλλή-Αναστασία και περιλάμβανε όλα τα βασικά χαρακτηριστικά, το σχέδιο Γενικής Διάταξης, των υπολογισμό των καταστάσεων φόρτωσης και την ευστάθεια, και τελικώς, τον υπολογισμό της αντίστασης και της απαιτούμενης Ισχύος Πρόωσης.

Η συνέχεια και το αποτέλεσμα των παραπάνω συνιστούν τη δομή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η οποία συνοψίζεται στα παρακάτω:

Στο **Κεφάλαιο 1,** γίνεται αναφορά στην Ηλεκτροπρόωση και στο Αζιμουθιακό Προωστήριο Σύστημα (POD), στα Πλοία ειδικών σκοπών με έμφαση στα Ερευνητικά Πλοία, στο Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, στην αποστολή και στις επιχειρησιακές του ανάγκες, στην ανάθεση της παρούσας μελέτης , και κλείνει με την περιγραφή του Ωκεανογραφικού σκάφους ΑΙΓΑΙΟΝ.

Στο **Κεφάλαιο 2**, αρχικά αναφέρονται οι απαιτήσεις ως προς τον σχεδιασμό του εν λόγω Ερευνητικού Πλοίου, η σχεδίασή του και η πρόβλεψη της αντίστασης πλεύσης του. Στη συνέχεια προσδιορίζονται οι λόγοι, υπό τη μορφή του πλεονεκτήματος, οι οποίοι μας οδήγησαν στην επιλογή Ηλεκτροκινητήριας εγκατάστασης, αντί συμβατικής πρόωσης, καθορίζεται το είδος του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, γίνεται αναφορά στον τρόπο ελέγχου των στροφών των ηλεκτροκινητήρων πρόωσης, και στη συνέχεια προχωράμε στην επιλογή της κατηγορίας κινητήρων πρόωσης και της ονομαστικής τάσης λειτουργίας του δικτύου.

Στο **Κεφάλαιο 3**, προχωράμε στον καθορισμό της απαιτούμενης ισχύος του προωστήριου συστήματος, και στην επιλογή του. Στον καθορισμό των κατάλληλων ρυθμιστών στροφών των κινητήρων πρόωσης, στην επιλογή του πρωραίου συστήματος ώσης, και στην περιγραφή του υπολογισμού της απαιτούμενης ισχύος φωτισμού, της μονάδας βιολογικού καθαρισμού, του εργάτη της άγκυρας και της ισχύος κλιματισμού.

Στο **Κεφάλαιο 4**, προσδιορίστηκαν, μελετήθηκαν προσεκτικά οι ανάγκες και οι απαιτήσεις του παραπάνω ερευνητικού πλοίου και βάσει αυτών ορίστηκαν όλα τα μηχανήματα και οι συσκευές με τις οποίες θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο. Έγινε καταμέτρηση, ταξινόμηση και

ομαδοποίηση αυτών, με σκοπό τον προσδιορισμό της ποσότητας ισχύος που θα πρέπει να υπάρχει για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, τόσο αυτών όσο και της πρόωσης, και αναπτύχθηκε ο Ηλεκτρικός Ισολογισμός, για κάθε κατάσταση πλεύσης, συμπεριλαμβανομένης αυτής της Emergency, έγινε επιλογή των Γεννητριών και των ποσοστών φόρτισης αυτών, εκτίμηση της νέας αυτονομίας , και περιγραφή της ευελιξίας του συστήματος παραγωγής ενέργειας του πλοίου.

Στο **Κεφάλαιο 5**, αρχικά γίνεται μία σύντομη περιγραφή των ρευματαγωγών και των τύπων αυτών, και συνεχίζουμε στον υπολογισμό της διατομής τους στην περίπτωσή μας, λαμβάνοντας υπόψιν την πτώση τάσεως που προκύπτει σε κάθε περίπτωση. Ακολουθεί η επιλογή των ασφαλειών και των ζυγών, ο υπολογισμός του βάρους των καλωδίων, ο προσδιορισμός της προκύπτουσας Αέργου Ισχύος της εγκατάστασης, η επιλογή των κατάλληλων μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσεως, και οι απαιτούμενες διατομές των ζυγών και των καλωδίων των πινάκων καθώς και αυτές της διάταξης λήψης ρεύματος από τη στεριά.

Στο **Κεφάλαιο 6**, περιγράφεται η περίπτωση Βραχυκυκλώματος και υπολογίζονται τα Ρεύματα Βραχυκύκλωσης της εγκατάστασης που εν δυνάμει θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στη δεδομένη περίπτωση, αρχικά με τη χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου προγράμματος στο Microsoft Excel και στη συνέχεια με το εξειδικευμένο λογισμικό Power Factory της DigSILENT.

Στο **Κεφάλαιο 7**, γίνεται αναφορά στην ποιότητα ισχύος και της σημασίας της στο ηλεκτρικά δίκτυα πλοίων, και μία εικόνα της εκτίμησης αυτής, βάσει προδιαγραφών της κατασκευάστριας εταιρίας, για το υπό μελέτη Πλοίο, λαμβάνοντας υπόψιν τις Ολικές Αρμονικές Παραμορφώσεις (THD) που υποβόσκουν στο ενεργειακό σύστημα που μελετάμε.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 8**, περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής εργασίας με μία εκτίμηση του ποσοστού επίτευξης των στόχων που μας τέθηκαν , καθώς επίσης και κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα και μετεξέλιξη του υπό μελέτη Πλοίου και του τομέα της Ηλεκτροπρόωσης σε γενικότερο πλαίσιο.

Κεφάλαιο 1

1.1 Περιγραφή της Ηλεκτροπρόωσης

Με τον όρο **Ηλεκτροπρόωση** ορίζουμε το είδος εκείνο της πρόωσης κατά το οποίο η εκάστοτε έλικα ενός πλοίου κινείται από ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος τροφοδοτείται με ρεύμα το οποίο παράγεται από μία ή περισσότερες γεννήτριες με τις οποίες βρίσκεται συνδεδεμένος. Ο έλεγχος των στροφών, η αλλαγή φοράς περιστροφής, η κράτηση και η εκκίνηση του ηλεκτροκινητήρα, και κατ' επέκταση της έλικας, γίνεται μέσω ενός συστήματος ελέγχου το οποίο συμπληρώνει την προωστήρια εγκατάσταση.

Για τον λόγο ότι οι γεννήτριες που παράγουν το ρεύμα , το οποίο τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα προκειμένου αυτός τελικά να στρέψει την έλικα, καταναλώνουν, στην πλειοψηφία τους, καύσιμο Diesel, έχει επικρατήσει η ηλεκτροπρόωση να αναφέρεται ως Diesel-Electric Propulsion.

Το πρώτο εξοπλισμένο, με πλήρως λειτουργική διάταξη, ηλεκτροπροωστήριας εγκατάστασης πλοίο ήταν το Ρώσικο δεξαμενόπλοιο Vandal το οποίο ολοκληρώθηκε το 1903. Είχε μήκος 74,5 μέτρα και ισχύ 267 kW, την οποία παρήγαγαν 3 Γεννήτριες Diesel των 89 kW , και η οποία του επέτρεπε να επιτυγχάνει ταχύτητα πλεύσης 8,3 κόμβων.

Drawings of *Vandal*

Name:	***Vandal***
Owner:	Branobel
Launched:	1903
Completed:	1903
Decommissioned:	1913
Type:	River tanker
Tonnage:	800 tons
Length:	244.5 ft (74.5 m)
Beam:	31.34 ft (9.55 m)
Draught:	8 ft (2.4 m)
Propulsion:	3 diesel engines, 120 hp (89 kW) each ASEA electric transmission
Speed:	8.3 knots (13 km/h)

Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Vandal_(tanker)

Μετά από εκδήλωση ενδιαφέροντος από την πλευρά των εφοπλιστικών κύκλων, πολλές τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα πυροδοτήθηκαν με στόχο την εξέλιξη αυτής της ιδιαίτερης μορφής πρόωσης.

Το Φεβρουάριο του 1917 ο πρωτοπόρος Σέρβος εφευρέτης, μηχανολόγος και ηλεκτρολόγος μηχανικός Nicola Tesla (1856-1943), έγραφε στη New York Herald :

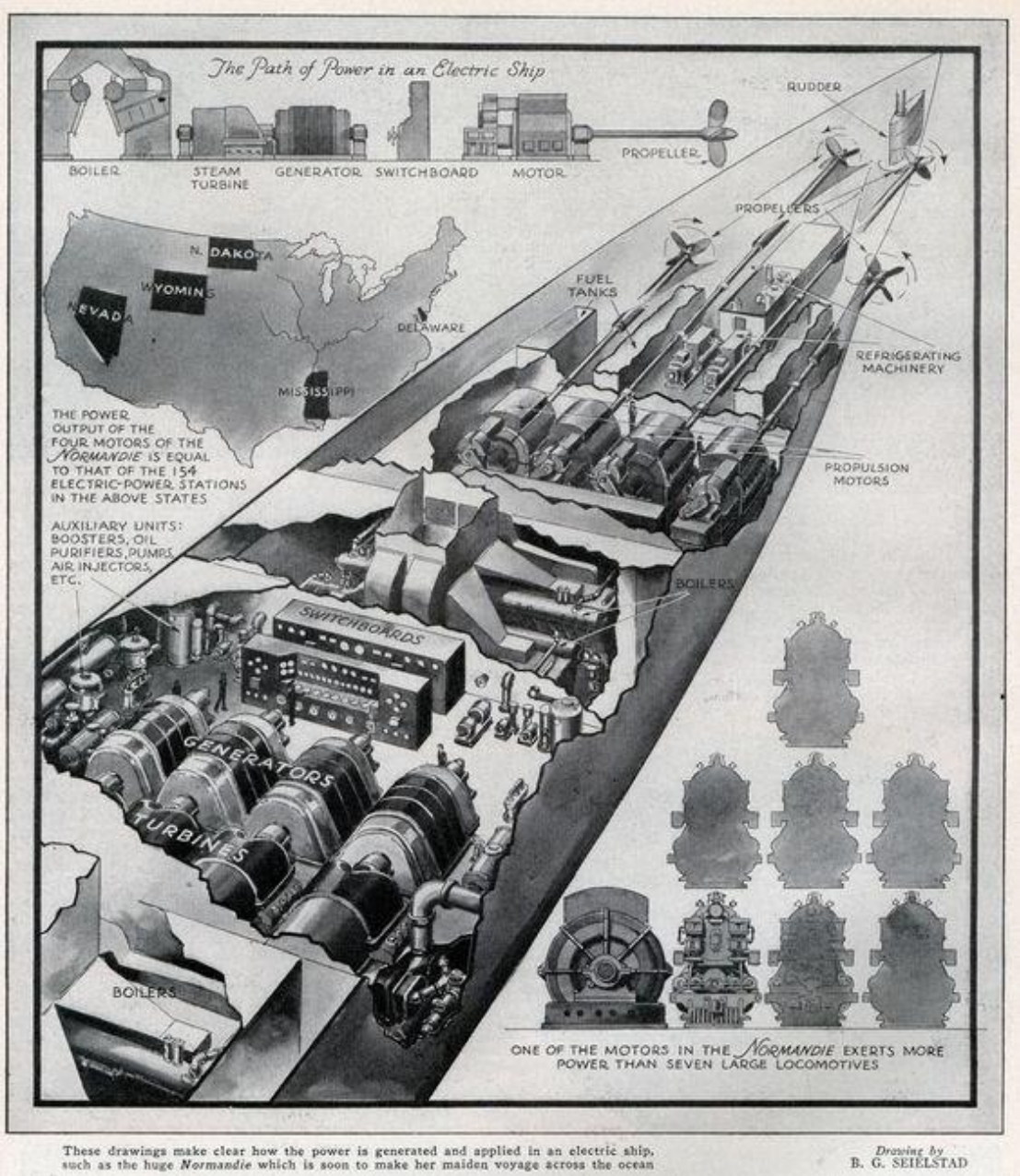
'*Η ιδανική απλότητα του επαγωγικού κινητήρα, η τέλεια αναστρεψιμότητά του, και οι άλλες μοναδικές ιδιότητές του, τον καθιστούν τον κατ' εξοχήν κατάλληλο για την πρόωση πλοίου*.'

'Οι τωρινοί ατμοστρόβιλοι είναι εξαιρετικά ακατάλληλοι για πρόωση. Αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας απαρχαιωμένης εφεύρεσης μικρής αξίας, εξυψωμένης σε μία θέση αξιοσημείωτης εμπορικής χρησιμότητας, η οποία έχει επέλθει μέσω εμβριθούς έρευνας και αξιοσημείωτων ικανοτήτων και γνώσεων της μηχανικής.'

Την περίοδο εκείνη, οι ατμοστρόβιλοι ήταν οι μόνοι που μπορούσαν να καλύψουν υψηλές ανάγκες ισχύος πρόωσης, λόγω της έλλειψης περιορισμού ισχύος, της απλούστερης περιστροφικής κίνησης σε αντίθεση με την παλινδρομική, λόγω του μικρότερου βάρους και όγκου τους, και του μειωμένου κόστους συντήρησης σε σχέση με τις παλινδρομικές μηχανές της εποχής. Η ύπαρξη του λέβητα, όμως, ο οποίος ήταν απαραίτητος για την παραγωγή ατμού, ήταν πάντα εκεί για να αναιρέσει πολλά από τα πλεονεκτήματά τους.

Τον Οκτώβριο του 1932 κατασκευάζεται από τα Γαλλικά Ναυπηγεία του Saint-Nazaire το υπερωκεάνιο επιβατικό πλοίο SS Normandie και το 1935 στο παρθενικό του ταξίδι χρήζεται μεγαλύτερο και γρηγορότερο πλοίο εν υπηρεσία. Η πρόωσή του συνίσταται σε ατμοστροβίλους οι οποίοι προσέφεραν μηχανική ισχύ στις ηλεκτρογεννήτριες οι οποίες με τη σειρά τους τροφοδοτούσαν με ρεύμα τους σύγχρονους κινητήρες υπεύθυνους για την κίνηση των 4 ελίκων. Η εγκατεστημένη ισχύς ήταν 117000 kW, του επέτρεπε να κινείται με ταχύτητα υπηρεσίας 29 κόμβων , ενώ η μέγιστη καταγεγραμμένη ταχύτητα πλεύσης του ήταν 32,2 κόμβοι , γεγονός αξιοσημείωτο για την εποχή. Το SS Normandie αποτελεί μέχρι σήμερα το μεγαλύτερης ισχύος ατμοστροβιλο-ηλεκτρικό (steam turbo-electric propelled) επιβατικό πλοίο.

SS Normandie arriving in New York on her maiden voyage (photo from : cruiselinehistory.com)



Turbo-electric propulsion system of the French liner SS Normandie (photo from Pinterest)

Με την ραγδαία εξέλιξη των μηχανών εσωτερικής καύσης, ήτοι κινητήρων Otto, ή απλά κινητήρων Diesel μετά το 1950, οι οποίες ήταν πιο οικονομικές και χαρακτηρίζονταν από μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης, η ηλεκτρική πρόωση μέσω ατμοστροβίλων καθίσταται μη συμφέρουσα.

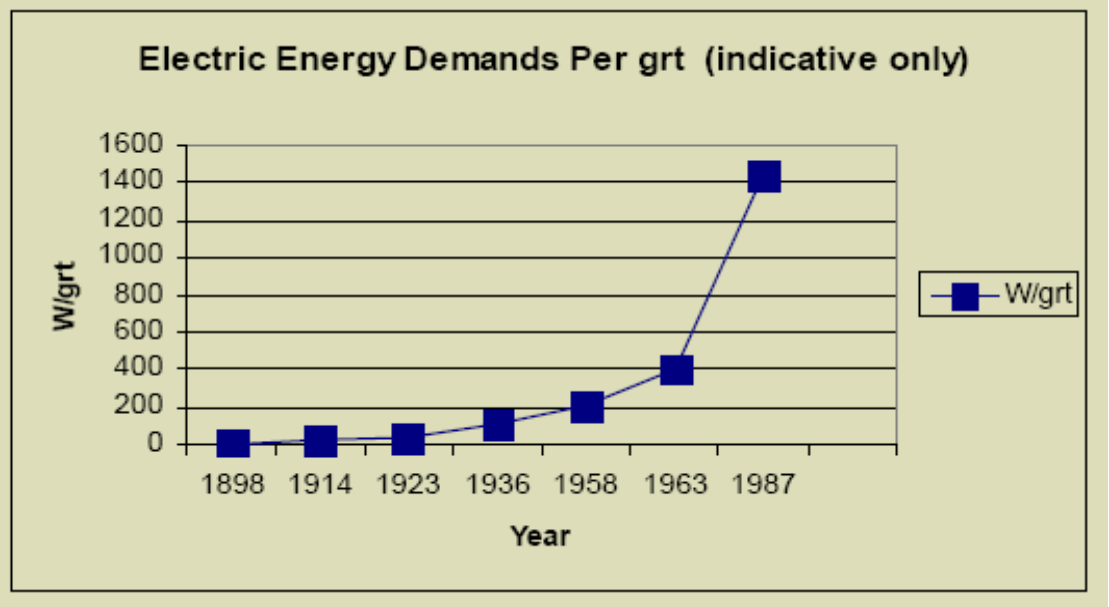
Παράλληλα, ενώ επικρατούσε επί μεγάλο διάστημα η χρησιμοποίηση συστημάτων παραγωγής Συνεχούς Ρεύματος και κίνησης με Συνεχές Ρεύμα, και ειδικότερα των συστημάτων Ward-Leonard (ελεγχόμενη ταχύτητα σε κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος), συναντάμε την έναρξη χρήσης του Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Ε.Ρ) περίπου στις αρχές του 1950. Τη δεκαετία του 1980, οπότε και συντελέστηκε η ανάπτυξη και η εξέλιξη των ηλεκτρονικών ισχύος για τον έλεγχο των κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος, οδηγούμαστε σε μία νέα γενιά πλοίων ηλεκτρικής πρόωσης.

Στα πλοία δεύτερης γενιάς ηλεκτρικής πρόωσης, ολόκληρο το ηλεκτρικό δίκτυο λειτουργεί με ρεύμα σταθερού μέτρου τάσης και συχνότητας, το οποίο παράγεται από τις Γεννήτριες (Generator Sets). Κατ' αυτόν τον τρόπο οι Γεννήτριες καλύπτουν τόσο τις ανάγκες της ισχύος πρόωσης όσο και τα υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες του πλοίου (Βοηθητικά Μηχανήματα, Μηχανήματα χώρων Ενδιαίτησης, Πίνακα Φωτισμού, Πίνακα Μαγειρείου, Όργανα Ναυσιπλοΐας).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα των εξελίξεων στην ηλεκτροπρόωση της εποχής αποτελεί το υπερωκεάνιο κρουαζιερόπλοιο Queen Elizabeth II, στο οποίο το 1986 η κίνηση με ατμοστροβίλους έδωσε τη θέση της σε 9 ηλεκτρογεννήτριες MAN L58/64, εννέα κυλίνδρων, οι οποίες σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των ελίκων σταθερού βήματος από έλικες μεταβλητού βήματος, αύξησαν την ιπποδύναμη του πλοίου από 110000 hp σε 130000 hp , με παράλληλη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 35 % . Παράλληλα, βελτιώθηκαν σε σημαντικό ποσοστό η πηδαλιουχία και οι χειρισμοί του πλοίου , καθιστώντας το ένα από τα καλύτερα κρουαζιερόπλοια της εποχής.

Τα τελευταία χρόνια η ηλεκτρική πρόωση έχει υποστεί ραγδαίες εξελίξεις οι οποίες βέβαια δικαιολογούντα λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει σε σύγκριση με τη συμβατική πρόωση από κινητήρες εσωτερικής καύσης. Ενώ παλαιότερα λοιπόν, η ηλεκτρική πρόωση έβρισκε μόνο πολύ εξειδικευμένες εφαρμογές (παγοθραυστικά, ερευνητικά σκάφη, σκάφη πόντισης καλωδίων), κατά τη δεκαετία του '90 παρουσιάζει μια **έντονα αυξανόμενη διάδοση** σε πλοία όπως μεγάλα επιβατηγά, οχηματαγωγά, κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια, κλπ.
Χαρακτηριστική απόδειξη αποτελούν ο ακόλουθος πίνακας και το διάγραμμα Ζήτησης Ηλεκτρικής Ισχύος σε συνάρτηση με το Gross Tonnage, όπου φαίνεται η γεωμετρικά αυξανόμενη τάση εξηλεκτρισμού των πλοίων από το 1898 και κυρίως από το 1963 και μεταγενέστερα :

Year	grt	kW	W/grt	Ship	Propulsion Engine
1898	12800	66	5	Graf Waldersee	Steam
1914	54300	1490	27	Vaterland	Steam
1923	32600	1260	39	Colombus	Steam
1936	16700	1860	111	Pretoria	Steam
1958	12000	2500	208	Ausonia	Steam
1963	65863	26500	402	Queen Elizabeth 2	Steam
1987	65823	94500	1436	Queen Elizabeth 2	Diesel-Electric
2004	150000	167200	1115	Queen Mary 2	CODLAG



Τα οφέλη της ηλεκτρικής πρόωσης είναι πολλαπλά και μπορεί να αποδειχθεί η καταλληλότερη λύση στις ακόλουθες κατηγορίες εφαρμογών:

α. Σκάφη με υψηλές απαιτήσεις ελικτικών ικανοτήτων.
Οχηματαγωγά, παγοθραυστικά, ρυμουλκά, ωκεανογραφικά, σκάφη πόντισης καλωδίων είναι τυπικά παραδείγματα σκαφών αυτής της κατηγορίας. Στις περιπτώσεις αυτές, η μεταβολή της ταχύτητας και της φοράς περιστροφής της έλικας είναι συχνά ζωτικής σημασίας για την επιτυχημένη λειτουργία του σκάφους.

β. Σκάφη με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων
Σκάφη με δικά τους μέσα φορτο-εκφόρτωσης, πυροσβεστικά σκάφη, μεγάλα δεξαμενόπλοια, κ.α. έχουν μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων, που δεν συμπίπτει χρονικά με την μέγιστη ισχύ πρόωσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν ορισμένα δεξαμενόπλοια (π.χ., εκείνα που μεταφέρουν πετρέλαιο από τις εξέδρες εξόρυξης στη στεριά), τα οποία αναλώνουν μεγάλο μέρος του χρόνου στη φόρτωση (4-10 μέρες) ενώ το ταξίδι είναι σχετικά σύντομο. Κατά τη διάρκεια της φόρτωσης η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση των διαφόρων μηχανημάτων, μπορεί να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την ισχύ πρόωσης. Αναφέρεται, π.χ., η περίπτωση δεξαμενόπλοιου με ισχύ πρόωσης 19000 kW, και απαιτήσεις ισχύος 17000 - 22000 kW κατά τη διάρκεια της φόρτωσης. Τα 6800 kW απαιτούνται από τις έλικες πλευρικής ώσης (τρεις στην πλώρη και δύο στην πρύμνη), που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση του σκάφους στην κατάλληλη θέση: δυναμική τοποθέτηση (dynamic positioning system, DPS). Ας σημειωθεί ότι το πλοίο θα πρέπει να μπορεί να φορτώνει ακόμη

και με κύματα ύψους 5 - 7 m. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το συγκρότημα ηλεκτρογεννητριών προσφέρει ισχύ είτε για την πρόωση, είτε για την κίνηση αντλιών ή άλλων μηχανημάτων διακίνησης φορτίου.

γ. Σκάφη με μεγάλα φορτία ενδιαίτησης και έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης.
Τέτοιες συνθήκες παρουσιάζονται σε μεγάλα επιβατηγά πλοία και ιδιαίτερα στα κρουαζιερόπλοια, όπου οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις άνεσης και εξυπηρέτησης των επιβατών συντελούν σε αύξηση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος, η οποία αρχίζει να αποτελεί σοβαρό ποσοστό της ισχύος πρόωσης φθάνοντας το 30 - 40 %. Επί πλέον, τα σύγχρονα κρουαζιερόπλοια έχουν μέγιστη ταχύτητα 21 - 22 κόμβων, στην οποία ταξιδεύουν κατά πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, ενώ κατά τον μεγαλύτερο χρόνο κινούνται με ταχύτητα 9 - 14 κόμβων.

δ. Σκάφη εξοπλισμένα με πολλές ταχύστροφες μη αναστρέψιμες μηχανές.
Οι αεριοστρόβιλοι και πολλές ταχύστροφες μηχανές Ντήζελ έχουν σταθερή φορά περιστροφής και συχνά εγκαθίστανται δύο, τρείς ή και περισσότερες μονάδες, που παράγουν την απαιτούμενη συνολική ισχύ. Σε τέτοιες περιπτώσεις η ηλεκτρική πρόωση προσφέρει έναν εύκολο τρόπο (ηλεκτρικής και όχι μηχανικής) σύνδεσης ενός κινητήρα πρόωσης με πολλές κύριες μηχανές, καθώς και ρύθμισης της ταχύτητας και της φοράς περιστροφής της έλικας.

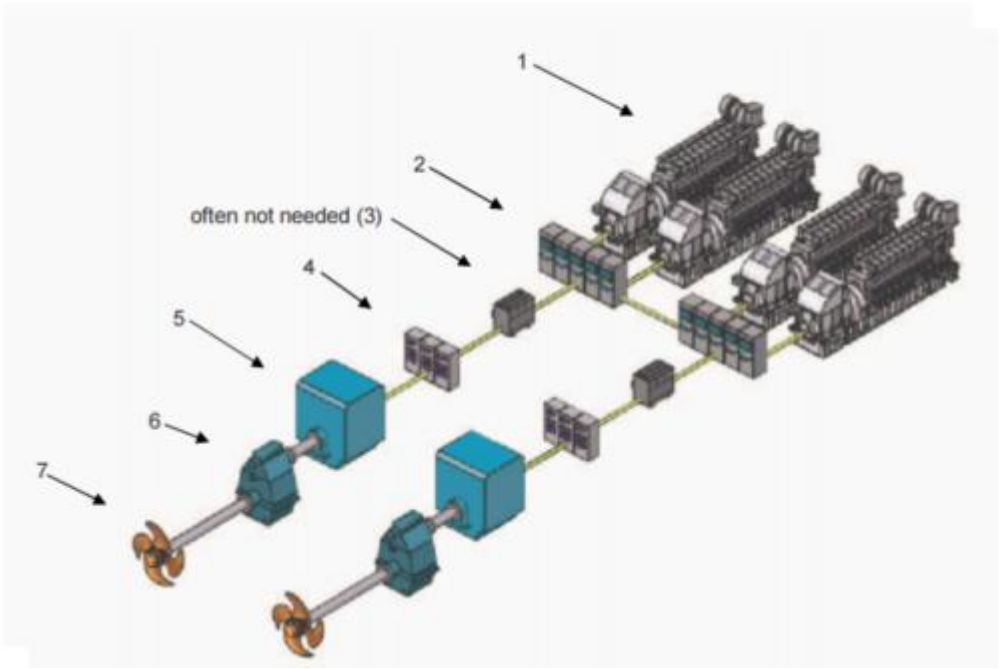
ε. Υποβρύχια και βαθυσκάφη,
Ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη σε συσσωρευτές χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός ή περισσοτέρων κινητήρων πρόωσης του σκάφους με σχετικά χαμηλή ταχύτητα. Σε πολλές από τις προηγούμενες εφαρμογές (π.χ., σε μεγάλα επιβατηγά, κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια, κλπ.), είναι ενεργειακά και οικονομικά αποδοτική η συνολική αντιμετώπιση των αναγκών με ένα ολοκληρωμένο σύστημα, που θα παρέχει προωστήρια, ηλεκτρική και θερμική ενέργεια από τις ίδιες μηχανές, δηλαδή κινητήρες Ντήζελ ή αεριοστρόβιλους να κινούν γεννήτριες και τα καυσαέρια των οποίων προσφέρουν χρήσιμη θερμότητα.

1.2 Η Ντιζελοηλεκτρική Πρόωση (Diesel-Electric Propulsion)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μορφή αυτή της ηλεκτρικής πρόωσης βασίζεται στον συνδυασμό των πλέον σύγχρονων και αποδοτικών Μηχανών Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ) με Ηλεκτρογεννήτριες για την παραγωγή ρεύματος το οποίο θα τροφοδοτεί :
-Αφενός έναν ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες με σκοπό την περιστροφή των ελίκων για να επιτευχθεί η κίνηση του πλοίου
-Αφετέρου τις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες του πλοίου, δηλαδή τα Βοηθητικά Μηχανήματα, τα Μηχανήματα χώρων Ενδιαίτησης, τον Πίνακα Φωτισμού, τον Πίνακα Μαγειρείου και τα Όργανα Ναυσιπλοΐας).

Ουσιαστικά, η μηχανική ισχύς από τους κινητήρες Ντήζελ (ΜΕΚ) χρησιμοποιείται για την κίνηση των γεννητριών και μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία με τη σειρά της καταλήγει :
-Σε κινητική ενέργεια η οποία περιστρέφει τις έλικες μέσω των ηλεκτροκινητήρων για να επιτευχθεί η κίνηση του πλοίου
-Σε κινητική, σε θερμική ,και σε φωτεινή ενέργεια στις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες του πλοίου, δηλαδή τα Βοηθητικά Μηχανήματα, τα Μηχανήματα χώρων Ενδιαίτησης, τον Πίνακα Φωτισμού, τον Πίνακα Μαγειρείου και τα Όργανα Ναυσιπλοΐας) όπως προαναφέραμε.

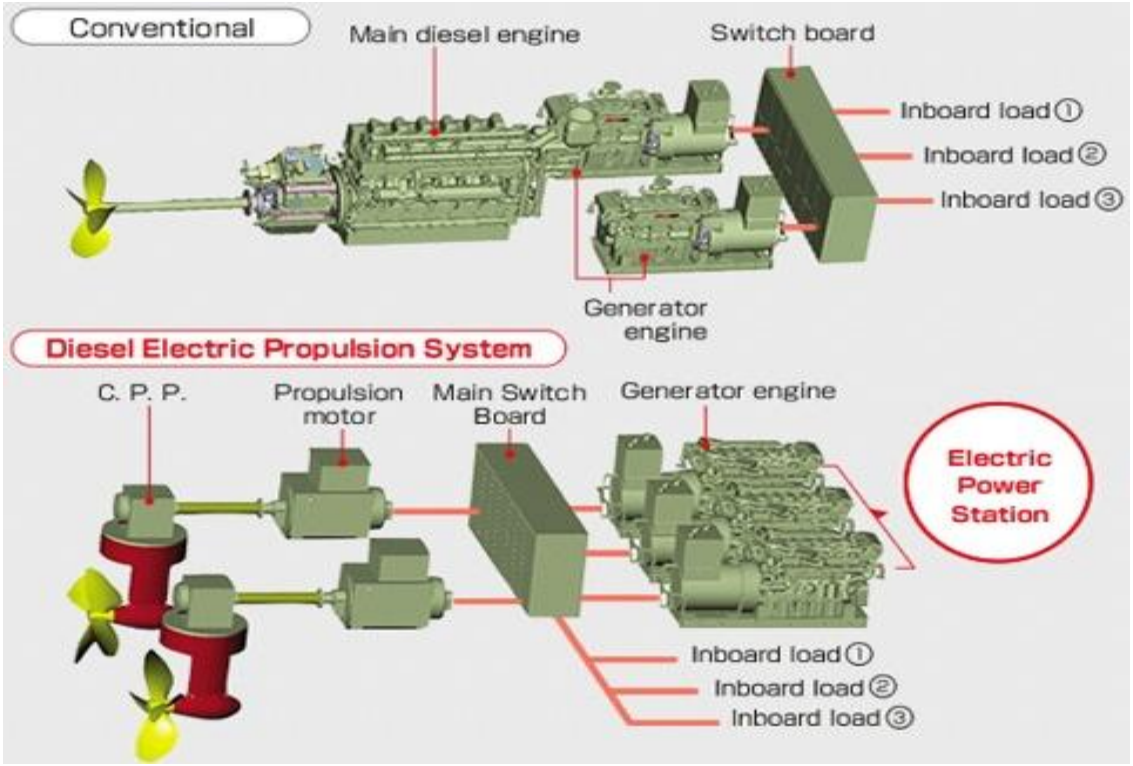
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται ένα τυπικό σύστημα Ντήζελ-Ηλεκτρικής Πρόωσης από την εταιρία MAN.



1. Gensets - Μηχανές Ντήζελ (ΜΕΚ) + Γεννήτριες
2. Main Switchboards- Κεντρικοί πίνακες
3. Supply Transformers- Μετασχηματιστές (προαιρετικό), ανάλογα με την τάση λειτουργίας των Ηλεκτροκινητήρων συγκριτικά με την τάση παραγωγής του ρεύματος των Γεννητριών.

4. Frequency Converters- Μετασχηματιστές Συχνότητας για τον έλεγχο της ταχύτητας και της ροπής των Ηλεκτροκινητήρων μέσω μεταβολής της συχνότητας στην τάση τροφοδοσίας αυτών.
5. Electric Propulsion Motors- Προωστήριοι Ηλεκτροκινητήρες
6. Gearboxes –Μειωτήρες (προαιρετικό ανάλογα με το αν χρειάζεται μείωση της ταχύτητα περιστροφής των Ηλεκτροκινητήρων)
7. Propellers/ Propulsors – Έλικες

Στο σχήμα της Yanmar που ακολουθεί μπορούμε ευκρινώς να διακρίνουμε τις διαφορές ανάμεσα σε ένα συμβατικό σύστημα πρόωσης με Κινητήρα Diesel και ένα σύστημα Diesel-Electric .



Η χρησιμοποίηση Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης συνήθως αποτελεί βελτιστοποιημένη λύση σε πλοία με διάφορα προβλήματα στον σχεδιασμό τους. Για παράδειγμα, όταν η πρόωση, και οι απαιτήσεις ισχύος αποτελούν μικρό, ή σχετικά μικρό, ποσοστό του συνόλου των απαιτήσεων ισχύος, όπως σε ερευνητικά σκάφη με ειδικές ανάγκες ελιγμών όπου η ταχύτητα δεν έχει ιδιαίτερη σημασία.

Επίσης, η πρόωση μέσω ντιζελοηλεκτρικής εγκατάστασης είναι προτιμητέα όταν υφίστανται περιορισμοί χώρου για τα μηχανήματα πρόωσης, οι οποίοι είτε αποκλείουν τη χρήση συμβατικής πρόωσης, είτε επηρεάζουν δυσμενώς το κόστος κατασκευής που προκύπτει από τη χρησιμοποίηση αποκλειστικά πετρελαιοκινητήρων. Τέτοιου είδους περιπτώσεις είναι οι ακόλουθες:

1. Σκάφη με γάστρα και αντηρίδες που αφήνουν ελάχιστο έως καθόλου χώρο για να φιλοξενηθούν οι κινητήρες ντίζελ, πόσο μάλλον αν συνυπολογίσουμε την προσπελασιμότητα και τον αερισμό των κινητήρων στο πρόβλημα του χώρου.

2. Σκάφη με πιθανά προβλήματα διαγωγής, όπως για παράδειγμα ένα ατμόπλοιο που προωθείται με φτερωτή τοποθετημένη στην πρύμνη. Σε αυτή την περίπτωση τα μηχανήματα θα πρέπει να βρίσκονται προς τα εμπρός για την αποφυγή προβλημάτων περαιτέρω διαγωγής. Η ευελιξία της ντηζελοηλεκτρικής πρόωσης μπορεί να αποτελέσει σημαντικό σύμμαχο στον καλύτερο σχεδιασμό τους.

3. Σκάφη που απαιτούν, λόγω έλλειψης χώρου, περισσότερα από ένα μηχανοστάσια και υπόκεινται σε αυξημένο κόστος κατασκευής λόγω ανάγκης διπλασιασμού συστημάτων, όπως: ψύξη του κινητήρα, χώρος εξαερισμού, εγκαταστάσεις ελέγχου, εξάτμιση, κλπ

4. Σκάφη που παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές στην καμπύλη της κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπλέον ,το γεγονός ότι η ισχύς πρόωσης παρέχεται από έναν ηλεκτροκινητήρα, αντί από έναν απλό κινητήρα ντίζελ μέσω άξονα, δεν καθιστά τον εξοπλισμό στο σκάφος λιγότερο γνωστό στους χειριστές του, και δεν προκύπτουν ιδιαίτερα προβλήματα εξοικείωσης.

Η αξιοποίηση των κινητήρων ντίζελ μεταφέρεται πέραν της ισχύος πρόωσης, στην παραγωγή ενέργειας. Αυτό παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στη χρήση των εγκατεστημένων kW, και σε ορισμένες περιπτώσεις, μειώνει τον αριθμό των πετρελαιοκινητήρων. Η ικανότητα να παράγεται μόνο η ισχύς που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του κύκλου λειτουργίας των πλοίων που χρησιμοποιούν πολλαπλά σύνολα γεννητριών μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και το κόστος συντήρησης, και φυσικά παρέχει πλεόνασμα στα αποθέματα ενέργειας του πλοίου.

Ακολούθως, θα αναφέρουμε τόσο τα Πλεονεκτήματα, όσο και τα μειονεκτήματα της Ντηζελοηλεκτρικής Πρόωσης

Τα **βασικότερα πλεονεκτήματα** της ντηζελοηλεκτρικής πρόωσης είναι τα παρακάτω:

-**Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας** και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το **πεδίο 0 - 100 %**.

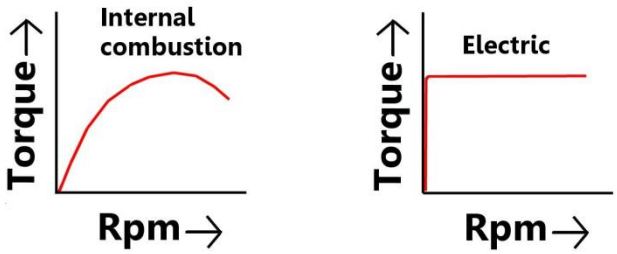
- **Γρήγορη απόκριση** κατά τη διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.

- Ελαχιστοποίηση δονήσεων. **Χαμηλή στάθμη θορύβου** και κραδασμών.

- **Οικονομία καυσίμου**, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, ώστε η κάθε μια 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**, με αποτέλεσμα την αύξηση του ωφέλιμου φορτίου στο πλοίο.

- Πλήρης **εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής του ηλεκτροκινητήρα σε όλο το πεδίο λειτουργίας**.

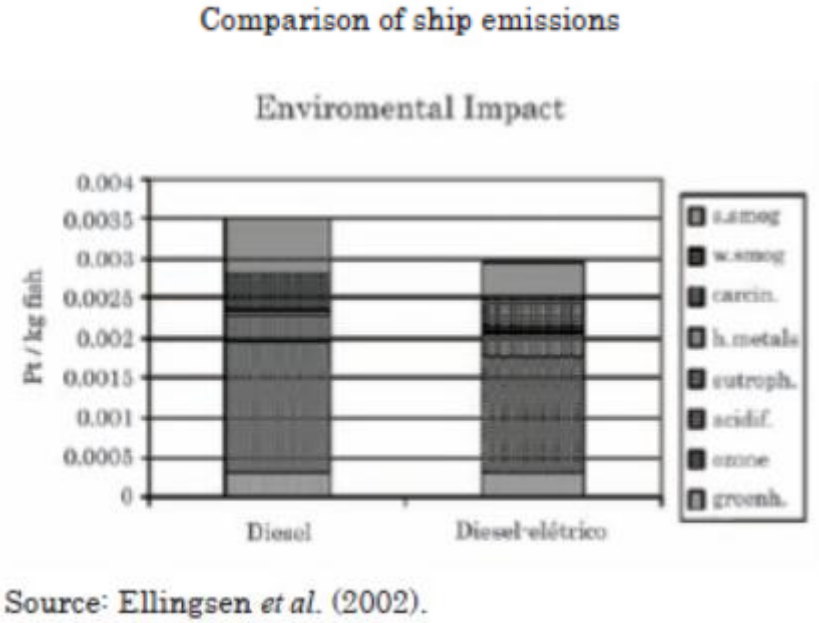


Στα παραπάνω γραφήματα είναι εμφανής η κρίσιμη διαφορά στην τιμή της ροπής . Σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, (διάγραμμα στα αριστερά) η ροπή εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα. Ειδικότερα, παράγεται πολύ μικρή ροπή στις χαμηλές στροφές. Στη συνέχεια αυξάνεται, μέχρι να ξεπεραστούν οι απώλειες λόγω τριβής και οι πτυχές της αναπνοής του – από την εισαγωγή έως την εξάτμιση. Η μέγιστη ροπή αναφέρεται μαζί με τις συγκεκριμένες στροφές στις οποίες επιτυγχάνεται. Συστήματα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων, προηγμένης έγχυσης καυσίμου, βελτίωσης καύσης και άλλες τεχνολογίες μπορούν να διευρύνουν αυτήν την μέγιστη ροπή στρέψης σε μια σειρά στροφών ανά λεπτό. Αλλά, είναι γεγονός ότι η ροπή ενός συμβατικού κινητήρα εσωτερικής καύσης δεν είναι υψηλή στο πεδίο των χαμηλών στροφών.
Αντίθετα, μόλις ένας ηλεκτροκινητήρας ξεκινήσει να περιστρέφεται, παράγει τη μέγιστη ροπή στρέψης του. Το διάγραμμα της ροπής στρέψης, συναρτήσει των στροφών του, (διάγραμμα στα δεξιά) είναι ουσιαστικά μία ευθεία παράλληλη στον άξονα των στροφών ανά λεπτό. Η έλικα μπορεί να λειτουργεί και με απευθείας κίνηση από τον άξονά του, και συνεπώς να απορροφά απευθείας όλη την παραγόμενη , μέγιστη ροπή.

- Ευκολία **αυτοματισμού** του συστήματος

- **Αυξημένη αξιοπιστία** (πολλά συστήματα συνδεδεμένα παράλληλα) και, επομένως, αυξημένη ασφάλεια.

- **Περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων**, διότι:
α) η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,
β) ιδιαίτερα οι εκπομπές *NOx* είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ., ένας μεσόστροφος κινητήρας Ντήζελ λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.



Source: Ellingsen *et al.* (2002).

- **Περιορισμός του κινδύνου ρύπανσης του περιβάλλοντος** από ατυχήματα όπως αυτά των δεξαμενόπλοιων, χάρη, στην ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τους χειρισμούς και τη δυναμική τοποθέτηση του σκάφους.

- Η **σχεδίαση και η φιλοσοφία της έλικας** που θα χρησιμοποιήσουμε μπορεί να μην περιορίζεται από την επιλογή του κινητήρα.

Παρά τα παραπάνω, οφείλουμε να επισημάνουμε και τα **αδύνατα σημεία**, τα **Μειονεκτήματα** της Ηλεκτρικής Πρόωσης τα οποία συνοψίζονται στα εξής:

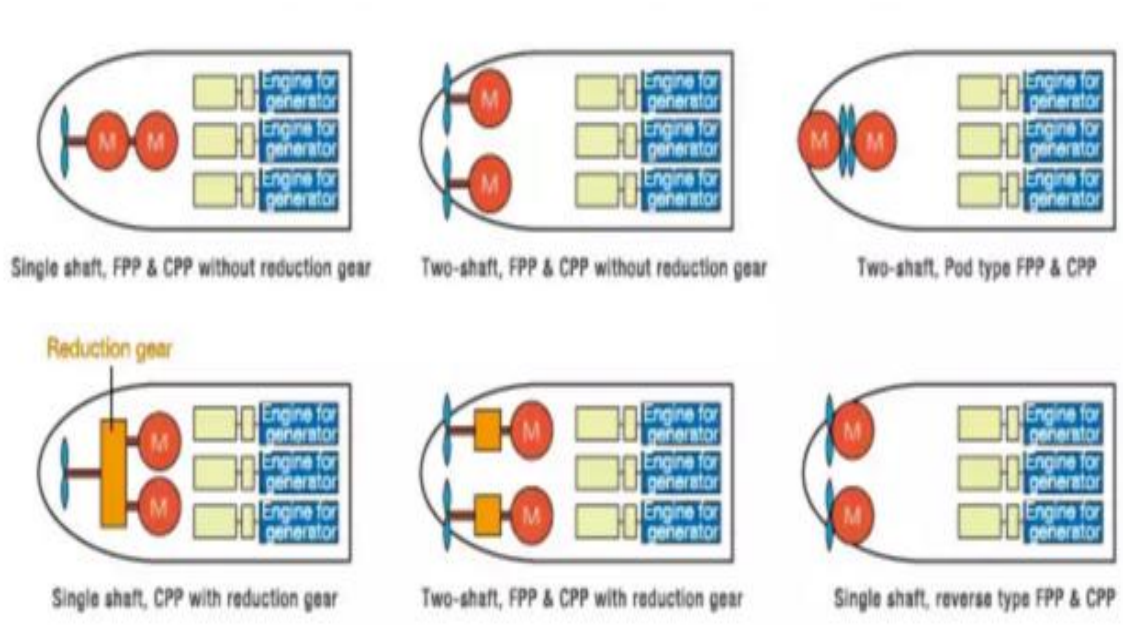
- **Υψηλό κόστος επένδυσης,** ειδικότερα στην περίπτωση μετασκευής από συμβατική πρόωση σε ντηζελο-ηλεκτρική , (πχ έξοδα νέας ενεργειακής μελέτης και σχεδόν ολοκληρωτική αλλαγή των καλωδιώσεων και αντικατάσταση των σωληνώσεων).

- **Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης**, σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα. Π.χ., σε συμβατικό σύστημα κινητήρα Ντήζελ – έλικα ρυθμιζόμενου βήματος, οι απώλειες του συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 4 %: 2 % στην έλικα και 2 % στον μειωτήρα, όταν η έλικα λειτουργεί στον βέλτιστο συνδυασμό ταχύτητας/βήματος. Σε εγκατάσταση ντηζελοηλεκτρικής πρόωσης, το σύστημα μετάδοσης προκαλεί απώλειες 7 - 8 %: 3 % στις γεννήτριες, 2 % στους μετασχηματιστές και μετατροπείς συχνότητας και 2 - 3 % στους προωστήριους ηλεκτροκινητήρες. Επομένως, ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος στο σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης μόνο όταν κάθε μηχανή λειτουργεί σε σταθερή ταχύτητα περιστροφής και επί μεγάλα χρονικά διαστήματα στη βέλτιστη περιοχή.

- Ένα πρόβλημα που προκύπτει, είναι από την εκτεταμένη χρησιμοποίηση των διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος, επειδή εμφανίζονται **προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας**, καθώς πέραν των χρήσιμων συχνοτήτων αναπτύσσεται και μεγάλο πλήθος αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσεως. Οι αρμονικές αυτές αφενός προσαυξάνουν 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 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. Η σειρά αυτή των προβλημάτων, λόγω της εξηλέκτρισης των συστημάτων του πλοίου, αντιμετωπίζεται με εξειδικευμένες αναλύσεις και μελέτες, κυρίως κατά τη φάση της σχεδίασης του ηλεκτρολογικού συστήματος.

1.3 Η Έλικα στα συστήματα Ηλεκτρικής Πρόωσης

Η σωστή επιλογή του είδους και ο σωστός καθορισμός της έλικας διαδραματίζει , όπως και στην περίπτωση της συμβατικής πρόωσης άλλωστε , σημαντικό ρόλο τόσο στην επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας πλεύσης , όσο και στις ικανότητες ελιγμών που θα έχει τελικά το υπό μελέτη πλοίο.
Στα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης , υπάρχει το σημαντικό πλεονέκτημα της συνεχούς μεταβολής των στροφών σε όλο το διάστημα , δηλαδή από 0 έως 100% με ταυτόχρονη χρησιμοποίηση σχεδόν του 100% της ροπής σε όλο το πεδίο λειτουργίας. Κάτι τέτοιο δε μπορεί να συμβεί στη συμβατική πρόωση. Εδώ οφείλουμε να σημειώσουμε βέβαια και το ότι, σε αντίθεση με την μηχανική πρόωση με κινητήρα Diesel, δεν επιτρέπεται η υπερτάχυνση του ηλεκτροκινητήρα.
Προκειμένου να διασφαλιστεί απρόσκοπτη πλεύση του κινητήρα λοιπόν , στην περίπτωση της Ηλεκτρικής Πρόωσης η έλικα λαμβάνει κίνηση από δύο ή και περισσότερους ηλεκτροκινητήρες ίσης ισχύος συνδεδεμένους είτε σε σειρά, είτε παράλληλα.
Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται κάποιες προτεινόμενες, συνήθεις διατάξεις έλικας-ηλεκτροκινητήρα από την κατασκευάστρια εταιρία Daihatsu.



Το είδη έλικας λοιπόν που χρησιμοποιούνται ευρέως, μαζί με τις αντίστοιχες ιδιαιτερότητές τους, συνίστανται στα παρακάτω:

1.3.1. Έλικα Σταθερού Βήματος (Fixed Pitch Propeller / FPP)

Λόγω του ότι η υπερτάχυνση δεν είναι δυνατή, η έλικα σχεδιάζεται ώστε να απορροφά τη Μέγιστη Συνεχή Ισχύ (σημείο MCR) σε κατάσταση δοκιμών (πλήρες φορτίο, καθαρή γάστρα και ήρεμο νερό). Προκειμένου να είναι δυνατή η λειτουργία με πλήρη ισχύ σε δυσμενείς συνθήκες, το σύστημα πρόωσης υπολογίζεται για τιμή κατά 10-20% μεγαλύτερη της ονομαστικής. Αυτό συνεπάγεται φυσικά υπερδιαστασιολόγηση κατά 10-20% έλικας-αξονικού συστήματος-μειωτήρα στροφών-κινητήρα-μετατροπέα για να υπάρχει το ανάλογο περιθώριο ισχύος.
Στην περίπτωση αυτού του είδους έλικας, να σημειώσουμε ότι, στο πρώτο στάδιο των χειρισμών για στάση του πλοίου, η έλικα λειτουργεί ως στρόβιλος. Καθώς ο κινητήριος

μηχανισμός δεν μπορεί να δεχθεί αντίστροφη ροή ισχύος, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση πέδης , συνήθως αποτελούμενη από ηλεκτρικές αντιστάσεις, για την απορρόφηση της ισχύος. Στις έλικες ρυθμιζόμενου βήματος, που θα περιγράψουμε στη συνέχεια δεν χρειάζεται πέδη.

1.3.2. Έλικα Ρυθμιζόμενου Βήματος (Controlled Pitch Propeller / CPP)

Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα ελέγχου είναι εφοδιασμένο με διάταξη αυτόματης επιλογής του κατάλληλου συνδυασμού βήματος-στροφών έλικας στο 65-100% του διαστήματος στροφών, ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη λειτουργία κατά την πλεύση και η καλύτερη δυνατή απόκριση κατά τους χειρισμούς. Όταν η έλικα είναι μεταβλητού, ρυθμιζόμενου βήματος, δεν απαιτείται περιθώριο ροπής διότι η μέγιστη ισχύς μπορεί σχεδόν πάντα να απορροφηθεί με ρύθμιση του βήματος.

1.4. Αζιμουθιακό Προωστήριο Σύστημα (POD)

Το Αζιμουθιακό Προωστήριο σύστημα είναι μια εγκατάσταση στην οποία η έλικα τοποθετείται σε λοβούς που μπορούν να περιστραφούν ουσιαστικά σε οποιαδήποτε κατεύθυνση στο οριζόντιο επίπεδο. Άλλωστε, το Αζιμούθιο, του οποίου το όνομα φέρει, είναι μια γωνιακή μέτρηση σε ένα σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων. Οι προωθητήρες μπορεί να περιστρέφονται έως περίπου 360˚ γύρω από τον κατακόρυφο άξονα, γεγονός που παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και βέλτιστη ώση προς κάθε κατεύθυνση στο σύστημα, σε αντίθεση με τους σταθερούς προωθητήρες.

Τα είδη των Αζιμουθιακών προωστήριων συστημάτων επιμερίζονται, με βάση τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης, στην εκάστοτε περίπτωση, στις ακόλουθες κατηγορίες:

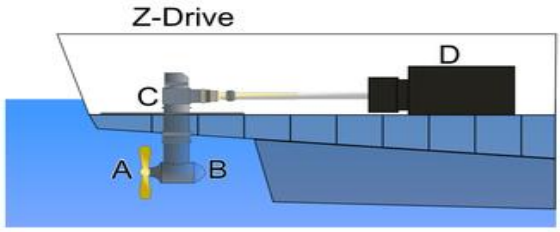
1.4.1. Μηχανική μετάδοση κίνησης:

Σε αυτή την μετάδοση, υφίσταται ένας κινητήρας μέσα στο πλοίο, συνδεδεμένος με μια εξωλέμβια μονάδα έλικας μέσω γραναζωτών μηχανισμών. Ο κινητήρας μπορεί να είναι είτε μηχανικά συνδεδεμένος, μέσω άξονα, με κινητήρα ντίζελ, είτε να πρόκειται για έναν ηλεκτρικό κινητήρα τροφοδοτούμενο από ηλεκτρογεννήτριες ντήζελ, μέσω ρευματαγωγών, που βρίσκονται εγκατεστημένες σε άλλο σημείο εντός του πλοίου.
Είναι γνωστά τα εξής συστήματα:

1.4.1.1 L-Drive:

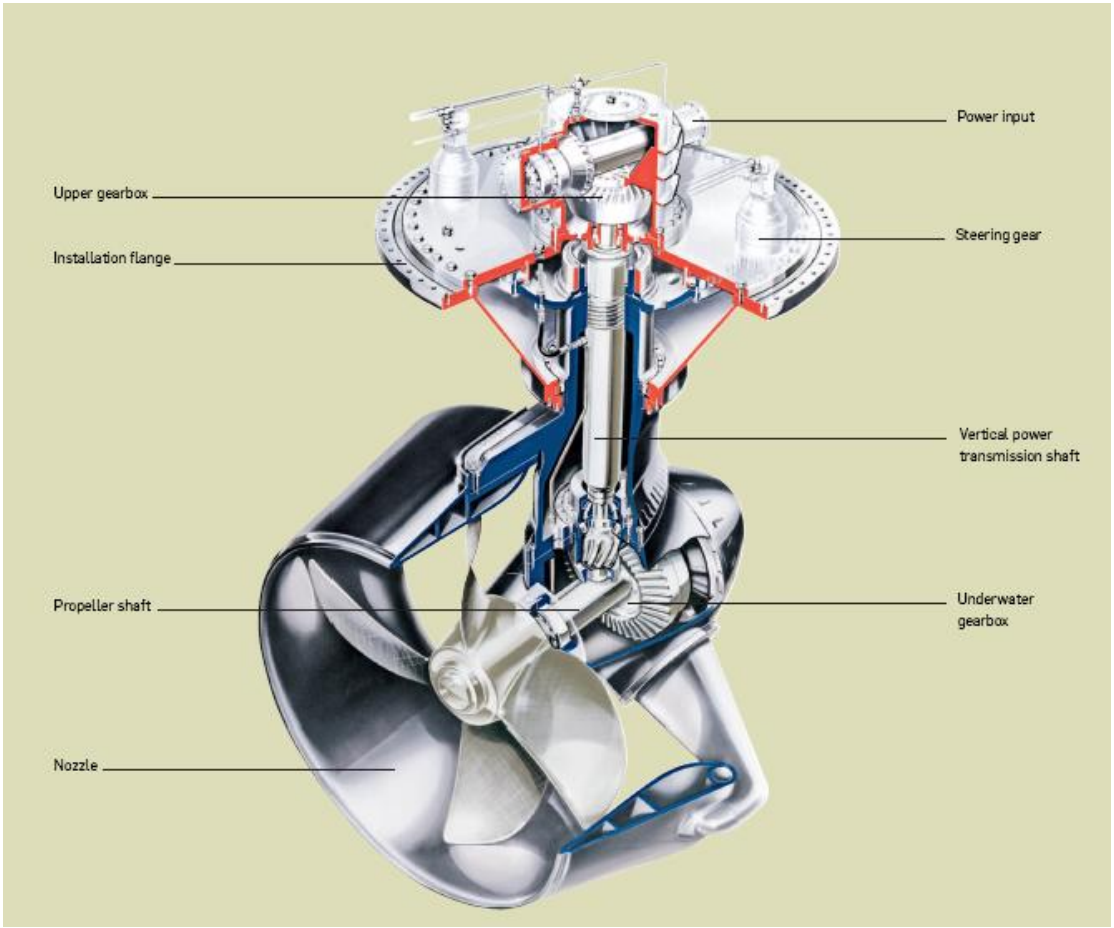
Στο σύστημα αυτό, ο κινητήρας τοποθετείται κάθετα πάνω από την έλικα. Το L-Drive αποτελείται από έναν κατακόρυφο άξονα εισόδου και έναν οριζόντιο άξονα εξόδου. Η μεταφορά της ισχύος μεταξύ του κινητήρα και της έλικας γίνεται μέσω γραναζωτών οδοντωτών διατάξεων οι οποίες σχηματίζουν ένα νοητό L.

1.4.1.2 Z-Drive:



Στο σύστημα Z-drive, ο κινητήρας είναι τοποθετημένος οριζόντια πάνω από την έλικα. Το σύστημα μετάδοσης της ισχύος αποτελείται από τρεις άξονες. Έναν οριζόντιο άξονα εισόδου, ο οποίος συνδέεται με έναν κατακόρυφο ενδιάμεσο άξονα, ο οποίος με τη σειρά του συνδέεται με έναν οριζόντιο άξονα εξόδου, με τη βοήθεια δύο δεξιόστροφων γωνιακών γραναζωτών διατάξεων δημιουργώντας έτσι ένα νοητό σχήμα Z. Το Z-drive Αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα μετάδοσης εφευρέθηκε το 1950 από τον Joseph Becker, ιδρυτή της Γερμανικής εταιρίας Schottel, και ουσιαστικά πρόκειται για το γνωστό Rudderpropeller (ελικοπηδάλιο) το οποίο πλέον έχει εξελιχθεί από την εταιρία σε δύο βασικά είδη, το SRP (Schottel Rudder Propeller) με μία έλικα, και το STP (Schottel Twin Propeller) με δύο έλικες στον ίδιο άξονα οι οποίες περιστρέφονται προς την ίδια κατεύθυνση.

SRP SCHOTTEL RUDDERPROPELLER

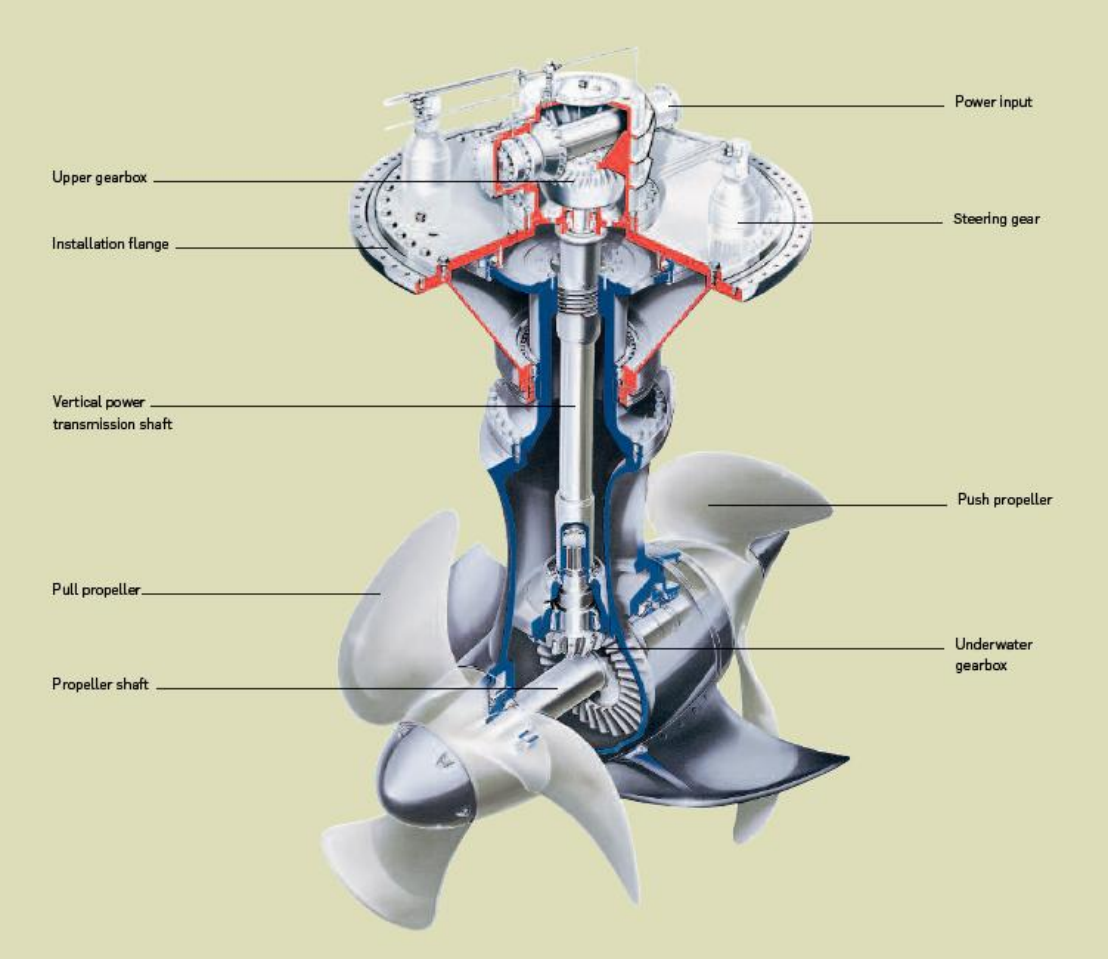


Το SRP είναι η ιδανική λύση πρόωσης για σκάφη που εστιάζουν στην βέλτιστη εφαρμογή της διαθέσιμης ισχύος τους και προσφέρει:

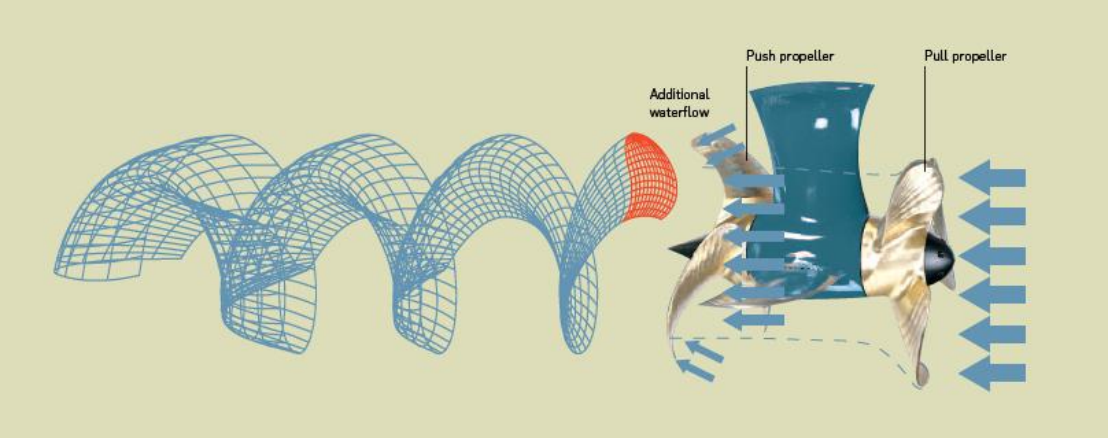
• Δυνατότητα Z ή L μετάδοση κίνησης
• Μέγιστη ευελιξία σε χειρισμούς
• Βέλτιστη απόδοση

• Οικονομική λειτουργία
• Εξοικονόμηση χώρου
• Απλή συντήρηση
• Υψηλή αξιοπιστία
• Βελτιστοποιημένη απόδοση όσον αφορά στην σπηλαίωση και στους κραδασμούς
• Αξιόπιστη σχεδίαση
• Σταθερή ή ελεγχομένου βήματος έλικα

STP- SCHOTTEL TWIN PROPELLER



Αποτελεί ιδανικό σύστημα πρόωσης για πλοία μέσου εύρους ταχύτητας με υψηλότερα φορτία στην έλικα.
Ουσιαστικά, γίνεται επιμερισμός της ισχύος σε 2 έλικες το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μην επιβαρύνονται με υψηλές φορτίσεις και προσφέρεται ανάκτηση των απωλειών δίνης της έλξης της έλικας, μέσω ενός ολοκληρωμένου συστήματος διάχυσης κατάλληλα διαμορφωμένων πτερυγίων. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η απόδοση του συστήματος πρόωσης.

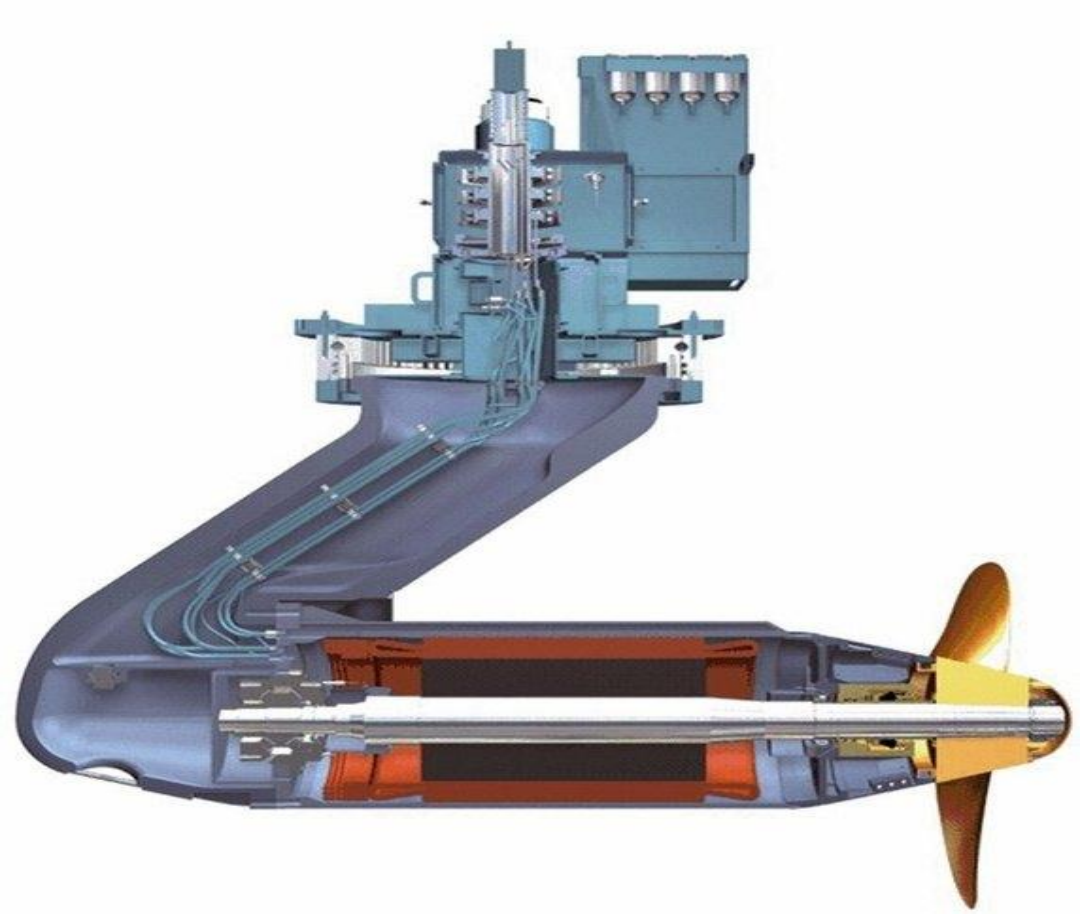


Το STP είναι εξοπλισμένο με μία έλικα έλξης και μία έλικα ώθησης, υπό το γενικό πρότυπο push-pull . Η σχετική διάταξη τους είναι τέτοια ώστε η δίνη της εμπρός έλικας έλξης να περνά ανάμεσα από τα πτερύγια της οπίσθιας ωθητικής έλικας χωρίς να την παρεμποδίζει. Η συρρίκνωση της ολίσθησης στην ελκτική έλικα σημαίνει ότι φθάνει περισσότερο νερό στην έλικα ώθησης, γεγονός το οποίο ενισχύει περαιτέρω την απόδοση της δεύτερης. Επιπλέον, το πόδι (strut) είναι υδροδυναμικά βελτιστοποιημένο με διάταξη πτερυγίου, και έτσι, η ενέργεια που παράγεται από τον στροβιλισμό στο ρεύμα της έλικας , ανακτάται, οδηγώντας σε αύξηση της απόδοσης. Επιπλέον, η ροή γύρω από τα πτερύγια δημιουργεί ένα ανοδικό ρεύμα προς την κατεύθυνση ώσης. Τα πλεονεκτήματα, μεταξύ άλλων, συνοψίζονται σε:

• Ουσιαστικά υψηλότερη απόδοση εν συγκρίσει με Z-Drive μονέλικα συστήματα
• Είναι δυνατή η Υψηλότερη μεταφορά ισχύος σε σχέση με συστήματα μιας έλικας.
• Χαμηλότερος κίνδυνος σπηλαίωσης λόγω του χαμηλότερου φορτίου της έλικας.
• Χαμηλότερες διακυμάνσεις πίεσης
• Χαμηλότερες εκπομπές θορύβου
• Υψηλή αξιοπιστία λόγω του μικρού αριθμού των κινούμενων μερών
• Πλήρως κατευθυνόμενο (360 °)
• Η Υψηλή μεταβλητότητα της χαρακτηριστικής καμπύλης της έλικας εκτείνεται σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρησιακών αναγκών έως ταχύτητες 21 κόμβων

1.4.2. Ηλεκτρική Μετάδοση Κίνησης:

Σε αυτό το είδος μετάδοσης, ένας ηλεκτρικός κινητήρας βρίσκεται εγκατεστημένος στον ίδιο τον λοβό (Pod) και είναι άμεσα συνδεδεμένος με την έλικα χωρίς να παρεμβάλλεται κιβώτιο ρύθμισης ταχυτήτων.



Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την οδήγηση του κινητήρα στον λοβό παράγεται στο εσωτερικό του πλοίου, συνήθως με κινητήρες ντίζελ ή/και αεριοστροβίλους οι οποίοι κινούν ηλεκτρικές γεννήτριες. Τα γενικώς αποκαλούμενα Pods ανήκουν σε αυτό το σύστημα μετάδοσης και διακρίνονται περαιτέρω σε:

2.1 Azipush:

Τα Azipush εγκαθίστανται έτσι ώστε να ωθούν το πλοίο προς τα εμπρός. Η έλικα έχει εγκατασταθεί στην κατεύθυνση της πρύμνης του πλοίου με τον λοβό μπροστά από αυτήν.

2.1 Azipull:

Το σύστημα Azipull εγκαθίσταται έτσι ώστε να έλκει το πλοίο τα εμπρός. Η έλικα έχει εγκαθίσταται με κατεύθυνση προς το πρωραίο μέρος του πλοίου με τον λοβό πίσω από αυτήν.

3. Αναδιπλούμενοι Προωθητήρες (Retractable Thrusters) :

Οι Αζιμουθιακοί προωθητήρες μπορεί να είναι αναδιπλούμενοι σε οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση, με σκοπό την αποφυγή βλάβης σε περιπτώσεις που είναι αναγκαία η πλεύση σε ρηχά νερά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η τοποθέτησή τους υψηλότερα, βεβαίως, αντενδείκνυται, λόγω απωλειών ώσης που δημιουργούνται κοντά στην επιφάνεια. Ως εκ τούτου, οι αναδιπλούμενοι προωθητήρες συνιστάται ιδιαίτερα έναντι των μη-αναδιπλούμενων σε περιπτώσεις πλεύσης σε ρηχά νερά.

1.5 Azipod

Το 1989, η ABB σε συνεργασία με τα Φινλανδικά ναυπηγεία Masa-Yards κατόπιν παρότρυνσης από το Φινλανδικό Εθνικό Συμβούλιο για τα θέματα Ναυτιλίας (Finnish National Board of Navigation) ξεκίνησαν την ανάπτυξη μιας νέας μονάδας ηλεκτρικής πρόωσης. Έναν χρόνο μετά, το 1990, το πρώτο Azipod (Azimuthing electric Podded Drive), εγκαθίσταται στο Seili, ένα παγοθραυστικό Φινλανδικό πλοίο του 1979. Η ισχύς του Azipod ήταν 1,5 MW, και με την καινούρια πρόωση το Seili απέκτησε αυξημένες δυνατότητες στη θραύση των πάγων. Μάλιστα ανακάλυψαν ότι το Seili είχε πλέον τη δυνατότητα να σπάει πάγους ακόμα και με την πρύμνη (με όπισθεν).

Η πρώτη μονάδα Azipod , η οποία πλέον εκτίθεται στο Ναυτικό Μουσείο της Φινλανδίας . Πηγή: Wikipedia

Μετά τις ενθαρρυντικές εμπειρίες από το πρωτότυπο στο Seili, η ανάπτυξη του Azipod συνεχίστηκε και οι επόμενες μονάδες τοποθετήθηκαν στα φινλανδικά πετρελαιοφόρα, Uikku και Lunni, το 1993 και το 1994, αντίστοιχα. Σχεδόν οκτώ φορές ισχυρότερες του πρωτοτύπου, οι 11,4 MW μονάδες Azipod αύξησαν σημαντικά την ικανότητα των σκαφών στην πλεύση σε πάγο.

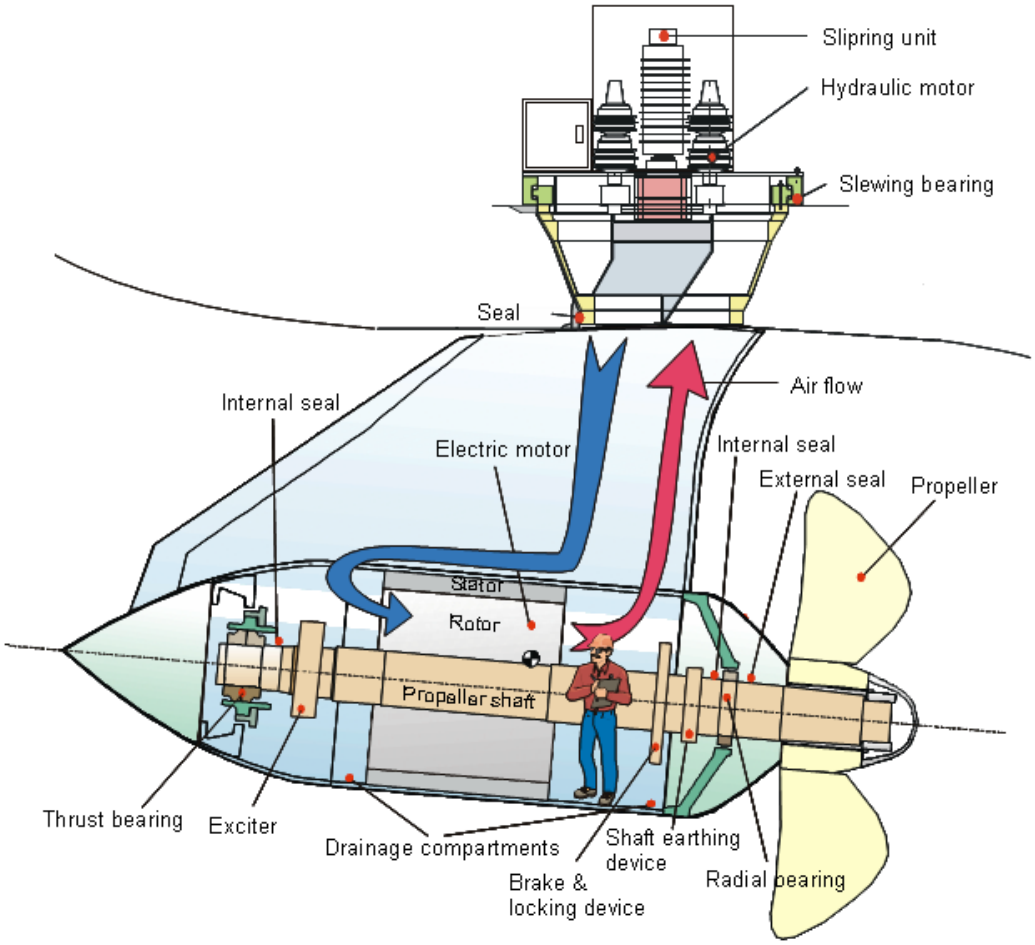
Η πρώτη σε παραγωγή εγκατεστημένη μονάδα Azipod **τύπου Push**
Πηγή: Maritime Journal

Οι πρώτες τρεις μονάδες Azipod ήταν αποκαλούμενου τύπου «push» (ωθητικού τύπου) στην οποία η έλικα συναρμολογείται πίσω από την γόνδολα. Στα επόμενα, η ABB υιοθέτησε την πιο αποτελεσματική "pull" (ελκτικού τύπου) διαμόρφωση.

Στη φωτογραφία που ακολουθεί διακρίνονται τα 4 Rolls Royce Mermaid Pods developed by Kamewa Alstom, **τύπου Pull**, του πλοίου Queen Mary II

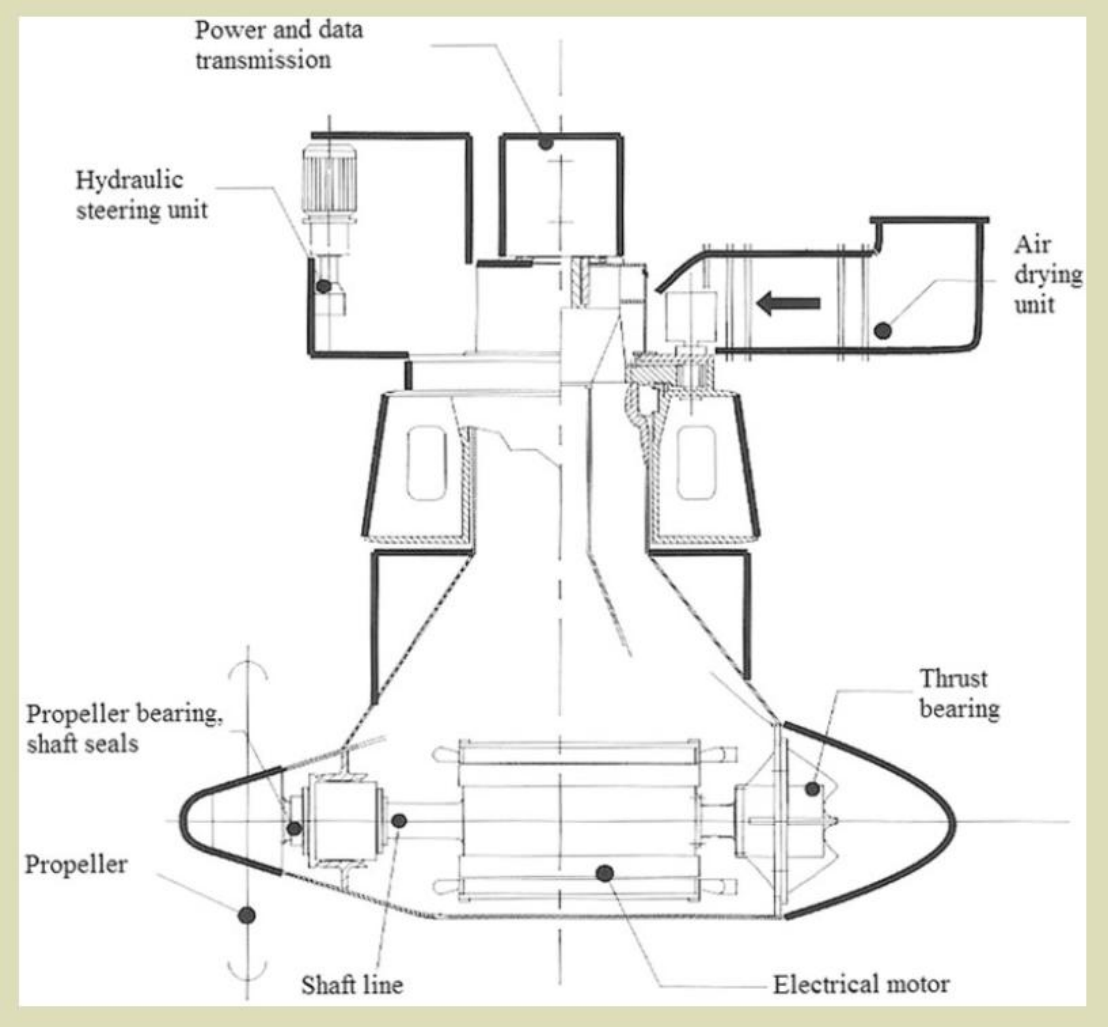
Οι εξελίξεις τα επόμενα χρόνια, και η υιοθέτηση αυτού του νέου προωστήριου συστήματος από πολλά νέα πλοία, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα που αυτό προσέφερε ενθάρρυνε και άλλες εταιρίες (η Siemens-Schottel με το SSP, η Kamewa-Alstom με το Mermaid κ.α) στην ανάπτυξη του Αζιμουθιακού συστήματος πρόωσης.

Ουσιαστικά, πρόκειται για μία ενιαία μονάδα ηλεκτρικού κινητήρα και έλικας, εμβαπτισμένη στο νερό, στο πρυμναίο μέρος του πλοίου. Αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα, μεταβλητής ταχύτητας, και την έλικα , η οποία είναι εγκατεστημένη στον άξονα του κινητήρα. Οι ηλεκτροκινητήρες ελέγχονται από μετατροπέα συχνότητας, παρέχοντας πλήρη ονομαστική ροπή, με ομαλή και συνεχή ικανότητα μεταβολής της ταχύτητας σε όλο το φάσμα των στροφών.



Πηγή: Electrical Systems in marine pods / Berg and Hellden

Το σύστημα μπορεί να φέρει μία ή δύο έλικες και έχει τη δυνατότητα να στρέφεται σχεδόν κατά 360 μοίρες κατά την αζιμουθιακή διεύθυνση (λογω αυτού πήρε το όνομά του άλλωστε) , δηλαδή στο οριζόντιο επίπεδο. Λόγω αυτού του βαθμού περιστροφής καλύπτεται πλέον και ο ρόλος του πηδαλίου και ταυτόχρονα αυξάνονται οι δυνατότητες ελιγμών του πλοίου.
Επιπλέον, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση χώρου , καθώς οι κινητήριες μηχανές έχουν μικρές διαστάσεις και το μεγαλύτερο μέρος τους βρίσκεται εκτός του πλοίου, και ουσιαστικά εκμηδενίζεται το αξονικό σύστημα που συνέδεε τη μηχανή με τον μειωτήρα και την έλικα. Αυτό με τη σειρά του επιφέρει μειωμένες ανάγκες συντήρησης. Μία τυπική διάταξη Pod με εμφανή τα σημαντικότερα υποσυστήματά του, φαίνεται στο σχέδιο που ακολουθεί.



(Πηγή: S. Asku and O. Turan : ***Reliability and Availability of Pod Propulsion Systems)***

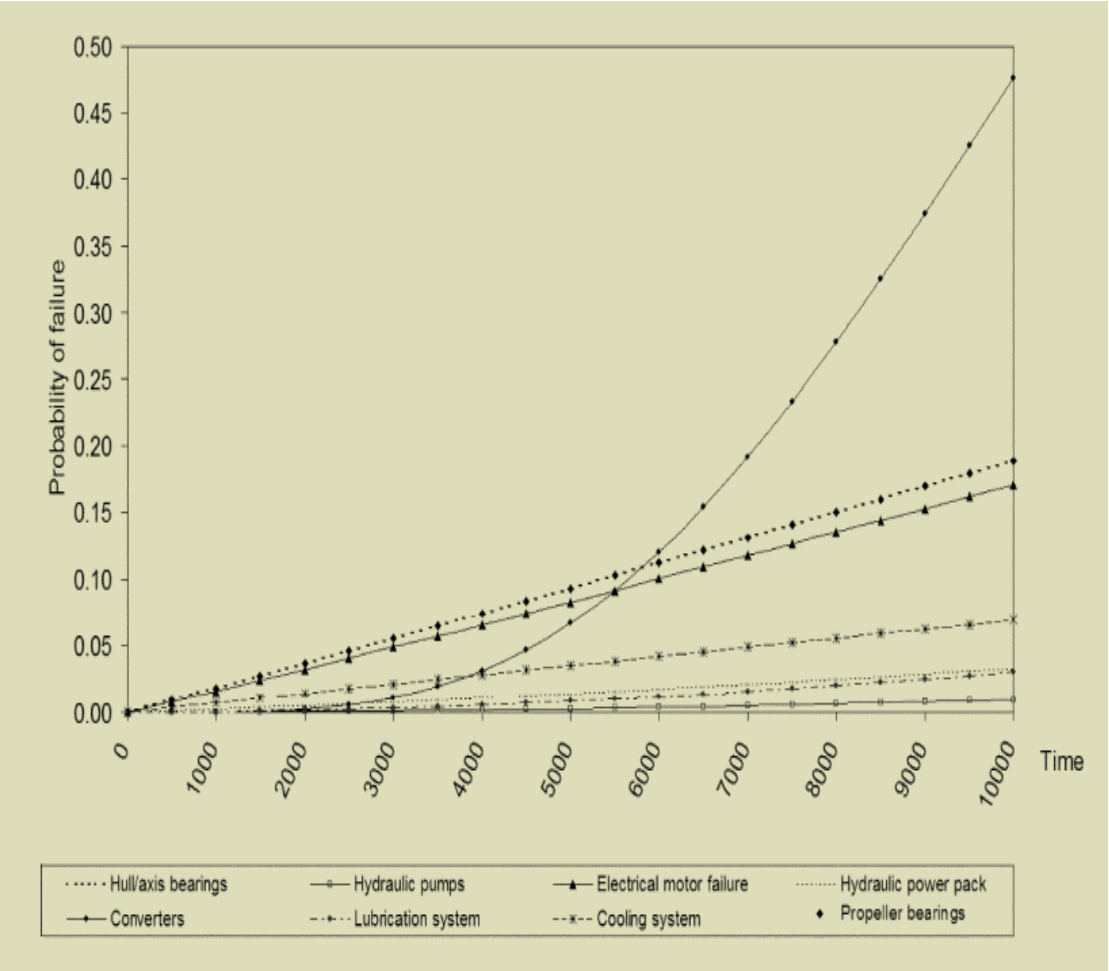
Αρχικά, οι πλοιοκτήτες υπήρξαν επιφυλακτικοί απέναντι σε αυτό το είδος πρόωσης, ειδικά στην πολύ ανταγωνιστική αγορά των επιβατικών πλοίων, όπου η αξιοπιστία και η ικανότητα συντήρησης είναι ζωτικής σημασίας. Η αλήθεια είναι ότι στις αρχές του 2000, πολλές από τις ερευνητικές μελέτες στον τομέα της πρόωσης με Pods είχαν επικεντρωθεί στην υδροδυναμική και στην ικανότητα ελιγμών τους. Ωστόσο, η περιοχή της αξιοπιστίας του συστήματος πρόωσης pod δεν είχε ερευνηθεί σε βάθος και αποτελούσε σίγουρα μια περιοχή άξια προσοχής.

Μια γενική εικόνα της πιθανότητας εμφάνισης σφαλμάτων θα επιχειρήσουμε να δώσουμε στους επόμενους δύο πίνακες.

Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία ABB, βάσει στατιστικών στοιχείων, σε έκθεση που δημοσιεύτηκε το 2004, τα ποσοστά αποτυχίας των υποσυστημάτων που απαρτίζουν την Αζιμουθιακή προωστήρια διάταξη ανά ένα εκατομμύριο ώρες λειτουργίας,

Rotating-pod unit	System	Subsystems	Number of subsystems and connection type	Failure rate for each subsystem (per 10^6 h)
Thrust equipments (fixed-pod unit)	Electrical motor	Rotor	1 (series)	0.4
		Stator	1 (series)	2.89
		Mainframe	1 (series)	2.2
		Bearings	2 (series)	3.89
		Temperature sensor	1 (series)	1.8
	Converters	Power components	4 sets (parallel)	50
		Control system	4 (parallel)	68.8
		Power converter cooling system	4 (parallel)	10
	Shaft	Propeller bearings	2 (series)	3.89
		Thrust bearing	1(series)	3.89
	Draining system	Water draining, pumps and piping	2 sets (parallel)	16.33
	Propeller/hub seals		3(series)	5.47
	Propeller assembly		1(series)	0.8
Steering and thrust	Cooling system	Heat exchanger	1 (series)	14.25
		Cooling system, pumps and pipes	2 sets (parallel)	4.23
	Lubricating system	Lubricating system, pumps and pipes	2 sets (parallel)	38.05
		Lubrication system filters	2 (series)	1.12
	Connection between outboard and inboard part		1 (series)	0.02
Steering part equipments	Air drying system		1 (series)	13.76
	Hull/axis seals		3 (series)	5.47
	Hydraulic power pack		1 (series)	4.5
	Hydraulic motor		3 (2 out of 3)	4.5
	Hydraulic pumps		3 (2 out of 3)	11.6
	Driving gears for hydraulic motors		3 (2 out of 3)	4.68
	Hull/axis bearings	Journal bearing	1 (series)	3.89
		Horizontal bearing	1 (series)	3.89
	Blocking system		3 (2 out of 3)	0.04

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που εκτίθενται στο ακόλουθο διάγραμμα δείχνουν την πιθανολογική συμπεριφορά των στοιχείων, βάσει των ποσοστών αποτυχίας, με την πάροδο του χρόνου, και δεν λαμβάνονται υπόψιν οποιεσδήποτε ενέργειες συντήρησης, είτε προληπτικά είτε διορθωτικά.



Υπολογισμένες πιθανότητες αποτυχίας για τις κύριες συνιστώσες περιστρεφόμενου Pod**.**

(Πηγή: S. Asku and O. Turan : ***Reliability and Availability of Pod Propulsion Systems)***

Βέβαια, οι μελέτες αυτές μετράνε ήδη μία δεκαετία και αφορούν σε πρωταρχικώς εξελιγμένα συστήματα Pods, τα οποία σίγουρα δε μπορούν να συγκριθούν με τις τρέχουσες εξελιγμένες μονάδες. Αυτό που οφείλουμε να αποκομίσουμε είναι η ευαισθησία, και η ροπή σε εκδήλωση σφάλματος, των μετατροπέων (Converters) των Pods, οι οποίοι όπως βλέπουμε και από το διάγραμμα παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά αποτυχίας.

Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα του Pod, σε συνδυασμό με την αλματώδη τεχνολογική του εξέλιξη δεν άργησαν να φανούν. Από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα το κατέστησαν πρωτοποριακή λύση κα τα αμέσως επόμενα χρόνια τελικά κέρδισε έδαφος επί της αξιοπιστίας των εφοπλιστικών κύκλων. Το γεγονός αυτό συνέβη διότι:

Αναφορικά με τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται στην ηλεκτροκίνηση, η πρόωση με Pods επεκτείνει το εύρος των παροχών για το σύστημα πρόωσης, συνοπτικά, ως εξής:

- Λόγω του ότι δεν υπάρχει σύστημα οδοντωτών τροχών και του ότι οι απώλειες από τη μηχανική μετάδοση της ισχύος μέσω του άξονα (όπως στην περίπτωση της συμβατικής

πρόωσης) δεν υφίστανται, η απόδοση του Pod είναι αυξημένη σε σχέση με άλλα συστήματα πρόωσης.

-Μείωση του απαιτούμενου χώρου του Μηχανοστασίου

-Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τύπους των πλοίων

-Προσφέρεται ευελιξία στο Σχέδιο Γενικής Διάταξης

-Δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης κινητήρα από ευρύτερη γκάμα κατασκευαστών

-Άριστη απόκριση σε ελιγμούς και χειρισμούς, ακόμη και σε χαμηλές ταχύτητες, επειδή οι έλικες έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνονται προς όλες τις διευθύνσεις (περιστρέφεται σχεδόν 360 μοίρες)

-Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου

-Σύστημα με υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας,

-Τα Pods μπορούν να εγκατασταθούν κατά την τελευταία περίοδο της κατασκευής, λίγο πριν την καθέλκυση

-Ευνοείται η λειτουργία χαμηλής ταχύτητας με πολύ χαμηλές στροφές στην έλικα

-Σημαντική βελτίωση κατά τη διαδικασία της οπισθοπορείας του πλοίου με πλήρη έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και λόγω της ικανότητας επίτευξης και διατήρησης πολύ χαμηλών στροφών σε αυτή.

-Εξαιρετική ευελιξία καθώς η ώση της έλικας μπορεί να κατευθύνεται προς οποιαδήποτε διεύθυνση.

-Προσφέρεται μεγάλη ευκολία κατά τις διαδικασίες συντήρησης των προωστήριων κινητήρων, καθώς βρίσκονται εξωτερικά του πλοίου.

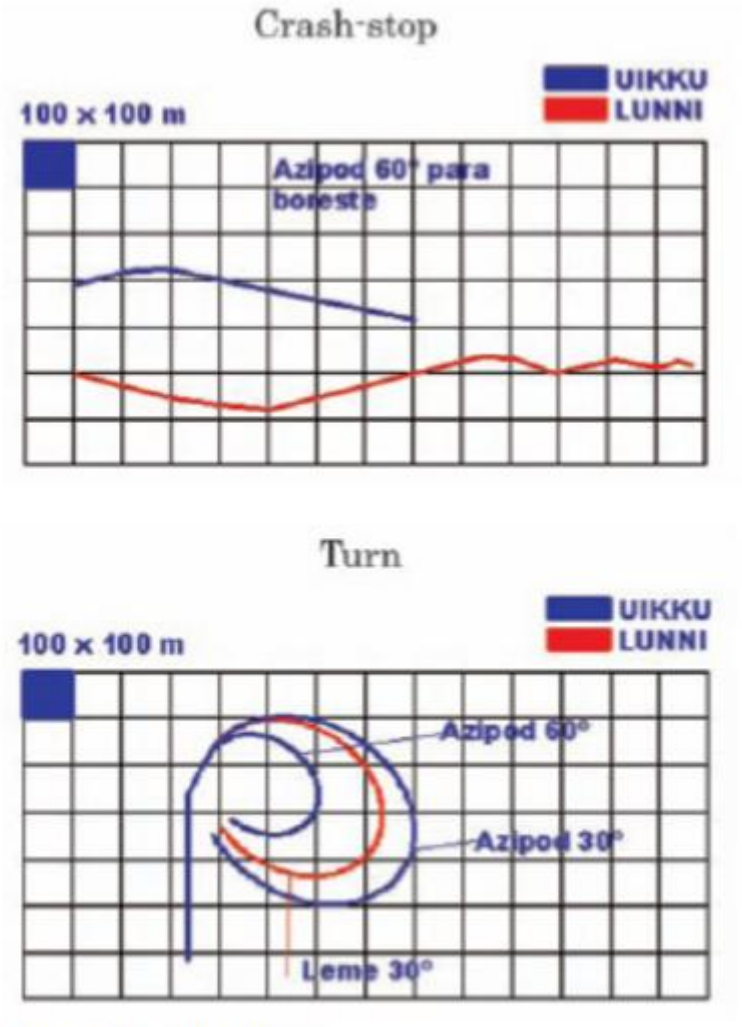
-Υπάρχει η δυνατότητα άμεσης αντικατάστασης των Pods σε περίπτωση ανεπανόρθωτης βλάβης , ή ακόμα και σε περίπτωση μη εκπλήρωσης προσδοκιών, χωρίς επίπονες διαδικασίες όπως η διάνοιξη και η επανένωση ελασμάτων του πλοίου

- Αζιμουθιακοί προωστήριοι μηχανισμοί, πέραν της εκτέλεσης χρεών βασικής πρόωσης, χρησιμοποιούνται ευρέως σε σκάφη με ανάγκες Δυναμικής Τοποθέτησης,

(Dynamic Positioning: Η δυνατότητα διατήρησης θέσης και κατεύθυνσης, είτε σε μορφή σταθερής θέσης είτε σε μορφή προκαθορισμένης διαδρομής, αποκλειστικά μέσω της λειτουργίας των προωθητήρων , και του κατάλληλου συστήματος αυτομάτου ελέγχου) , λόγω του γεγονότος ότι δύνανται να κατευθύνουν την ώση, ανά πάσα στιγμή, σε οποιαδήποτε κατεύθυνση.)

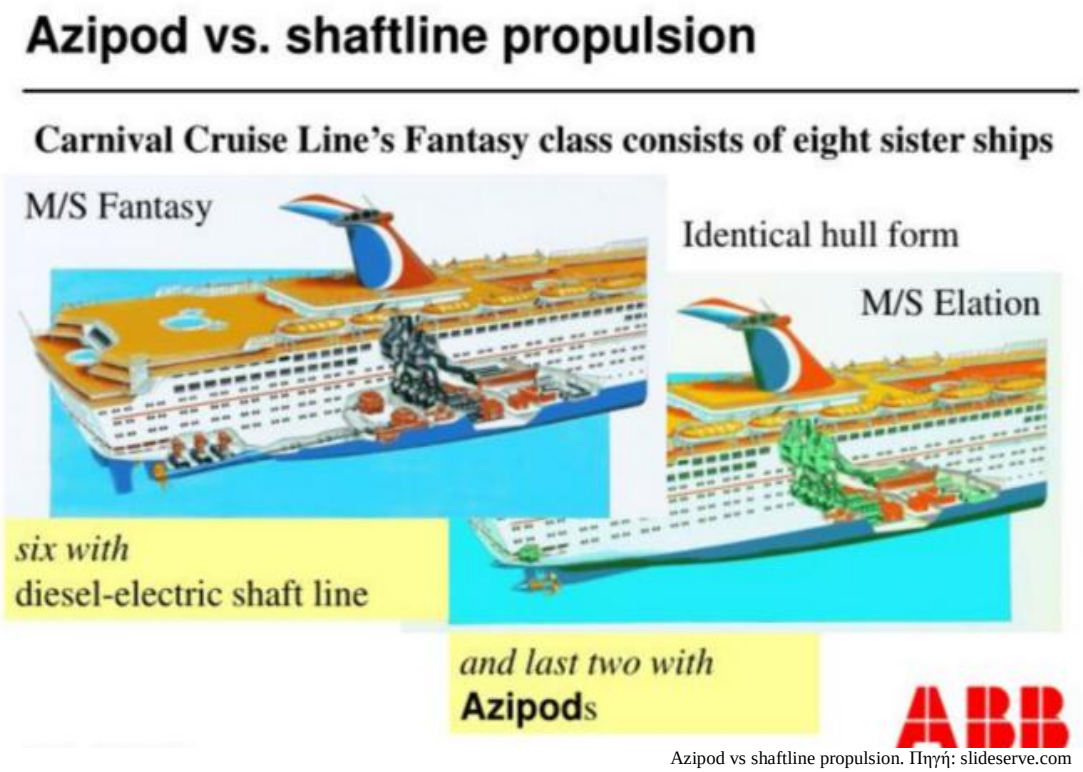
Όπως αναφέραμε, το ενοποιημένο αυτό σύστημα κινητήρα-άξονα-έλικας έχει εξαιρετικά μικρούς χρόνους απόκρισης σε εντολές ελιγμών , γεγονός που αυξάνει την ενεργητική ασφάλεια του πλοίου μειώνοντας τον χρόνο αποφυγής σύγκρουσης (crash-stop time).

Συγκεκριμένα, μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τις εταιρίες ABB και Arpiainen et al. (1993) έδειξαν ότι τα πλοία με Azipod έχουν μεγαλύτερη ευελιξία για την εκπλήρωση ελιγμών σε καταστάσεις κινδύνου. Το 1995 παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα από τη δοκιμή των πλοίων TM Uikku με συστήματα Azipod και Lunni με συμβατικό σύστημα πρόωσης και ελιγμών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με σύστημα Azipod υπήρξε μια βελτίωση 50% στη δοκιμή του κύκλου στροφής. Επιπλέον, τα δύο πλοία δοκιμάστηκαν στην κατάσταση crash stop στην οποία το πλοίο με Azipod παρουσίασε μείωση κατά περίπου 40% στην απόσταση ακινητοποίησης. Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει γραφικά τα αποτελέσματα αυτά.



Source: Inbiship (2007).

Στην εικόνα που ακολουθεί μπορούμε να διακρίνουμε την εξοικονόμηση χώρου που μας προσφέρει το Αζιμουθιακό σύστημα πρόωσης.



Azipod vs shaftline propulsion. Πηγή: slideserve.com

Στο επόμενο διάγραμμα εκτίθεται μία σύγκριση, ως προς το απαιτούμενο βάρος ενός πλοίου με συμβατική πρόωση, έναντι της πρόωσης με Pods. Όπως βλέπουμε υπάρχει μία εξοικονόμηση βάρους (στην πλευρά της πρόωσης με Pods) , λόγω της μη χρήσης κινητήριου άξονα, πηδαλίου, κιβωτίου ταχυτήτων, πρυμναίων μηχανισμών πρόωσης (stern thrusters) και άλλων, την οποία δεν μπορεί να υπερκαλύψει η εκτεταμένη χρήση καλωδίων και ο επιπλέον χάλυβας που χρησιμοποιείται στη περίπτωση της Αζιμουθιακής Πρόωσης. Επίσης, μπορούμε να διακρίνουμε μεταξύ των άλλων ότι με χρήση Pods για την πρόωση ενός πλοίου η χρήση των χώρων του κύτους μπορούν να βελτιστοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Βοηθητικές συσκευές μπορούν να βρίσκονται στη θέση του κινητήρα πρόωσης και ορισμένες νέες καμπίνες μπορούν να τοποθετηθούν στο χώρο που κατείχαν προηγουμένως οι βοηθητικές συσκευές. Τελικά, η συνολική μείωση στο βάρος της εγκατάστασης λόγω της χρήσης Pods υπολογίστηκε στους 280 τόνους.

Diesel propulsion		Azipod propulsion	
Equipment	**Weight**	**Equipment**	**Weight**
Propeller motors	210t	Azipod	340t
Motor Fundaments	30t	Cabling increase	20t
Shaft lines	215t		
Shaft tubes	11t	Steel construction	60t
Rudders, steering gears	54t		
Castings	145t	31 extra pass cabin	60t
Stern thrusters	95t		
Total	**760t**	**Total**	**480t**
		Weight saving	**280t**

Source: Laukia (1995).

Επίσης, η πρόωση με Pods πέτυχε 9% καλύτερη απόδοση καυσίμου από το συμβατικό σύστημα πρόωσης όταν εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1990. Βελτιώσεις στο συμβατικό σχεδιασμό μείωσαν το χάσμα στο 6% -8%, αλλά από την άλλη πλευρά, η υδροδυναμική ροή γύρω από το Azipod έχει βελτιωθεί με μετασκευές πτερυγίων και μέσω της δυναμικής βελτιστοποίησης, μέσω υπολογιστή, των αντίστοιχων γωνιών λειτουργίας των pods σε εγκαταστάσεις πολλαπλών μονάδων, αποδίδοντας μια συνολική βελτίωση της αποτελεσματικότητας, πλέον, σε ένα ποσοστό της τάξης του 18%.

Τέλος, οι ανάγκες ψύξης του προωστήριου κινητήρα είναι πλέον περιορισμένες , καθώς ψύχεται από το θαλασσινό νερό μέσα στο οποίο βρίσκεται εμβαπτισμένος. Αυτό, συνεπάγεται με τη σειρά του, μικρότερο αριθμό και ισχύ αντλιών για την ψύξη, στον εξοπλισμό του πλοίου, άρα και χαμηλότερο προϋπολογισμό ισχύος των μηχανημάτων πρόωσης, επομένως και χαμηλότερη συνολική ισχύ της όλης εγκατάστασης.

Το Αζιμουθιακό Προωστήριο Σύστημα είναι αυτό με το οποίο επιλέξαμε τελικά να εξοπλίσουμε το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό πλοίο ερευνών που μας ανατέθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Οι λόγοι που μας οδήγησαν τελικά σε αυτή την επιλογή, πέραν των παραπάνω πλεονεκτημάτων, θα αναπτυχθούν ειδικά σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.

1.6 Περιγραφή Ωκεανογραφικών Πλοίων , των πλοίων Ειδικών σκοπών και των Ερευνητικών Πλοίων

Στην κατηγορία των πλοίων Ειδικών Σκοπών, ή Ειδικού Προορισμού, ανήκουν τα Ωκεανογραφικά πλοία, τα οποία προσανατολίζονται στην εκτέλεση θαλασσίων ερευνών και φέρουν ειδική σχεδίαση και εξοπλισμό για αυτόν τον ρόλο και είναι υπεύθυνα για την μεταφορά και την ενδιαίτηση του τεχνικού και επιστημονικού προσωπικού που επιβαίνει. Τα ωκεανογραφικά μπορεί να αναλαμβάνουν υδρογραφικές, ωκεανογραφικές, αλιευτικές, ναυτικές υποβρύχιες έρευνες ή και έρευνες στις αρκτικές περιοχές. Στα αποτελέσματα των ερευνών που αναλαμβάνουν, περιλαμβάνεται η κατασκευή ναυτικών χαρτών, η καταγραφή σεισμικής δραστηριότητας στο βυθό, ο εντοπισμός υποβρύχιων κοιτασμάτων πετρελαίου, η ανάλυση αλιευτικών δειγμάτων (π.χ. πλαγκτόν) καθώς επίσης και ο εντοπισμός υποβρυχίων και υποβρυχίων ναρκών.

Διαθέτουν πλήρη επιστημονικό εξοπλισμό, ηλεκτρονικά όργανα, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ιδιαίτερου τύπου ραντάρ, σύγχρονα όργανα μετρήσεων, sonar, συστήματα υπερήχων, αναβαθμισμένα συστήματα πλοήγησης και πολλά άλλα τελευταίας τεχνολογίας συστήματα για τη διεξαγωγή των ερευνών που καλούνται να ολοκληρώσουν.

Συνήθως φέρουν βαθυσκάφος και ενίοτε θαλάμους αποπίεσης. Μάλιστα, λόγω της απαιτητικής φύσης των εργασιών τους, τα ερευνητικά σκάφη συχνά κατασκευάζονται επί του κύτους ενός παγοθραυστικού η οποία τους επιτρέπει να πλέουν ακόμα και σε πολικά ύδατα.

Οι θαλάσσιες εξερευνήσεις ξεκίνησαν από την αρχαιότητα. Οι ευρωπαίοι άρχισαν, από τα τέλη του 13ου αιώνα, να επεκτείνουν τη γνώση τους για τον κόσμο. Πρώτα ταξιδεύοντας προς τα ανατολικά: Ο Μάρκο Πόλο έφτασε τότε μέχρι την Κίνα ανοίγοντας τον δρόμο του μεταξιού, μαζί με αυτόν της γνώσης. Περισσότερο από ενάμιση αιώνα αργότερα, το 1492, ο Χριστόφορος Κολόμβος, προσπαθώντας να βρει δρόμο προς τις Ινδίες πλέοντας προς τα δυτικά, ανακαλύπτει την Αμερική. Σχεδόν συγχρόνως ο Μπαρτολομέ Ντίαζ φτάνει στο ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας, το νοτιότερο άκρο της αφρικανικής ηπείρου, ενώ λίγα χρόνια αργότερα, ο Βάσκο ντα Γκάμα το παραπλέει και φτάνει στην Ινδία πλέοντας ανατολικά. Τον 16ο αιώνα ο Φερδινάνδος Μαγγελάνος παραπλέει και την αμερικανική ήπειρο μέσα από τον πορθμό που μέχρι σήμερα φέρει το όνομά του. Ένα από τα πλοία της αποστολής της οποίας ηγείτο θα κάνει για πρώτη φορά τον γύρο της γης πλέοντας προς τα δυτικά. Αρκετά αργότερα το HMS Endeavour του Αγγλικού Βασιλικού Ναυτικού με κυβερνήτη τον James Cook κάνει το πρώτο του ερευνητικό ταξίδι για την εξερεύνηση της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας από το 1769 έως το 1771, ενώ το HMS Challenger χρησιμοποιείται για τον πρώτο ωκεανογραφικό περίπλου της Γης. Ακολουθούν πολλά άλλα ωκεανογραφικά σκάφη που αναλαμβάνουν πληθώρα αποστολών και φθάνουμε στο Καλυψώ ,του Ζακ –Υβ Κουστώ, με το οποίο το 1955, ο ίδιος ξεκίνησε ένα ταξίδι 13,800 μιλίων στα βάθη των ωκεανών του πλανήτη με σκοπό να καταγράψει με την κάμερά του όλα όσα συνάντησε. Το 1975 ο Κουστώ ξεκίνησε εξερευνήσεις στο Αιγαίο, μετά από πρόσκληση της Ελληνικής Κυβέρνησης, οι οποίες οδήγησαν σε σημαντικές ανακαλύψεις όπως το ότι έφερε στο φως τον μηχανισμό των Αντικυθήρων και ανακάλυψε το βυθισμένο πλοίο Βρετανικός.

Στις δύο εικόνες που ακολουθούν μπορεί κανείς να κατανοήσει τον βαθμό της εξέλιξης των Ωκεανογραφικών σκαφών. Από το HMS Endeavour (1970) στην πρώτη εικόνα στο σύγχρονο Maria S. Merian (2005)

Στις μέρες μας, τα σύγχρονα Ωκεανογραφικά σκάφη έχουν ξεπεράσει ολοκληρωτικά τα σκάφη εκείνης της εποχής, και παρά το ότι η φιλοσοφία τους παραμένει η ίδια, οι αποστολές τους συνίστανται σε περισσότερο εξειδικευμένες εργασίες οι οποίες απαιτούν τη χρήση μηχανημάτων τεχνολογίας αιχμής και ιδιαίτερων ικανοτήτων πλεύσης και ελιγμών, για την ολοκληρωμένη διεξαγωγή των σύγχρονων ερευνών. Έτσι, η σχεδίαση και ο εξοπλισμός ενός σύγχρονου Ωκεανογραφικού οφείλει να αποτελεί προϊόν μιας λεπτομερούς και άρτιας μελέτης, με έμφαση στην υπερκάλυψη των απαιτούμενων δυνατοτήτων του πλοίου.

1.7 Η Ωκεανογραφία και ο εξοπλισμός ενός σύγχρονου Ωκεανογραφικού σκάφους

Ωκεανογραφία ονομάζεται η επιστήμη η οποία ασχολείται με την έρευνα και τη μελέτη ωκεανών , θαλασσών, λιμνών αλλά και του πυθμένα αυτών και των ακτών που τους περιβάλλουν. Η έρευνα αυτή γίνεται όχι μόνον από άποψη της συμπεριφοράς, της ποιότητας και της καταλληλότητας του νερού, αλλά και από την άποψη της αναγνώρισης του χώρου που περιβάλλει και ευρίσκεται κάτω από τις μάζες του νερού των οποίων η επιστημονική σπουδαιότητα και οικονομική αξία είναι πολύ μεγάλη. Θεωρείται κλάδος της Γεωλογίας αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί διεπιστημονικό πεδίο συνεργασίας πολλών επιστημονικών και τεχνικών κλάδων. Με την Ωκεανογραφία συμπληρώνεται η μελέτη της υδρόγειας σφαίρας έναντι της γεωγραφίας που υπό στενή έννοια μελετά τις ηπείρους.

Η Ωκεανογραφία διακρίνεται σε τέσσερεις βασικούς κλάδους:

1. Στη **Φυσική** ωκεανογραφία που ασχολείται με την καταγραφή της θερμοκρασίας και αλατότητας των υδάτων, τα ρεύματα, τις παλίρροιες και τον κυματισμό. Ειδικοί κλάδοι ασχολούνται με την διάδοση ηχητικών κυμάτων, φωτός και ραδιοηλεκτρικών κυμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον και έχουν αναπτυχθεί λόγω της μεγάλης σημασίας των φαινομένων αυτών στις ναυτικές πολεμικές επιχειρήσεις.
2. Στη **Χημική** ωκεανογραφία, δηλαδή στη μελέτη της χημικής συμπεριφοράς των θαλασσίων υδάτων και την αλληλεπίδραση τους με την ατμόσφαιρα. Συνήθως οι καταγραφές των χημικών χαρακτηριστικών των θαλασσίων υδάτων διεξάγονται παράλληλα με αυτές της φυσικής ωκεανογραφίας. Η χημική ωκεανογραφία επίσης μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη ρύπανση των θαλασσών από ανθρώπινες δραστηριότητες.
3. Στην **Γεωλογική** ωκεανογραφία, δηλαδή τη μελέτη της γεωλογίας και ορυκτολογίας του θαλάσσιου πυθμένα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τεκτονική γεωλογία των πυθμένων των ωκεανών και η μελέτη της ηφαιστειακής δραστηριότητος στα μεγάλα βάθη.
4. Στη **Βιολογική** ωκεανογραφία ή Υδροβιολογία. Αυτή έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της συνεισφοράς της στη συστηματική ωκεάνια αλιεία, που αποτελεί πηγή πλούτου για πολλές χώρες. Ο κλάδος γνώρισε ιδιαίτερη άνθηση μετά την επινόηση της αυτόνομης καταδυτικής συσκευής από τον Ζάκ Υβ Κουστώ το 1943, που επιτρέπει την παρακολούθηση των θαλάσσιων οργανισμών στο φυσικό τους περιβάλλον.

Η Ωκεανογραφία χρησιμοποιεί μεγάλη ποικιλία τεχνικών μέσων, στα οποία περιλαμβάνονται:

-Ειδικά πλοία, είτε εκ κατασκευής είτε εκ μετατροπής μεγάλων αλιευτικών. Χαρακτηρίζονται ως Ωκεανογραφικά, Υδρογραφικά ή Ερευνητικά. Αυτά διαθέτουν ενδιαιτήσεις για πρόσθετο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό, χώρους για εργαστήρια, βαρούλκα, ειδικό εξοπλισμό αποστολής κλπ.

-Μισθωμένα σκάφη (συνήθως αλιευτικά) και ακάτους.

-Υποβρύχια, επανδρωμένα και μη.

-Βαθυσκάφη.

-Λοιπά πλωτά μέσα, σημαντήρες, εξέδρες.

-Όργανα μετρήσεων πεδίου (θερμογράφοι, ρευματογράφους (sonar), ηχοβολιστικά βυθόμετρα, παλιρροιογράφοι, Αυτογραφικά Όργανα CTD (Conductivity – Temperature – Depth) για τη μέτρηση της αγωγιμότητας, Αυτογραφικά όργανα μέτρησης ραδιενέργειας, Αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς, Αισθητήρες θερμοκρασίας κ.α)

-Τοπογραφικά όργανα και συστήματα προσδιορισμού θέσης (π.χ. GPS).

-Εργαστηριακό εξοπλισμό (εργαστήρια φυσικών και χημικών μετρήσεων σε δείγματα, εργαστήρια βιολογίας).

-Καταδυτικός εξοπλισμός, ιδιαίτερα χρήσιμος στην Υδροβιολογία.

-Υποβρύχιες φωτογραφικές μηχανές και μηχανές εικονοληψίας.

-Συσκευές δορυφορικής τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα (GIS).

-Τηλεκατευθυνόμενα υποβρύχια οχήματα (Remotely Operated Underwater Vehicle - ROV), τα οποία τα τελευταία χρόνια είναι ευρέως διαδεδομένα. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προβλέπεται διαθέσιμος χώρος πάνω στο σκάφος για την τοποθέτησή του, καθώς επίσης και κατάλληλος εξοπλισμός για την πρόσδεση και καθαίρεσή του.

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται κάποια από τα παραπάνω τεχνικά μέσα:

1.8 Ο Ρόλος των Ωκεανογραφικών σκαφών

Ένα ερευνητικό σκάφος εκτελεί ημερήσιους ή και νυκτερινούς πλόες, με, ή χωρίς ενδιάμεσους σταθμούς.

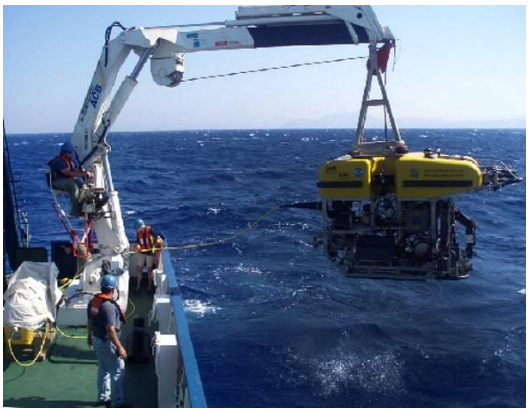
Στους πλόες μετρούνται φυσικοχημικά ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά του νερού (π.χ. ρεύματα, θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, θολερότητα κλπ) με ειδικές διατάξεις οργάνων (θερμοσαλινογράφοι, ADCP, CTD κλπ) και λαμβάνονται δείγματα νερού από διάφορα βάθη, δείγματα ιζημάτων και πλαγκτού, τα οποία εξετάζονται μέσα στο σκάφος ως προς ορισμένες παραμέτρους που πρέπει να μετρηθούν επί τόπου στο πεδίο. Στη συνέχεια, ένα ένα μέρος τους μονιμοποιείται και μεταφέρεται στις χερσαίες εγκαταστάσεις των Εργαστηρίων για περαιτέρω εξειδικευμένες φυσικοχημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις. Σε παράκτιους σταθμούς, υπάρχει η δυνατότητα επισκόπησης του βυθού, με ειδικές υποβρύχιες κάμερες τον εντοπισμό υποβρύχιων εστιών ρύπανσης (π.χ. αγωγοί εκβολής λυμάτων) κλπ. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα για αυτόνομες καταδύσεις για τον έλεγχο και την καταγραφή του ιχθυοαποθέματος, την λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων υποστρώματος κλπ. Τα δεδομένα των μετρήσεων καταχωρούνται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του σκάφους, όπου ένα μέρος επεξεργάζεται επί τόπου (στο πεδίο των μετρήσεων) ενώ τα υπόλοιπα αποθηκεύονται και επεξεργάζονται στις χερσαίες εγκαταστάσεις Εργαστηρίων. Όλες οι μετρήσεις όπως και οι δειγματοληψίες ή οι λοιπές επιστημονικές δραστηριότητες, πραγματοποιούνται με μόνιμα εγκατεστημένο ή φορητό εξοπλισμό που μεταφέρεται στο σκάφος πριν την έναρξη των δραστηριοτήτων. Στη συνέχεια , ακολουθεί η επεξεργασία και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με σκοπό την ολοκλήρωση της εκάστοτε μελέτης.

1.9 Η Ωκεανογραφία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα με την επιστήμη της Ωκεανογραφίας και τις συναφείς επιστήμες και δραστηριότητες ασχολούνται:

1. Η Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού (Υ.Υ.Π.Ν) η οποία επικεντρώνεται στις υδρογραφικές και χαρτογραφικές εργασίες. Είναι υπεύθυνη για την έκδοση των επίσημων Ελληνικών Ναυτικών Χαρτών και συναφών εκδόσεων (Φαροδείκτης, Πλοηγοί) και των Αγγελιών προς Ναυτιλλόμενους. Διαθέτει τρία υδρογραφικά-ωκεανογραφικά πλοία, τα *Υ/Γ-Ω/Γ Ναυτίλος, Υ/Γ-Ω/Γ Πυθέας, Υ/Γ Στράβων* και την *Υδρογραφική Άκατο-14*. Επίσης συλλέγει και διανέμει στο Αρχηγείο Στόλου ειδικά ωκεανογραφικά δεδομένα που απαιτούνται για τις ναυτικές επιχειρήσεις.

2. Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), με έμφαση στη Βιολογική Ωκεανογραφία. Το ΕΛΚΕΘΕ προήλθε από συγχώνευση του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ) και του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (ΙΘΑΒΙΚ). Διαθέτει τα ερευνητικά πλοία *Αιγαίο* και *Φιλία* και το υποβρύχιο *Θέτις*.. Πρόσφατα εξέδωσε και τον *Άτλαντα ανέμου και κύματος των ελληνικών θαλασσών*.
3. Εργαστηριακές μονάδες και ερευνητικά προγράμματα διαφόρων πανεπιστημιακών και πολυτεχνικών σχολών.



Το ***Υ/Γ-Ω/Γ Ναυτίλος*** *του Υ.Υ.Π.Ν και η επανασυλλογή του Τ*ηλεκατευθυνόμενου Υποβρυχίου Ρομπότ (ROV)

Το Ωκεανογραφικό ΑΙΓΑΙΟΝ του ΕΛΚΕΘΕ

1.9.1 Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)

Η Ελλάδα, ως κατεξοχήν ναυτική χώρα, με σημαντικά εκτεταμένη ακτογραμμή, είχε από την αρχή της ιστορίας της την ανάγκη εξερεύνησης της θαλάσσιας περιοχής της. Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (Hellenic Center of Marine Research / HCMR) , ιδρύθηκε το 2003 σε μία συντονιστική ένωση των προσπαθειών του ΕΚΘΕ (πρώην Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και Αλιευτικών Ερευνών και του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (ΙΘΑΒΙΚ). Έχει ως στόχο **τ**η διεξαγωγή επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, την πειραματική ανάπτυξη και επίδειξη, τη διάδοση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων της έρευνας, ιδιαίτερα στους τομείς της μελέτης και προστασίας της υδρόσφαιρας, των οργανισμών της, των ορίων της με την ατμόσφαιρα, την ακτή και το βυθό, των φυσικών, χημικών, βιολογικών και γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν και διέπουν τα παραπάνω συστήματα.

Η Αποστολή του ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ συνίσταται στους εξής στόχους:

-Διατήρηση της υγείας της υδρόσφαιρας έτσι ώστε τα υδάτινα οικοσυστήματα να εξακολουθήσουν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους (ρυθμιστικές, αισθητικές, πολιτιστικές) στις μελλοντικές γενιές

-Προαγωγή της βιώσιμης εκμετάλλευσης των θαλάσσιων βιολογικών και άλλων πόρων,

-Υποστήριξη της περιφερειακής ανάπτυξης

-Προαγωγή της βιώσιμης υδατοκαλλιέργειας

-Ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα που σχετίζονται με την υδρόσφαιρα και την προστασία της, και

-Παροχή συμβουλών σε εθνικά, μεσογειακά και ευρωπαϊκά θεσμικά όργανα σε θέματα περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και διαχείρισης.

Οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται με τους ακόλουθους τρόπους:

-Επιτόπια, εργαστηριακή και πειραματική διεπιστημονική, βασική και εφαρμοσμένη έρευνα σε διάφορα επιστημονικά πεδία που σχετίζονται με τη φυσική, τη χημεία, τη γεωλογία, τη βιολογία, τις υδατοκαλλιέργειες και την αλιεία σε υδάτινα οικοσυστήματα, τη διεπαφή

μεταξύ υδρόσφαιρας και ατμόσφαιρας, την παράκτια ζώνη, την υδάτινη στήλη και τον πυθμένα της θάλασσας

-Διατήρηση δημόσιων ενυδρείων και διάδοση πληροφοριών και γνώσης σχετικά με σημαντικά επιτεύγματα μέσω μιας ποικιλίας διοργανώσεων

-Ανάληψη συγκεκριμένων πιλοτικών μελετών και εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης για συγκεκριμένα θέματα, και

-Εκμετάλλευση προϊόντων που παράγονται από βιολογικούς και αβιοτικούς πόρους είτε από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. είτε μέσω επαφών με τρίτους, και η παροχή διάφορων θαλάσσιων υπηρεσιών

Το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. , δραστηριοποιείται επίσης ως σύμβουλος της κυβέρνησης σχετικά με την πετρελαϊκή ρύπανση από θαλάσσιες δραστηριότητες και ατυχήματα, θέματα που διαμορφώνουν την πολιτική για την αλιεία, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και την εφαρμογή της στρατηγικής για τη θάλασσα.

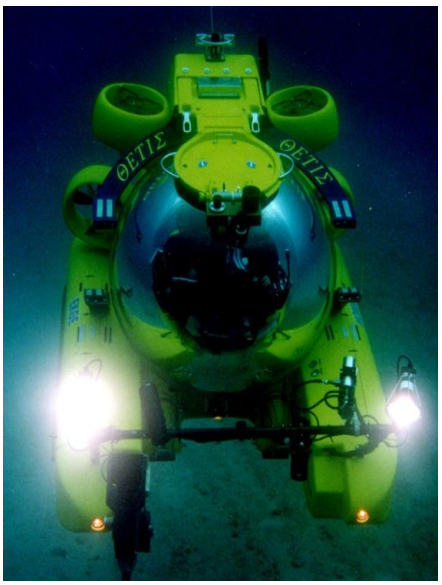
Κύριοι στόχοι του είναι η διεξαγωγή διεπιστημονικής εφαρμοσμένης και βασικής έρευνας στους ακόλουθους τομείς:

- Δομή και λειτουργία εσωτερικών, παράκτιων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένης της μοντελοποίησης των οικοσυστημάτων
- Υδάτινη βιοποικιλότητα (σε όλα τα επίπεδα)
- Συστήματα Ολοκληρωμένης Παρατήρησης και Πρόγνωσης της κατάστασης των ελληνικών θαλασσών
- Ρόλος της κλιματικής αλλαγής στην εξέλιξη των υδάτινων οικοσυστημάτων (θαλάσσιων και χερσαίων)
- Επιπτώσεις των φυσικών και ανθρωπογενών πιέσεων και κινδύνων στο θαλάσσιο περιβάλλον (π.χ. διαρροή πετρελαίου, ρύπανση, τσουνάμι, πλημμύρες, υδάτινες εισβολές, επιβλαβείς εξάρσεις φυτοπλαγκτού (HAB), καθιζήσεις)
- Κύκλος ζωής ψαριών, δυναμική αλιευμάτων, οικολογία αλιευμάτων, μοντελοποίηση και διαχείριση
- Υδατοκαλλιέργειες
- Γενετική πληθυσμών και Γονιδιωματική θαλάσσιων οργανισμών
- Εφαρμογές βιοτεχνολογίας
- Ολοκληρωμένη διαχείριση λεκάνης απορροής ποταμού και παράκτιας ζώνης

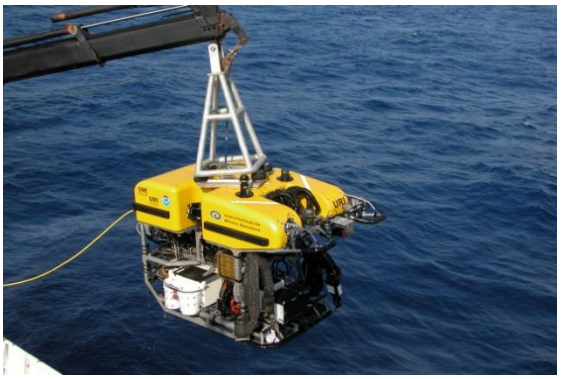
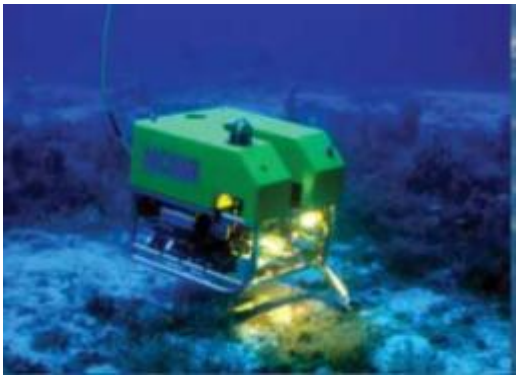
Για την υποστήριξη των ερευνητικών προγραμμάτων του ΕΛΚΕΘΕ περιλαμβάνονται:

α) Δύο ερευνητικά σκάφη, το Αιγαίο και το Φιλία, (φαίνονται αντιστοίχως στις παρακάτω φωτογραφίες)

β) Ένα διθέσιο υποβρύχιο, το Θέτις,



γ) Τέσσερα υποβρύχια τηλεκατευθυνόμενα ρομπότ (Remotely Operated Underwater Vehicle - ROV). Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται δύο από αυτά , ο Ηρακλής (Hercules) και το Super Achille, αντιστοίχως.

1.9.2 Η Ανάθεση

Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών , προκειμένου να επιτελέσει τον δύσκολο, γεμάτο απαιτήσεις και προκλήσεις, ρόλο που έχει αναλάβει στις Ελληνικές θάλασσες, και στα πλαίσια αναγκών εκσυγχρονισμού του στόλου του, ανέθεσε στη Σχολή Ναυπηγών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, την σχεδίαση, τη μελέτη και τον εξοπλισμό ενός νέου, υπερσύγχρονου Ωκεανογραφικού Σκάφους, με υπηρεσιακές ικανότητες και μέγεθος που θα μπορούσαν να το καταστήσουν κατάλληλο για τις επιχειρήσεις του.

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ενεργειακή Μελέτη του εν λόγω Ωκεανογραφικού Σκάφους σε μία προσπάθεια να επιτευχθεί η απρόσκοπτη και αποδοτική λειτουργία του στα πλαίσια κάλυψης των μελλοντικών αναγκών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Αποτελεί δε, συνέχεια της διαδικασίας σχεδίασης και προμελέτης την οποία ανέλαβε και διεκπεραίωσε επιτυχώς, στα πλαίσια της Διπλωματικής της εργασίας, τον Οκτώβριο του έτους 2016, η συνάδελφος Καψάλη Τριαντάφυλλη-Αναστασία με τίτλο : **Μελέτη και Σχεδίαση Ωκεανογραφικού Σκάφους Ανοιχτής Θαλάσσης.**

Στο σημείο αυτό, θα παραθέσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του Ωκεανογραφικού Πλοίου ΑΙΓΑΙΟΝ , το οποίο αποτελεί το βασικό ερευνητικό πλοίο του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, και πάνω στο οποίο στηριχθήκαμε προκειμένου να κατανοήσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα τις ανάγκες σχεδίασης και εξοπλισμού.

1.9.3 Το Ωκεανογραφικό Σκάφος ΑΙΓΑΙΟΝ

Το ωκεανογραφικό «Αιγαίο» καθελκύστηκε το Δεκέμβριο του 1985 από τα ναυπηγεία Χαλκίδας. Το 1996 ξεκίνησε ευρείας κλίμακας μετασκευή του, με κυριότερη την τελική επίτευξη της επιμήκυνσής του το 1999. Το νέο μήκος του πλοίου είναι πλέον 61,51 μέτρα. Το «Αιγαίο» είναι εξοπλισμένο με όλα τα τελευταίας τεχνολογίας όργανα και χρησιμοποιείται και από άλλους Ελληνικούς φορείς (ΙΓΜΕ, Υπ. Πολιτισμού, Πανεπιστήμια) ικανοποιώντας ανάγκες εθνικών και διεθνών προγραμμάτων, τόσο στα Ελληνικά χωρικά ύδατα όσο και σε ολόκληρη τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα. Ο χρόνος απασχόλησής του φθάνει ή και ξεπερνά τις διακόσιες πλεύσιμες ημέρες το χρόνο.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ακολουθούν στους επόμενες πίνακες:

Κύρια Χαρακτηριστικά		
Όνομα	ΑΙΓΑΙΟΝ	
Έτος Ναυπήγησης	1985	
Νηογνώμονας	Ελληνικός Νηογνώμονας +H100 A1 R	
Τύπος Πλοίου	Ερευνητικό (Ωκεανογραφικό)	
Διαστάσεις		
Ολικό Μήκος	L_{OA} =	61.51 m
Μήκος μεταξύ Καθέτων	L_{BP} =	55.40 m
Μήκος στην Ίσαλο Πλεύσης	L_{WL} =	57.20 m
Πλάτος	B_{MLD} =	9.60 m
Κοίλο (μέχρι το main deck)	D_{MD} =	4.20 m
Κοίλο (μέχρι το upper deck)	D_{UD} =	6.60 m
Βύθισμα	T =	2.90 m
Άλλα Στοιχεία		
Gross Tonnage	GT =	778 tn
Ταχύτητα Υπηρεσίας	V =	12 kn
Αυτονομία	20 ημέρες	
Κύρια Μηχανή	2 x 950 BHP MAN B&W 20/27 VO	
Bow Thrusters	Schottel ski-87 unit, 2 knots/hr	
Έλικα	2 x twin V.P.P.	
Ηλεκτρογεννήτριες	2 x MAN 331 Kw/370 KVA (296 Kw) 450 BHP	
Εφεδρική Ηλεκτρογεννήτρια	MAN DO2006ME 46 Kw / 62.5 BHP / 45 KVA- 36 Kw	
Αριθμός Πληρώματος		
Αξιωματικοί	11 persons	
Κατώτερο Πλήρωμα	11 persons	
Αριθμός Επιστημόνων		
Επιστήμονες	21 persons	

Επιστημονικός Εξοπλισμός
2 Multibeam sonars (SEABEAM 2120 & 1180)
1 Side Scan Sonar
1 System for seismic analysis type Air-gun (5-40 inch 3)
1 Sparker system (3-9 KJ)
2 Rosettes for water sampling (12 & 24 samplers)
Various water and plankton samplers
Various Seabird CTD sets
Sediment traps
Aanderaa RC7 current meters
Various benthic samplers, benthic draggers and corers for fauna and sediment
Submersible THETIS (610 m)
Underwater Remote Operated Vehicle SUPER ACHILLE ROV (1000 m)

Εξοπλισμός Καταστρώματος
Stern hydraulic A-frame SWL 10 ton & 7.3m height
Side A-frame - SWL 1 ton
1 main crane 3.5 ton with centrally remote controlled winches x 2, 2500 m
10 ton, oceanographic winch x 6000 m, x 2000 m

Εργαστηριακοί Χώροι – Φορητά Εργαστήρια	
General Laboratory (Chemistry – Biology)	29 m^2
Liquid Laboratory	10 m^2
Primary Production	6 m^2
Multibeam	6 m^2
CTD & Geology Laboratory	32 m^2
Photography Room	4.25 m^2
Computer Room	6 m^2
Mobile Labs	1 x 12 m^2
Freezers	3 (20°C)

Κεφάλαιο 2

2.1 Απαιτήσεις Πλοιοκτήτη για τη Σχεδίαση και τον Εξοπλισμό του Πλοίου

Η συλλογή των απαιτήσεων πραγματοποιήθηκε από τη συνάδελφο που ανέλαβε την σχεδίαση του πλοίου και είναι οι ακόλουθες, όπως αυτές αναφέρονται στην Διπλωματική της Εργασία.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειώσουμε ότι το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής επηρεάζεται-καθορίζεται από τις υπογραμμισμένες απαιτήσεις. Οι υπόλοιπες παρατίθενται για τυπικούς λόγους.

Διαστάσεις και μορφολογία πλοίου

 Μήκος μεταξύ καθέτων $LBP \approx 70 - 80\ m$,

 Πλάτος $B \approx 12 - 14\ m$,

 Λόγος πλάτους προς κοίλο, B/D, όχι παραπάνω από 4.

Πρόωση πλοίου

 Ταχύτητα υπηρεσίας $VS \approx 13 - 15$ kn,

 Ηλεκτροπρόωση σε συνδυασμό με pod propulsion για μέγιστη δυνατότητα χειρισμών και ελιγμών και ικανοποιητική λειτουργία ακόμη και σε πολύ σε χαμηλή ταχύτητα (πχ 4kn)

 Bow Thruster

Καμπίνες

 Υπολογίζονται για 15 αξιωματικούς και μέλη του πληρώματος και 27 επιστήμονες,

 Πρόβλεψη για 1 καμπίνα νοσοκομείου και 1 καμπίνα ΑΜΕΑ.

Χώροι Εργαστηρίων

 Το εργαστήριο ραδιενεργών υλικών (Radiation), θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό

απομακρυσμένο από τα υπόλοιπα εργαστήρια και τους χώρους ενδιαίτησης, να έχει

εμβαδό περίπου 10 − 12 $m2$, και να διαθέτει απαγωγό και Change room,

 Το εργαστήριο πρωτογενούς παραγωγής (Laboratory) να έχει εμβαδό περίπου 15 − 17 $m2$,

 Το εργαστήριο Φυσικής Ωκεανογραφίας και Θαλάσσιας Βιολογίας (CTD & Geology Lab) να έχει περίπου εμβαδό 60 − 65 $m2$

 Το υγρό εργαστήριο (Liquid Lab) να έχει περίπου εμβαδό 35 − 40 $m2$

 Το εργαστήριο Χημικής Ωκεανογραφίας και Θαλάσσιας Βιολογίας (General Lab) να έχει περίπου εμβαδό 50 − 55 $m2$, και **να διαθέτει απαγωγό**.

Ανοικτά Καταστρώματα

Ανυψωτικά μέσα: γερανός (SWL 6 ton), πλευρικό A-Frame (SWL 10 ton), και πρυμναίο AFrame

(SWL 20 ton)

 Χώρος για στοιβασία 2 containers 20’,

 Χώρος για μεταφορά ερευνητικού σκάφους μέχρι 15 m,

 Πλευρικό Open Deck, εμβαδού 20 − 22 $m2$

Εξοπλισμός

Στον πυθμένα του πλοίου θα μπορούν να τοποθετηθούν αυτογραφικά όργανα, ηχοβολιστικά, multibeam κ.λπ.,

Στο Lower Deck να υπάρχει θάλαμος ψυγείων/καταψυκτών για τους επιστήμονες.

3 Ψυγεία χωρητικότητας 10m^3 το καθένα

Θερμοκρασία περιβάλλοντος λειτουργίας 40°C

Στο Upper deck να υπάρχει Winch 8 mm

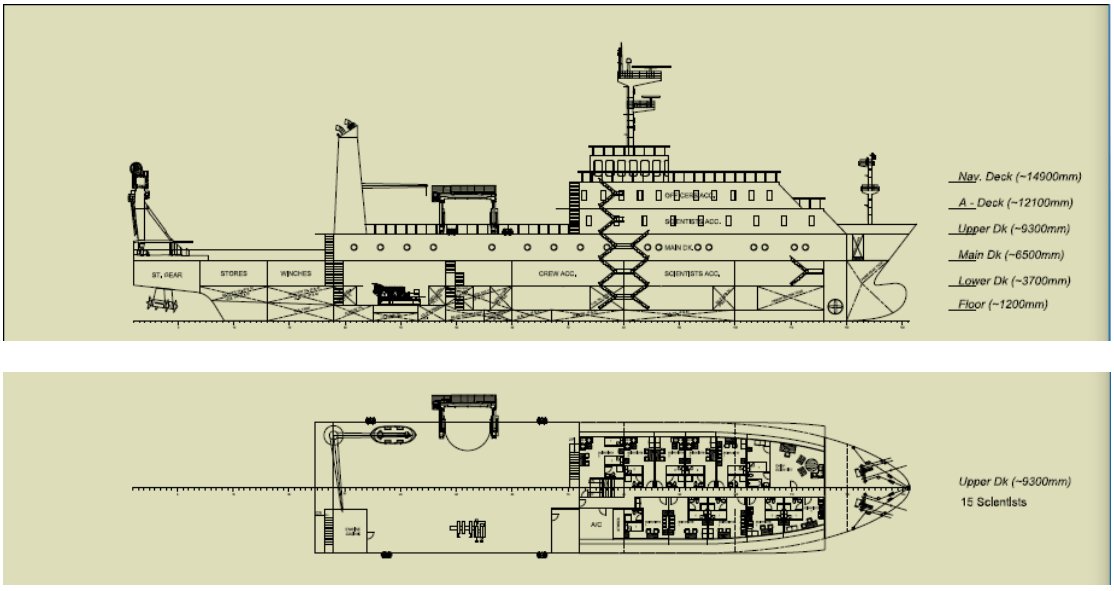
2.2 Η Σχεδίαση του Πλοίου

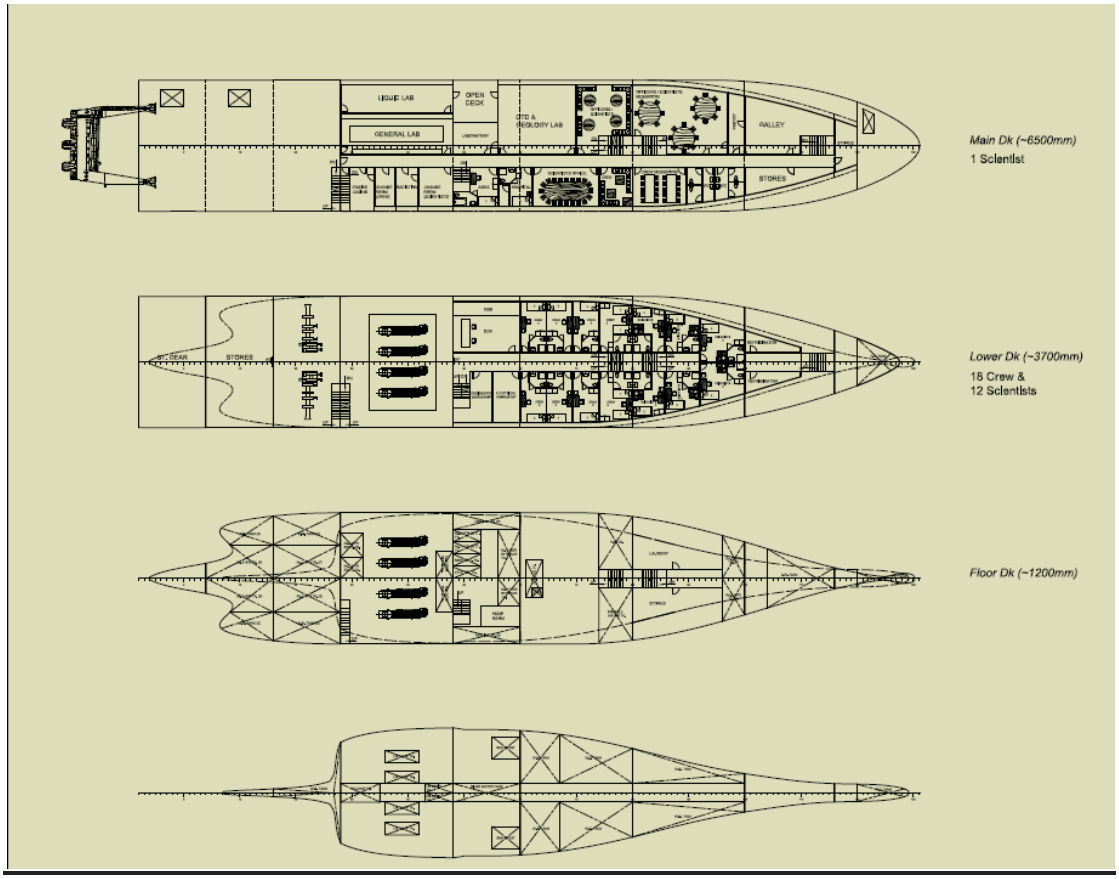
Βάσει των παραπάνω απαιτήσεων εκπονήθηκε Μελέτη και Σχεδίαση του Ωκεανογραφικού πλοίου η οποία κατέληξε στα στοιχεία που αναπτύσσονται ακολούθως:

Κύρια Χαρακτηριστικά του υπό μελέτη Πλοίου:

Κύρια Χαρακτηριστικά		
Ολικό Μήκος	L_{OA} =	83.5 m
Μήκος μεταξύ Καθέτων	L_{BP} =	75.0 m
Πλάτος	B =	14.0 m
Κοίλο	D =	6.50 m
Βύθισμα	T =	3.50 m
Ταχύτητα Υπηρεσίας	V =	13-15 kn
Αριθμός Πληρώματος		
Αξιωματικοί	9 persons	
Κατώτερο Πλήρωμα	18 persons	
Αριθμός Επιστημόνων		
Επιστήμονες	28 persons	

Σχέδιο Γενικής Διάταξης:





Έχουν προκαθορισθεί- προϋπολογισθεί τα ακόλουθα Βάρη για το Ωκεανογραφικό Πλοίο:

1. **Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης**:
   $W_M = W_{GEN}+W_{AZP}+W_{ADD}=45.6+26+80=151.6$ t
   Όπου:
   W_{GEN}: Βάρος Γεννητριών
   W_{AZP}: Βάρος συστήματος πρόωσης (Azipod)
   W_{ADD}: Πρόσθετα Βάρη
2. **Βάρος Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού:**
   W_{EL}=54.61 t
3. **Βάρος Ηλεκτρικού Δικτύου Πλοίου**:
   W_{PP}=39.61 t
4. **Βάρος Bow Thruster:**
   W_{BTH}=2.2 t

Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε να μείνουμε εντός των παραπάνω ορίων βαρών προκειμένου να μην έχουμε εκπτώσεις στην προϋπολογισμένη ευστάθεια του πλοίου.

2.3 Εκτίμηση-Πρόβλεψη της Αντίστασης

Ο υπολογισμός της Συνολικής Αντίστασης και της Ισχύος Ρυμούλκησης για το πλοίο είναι επίσης προϋπολογισμένα με τη χρήση δύο μεθόδων. Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεθόδων και υπολογισμός του Μέσου Όρου των μετρήσεων.

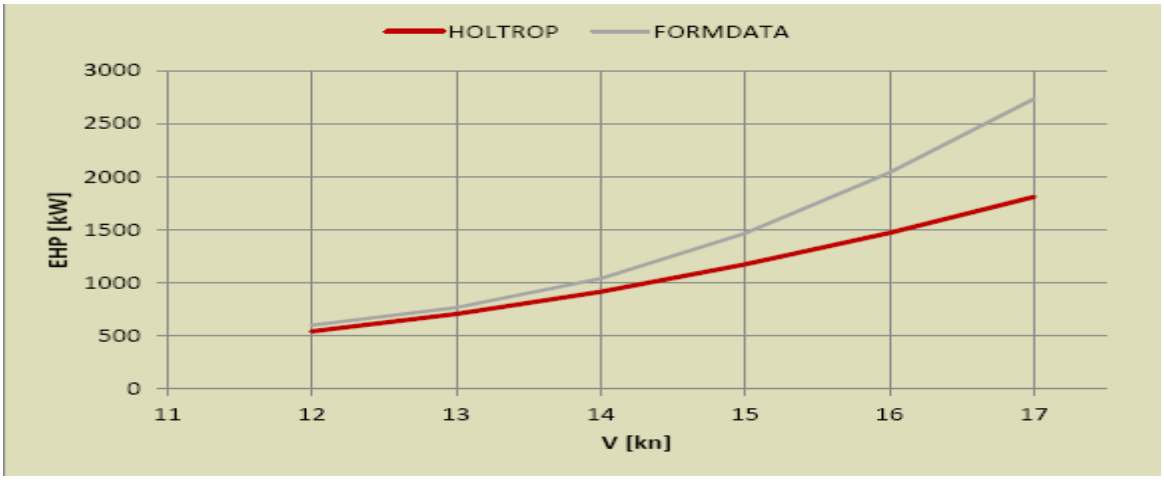
Μέσω της μεθόδου Formdata έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
$10^3 C_R$	1.262	1.292	1.602	2.155	2.783	3.366
$10^3 C_F$	2.131	2.113	2.096	2.081	2.067	2.054
$10^3 C_T$	3.393	3.405	3.698	4.236	4.850	5.420
$10^3 C_T$ x 20%	4.072	4.086	4.437	5.083	5.820	6.504
R_T [kp]	**9931.19**	**11696.46**	**14731.34**	**19371.53**	**25238.33**	**31840.72**
EHP [PS]	**818.33**	**1044.10**	**1416.17**	**1995.27**	**2772.85**	**3716.87**
EHP [kW]	**601.88**	**767.94**	**1041.59**	**1467.52**	**2039.43**	**2733.76**

Μέσω του προγράμματος NAPA με τη μέθοδο Holtorp, με υπολογισμένη προσαύξηση ισχύος κατά 20% (θεωρώντας ότι το πλοίο δεν πλέει σε ιδανικές συνθήκες) έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

V_S [kn]	R_T [kN]	R_T x 20% [kN]	Pe [kW]
12	73	87.6	543.6
13	88	105.6	708
14	106	127.2	916.8
15	127	152.4	1174.8
16	149	178.8	1471.2
17	173	207.6	1810.8

Από τους δύο παραπάνω πίνακες αποτελεσμάτων το Διάγραμμα Ισχύος Ρυμούλκησης σε kW, συναρτήσει της Ταχύτητας σε knots (kn) , το οποίο προέκυψε είναι το ακόλουθο:



Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε , τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρουσιάζουν διαφορές. Για τον λόγο αυτό οδηγηθήκαμε στον υπολογισμό της Απαιτούμενης Ισχύος του υπό μελέτη πλοίου με εξαγωγή του Μέσου Όρου των μετρήσεων των παραπάνω μεθόδων , ο οποίος παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα, και ο οποίος αναφέρεται στις ταχύτητες 13, 14 και 15 κόμβων , καθώς στο εύρος αυτό βρίσκεται και η απαιτούμενη ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου.

Δεδομένα αντίστασης και απαιτούμενης ισχύος από μέθοδο Formdata

V_s [kn]	R_s [kN]	EHP [kW]	SHP [kW]	Electric [kW]	Total [kW]
13	114.63	767.94	1218.95	500	1718.95
14	144.37	1041.59	1653.32	500	2153.32
15	189.84	1467.52	2329.40	500	2829.40

Δεδομένα αντίστασης και απαιτούμενης ισχύος από μέθοδο Holtrop

V_s [kn]	R_s [kN]	EHP [kW]	SHP [kW]	Electric [kW]	Total [kW]
13	105.6	708	1123.81	500	1623.81
14	127.2	916.8	1455.24	500	1955.24
15	152.4	1174.8	1864.76	500	2364.76

Μέσος Όρος

V_s [kn]	R_s [kN]	EHP [kW]	SHP [kW]	Electric [kW]	Total [kW]
13	110.11	737.97	1171.38	500	1671.38
14	135.78	979.20	1554.28	500	2054.28
15	171.12	1321.16	2097.08	500	2597.08

Βασιζόμενοι σε όλα τα παραπάνω αποτελέσματα της Μελέτης και Σχεδίασης του εν λόγω Ωκεανογραφικού πλοίου, και υπολογίζοντας το γεγονός ότι δεν πρέπει να αποκλίνουμε, τουλάχιστον σε μη αμελητέο βαθμό, από την αρχική Μελέτη, προβήκαμε σε υπολογισμούς ενεργειακής φύσεως για το σκάφους, προκειμένου να επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα πρόωσης και τα βασικά μηχανήματα με τα οποία αυτό θα εξοπλιστεί για να διαδραματίσει επιτυχώς τον ρόλο του ως σύγχρονο Ωκεανογραφικό Πλοίο.

2.3.1 Εκτίμηση Αντίστασης στην ταχύτητα των 4 κόμβων

Στο σημείο αυτό θα προβούμε σε μία περαιτέρω εκτίμηση της αναπτυσσόμενης αντίστασης, υπό χαμηλή ταχύτητα, της τάξεως των 4 κόμβων, στην αναμενόμενη ειδική περίπτωση πλεύσης του Ωκεανογραφικού πλοίου κατά τη διενέργεια δειγματοληπτικού ελέγχου.

Ο συντελεστής ολικής αντίστασης CT δίνεται από τον τύπο :

$C_T = C_R + C_F$

Όπου:

C_R : Ο συντελεστής υπολοίπου αντίστασης λαμβάνοντας υπόψιν τη μορφή της γάστρας, το LCB, και την αντίσταση αέρα και πηδαλιουχίας,

C_F : Ο συντελεστής αντίστασης τριβής

Στην περίπτωση της πλεύσης σε πολύ χαμηλά επίπεδα ταχύτητας, λόγω του ότι τα διαθέσιμα διαγράμματα της βιβλιογραφίας δεν δίνουν τις απαραίτητες τιμές, προκειμένου να μην τον αμελήσουμε, θα θεωρήσουμε πολύ χαμηλή τιμή του συντελεστή υπολοίπου αντίστασης C_R , έστω $10^3 C_R$=0,5 λαμβάνοντας υπόψιν την διαδικασία προμελέτης για το Ωκεανογραφικό , η οποία έδωσε τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.1.8: Υπολογισμός Συντελεστή Υπολοίπου Αντιστάσεως με τη μέθοδο Formdata

Συντελεστής Υπολοίπου Αντιστάσεως						
V_s [kn]	12	13	14	15	16	17
V_s [m/s]	6.18	6.695	7.21	7.725	8.24	8.755
Fn	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.323
$10^3 C_{R[1]}$	0.812	1.072	1.482	2.185	2.913	3.496
Διόρθωση για διαφορετικό B/H						
$10^3 C_{R[2]}$	0.972	1.232	1.642	2.345	3.073	3.656
Διόρθωση για μορφή βολβού						
$10^3 C_{R[3]}$	1.152	1.182	1.492	2.045	2.673	3.256
Διόρθωση για αντίσταση αέρα και πηδαλιουχήσεως						
$10^3 C_{R[4]}$	1.262	1.292	1.602	2.155	2.783	3.366
Συνολικός Συντελεστής Υπολοίπου Αντιστάσεως						
$10^3 C_R$	**1.262**	**1.292**	**1.602**	**2.155**	**2.783**	**3.366**

Προκειμένου να εκτιμήσουμε την αντίσταση τριβής στην εν λόγω ταχύτητα V_s=4 knots

Έχουμε:

Για τον αριθμό Reynolds του πλοίου σε αυτή την ταχύτητα:

$Re_s = (V_s \cdot L_s) / v_{sw} = (4 \text{ knots} \cdot 0.515 \text{ m/s/knot} \cdot 75 \text{ m}) / 1.18831 \cdot 10^{-6} = 1.3 \cdot 10^8$

Για τον συντελεστή αντίστασης τριβής C_F :

$C_F = 0.075 / (\log 10 Re_s - 2)^2 = 0.075 / (8.114-2)^2 = 2.006 \cdot 10^{-3}$

Άρα :

$10^3C_T = 10^3C_R + 10^3C_F = 0.5+2.006 = 2.506$

Θεωρούμε ,επίσης, Προσαύξηση 20% του συντελεστή ολικής αντίστασης , συνεπώς θα είναι:

$1.2 \cdot 10^3C_T = 1.2 \cdot 2.506 = 3.0072$,

ο τελικός συντελεστής αντίστασης.

Έτσι, η Ολική Αντίσταση του υπό μελέτη πλοίου υπολογίζεται από τον τύπο:

$R_T = 1/2 \cdot C_T \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \quad [kp]$,

Όπου :
C_T : ο συντελεστής ολικής αντίστασης (Total Resistance Coefficient)
ρ : η πυκνότητα του θαλασσινού νερού σε $kp \cdot s^2 / m^4$
V: η ταχύτητα σε m/s
S : η βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου σε m^2

Στην περίπτωσή μας έχουμε:
$C_T = 0.0030072$
ρ= 104,61 $kp \cdot s^2 / m^4$
V= 4·0.515=2.06 m/s
S= 1221 m^2, όπως υπολογίστηκε από τη διαδικασία προμελέτης του Ωκεανογραφικού.

Συνεπώς ,

$R_T = 815$ kp

Και σε αυτή την περίπτωση η Ισχύς Ρυμούλκησης θα διαμορφωθεί σε :

$EHP = R_T \cdot (V_S / 75) = 815 \cdot (2.06/75) = 22.38$ PS

Όμως,
1 PS = 0.735 kW

Κατά συνέπεια θα είναι :

EHP = 22.38 PS · 0.735 kW / PS = 16.45 kW

Λαμβάνοντας υπόψιν
-τον βαθμό απόδοσης γάστρας (η_H) ,
-τον βαθμό απόδοσης έλικας σε ελεύθερη ροή (η_o),
-τον βαθμό απόδοσης σχετικής περιστροφής (η_R) και
-τον βαθμό απόδοσης του άξονα (η_s)
ο ολικός βαθμός απόδοσης (PC Propulsion Coefficient) θεωρήθηκε κατά τη διαδικασία της προμελέτης ίσος με 0.63 .

Ισχύει ότι:

$$P.C. = \frac{EHP}{SHP} = \eta_H \eta_0 \eta_R \eta_s$$

Λόγω, όμως, του ότι ο βαθμός απόδοσης της έλικας σε ελεύθερη ροή (η_o) ορίζεται από τη σχέση:

$$n_0 = \frac{THP_0}{DHP_0} = \frac{TV_0}{2\pi n Q_0}$$

Όπου :
T : η ώση που αναπτύσσει η έλικα
V_o : η ταχύτητα προχώρησης της έλικας, και κατ επέκταση του πλοίου
π = 3.14
n = ο αριθμός στροφών της έλικας
Q_o : η ασκούμενη ροπή στον άξονα της έλικας,

Γίνεται αντιληπτό ότι ο ολικός βαθμός απόδοσης (PC Propulsion Coefficient) είναι ανάλογος, εκτός των άλλων, και με την ταχύτητα προχώρησης της έλικας, και κατ επέκταση του πλοίου.
Εφόσον υπολογίστηκε P.C = 0.63 για μέσο όρο ταχυτήτων 14 kn , αναλογικά θα θεωρήσουμε ότι στην περίπτωση της ταχύτητας των 4 κόμβων P.C. = 0.18 .

Επομένως, η απαιτούμενη ισχύς στον άξονα του κινητήρα (Shaft Horse Power ή SHP) για πλεύση του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Πλοίου με ταχύτητα 4 κόμβων θα είναι :

SHP = EHP / 0.18 = 91.39 kW

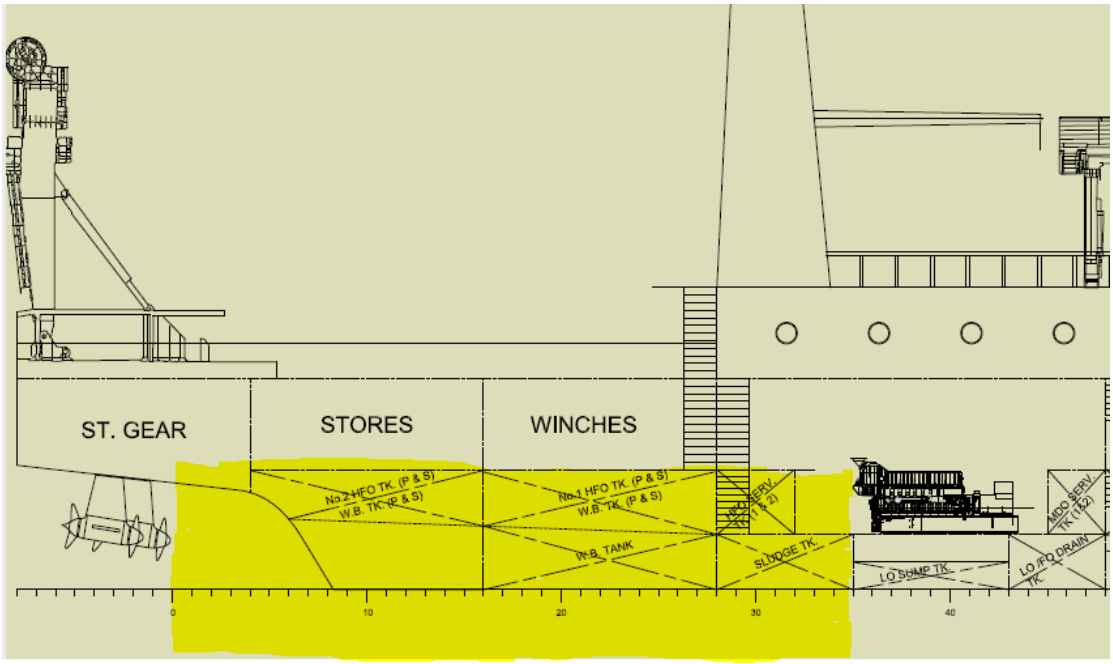
2.4 Η Κινητήρια εγκατάσταση του πλοίου και οι λόγοι που μας οδήγησαν στην επιλογή Ηλεκτροπρόωσης

Μεταξύ των διαθέσιμων ειδών πρόωσης, για το υπό μελέτη πλοίο θα επιλέξουμε αυτό της **Ηλεκτροπρόωσης** με **Αζιμουθιακό Προωστήριο Σύστημα (POD).** Τα πλεονεκτήματα της εγκατάστασης αυτού του είδους αναφέρθηκαν γενικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ειδικά για την περίπτωση του Ωκεανογραφικού πλοίου που μελετάμε, επιλέγουμε αυτόν τον τύπο προωστήριας εγκατάστασης για τους λόγους που ακολουθούν:

- Το Πλοίο θα φέρει δύο έλικες και θα έχει τη δυνατότητα να στρέφεται σχεδόν κατά 360 μοίρες κατά την αζιμουθιακή διεύθυνση, δηλαδή στο οριζόντιο επίπεδο. Λόγω αυτού του βαθμού περιστροφής καλύπτεται πλέον και ο ρόλος του πηδαλίου και ταυτόχρονα αυξάνονται οι δυνατότητες ελιγμών του πλοίου.

- Καλύπτεται ο βοηθητικός ο ρόλος της ύπαρξης Stern Thruster, καθώς τα Pods θα μπορούν να περιστραφούν πλήρως. Ταυτόχρονα αυξάνονται οι ικανότητες του πλοίου στο μανουβράρισμα (σε σύγκριση με την περίπτωση μη τοποθέτησης stern thruster).

-Επιτυγχάνουμε πλήρη εξοικονόμηση χώρου μεταξύ Frame Number 0 και 35 (στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται με κίτρινο χρώμα), κυρίως λόγω της μη ύπαρξης άξονα και μειωτήρα στροφών μεταξύ της μηχανής και της έλικας, κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό σε περιπτώσεις πλοίων ειδικών σκοπών όπως αυτό , στα οποία οι χώροι είναι συνήθως περιορισμένοι και πρέπει να γίνεται πλήρης εκμετάλλευσή τους.



-Λόγω του ότι το σκάφος θα χρειάζεται συχνά να πλέει με πολύ χαμηλή ταχύτητα (για παράδειγμα στην περίπτωση δειγματοληψίας) θα πρέπει να μπορεί να μεταβάλλεται σε σημαντικό βαθμό η ταχύτητα περιστροφής της έλικας. Με τη χρησιμοποίηση Ηλεκτροπρόωσης, μπορεί να επιτευχθεί **συνεχής και απροβλημάτιστη μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας** και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το **πεδίο 0 - 100 %.**

- Το σκάφος θα είναι σε θέση να **αποκρίνεται πολύ γρήγορα** κατά τη διάρκεια χειρισμών.

-Το πλοίο θα έχει αυξημένη Ενεργητική Ασφάλεια λόγω της γρήγορης απόκρισης των ηλεκτροκινητήρων.

- Επιτυγχάνουμε Ελαχιστοποίηση των δονήσεων, λόγω έλλειψης στροφαλοφόρου άξονα, επομένως λιγότερη καταπόνηση της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου και μεγαλύτερη άνεση των επιβαινόντων.

- Θα έχουμε **χαμηλή στάθμη θορύβου** και κραδασμών, κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό για ένα πλοίο επιστημονικών σκοπών.

- **Οικονομία καυσίμου**, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν σε κάθε κατάσταση λειτουργίας έτσι, ώστε η κάθε μια να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο σημείο.

- Ελευθερία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος καθώς η ηλεκτρικές συνδέσεις απαιτούν καλώδια ρεύματος τα οποία είναι περισσότερο ευέλικτα στην εγκατάσταση και απεγκατάστασή τους σε σχέση με τις σωληνώσεις.

- Πλήρης **εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής των κινητήρων, σε όλο το πεδίο λειτουργίας**.

- Ευκολία **αυτοματισμού**.

- **Αυξημένη αξιοπιστία,** καθώς θα έχουμε πολλά συστήματα συνδεδεμένα παράλληλα, και επομένως, αυξημένη ασφάλεια.

- **Περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων**, διότι:
α) η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,
β) ιδιαίτερα οι εκπομπές *NOx* είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ., ένας μεσόστροφος κινητήρας Ντήζελ λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.

- Ευελιξία στην επιλογή των κινητήρων πρόωσης (Pods) και των Γεννητριών καθώς ο μόνος περιορισμός είναι η ισχύς των γεννητριών να επαρκεί για τη λειτουργία των Pods.

-Δεν κρίνεται αναγκαίο να μελετηθεί η συνεργασία κινητήρα-έλικας καθώς αυτό έχει ήδη μελετηθεί και δοκιμασθεί, σε ικανοποιητικό βαθμό, από την κατασκευάστρια εταιρεία των Pods που θα επιλέξουμε.

Τέλος, ένας πολύ σημαντικός λόγος επιλογής αυτού του συστήματος πρόωσης αποτελεί το γεγονός ότι οι ανάγκες ψύξης του προωστήριου κινητήρα είναι πλέον περιορισμένες , καθώς ψύχεται από το θαλασσινό νερό μέσα στο οποίο βρίσκεται εμβαπτισμένος. Αυτό, συνεπάγεται με τη σειρά του, μικρότερο αριθμό και ισχύ αντλιών για την ψύξη στον εξοπλισμό του πλοίου, άρα και χαμηλότερο προϋπολογισμό ισχύος των μηχανημάτων πρόωσης, επομένως και χαμηλότερη συνολική ισχύ της όλης εγκατάστασης.

2.4.1 Καθορισμός του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

Στο σημείο αυτό θα παραθέσουμε κάποια γενικά στοιχεία για τις ιδιότητες και τα πλεονεκτήματα τόσο του εναλλασσόμενου όσο και του συνεχούς ρεύματος και θα προχωρήσουμε, μετά από μία περιεκτική , μεταξύ τους, σύγκρισή, στην εκλογή ενός εκ των δύο μορφών ρεύματος για τον σχεδιασμό του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Σκάφους.

2.4.1.1 Εναλλασσόμενο ρεύμα

Το **εναλλασσόμενο ρεύμα** (**Alternating Current** / **AC**) είναι ηλεκτρικό ρεύμα του οποίου η ένταση (τιμή) και η κατεύθυνση (φορά) μεταβάλλονται περιοδικά. Συνήθως αυτή η μεταβολή είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου, οπότε έχει περίοδο και φάση. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ως προς τον χρόνο μεταβλητή και κατά αριθμητικό μέσον όρο μηδέν. Το μέτρο της έντασης δε, είναι κατά (αριθμητικό) μέσον όρο διάφορο του μηδενός και μπορεί να χαρακτηρίσει μονόμετρα το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτός ο μέσος όρος ονομάζεται **ενεργός ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος**. Δεδομένου ότι το κύκλωμα δεν αλλάζει σημαντικά, η τάση μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο, για αυτό περιγράφεται από την **ενεργό τάση**.

Λόγω της ευκολότερης και οικονομικότερης μετάδοσής του (μικρότερες απώλειες κατά τη μεταφορά του και λεπτότερα καλώδια μεταφοράς) καθώς και λόγω της ευκολίας που παρέχει στον μετασχηματισμό της τάσης του σε υψηλότερες ή χαμηλότερες τιμές, το εναλλασσόμενο ρεύμα επικράτησε έναντι του συνεχούς στην διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης, το είδος αυτό το ρεύματος μπορεί πιο εύκολα να αναπαραστήσει χρονικά μεταβαλλόμενα σήματα , όπως ήχο (ομιλία, μουσική) και εικόνα.

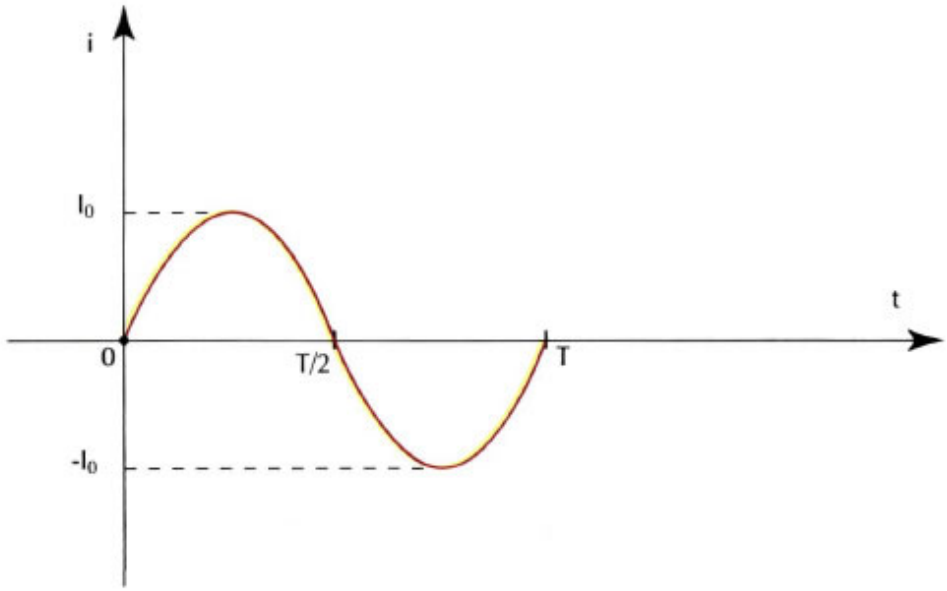
Εφόσον η ένταση του ρεύματος είναι ημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου, τότε έχουμε το **ημιτονοειδές εναλλασσόμενο ρεύμα,** το οποίο δίνεται από τη σχέση:

$$i = I_0 \cdot \eta\mu\varphi = I_0 \cdot \eta\mu\omega t = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi f t = I_0 \cdot \eta\mu\frac{2\pi}{T}t$$

όπου:

- i: στιγμιαία ένταση, δηλαδή η ένταση του ρεύματος σε ορισμένη χρονική στιγμή t.
- I_0: πλάτος, δηλαδή η μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος.
- T: περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται για μια ολόκληρη μεταβολή της έντασης του ρεύματος.
- f: συχνότητα, δηλαδή ο αριθμός των πλήρων μεταβολών της έντασης του ρεύματος στη μονάδα του χρόνου (μονάδα συχνότητας το 1Hz).
- $\omega=2\pi f$: κυκλική συχνότητα (μονάδα κυκλικής συχνότητας το 1rad/s).
- $\varphi=\omega t$: στιγμιαία φάση, δηλαδή η γωνία σε ορισμένη χρονική στιγμή t.

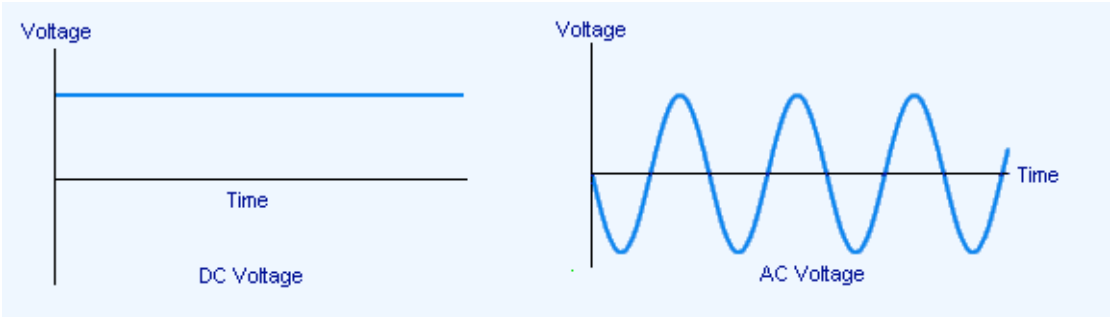
Το εναλλασσόμενο ρεύμα καθώς και οι πρώτες του εφαρμογές αποτέλεσαν εργασία του Νίκολα Τέσλα. Για την καθιέρωση του εναλλασσόμενου, έναντι του συνεχούς, αντιμετώπισε μάλιστα τον έντονο ανταγωνισμό του Τόμας Έντισον ο οποίος υπήρξε υπέρμαχος του συνεχούς ρεύματος.



2.4.1.2 Συνεχές ρεύμα

Συνεχές ρεύμα (Direct Current / DC) είναι το ηλεκτρικό ρεύμα που έχει μία συγκεκριμένη φορά, δηλαδή, η ροή των ηλεκτρονίων εντός ενός δεδομένου αγωγού εκτελείται μόνο προς μία κατεύθυνση.

Το συνεχές ρεύμα έχει σταθερό μέτρο έντασης. Με αυτό λειτουργούν τα περισσότερα κυκλώματα και παράγεται από μπαταρίες ή γεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Επειδή έχει σταθερή ένταση, υποχρεωτικά παράγεται από σταθερή τάση, δεδομένου ότι το κύκλωμα δεν αλλάζει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.



2.4.1.3 Πλεονεκτήματα της χρήσης συνεχούς ρεύματος σε ηλεκτρικό δίκτυο πλοίου

• Βελτίωση της αποδοτικότητας και μείωση του κόστους των καυσίμων,

• Εξοικονόμηση βάρους και χώρου,

• Οι γεννήτριες λειτουργούν με κοινό συντελεστή ισχύος,

• Χαμηλότερες απώλειες μετάδοσης,

• Ταχύτερη και απλούστερη παράλληλη σύνδεση των γεννητριών,

• Απλούστερη υλοποίηση της αποθήκευσης ενέργειας

2.4.1.4 Μειονεκτήματα της χρήσης συνεχούς ρεύματος σε ηλεκτρικό δίκτυο πλοίου

• Χαμηλή διαθεσιμότητα και υψηλή κοστολόγηση κινητήρων και καταναλωτών συνεχούς ρεύματος.

• Υψηλά ρεύματα βραχυκυκλώματος

• Έννοια προστασίας DC

• Ακριβές και ενδεχομένως μη κερδοφόρες λύσεις συστήματος αποθήκευσης ενέργειας

2.4.1.5 Το βασικό πλεονέκτημα του εναλλασσόμενου ρεύματος

Το πρόβλημα με το συνεχές ρεύμα είναι πως είναι δύσκολο να αλλάξουμε την τάση του. Όταν στα τέλη του 19ου αιώνα ο Thomas Edison πρότεινε το ηλεκτρικό δίκτυο των ΗΠΑ να είναι με συνεχές ρεύμα με τάση 110 Volt, πρακτικά θα έπρεπε να φτιαχτούν παντού σταθμοί παραγωγής ενέργειας, έτσι ώστε να απέχουν το πολύ ένα μίλι από οποιονδήποτε καταναλωτή, καθώς η χαμηλή τάση των 110 Volt ήταν αδύνατο να μεταφερθεί χωρίς απώλειες, πτώση τάσεως κατά μήκος των αγωγών οδήγησης, για μεγαλύτερες αποστάσεις.

Αντίθετα, στο εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο υποστήριζε ο Nicola Tesla, η τιμή της τάσης είναι πολύ απλό, με τη χρήση ενός κατάλληλου μετασχηματιστή, να ανέβει σε εξαιρετικά μεγάλα νούμερα, για παράδειγμα στα 200.000 Volt. Έχοντας υψηλή τάση, και χαμηλή ένταση για τη μεταφορά της ίδιας ποσότητας ενέργειας, το ρεύμα θα μεταφερθεί χωρίς σημαντικά προβλήματα πτώσης τάσεως στα υπάρχοντα καλώδια. Στη συνέχεια είναι εξίσου εύκολο να μειώσουμε την τάση στα 220 Volt για το οικιακό δίκτυο, και στο τέλος της διαδρομής να το μετατρέψουμε ακόμα και σε συνεχές για τις συσκευές μας. Όλα αυτά βέβαια με τη μεσολάβηση κατάλληλων μετασχηματιστών.

2.4.1.6 Πλεονεκτήματα του εναλλασσομένου ρεύματος έναντι του συνεχούς:

-Το εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο και με αυτόν τον τρόπο επιτρέπει τη χρήση επαγωγικών κινητήρων οι οποίοι είναι φθηνότεροι και αποδεδειγμένα σταθερότεροι, περισσότερο εξελιγμένοι και υπάρχουν σε σαφώς μεγαλύτερη ποικιλία σε σύγκριση με τους αντίστοιχους κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

- Όπως αναπτύξαμε και στην προηγούμενη παράγραφο, μας δίνει τη δυνατότητα της ανύψωσης ή του υποβιβασμού της τάσης με τη χρήση μετασχηματιστών. Έτσι γίνεται οικονομικότερη η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας.

-Παράγεται πιο εύκολα σε σχέση με το συνεχές καθώς η πλειοψηφία των γεννητριών του εμπορίου είναι εναλλασσόμενου ρεύματος. Εν αντιθέσει, οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος είναι σπάνιες,

- Ευκολία διακοπής σφάλματος
- Χαμηλότερη συντήρηση στην περίπτωση των Hotel Loads
- Διαθεσιμότητα εξαρτημάτων και χαμηλό κόστος μικρών αντλιών και κινητήρων

Άλλωστε, η χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος αυτομάτως μας δημιουργεί το περιθώριο, ή καλύτερα, την ύπαρξη της επιλογής ανάμεσα σε τριφασικό ή μονοφασικό ρεύμα, η ακόμα καλύτερα, του βέλτιστου συνδυασμού τους και την επιλογή του κατάλληλου τύπου στο εκάστοτε σημείο του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας ενός πλοίου. Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης τριφασικού ρεύματος έναντι του μονοφασικού συνίστανται στα εξής:

- Παρέχεται τη δυνατότητα χρήσης δύο τάσεων (φασική και πολική).

- Δυνατότητα δημιουργίας περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου - απαραίτητη και ικανή προϋπόθεση για τη λειτουργία των τριφασικών επαγωγικών κινητήρων.

- Ικανότητα μεταφοράς του ίδιου ποσού ισχύος με χρήση μικρότερου αριθμού αγωγών.

Ιστορικά, η μεγάλη πλειοψηφία των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία αποτελούταν και αποτελείται ακόμα από συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος, αναμφισβήτητα .Η προσπάθεια ανάπτυξης μιας καλύτερης τοπολογίας στο ηλεκτρικό δίκτυο ενός ηλεκτρικού πλοίου, όπως το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό, προκάλεσε έναυση ζητημάτων σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, τα οποία καλύπτουν προβλήματα διασύνδεσης, απώλειες μετάδοσης και προτιμήσεις ισχύος ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, σειρών ραντάρ και κινητήρων πρόωσης. Παραδόξως, τα ζητήματα αυτά είναι περιφερειακά ως προς το πραγματικό ζήτημα. Η πηγή ενέργειας σε συνδυασμό με την έμφαση που οφείλεται να προσδοθεί στη συνολική απόδοση του πλοίου μειώνει το πεδίο εστίασης και καθιστά αρκετά περίπλοκη την εμπορική μελέτη ενός τέτοιου είδους ζητήματος.

Κατά τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια τάση να πιστεύουμε ότι η παλαιότερου τύπου διανομή ηλεκτρικού ρεύματος 1000 V DC, ως εναλλακτική λύση σε 400 ή 690 V AC, θα πρέπει να επανεισαχθεί στα πλοία. Ωστόσο, το άλογο εργασίας σε ηλεκτροκινητήρες και γεννήτριες, παραμένει ακόμα, μακράν αποδεδειγμένα και επάξια κατοχυρωμένο, το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC).

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται σήμερα πολύ σπάνια, λόγω του υψηλού κόστους και του ότι η διαδικασία συντήρησής τους αποτελεί σχεδόν πρόκληση. Όσον αφορά στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος , το τοπίο θολώνει αρκετά λόγω του γεγονότος ότι οι κατασκευάστριες εταιρίες δεν αντιμετωπίζουν ζήτηση ικανή ώστε να προβούν στη διαδικασία μαζικής παραγωγής τους. Επιπλέον, οι μετασχηματιστές ισχύος , είναι διαθέσιμοι μόνο για υλοποιήσεις εναλλασσόμενου ρεύματος.

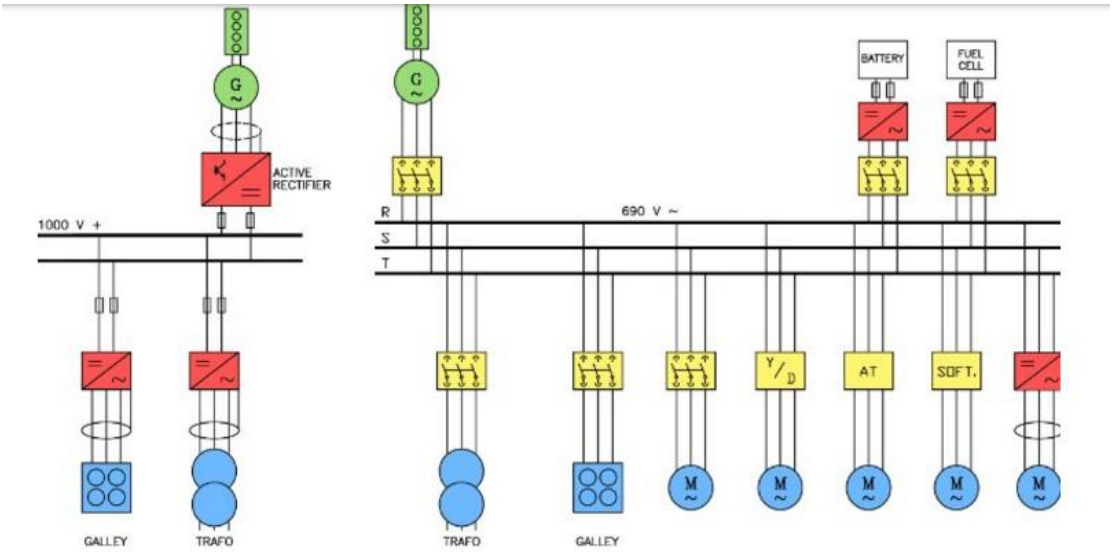
Στην πραγματικότητα, η συνεχής τάση 1000 V , για παράδειγμα, σε ένα πλοίο δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί τη σήμερον ημέρα ευρέως, εκτός από την πιθανή σύνδεσή της για φόρτιση μπαταριών DC ή την τροφοδοσία εξαιρετικά σπάνιων καταναλωτών. Κανένας συμβατικός καταναλωτής σε ένα πλοίο δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει 1000 V συνεχούς ρεύματος εάν αυτό δεν μετατραπεί, μέσω ενός πολύπλοκου μετατροπέα PWM ο οποίος δημιουργεί απώλειες και EMC , είναι αρκετά ακριβός , και έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής. Έτσι, το συνεχές ρεύμα DC μπορεί να διατίθεται στην αγορά για πλοία που χρησιμοποιούν για την ισχύ τους μόνο μπαταρίες, οι οποίες σαφώς εξαρτώνται από το εναλλασσόμενο ρεύμα για την φόρτισή τους (μέσω κατάλληλων μετασχηματιστών που το μετατρέπουν σε συνεχές).

Τα περισσότερα πλοία έχουν ανάγκη από πηγές ενέργειας μερικών έως δεκάδων MW , όπου η μεγάλη πλειοψηφία παράγεται μέσω γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος οι οποίες συνδέονται με κινητήρες εσωτερικής καύσης που καταναλώνουν καύσιμα LNG, HFO, Diesel Oil, βιολογικά καύσιμα ή κάτι αντίστοιχο. Επίσης, τα δίκτυα εναλλασσόμενου ρεύματος μπορούν να συνδυαστούν με διάφορους τρόπους με λύσεις μπαταριών εάν αυτό είναι επιθυμητό και κριθεί σκόπιμο για την αξιοπιστία ενός πλοίου. Συνεπώς η υφίσταται δυνατότητα χρήσης συνεχούς ρεύματος σε ένα εναλλασσόμενου ρεύματος δίκτυο διανομής ενός πλοίου συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα των δύο τύπων.

Έχει επίσης υποστηριχθεί ότι χρειάζεται δίκτυο συνεχούς ρεύματος για να επιτευχθεί η μεταβλητή ταχύτητα της γεννήτριας. Κάτι τέτοιο μπορεί να υλοποιηθεί και με ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σε αυτό το σημείο αποτελεί το σύστημα AC STADT No-Loss το οποίο ωφελείται από ένα τέτοιο

δυναμικό σύστημα γεννήτριας ισχύος, με μεταβολή της συχνότητας στο διάστημα 45-60 Hz ,ως προαιρετικό χαρακτηριστικό. Πρόκειται για μια κλιμακωτή, κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία - διαθέσιμη σε χαμηλές και πολύ μεγάλες τιμές ισχύος, σε τάσεις από 230 V έως 15 kV, φυσικά εναλλασσόμενου ρεύματος, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που αναφέρει η εταιρία.

Προκειμένου να εξηγήσουμε τις τεχνικές διαφορές μεταξύ των συστημάτων διανομής ισχύος συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος θα χρησιμοποιήσουμε το ακόλουθο σχέδιο. Όπως βλέπουμε εδώ, τα δίκτυα συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να έχουν PWM drives / inverters σε όλους τους καταναλωτές και τις πηγές ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι κανένας καταναλωτής - όπως κινητήρες, μετασχηματιστές ή γεννήτριες δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτό το ειδικό σύστημα τάσης - εκτός αν περνάει μέσω ενός σύνθετου τρανζίστορ PWM inverter πρώτα. Θα χρειαστούν πολύ ειδικοί αυτόματοι διακόπτες, οι οποίοι δεν είναι εύκολο να συντηρηθούν και απαιτούν ειδική τεχνογνωσία και δυσεύρετα ανταλλακτικά σε περίπτωση βλάβης.



Πηγή: Compare DC grid with AC / Hallvard Slettevoll

Αντίθετα, στο εναλλασσόμενου ρεύματος δίκτυο, οι γεννήτριες, οι κινητήρες και οι μετασχηματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τάση χωρίς περαιτέρω μετατροπή ισχύος, μέσω πολλών διαφορετικών τεχνολογιών εκκίνησης και ελέγχου, όπως η εκκίνηση DOL, η εκκίνηση Y / D, η έναρξη του αυτόματου μετασχηματιστή , χρησιμοποίηση soft starter,χρήση μετατροπέων συχνότητας ή με άλλες μεθόδους. Αυτό προσδίδει τεράστια ευελιξία στον συνδυασμό πολλών αξιόπιστων και πλήρως αποδεκτών τεχνολογιών, με τον βέλτιστο τρόπο. Επιπλέον, όσον αφορά στη χρησιμοποίηση διακοπτών και καλωδίων η γκάμα επιλογής είναι εξαιρετικά μεγάλη και υπάρχει τυποποίηση και διαθεσιμότητα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι απώλειες ισχύος στο σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος θα είναι γενικά πολύ μικρότερες από αυτές του συνεχούς, λόγω του γεγονότος ότι ένας μετατροπέας δημιουργεί πολύ

μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών σε σχέση με έναν διακόπτη. Τέλος, ο ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος θα είναι πολύ μικρότερος σε ένα σύστημα AC.

Θα πρέπει, επίσης, να σημειωθεί ότι η από κοινού ζεύξη πολλαπλών γεννητριών με διαφορετικές ταχύτητες σε ένα δίαυλο DC δεν είναι τετριμμένη. Η σύνδεση αυτών μετά από διόρθωση θα απαιτούσε πολύ ακριβή έλεγχο της ταχύτητας για να διατηρηθεί η ροή συνεχούς ρεύματος μεταξύ των γεννητριών. Αντίθετα, η διατήρηση του συγχρονισμού μεταξύ των γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μάλλον απλή αν η έξοδος της συχνότητας μπορεί να ταιριάξει στενά.

Τα συστήματα Ac έχουν στην πραγματικότητα ένα πλεονέκτημα μετάδοσης 33% έναντι ισοδύναμων συστημάτων γείωσης επιστροφής dc με τον ίδιο όγκο αγωγών. Το πρόσθετο επαγωγικό φορτίο που εισάγεται από καλώδια με αγωγούς σε στενή εγγύτητα είναι αμελητέο, ειδικά μέσω μικρών διαδρομών. Και τα συστήματα DC και AC πρέπει να διαθέτουν γείωση με μεγάλη αντίσταση για ασφάλεια. Τα συστήματα Dc είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν σημαντικό μειονέκτημα ασφαλείας έναντι των συστημάτων AC , λόγω της επίδρασης του επιδερμικού φαινομένου. Επιπλέον, ο συγχρονισμός της ηλεκτρικής συχνότητας δεν αποτελεί πρόβλημα για σωστά σχεδιασμένες γεννήτριες που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα. Άλλωστε, είναι πρακτικά αδύνατο σε ένα στενά συζευγμένο σύστημα, όπως ένα πλοίο να τίθενται θέματα συγχρονισμού. Το βάθος του δέρματος, η επαγωγική πτώση τάσης και τα χωρητικά ρεύματα είναι εξαιρετικά μικρά για τα 60 Hz. Ο πρόσθετος ακουστικός θόρυβος που εισάγεται από συστήματα H bridge και dc μετατροπείς είναι σημαντικός σε σύγκριση με αυτόν ενός μετασχηματιστή λόγω των αρμονικών παραμορφώσεων.

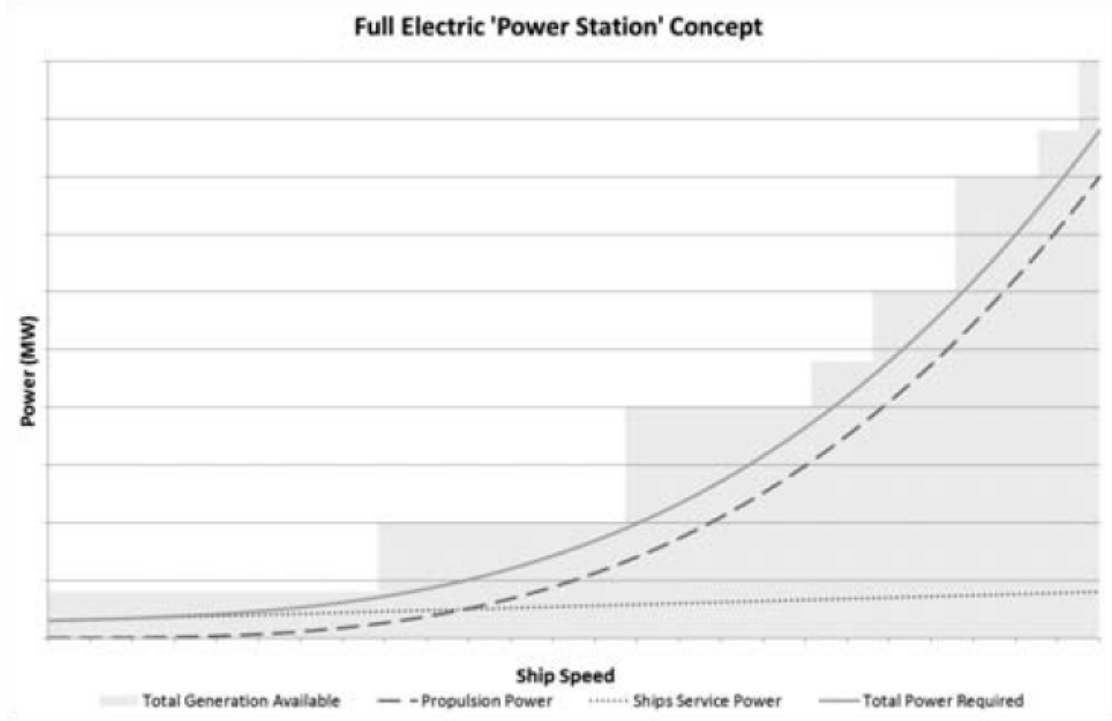
	dc fraction loss	dc loss (W)	60 Hz fraction	60 Hz loss
Gas Turbine Generators	-		-	
50	0.025	1.25	0.025	1.25
20	0.034	0.68	0.049	0.98
10	0.055	0.55	0.07	0.70
Converter	5% @ 79 MW	3.95	2.5%@ 1 MW + 1% @ 7 MW + 3% @ 72 MW	2.255
Transmission	1.33% @ 80 MW	1.064	1%*1.139 @ 80 MW	0.9112
Total loss		7.49		6.10

Ουσιαστικά, τη σήμερον ημέρα , σε ένα συμβατικό πλήρως ηλεκτρικό πλοίο , όπου τόσο η ισχύς πρόωσης όσο και οι υπόλοιπες ανάγκες του πλοίου, τροφοδοτούνται με ρεύμα, το οποίο παράγεται από τις ίδιες σταθερής ταχύτητας σύγχρονες γεννήτριες 60 Hz , χρησιμοποιούνται μετατροπείς, έτσι ώστε ο κινητήρας πρόωσης να μπορεί να τροφοδοτηθεί με μεταβλητή συχνότητα , με σκοπό να επιτρέπει στην ταχύτητα της έλικας να μεταβάλλεται απεριόριστα στο διάστημα 0 – Max RPM. Αυτοί οι μετατροπείς συχνότητας ουσιαστικά επιτυγχάνουν κάτι τέτοιο μέσω μιας ελεγχόμενης διόρθωσης της κυματομορφής εισόδου AC 60Hz σε DC, και στη συνέχεια, αυτή η, συνεχής πλέον, τάση, αντιστρέφεται σε μία μεταβλητής

συχνότητας κυματομορφή εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία και καταλήγει στον προωστήριο κινητήρα. Τα περισσότερα συστήματα Variable Speed Drive λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο (AC- DC-AC) συνδυάζοντας έτσι τα πλεονεκτήματα των δύο ειδών ρεύματος.

Η κύρια εξοικονόμηση της απόδοσης που προσφέρει η πλήρης ηλεκτρική πρόωση προέρχεται από την ικανότητα χρήσης πολλαπλών γεννητριών στον σταθμό παραγωγής ενέργειας. Αυτή η θεωρία αφορά μόνο τη λειτουργία, τον αριθμό και τον τύπο των γεννητριών που απαιτούνται για την κάλυψη του ζητούμενου φορτίου. Ένα εικονογραφικό παράδειγμα αυτής της έννοιας του «σταθμού ηλεκτροπαραγωγής»

Απεικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα , το οποίο δείχνει τη βέλτιστη λειτουργία των γεννητριών (Σκιασμένη περιοχή) προκειμένου να ικανοποιήσουν τις διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις. (Γραφικές καμπύλες). Ωστόσο, κατά την τοποθέτησή τους υπάρχουν άλλοι παράγοντες , οι οποίοι στην πράξη περιορίζουν την ικανότητα για πλήρη βελτιστοποίηση αυτής της λύσης. Οι κανόνες ασφαλείας απαιτούν συχνά τουλάχιστον δύο γεννήτριες να βρίσκονται σε λειτουργία , παρά το γεγονός ότι μόνο μία μπορεί να είναι απαραίτητη βάση της απαίτησης φορτίου σε μία κατάσταση λειτουργίας. Κάτι τέτοιο περιορίζει την ευελιξία σχεδιασμού του εκάστοτε συστήματος μπορούν να περιορίσουν την ευκαιρία για μεγιστοποίηση της συνολικής αποδοτικότητας του πλοίου.



Ιδανική *λειτουργία γεννητριών σε σχέση με την ελάχιστη παραγωγή ισχύος σε Ηλεκτροπροωθούμενο πλοίο*

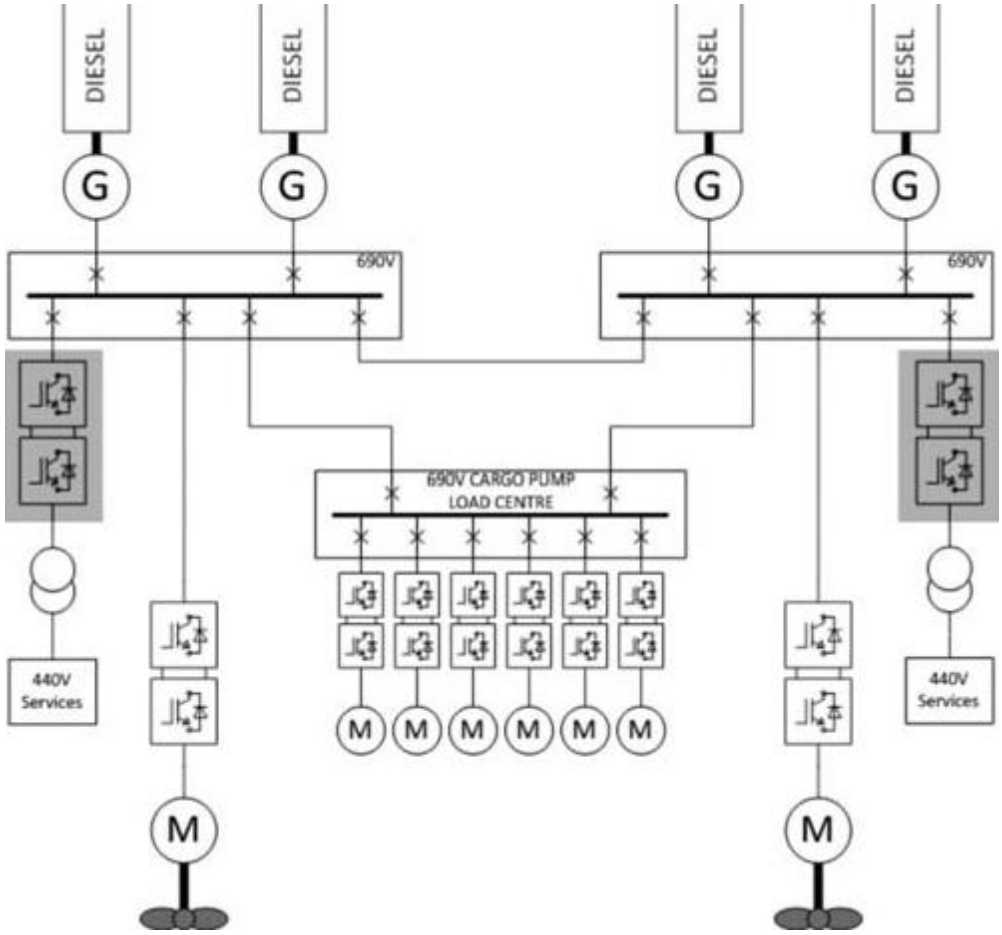
2.4.1.7 ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ AC

Συντηρητικά εκτιμάται ότι η πλειοψηφία των ερευνητικών και πολεμικών πλοίων, και γενικότερα των πλοίων ειδικών σκοπών Ξοδεύουν πάνω από το 80% του χρόνου λειτουργίας τους με χαμηλά επίπεδα ενεργειακής ζήτησης (Συνήθως 20-60% της συνολικής φόρτισης των γεννητριών), αλλά οι κινητήρες τους κινούνται στην πλήρη ονομαστική τους ταχύτητα για να παράγουν τροφοδοσία 60 Hz. Σε μια προσπάθεια βελτίωσης της συνολικής αποδοτικότητας , ορισμένοι εμπορικοί φορείς απομακρύνονται από τις σταθερές συχνότητες λειτουργίας επιτρέποντας στην ταχύτητα του κύριου κινητήρα να διαφοροποιείται ώστε να ταιριάζει με τη ζήτηση φορτίου. Κάτι τέτοιο βελτιστοποιεί τη λειτουργία του κινητήρα και μειώνει την κατανάλωση καυσίμου.

Η βάση αυτού του συστήματος είναι να βελτιστοποιηθεί η σχέση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα σε σχέση με το φορτίο που αυτός καλείται να αποδώσει, προκειμένου να βελτιωθεί με τη σειρά της η κατανάλωση καυσίμου (Specific Fuel Consumption SFC) και ως εκ τούτου η συνολική κατανάλωση του σκάφους.

Η έννοια του συστήματος μεταβλητής συχνότητας αναπτύσσεται ραγδαία λόγω του ότι υπεισέρχεται η τεχνολογία Active Front End (AFE) Drives χωρίς μετασχηματιστές σε κινητήρες πρόωσης, πλευρικούς προωστήριους μηχανισμούς (Bow Thrusters) και συστήματα αντλιών, κερδίζοντας πολύ σημαντικό έδαφος από τους παραδοσιακούς Diode Front End (DFE) Converters που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα σε συνδυασμό με ογκώδεις και υψηλού βάρους μετασχηματιστές. Πλέον, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα AC μεταβλητής συχνότητας απαιτείται ελάχιστος πρόσθετος εξοπλισμός στο σκάφος. Στην πραγματικότητα, περιορίζεται συνήθως στην προσθήκη ενός συνδετικού μετατροπέα παραγωγής σταθερής συχνότητας για τα γενικά φορτία πλοίων ενώ όλοι οι μεγάλοι κινητήρες που χρησιμοποιούν μεταβλητές ταχύτητες ,συμπεριλαμβανομένων των κινητήρων πρόωσης, δεν επηρεάζονται.

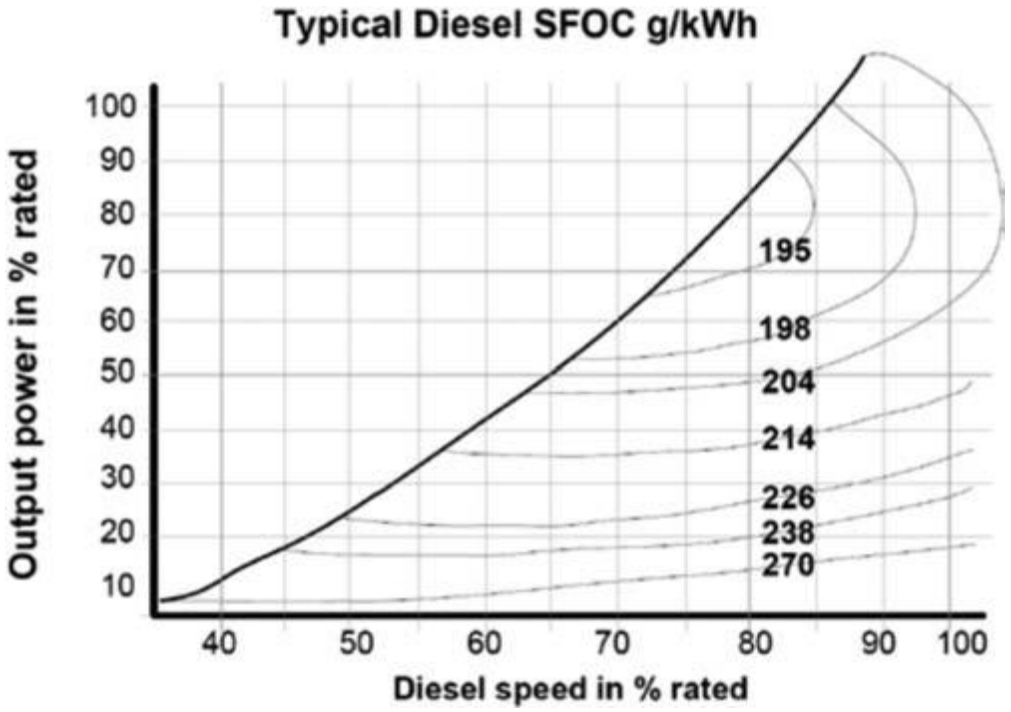
Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης ενός Tanker.



Το πλοίο έχει ένα κύριο ηλεκτρικό σύστημα 690 V Με δύο κεντρικούς πίνακες 690 V οι οποίοι τροφοδοτούνται από τέσσερις κύριες γεννήτριες ντίζελ. Παράγεται ηλεκτρική ισχύς για δύο ηλεκτρικούς κινητήρες σε δύο άξονες για την πρόωση του πλοίου, ενώ, μία

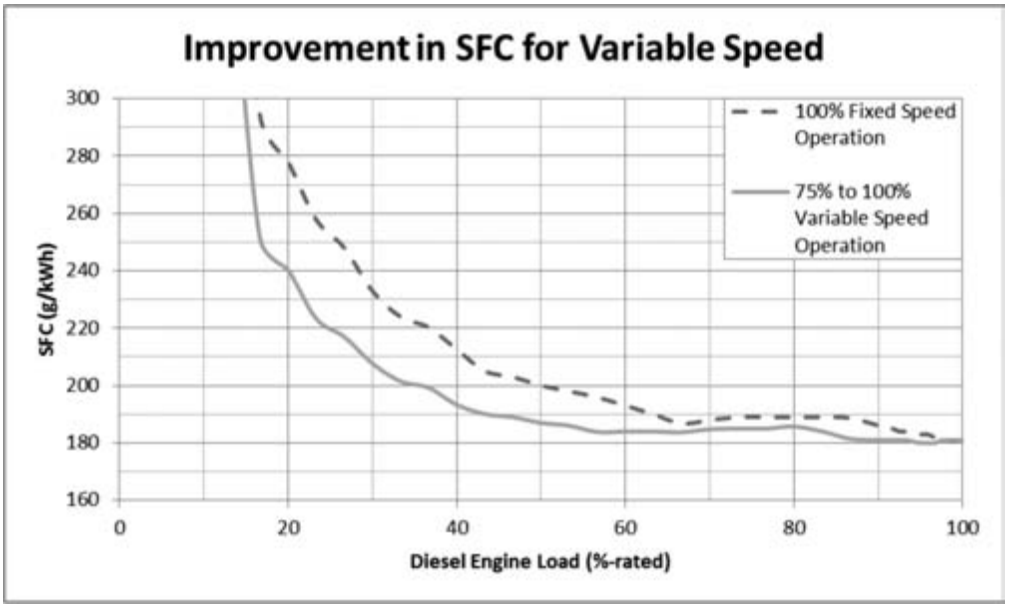
σειρά μεγάλων αντλιών φορτίου τροφοδοτούνται μέσω κινητήρων μεταβλητής ταχύτητας από έναν τρίτο πίνακα 690 V και δύο κύριοι μετασχηματιστές υποβιβάζουν την τάση στα 440 V για τα υπόλοιπα φορτία και τις υπηρεσίες του πλοίου.

Οι σκιασμένες περιοχές καταδεικνύουν τους πρόσθετους μετατροπείς που απαιτούνται για τη διατήρηση της παροχής 440 V 60 Hz για τις υπηρεσίες του πλοίου. Αν χρησιμοποιηθεί μία κοινή γεννήτρια ντήζελ , τότε το τυπικό σύνολο καμπυλών SFC (Specific Fuel Consumption) θα περιγράφεται από το επόμενο σχήμα .

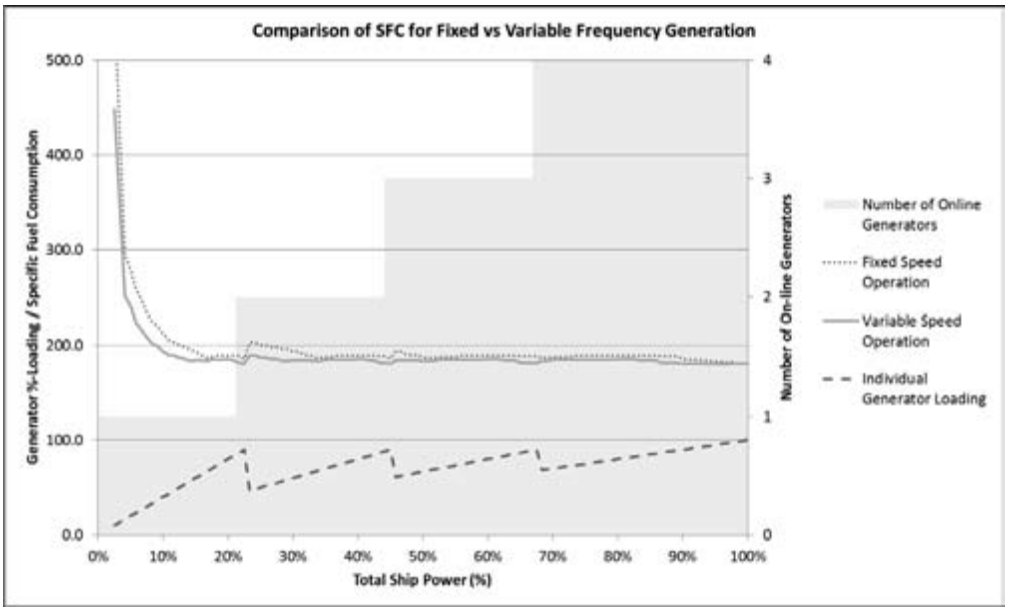


Για να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα του συστήματος, η γεννήτρια κινητήρα ντίζελ θα πρέπει πάντα να λειτουργεί πολύ κοντά στο 90% της συνολικής ισχύος της όταν λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα. Σημειώνουμε σε αυτό το σημείο ότι η τυπική απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα που λειτουργεί με ονομαστικό φορτίο και ταχύτητα βρίσκεται στην περιοχή του 47%. Με βάση τα τυπικά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου κινητήρα , υπολογίζεται ότι ένας κινητήρας ντίζελ που λειτουργεί στο 55% του ονομαστικού του φορτίου εξοικονομεί καύσιμο περίπου 10% και αυτό μπορεί να επιτευχθεί μειώνοντας την ταχύτητα του κινητήρα από το 100% στο 75% της ονομαστικής του ταχύτητας.

Γραφικά, αυτή η διαφορά στη μείωση της κατανάλωσης μπορεί να απεικονισθεί στο παρακάτω διάγραμμα.



Ενώ το επόμενο διάγραμμα καθιστά σαφές ότι η διαφορά στην κατανάλωση καυσίμου ανάμεσα στην τεχνολογία της σταθερής και της μεταβλητής συχνότητας είναι σημαντικά υπολογίσιμη και κυμαίνεται στο 5% κατά μέσο όρο.



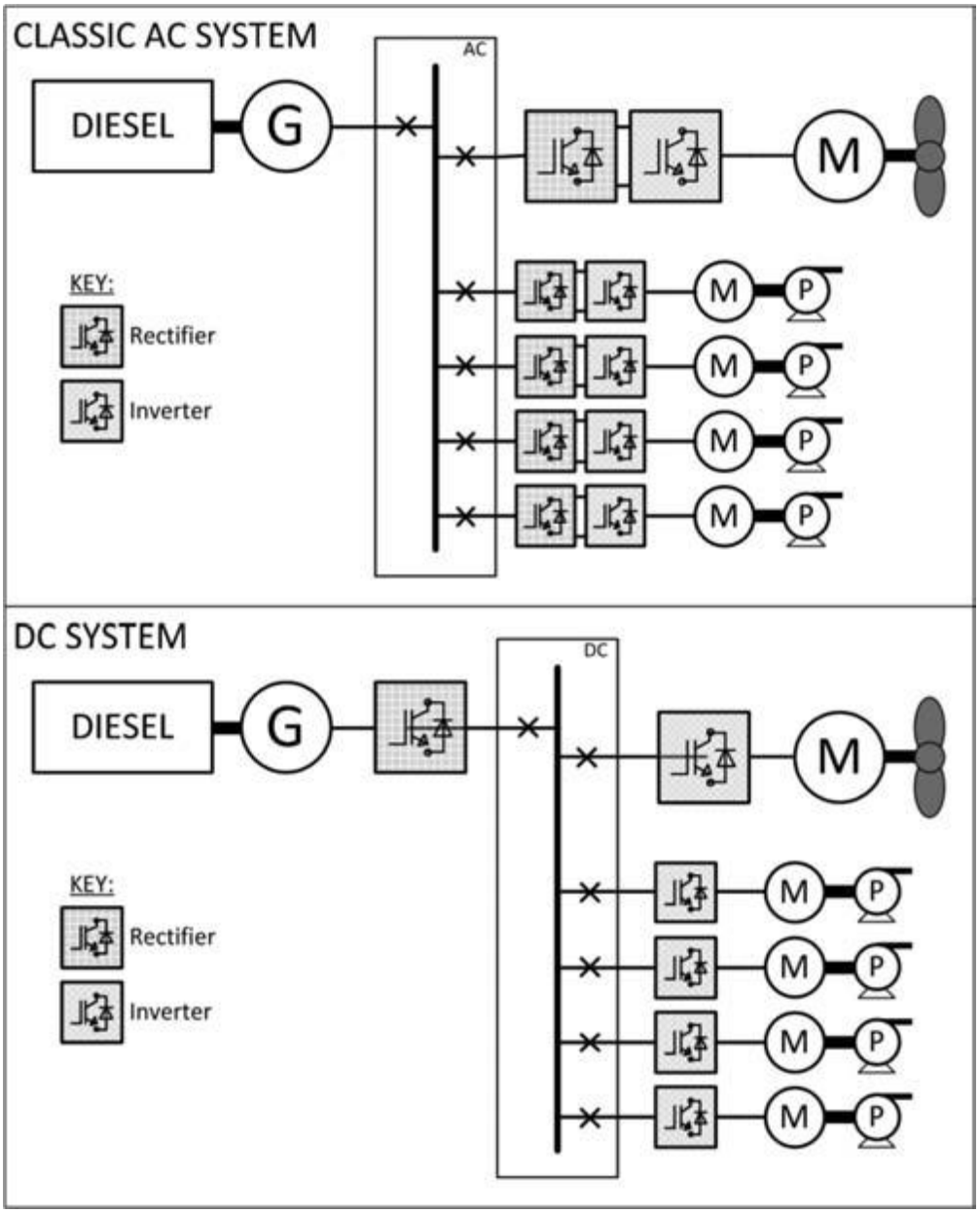
Η ζήτηση για σύστημα ισχύος DC στα πλοία οφείλεται σε διάφορους λόγους, ο πιο συνηθισμένος από τους οποίους είναι η αυξανόμενη χρήση των drives μεταβλητής ταχύτητας, των οποίων η χρήση ευνοείται σε δίκτυα συνεχούς ρεύματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι γεννήτριες DC συνδέονται με ανορθωτές οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν οποιαδήποτε παραγόμενη τάση ή κυματομορφή παράγεται σε σταθερή συνεχή τάση. Το προηγούμενο σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος μεταβλητής συχνότητας που περιγράψαμε λειτουργεί πλήρως μόνο στην περίπτωση

όπου είναι όλες οι γεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν στην ίδια ονομαστική ταχύτητα και είναι ιδανικά Ίδιου τύπου και ισχύος. Στο σύστημα DC αυτό μπορεί να επιτευχθεί και από ένα σύνολο γεννητριών που ενδεχομένως λειτουργούν με διαφορετικές ταχύτητες μπορούν να συνδυαστούν με γεννήτριες υψηλότερης ταχύτητας (και συνεπώς μικρότερες) συνδεδεμένες ακόμα και με αεριοστρόβιλους υψηλής ταχύτητας προκειμένου να επιτύχουμε μέγιστη πυκνότητα ισχύος.

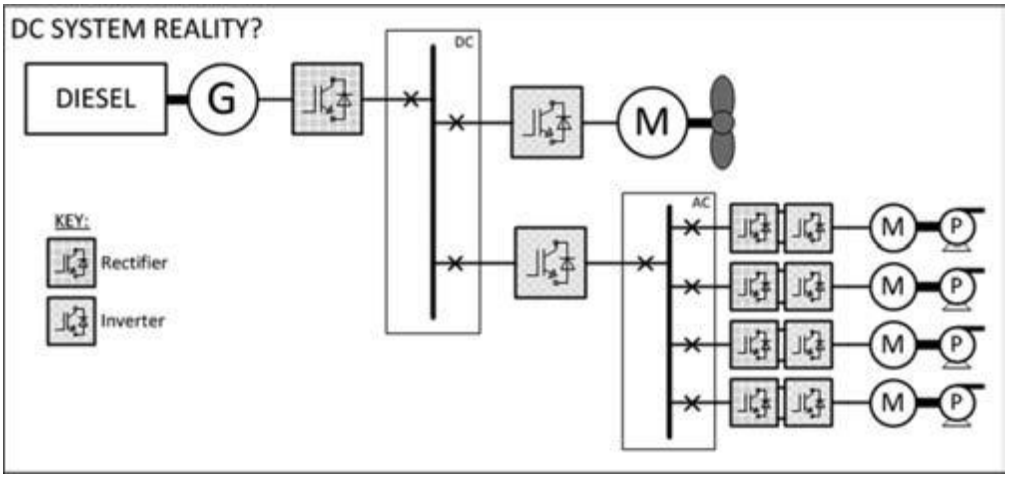
Τέλος, ένα άλλο θέλγητρο, για τη μετάβαση σε DC , αποτελεί η ευκολία ενσωμάτωσης της αποθήκευσης ενέργειας για την παροχή πρόσθετης ανθεκτικότητας και ασφάλειας σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο πλοίου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για βραχυπρόθεσμα χαμηλή ισχύ, για παράδειγμα, στο λιμάνι. Αυτό είναι κάτι που έχει υιοθετηθεί στην αγορά πολυτελών σκαφών όπου συνίσταται η ύπαρξη μπαταρίας αποθήκευση> 1MWhr για εξαιρετικά χαμηλή στάθμη θορύβου κατά τη διάρκεια της νύχτας ή και για τη διαμετακόμιση σε "πράσινους" λιμένες.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι και οι δύο αυτοί τύποι αποθήκευσης ενέργειας μπορούν εξίσου σωστά και λειτουργικά να εφαρμοστούν σε ένα σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος λόγω του γεγονότος ότι θα απαιτηθεί οποιαδήποτε μορφή αποθήκευσης ενέργειας για τη φόρτιση και την εκφόρτωση ενώ ταυτόχρονα , στο εναλλασσόμενου ρεύματος δίκτυο, υπάρχει η δυνατότητα καλύτερης της ασφαλέστερης διαχείρισης σε ενδεχόμενη ανάπτυξη υπερβολικά μεγάλων ρευμάτων βραχυκύκλωσης.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η διαφορά ενός τυπικού δικτύου πλοίου εναλλασσόμενου ρεύματος και ενός συνεχούς ρεύματος.



Στην πραγματικότητα, λόγω της εξαιρετικά περιορισμένης διαθεσιμότητας στην αγορά καταναλωτών συνεχούς ρεύματος, το δίκτυο συνεχούς ρεύματος ενός πλοίου με το οποίο θα χρειαστεί να τροφοδοτούνται καταναλωτές εναλλασσόμενου ρεύματος, κατ ανάγκη θα έχει την ρεαλιστική σχεδίαση που φαίνεται παρακάτω.



ABB

Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία ABB ,η ενσωμάτωση ενός δικτύου συνεχούς ρεύματος DC βασίζεται σε μια αρχή όπου η έξοδος των γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος διορθώνεται πριν συνδεθεί με το κοινό σύστημα διανομής DC. Η διανομή συνεχούς ρεύματος επιτρέπει τη χρήση αγωγών διαύλου για τη μετάδοση ακόμη και υψηλών επιπέδων ισχύος, χωρίς τη χρήση ενός κεντρικού πίνακα εναλλασσόμενου ρεύματος και μετασχηματιστών κίνησης. Σε ένα DC δίκτυο επιτυγχάνεται ζεύξη των διάφορων πηγών ενέργειας μόνο μέσω της κοινής τάσης, οι γεννήτριες δεν χρειάζονται συγχρονισμό και μπορεί ακόμη να λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες.

2.4.1.8 Κινητήρες ντίζελ μεταβλητής ταχύτητας

Στα παραδοσιακά ηλεκτρικά συστήματα πρόωσης, οι μεταβλητές συχνότητες αποτελούν συνήθως το 80% της εγκατεστημένης ισχύος..

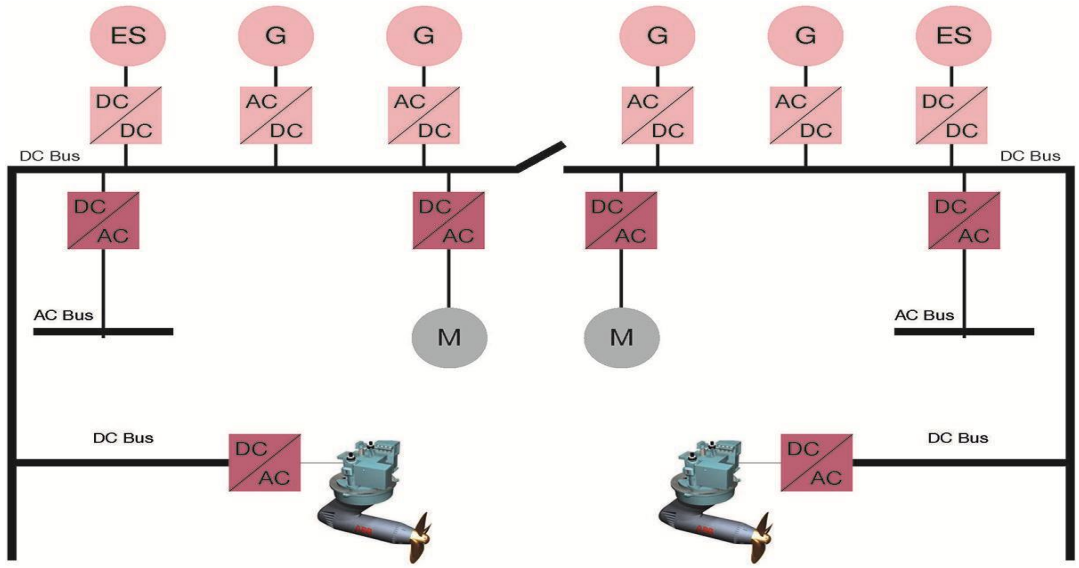
Η τεχνολογία ηλεκτρικού κινητήρα ντίζελ που βασίζεται σε AC έχει υψηλή συνολική απόδοση, πάνω από 90% στο ηλεκτρικό δίκτυο, αλλά επιτρέπει μόνο στους κινητήρες να λειτουργούν με μία σταθερή ταχύτητα, λόγω σταθερής συχνότητας. Οι κινητήρες έχουν συνολική απόδοση περίπου 45-50% και το βέλτιστο λειτουργικό παράθυρο καυσίμων είναι μεταξύ 75 και 85%. Προκειμένου να βελτιωθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες και να μειωθεί το κόστος των καυσίμων κατά τις συνθήκες χαμηλού φορτίου, πρέπει να εξεταστεί η λειτουργία των κινητήρων με μεταβλητή ταχύτητα.

Η τεχνολογία DC Grid της ABB επιτρέπει τη μεταβλητή ταχύτητα των κινητήρων, οι οποίοι κατά παράδοση λειτουργούν με σταθερή ταχύτητα για να διατηρούν σταθερή συχνότητα, ανεξάρτητα από τη ζήτηση ισχύος. Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε πρόσφατα όχι μόνο επιτρέπει τη μεταβλητή ταχύτητα λειτουργίας, αλλά λόγω της διανομής που βασίζεται σε DC, ο ογκώδης ηλεκτρικός εξοπλισμός μπορεί να εξαλειφθεί. Όλα αυτά έχουν πολλά θετικά αποτελέσματα για τον εφοπλιστή και το πλήρωμα. Οι πιο αξιοσημείωτες είναι η μεγάλη

μείωση του θορύβου και των κραδασμών, η αυξημένη αποτελεσματικότητα SCR, ο μεγαλύτερος χρόνος λειτουργίας μεταξύ της συντήρησης, η μικρότερη φθορά, η μειωμένη κατανάλωση λαδιού λίπανσης, το μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης και μια αξιοσημείωτη μείωση του κόστους των καυσίμων.

Πλεονεκτήματα της διανομής DC, σε ορισμένες περιπτώσεις, περιλαμβάνουν χαμηλότερες συνολικές απώλειες και λιγότερα προβλήματα με αρμονική παραμόρφωση. Παρ 'όλα αυτά, ιστορικά υπήρξαν προκλήσεις με τη διανομή συνεχούς ρεύματος, που κυρίως περιστρέφονται γύρω από τον τρόπο με τον οποίο η πλήρης επιλεκτικότητα και η προστασία του εξοπλισμού μπορούν να επιτευχθούν με τρόπους που είναι παρόμοιοι με τη διανομή εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα ρεύματα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πιο απλό να διακόπτονται εξαιτίας του φυσικού τους μηδέν που διασχίζει κάθε μισό κύκλο.

Η ABB για παράδειγμα υποστηρίζει ότι ξεπέρασε αυτές τις προκλήσεις διασχίζοντας την κλασσική φιλοσοφία προστασίας, όπου η επιλεκτικότητα επιτυγχάνεται μέσω μιας διάταξης συντονισμένων κυκλωμάτων, αυξάνοντας σημαντικά τις ευκαιρίες που προσφέρουν τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα ισχύος στο ενσωματωμένο σύστημα πλέγματος DC. Όλη η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται τροφοδοτείται είτε απευθείας είτε μέσω ενός ανορθωτή σε έναν κοινό δίαυλο DC που διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές του σκάφους. Κάθε κύριος καταναλωτής τροφοδοτείται στη συνέχεια από έναν ξεχωριστό μετατροπέα



Ακόμα και εδώ όμως βλέπουμε ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι αυτό το οποίο παράγεται από τις γεννήτριες και χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές εν τέλει. Στο ενδιάμεσο σημείο της διανομής μετατρέπεται σε συνεχές προκειμένου να διευκολυνθεί ο έλεγχός του. Μια λύση σαν αυτή κρίθηκε μη συμφέρουσα , τόσο οικονομικά όσο και σχεδιαστικά, στο στάδιο της υλοποίησης και του στησίματος για το εν λόγω πλοίο , λόγω του ότι αυξάνει κατά

πολύ την περιπλοκότητα του συστήματος, τα κόστη και τις γνώσεις συντήρησης, μειώνει την πιθανότητα ύπαρξης διαθέσιμων ανταλλακτικών και ο παράγοντας διόρθωσης σε περίπτωση σφάλματος μειώνεται. Επίσης Απαιτείται ξεχωριστός μετατροπέας για κάθε καταναλωτή, καθώς η πλειοψηφία αυτών λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα. Ακόμα και στην περίπτωση των Hotel Loads, εξαιρουμένου του φωτισμού, δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί συνεχές ρεύμα για την τροφοδοσία των καταναλωτών εφόσον όλες οι συσκευές το εμπορίου είναι σχεδιασμένες για τροφοδοσία με εναλλασσόμενο ρεύμα – πέραν του γεγονότος ότι εσωτερικά της συσκευής μετασχηματίζεται σε συνεχές.

2.4.1.11 Συμπέρασμα

Προκειμένου να μεγιστοποιήσουμε την αποτελεσματικότητα του υπό σχεδίαση ηλεκτρικού δικτύου, στο βαθμό που η έως τώρα τεχνολογία είναι διαθέσιμη και ταυτόχρονα εφικτά εφαρμόσιμη , θα πρέπει να ευνοηθεί η επιλογή του συστήματος Εναλλασσόμενου Ρεύματος (AC) στην τάση των 690V και υπό συχνότητα 60 Hz (σε επόμενο βήμα θα εξηγήσουμε τους λόγους επιλογής της συγκεκριμένης τιμής της τάσης και της συχνότητας) , κατά κύριο λόγο, λόγω της εγγενούς σταθερότητάς του, σε συνδυασμό βέβαια με την τεχνολογία του συνεχούς, όπου αυτή είναι απαραίτητο να παρεμβάλλεται εντός του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο θα καταφέρουμε να συνδυάσουμε τα πλεονεκτήματα και των δύο τεχνολογιών με σκοπό την επίτευξη ενός σύγχρονου, εργονομικού, σταθερού, ασφαλούς και προηγμένου δικτύου διανομής στο υπό μελέτη Ωκεανογραφικό σκάφος.

2.5 Ο Έλεγχος των στροφών των ηλεκτροκινητήρων πρόωσης

Στην , έως τώρα καλούμενη, συμβατική πρόωση ενός πλοίου η ρύθμιση των στροφών της έλικας επιτυγχάνεται μέσω ενός κατάλληλα διαμορφωμένου και προσεκτικά μελετημένου, και διαστασιολογημένου, μειωτήρα στροφών , Reduction Gear (RG). Στην περίπτωση της Ηλεκτροπρόωσης με αζιμουθιακούς προωθητήρες, η ρύθμιση των στροφών της έλικας επιτυγχάνεται μέσω του ελέγχου των στροφών του προωστήριου ηλεκτροκινητήρα, δεδομένου ότι, στην περίπτωση του Pod, η έλικα είναι συνδεδεμένη απευθείας στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα.

Στην περίπτωση των ηλεκτροκινητήρων Εναλλασσόμενου Ρεύματος (ΕΡ ή Alternating Current AC), ο έλεγχος της ταχύτητας και της ροπής είναι αρκετά πιο σύνθετος από την περίπτωση των κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος (ΣΡ ή Direct Current DC) , όπου η ροπή, M, προκύπτει ως μία ποσότητα ανάλογη του γινομένου του ρεύματος τυλίγματος διεγέρσεως (πεδίου), I_F , και του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου, I_A βάσει της σχέσης:

$M=k.I_F.I_A$,

όπου k, σταθερά που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

2.5.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ Ε.Ρ.

Στη συνέχεια ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή όλων των μεθόδων ελέγχου κινητήρων ΕΡ με έμφαση σε αυτές που εφαρμόζονται σε κινητήρες ηλεκτροπρόωσης.
Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθεί μεταβλητή ταχύτητα και ροπή ενός κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι μέθοδοι.

~ Βαθμωτός έλεγχος ανοικτού ή κλειστού βρόχου V/F (Scalar Control):

Ως αναφορά δίνεται η επιθυμητή μηχανική ταχύτητα χωρίς να λαμβάνεται μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας. Η τάση μεταβάλλεται αναλογικά προς την επιθυμητή ταχύτητα σε μία προσπάθεια μη μεταβολής της ροπής. Σε μία παραλλαγή αυτής της μεθόδου, λαμβάνεται μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας η οποία , συγκρινόμενη με την επιθυμητή ταχύτητα παράγει ένα σήμα σφάλματος. Το σήμα αυτό οδηγείται σε έναν ελεγκτή PI και παράγεται κατάλληλο σήμα εναύσεως των διακοπτών ισχύων. Το ίδιο σήμα ρυθμίζει και την τάση σε μία προσπάθεια να μην μεταβάλλεται η ροπή στον άξονα.
Αυτός ο τύπος ελέγχου δε, είναι μη εφαρμόσιμος στην περίπτωση της πρόωσης.

~ Έλεγχος με SPWM και CSI (μαζί με συγκριτές υστερήσεως):

Σε αυτή την περίπτωση, η στιγμιαία τιμή του ρεύματος εισόδου ελέγχεται συνεχώς ώστε να κυμαίνεται μεταξύ δύο οριακών τιμών κατωφλίου. Σε κάθε προσπάθεια του ρεύματος να υπερβεί τα όρια αυτά, παράγεται σήμα από ελεγκτή PWM (Pulse Width Modulator) που δίνει εντολή στους διακόπτες να άγουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αναιρεθεί η εν λόγω προδιάθεση του ρεύματος.

~ Διανυσματικός έλεγχος (Vector Control):

Όπως προαναφέρθηκε και ανωτέρω, ο εν λόγω έλεγχος γίνεται όπως σε μία μηχανή ΣΡ ξένης διεγέρσεως. Η ροπή , M, προκύπτει ως μία ποσότητα ανάλογη του γινομένου του ρεύματος

τυλίγματος διεγέρσεως (πεδίου), I_F , και του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου, I_A βάσει της σχέσης:

$M=k.I_F.I_A$,

Στην μηχανή ΣΡ όμως, τα δύο ηλεκτρομαγνητικά πεδία είναι σταθερά στο χώρο και σε 90 μοίρες μεταξύ τους. Αντιθέτως, στις μηχανές ΕΡ, τα πεδία, αφενός στρέφονται, και αφετέρου η μεταξύ τους γωνία μεταβάλλεται με κάθε μεταβολή στην φόρτιση. Είναι όμως μαθηματικά δυνατόν, να αποσυζευχθούν τα ρεύματα στάτη και δρομέα σε ένα στρεφόμενο πλαίσιο αναφοράς σύμφωνα, είτε με την ταχύτητα του δρομέα, είτε με οποιαδήποτε άλλη ταχύτητα κατά τρόπον ώστε να θεωρηθούν ακίνητα. Κάθε ρεύμα φάσεως αναλύεται σε δύο επιμέρους διανυσματικές συνιστώσες, τη συνιστώσα ευθέως άξονα (direct axis, d) και τη συνιστώσα εγκαρσίου άξονα (quadrature axis, q). Οι συνιστώσες αυτές είναι κάθετες μεταξύ τους και διατηρούνται ακίνητες ως προς το στρεφόμενο πλαίσιο αναφοράς. Σημειώνεται ότι ενώ αυτός ο μαθηματικός μετασχηματισμός αποσύζευξης ήταν γνωστός εδώ και 50 χρόνια τουλάχιστον, η υλοποίησή του, με ηλεκτρονικά κυκλώματα σε πραγματικό χρόνο περιστροφής των κινητήρων κατέστη δυνατή μόλις τα τελευταία 15 χρόνια. Η μεθοδολογία του μετασχηματισμού αποσύζευξης διαφέρει με τον τύπο της μηχανής (σύγχρονη ή ασύγχρονη). Γενικά έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές, ανάλογα με την εκλογή του στρεφόμενου πλαισίου αναφοράς από τις οποίες η πλέον διαδεδομένη είναι η μέθοδος ελέγχου με προσανατολισμό στο διάνυσμα της πεπλεγμένης ροής του δρομέα, ή ο έλεγχος πεδίου *(field control),* που αναλύεται στη συνέχεια.

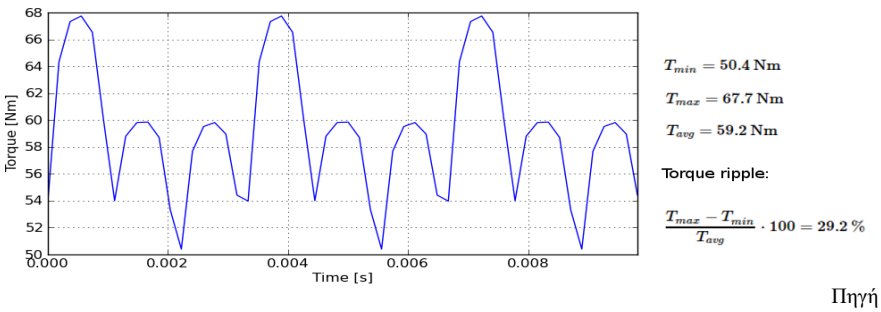
- Έλεγχος πεδίου (field control)

Ο διανυσματικός έλεγχος πεδίου του κινητήρα διακρίνεται περαιτέρω σε άμεσο και έμμεσο έλεγχο. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του άμεσου ελέγχου, η μαγνητική ροή προσδιορίζεται, είτε με απευθείας μέτρησή της, είτε με χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου μαγνητικής ροής. Αντιθέτως, κατά τον έμμεσο έλεγχο, η μαγνητική ροή υπολογίζεται έμμεσα από μετρήσεις άλλων μεγεθών καθώς μετρώνται τα ρεύματα στο τύλιγμα του στάτη και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα. Η ροπή του κινητήρα επαγωγής προκύπτει να είναι το γινόμενο δύο συνιστωσών του ρεύματος του στάτη , όπως αυτό αναλύεται στο πλαίσιο αναφοράς (dmr ,qmr) που στρέφεται με το διάνυσμα της μαγνητικής ροής του δρομέα:

$M= K \cdot is_{dmr} \cdot is_{qmr}$

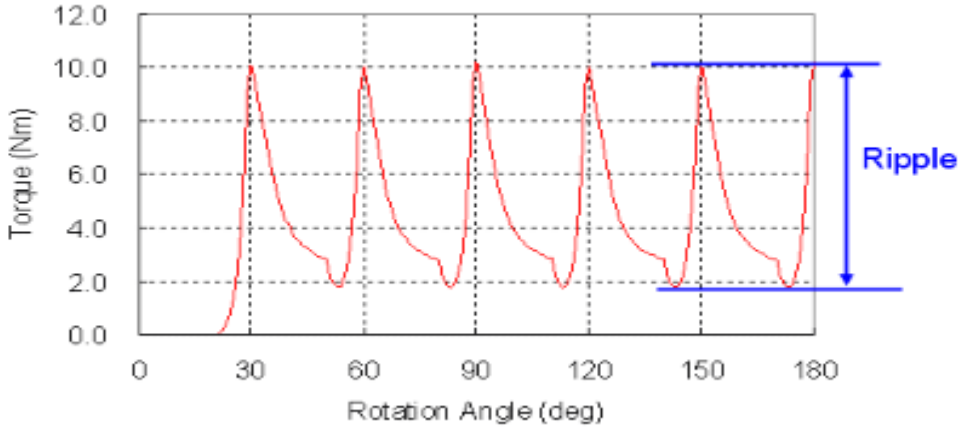
Σημειώνεται ότι η μέτρηση του διανύσματος μαγνητικής ροής (κατά μέτρο και γωνία) και δη στον στρεφόμενο δρομέα, είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνει καθώς υπεισέρχεται μεγάλο ποσοστό θορύβου, ενώ πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς οι μεταβολές των τιμών R και L των τυλιγμάτων, διότι με την περιστροφή μεταβάλλονται λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών. Ως μειονέκτημα της μεθόδου, σημειώνεται ο μεγάλος αριθμός αισθητήρων, μετατροπέων και μετρητικών που πέραν της πολυπλοκότητας που εισάγουν, αυξάνουν το κόστος αλλά και τον χρόνο απόκρισης των διατάξεων ελέγχου. Επιπλέον, με τη μέθοδο- του διανυσματικού ελέγχου η ροπή ελέγχεται μόνον με έμμεσο τρόπο χωρίς να αποφεύγονται και κραδασμοί (κυματισμοί ροπής-torque ripples).

Σε αυτό το σημείο οφείλουμε να παραθέσουμε την επεξήγηση της έννοιας του κυματισμού ροπής (torque ripple):



Πηγή : emetor.org

Ο κυματισμός ροπής είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε πολλές περιπτώσεις ηλεκτρικών κινητήρων, και αναφέρεται σε μια περιοδική αύξηση ή μείωση της ροπής εξόδου καθώς περιστρέφεται ο άξονας του κινητήρα. Μετράται ως η διαφορά στη μέγιστη και την ελάχιστη ροπή στρέψης κατά τη διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής, η οποία εκφράζεται γενικά ως ποσοστό.



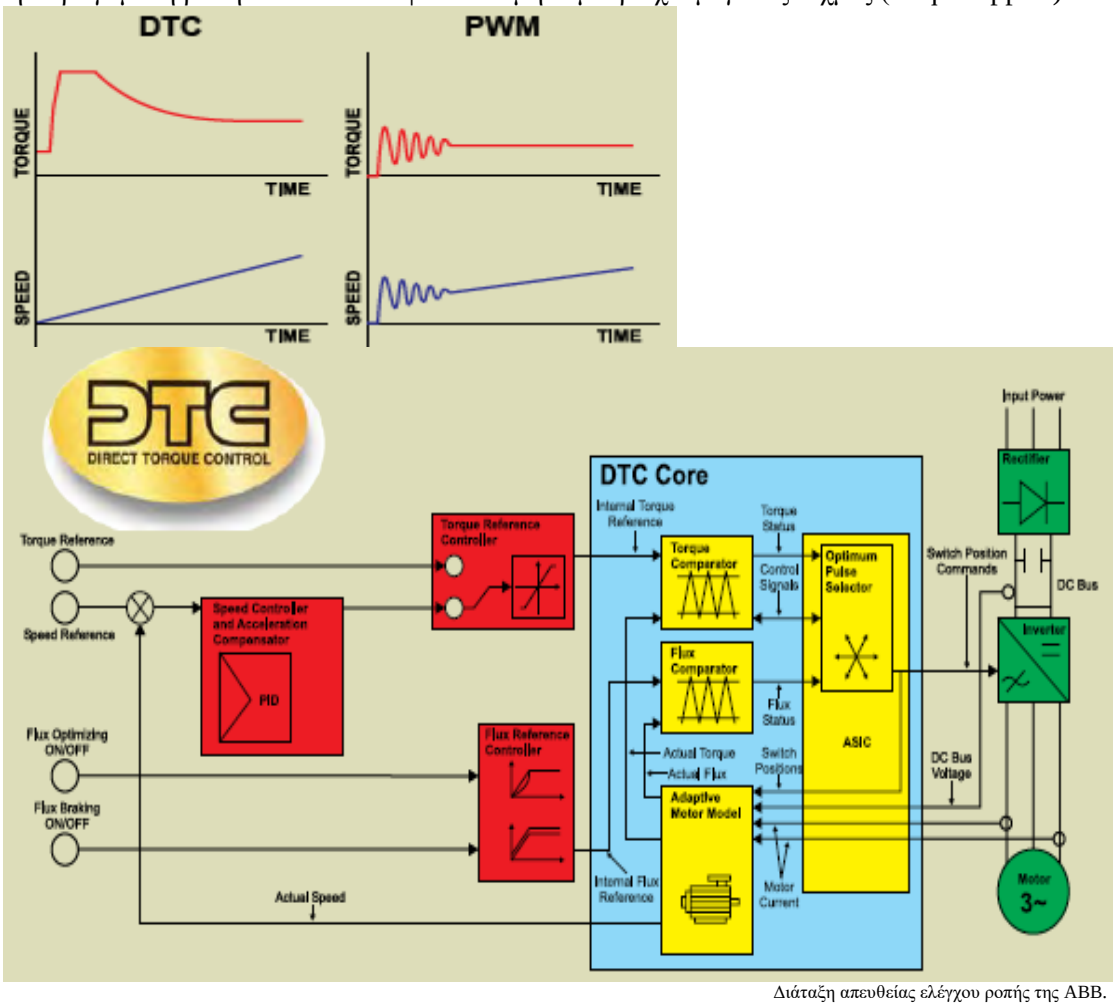
Ένα κοινό παράδειγμα είναι η παραγόμενη ροπή cogging torque (ροπή των ηλεκτρικών κινητήρων που οφείλεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των μόνιμων μαγνητών του δρομέα και των σχισμών του στάτη μίας μηχανής μόνιμου μαγνήτη. Είναι επίσης γνωστή και ως ροπή συγκράτησης (detent) ή χωρίς ρεύμα (no current torque). Είναι ανεπιθύμητο φαινόμενο για τη λειτουργία ενός τέτοιου κινητήρα, ιδιαίτερα εμφανές σε χαμηλότερες ταχύτητες, με το σύμπτωμα της σπασμωδικής κίνησης. Έχει ως αποτέλεσμα κυμάτωση ταχύτητας. Ωστόσο, σε μεγάλες ταχύτητες, η ροπή αδράνειας του κινητήρα φιλτράρει την επίδραση αυτής της ροπής) λόγω ελαφρών ασυμμετριών στο μαγνητικό πεδίο που παράγεται από τις περιελίξεις του κινητήρα, γεγονός που προκαλεί αποκλίσεις ανάλογα με τη θέση του ρότορα. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να μειωθεί με προσεκτική επιλογή της διάταξης περιέλιξης του κινητήρα ή μέσω της χρήσης ελέγχων σε πραγματικό χρόνο στην παροχή ρεύματος.

~ Απευθείας έλεγχος ροπής (direct torque control DTC):

Πρόκειται για ουσιαστική εξέλιξη της μεθόδου του διανυσματικού ελέγχου πεδίου (vector field control). Σε αυτήν την περίπτωση, οι τάσεις και τα ρεύματα του στάτη μετρώνται και μετασχηματίζονται σε στρεφόμενο πλαίσιο αναφοράς, ενώ ταυτόχρονα υπολογίζεται η μαγνητική ροή στον στάτη καθώς επίσης και η τιμή της ροπής στον άξονα του κινητήρα και χρησιμοποιούνται ως πρωτεύουσες μεταβλητές ελέγχου. Από τη σύγκριση των μεγεθών μαγνητικής ροής και ροπής με τις επιθυμητές τους τιμές παράγονται τα σήματα ελέγχου των μετατροπέων (για έναυση και σβέση των διακοπτών). Η διαδικασία σύγκρισης στηρίζεται σε μη γραμμικές συναρτήσεις και έχει το πλεονέκτημα ότι αξιοποιεί τη διακριτή στον χρόνο συμπεριφορά των διακοπτών ισχύος αυξάνοντας τελικά τη συνολική απόδοση. Η τεχνική

αυτή έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται σε πλοία με ηλεκτρική πρόωση και πιο συγκεκριμένα με αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα σε συνδυασμό με σύγχρονο κινητήρα μονίμων μαγνητών , όπως το Azipod της ABB το οποίο επιλέχθηκε για το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό, και κυκλομετατροπείς.

Η μέθοδος πλεονεκτεί έναντι του διανυσματικού ελέγχου, καθώς :
-ελέγχει απευθείας τη ροπή εξόδου του κινητήρα,
- δεν υπάρχει ανάγκη για ξεχωριστή διαμόρφωση πλάτους και συχνότητας μέσω παλμικού διαμορφωτή πλάτους (pulse width modulator).
-έχει πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε μετρήσεις και υπολογισμούς μεγεθών (π.χ. δεν είναι απαραίτητη η μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής),
-η παραγόμενη ροπή είναι πλέον εφικτό να μην εμπεριέχει μεγάλες αιχμές (torque ripples).

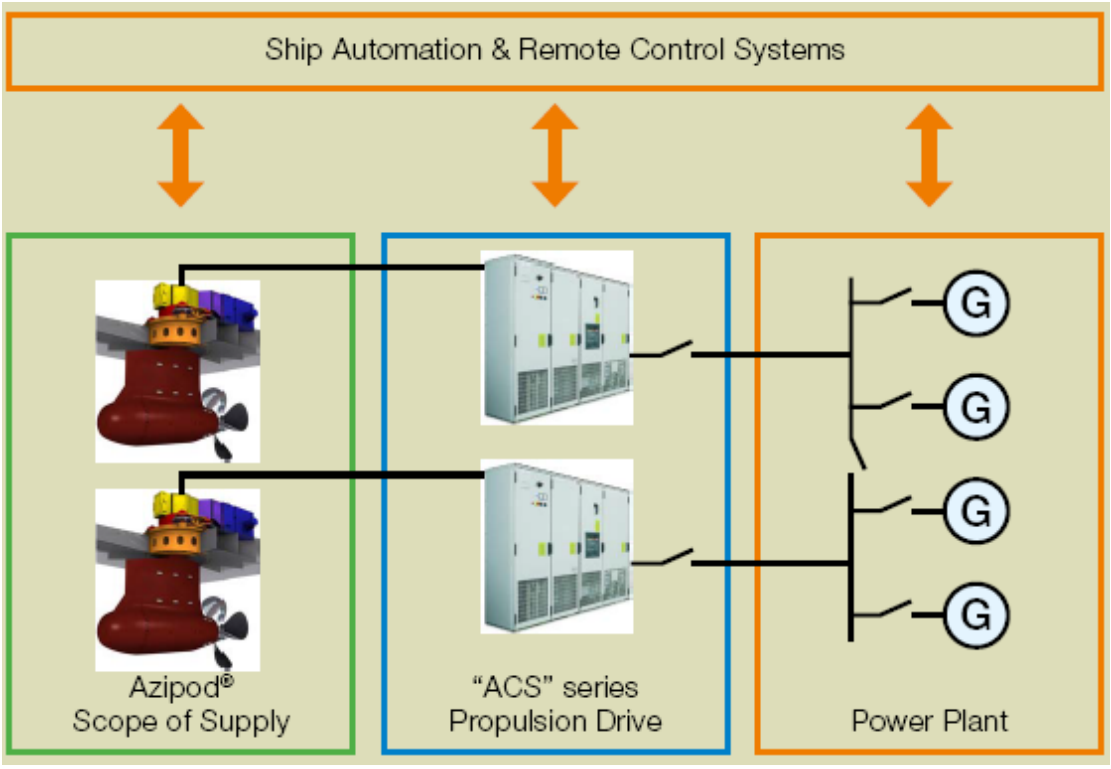


Διάταξη απευθείας ελέγχου ροπής της ABB.

Στην πράξη, και επί του θέματος του ελέγχου των κινητήρων πρόωσης του Ωκεανογραφικού, θα χρησιμοποιηθούν κατάλληλοι ρυθμιστές στροφών της ABB, της ίδιας κατασκευάστριας εταιρίας με τους κινητήρες πρόωσης καθώς θεωρούμε ότι με τον τρόπο αυτό θα καταφέρουμε να επιτύχουμε καλύτερη δυνατή συνεργασία μεταξύ του Drive και του Azipod και αποφυγή τυχόν ασυμβατοτήτων μεταξύ τους.

2.5.2 Ρυθμιστές Στροφών Κινητήρων – Motor Drives

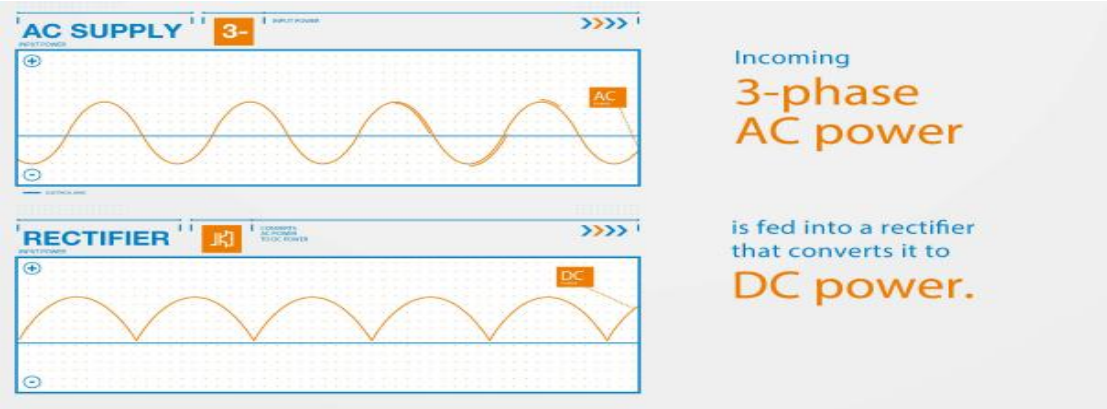
Σε αυτό το σημείο θα παραθέσουμε μια περιληπτική περιγραφή της έννοιας του Ρυθμιστή Στροφών ή του κοινώς αποκαλούμενου AC-Drive των ηλεκτροκινητήρων.

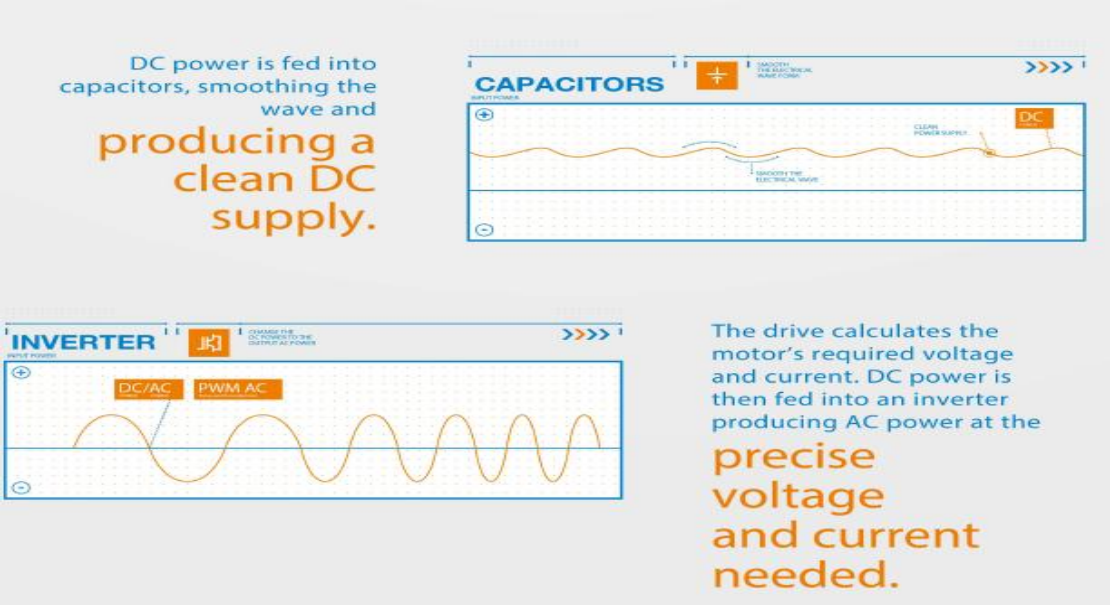


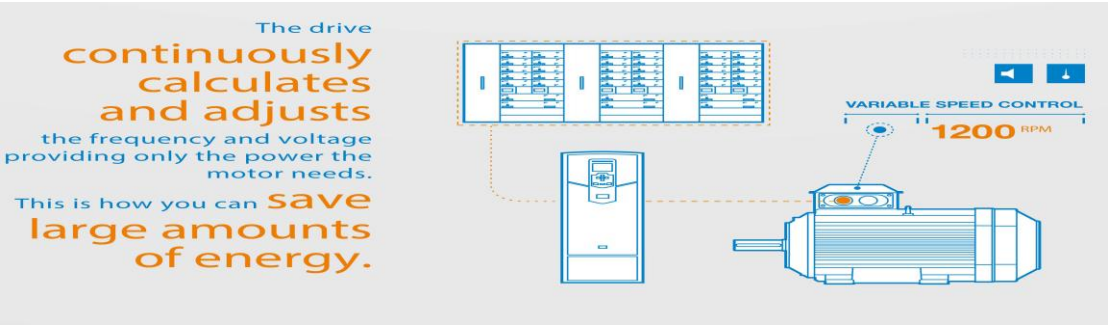
Απλοποιημένο μονογραμμικό διάγραμμα της μονάδας παραγωγής ενέργειας και του συστήματος πρόωσης, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται ρυθμιστές στροφών πρόωσης (Propulsion Drives) Πηγή: ABB

Ο ρυθμιστής στροφών , ή αλλιώς AC Drive, ενός ηλεκτροκινητήρα, είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής και της ροπής ενός ασύγχρονου επαγωγικού κινητήρα. Αντί να λειτουργεί συνεχώς ο κινητήρας σε πλήρη ταχύτητα, ο ρυθμιστής στροφών δίνει τη δυνατότητα επιβράδυνσής του ή επιτάχυνσής του, ανάλογα με την απαίτηση του φορτίου. Στην περίπτωση ύπαρξης κινητήρων χωρίς ρυθμιστές στροφών συνήθως απαιτείται διαστασιολόγηση στη μέγιστη αναγκαία ισχύ. Αποτέλεσμα αυτού είναι το γεγονός πως όσο ο κινητήρας απορροφά αυτή την μέγιστη ισχύ καταλήγει να έχει μεγάλο συντελεστή ισχύος (συνημίτονο λειτουργίας), λόγω μεγάλου φορτίου, και να λειτουργεί οικονομικά. Παρόλα αυτά, οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται για την πρόωση ή για άλλες σημαντικές λειτουργίες ενός πλοίου συνήθως λειτουργούν υπό μειωμένο φορτίο, και ως αποτέλεσμα αυτού, είναι η μείωση του συνημιτόνου λειτουργίας και η, κατά συνέπεια, αύξηση της αέργου ισχύος του συστήματος. Με τη χρήση ρυθμιστών στροφών οι κινητήρες τείνουν να έχουν, σε κάθε συνθήκη φόρτισης, βέλτιστο συντελεστή ισχύος, κοντά στη μονάδα, κάτι το οποίο τους καθιστά λιγότερο ενεργοβόρους και συντείνει σημαντικά στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, άρα και στη μείωση της παραγόμενης, από πλευράς των ηλεκτρογεννητριών, ενέργειας, επομένως και στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου του δεδομένου πλοίου.

Ακολουθούν μερικές εικόνες της ABB στις οποίες περιγράφονται τα στάδια λειτουργίας ενός AC Drive και του μετασχηματισμών-τροποποιήσεων που υφίσταται το εναλλασσόμενο ρεύμα εντός αυτού.







Πηγή: ABB

2.6 Επιλεγείσα Κατηγορία ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης

Η πλειονότητα των κινητήρων είναι σύγχρονοι, οι οποίοι έχουν βαθμό απόδοσης 96 – 98 % , υψηλότερο κατά 3–4 % από τον βαθμό απόδοσης των κινητήρων επαγωγής. Στους σύγχρονους κινητήρες έρχεται να προστεθεί μία νέα κατηγορία, αυτή των σύγχρονων κινητήρων με μόνιμους μαγνήτες (permanent magnets) των οποίων η υποσχόμενη απόδοση ,σύμφωνα με τις κατασκευάστριες εταιρίες, υπερβαίνει το 98%. Σε αυτές τις σύγχρονες μηχανές, το τύλιγμα διεγέρσεως του δρομέα (το οποίο διαρρέεται από συνεχές ρεύμα) έχει αντικατασταθεί από μόνιμους μαγνήτες. Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, καθώς και στις δύο περιπτώσεις παράγεται ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο σταθερής τιμής που στρέφεται στο χώρο με την ταχύτητα του δρομέα. Το προφανές πλεονέκτημα των μηχανών αυτών είναι ότι δεν έχουν ανάγκη παροχής συνεχούς ρεύματος. Λόγω αυτού αυξάνεται και η συνολική απόδοσή τους, καθώς μεταξύ των άλλων μειώνονται οι συνολικές απώλειες Joule που επιφέρουν τα τυλίγματα. Η ιδέα της χρήσης μονίμων μαγνητών είναι προγενέστερη αλλά η τεχνολογική πρόοδος τα τελευταία χρόνια είναι αυτή η οποία κατέστησε δυνατή την κατασκευή κραμάτων μονίμων μαγνητών από κράματα Σαμαρίου-Κοβαλτίου (SmCo) και Νεοβιδίου-Σιδήρου-Βορείου (NdFeB) τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα διατήρησης σταθερής μαγνήτισης ακόμα και στις αρκετά υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό μίας στρεφόμενης μηχανής. Οι κινητήρες αυτοί με κατάλληλη επιλογή του τυλίγματος του στάτη και των πόλων του δρομέα μπορούν να παράγουν ημιτονοειδές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο , κάτι το οποίο τους καθιστά ιδιαιτέρως ανταγωνιστικούς σε σχέση με μία συμβατική σύγχρονη μηχανή, λόγω του ότι διατηρούν χαμηλά επίπεδα απότομων αιχμών ροπής (torque ripples) και μηχανικών δονήσεων (vibrations). Λόγω των παραπάνω σοβαρών πλεονεκτημάτων των κινητήρων μονίμου μαγνήτη , οδηγηθήκαμε και στην επιλογή αυτής της κατηγορίας κινητήρων για την πρόωση του υπό μελέτη πλοίου.

2.7 Επιλεγείσα Ονομαστική Τάση Λειτουργίας

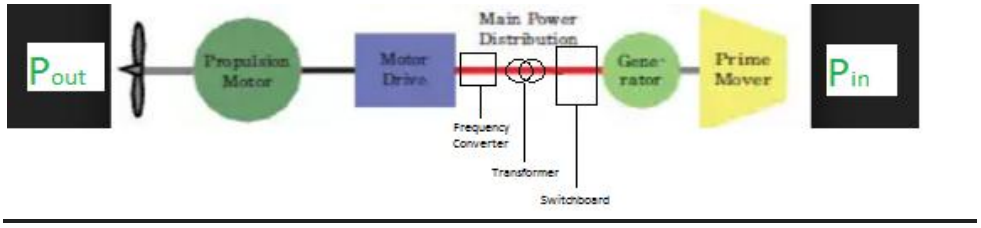
Η ονομαστική τάση λειτουργίας στις εγκαταστάσεις μέσης και μεγάλης ισχύος είναι 3,3 - 6,6 kV ενώ για ισχύ έως 6 MW , στην οποία εμπίπτει και η περίπτωση του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού πλοίου, οι κανονισμοί των νηογνωμόνων επιτρέπουν τη χρήση χαμηλής τάσης έως 1 kV. Στην περίπτωσή μας επιλέξαμε την συνήθως χρησιμοποιούμενη ονομαστική τάση 690V για τη λειτουργία των κινητήρων πρόωσης του πλοίου.

Κεφάλαιο 3

3.1 Καθορισμός της Ζήτησης Ενέργειας για την Ισχύ του Συστήματος Πρόωσης

Αρχικά, θα πρέπει να καθορίσουμε το ποσό της ενέργειας που πρέπει να παράγεται από τις Ηλεκτρογεννήτριες για την κάλυψη της Ισχύος Πρόωσης.

Σε μία τυπική εγκατάσταση ηλεκτροπρόωσης η ισχύς ακολουθεί την πορεία που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα, από δεξιά προς τα αριστερά.



Αρχικά ένας εκκινητής περιστρέφει τον άξονα της Γεννήτριας και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτή εισέρχεται στον Κύριο πίνακα , στη συνέχεια στους μετασχηματιστές τάσης και μετά στους μετασχηματιστές Συχνότητας. Από εκεί συνεχίζει στον Ηλεκτρικό κινητήρα πρόωσης ο οποίος με τη σειρά του μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική για να καταλήξει να περιστρέψει την έλικα έτσι ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη ώση.

Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, το γεγονός ότι υπάρχουν απώλειες ενέργειας, σε όλη τη διάρκεια της διαδρομής της ισχύος, τόσο μηχανικές όσο και ηλεκτρικές. Οι απώλειες αυτές μεταφράζονται σε αύξηση της θερμοκρασίας του εξοπλισμού και τελικώς έκλυση θερμότητας.

Οι τιμές του βαθμού απόδοσης των κυριότερων στοιχείων σε μία τυπική εγκατάσταση ηλεκτρικής πρόωσης η οποία λειτουργεί σε πλήρη ονομαστική ισχύ δίδονται, προσεγγιστικά, εντός ορίων, παρακάτω:

Γεννήτρια: $\eta = 0,95 - 0,97$

Πίνακας διανομής: $\eta = 0,999$

Μετασχηματιστής: $\eta = 0,99 - 0,995$

Μετατροπέας συχνότητας: $\eta = 0,98 - 0,99$

Ηλεκτροκινητήρας: $\eta = 0,95 - 0,97$

Αν υποθέσουμε ότι συμβολίζουμε:

-τις παραπάνω απώλειες με τον όρο P_{losses} ,

-την αρχικά εισερχόμενη ισχύ με P_{in} ,

-και την τελικώς εξερχόμενη ισχύ με P_{out},

τότε ο συνολικός βαθμός απόδοσης του παραπάνω συστήματος θα είναι:

$$\eta = P_{out} / P_{in}$$

ενώ θα ισχύει:

$$P_{out} = P_{in} - P_{losses}$$

Γνωρίζουμε ότι η συνολικός βαθμός απόδοσης ενός τυπικού συστήματος ηλεκτροπρόωσης κυμαίνεται μεταξύ 0,875-0,926 σε πλήρη ισχύ.

Με την πρόβλεψη της αντίστασης στο υπό μελέτη Ωκεανογραφικό πλοίο, υπολογίστηκε απαιτούμενη ισχύς στον άξονα (Shaft Horse Power -) SHP=2097.08 kW για επίτευξη ταχύτητας υπηρεσίας 15 κόμβων.

Υποθέτοντας έναν συνολικό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης ίσο με 0,9 , η απαιτούμενη Ισχύς Εισόδου του συστήματος, και αυτή που τελικά θα χρησιμοποιήσουμε στον Ηλεκτρικό Ισολογισμό που θα ακολουθήσει, υπολογίζεται:

Pin= Pout / η = 2097,08 / 0,9 = 2330,09 kW ,

για επίτευξη ταχύτητας υπηρεσίας 15 κόμβων

3.2 Ισχύς για επίτευξη χαμηλής ταχύτητας των 4 κόμβων.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο υπολογίσαμε ότι η απαιτούμενη ισχύς στον άξονα του κινητήρα (Shaft Horse Power ή SHP) για πλεύση του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Πλοίου με ταχύτητα 4 κόμβων θα είναι :

SHP = EHP / 0.63 = 91.39 kW

Ανάλογα με τα παραπάνω, και υποθέτοντας έναν συνολικό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης πρόωσης ίσο με 0,9 , η απαιτούμενη Ισχύς Εισόδου του συστήματος, και αυτή που τελικά θα χρησιμοποιήσουμε στον Ηλεκτρικό Ισολογισμό που θα ακολουθήσει, υπολογίζεται:

Pin= Pout / η = 26,11 / 0,9 = 101.54 kW

3.3 Καθορισμός και επιλογή Προωστηρίου Συστήματος

Με βάση τους προηγούμενους υπολογισμούς για την απαραίτητη ισχύ του Ωκεανογραφικού πλοίου που μελετάται, και ύστερα από ενδελεχή έρευνα αγοράς και προσεκτική σύγκριση των διαφορών μεταξύ των ανταγωνιστικών εταιριών καταλήξαμε στον εξοπλισμό του πλοίου με 2 Αξιμουθιακούς Προωθητήρες της εταιρίας ABB , της σειράς Azipod CO , και συγκεκριμένα στο μοντέλο Azipod CO 980. Η ενσωματωμένη έλικα στον άξονα του κινητήρα είναι σταθερού βήματος , 4 πτερυγίων, μονομπλόκ, κράματος Νικελίου-Αλουμινίου (Ni-Al) με δυνατότητα επιλογής διαμέτρου μεταξύ 1900-2300mm. Οι λόγοι που μας οδήγησαν στην επιλογή των εν λόγω κινητήρων της ABB είναι οι ακόλουθοι:

1. Οδηγείται από έναν προηγμένο σύγχρονο κινητήρα μόνιμου μαγνήτη (permanent magnet) , μονής περιέλιξης στάτορα, ο οποίος εγγυάται πολύ υψηλά ποσοστά ηλεκτρικής απόδοσης.
   Καθώς οι συμβατικοί προωθητικοί κινητήρες κινούνται με κινητήρα εσωτερικής διέγερσης, ένα μοναδικό και προηγμένο χαρακτηριστικό του Azipod CO είναι ο κινητήρας πρόωσης μόνιμου μαγνήτη. Σε αντίθεση με τους συνήθεις τύπους ηλεκτρικών κινητήρων, ο ρότορας ενός κινητήρα μόνιμου μαγνήτη μαγνητίζεται φυσικά. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται η πρόσθετη κατανάλωση ενέργειας για τον μαγνητισμό του δρομέα. Η ηλεκτρική απόδοση του κινητήρα ενός Azipod CO μόνιμου μαγνήτη είναι περίπου 98 τοις εκατό, ενώ οι τυπικοί επαγωγικοί κινητήρες έχουν απόδοση περίπου 96 τοις εκατό σε ονομαστικό φορτίο. Η διαφορά απόδοσης αυξάνεται περαιτέρω με μερική φόρτωση. Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:
   -Υψηλότερη ροπή και ισχύ εξόδου ανά όγκο
   -Καλύτερη δυναμική συμπεριφορά (υψηλότερη πυκνότητα μαγνητικής ροής στο διάκενο)
   -Μείωση των απωλειών και αυξημένη απόδοση, καθώς δεν υπάρχουν απώλειες διεγέρσεως.
   -Απλοποίηση της κατασκευής και ευκολότερη συντήρηση.
   -Αθόρυβη λειτουργία.
   -Μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής.
   -Μεγαλύτερο εύρος ταχυτήτων.

   Σε σύγκριση λοιπόν, με έναν τυπικό επαγωγικό κινητήρα, ένας κινητήρας με μόνιμο μαγνήτη Azipod CO βελτιώνει την ηλεκτρική απόδοση από 2 έως 5%, ανάλογα με το λειτουργικό προφίλ του σκάφους.
2. Ο κινητήρας, σε συνδυασμό με κατάλληλο Drive, διαθέτει την τεχνολογία Απευθείας Ελέγχου Ροπής (Direct Torque Control).
3. Ο κινητήρας ψύχεται απευθείας, παθητικά, μέσω του φαινομένου της επαγωγής θερμότητας δια του περιβλήματός του, από το θαλασσινό νερό στο οποίο βρίσκεται βυθισμένος. Δεν απαιτείται ξεχωριστό σύστημα ψύξης. Η μονάδα μετάδοσης κίνησης και η μονάδα διεύθυνσης ψύχονται φυσικά στον περιβάλλοντα αέρα. Η θερμότητα διαχειρίζεται από τα υπόλοιπα συστήματα ψύξης του πλοίου. Ο κινητήρας βρίσκεται εντός του POD (σε χαλύβδινο θάλαμο) , το οποίο είναι βυθισμένο στο θαλασσινό νερό , ουσιαστικά εντός ενός θαλάμου που δημιουργεί θετική πίεση αέρα (μέσω συμπιεστών αέρα) προκειμένου να μην εισέρχεται θαλασσινό νερό εντός, και το βασικότερο πλεονέκτημα αυτού καθίσταται το γεγονός ότι ψύχεται απευθείας μέσω

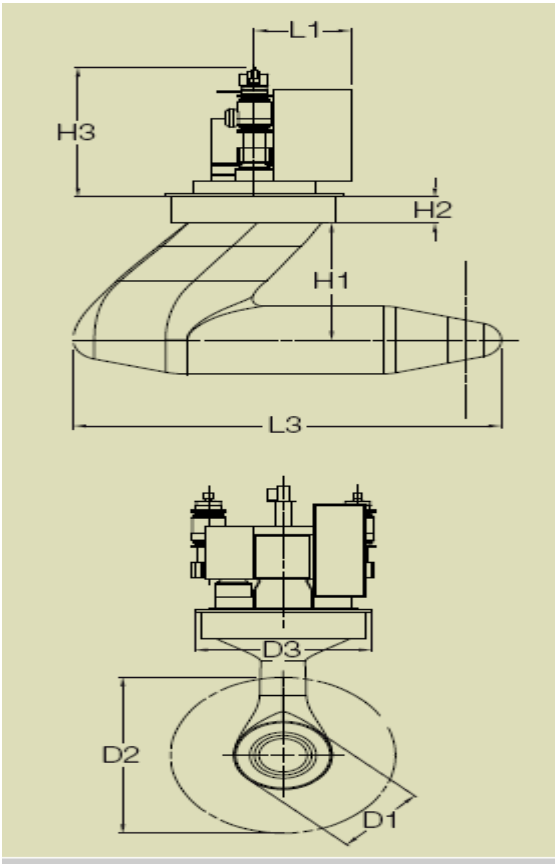
του περιβάλλοντος θαλασσινού νερού. Επιπλέον, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση εξαιτίας της απουσίας άλλων βοηθητικών συστημάτων που υπάρχουν σε έναν συμβατικό κινητήρα, συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος ολίσθησης με κωνικό γρανάζι και πιθανών υδραυλικών συστημάτων διεύθυνσης. Η απουσία τόσο συστημάτων λίπανσης των γραναζιών, όσο και συστημάτων ψύξης του κινητήρα βελτιώνει την ολική απόδοση του κινητήρα, συνήθως κατά 1 έως 2%, ανάλογα με το εκάστοτε προφίλ φόρτωσης.

4. Περιλαμβάνει ενοποιημένο σύστημα διεύθυνσης και πρόωσης το οποίο ξεχωρίζει από άλλες προωθητικές λύσεις λόγω της Υψηλής απόδοσης του ηλεκτρικού κινητήρα πρόωσης. Με την έλικα τοποθετημένη απευθείας στον άξονα του κινητήρα, όλες οι μηχανικές μεταδόσεις εξαλείφονται. Το αποτέλεσμα είναι ένα εξαιρετικά απλοποιημένο σχέδιο με λίγα κινούμενα μέρη και ελάχιστες μηχανικές καταπονήσεις και φθορές. Η ταχύτητα προώθησης και το σύστημα διεύθυνσης ελέγχονται από μετατροπείς συχνότητας και το Azipod CO συνδέεται μόνο με καλωδίωση με το υπόλοιπο σύστημα.
5. Παρουσιάζει μειωμένη υδροδυναμική αντίσταση
6. Η απουσία γραναζωτής μετάδοσης μεταφράζεται σε ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα λιπαντικού ελαίου.
7. Υψηλή απόδοση καυσίμου και χαμηλές εκπομπές ρύπων
8. Χαμηλά επίπεδα θορύβου και λιγότεροι κραδασμοί λόγω των μειωμένων προβλημάτων σπηλαίωσης, λόγω της καλής ροής του νερού στην έλικα.
9. Λόγω του ότι οι κινητήρες πρόωσης βρίσκονται βυθισμένοι στο θαλασσινό νερό , οπότε ο θόρυβος και οι κραδασμοί ουσιαστικά εξαλείφονται.
10. Η μονάδα Azipod CO είναι σχεδιασμένη με έλικα έλξης (Pulling Propeller) για μέγιστη υδροδυναμική απόδοση. Η έλικα έλξης λειτουργεί σε βελτιστοποιημένο περιβάλλον μειωμένων υδροδυναμικών δινών με αποτέλεσμα η ροή του νερού να είναι περισσότερο ομοιογενής , κάτι το οποίο αυξάνει σημαντικά τις απώλειες ώσης.
11. Απλοποίηση της κατασκευής του πλοίου. Το Azipod CO παραδίδεται σε δύο πλήρεις μονάδες έτοιμες για συναρμολόγηση: Τη μονάδα διαχείρισης, η οποία τοποθετείται στο εσωτερικό του πλοίου, και το στοιχείο προώθησης, το οποίο τοποθετείται στο πρυμναίο κάτω κύτος. Η υπόλοιπη εργασία περιλαμβάνει μόνο την ηλεκτρική σύνδεση.

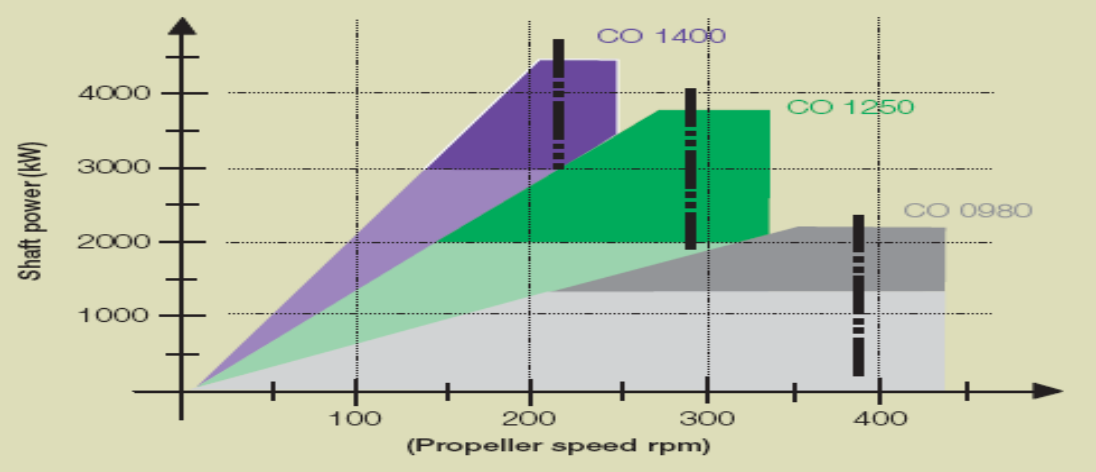
Παρατίθενται, ακολούθως, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και ορισμένες λεπτομέρειες σχεδίασης του Azipod CO980, επιλεκτικά και σύμφωνα πάντα με την κατασκευάστρια εταιρία ABB.

Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Azipod CO980 (Πηγή: ABB)

Azipod® CO - main specifications	
Model size	**CO980**
Propeller type	Pulling
Power [kW]	1300 - 2300
Rotation speed [RPM]	240 - 365
Motor current [A]	1400 - 2100
Weight [kg]	27000
Max ship speed [knots]	18
H1 [m]	1.95
H2 [m]	0.5
H3 [m]	1.98
L1 [m]	1.3
L3 [m]	4.8
D1 [m]	1.04
D2 [m]	1.9 - 2.6
D3 [m]	2.3
Steering radius [m]	2.7
Displacement [m³]	4

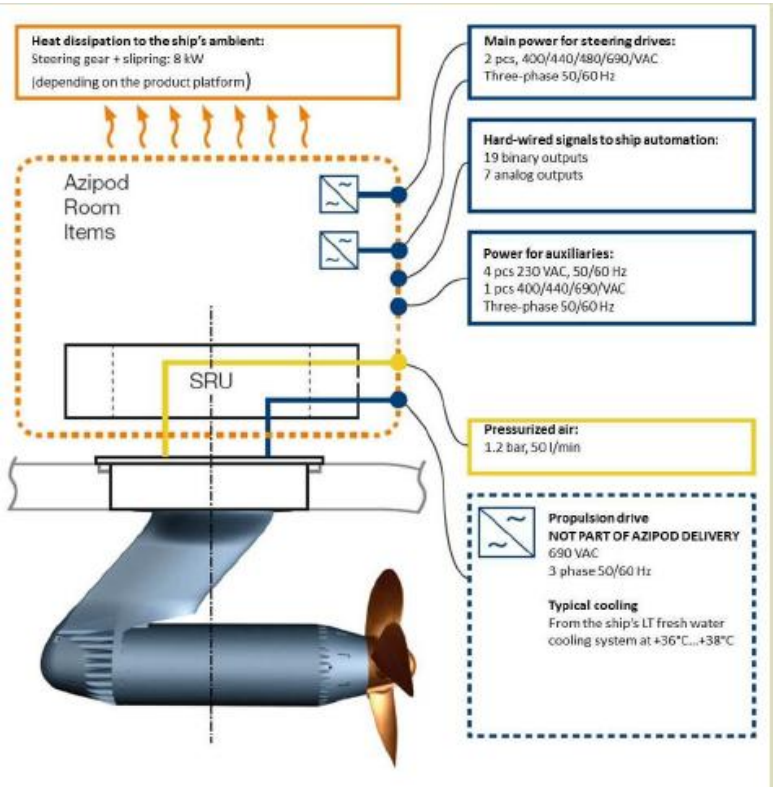


Διάγραμμα απεικόνισης Ισχύος στον Άξονα εν συναρτήσει με τις στροφές στην Έλικα όλης της σειράς Azipod CO. (Πηγή: ABB)

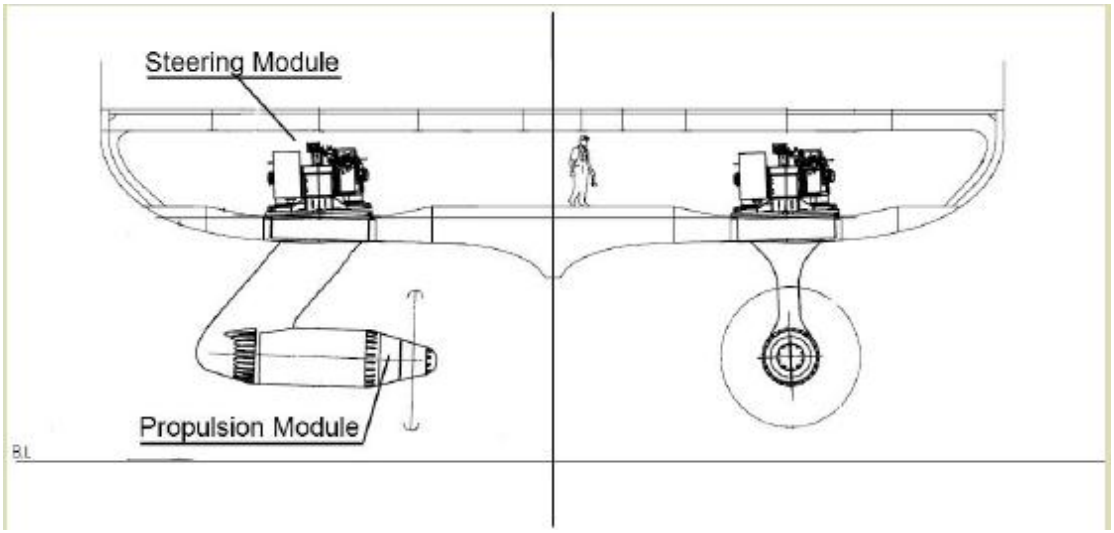


Βασικά στοιχεία λειτουργίας επιμέρους συστημάτων του Azipod CO και της Διεπαφής τους με τα συστήματα του πλοίου

(Πηγή: ABB)



Σκαρίφημα ενός εγκατεστημένου Azipod CO αναφορικά με την Base Line υπό διαφορετικές γωνίες στρέψης κατά 90 μοίρες.
(Πηγή: ABB)



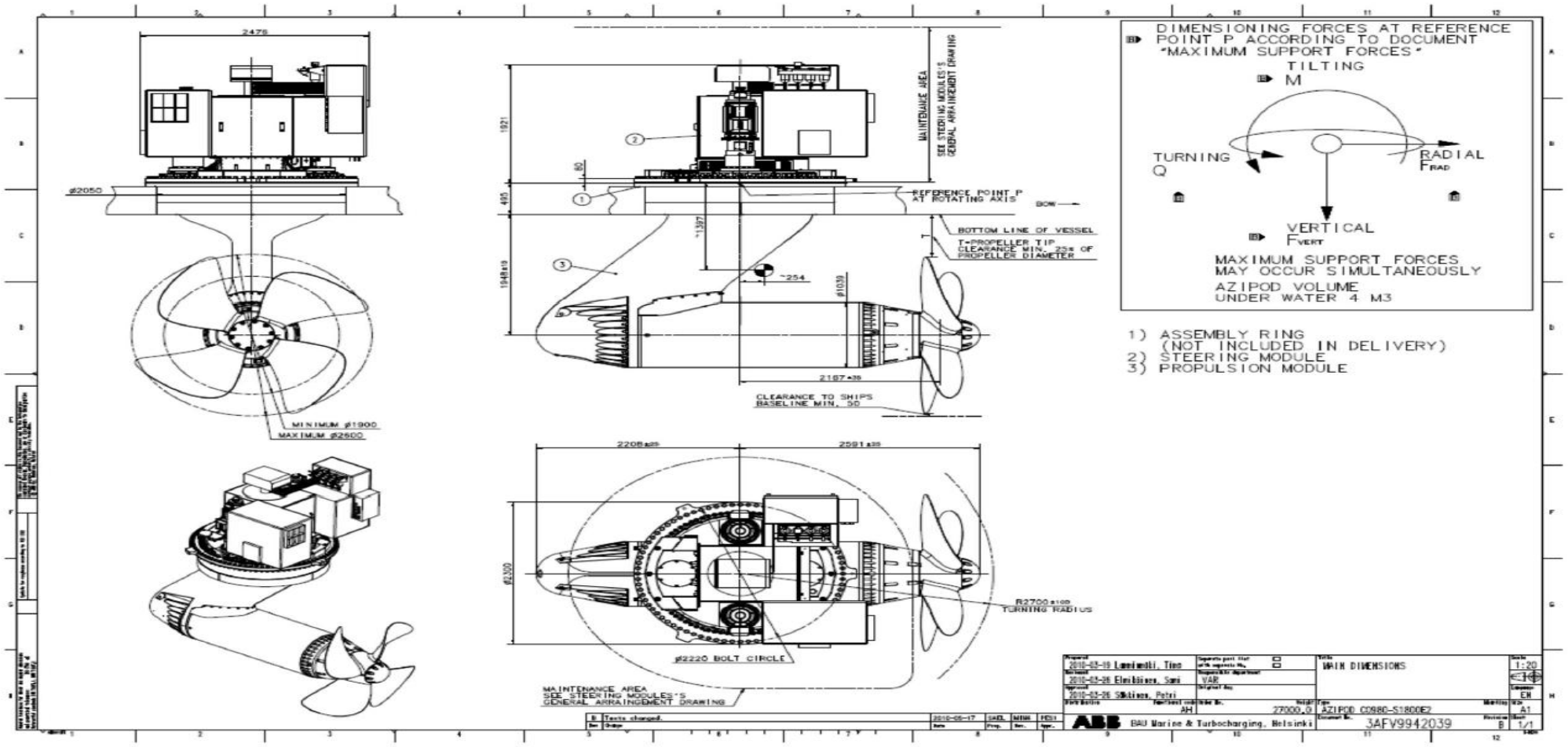
Ακολουθεί η εκτίμηση των βαρών του προωστήριου συστήματος:

Weight data of main units and modules	
Propulsion Module (excl. propeller)	Approx. 16 000 kg (S), 17 000kg (L)
Propeller	min.1300 kg – max.1900 kg
Steering Module	8000 kg
Steering Frequency Converter Cabinet	500 kg
Transportation cradle for propulsor module	approx. 1 600 kg
Transportation cradle for steering module	approx. 1 100 kg
Displacement, underwater parts	4 m3

Και κάποια επιπλέον τεχνικά στοιχεία λειτουργίας του Azipod CO980

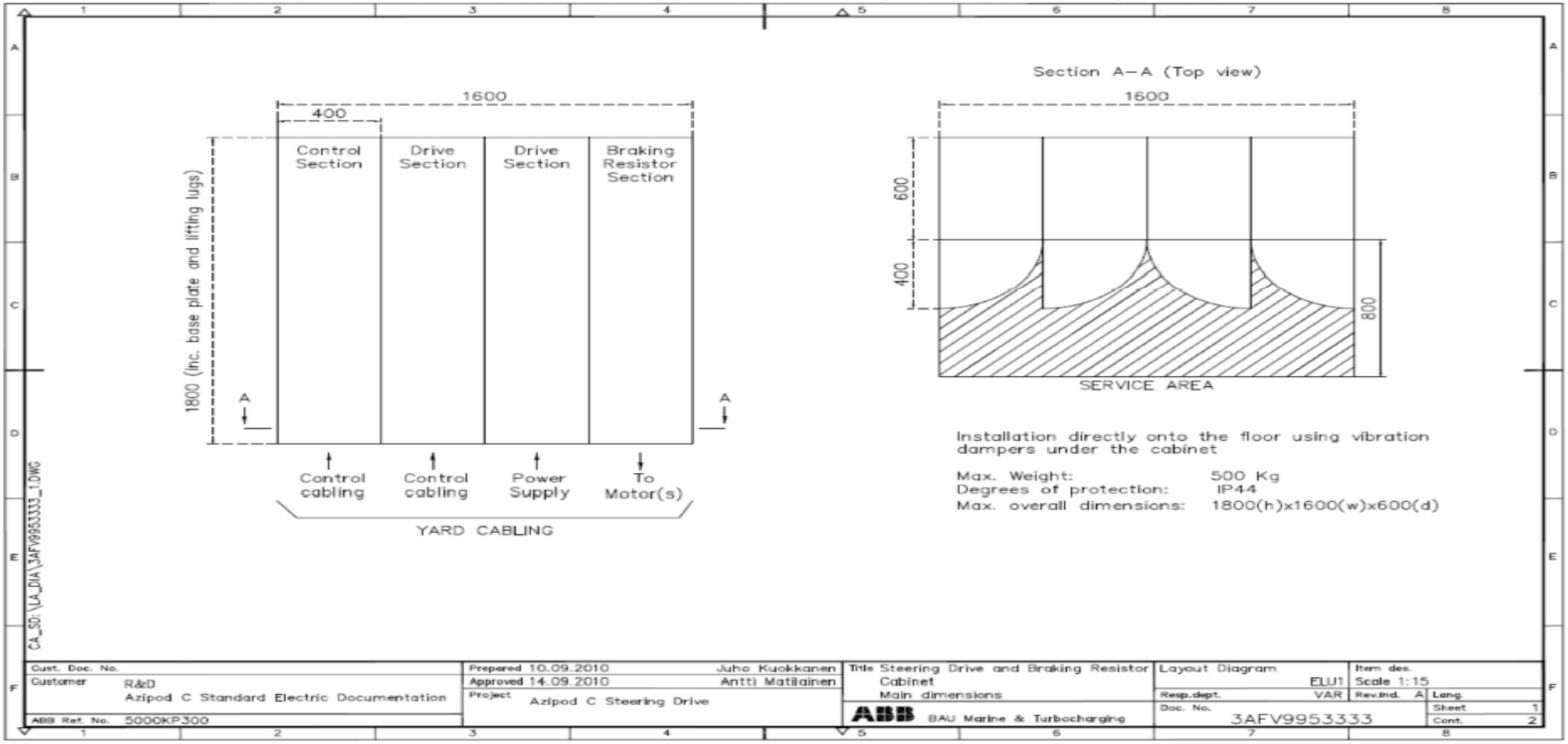
Additional information	
Main motor supply voltage	660 V
Insulation class	F
Temperature rise class stator/ rotor	F / B
Propeller	
Propeller diameter	1.9 – 2.6 m
Propeller design	4 blades
Propeller blade type	Monoblock propeller, fixed pitch
Propeller material	Ni-Al Bronze
Manufacturing	ISO 484 class 1
Balancing	ISO 484 class 1
Surface finishing	ISO 484 class 1

Bearing lubrication systems	
Thrust bearing lubrication oil volume	35 litres
Azipod pressurization system	
Required air flow	50l/min at 1.2 bar above astmospheric (allowed min-max pressure 1.2-11 bar)
Saturated vapour in air	Max. 6.9 g/m3
Inlet air temperature	+2 °C - +45°C
Permissible particle size in air	5 µm
Permissible oil content in air	5 mg/m3
Stand by air compressor, nominal power	1.5 kW (approx.)
Steering Module, general	
Steering Module type	S1800E2
Supply voltage alternatives	400 VAC, 50 Hz / 440 VAC, 60Hz / 480 VAC, 60Hz / 690 VAC, 60 Hz
Supply aux. voltage	230 VAC, 50 Hz or 60 Hz
IP class	44
Steering system	
Number of steering motors	2 per one Azipod unit
Steering motor power	
• Continuous power at cruise (autopilot)	2 kW
• Continuous power at rough sea	12 kW
• Survival load (temporary peak power)	38 kW
Max. steering rate in transit (cruise mode ±35°)	6 deg. / sec
Max. steering rate in maneuvering mode	12 deg. / sec
Maximum turning acceleration	6 deg. / sec2



Κύριες κατασκευαστικές διαστάσεις του Azipod CO980 (ABB)

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. Copr. ABB Automation



Κυριότερες διαστάσεις της μονάδας οδήγησης (Steering Drive) και του κυτίου αντιστάσεων πέδησης (Braking Resistor Cabinet) του Azipod CO (ABB)

3.4 Επιλογή Ρυθμιστών Στροφών Κινητήρων Πρόωσης (Propulsion Drives)

Κάθε ένα εκ των δύο Azipod CO980 θα οδηγηθεί από ένα Drive της κατασκευάστριας ABB , της σειράς ACS 800.

Πιο συγκεκριμένα, θεωρήσαμε ότι για το βέλτιστο ταίριασμα Azipod-Drive η λύση της ABB για την επιλογή του ρυθμιστή στροφών είναι μονόδρομος. Επομένως, επιλέχθηκαν, ύστερα από ενδελεχή διερεύνηση,

2 Propulsion Drives ACS 800-37-2320-7

Τα οποία ενσωματώνουν κατάλληλα φίλτρα ημιτόνου για τον περιορισμό των αρμονικών παραμορφώσεων (THD) .

Τα συγκεκριμένα Drives είναι αερόψυκτα, επομένως δεν θα χρειαστούν περαιτέρω αντλίες ψύξης, και ενσωματώνουν τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά:

-Αποτελούνται Από ξεχωριστά δομοστοιχεία ανορθωτή και μετατροπέα, τα οποία έχουν βύσματα σύνδεσης plug-in για εύκολη συντήρηση και παράλληλη σύνδεση επιπλέων μονάδων. Αν ένα στοιχείο καταστεί μη λειτουργικό, η μονάδα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί με μειωμένη ισχύ με αποσύνδεση της ελαττωματικής μονάδας.

-Εύρος ισχύος από 55 έως 2700 kW

-Άμεσος Έλεγχος Ροπής (DTC) ως στάνταρ χαρακτηριστικό

-Ο ανορθωτής παρέχει καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά στον περιορισμό των αρμονικών από έναν αντίστοιχο λειτουργίας 12 παλμών (12-pulse) και 18 παλμών (18- pulse)

-Υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα πρωτοκόλλων fieldbus

-Ευέλικτες επιλογές I / O και κωδικοποιητή

-Φίλτρο EMC,

-Ασφαλή διακοπή ροπής (Safe Torque Off -STO) και προστασία κινητήρα εγκεκριμένη από την ATEX

- Συμπαγής σχεδιασμός

- Βαθμός προστασίας IP21

- Ενσωματωμένο αρμονικό φίλτρο

- Ενσωματωμένα φίλτρα du / dt τα οποία καταστέλλουν τις αιχμές και τις ταχείες μεταβολές στην τάση εξόδου του μετατροπέα (inverter) που προκαλούν καταπόνηση στα στοιχεία της μόνωσης του κινητήρα. Επιπλέον, μειώνουν τα χωρητικά ρεύματα διαρροής και τις υψηλές εκπομπές συχνοτήτων των καλωδίων του κινητήρα, συμβάλλοντας στην μακροζωία του.

Ως απώλειες υψηλής συχνότητας και ρεύματα ρεύματος στον κινητήρα.

- Φίλτρα κοινής λειτουργίας για προστασία κινητήρα

- Κύριος διακόπτης με ασφάλειες (σε μεγέθη πλαισίου R5-R8)

- Κύριος διακόπτης (σε μεγέθη πλαισίων n × R8i ,όπως το συγκεκριμένο)

- Εκτεταμένες, προγραμματιζόμενες εισόδους / εξόδους

- Είσοδοι γαλβανικά απομονωμένες

- Ανεμιστήρας ψύξης και πυκνωτές μεγάλης διάρκειας ζωής

- Εσωτερικές υποδοχές I / O και επέκταση fieldbus

- Αλφαριθμητικός πολύγλωσσος πίνακας ελέγχου με εκκίνηση

- φίλτρο EMC για 2ο περιβάλλον, απεριόριστης διανομής, σύμφωνα με το πρότυπο EN 61800-3

Η Μορφή και η διάταξη των Drives θα είναι σχεδόν όμοια με αυτή της παρακάτω εικόνας.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά, με τις ανώτερες τιμές ρεύματος λειτουργίας, δυνατότητας διαχείρισης ισχύος, επιπέδων θορύβου, έκλυσης θερμότητας, απαιτούμενης ροής αέρα, καθώς επίσης και οι φυσικές διαστάσεις, και τα βάρη του κάθε Drive, είναι αυτά τα οποία έχουν επισημανθεί με πράσινο χρώμα στους πίνακες της ABB που ακολουθούν.

ACS800 – 37 – XXXX – 7 + XXXX

Nominal ratings		No-overload use	Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
$I_{cont.max}$ A	I_{max} A	$P_{cont.max}$ kW	I_N A	P_N kW	I_{hd} A	P_{hd} kW	dB(A)	kW	m³/h		
U_N = 690 V (Range 525 to 690 V). The power ratings are valid at nominal voltage 690 V.											
57 [1]	86	55	54	45	43	37	73	1.8	500	ACS800-37-0060-7	R6
79	120	75	75	55	60	55	73	2.4	500	ACS800-37-0070-7	R6
93 [2]	142	90	88	75	71	55	73	2.8	500	ACS800-37-0100-7	R6
139	202	132	133	110	104	90	74	7	1300	ACS800-37-0170-7	R7i
162	235	160	156	132	121	110	74	8	1300	ACS800-37-0210-7	R7i
201	301	200	193	160	150	132	75	11	3160	ACS800-37-0260-7	R8i
279	417	250	268	250	209	200	75	12	3160	ACS800-37-0320-7	R8i
335	502	315	322	250	251	200	75	16	3160	ACS800-37-0400-7	R8i
382	571	355	367	355	286	270	75	17	3160	ACS800-37-0440-7	R8i
447	668	450	429	400	334	315	75	18	3160	ACS800-37-0540-7	R8i
659	985	630	632	630	493	450	77	33	6400	ACS800-37-0790-7	2×R8i
729	1091	710	700	710	545	500	77	32	6400	ACS800-37-0870-7	2×R8i
953	1425	900	914	900	713	710	77	39	6400	ACS800-37-1160-7	2×R8i
1112	1663	1120	1067	1120	831	800	78	48	10240	ACS800-37-1330-7	3×R8i
1256	1879	1250	1206	1200	940	900	78	51	10240	ACS800-37-1510-7	3×R8i
1856	2791	1800	1791	1750	1396	1400	79	77	12800	ACS800-37-2320-7	4×R8i
2321	3472	2300	2228	2300	1736	1600	79	94	17920	ACS800-37-2780-7	5×R8i
2665	3987	2700	2559	2600	1999	2000	79	114	19200	ACS800-37-3310-7	6×R8i

Notes:
[1] 62 A is allowed at 575 V.
[2] 99 A is allowed at 575 V.

Enclosure

Degree of protection:
IP21 (Standard)
IP22, IP42, IP54, IP54R (Optional)
Paint color: Light beige RAL 7035 semi-gloss

Dimensions

Frame size	Height IP21/22/42 mm	Height IP54 mm	Width mm	Depth [E] mm	Depth top exit [E] mm	Weight kg
R6	2130	2315	430	646	646	250
R7i	2130	2315	630 [A]	646	646	400
R8i	2130	2315	1230 [B]	646	646	950
2×R8i	2130	2315	2430 [C]	646	776 [F]	2000
3×R8i	2130	2315	3230	646	776 [F]	3060
4×R8i	2130	2315	3830 [B]	646	776 [B]	3600
5×R8i	2130	2315	5130 [D]	646	776 [F]	4780
6×R8i	2130	2315	5330 [D]	646	776 [F]	4930

[A] 930 mm if equipped with 1st environment (C2) or with du/dt filter.
[B] 1530 mm if equipped with 1st environment filter.
[C] 2730 mm if equipped with 1st environment filter (only types 0640-3/0770-3/0780-5/0870-5).
[D] Add 300 mm if top entry.
[E] The depth without the handle.
[F] The depth is 646 mm if common motor terminal is used.

Nominal ratings	
$I_{cont.max}$	Rated current available continuously without overloadability at 40 °C.
I_{max}	Maximum output current. Available for 10 s at start, otherwise as long as allowed by drive temperature. Note: max. motor shaft power is 150% P_{hd}.
Typical ratings: No-overload use	
$P_{cont.max}$	Typical motor power in no-overload use.
Light-overload use	
I_N	Continuous current allowing 110% I_N for 1 min / 5 min at 40 °C.
P_N	Typical motor power in light-overload use.
Heavy-duty use	
I_{hd}	Continuous current allowing 150% I_{hd} for 1 min / 5 min at 40 °C.
P_{hd}	Typical motor power in heavy-duty use.

The current ratings are the same regardless of the supply voltage within one voltage range.

The ratings apply at 40 °C ambient temperature. At higher temperatures (up to 50 °C) the derating is 1% / 1 °C.

For sine filter selections and ratings, contact ABB.

3.5 Καθορισμός της απαιτούμενος Ισχύος του Πρωραίου Συστήματος Ώσης (Bow Thruster) ,επιλογή του, και επιλογή κατάλληλου ρυθμιστή στροφών για την οδήγησή του.

Για την απαιτούμενη Ισχύ του Bow Thruster βασιστήκαμε στον τύπο :

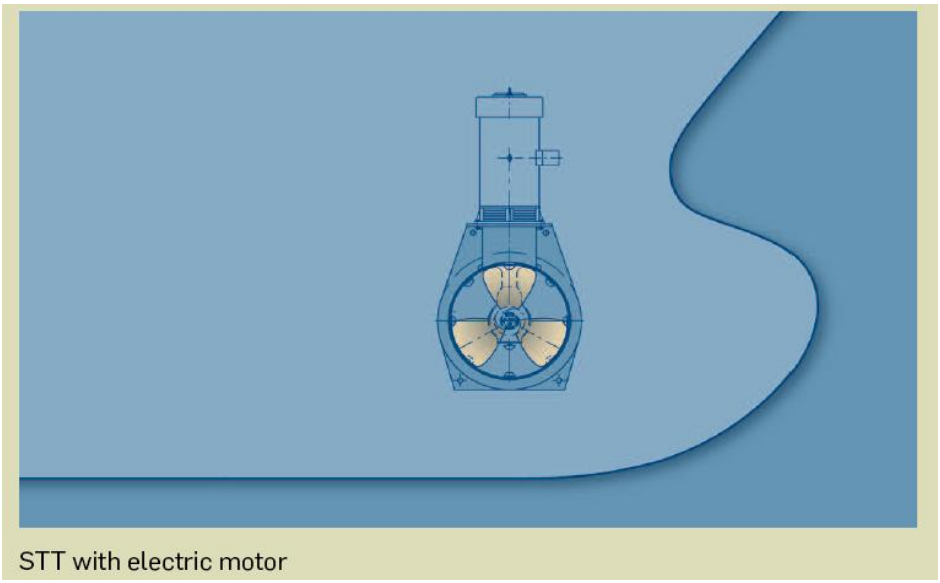
$\mathbf{P_{BTH} = max\ \{350, L_{BP}/0.2\} = max\ \{350, 75/0.2\} = max\ \{350, 375\} = 375\ kW}$
(πηγή: Σκούπας Σ. 2011)

Επιλέξαμε, βέβαια, να λάβουμε υπόψιν ως απαιτούμενη Ισχύ για το Bow Thruster την τιμή των 500 kW , προκειμένου να έχει το Ωκεανογραφικό καλύτερες ικανότητες και γρηγορότερη απόκριση κατά τη διαδικασία των χειρισμών του.

Το περιθώριο αυτό, στην τιμή της ισχύος του Πρωραίου Συστήματος Ώσης, μεταφράζεται επίσης σε μειωμένη επίδραση του ανέμου κατά τη διάρκεια του μανουβραρίσματος του σκάφος, γεγονός πολύ σημαντικό για τα Πλοία Ειδικών Σκοπών όπως αυτό της περίπτωσης που μελετάμε.

Πιο συγκεκριμένα, για το πρωραίο σύστημα ώσης, επιλέξαμε το STT 1 της εταιρίας Schottel, σε συνδυασμό με ηλεκτρικό κινητήρα της ίδιας εταιρίας. Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης σειράς Bow Thruster συνοψίζονται στα εξής:

1. Ικανότητα λειτουργίας σε συνθήκες ακραίου φορτίου, π.χ. σε ανοικτή θάλασσα
2. Δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας
3. Χαμηλά επίπεδα θορύβου
4. Διατίθεται είτε με έλικες σταθερού, είτε ελεγχόμενου βήματος
5. Συμπαγής σχεδιασμός λόγω οριζόντιας, κάθετης ή κεκλιμένης διάταξης της φλάντζας εισόδου ισχύος
6. Συνδυάζεται με πετρελαιοκίνητο, υδραυλικό ή ηλεκτρικό κινητήρα. Στην περίπτωσή μας θα επιλεχθεί ηλεκτρικός κινητήρας.



STT with electric motor

7. Σημαντική παράμετρος για την αποτελεσματικότητα ενός Bow Thruster είναι το μέγεθος του κενού μεταξύ της σήραγγας και της έλικας, το οποίο η SCHOTTEL υποστηρίζει ότι έχει μειώσει στο ελάχιστο.

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου συστήματος ώσης και οι διαστάσεις του, βάσει της κατασκευάστριας εταιρίας, έχουν επισημανθεί, με κίτρινο χρώμα, στην ακόλουθη εικόνα:

STT TRANSVERSE THRUSTER

Technical Data

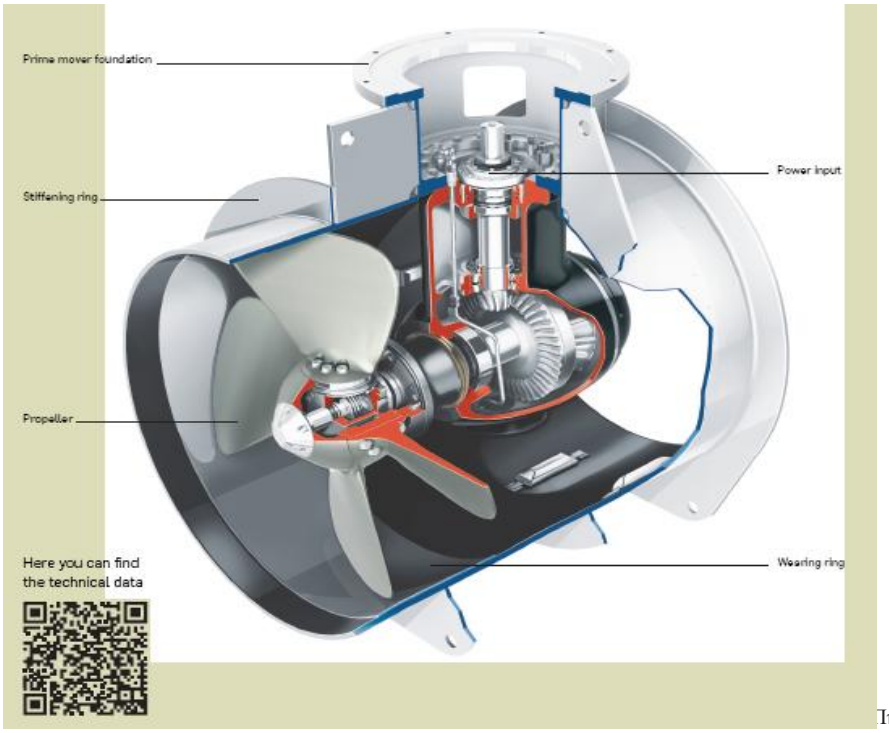
Type	Input power [kW] C	Input power [kW] E	Input speed* [min⁻¹]	Propeller ø [m]	Tunnel length [m]	Approx. Weight** [t]
FP Type						
STT 60 T	95	120	1200/ 1500	0.54	1.00	0.49
STT 60	110	125	1200/ 1500	0.62	1.00	0.56
STT 110	185	200	1200/ 1500	0.79	1.00	0.89
STT 170 T	315	315	1200/ 1500/ 1800	0.99	1.50	1.68
STT 170	320	420	1200/ 1500/ 1800	1.09	1.50	1.73
STT 1	480	550	1200/ 1500/ 1800	1.24	1.50	3.00
STT 2	760	825	1200/ 1500/ 1800	1.54	1.50	4.50
STT 3	920	1100	1200/ 1500/ 1800	1.74	2.10	6.40
STT 4	1200	1500	1000/ 1200/ 1500	1.99	2.00	9.40
STT 5	1600	1900	1000/ 1200	2.24	2.35	10.50
STT 6	2000	2400	900/ 1000	2.59	2.75	17.00
STT 7	2600	2900	900/ 1000	2.79	2.80	21.00
STT 8	3000	3400	750	3.19	3.10	32.00
STT 710	3700			3.60		
STT 750	4500			3.90		
STT 800	5500			4.10		
CP Type						
STT 1	450	550	1200/ 1500/ 1800	1.29	1.70	3.50
STT 2	650	825	1200/ 1500/ 1800	1.54	2.00	4.60
STT 3	900	1100	1200/ 1500/ 1800	1.74	2.10	6.50
STT 4	1200	1500	1000/ 1200/ 1500	1.99	2.30	9.50
STT 5	1500	1900	1000/ 1200	2.24	2.80	12.10
STT 6	2000	2500	900/ 1000	2.59	3.25	18.60
STT 7	2500	2800	900/ 1000	2.79	3.40	22.50

Depending on
* prime mover type and slip.
** final scope of supply and design.

Rating

Rating	Rating description	Typical vessel application
A	continous unrestricted operations	freighters, tankers, seismic vessels, cable layer, ocean going vessels
B	alternating unrestricted operations	ferries, dredgers, diesel driven offshore vessels, pleasure yachts, river or lake going vessels
C	offshore duty	electrical driven offshore vessels and supply boats, AHTS, escort tugs, work boats, light passenger vessels, barges
D	tug duty	harbour tugs, light harbour crafts, light river or light lake going vessels
E	auxilary restricted operations	auxiliary crafts, non classified vessels and work boats

SCHOTTEL Transverse Thruster STT



Πηγή: schottel.de

Κατά παρόμοιο συλλογισμό με την επιλογή ρυθμιστών στροφών των κινητήρων πρόωσης, καταλήξαμε και στην επιλογή του κατάλληλου για την οδήγηση του πρωραίου συστήματος ώσης,

Τη ρύθμιση λοιπόν των στροφών του Bow Thruster θα αναλάβει το, επίσης Low harmonics, Drive της ABB :

ACS800-37-0790-7 2x R8i

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου έχουν επισημανθεί στην εικόνα που ακολουθεί.

Nominal ratings		No-overload use	Light-overload use		Heavy-duty use		Noise level	Heat dissipation	Air flow	Type designation	Frame size
$I_{cont.max}$ A	I_{max} A	$P_{cont.max}$ kW	I_N A	P_N kW	I_{hd} A	P_{hd} kW	dB(A)	kW	m³/h		
U_N = 690 V (Range 525 to 690 V). The power ratings are valid at nominal voltage 690 V.											
57 [1]	86	55	54	45	43	37	73	1.8	500	ACS800-37-0060-7	R6
79	120	75	75	55	60	55	73	2.4	500	ACS800-37-0070-7	R6
93 [2]	142	90	88	75	71	55	73	2.8	500	ACS800-37-0100-7	R6
139	202	132	133	110	104	90	74	7	1300	ACS800-37-0170-7	R7i
162	235	160	156	132	121	110	74	8	1300	ACS800-37-0210-7	R7i
201	301	200	193	160	150	132	75	11	3160	ACS800-37-0260-7	R8i
279	417	250	268	250	209	200	75	12	3160	ACS800-37-0320-7	R8i
335	502	315	322	250	251	200	75	16	3160	ACS800-37-0400-7	R8i
382	571	355	367	355	286	270	75	17	3160	ACS800-37-0440-7	R8i
447	668	450	429	400	334	315	75	18	3160	ACS800-37-0540-7	R8i
659	985	630	632	630	493	450	77	33	6400	ACS800-37-0790-7	2×R8i
729	1091	710	700	710	545	500	77	32	6400	ACS800-37-0870-7	2×R8i
953	1425	900	914	900	713	710	77	39	6400	ACS800-37-1160-7	2×R8i
1112	1663	1120	1067	1120	831	800	78	48	10240	ACS800-37-1330-7	3×R8i
1256	1879	1250	1206	1200	940	900	78	51	10240	ACS800-37-1510-7	3×R8i
1856	2791	1800	1791	1750	1396	1400	79	77	12800	ACS800-37-2320-7	4×R8i
2321	3472	2300	2228	2300	1736	1600	79	94	17920	ACS800-37-2780-7	5×R8i
2665	3987	2700	2559	2600	1999	2000	79	114	19200	ACS800-37-3310-7	6×R8i

Notes:
[1] 62 A is allowed at 575 V.
[2] 99 A is allowed at 575 V.

Enclosure

Degree of protection:
IP21 (Standard)
IP22, IP42, IP54, IP54R (Optional)
Paint color: Light beige RAL 7035 semi-gloss

Dimensions

Frame size	Height IP21/22/42 mm	Height IP54 mm	Width mm	Depth [E] mm	Depth top exit [E] mm	Weight kg
R6	2130	2315	430	646	646	250
R7i	2130	2315	630 [A]	646	646	400
R8i	2130	2315	1230 [B]	646	646	950
2×R8i	2130	2315	2430 [C]	646	776 [F]	2000
3×R8i	2130	2315	3230	646	776 [F]	3060
4×R8i	2130	2315	3830 [D]	646	776 [F]	3600
5×R8i	2130	2315	5130 [D]	646	776 [F]	4780
6×R8i	2130	2315	5330 [D]	646	776 [F]	4930

[A] 930 mm if equipped with 1st environment (C2) or with du/dt filter.
[B] 1530 mm if equipped with 1st environment filter.
[C] 2730 mm if equipped with 1st environment filter (only types 0640-3/0770-3/0780-5/0870-5).
[D] Add 300 mm if top entry.
[E] The depth without the handle.
[F] The depth is 646 mm if common motor terminal is used.

Nominal ratings	
$I_{cont.max}$	Rated current available continuously without overloadability at 40 °C.
I_{max}	Maximum output current. Available for 10 s at start, otherwise as long as allowed by drive temperature. Note: max. motor shaft power is 150% P_{hd}.
Typical ratings: No-overload use	
$P_{cont.max}$	Typical motor power in no-overload use.
Light-overload use	
I_N	Continuous current allowing 110% I_N for 1 min / 5 min at 40 °C.
P_N	Typical motor power in light-overload use.
Heavy-duty use	
I_{hd}	Continuous current allowing 150% I_{hd} for 1 min / 5 min at 40 °C.
P_{hd}	Typical motor power in heavy-duty use.

The current ratings are the same regardless of the supply voltage within one voltage range.

The ratings apply at 40 °C ambient temperature. At higher temperatures (up to 50 °C) the derating is 1% / 1 °C.

For sine filter selections and ratings, contact ABB.

3.6 Καθορισμός Ισχύος Φωτισμού

Ύστερα από εμβαδομέτρηση, επί του σχεδίου Γενικής Διάταξης, των χώρων του πλοίου στα οποία απαιτείται να υπάρχει φωτισμός, προέκυψαν τα εξής:

Navigation Deck : 150 m^2

A Deck: 407 m^2

Upper Deck: 870 m^2

Main Deck: 1134 m^2

Lower Deck: 1008 m^2

Floor: 560 m^2

Συνεπώς, η , κατά προσέγγιση, επιφάνεια στην οποία απαιτείται φωτισμός είναι συνολικά: 4129 m^2

Εξ αυτών, οι χώροι ενδιαίτησης μετρημένοι σε m^2 έχουν καθοριστεί και είναι οι παρακάτω:

Περιοχή	Επιφάνεια Περιοχής (m^2)
Καμπίνες Επιβατών Δίκλινες	423.77
Καμπίνες Αξιωματικών	265.20
Καμπίνες Κατώτερου Πληρώματος	154.41
Κοινόχρηστοι Χώροι Υγιεινής Εσωτερικοί	22.21
Χώροι Αναμονής (Σαλόνια)	173.65
Self Service	11.73

Με συνολική επιφάνεια: A_{ACC} = 1050.97 m^2

Επιπλέον, ο χώρος που προορίζεται για τα εργαστήρια έχει καθοριστεί σε

A_{LAB} = 179.51 m^2

Στη συνέχεια, θα υπολογίσουμε την απαιτούμενη φωτεινότητα για τους άνωθεν χώρους του πλοίου, με γνώμονα, κατά προσέγγιση, τους πίνακες ακολουθούν:

Activity	Illumination (lux, lumen/m²)
Public areas with dark surroundings	20 - 50
Simple orientation for short visits	50 - 100
Working areas where visual tasks are only occasionally performed	100 - 150
Warehouses, Homes, Theaters, Archives	150
Easy Office Work, Classes	250
Normal Office Work, PC Work, Study Library, Groceries, Show Rooms, Laboratories	500
Supermarkets, Mechanical Workshops, Office Landscapes	750
Normal Drawing Work, Detailed Mechanical Workshops, Operation Theatres	1,000
Detailed Drawing Work, Very Detailed Mechanical Works	1500 - 2000
Performance of visual tasks of low contrast and very small size for prolonged periods of time	2000 - 5000
Performance of very prolonged and exacting visual tasks	5000 - 10000
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	10000 - 20000

Office Space	
Normal work station space, open or closed offices[1]	500
ADP Areas	500
Conference Rooms	300
Training Rooms	500
Internal Corridors	200
Auditoria	150-200
Public Areas	
Entrance Lobbies, Atria	200
Elevator Lobbies, Public Corridors	200
Ped. Tunnels and Bridges	200
Stairwells	200
Support Spaces	
Toilets	200
Staff Locker Rooms	200
Storage Rooms, Janitors' Closets	200
Electrical Rooms, Generator Rooms	200
Mechanical Rooms	200
Communications Rooms	200
Maintenance Shops	200
Loading Docks	200
Trash Rooms	200
Specialty Areas	
Dining Areas	150-200
Kitchens	500
Outleased Space	500
Physical Fitness Space	500
Child Care Centers	500
Structured Parking, General Space	50
Structured Parking, Intersections	100
Structured Parking, Entrances	500

Πηγή : engineeringtoolbox.com

Υποθέτοντας ότι η μέση απόδοση του συνόλου των λαμπτήρων φωτισμού κυμαίνεται περί τα 60 lm / Watt , (θα χρησιμοποιηθούν, άλλωστε, λαμπτήρες διαφόρων τεχνολογιών σε κάθε χώρο όπως : φθορισμού, LED, CFL, Αλογόνου, ακόμα και πυρακτώσεως, σε ελάχιστες περιπτώσεις), σε συνδυασμό με τα παραπάνω δεδομένα, θα προβούμε σε εκτίμηση των παρακάτω:

-Χώροι Εργαστηρίων : (179,51 m^2 x 2250 lm/m^2) / 60 lm/W = 6732 W Ισχύς Φωτισμού

(Εδώ θεωρήσαμε απαιτούμενη φωτεινότητα τον μέσο όρο (1500+2000)/2 lm/m^2)

-Χώροι Ενδιαίτησης : (1050.97 m^2 x 375 lm/m^2) / 60 lm/W = 6569 W Ισχύς Φωτισμού

(Εδώ θεωρήσαμε απαιτούμενη φωτεινότητα τον μέσο όρο (500+250)/2 lm/m^2)

Υπόλοιποι Χώροι : (2898 m^2 x 322.5lm/m^2) / 60lm/W=15577 W Ισχύς Φωτισμού

Συνεπώς, η απαιτούμενη Ισχύς Φωτισμού για τους χώρους του πλοίου κυμαίνεται στα

28878 W ή περίπου 29 kW.

Την ισχύ αυτή των 29 kW θα την προσαυξήσουμε κατά 20 % :

1,2 x 29=34,8 kW

Επομένως, στον ηλεκτρικό ισολογισμό θα λογίσουμε το ποσό ισχύος των 35 kW για τον φωτισμό του πλοίου.

3.7 Καθορισμός και επιλογή Μονάδας Βιολογικού Καθαρισμού

Προκειμένου να επιλέξουμε τη μονάδα βιολογικού καθορισμού (Sewage Unit) του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού πλοίου , με σκοπό τον καθορισμό της ισχύος του θα πρέπει πρωτίστως να υπολογίσουμε τον όγκο του νερού που θα καλείται να διαχειριστεί.

Πόσιμο Νερό:

Ορίζεται σε 10 kg / Άνθρωπο την ημέρα.

Συνεπώς: W_{FW-DR}=10kg x 55 persons x 15 days= 8250 l = 8.25 tn

Νερό καθαριότητας:

$W_{FW-CL}=W_{FW-DR}$ x 6 = 8.25 x 6 = 50 tn

Συνολικά λοιπόν, η αντλία της μονάδας βιολογικού καθαρισμού θα καλείται να διαχειριστεί 58,25 tn νερού σε 15 ημέρες.

Αυτό αντιστοιχεί σε 58,25/15= 3,883 tn = 3883 l ημερησίως.

Συνεπώς, κατόπιν έρευνας αγοράς, καταλήξαμε στο Blue Sea – Sewage Treatment system (IMO MARPOL Mepc 227 (64) Certified) της εταιρίας Selmar, τα χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται ακολούθως.

Models and characteristics | Hydraulics: system characteristics | Standard features | Accessories and extras

Model	Litres/day	Litres of waste water treated per cycle	Time to the process	Nominal AC power consumption	Dimensions (LxHxD) mm	Weight
BLUE SEA 2500	2500	26	15 min.	1,2 kW	620 x 730 x 715	80 kg
BLUE SEA 3500	3500	38	15 min.	1,5 kW	620 x 930 x 740	100 kg
BLUE SEA 4000	4000	45	16 min.	1,5 kW	620 x 1130 x 740	115 kg
BLUE SEA 7000	7000	95	20 min.	1,5 kW	670 x 900 x 1025	128 kg
BLUE SEA 12000	12000	138	18 min.	1,5 kW	990 x 900 x 900	132 kg
BLUE SEA 22000	22000	400	25 min.	1,5 kW	980x1750x1250	205 kg

Electric requirements: single-phase 230 VAC ± 10% 50Hz ± 5% or three-phase 400 VAC ± 10% 50Hz ± 5%.

12 - 24 VDC on request. (Other voltages and frequencies are available on demand)

All sewage treatment systems BlueSea are certified by DNV-GL according to New Res. IMO MARPOL Mepc. 227(64) and European Directive 2014/90/EU (MED). No. Certificates: MED-D-1810 and MED-B-10006.

3.8 Καθορισμός απαιτούμενης ισχύος Εργάτη Άγκυρας

Αρχικά, θα υπολογίσουμε τον δείκτη εξαρτισμού του Ωκεανογραφικού.

Ο Δείκτης Εξαρτισμού (ΔΕ) ή Equipment Number (EN) προκύπτει από την εξίσωση

$\Delta E=EN= \Delta^{2/3} + 2BH + 0,1A$

Όπου:

☐ Δ: το εκτόπισμα που αντιστοιχεί στο βύθισμα σχεδίασης $T = 4m$, και το οποίο στους υπολογισμούς της διαδικασίας της προμελέτης έχει υπολογισθεί ίσο με $\Delta = 1645.94\ t$

☐ B: το μέγιστο πλάτος του πλοίου, $B = 14m$

☐ $H = \alpha + \Sigma\ h_i = 13.7\ m$, όπου α, η κατακόρυφη απόσταση σε m από την ίσαλο σχεδίασης έως το ανώτερο κατάστρωμα, μετρούμενη στο μέσο νομέα και στην πλευρά του πλοίου και i h η κατακόρυφη απόσταση σε m των υπερστεγασμάτων που βρίσκονται πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα και έχουν πλάτος μεγαλύτερο από 0.25B, μετρούμενη στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας.

☐ A: Ολική πλευρική επιφάνεια εξάλων του πλοίου στο summer draft, προβεβλημένη στο κατακόρυφο επίπεδο, $A = 1025.61\ m2$

Ή κατά Bureau Veritas :

$\Delta E=EN= \Delta^{2/3} + 2A_1 + 0,1A_2$

Όπου :

A_1 : Μετωπική επιφάνεια πλοίου σε m^2

A_2 : Πλευρική επιφάνεια πλοίου σε m^2

Ο δείκτης εξαρτισμού, βάσει της σχέσης $\Delta E=EN= \Delta^{2/3} + 2BH + 0,1A$, ύστερα από αντικατάσταση, προκύπτει ίσος με : **ΔΕ=EN=625,6**

Κατόπιν, θα υπολογίσουμε το βάρος της κύριας Άγκυρας.

Από το βιβλίο Συστήματα και Βοηθητικά Μηχανήματα Πλοίου, Τεύχος 2 ,σελ 85 καθορίζεται ότι:

Βάρος κύριας Άγκυρας W = 3 x ΔΕ = 3 x 625.6 = 1876.8 kg

Διάμετρος κρίκων αλυσίδας άγκυρας:

$C= \sqrt{(2\Delta E)} = 35,37mm$

Βάρος χαλύβδινης αλυσίδας ανά τρέχον μέτρο :

$W_{chain/m} = 0.0214 \times C^2 = 0.0214 \times 1251.04 = 27\ kg/m$

Υποθέτουμε βάθος αγκυροβολίας 70 μέτρων , οπότε το συνολικό βάρος αλυσίδας που θα καλείται να διαχειρίζεται ο εργάτης θα είναι :

W_{chain} = 70m x 27 kg/m = 1890 kg.

Έχει υπολογιστεί ότι:

Για βάρος άγκυρας 5760 kg , και βάρος αλυσίδας 4504 kg απαιτείται εργάτης Άγκυρας ισχύος 100 PS.

Αναλογικά, προκύπτει ότι για 1876 kg άγκυρα και 1890 kg αλυσίδα απαιτείται εργάτης Άγκυρας ισχύος περίπου ίσης με 33,92 PS ή 24,229 kW.

Στον Ηλεκτρικό Ισολογισμό που θα ακολουθήσει, θα υπολογίσουμε ισχύ εργάτη Άγκυρας ίση με 35 kW, προκειμένου να έχουμε περιθώριο ισχύος και περιθώριο σφάλματος , καθότι η διαδικασία απόλυτου υπολογισμού της εν λόγω ισχύος συνίσταται σε περισσότερους υπολογισμούς, στους οποίους δεν θα αναλωθούμε στην παρούσα μελέτη .

3.9 Καθορισμός Απαιτούμενης Ισχύος Κλιματισμού

Η Ισχύς Κλιματισμού για κάθε διαφορετικό χώρο του Ωκεανογραφικού , υπολογίζεται συναρτήσει του αριθμού των ατόμων σε κάθε χώρο και του επιπέδου άνεσης που θα χρειαστούμε.

Η συνολική παροχή αέρα των μονάδων κλιματισμού υπολογίζεται από τη σχέση

$\mathbf{F_i=N_i \times F_{ij}}$

όπου :
F_i είναι η παροχή αέρα σε lt/s ,
N_i ο μέγιστος αριθμός ατόμων που μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή i=A,B,C ,
F_{ij} η παροχή αέρα που αντιστοιχεί στην περιοχή i και σε επίπεδο άνεσης j=1,2,3,
σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

Παροχές Αέρα ανά Επίπεδο Άνεσης κατ' Άτομο			
Περιοχή		Επίπεδο Άνεσης	Παροχή αέρα σε lt/s κατά άτομο
Α	Χώροι Καμπινών	**1** **2** **3**	**10** **10** **7**
Β	Κοινόχρηστοι Χώροι	**1** **2** **3**	**12** **10** **7**
Γ	Χώροι Εργασίας Πληρώματος	**1** **2** **3**	**12** **10** **7**

(Πηγή : Σκούφας Σ. 2011)

Στη δεδομένη περίπτωση υποθέτουμε επίπεδο άνεσης 2 (Το επίπεδο 1 είναι αυτό της μέγιστης άνεσης), συνεπώς προκύπτει:

Περιοχή	Μέγιστος αριθμός ατόμων	Επίπεδο Άνεσης	Παροχή αέρα σε lt/s κατά άτομο	Παροχή αέρα Υπομονάδος Κλιματισμού σε lt/s
Α Χώροι Καμπινών	55	2	10	550
Β Δημόσιοι Χώροι	45	2	10	450
Γ Χώροι Εργασίας Πληρώματος	22	2	10	220
Σύνολο	**122**			**1220**

Άρα, χρειαζόμαστε 3 υπομονάδες κλιματισμού με ζητούμενη συνολική απόδοση / παροχή αέρα 1220 lt/s.

Σε αυτό το σημείο, θα μετατρέψουμε τα lt/s σε BTU/h και στη συνέχεια σε Watt.

Ισχύουν τα εξής:

1 BTU per Hour = 0,293071 Watts (S.I)

1 litre Atmosphere per second = 101.325 Watts

1 lt/s = 345.74 BTU/h

Συνεπώς θα έχουμε:

1220 lt/s x 101.325 = 123616.5 Watts

= **123.62 kW**

Αλλιώς, μέσω μετατροπής σε BTU/h πρώτα,

θα έχουμε:

1220 lt/s x 345.74 = 421797.11 BTU/h

(x 0.29) =122321.1619 Watts

= **122.32 kW**

Η απόκλιση μεταξύ των 2 αποτελεσμάτων της μετατροπής σε kW είναι σχετικά μικρή, και σαφέστατα θα επιλεγεί η ‘’δυσμενέστερη’’ περίπτωση ενεργειακής ανάγκης, αυτή των 123,62 kW.

Θα υπολογίσουμε και 10% προσαύξηση , προκειμένου να έχουν οι μονάδες κλιματισμού ένα μικρό περιθώριο ισχύος, κι έτσι οδηγούμαστε στα 135,982 kW.

Επιλέγουμε, τελικά, Συνολική Ισχύ Κλιματισμού :**137 kW**.

Τα Βοηθητικά, τα Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης, οι επιστημονικές Συσκευές, ο Φωτισμός , και οι λοιποί καταναλωτές του Ωκεανογραφικού, επιλέχθηκαν κατά εκτίμηση και με εμπειρικό τρόπο, λαμβάνοντας υπόψιν τις διαστάσεις και τις ανάγκες του πλοίου. Παρατίθενται δε, όλα, ομαδοποιημένα, παρακάτω, στην ανάπτυξη του Ηλεκτρικού Ισολογισμού.

3.10 Καθορισμός Ισχύος Γερανού Καταστρώματος

Προκειμένου να ικανοποιήσουμε την ζητηθείσα ανυψωτική ικανότητα και την ακτίνα λειτουργίας του Γερανού Καταστρώματος , ύστερα από προσεκτική μελέτη επί του Σχεδίου Γενικής Διάταξης του Ωκεανογραφικού καταλήξαμε στην επιλογή του ακόλουθου Γερανού Αρθρωτού και Επεκτεινόμενου τύπου της εταιρίας DMW Marine:

Knuckle Boom Crane DMW-M660.24A5

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του αποτυπώνονται ακολούθως.

Technical Data

Gross Lifting Moment	574.10 kNm [423433.77 Lbf FT]
Maximum Lifting Dynamic Moment	908.0 kNm [669705.40 Lbf FT]
Max Hydraulic Horizontal Outreach	19.8 m [64' 11-1/2"]
Slewing Angle	360°CONTINUOUS
Max Rotational Torque	77.4 kNm [57087.21 LBf FT]
Recommeded Volume of Oil In Tank	260 L [68.69 Gallons]
Max Working Oil Pressure	240 bar [3481 PSI]
Recommended Pump Delivery	100 L/min [26.64 Gallons/Min]
Electrical Power Requirement	40 kW / 54.3 CV
Weight of Standard Crane	8000 kg [17636 LBF]

Mounting Base Installation

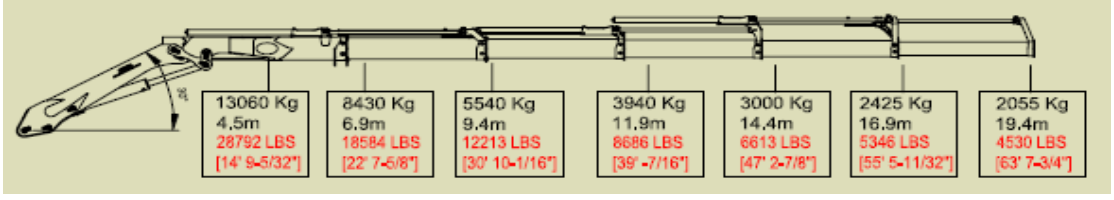
Quantity of Bolts Required	32
Thread Pitch and Class	M27 .3mm Class 10.9

Standard Features

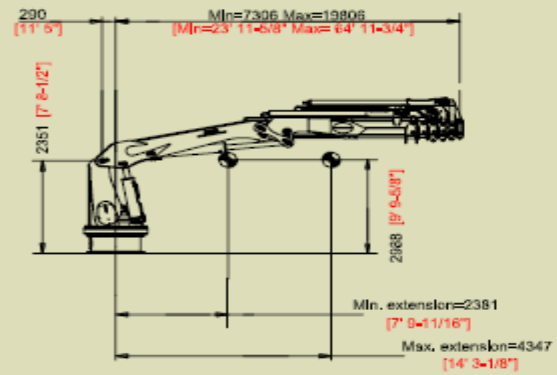
Built according to DIN 15018-H1-B3 standards.
Crane structure is sandblasted and metallized.
Double coat of primer and two layers of paint.
Special cylinders with Ni-Cr piston rods for marine environments.
Female fittings in stainless steel, and male fittings in carbon steel.
Stainless steel hydraulic installation pipes.
Hoses with rubber "Type A" double coat.
Crown Wheel-bearing slewing system, actuated by motor reducers.
Safety valves on the cylinders.
Hydraulic load limiter.
Emergency stop button.

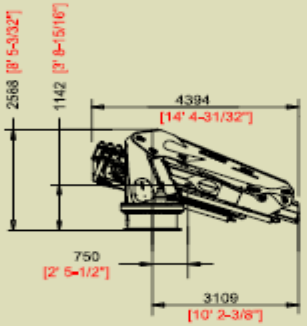
Optional Features

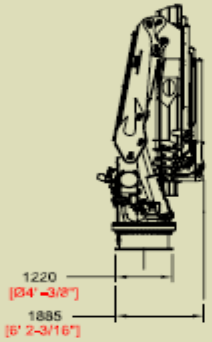
Hydraulic winch
Remote control
Auxiliary hydraulic intakes
Cab



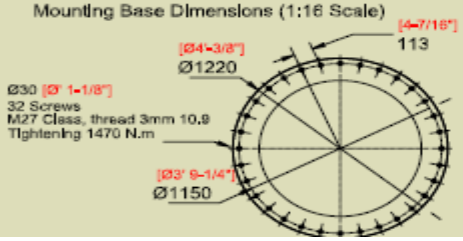
Retracted and Parked Views (1:60 Scale)



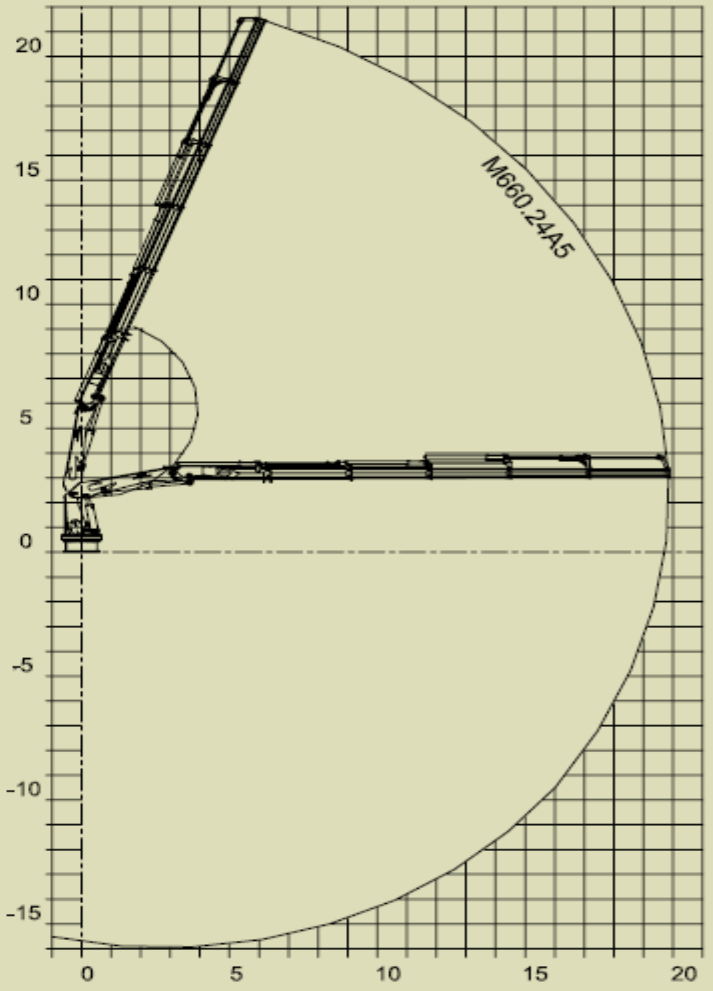




Mounting Base Dimensions (1:16 Scale)



Positions Diagram (1:100 Scale)



Load Chart (1:80 Scale)

Κεφάλαιο 4

4.1 Ανάπτυξη Ηλεκτρικού Ισολογισμού

Για την ανάπτυξη του Ηλεκτρικού Ισολογισμού του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Πλοίου, οι καταναλωτές ομαδοποιήθηκαν σε εφτά διακριτές κατηγορίες. Οι ομάδες αυτές των καταναλωτών είναι οι παρακάτω:

1. Προωστήριοι Κινητήρες : περιλαμβάνονται οι ηλεκτρικοί κινητήρες που θα αναλάβουν την πρόωση του σκάφους, τα Pods συγκεκριμένα. μαζί με κάποια βοηθητικά μηχανήματα αυτών, τα οποία είναι υπολογισμένα στην ισχύ των κινητήρων.

2. Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery) : περιλαμβάνονται όλα τα μηχανήματα (συμπιεστές, αντλίες, κυκλοφορητές, απαγωγείς θερμότητας κ.α) τα οποία είναι υπεύθυνα για τη σωστή λειτουργία της εγκατάστασης πρόωσης του σκάφους.

3. Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary) : περιλαμβάνονται τα βοηθητικά μηχανήματα σκάφους, τα βοηθητικά μηχανήματα χώρων ενδιαίτησης και τα βοηθητικά μηχανοστασίου.

4. Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης: περιλαμβάνονται οι αντλίες, ο κλιματισμός, τα ψυγεία, και τα διάφορα εξειδικευμένα επιστημονικά όργανα του Ωκεανογραφικού.

5. Συσκευές Μαγειρείου: περιλαμβάνονται όλες οι συσκευές της κουζίνας και ο εξαερισμός αυτής.

6. Πίνακες Φωτισμού : περιλαμβάνονται όλοι οι καταναλωτές που αναλαμβάνουν τον φωτισμό των χώρων του Ωκεανογραφικού.

7. Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα: περιλαμβάνονται τα όργανα ναυσιπλοΐας, τα φώτα ναυσιπλοΐας και όλος ο φωτισμός της κατάστασης εκτάκτου ανάγκης του σκάφους.

Επίσης, ο ηλεκτρικός ισολογισμός πραγματοποιήθηκε για πέντε διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου συμπεριλαμβανομένης αυτής της Εκτάκτου Ανάγκης, για την οποία θα γίνει ξεχωριστή αναφορά σε ύστερο βήμα.

Οι πέντε βασικές καταστάσεις λειτουργίας, εξαιρουμένης της Emergency , στις οποίες υποθέτουμε ότι θα βρεθεί το πλοίο είναι οι εξής:

1. Ισχύς Κανονικής Πορείας, με ταχύτητα πλεύσης σταθερή στους 15 κόμβους.
2. Ισχύς Χειρισμών , σε λειτουργία ο έμπρωρος προωστήριος μηχανισμός (Bow Thruster), ο οποίος κινείται από μεγάλης ισχύος ηλεκτρικό κινητήρα. Η κατάσταση αυτή απαντάται για λίγα λεπτά, συνήθως όταν το πλοίο προσεγγίζει ή αναχωρεί από το λιμάνι. Έχουμε χαμηλή ισχύ προωστήριων κινητήρων και bow thruster στο 100% της ισχύος του.
3. Ισχύς σε Δειγματοληψία , με πολύ χαμηλή ταχύτητα πλεύσης, περίπου 4 knots, και ορισμένα βοηθητικά μηχανήματα (αντλίες γενικής χρήσης, winches) σε λειτουργία.

4. Ισχύς εν Όρμω, το πλοίο υποθέτουμε ότι είναι αγκυροβολημένο στο λιμάνι και δεν θα αποπλεύσει σύντομα από αυτό, συνεπώς δεν φιλοξενεί επιβάτες πλην ίσως ορισμένων μελών του πληρώματος ή κάποιο επιστημονικό προσωπικό.

Η ισχύς των διάφορων καταναλωτών στην κάθε κατάσταση λειτουργίας έχει καθοριστεί από την τιμή του συντελεστή f_s από τον πίνακα σελ. 71-74 του βιβλίου Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων / Ι.Π. Ιωαννίδη / ΑΘΗΝΑ 1998.

Για την ανάπτυξη του Ηλεκτρικού Ισολογισμού ορίσαμε τις στήλες ως εξής:

$1_η$ στήλη: Αύξων αριθμός καταναλωτή
$2_η$ στήλη: Είδος καταναλωτή
$3_η$ στήλη: Βαθμός απόδοσης καταναλωτή **η** . Τέθηκε 0,7-0,98 για κινητήρες και 1,00 για ωμικά φορτία.
$4_η$ στήλη: Πλήθος καταναλωτών **N** .
$5_η$ στήλη: Ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς σε HP ανά καταναλωτή **Pον.αποδ.** [HP]
$6_η$ στήλη: Ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς σε kW ανά καταναλωτή **Pον.αποδ.** [kW], όπου:

$$\mathbf{P}_{\text{ον.αποδ.}}\,[\text{kW}] = \mathbf{P}_{\text{ον.αποδ.}}\,[\text{HP}] * 0{,}736 \qquad (1)$$

$7^η$ στήλη : Ονομαστική απορροφώμενη ισχύς σε HP ανά καταναλωτή **Pον.απορροφ.** [HP], όπου:

$$\mathbf{P}_{\text{λειτ.}}\,[\text{HP}] = \mathbf{P}_{\text{ον.απορροφ.}}\,[\text{HP}] * \mathbf{f_S} * \mathbf{N}$$

8η στήλη: Ονομαστική απορροφώμενη ισχύς σε HP ανά καταναλωτή **Pον.απορροφ.** [kW], όπου:

$$\mathbf{P}_{\text{ον.απορροφ.}}\,[\text{kW}] = \mathbf{P}_{\text{ον.αποδ.}}\,[\text{kW}] / \boldsymbol{\eta} \qquad (2)$$

9η στήλη: Εγκατεστημένη ισχύς σε kW ανά κατηγορία καταναλωτή **Pεγκατ.** [kW], όπου:

$$\mathbf{P}_{\text{εγκατ.}}\,[\text{kW}] = \mathbf{P}_{\text{ον.απορροφ.}}\,[\text{kW}] * \mathbf{N} \qquad (3)$$

10η στήλη: Πλήθος κινητήρων **N** σε λειτουργία κατά την εκάστοτε κατάσταση λειτουργίας του πλοίου.
11η στήλη: Συντελεστής λειτουργίας κάθε συσκευής **fs** κατά την εκάστοτε κατάσταση λειτουργίας του πλοίου. Ο ορθός τρόπος υπολογισμού γίνεται με μελέτη της εκάστοτε συσκευής και δίνεται από τη σχέση:

$$f_s = \frac{\text{Μέσο φορτίο } 24-\text{ώρου}}{\text{Ονομαστικό φορτίο}} = \frac{\sum_i P_i \cdot t_i}{24 \cdot P_{\text{ον.αποδ.}}} \qquad (4)$$

Όπου: Pi είναι η ισχύς λειτουργίας κατά τη χρονική περίοδο i του 24ώρου και ti οι ώρες λειτουργίας με ισχύ Pi κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Στην παρούσα περίπτωση δεν θα υπολογιστεί, αλλά θα ληφθεί είτε από τον πίνακα των σελίδων 71-74 του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων/ Ι.Π. Ιωαννίδη /ΑΘΗΝΑ 1998, είτε με βάση λογική παραδοχή.

12η στήλη: Ισχύς λειτουργίας σε kW ανά κατηγορία συσκευής **Ρλειτ.** [kW] κατά την εκάστοτε κατάσταση λειτουργίας του πλοίου, όπου:

$$\mathbf{P}_{\lambda\epsilon\iota\tau.}\,[\mathrm{kW}] = \mathbf{P}_{\mathbf{ον.απορροφ.}}\,[\mathrm{kW}] * \mathbf{f_S} * \mathbf{N} \qquad (5)$$

Στους Πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται αναλυτικά ο Ηλεκτρικός Ισολογισμός των φορτίων του Ωκεανογραφικού για την κάθε κατάσταση λειτουργίας του.

Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση Κανονικής Πορείας

Α/Α	Καταναλωτής	Βαθμός Απόδοσης	Πλήθος Καταναλωτών	Εγκατεστημένη Ισχύς					Ισχύς Κανονικής Πορείας		
		η	N	P ον. Αποδιδόμενο		P ον. Απορροφούμενο		P εγκατάστασης	N΄	fs	P λειτουργίας
				PS	kW	PS	kW	kW		Συντελεστής Λειτουργίας	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Προωστήριοι Κινητήρες										
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	1	0.874	1165.33
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	1	0.874	1165.33
	Bow Thruster Schottel STT 1 with Electric Motor	0.9	1	679.35	500	754.83	555.56	555.56	1	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**3222.22**			**2330.67**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)										
1	Steering Motor	0.8	4	51.63	38	64.54	47.50	190.00	2	0.05	4.75
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans	0.8	2	1.36	1	1.70	1.25	2.50	2	0.8	2.00
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	0.8	2	3.40	2.5	4.25	3.13	6.25	2	0.75	4.69
4	Standby Air Compressor SU	0.8	2	2.72	2	3.40	2.50	5.00	2	0.8	4.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	3	0.8	23.17
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	3	0.85	24.62
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	0.8	3	6.11	4.5	7.64	5.63	16.88	2	0.8	9.00
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	1	0.8	12.00
9	Fuel oil circulating Pump	0.85	2	19.02	14	22.38	16.47	32.94	2	0.7	23.06
10	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	16.47	0	0	0.00
11	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	0.8	1	16.30	12	20.38	15.00	15.00	1	0.8	12.00
12	Bilge Pump	0.9	2	13.59	10	15.10	11.11	22.22	0	0	0.00
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	0.92	2	27.17	20	29.54	21.74	43.48	1	0.2	4.35
14	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.85	1	5.43	4	6.39	4.71	4.71	1	0.85	4.00
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	0.85	4	27.17	20	31.97	23.53	94.12	4	0.8	75.29
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.8	1	20.38	15	25.48	18.75	18.75	1	0.85	15.94
17	Αντλία Συμπυκνώματος	0.7	1	13.59	10	19.41	14.29	14.29	1	0.4	5.71
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	16.30	12	19.18	14.12	56.47	4	0.85	48.00
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.85	28.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**456.19**			**300.58**

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)										
20	Αντλία Πυρκαιας	0.75	1	33.97	25	45.29	33.33	33.33	0	0	0.00
21	Sprinkler System	0.9	1	33.97	25	37.74	27.78	27.78	0	0	0.00
22	Air Compressor	0.86	2	13.59	10	15.80	11.63	23.26	0	0	0.00
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	0.85	1	40.76	30	47.95	35.29	35.29	1	0.5	17.65
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	0.75	1	14.95	11	19.93	14.67	14.67	1	0.5	7.33
25	Εργάτης Άγκυρας	0.85	1	47.55	35	55.95	41.18	41.18	0	0	0.00
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	0.75	1	19.02	14	25.36	18.67	18.67	1	0	0.00
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη) 20 tn	0.8	1	230.98	170	288.72	212.50	212.50	1	0	0.00
28	Γερανός A Frame (Port) 10 tn	0.85	1	122.28	90	143.86	105.88	105.88	1	0	0.00
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m Hoisting Capa	0.85	1	67.93	50	79.92	58.82	58.82	1	0	0.00
30	Αντλία κύτους	0.85	1	27.17	20	31.97	23.53	23.53	1	0.1	2.35
31	Αντλίες γενικής χρήσης	0.8	2	47.55	35	59.44	43.75	87.50	1	0.8	35.00
32	Εργάτες πρυμνησίων	0.85	2	67.93	50	79.92	58.82	117.65	0	0	0.00
33	Αντλία ποσίμου νερού	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.5	6.67
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0.75	1	9.51	7	12.68	9.33	9.33	1	0.7	6.53
35	Αντλίες υγιεινής	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.4	5.33
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**836.05**			**80.87**
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης										
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	0.75	1	17.66	13	23.55	17.33	17.33	1	0.5	8.67
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	0.75	1	20.38	15	27.17	20.00	20.00	1	0.5	10.00
38	Συμπιεστές κλιματισμού	0.9	4	67.93	50	75.48	55.56	222.22	2	0.75	83.33
39	Συμπιεστές ψυκτικής	0.85	4	10.87	8	12.79	9.41	37.65	2	0.7	13.18
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0.85	2	23.10	17	27.17	20.00	40.00	2	0.75	30.00
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0.7	2	20.38	15	29.11	21.43	42.86	2	0.75	32.14
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0.7	2	5.43	4	7.76	5.71	11.43	2	0.4	4.57
43	Αντλίες πόσιμου νερού	0.7	3	5.43	4	7.76	5.71	17.14	2	0.5	5.71
44	Αντλίες αποχέτευσης	0.7	3	13.59	10	19.41	14.29	42.86	2	0.7	20.00
45	Αντλίες θερμού νερού	0.7	4	4.08	3	5.82	4.29	17.14	2	0.8	6.86
46	Συμπιεστής ψύκτη	0.85	1	2.72	2	3.20	2.35	2.35	1	0.8	1.88
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3 Intarsplit MSH-NF 4048	0.85	3	6.12	4.502	7.20	5.30	15.89	3	0.4	6.36
48	Καταψύκτες (4 m3 Intarcon Sigilius BSF-QF 7215)	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.4	13.18
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0.85	20	1.36	1	1.60	1.18	23.53	17	0.7	14.00
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0.85	20	2.72	2	3.20	2.35	47.06	17	0.7	28.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός										
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	0.85	1	271.74	200	319.69	235.29	235.29	0	0	0.00
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	0.9	1	13.59	10	15.10	11.11	11.11	0	0	0.00
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	1	2	1.36	1	1.36	1.00	2.00	0	0	0.00
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	0.9	2	0.14	0.1	0.15	0.11	0.22	0	0	0.00
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες/ Διάφορες Συσκευές	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.8	26.35
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	0.9	10	2.72	2	3.02	2.22	22.22	7	0.7	10.89
57	Εφεδρική Παροχή	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	0	0	0.00
58	Sonar	0.9	2	5.43	4	6.04	4.44	8.89	2	0.9	8.00
59	Ηχοβολιστικά Sonar με Multibeam	0.9	2	6.79	5	7.55	5.56	11.11	1	0.9	5.00
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h	0.9	1	2.45	1.8	2.72	2.00	2.00	1	0.7	1.40
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**946.19**			**329.52**

	Συσκευές Μαγειρείου-Galley Equipment										
61	Κουζίνα	1	2	10.87	8	10.87	8.00	8.00	2	0.3	4.80
62	Εστίες	1	4	6.79	5	6.79	5.00	5.00	4	0.3	6.00
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	2	0.3	1.41
64	Εξαεριστήρας	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	7.00	2	0.3	4.94
65	Πλυντήριο πιάτων	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	2	0.3	1.41
66	Διάφορες συσκευές	0.8	7	2.72	2	3.40	2.50	2.00	5	0.3	3.75
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**26.00**			**22.31**
	Πίνακες Φωτισμού										
67	Μηχανοστάσιο	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.9	4.50
68	Γέφυρα	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.6	3.00
69	Χώροι ενδιαίτησης	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	0.7	7.00
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	1	10.00
71	Καταστρώματος	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.6	3.00
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Compute	0.6	1	16.30	12	27.17	20.00	20.00	1	0.85	17.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**55.00**			**44.50**
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα										
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	1	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	0.9	7.20
74	Navigation Lights	1	1	3.67	2.7	3.67	2.70	2.70	1	0.9	2.43
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
78											0.00
79	Εφεδρική Παροχή	1	1	9.51	7	9.51	7.00	7.00	1	0.1	0.70
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**20.70**			**10.33**
		Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW)									**788.11**
	Grand Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW) <u>including Propulsion Motors</u>										**<u>3118.78</u>**

4.3 Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση Χειρισμών

A/A	Καταναλωτής	Βαθμός Απόδοσης	Πλήθος Καταναλωτών	Εγκατεστημένη Ισχύς					Ισχύς Χειρισμών		
		η	N	P ον. Αποδιδόμενο		P ον. Απορροφούμενο		P εγκατάστασης	N΄	fs	P λειτουργίας
				PS	kW	PS	kW	kW		Συντελεστής Λειτουργίας	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15
	Προωστήριοι Κινητήρες										
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	1	0.2	266.67
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	1	0.2	266.67
	Bow Thruster Schottel STT 1 with Electric Motor	0.9	1	679.35	500	754.83	555.56	555.56	1	0.97	538.89
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**3222.22**			**1072.22**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)										
1	Steering Motor	0.8	4	51.63	38	64.54	47.50	190.00	2	0.27	25.65
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	0.8	2	1.36	1	1.70	1.25	2.50	2	0.8	2.00
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	0.8	2	3.40	2.5	4.25	3.13	6.25	2	0.75	4.69
4	Standby Air Compressor SU	0.8	2	2.72	2	3.40	2.50	5.00	2	0.8	4.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	2	0.8	15.45
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	2	0.85	16.41
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	0.8	3	6.11	4.5	7.64	5.63	16.88	2	0.6	6.75
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	1	0.8	12.00
9	Fuel oil circulating Pump	0.85	2	19.02	14	22.38	16.47	32.94	2	0.7	23.06
10	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	16.47	0	0	0.00
11	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	0.8	1	16.30	12	20.38	15.00	15.00	1	0.2	3.00
12	Bilge Pump	0.9	2	13.59	10	15.10	11.11	22.22	0	0	0.00
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	0.92	2	27.17	20	29.54	21.74	43.48	1	0.7	15.22
14	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.85	1	5.43	4	6.39	4.71	4.71	1	0.85	4.00
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	0.85	4	27.17	20	31.97	23.53	94.12	4	0.8	75.29
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.8	1	20.38	15	25.48	18.75	18.75	1	0.85	15.94
17	Αντλία Συμπυκνώματος	0.7	1	13.59	10	19.41	14.29	14.29	1	0.4	5.71
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	16.30	12	19.18	14.12	56.47	4	0.85	48.00
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.85	28.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**456.19**			**305.17**

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)										
20	Αντλία Πυρκαιας	0.75	1	33.97	25	45.29	33.33	33.33	0	0	0.00
21	Sprinkler System	0.9	1	33.97	25	37.74	27.78	27.78	0	0	0.00
22	Air Compressor	0.86	2	13.59	10	15.80	11.63	23.26	0	0	0.00
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	0.85	1	40.76	30	47.95	35.29	35.29	1	0.5	17.65
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	0.75	1	14.95	11	19.93	14.67	14.67	1	0.5	7.33
25	Εργάτης Άγκυρας	0.85	1	47.55	35	55.95	41.18	41.18	0	0	0.00
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	0.75	1	19.02	14	25.36	18.67	18.67	1	0.1	1.87
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη) 20 tn	0.8	1	230.98	170	288.72	212.50	212.50	0	0	0.00
28	Γερανός A Frame (Port) 10 tn	0.85	1	122.28	90	143.86	105.88	105.88	0	0	0.00
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m Hoisting Capacity)	0.85	1	67.93	50	79.92	58.82	58.82	0	0	0.00
30	Αντλία κύτους	0.85	1	27.17	20	31.97	23.53	23.53	1	0.1	2.35
31	Αντλίες γενικής χρήσης	0.8	2	47.55	35	59.44	43.75	87.50	1	0.8	35.00
32	Εργάτες πρυμνησίων	0.85	2	67.93	50	79.92	58.82	117.65	0	0	0.00
33	Αντλία ποσίμου νερού	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.5	6.67
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0.75	1	9.51	7	12.68	9.33	9.33	1	0.7	6.53
35	Αντλίες υγιεινής	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.4	5.33
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**836.05**			**82.73**
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης										
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	0.75	1	17.66	13	23.55	17.33	17.33	1	0.5	8.67
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	0.75	1	20.38	15	27.17	20.00	20.00	1	0.5	10.00
38	Συμπιεστές κλιματισμού	0.9	4	67.93	50	75.48	55.56	222.22	2	0.75	83.33
39	Συμπιεστές ψυκτικής	0.85	4	10.87	8	12.79	9.41	37.65	2	0.7	13.18
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0.85	2	23.10	17	27.17	20.00	40.00	2	0.75	30.00
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0.7	2	20.38	15	29.11	21.43	42.86	2	0.75	32.14
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0.7	2	5.43	4	7.76	5.71	11.43	2	0.4	4.57
43	Αντλίες πόσιμου νερού	0.7	3	5.43	4	7.76	5.71	17.14	2	0.5	5.71
44	Αντλίες αποχέτευσης	0.7	3	13.59	10	19.41	14.29	42.86	2	0.7	20.00
45	Αντλίες θερμού νερού	0.7	4	4.08	3	5.82	4.29	17.14	2	0.7	6.00
46	Συμπιεστής ψύκτη	0.85	1	2.72	2	3.20	2.35	2.35	1	0.8	1.88
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3 Intarsplit MSH-NF 4048	0.85	3	6.12	4.502	7.20	5.30	15.89	3	0.4	6.36
48	Καταψύκτες (4 m3 Intarcon Sigilius BSF-QF 7215)	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.4	13.18
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0.85	20	1.36	1	1.60	1.18	23.53	17	0.7	14.00
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0.85	20	2.72	2	3.20	2.35	47.06	17	0.7	28.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός										
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	0.85	1	271.74	200	319.69	235.29	235.29	0	0	0.00
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	0.9	1	13.59	10	15.10	11.11	11.11	0	0	0.00
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	1	2	1.36	1	1.36	1.00	2.00	0	0	0.00
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	0.9	2	0.14	0.1	0.15	0.11	0.22	0	0	0.00
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες/ Διάφορες Συσκευές	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.8	26.35
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	0.9	10	2.72	2	3.02	2.22	22.22	7	0.7	10.89
57	Εφεδρική Παροχή	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	2	0.4	12.00
58	Sonar	0.9	2	5.43	4	6.04	4.44	8.89	2	0.9	8.00
59	Ηχοβολιστικά Sonar με Multibeam	0.9	2	6.79	5	7.55	5.56	11.11	1	0.9	5.00
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	0.9	1	2.45	1.8	2.72	2.00	2.00	1	0.7	1.40
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**946.19**			**340.66**

	Συσκευές Μαγειρείου-Galley Equipment										
61	Κουζίνα	1	2	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	0.3	2.40
62	Εστίες	1	4	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.3	1.50
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	2	0.3	1.41
64	Εξαεριστήρας	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	7.00	2	0.3	4.94
65	Πλυντήριο πιάτων	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	2	0.3	1.41
66	Διάφορες συσκευές	0.8	7	2.72	2	3.40	2.50	2.00	2	0.3	1.50
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**26.00**			**13.16**
	Πίνακες Φωτισμού										
67	Μηχανοστάσιο	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	1	5.00
68	Γέφυρα	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.6	3.00
69	Χώροι ενδιαίτησης	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	0.7	7.00
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	1	10.00
71	Καταστρώματος	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.6	3.00
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	0.6	1	16.30	12	27.17	20.00	20.00	1	0.85	17.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**55.00**			**45.00**
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα										
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	1	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	0.9	7.20
74	Navigation Lights	1	1	3.67	2.7	3.67	2.70	2.70	1	0.9	2.43
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
78											0.00
79	Εφεδρική Παροχή	1	1	9.51	7	9.51	7.00	7.00	1	0.7	4.90
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**20.70**			**14.53**
		Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW)									**801.26**
	Grand Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW) including Propulsion Motors										**1873.48**

4.4 Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση Δειγματοληψίας

Α/Α	Καταναλωτής	Βαθμός Απόδοσης	Πλήθος Καταναλωτών	Εγκατεστημένη Ισχύς					Ισχυς σε Δειγματοληψια		
		η	N	P ον. Αποδιδόμενο		P ον. Απορροφούμενο		P εγκατάστασης	N΄	fs	Ρλειτουργίας
				PS	kW	PS	kW	kW		Συντελεστής Λειτουργίας	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	17	18
	Προωστήριοι Κινητήρες										
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	1	0.038	50.77
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	1	0.038	50.77
	Bow Thruster Schottel STT 1 with Electric Motor	0.9	1	679.35	500	754.83	555.56	555.56	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**3222.22**			**101.54**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)										
1	Steering Motor	0.8	4	51.63	38	64.54	47.50	190.00	2	0.27	25.65
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	0.8	2	1.36	1	1.70	1.25	2.50	2	0.8	2.00
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	0.8	2	3.40	2.5	4.25	3.13	6.25	2	0.7	4.38
4	Standby Air Compressor SU	0.8	2	2.72	2	3.40	2.50	5.00	2	0.8	4.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	1	0.8	7.72
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	1	0.85	8.21
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	0.8	3	6.11	4.5	7.64	5.63	16.88	1	0.5	2.81
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	1	0.7	10.50
9	Fuel oil circulating Pump	0.85	2	19.02	14	22.38	16.47	32.94	2	0.5	16.47
10	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	16.47	0	0	0.00
11	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	0.8	1	16.30	12	20.38	15.00	15.00	1	0.1	1.50
12	Bilge Pump	0.9	2	13.59	10	15.10	11.11	22.22	0	0	0.00
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	0.92	2	27.17	20	29.54	21.74	43.48	1	0.3	6.52
14	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.85	1	5.43	4	6.39	4.71	4.71	1	0.2	0.94
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	0.85	4	27.17	20	31.97	23.53	94.12	2	0.4	18.82
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.8	1	20.38	15	25.48	18.75	18.75	1	0.85	15.94
17	Αντλία Συμπυκνώματος	0.7	1	13.59	10	19.41	14.29	14.29	1	0.4	5.71
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	16.30	12	19.18	14.12	56.47	2	0.5	14.12
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	2	0.5	8.24
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**456.19**			**153.53**

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)										
20	Αντλία Πυρκαιας	0.75	1	33.97	25	45.29	33.33	33.33	0	0	0.00
21	Sprinkler System	0.9	1	33.97	25	37.74	27.78	27.78	0	0	0.00
22	Air Compressor	0.86	2	13.59	10	15.80	11.63	23.26	0	0	0.00
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	0.85	1	40.76	30	47.95	35.29	35.29	1	0.5	17.65
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	0.75	1	14.95	11	19.93	14.67	14.67	1	0.5	7.33
25	Εργάτης Άγκυρας	0.85	1	47.55	35	55.95	41.18	41.18	1	0.1	4.12
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	0.75	1	19.02	14	25.36	18.67	18.67	1	0.3	5.60
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη) 20 tn	0.8	1	230.98	170	288.72	212.50	212.50	1	0.35	74.38
28	Γερανός A Frame (Port) 10 tn	0.85	1	122.28	90	143.86	105.88	105.88	1	0.35	37.06
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m Hoisting Capacity)	0.85	1	67.93	50	79.92	58.82	58.82	1	0.35	20.59
30	Αντλία κύτους	0.85	1	27.17	20	31.97	23.53	23.53	1	0.1	2.35
31	Αντλίες γενικής χρήσης	0.8	2	47.55	35	59.44	43.75	87.50	1	0.8	35.00
32	Εργάτες πρυμνησίων	0.85	2	67.93	50	79.92	58.82	117.65	2	0.2	23.53
33	Αντλία ποσίμου νερού	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.5	6.67
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0.75	1	9.51	7	12.68	9.33	9.33	1	0.7	6.53
35	Αντλίες υγιεινής	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.4	5.33
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**836.05**			**246.14**
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης										
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	0.75	1	17.66	13	23.55	17.33	17.33	1	0.5	8.67
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	0.75	1	20.38	15	27.17	20.00	20.00	1	0.5	10.00
38	Συμπιεστές κλιματισμού	0.9	4	67.93	50	75.48	55.56	222.22	2	0.75	83.33
39	Συμπιεστές ψυκτικής	0.85	4	10.87	8	12.79	9.41	37.65	2	0.7	13.18
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0.85	2	23.10	17	27.17	20.00	40.00	2	0.75	30.00
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0.7	2	20.38	15	29.11	21.43	42.86	2	0.75	32.14
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0.7	2	5.43	4	7.76	5.71	11.43	2	0.4	4.57
43	Αντλίες πόσιμου νερού	0.7	3	5.43	4	7.76	5.71	17.14	2	0.5	5.71
44	Αντλίες αποχέτευσης	0.7	3	13.59	10	19.41	14.29	42.86	2	0.7	20.00
45	Αντλίες θερμού νερού	0.7	4	4.08	3	5.82	4.29	17.14	2	0.7	6.00
46	Συμπιεστής ψύκτη	0.85	1	2.72	2	3.20	2.35	2.35	1	0.8	1.88
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3 Intarsplit MSH-NF 4048	0.85	3	6.12	4.502	7.20	5.30	15.89	3	0.4	6.36
48	Καταψύκτες (4 m3 Intarcon Sigilius BSF-QF 7215)	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.4	13.18
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0.85	20	1.36	1	1.60	1.18	23.53	17	0.7	14.00
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0.85	20	2.72	2	3.20	2.35	47.06	17	0.7	28.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός										
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	0.85	1	271.74	200	319.69	235.29	235.29	1	0.45	105.88
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	0.9	1	13.59	10	15.10	11.11	11.11	1	0.4	4.44
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	1	2	1.36	1	1.36	1.00	2.00	2	0.4	0.80
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	0.9	2	0.14	0.1	0.15	0.11	0.22	2	0.4	0.09
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες/ Διάφορες Συσκευές	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.5	16.47
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	0.9	10	2.72	2	3.02	2.22	22.22	7	0.7	10.89
57	Εφεδρική Παροχή	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	0	0	0.00
58	Sonar	0.9	2	5.43	4	6.04	4.44	8.89	2	0.3	2.67
59	Ηχοβολιστικά Sonar με Multibeam	0.9	2	6.79	5	7.55	5.56	11.11	1	0.3	1.67
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	0.9	1	2.45	1.8	2.72	2.00	2.00	1	0.7	1.40
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**946.19**			**421.33**

	Συσκευές Μαγειρείου-Galley Equipment										
61	Κουζίνα	1	2	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	0.3	2.40
62	Εστίες	1	4	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.3	1.50
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	2	0.3	1.41
64	Εξαεριστήρας	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	7.00	2	0.3	4.94
65	Πλυντήριο πιάτων	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	2	0.3	1.41
66	Διάφορες συσκευές	0.8	7	2.72	2	3.40	2.50	2.00	2	0.3	1.50
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**26.00**			**13.16**
	Πίνακες Φωτισμού										
67	Μηχανοστάσιο	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	1	5.00
68	Γέφυρα	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	1	5.00
69	Χώροι ενδιαίτησης	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	0.7	7.00
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	1	10.00
71	Καταστρώματος	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	1	5.00
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	0.6	1	16.30	12	27.17	20.00	20.00	1	0.9	18.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**55.00**			**50.00**
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα										
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	1	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	0.9	7.20
74	Navigation Lights	1	1	3.67	2.7	3.67	2.70	2.70	1	0.9	2.43
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
78											0.00
79	Εφεδρική Παροχή	1	1	9.51	7	9.51	7.00	7.00			0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**20.70**			**9.63**
		Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW)									**893.79**
	Grand Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW) including Propulsion Motors										**995.33**

4.5 Ηλεκτρικός Ισολογισμός εν Όρμω

Α/Α	Καταναλωτής	Βαθμός Απόδοσης	Πλήθος Καταναλωτών	Εγκατεστημένη Ισχύς					Ισχύς ''Εν Όρμω''		
		η	N	P ον. Αποδιδόμενο		P ον. Απορροφούμενο		P εγκατάστασης	N΄	fs	Pλειτουργίας
				PS	kW	PS	kW	kW		Συντελεστής Λειτουργίας	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	19	20	21
	Προωστήριοι Κινητήρες										
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	0	0	0.00
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	0	0	0.00
	Bow Thruster Schottel STT 1 with Electric Motor	0.9	1	679.35	500	754.83	555.56	555.56	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**3222.22**			**0.00**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)										
1	Steering Motor	0.8	4	51.63	38	64.54	47.50	190.00	0	0	0.00
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	0.8	2	1.36	1	1.70	1.25	2.50	0	0	0.00
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	0.8	2	3.40	2.5	4.25	3.13	6.25	0	0	0.00
4	Standby Air Compressor SU	0.8	2	2.72	2	3.40	2.50	5.00	0	0	0.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	1	0.5	4.83
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	1	0.5	4.83
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	0.8	3	6.11	4.5	7.64	5.63	16.88	1	0.2	1.13
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	0	0	0.00
9	Fuel oil circulating Pump	0.85	2	19.02	14	22.38	16.47	32.94	1	0.2	3.29
10	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	16.47	2	0.9	14.82
11	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	0.8	1	16.30	12	20.38	15.00	15.00	0	0	0.00
12	Bilge Pump	0.9	2	13.59	10	15.10	11.11	22.22	0	0	0.00
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	0.92	2	27.17	20	29.54	21.74	43.48	0	0	0.00
14	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.85	1	5.43	4	6.39	4.71	4.71	1	0.2	0.94
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	0.85	4	27.17	20	31.97	23.53	94.12	1	0.2	4.71
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.8	1	20.38	15	25.48	18.75	18.75	1	0.2	3.75
17	Αντλία Συμπυκνώματος	0.7	1	13.59	10	19.41	14.29	14.29	0	0	0.00
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	16.30	12	19.18	14.12	56.47	1	0.2	2.82
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	1	0.2	1.65
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**456.19**			**42.77**

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)										
20	Αντλία Πυρκαιας	0.75	1	33.97	25	45.29	33.33	33.33	0	0	0.00
21	Sprinkler System	0.9	1	33.97	25	37.74	27.78	27.78	0	0	0.00
22	Air Compressor	0.86	2	13.59	10	15.80	11.63	23.26	0	0	0.00
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	0.85	1	40.76	30	47.95	35.29	35.29	1	0.4	14.12
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	0.75	1	14.95	11	19.93	14.67	14.67	1	0.4	5.87
25	Εργάτης Άγκυρας	0.85	1	47.55	35	55.95	41.18	41.18	0	0	0.00
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	0.75	1	19.02	14	25.36	18.67	18.67	0	0	0.00
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη) 20 tn	0.8	1	230.98	170	288.72	212.50	212.50	0	0	0.00
28	Γερανός A Frame (Port) 10 tn	0.85	1	122.28	90	143.86	105.88	105.88	0	0	0.00
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m Hoisting Capacity)	0.85	1	67.93	50	79.92	58.82	58.82	0	0	0.00
30	Αντλία κύτους	0.85	1	27.17	20	31.97	23.53	23.53	0	0	0.00
31	Αντλίες γενικής χρήσης	0.8	2	47.55	35	59.44	43.75	87.50	0	0	0.00
32	Εργάτες πρυμνησίων	0.85	2	67.93	50	79.92	58.82	117.65	0	0	0.00
33	Αντλία ποσίμου νερού	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.3	4.00
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0.75	1	9.51	7	12.68	9.33	9.33	1	0.3	2.80
35	Αντλίες υγιεινής	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	1	0.3	4.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**836.05**			**30.78**
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης										
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	0.75	1	17.66	13	23.55	17.33	17.33	1	0.3	5.20
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	0.75	1	20.38	15	27.17	20.00	20.00	1	0.3	6.00
38	Συμπιεστές κλιματισμού	0.9	4	67.93	50	75.48	55.56	222.22	2	0.5	55.56
39	Συμπιεστές ψυκτικής	0.85	4	10.87	8	12.79	9.41	37.65	2	0.5	9.41
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0.85	2	23.10	17	27.17	20.00	40.00	1	0.5	10.00
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0.7	2	20.38	15	29.11	21.43	42.86	1	0.5	10.71
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0.7	2	5.43	4	7.76	5.71	11.43	1	0.5	2.86
43	Αντλίες πόσιμου νερού	0.7	3	5.43	4	7.76	5.71	17.14	1	0.3	1.71
44	Αντλίες αποχέτευσης	0.7	3	13.59	10	19.41	14.29	42.86	1	0.2	2.86
45	Αντλίες θερμού νερού	0.7	4	4.08	3	5.82	4.29	17.14	1	0.2	0.86
46	Συμπιεστής ψύκτη	0.85	1	2.72	2	3.20	2.35	2.35	1	0.2	0.47
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3 Intarsplit MSH-NF 4048	0.85	3	6.12	4.502	7.20	5.30	15.89	3	0.4	6.36
48	Καταψύκτες (4 m3 Intarcon Sigilius BSF-QF 7215)	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.4	13.18
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0.85	20	1.36	1	1.60	1.18	23.53	17	0.7	14.00
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0.85	20	2.72	2	3.20	2.35	47.06	17	0.25	10.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός										
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	0.85	1	271.74	200	319.69	235.29	235.29	0	0	0.00
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	0.9	1	13.59	10	15.10	11.11	11.11	0	0	0.00
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	1	2	1.36	1	1.36	1.00	2.00	0	0	0.00
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	0.9	2	0.14	0.1	0.15	0.11	0.22	0	0	0.00
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες/ Διάφορες Συσκευές	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	4	0.22	7.25
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	0.9	10	2.72	2	3.02	2.22	22.22	7	0.2	3.11
57	Εφεδρική Παροχή	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	0	0	0.00
58	Sonar	0.9	2	5.43	4	6.04	4.44	8.89	0	0	0.00
59	Ηχοβολιστικά Sonar με Multibeam	0.9	2	6.79	5	7.55	5.56	11.11	0	0	0.00
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	0.9	1	2.45	1.8	2.72	2.00	2.00	1	0.2	0.40
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**946.19**			**159.93**

	Συσκευές Μαγειρείου-Galley Equipment										
61	Κουζίνα	1	2	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	0.1	0.80
62	Εστίες	1	4	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.1	0.50
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	1	0.1	0.24
64	Εξαεριστήρας	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	7.00	1	0.1	0.82
65	Πλυντήριο πιάτων	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	1	0.1	0.24
66	Διάφορες συσκευές	0.8	7	2.72	2	3.40	2.50	2.00	1	0.1	0.25
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**26.00**			**2.84**
	Πίνακες Φωτισμού										
67	Μηχανοστάσιο	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.2	1.00
68	Γέφυρα	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.2	1.00
69	Χώροι ενδιαίτησης	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	0.2	2.00
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	1	0.2	2.00
71	Καταστρώματος	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	1	0.5	2.50
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	0.6	1	16.30	12	27.17	20.00	20.00	1	0.4	8.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**55.00**			**16.50**
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα										
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	1	10.87	8	10.87	8.00	8.00	0	0	0.00
74	Navigation Lights	1	1	3.67	2.7	3.67	2.70	2.70	0	0	0.00
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	0	0	0.00
78										0	0.00
79	Εφεδρική Παροχή	1	1	9.51	7	9.51	7.00	7.00		0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**20.70**			**0.00**
		Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW)									**252.82**
	Grand Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW) <u>including Propulsion Motors</u>										**<u>252.82</u>**

4.5.1 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Ηλεκτρικού Ισολογισμού

	Generators Loading Percentage					
CONDITION	SEA GOING	MANEUVRING	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	REST IN PORT	EMERGENCY	
TOTAL REQUIRED POWER (kW)	3118.8	1873.75	995	252.8	145.12	
DIESEL GENERATORS IN USE	3x1300 kWe	2x1300 kWe	1x1300 kWe	1 x 320 kWe	1 x 180 kWe	
TOTAL CAPACITY OF THE GENERATORS (kW)	3900	2600	1300	320	180	
AVAILABLE LOAD PERCENTUAL (%)	79.97	72.07	76.54	79.00	80.62	

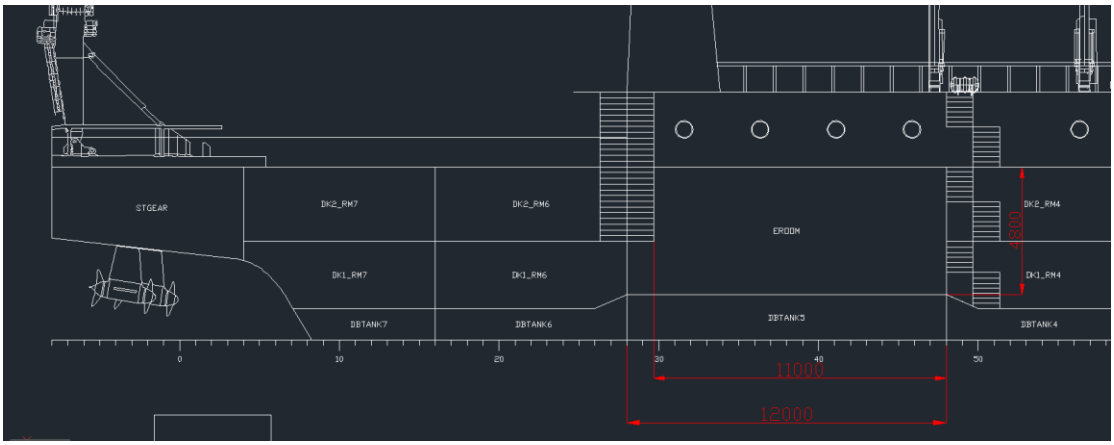
4.6 Επιλογή Γεννητριών Diesel

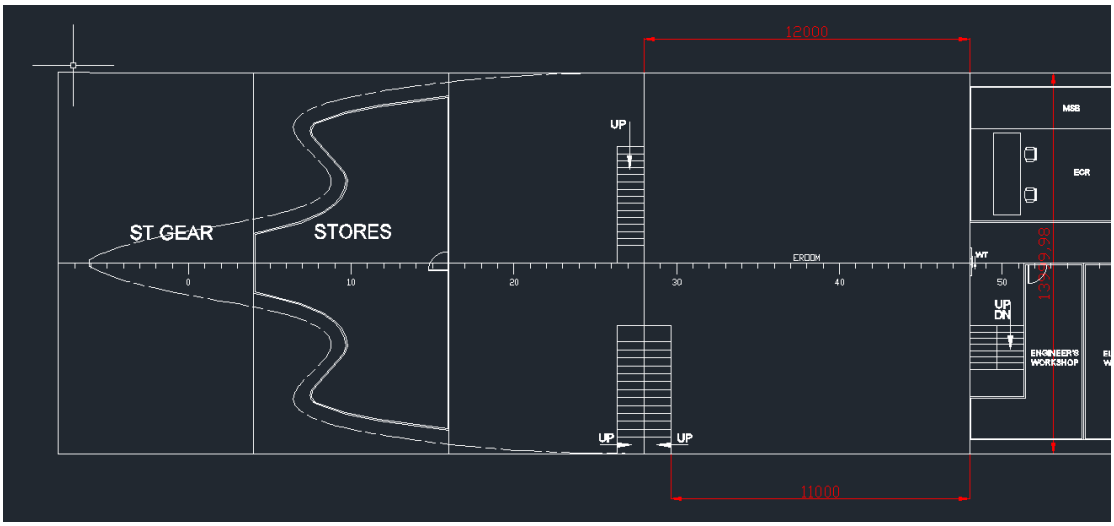
Με βάση την παραπάνω ανάπτυξη του Ενεργειακού Ισολογισμού για το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό, θα προχωρήσουμε σε επιλογή των Γεννητριών Diesel οι οποίες θα είναι υπεύθυνες για την παραγωγή όλης της ποσότητας ενέργειας, εν προκειμένω όλης της ποσότητας του ρεύματος, για τη λειτουργία όλων των καταναλωτών του πλοίου που καταμετρήσαμε στους προηγούμενους πίνακες.

Αρχικά, θα υπολογίζουμε τον διαθέσιμο χώρο στο Engine Room, στο οποίο θα τοποθετηθούν οι γεννήτριες που θα χρειαστούμε, πλην της Γεννήτριας Έκτακτης Ανάγκης , η οποία θα τοποθετηθεί σε άλλο υψηλότερο μέρος του πλοίου όπως , άλλωστε, υπαγορεύουν οι ανάλογοι κανονισμοί ασφαλείας (SOLAS).

4.6.1 Διαθέσιμος Χώρος στο Μηχανοστάσιο (Engine Room)

Για τον υπολογισμό του διαθέσιμου χώρου του Engine Room παραθέτουμε τμήματα της πλαϊνής όψης, και της κάτοψης του πλοίου με εμφανείς τις διαστάσεις τους σε mm με κόκκινο χρώμα :





Ο ολικός διαθέσιμος χώρος , όπως φαίνεται και στα σχέδια, είναι 11x13.9x4.8 (σε m). Ο πραγματικά διαθέσιμος, όμως, χώρος , με μία πρόβλεψη περιμετρικών και άνω κενών για

διαδρόμους, λειτουργική πρόσβαση, και κυρίως, επαρκή αερισμό των γεννητριών , θα υποθέσουμε ότι είναι 8x10.9x3 (σε m).

4.6.2 Επιλογή Γεννητριών

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Πλοίου επιλέχθηκαν Γεννήτριες Diesel από την κατασκευάστρια εταιρία YANMAR, συμβιβασμένες, φυσικά, με τον κανονισμό IMO Tier II.

Συγκεκριμένα:

-3 Γεννήτριες Diesel:

YANMAR 6EY22ALW 1370kW (1863 PS) / 1300 kWe, 200-6600V @ 60Hz /900rpm

-1 Γεννήτρια Diesel:

YANMAR 6NY16L-UW 355kW (483 PS) / 320 kWe, 200-6600V @ 60Hz/1200rpm

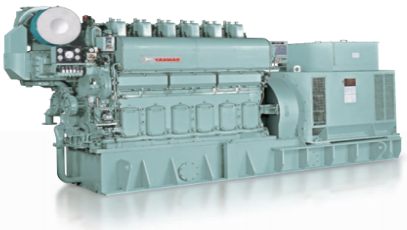
Τα βασικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στις εικόνες που ακολουθούν:

Diesel Engine Generator Set

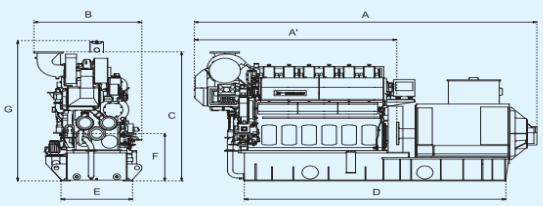
6EY22ALW

Generator Capacity

~1250kWe



Dimensions



G : Minimum Height for Removing Piston

Depending on the specifications or options that have been chosen, your model may differ slightly from the one in the photograph and outline.

Specifications

Model			6EY22ALW	
Frequency			50Hz	60Hz
Generator	Rated Output	kWe	1250	
	Type		3-Phase Brushless	
	Voltage	V	200~6600	
	No. of Poles	P	6	8
	Power Factor	%	80 (lagging)	
Diesel Engine	Rated Output	kW(HP)	1370 (1863)	
	Type		Vertical, Watar-cooled, 4-stroke Diesel	
	No. of Cylinders		6	
	Bore×Stroke	mm	220 × 320	
	Rated Speed	min⁻¹	1000	900
Total Weight (Gen.Set)		kg	18100	

• The rated output is based on the "Prime Power"rating. • The rated output of generator is based on the bylaw of generator efficiency in JEM1355.
• The dry weight value is for reference only. The value can very depending on the generator manufacturer, equipment specifications, accessories, etc.
• Specifications are subject to change without notice for incorporation of improvements.

(Πηγή: yanmarmarine.eu

YANMAR

6EY22(A)LW

Generator Capacity

600~1300kWe

■ Main Data

Type ..... 4-stroke, Diesel
No. of Cylinders ..... In-line 6
Cylinder Bore ..... 220 mm
Piston Stroke ..... 320 mm
Engine Speed ..... 720 / 750, 900 / 1000 min⁻¹
Mean Effective Pressure ..... 1.45 - 2.50 MPa
Piston Speed ..... 7.7 - 10.7 m/s

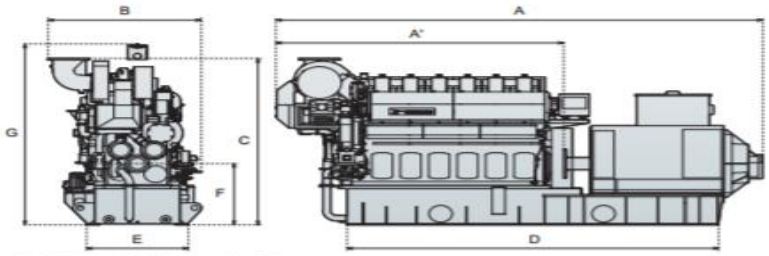
■ Rated Power

Engine Model	60Hz 720min⁻¹		50Hz 750min⁻¹	
	Eng [kW (PS)]	Gen [kWe]	Eng [kW (PS)]	Gen [kWe]
6EY22LW	660 (897)	600	660 (897)	600
	745 (1013)	680	745 (1013)	680
	800 (1088)	740	800 (1088)	740
	880 (1197)	800	880 (1197)	800
	970 (1319)	900	970 (1319)	900
	1080 (1468)	1020	1080 (1468)	1020
	900min⁻¹		1000min⁻¹	
	Eng [kW (PS)]	Gen [kWe]	Eng [kW (PS)]	Gen [kWe]
6EY22ALW	880 (1197)	800	880 (1197)	800
	970 (1319)	900	970 (1319)	900
	1020 (1387)	950	1020 (1387)	950
	1100 (1496)	1000	1100 (1496)	1000
	1180 (1604)	1100	1180 (1604)	1100
	1300 (1768)	1200	1300 (1768)	1200
	1370 (1863)	1300	1370 (1863)	1300

Above generator capacity will vary according to actual generator efficiency.

■ Dimensions [mm] **/ Weights** [kg]

Engine Model	A	A'	B	C	D	E	F	G	Dry Weight Engine	Dry Weight Gen.Set
6EY22LW (660~1080kW)	5452	3337	1678	2630	4120	1180	985	2907	11200	18500
6EY22ALW (880~1370kW)	5647	3337	1782	2675	4310	1180	985	2907	10500	18100



G : Minimum Height for Removing Piston

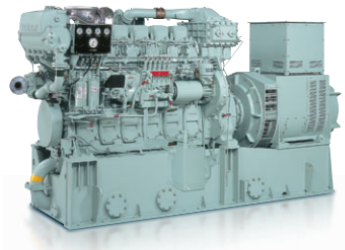
Marine auxiliary diesel engine [Bore:160-330mm]

Diesel Engine Generator Set

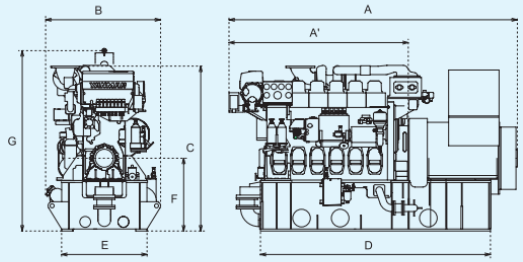
6NY16LW

Generator Capacity

~250kWe(50Hz) / ~320kWe(60Hz)



Dimensions



G : Minimum Height for Removing Piston

Depending on the specifications or options that have been chosen, your model may differ slightly from the one in the photograph and outline.

Specifications

Model			6NY16L-SW	6NY16L-UW
Frequency			50Hz	60Hz
Generator	Rated Output	kWe	250	320
	Type		3-Phase Brushless	
	Voltage	V	200~480	200~6600
	No. of Poles	P	6	
	Power Factor	%	80 (lagging)	
Diesel Engine	Rated Output	kW(HP)	279 (374)	353 (473)
	Type		Vertical, Watar-cooled, 4-stroke Diesel	
	No. of Cylinders		6	
	Bore×Stroke	mm	160 × 200	
	Rated Speed	min⁻¹	1000	1200
Total Weight (Gen.Set)		kg	5500	

• The rated output is based on the "Prime Power"rating. • The rated output of generator is based on the bylaw of generator efficiency in JEM1355.
• The dry weight value is for reference only. The value can very depending on the generator manufacturer, equipment specifications, accessories, etc.
• Specifications are subject to change without notice for incorporation of improvements.

(Πηγή: yanmarmarine.eu)

6NY16LW

| Generator Capacity | 180~400kWe

Main Data

- Type : 4-stroke, Diesel
- No. of Cylinders : In-line 6
- Cylinder Bore : 160 mm
- Piston Stroke : 200 mm
- Engine Speed : 1000 / 1200 min⁻¹
- Mean Effective Pressure : 1.00 - 1.83 MPa
- Piston Speed : 6.7 / 8.0 m/s

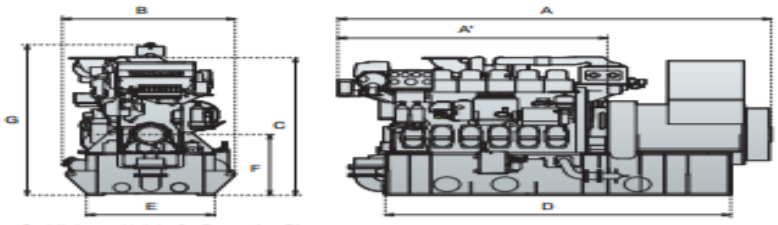
Rated Power

Engine Model	60Hz 1200min⁻¹		50Hz 1000min⁻¹	
	Eng [kW (PS)]	Gen [kWe]	Eng [kW (PS)]	Gen [kWe]
6NY16L-HW	265 (360)	240	200 (272)	180
6NY16L-DW	310 (421)	280	245 (333)	220
6NY16L-UW	355 (483)	320	270 (367)	240
6NY16L-SW	400 (544)	360	310 (421)	280
6NY16L-EW	441 (600)	400	353 (480)	320

Above generator capacity will vary according to actual generator efficiency.

Dimensions [mm] / Weights [kg]

Engine Model	A	A'	B	C	D	E	F	G	Dry Weight Engine	Dry Weight Gen.Set
6NY16L-HW (200/265kW)	3097	1972	1265	1813	2530	940	800	1983	2880	5870
6NY16L-DW (245/310kW)	3097	1972	1265	1813	2530	940	800	1983	2880	5870
6NY16L-UW (270/355kW)	3117	1972	1265	1813	2530	940	800	1983	2880	5870
6NY16L-SW (310/400kW)	3112	1972	1265	1813	2530	940	800	1983	2880	5870
6NY16L-EW (353/441kW)	3172	1972	1265	1813	2530	940	800	1983	2880	5870



G : Minimum Height for Removing Piston

The engine dry weight and outline may differ depending upon the specifications and attached accessories.

Κατά την διαδικασία της προμελέτης είχαν επιλεγεί 4 κύριες ηλεκτρογεννήτριες MAN B&W L16/24 κάθε μία εκ των οποίων θα απέδιδε 665kW / 1000 rpm. Προβήκαμε σε αλλαγή αυτών, και αντικατάστασή τους με τις προαναφερθείσες προσέχοντας να μην υπερβούμε την ωριαία κατανάλωσή τους έτσι ώστε να μην μειωθεί η ακτίνα ενέργειας, η αυτονομία ουσιαστικά, του Ωκεανογραφικού.

Πράγματι, όπως αναφέρεται και στο Project Guide, για κάθε ηλεκτρογεννήτρια της MAN, η κατανάλωση καυσίμου (F.O.) ισούται με $b_{F.O.}$ = 195 g/kWh, ενώ η κατανάλωση λιπαντικού ελαίου με $b_{L.O.}$ = 0.6 g/kWh.

Οι Γεννήτριες που επιλέξαμε, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία YANMAR, περιορίζονται στην κατανάλωση καυσίμου $b_{F.O.}$ = 186 g/kWh με μία ανοχή 5% = 195 g/kWh (χωρίς οδηγούμενες εξαρτημένες αντλίες) και σε $b_{F.O.}$ = 190 g/kWh (με αντλία ελαίου λίπανσης και αντλία νερού ψύξης οδηγούμενες από την ίδιες), ενώ η κατανάλωση λιπαντικού ελαίου κυμαίνεται μεταξύ 0,3 και 1,1 g/kWh, επομένως θα θεωρήσουμε ότι το $b_{L.O.}$ = 0.6 g/kWh δεν αλλάζει.

Παρατίθενται τα κύρια χαρακτηριστικά των YANMAR 6EY22ALW (IMO Tier II). Στις θέσεις 14 και 15 έχουν επισημανθεί , με πράσινο χρώμα, τα παραπάνω χαρακτηριστικά κατανάλωσης.

1. GENERAL MATTER

1-1. ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

C.C.S. : Central Cooling System
C.F.W. : Cooling Fresh Water
C.W. : Cooling Water
E.F. : Effective Filtration
F.O. : Fuel Oil
F.W. : Fresh Water
H.F.O. : Heavy Fuel Oil
L.O. : Lubricating Oil
M.D.O. : Marine Diesel Oil
T.B.N. : Total Base Number
S.W. : Sea Water

1-2. COVERAGE

(i) These sheets show the specifications of the following marine diesel generator engine.

Rated Output of Generator	kVA	1000	1125	1187.5	1250	1375	1500	1625
	kW	800	900	950	1000	1100	1200	1300

(ii) OUTLINE OF SPECIFICATIONS

	Item	Standard Specifications	Optional Specifications
1	Starting and Stopping System	Remote(Automatic) Starting/ Stopping with Manual Starting Stopping at Engine Side.	Manual Starting/stopping at Engine Side and Automatic Stopping by Emergency.
2	Fuel Oil	Heavy Fuel Oil(380mm²/50℃)	Marine Diesel Oil or Heavy Fuel Oil(180or700mm²/50℃)
3	H.F.O. System	Change Over to M.D.O at Starting/Stopping.	Direct Starting/Stopping by Using of H.F.O.
4	Fuel Oil Supplying method	Pressurized System	Open System(M.D.O., 180mm²/50℃) Mono-Fuel Oil System
5	Lub. Oil Sump	Common Bed Incorporated Sump (Continuous Purification)	Common Bed Incorporated Sump (Batch Purification)
6	Cooling System	C.F.W. Mixing system(2pump)	C.F.W. Mixing system(1pump)
7	Turning System	Ratchet Type	————
8	Mounting Method	Direct Mount Type	Elastic Mount Type
9	Turbo Charger Position	Anti-FlyWheel side	————
10	Strating System	Air Motor	————
11	Limitation of Continuous Low Load Running	20%	15%: with Boost Air Temp. Control Device
12	Generator Bearing Type	Single Bearing	Double Bearings
13	Generator Type	Self Lubricating System	Forced Lubricating System

Note 1: "Optional Specifications" shows each item can be chosen separately.
Note 2: Low load limitation shows rate of load to output referred to (i)

1-3. CLASSIFICATION, TIME OF DELIVERY, ETC.

Classification, time of delivery, place of delivery, method of delivery, type of packing, etc., are mentioned on other sheets.

G3-50633-0020 P 3

2. PRINCIPAL DATA OF ENGINE

1	Type		Vertical, Single Action, 4-Cycle, Direct Injection, Water Cooled, Turbo-Charged Diesel Engine						
2	Model		6EY22ALW						
3	Rated Output	kW	880	970	1020	1100	1180	1300	1370
4	Rated Revolution	min^{-1}	900						
5	No. of Cylinder		6 (In-line)						
6	Cyl. Bore x Stroke	mm	220 x 320						
7	Mean Piston Speed	m/s	9.60						
8	Mean Effective Pressure	MPa	1.608	1.772	1.863	2.010	2.156	2.375	2.503
9	Max. Combustion Pressure	MPa	20.0						
10	Rated Output of Generator	kVA	1000	1125	1187.5	1250	1375	1500	1625
		KWe	800	900	950	1000	1100	1200	1300
11	Over Load Limitation		10% Over Load: 60 min. (Every 12 hours)						
12	Direction of Rotation		Counterclockwise (as Viewed from the Flywheel Side)						
13	Firing Order		1 - 4 - 2 - 6 - 3 - 5 - 1 (Firing Interval : 120°) ⑥ ⑤ ④ ③ ② ① Flywheel						
14	Specific Fuel Consumption								
	Not Equipped with a Engine Driven Pumps	g/kW·h	186+5%	185+5%	185+5%	186+5%	186+5%	187+5%	186+5%
	At full load when using the diesel oil of low Calorific Value of 42.7MJ/kg without engine driven pumps. Based on the standard reference conditions of ISO 3046/1 and NOx level to meet IMO exhaust gas regulation(Tier2). To be added the following value when the engine has own driven pumps. L.O. pump : +3 g/kW·h, C.W. pump : +1 g/kW·h								
15	Specific L.O. Consumption	g/kW·h	0.3～1.1 (At Full Load)						
16	Air Consumption at Full Load (Ambient Temp. 25℃)	m^3/h	5690	6330	6360	6660	6960	8000	8300
17	Exh. Gas Volume of 0℃ Air (at Full Load)	m^3/h (Normal)	5350	5960	5990	6280	6560	7540	7830
18	Exh. Gas Temp. at T/C Outlet (at Full Load Ambient Temp. 25℃)	℃	335	340	330	365	360	370	370

4.7 Εκτίμηση της Αυτονομίας του Πλοίου

Κατ επέκταση των παραπάνω στοιχείων κατανάλωσης των Ηλεκτρογεννητριών , και σε συνδυασμό με τους πίνακες του Ηλεκτρικού Ισολογισμού, θα προβούμε σε μία πρόβλεψη της αυτονομίας που αναμένεται να έχει το υπό μελέτη ερευνητικό σκάφος.

Βάσει του βάρους των καυσίμων (heavy fuel oil και marine diesel oil) , μέσω της ακόλουθης εξίσωσης, θα ισχύει:

$$W_{F.O.-D.O.} = P \cdot b \cdot t_s \cdot C \cdot 10^{-6}$$

Όπου:

-$W_{F.O.-D.O.}$ το βάρος των καυσίμων σε t

-P = Η ισχύς που αναμένεται να παράγεται από τις Γεννήτριες στην εκάστοτε κατάσταση λειτουργίας σε kW

-$\boldsymbol{b}$ = 195 $gr/\ kWh$, η ειδική κατανάλωση καυσίμου

-$\boldsymbol{t_S}$ = ο χρόνος λειτουργίας των μηχανών σε h

-$\boldsymbol{C}$ = 1.3 , εφεδρεία δεξαμενών σε περίπτωση ανάγκης

Το συνολικό βάρος των δεξαμενών των καυσίμων Heavy Fuel Oil (HFO) και Marine Diesel Oil (MDO) είναι πλέον δεδομένο και ισούται με 206,34 t.

Συνεπώς θα ισχύει:

$$t_S = W_{F.O.-D.O} \ / \ (\mathbf{P \times b \times C \times 10^{-6}})$$

Θεωρούμε ότι P = SHP + $P_{electrical}$

όπου:

-$\mathbf{P_{electrical}}$ =788.11 kW , η ισχύς όλων των καταναλωτών εκτός των κινητήρων πρόωσης στην κατάσταση κανονικής πορείας.

-SHP (Shaft Horse Power) , Η τιμή του λαμβάνεται από την διαδικασία εκτίμησης της αντίστασης του σκάφους για κάθε ταχύτητα.

Με τα έως τώρα στοιχεία εκτιμούμε τα εξής:

-Ταχύτητα υπηρεσίας $\mathbf{V_S}$**=15 knots** (Δυσμενής υπόθεση με προσαύξηση στην τιμή του SHP για εξασφάλιση περιθωρίου ασφαλείας λόγω επίδρασης ανέμων και κυματισμών) :

t_S = 206.34 / (3118,78 x 195 x 1.3 x 10^{-6}) = 261 h = **11 days**

-Ταχύτητα υπηρεσίας $\mathbf{V_S}$**=14 knots**:

t_S = 206.34 / (2342.39 x 195 x 1.3 x 10^{-6}) = 347.49 h = **14.5 days**

-Ταχύτητα υπηρεσίας $\mathbf{V_S}$**=13 knots**:

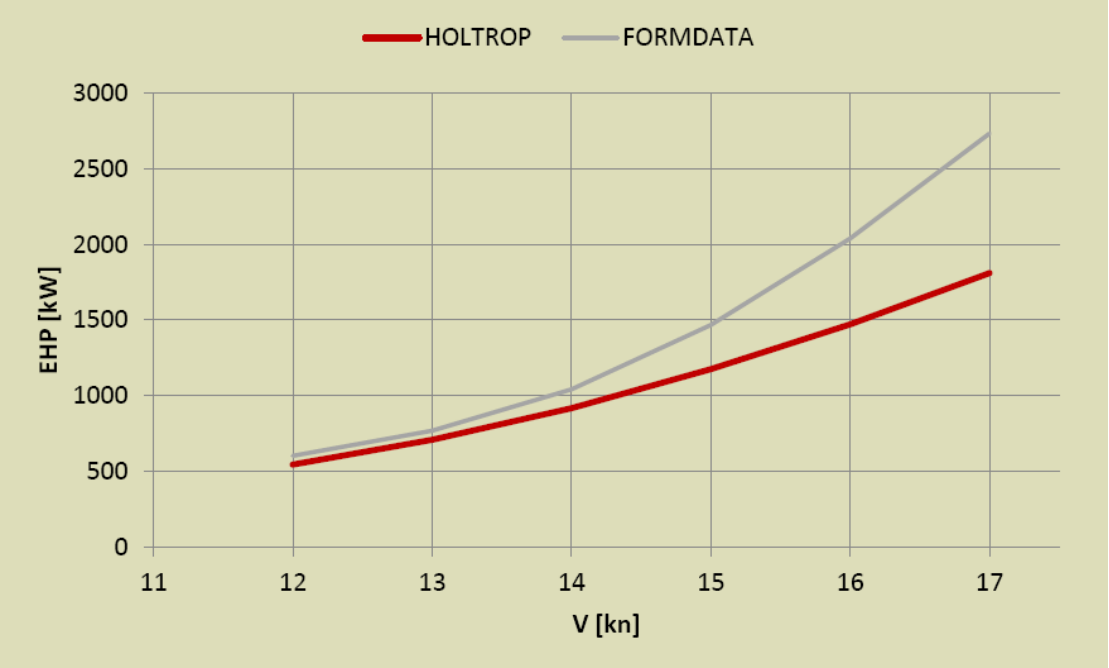
t_S = 206.34 / (1959.49 x 195 x 1.3 x 10^{-6}) = 415,39 h = **17,3 days**

-Ταχύτητα υπηρεσίας $\mathbf{V_S}$**=12 knots**:

t_S = 206.34 / (1692.11 x 195 x 1.3 x 10^{-6}) = 481 h = **20 days**

Στο σημείο αυτό, οφείλουμε να παρατηρήσουμε ότι επετεύχθη αυτονομία ίση με αυτή του Ωκεανογραφικού ΑΙΓΑΙΟ, δηλαδή, 20 ημέρες με ταχύτητα υπηρεσίας 12 κόμβων , σε ένα αρκετά μεγαλύτερο σκάφος , όμως, το οποίο και φέρει σημαντικά περισσότερο εξοπλισμό.

4.7.1 Μέγιστη εκτιμώμενη ταχύτητα πλεύσης



Από το παραπάνω διάγραμμα, το οποίο κατασκευάστηκε κατά τη διαδικασία της προμελέτης του Ωκεανογραφικού πλοίου, εξάγουμε τα εξής, υπολογίζοντας τον Μέσο Όρο των μεθόδων Formdata και Holtorp, για την απαιτούμενη ισχύ πλεύσης σε σχέση με την ταχύτητα:

Vs = 16 knots απαιτείται EHP = (1500 + 2050) / 2 = 1775 kW

Vs = 17 knots απαιτείται EHP = 2275 kW

Συνεπώς:

Vs = 16 knots απαιτείται SHP = 1775 / 0.63 = 2817 kW

Vs = 17 knots απαιτείται SHP = 2275 / 0.63 = 3611 kW

Βάσει του Ηλεκτρικού Ισολογισμού, στην κατάσταση Κανονικής Πορείας υπολογίσαμε απαιτούμενη ισχύ λειτουργίας του πλοίου, εξαιρουμένων των κινητήρων πρόωσης ίση με :

788,11 kW.

Και, εφόσον το διαθέσιμο σύνολο ισχύος των επιλεγμένων κύριων ηλεκτρογεννητριών ισούται με 3900 kW , συμπεραίνουμε ότι η μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινείται το πλοίο είναι οι 16 κόμβοι.

Μάλιστα, στην ταχύτητα πλεύσης 16 κόμβων η αναμενόμενη συνολική ζήτηση ισχύος τροφοδοσίας θα είναι :

2817 + 788,11 = 3605 kW

Και η αναμενόμενη φόρτιση των Γεννητριών θα είναι :

(3605/3900) x 100 % = 92,44 %

Η φόρτιση της τάξης του 92,44 % δεν θεωρείται επικίνδυνη για εύλογα χρονικά διαστήματα. Επομένως, το υπό μελέτη πλοίο αναμένεται να έχει και τη δυνατότητα επίτευξης της ταχύτητας των 16 κόμβων.

4.8 Γενικά Στοιχεία για τις Γεννήτριες ενός Πλοίου

Σύμφωνα με τους κανονισμούς των νηογνωμόνων, **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 Α 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° προς τα δεξιά ή αριστερά, με διατοιχισμό 22,5°, με διαμήκη κλίση 5° και προνευστασμό 7,5° [7]. Ακόμη πρέπει να λειτουργούν χωρίς προβλήματα σε θερμοκρασία έως 85 °C εκτός μηχανοστασίου ενώ μέσα σε αυτό σε θερμοκρασία έως και 90-95 °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 ΜΩ** για τάσεις έως 1000V και **(1+UN/1000) ΜΩ** 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.

Επίσης, με βάση 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.

4.9 Ποσοστά Φόρτισης Ηλεκτρογεννητριών

Για την ενεργειακή κάλυψη των καταστάσεων, Κανονικής Πορείας (Sea Going) , Χειρισμών (Maneuvring) και Δειγματοληψίας θα χρησιμοποιούνται οι 3 όμοιες γεννήτριες

YANMAR 6EY22ALW/ 1300 kWe , ενώ για την κατάσταση Εν Όρμω (Rest in Port) θα λειτουργεί η 1 γεννήτρια **YANMAR 6NY16L-UW/320kWe.**

Τα ποσοστά φόρτισης των επιλεγμένων Γεννητριών, όπως αυτά προκύπτουν στην κάθε κατάσταση λειτουργίας του Ωκεανογραφικού, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

GENERATORS LOADING PERCENTAGE

CONDITION		SEA GOING	MANEUVRING	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	REST IN PORT
TOTAL REQUIRED POWER	(kW)	3118.8	1873.75	995	252.8
DIESEL GENERATORS IN USE		3x1300 kWe	2x1300 kWe	1x1300 kWe	1 x 320 kWe
TOTAL CAPACITY OF THE GENERATORS	(kW)	3900	2600	1300	320
AVAILABLE LOAD PERCENTUAL	(%)	79.97	72.07	76.54	79.00
GENERATORS					
3 x YANMAR 6EY22ALW 1370kW (1863 PS) / 1300 kWe /1625 kVA @ 60Hz /900rpm					
1 x YANMAR 6NY16L-UW 355kW (483 PS) / 320 kWe / 400 kVA @ 60Hz/1200rpm					

4.10 Η Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (Emergency)

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Ελληνικού Νηογνώμονα (Hellenic Register of Shipping HRS), βάσει της διεθνούς σύμβασης SOLAS κεφάλαιο II-1 κανονισμός 42/2, κάθε επιβατηγό πλοίο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μια αυτόνομη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης η οποία θα βρίσκεται πάνω από το ανώτατο συνεχές κατάστρωμα και θα είναι εύκολα προσβάσιμη από ανοιχτό κατάστρωμα. Η διαθέσιμη ισχύς της πρέπει να είναι επαρκής για να παρέχει όλες εκείνες τις υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για την ασφάλεια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, λαμβάνοντας δεόντως υπόψη για τις εν λόγω υπηρεσίες, το γεγονός ότι μπορεί να πρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα. Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης πρέπει να είναι ικανή, λαμβάνοντας υπόψιν και τα απαιτούμενα ρεύματα έναρξης αλλά και τον μεταβατικό χαρακτήρα ορισμένων φορτίων, να παρέχει ταυτόχρονα, τουλάχιστον τις επόμενες υπηρεσίες για τις περιόδους που ορίζονται κατωτέρω, εφόσον οι τελευταίες ,για τη λειτουργία τους, εξαρτώνται από ηλεκτρική πηγή.

Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάγκης πρέπει να είναι ικανή να τροφοδοτεί ταυτόχρονα τουλάχιστον τους ακόλουθους καταναλωτές επί το χρονικό διάστημα που αναφέρεται για τον καθένα:

-Για περίοδο 36 ωρών, φωτισμός έκτακτης ανάγκης σε κάθε σταθμό επιβίβασης στο κατάστρωμα και πάνω από τις πλευρές, όπως απαιτείται από τον κανονισμό 19 και 30 του κεφαλαίου III της σύμβασης SOLAS του 1974.

-Για περίοδο 36 ωρών, φωτισμός έκτακτης ανάγκης

 σε όλους τους διαδρόμους χώρων ενδιαίτησης και εξυπηρέτησης, σε όλα τα κλιμακοστάσια, στις εξόδους, και στους ανελκυστήρες

 στους χώρους μηχανημάτων και στους σταθμούς των κύριων γεννητριών, στον κύριο πίνακα και στον πίνακα ασφαλείας

 σε όλους τους σταθμούς ελέγχου και σε όλα τα δωμάτια ελέγχου των μηχανημάτων

 στη θέση στοιβασίας των στολών και του εξοπλισμού πυρόσβεσης

 στο μηχανισμό κινήσεως του πηδαλίου και

 στις περιοχές που βρίσκονται οι αντλίες πυρκαγιάς , κύτους, συστήματος ψεκασμού νερού (sprinkler system) καθώς και στα σημεία όπου είναι τοποθετημένοι οι εκκινητές τους.

-Για μια περίοδο 36 ωρών τα φώτα πλοήγησης και άλλα φώτα που απαιτούνται από τους διεθνείς κανονισμούς για την αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα, να βρίσκονται σε ισχύ

-Για περίοδο 36 ωρών

 Όλος ο εξοπλισμός εσωτερικής επικοινωνίας που απαιτείται σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης

 Βοηθητικά Πλοήγησης

 Σύστημα πυρανίχνευσης και σύστημα συναγερμού και στις πόρτες περίπτωσης φωτιάς (πυράντοχες) σύστημα κράτησης και απελευθέρωσής τους.

 Διακοπτόμενη λειτουργία του φανού σημάτων ημέρας, της σφυρίχτρας του πλοίου, των χειροκίνητων συναγερμών πυρκαγιάς και όλων τα εσωτερικών σημάτων που απαιτούνται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

- Για περίοδο 36 ωρών μία από τις πυροσβεστικές αντλίες

- Για ένα χρονικό διάστημα 36 ωρών το αυτόματο σύστημα καταιωνιστήρων (sprinkler system)

- Για μια περίοδο 36 ωρών η αντλία υδάτων (bilge pump) έκτακτης ανάγκης

- Γι όσο χρονικό διάστημα απαιτείται, να είναι σε λειτουργία ο μηχανισμός διεύθυνσης.

- Για διάστημα μισής ώρας οι υδατοστεγείς θύρες μαζί με τις ενδείξεις τους και τα

προειδοποιητικά σήματα να βρίσκονται σε λειτουργία.

Ο Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης κατασκευάστηκε με τον ίδιο τρόπο που έγινε και ο ισολογισμός των άλλων καταστάσεων. Ο συντελεστής λειτουργίας (fs) στην κατάσταση αυτή , λαμβάνεται ίσος με το ένα για όλους τους καταναλωτές έκτακτης ανάγκης.

Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται οι πίνακες:

4.10.1 Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην περίπτωση Έκτακτης Ανάγκης (Emergency)

A/A	Καταναλωτής	Βαθμός Απόδοσης	Πλήθος Καταναλωτών	Εγκατεστημένη Ισχύς					EMERGENCY		
		η	N	P ον. Αποδιδόμενο		P ον. Απορροφούμενο		P εγκατάστασης	N΄	fs	Ρλειτουργίας
				PS	kW	PS	kW	kW		Συντελεστής Λειτουργίας	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	19	20	21
	Προωστήριοι Κινητήρες										
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	0	0	0.00
	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	0.9	1	1630.43	1200	1811.59	1333.33	1333.33	0	0	0.00
											0.00
	Bow Thruster Schottel STT 1 with Electric Motor	0.9	1	679.35	500	754.83	555.56	555.56	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**3222.22**			**0.00**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)										
1	Steering Motor	0.8	4	51.63	38	64.54	47.50	190.00	2	0.27	25.65
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	0.8	2	1.36	1	1.70	1.25	2.50	2	0.8	2.00
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	0.8	2	3.40	2.5	4.25	3.13	6.25	0	0	0.00
4	Standby Air Compressor SU	0.8	2	2.72	2	3.40	2.50	5.00	0	0	0.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	0	0	0.00
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	0.725	3	9.51	7	13.12	9.66	28.97	0	0	0.00
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	0.8	3	6.11	4.5	7.64	5.63	16.88	0	0	0.00
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	0	0	0.00
9	Fuel oil circulating Pump	0.85	2	19.02	14	22.38	16.47	32.94	0	0	0.00
10	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	16.47	0	0	0.00
11	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	0.8	1	16.30	12	20.38	15.00	15.00	0	0	0.00
12	Bilge Pump	0.9	2	13.59	10	15.10	11.11	22.22	1	1	11.11
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	0.92	2	27.17	20	29.54	21.74	43.48	0	0	0.00
14	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.85	1	5.43	4	6.39	4.71	4.71	0	0	0.00
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	0.85	4	27.17	20	31.97	23.53	94.12	0	0	0.00
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	0.8	1	20.38	15	25.48	18.75	18.75	0	0	0.00
17	Αντλία Συμπυκνώματος	0.7	1	13.59	10	19.41	14.29	14.29	0	0	0.00
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	16.30	12	19.18	14.12	56.47	1	0.1	1.41
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	2	0.1	1.65
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**456.19**			**41.82**

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxillary)										
20	Αντλία Πυρκαιας	0.75	1	33.97	25	45.29	33.33	33.33	1	1	33.33
21	Sprinkler System	0.9	1	33.97	25	37.74	27.78	27.78	1	1	27.78
22	Air Compressor	0.86	2	13.59	10	15.80	11.63	23.26	1	1	11.63
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	0.85	1	40.76	30	47.95	35.29	35.29	0	0	0.00
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	0.75	1	14.95	11	19.93	14.67	14.67	0	0	0.00
25	Εργάτης Άγκυρας	0.85	1	47.55	35	55.95	41.18	41.18	0	0	0.00
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	0.75	1	19.02	14	25.36	18.67	18.67	0	0	0.00
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη) 20 tn	0.8	1	230.98	170	288.72	212.50	212.50	0	0	0.00
28	Γερανός A Frame (Port) 10 tn	0.85	1	122.28	90	143.86	105.88	105.88	0	0	0.00
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m Hoisting Capacity)	0.85	1	67.93	50	79.92	58.82	58.82	1	0.2	11.76
30	Αντλία κύτους	0.85	1	27.17	20	31.97	23.53	23.53	0	0	0.00
31	Αντλίες γενικής χρήσης	0.8	2	47.55	35	59.44	43.75	87.50	0	0	0.00
32	Εργάτες πρυμνησίων	0.85	2	67.93	50	79.92	58.82	117.65	0	0	0.00
33	Αντλία ποσίμου νερού	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	0	0	0.00
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0.75	1	9.51	7	12.68	9.33	9.33	0	0	0.00
35	Αντλίες υγιεινής	0.75	1	13.59	10	18.12	13.33	13.33	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**836.05**			**84.50**
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης										
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	0.75	1	17.66	13	23.55	17.33	17.33	0	0	0.00
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	0.75	1	20.38	15	27.17	20.00	20.00	0	0	0.00
38	Συμπιεστές κλιματισμού	0.9	4	67.93	50	75.48	55.56	222.22	0	0	0.00
39	Συμπιεστές ψυκτικής	0.85	4	10.87	8	12.79	9.41	37.65	0	0	0.00
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0.85	2	23.10	17	27.17	20.00	40.00	0	0	0.00
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0.7	2	20.38	15	29.11	21.43	42.86	0	0	0.00
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0.7	2	5.43	4	7.76	5.71	11.43	0	0	0.00
43	Αντλίες πόσιμου νερού	0.7	3	5.43	4	7.76	5.71	17.14	0	0	0.00
44	Αντλίες αποχέτευσης	0.7	3	13.59	10	19.41	14.29	42.86	0	0	0.00
45	Αντλίες θερμού νερού	0.7	4	4.08	3	5.82	4.29	17.14	0	0	0.00
46	Συμπιεστής ψύκτη	0.85	1	2.72	2	3.20	2.35	2.35	0	0	0.00
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3 Intarsplit MSH-NF 4048	0.85	3	6.12	4.502	7.20	5.30	15.89	0	0	0.00
48	Καταψύκτες (4 m3 Intarcon Sigilius BSF-QF 7215)	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	0	0	0.00
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0.85	20	1.36	1	1.60	1.18	23.53	0	0	0.00
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0.85	20	2.72	2	3.20	2.35	47.06	0	0	0.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός										
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	0.85	1	271.74	200	319.69	235.29	235.29	0	0	0.00
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	0.9	1	13.59	10	15.10	11.11	11.11	0	0	0.00
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	1	2	1.36	1	1.36	1.00	2.00	0	0	0.00
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	0.9	2	0.14	0.1	0.15	0.11	0.22	0	0	0.00
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες/ Διάφορες Συσκευές	0.85	4	9.51	7	11.19	8.24	32.94	0	0	0.00
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	0.9	10	2.72	2	3.02	2.22	22.22	0	0	0.00
57	Εφεδρική Παροχή	1	2	20.38	15	20.38	15.00	30.00	2	0.1	3.00
58	Sonar	0.9	2	5.43	4	6.04	4.44	8.89	0	0	0.00
59	Ηχοβολιστικά Sonar με Multibeam	0.9	2	6.79	5	7.55	5.56	11.11	0	0	0.00
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	0.9	1	2.45	1.8	2.72	2.00	2.00	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**946.19**			**3.00**

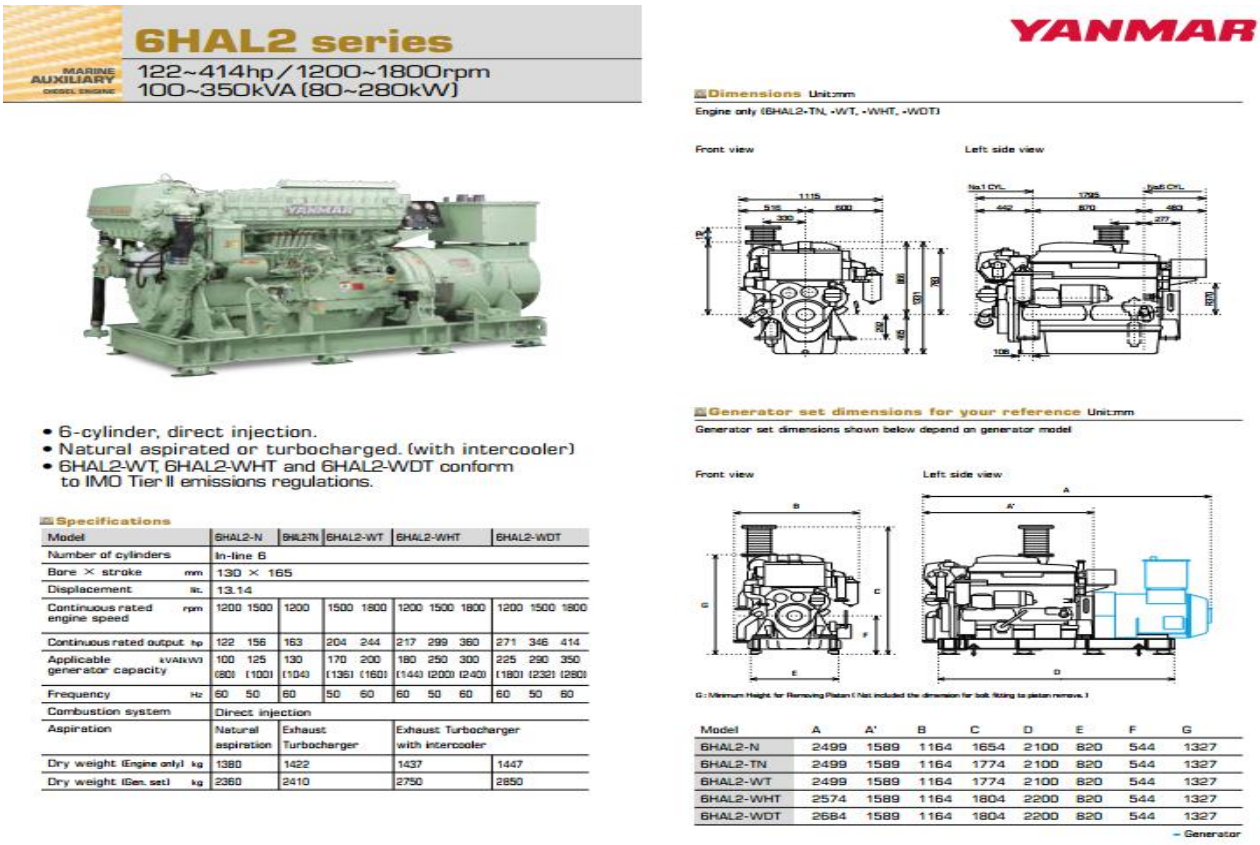
	Συσκευές Μαγειρείου-Galley Equipment										
61	Κουζίνα	1	2	10.87	8	10.87	8.00	8.00	0	0	0.00
62	Εστίες	1	4	6.79	5	6.79	5.00	5.00	0	0	0.00
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	0	0	0.00
64	Εξαεριστήρας	0.85	2	9.51	7	11.19	8.24	7.00	0	0	0.00
65	Πλυντήριο πιάτων	0.85	2	2.72	2	3.20	2.35	2.00	0	0	0.00
66	Διάφορες συσκευές	0.8	7	2.72	2	3.40	2.50	2.00	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**26.00**			**0.00**
	Πίνακες Φωτισμού										
67	Μηχανοστάσιο	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	0	0	0.00
68	Γέφυρα	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	0	0	0.00
69	Χώροι ενδιαίτησης	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	0	0	0.00
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	1	13.59	10	13.59	10.00	10.00	0	0	0.00
71	Καταστρώματος	1	1	6.79	5	6.79	5.00	5.00	0	0	0.00
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	0.6	1	16.30	12	27.17	20.00	20.00	0	0	0.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**55.00**			**0.00**
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα										
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	1	10.87	8	10.87	8.00	8.00	1	1	8.00
74	Navigation Lights	1	1	3.67	2.7	3.67	2.70	2.70	1	1	2.70
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	1	1	1.00
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	1	1	1.00
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	1.36	1	1.36	1.00	1.00	1	1	1.00
78										0	0.00
79	Εφεδρική Παροχή	1	1	9.51	7	9.51	7.00	7.00	1	0.3	2.10
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**20.70**			**15.80**
		Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW)									**145.12**
	Grand Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς (kW) including Propulsion Motors										**145.12**

4.10.2 Επιλογή Emergency Generator

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης του πλοίου, επιλέχθηκε, επίσης, από την κατασκευάστρια εταιρία YANMAR μία γεννήτρια ισχύος 180 kWe .Συγκεκριμένα πρόκειται για την:

YANMAR 6HAL2-WDT 200kW (271 PS) / 180 kWe @ 60Hz/1200rpm

Τα βασικά χαρακτηριστικά της φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί:



6HAL2 series

MARINE AUXILIARY DIESEL ENGINE

122~414hp / 1200~1800rpm
100~350kVA (80~280kW)

- 6-cylinder, direct injection.
- Natural aspirated or turbocharged. (with intercooler)
- 6HAL2-WT, 6HAL2-WHT and 6HAL2-WDT conform to IMO Tier II emissions regulations.

Specifications

Model		6HAL2-N	6HAL2-TN	6HAL2-WT		6HAL2-WHT			6HAL2-WDT		
Number of cylinders		In-line 6									
Bore × stroke	mm	130 × 165									
Displacement	lit.	13.14									
Continuous rated engine speed	rpm	1200	1500	1200	1500	1800	1200	1500	1800	1200	1500	1800
Continuous rated output	hp	122	156	163	204	244	217	299	360	271	346	414
Applicable generator capacity	kVA(kW)	100 (80)	125 (100)	130 (104)	170 (136)	200 (160)	180 (144)	250 (200)	300 (240)	225 (180)	290 (232)	350 (280)
Frequency	Hz	60	50	60	50	60	60	50	60	60	50	60
Combustion system		Direct injection										
Aspiration		Natural aspiration		Exhaust Turbocharger			Exhaust Turbocharger with intercooler					
Dry weight (Engine only)	kg	1380		1422			1437			1447		
Dry weight (Gen. set)	kg	2360		2410			2750			2850		

YANMAR

Dimensions Unit:mm

Engine only (6HAL2-TN, -WT, -WHT, -WDT)

Front view

Left side view

Generator set dimensions for your reference Unit:mm

Generator set dimensions shown below depend on generator model

Front view

Left side view

G : Minimum Height for Removing Piston (Not included the dimension for bolt fitting to piston remove.)

Model	A	A'	B	C	D	E	F	G
6HAL2-N	2499	1589	1164	1654	2100	820	544	1327
6HAL2-TN	2499	1589	1164	1774	2100	820	544	1327
6HAL2-WT	2499	1589	1164	1774	2100	820	544	1327
6HAL2-WHT	2574	1589	1164	1804	2200	820	544	1327
6HAL2-WDT	2684	1589	1164	1804	2200	820	544	1327

– Generator

Πηγή: yanmarmarine.eu

4.11 Συγκεντρωτικά Ποσοστά Φόρτισης Ηλεκτρογεννητριών

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα ποσοστά φόρτισης όλων των επιλεγμένων Γεννητριών πλέον, συμπεριλαμβανομένης της Emergency, όπως αυτά προκύπτουν στην κάθε κατάσταση λειτουργίας του Ωκεανογραφικού, οι Γεννήτριες που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε με τις βασικές διαστάσεις και το βάρος τους, καθώς επίσης και το συνολικό βάρος των Γεννητριών που προκύπτει από το αντίστοιχο άθροισμα.

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά λειτουργίας των Γεννητριών κυμαίνονται άνω του 70%. Το ποσοστό αυτό φόρτισης:

- Εξασφαλίζει την αποδοτική λειτουργία τους,

- Αφήνει σημαντικό περιθώριο ισχύος, σε περίπτωση που χρειαστεί

- Παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης/προσαύξησης/αναβάθμισης του εξοπλισμού του Ωκεανογραφικού (πάντα κατόπιν κατάλληλης ενεργειακής μελέτης βέβαια).

Βάση του πίνακα , μπορούμε πλέον να διακρίνουμε και το ότι οι Γεννήτριες που επιλέχθηκαν μπορούν να τοποθετηθούν στον διαθέσιμο χώρο 8x10.9x3 (m) του Μηχανοστασίου, που περιγράψαμε σε προηγούμενο βήμα.

Επίσης, επειδή το συνολικό βάρος των Γεννητριών 63,02 tn υπερβαίνει το W_{GEN}= 45 tn που προϋπολογίστηκε στην σχεδίαση του πλοίου, θα μειώσουμε κατά 19tn τα πρόσθετα βάρη τα οποία τελικά θα προκύψουν : W_{ADD}=80tn -19tn=61tn.

Ακολουθεί ο πίνακας.

Generators Loading Percentage

CONDITION	SEA GOING	MANEUVRING	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	REST IN PORT	EMERGENCY
TOTAL REQUIRED POWER (kW)	3118.8	1873.75	995	252.8	145.12
DIESEL GENERATORS IN USE	3x1300 kWe	2x1300 kWe	1x1300 kWe	1 x 320 kWe	1 x 180 kWe
TOTAL CAPACITY OF THE GENERATORS (kW)	3900	2600	1300	320	180
AVAILABLE LOAD PERCENTUAL (%)	**79.97**	**72.07**	**76.54**	**79.00**	**80.62**

GENERATORS	Βάρος (kg)	ΜxΠxΥ (mm)
3 x YANMAR 6EY22ALW 1370kW (1863 PS) / 1300 kWe /1625 kVA @ 60Hz /900rpm	18100	5647x1782x2907
1 x YANMAR 6NY16L-UW 355kW (483 PS) / 320 kWe / 400 kVA @ 60Hz/1200rpm	5870	3117x1265x1983
1 x YANMAR 6HAL2-WDT 200kW (271 PS) / 180 kWe / 225 kVA @ 60Hz/1200rpm	2850	2684x1164x1804
Type: 4-Stroke, Diesel , No. of Cylinders : In-Line 6		
Fuel Oil: Marine Diesel Oil / Heavy Fuel Oil (M.D.O / H.F. O	Σύνολο (kg)	63020
	Σύνολο (tn)	63.02

4.12 Η Ευελιξία του Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειώσουμε ότι η εκλογή των 3 πανομοιότυπων ηλεκτρογεννητριών **YANMAR 6EY22ALW/ 1300 kWe @60Hz/900rpm,** δεν βασίστηκε σε τυχαιότητα της επιλογής βάσει των χαρακτηριστικών. Έγινε με σκοπό τη σχεδίαση ενός περισσότερο ευέλικτου συστήματος παραγωγής ενέργειας στο Ωκεανογραφικό ,την αξιοπιστία, και την ελαχιστοποίηση του αριθμού και του είδους των ανταλλακτικών που θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα στο πλοίο.

Επιπλέον, οφείλουμε να επισημάνουμε τον υψηλό βαθμό αξιοπιστίας του συστήματος παραγωγής ενέργειας, που επιτυγχάνεται λόγω του γεγονότος ότι το υπό μελέτη σκάφος θα μπορεί να πλέει, και να εξυπηρετεί όλες του τις ενεργειακές ανάγκες, ακόμα και με 2 από τις 3 γεννήτριες σε λειτουργία. Αυτό, ουσιαστικά, εκμηδενίζει την πιθανότητα βλάβης του Ωκεανογραφικού σε περίπτωση απώλειας μιας εκ των τριών γεννητριών. Αποδεικνύεται δε, ως εξής:

Βάσει της πρόβλεψης αντίστασης, για να πλεύσει το σκάφος με ταχύτητα 13 κόμβων απαιτεί ισχύ πρόωσης στον άξονα, SHP=1171,38 kW.

Αν σε αυτή την ισχύ πρόωσης , προσθέσουμε το Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύ (kW)=788,11 kW (ηλεκτρικές ανάγκες καταναλωτών, εξαιρουμένων των προωστήριων κινητήρων, για την κατάσταση κανονικής πορείας-βλ. Ηλεκτρικός Ισολογισμός στην Κατάσταση Κανονικής Πορείας) θα οδηγηθούμε σε:

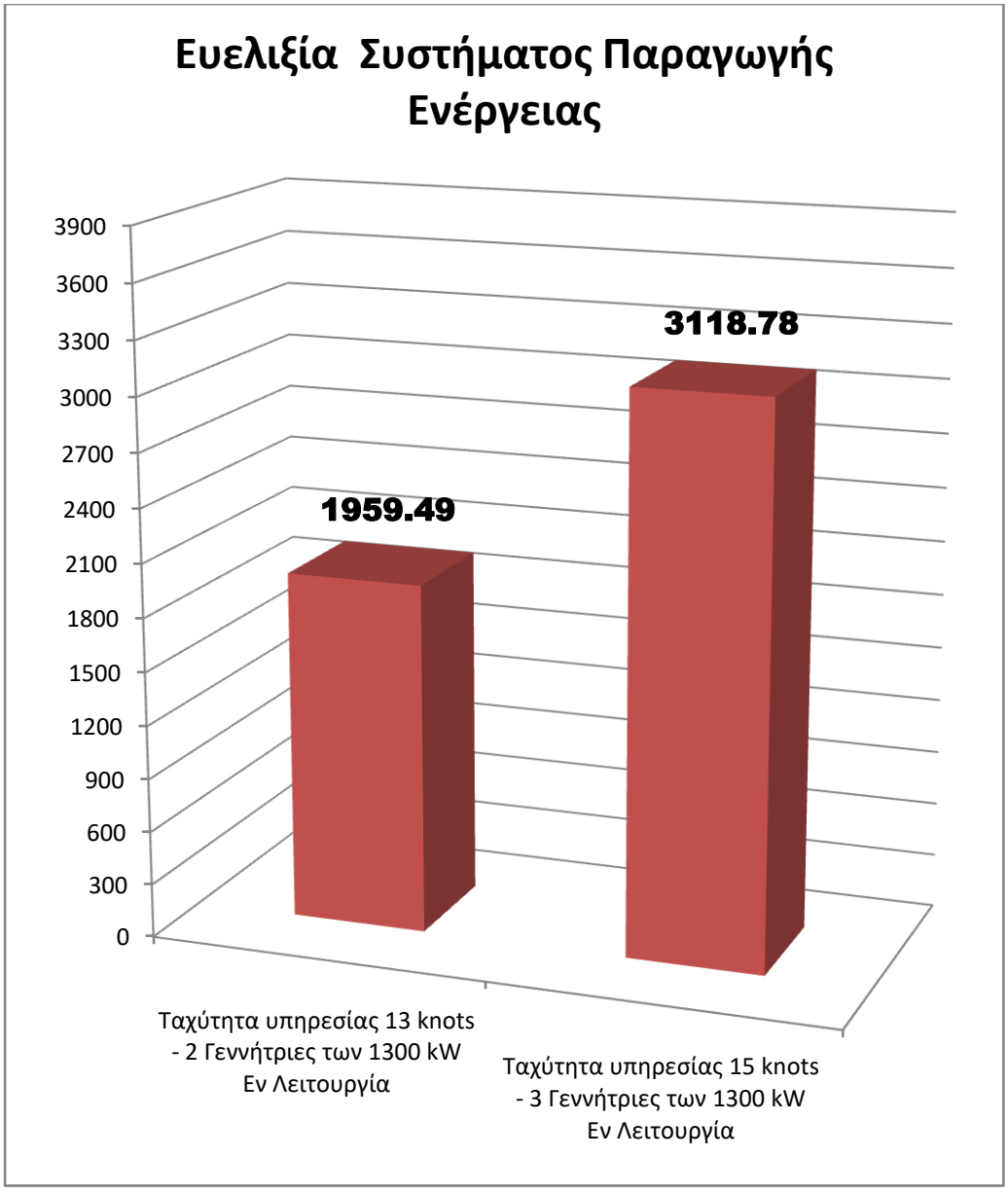
Grand Total Required Electric Power / Συνολική Ισχύς including Propulsion Motors= 1171,38+788,11=**1959,49 kW** .

Το ποσό αυτό της συνολικά ζητούμενης ενέργειας, καλύπτεται πλήρως με δύο γεννήτριες **YANMAR 6EY22ALW/1300 kWe** σε λειτουργία. Συνολικά θα παράγουν ισχύ 2x1300=2600 kW ενώ το αντίστοιχο ποσοστό φόρτισής τους θα είναι :

(1959,49/2600)x100%=**75.37**%, απόλυτα ικανοποιητικό.

Τέλος, με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν το πλοίο να επιτυγχάνει σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμων (θεωρητικά, έως και 30%) εφόσον θα λειτουργούν οι 2 από τις 3 κύριες γεννήτριες, σημειώνοντας μόνο μια απώλεια της τάξεως του 13,33% (2 κόμβων) στην ταχύτητα υπηρεσίας του.

Ακολουθεί παραστατικό διάγραμμα της συγκεκριμένης περίπτωσης.


Ευελιξία Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας
3900
3600
3300
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
1959.49
3118.78
Ταχύτητα υπηρεσίας 13 knots - 2 Γεννήτριες των 1300 kW Εν Λειτουργία
Ταχύτητα υπηρεσίας 15 knots - 3 Γεννήτριες των 1300 kW Εν Λειτουργία

Κεφάλαιο 5

5.1 Επιλογή Καλωδίων Παροχής

Το ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου, όπως αυτό αναπτύχθηκε στους παραπάνω υπολογισμούς , θα λειτουργεί στην περιοχή της χαμηλής τάσης των 690V AC / 60Hz η οποία θα παρέχεται στους προωστήριους κινητήρες και το Bow Thruster και θα υποβιβάζεται, όπου χρειάζεται, μέσω κατάλληλων μετασχηματιστών, σε 440V AC/60Hz για τα Βοηθητικά Πρόωσης, τα Μηχανήματα Καταστρώματος και Χώρων Ενδιαίτησης, και σε 220V AC για την τροφοδοσία των Hotel Loads (Δίκτυο Φωτισμού , Υπολογιστών και άλλων Συσκευών 220V). Η εκλογή των καλωδίων έγινε με γνώμονα την σωστή και απροβλημάτιστη λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης, και οι διαστάσεις αυτών καθορίστηκαν βάσει του φαινομένου της πτώσης τάσεως.

Στο σημείο αυτό, μεσολαβεί μια σύντομη αναφορά στο φαινόμενο της πτώσης τάσεως και στη σημασία του, όσον αφορά την σωστή λειτουργία του εκάστοτε ηλεκτρικού δικτύου.

5.1.1 Πτώση Τάσεως κατά μήκος Αγωγού

Με τον όρο πτώση τάσεως ορίζουμε την ποσότητα των απωλειών στην τιμή της τάσης, η οποία αναπτύσσεται σε ολόκληρο, ή σε μέρος ενός κυκλώματος, λόγω μεσολάβησης-ύπαρξης αντίστασης κατά την πορεία του ρεύματος, η οποία παρέχεται από τα παθητικά του στοιχεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια μέρους της ισχύος της εγκατάστασης , καθώς η ισχύς είναι ανάλογη της τάσης, υπό τη μορφή της έκλυσης θερμότητας.

Στην περίπτωση της μελέτης της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός πλοίου οφείλει να αποδοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στην πτώση τάσεως που δημιουργείται λόγω της αντίστασης των αγωγών του ρεύματος, κυρίως λόγω του αυξημένου μήκους αυτών, με σκοπό αφενός την όσο το δυνατόν λιγότερη σπατάλη ισχύος, και αφετέρου τη σταθερότητα της λειτουργίας των καταναλωτών του. Ειδικά στην περίπτωση των ηλεκτρονικών συσκευών, σημαντικές διακυμάνσεις στην τιμή της τάσης τροφοδοσίας τους, μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή των ευαίσθητων κυκλωμάτων τους και τελικά την ολική καταστροφή τους. Άλλωστε, δεν πρέπει να αμελήσουμε το γεγονός ότι το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό πλοίο θα είναι εξοπλισμένο με σημαντικά μεγάλο αριθμό ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών, υψηλής χρηματικής αξίας, τις οποίες μπορεί να καταστρέψει μέσα σε δευτερόλεπτα ένα ασταθές, κυρίως ως προς την τάση του, ηλεκτρικό δίκτυο. Βέβαια, αν και για την προστασία των εξοπλισμών αυτού του είδους από διαφοροποιήσεις στην τιμή της τάσης, χρησιμοποιούνται σταθεροποιητές τάσης, κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει ένα όσο τη δυνατόν πιο σταθερό και αξιόπιστο ηλεκτρικό δίκτυο χωρίς ιδιαίτερες διακυμάνσεις, ως προς την τιμή της τάσης τουλάχιστον.

Η πτώση τάσης κατά μήκος αγωγού προκύπτει από τον τύπο:

-ΔV= 2*lρI / S , αν πρόκειται για Μονοφασικό Δίκτυο Εναλλασσόμενου Ρεύματος

-ΔV=√3*lρI / S , αν πρόκειται για Τριφασικό Δίκτυο Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Όπου,

l : το απλό μήκος της γραμμής

S : η διατομή του αγωγού

ρ : η ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού,

η οποία μπορεί να είναι:

Στην περίπτωση του Χαλκού (Cu) : ρ = 0,0176 Ω mm2/m

Στην περίπτωση του Αλουμινίου (Al) : ρ = 0,0294 Ω mm2/m

Η **μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης** κατά μήκος μιας γραμμής δίνεται σαν ποσοστό της ονομαστικής τάσης, και σε εγκαταστάσεις πλοίων , κατά τους κανονισμούς του Ελληνικού Νηογνώμονα HRS (Hellenic Register of Shipping) καθορίζεται σε **6%** της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης, για το μέγιστο ρεύμα που μπορούν να μεταφέρουν σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Για τροφοδοσία μέσω μπαταριών , η τάση της οποίας δεν ξεπερνά τα 24 Volts, η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης ορίζεται στο 10%.

5.1.2 Γενικά για τους Ρευματαγωγούς

Οι αγωγοί μέσω των οποίων κυκλοφορεί το ηλεκτρικό ρεύμα, ή απλούστερα, τα καλώδια, που χρησιμοποιούνται στα πλοία, πρέπει να είναι βραδύκαυστα και αποσβενύμμενης καύσης.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικό δίκτυο πλοίου πρέπει να είναι εγκεκριμένου "ναυτικού τύπου" (*πιστοποιημένα από νηογνώμονα*) καθώς οι συνθήκες λειτουργίας τους διαφοροποιούνται σε σχέση με εκείνες σε ένα κλασσικό δίκτυο διανομής στεριάς (π.χ. υγρασία, θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου κ.α.)

Πρέπει να είναι άφλεκτα και στεγανά - σε περίπτωση πυρκαγιάς καταστρέφονται αλλά δεν αναφλέγονται ώστε να μεταδώσουν τη φωτιά.

Σε πλοίο με ηλεκτρολογικό δίκτυο τάσης 690V (πλειοψηφία των περιπτώσεων) χρησιμοποιούνται πιστοποιημένα καλώδια διανομής *600/1000V* (600V ως προς τη γη / 1000V μεταξύ δύο αγωγών)

Οι ρευματαγωγοί κατηγοριοποιούνται σε δύο βασικές κατηγορίες με βάση το σκοπό χρήσης τους:
Εύκαμπτα – σε περιπτώσεις όπου απαιτείται αντοχή του καλωδίου σε επανειλημμένες κάμψεις αυτού, π.χ. ηλεκτρικές φορητές συσκευές

Δύσκαμπτα – σε περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται ευκαμψία του καλωδίου (π.χ. σε κυκλώματα διανομής ηλεκτρικής διανομής), εξαιρετικά ανθεκτικά σε θερμότητα και φλόγα

Ανάλογα με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου δικτύου διανομής που εξυπηρετούν (π.χ. ένταση ρεύματος λειτουργίας) και τις αντίστοιχες συνθήκες λειτουργίας (π.χ. αντίσταση σε υψηλή θερμοκρασία), επιλέγονται με βάση την κατασκευαστική δομή τους

Τα περισσότερα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε πλοία έχουν εξωτερική θωράκιση από *δικτυωτό μεταλλικό πλέγμα* από χάλυβα, ορείχαλκο ή αλουμίνιο

Τα βασικά μέρη που αποτελούν ένα καλώδιο είναι:

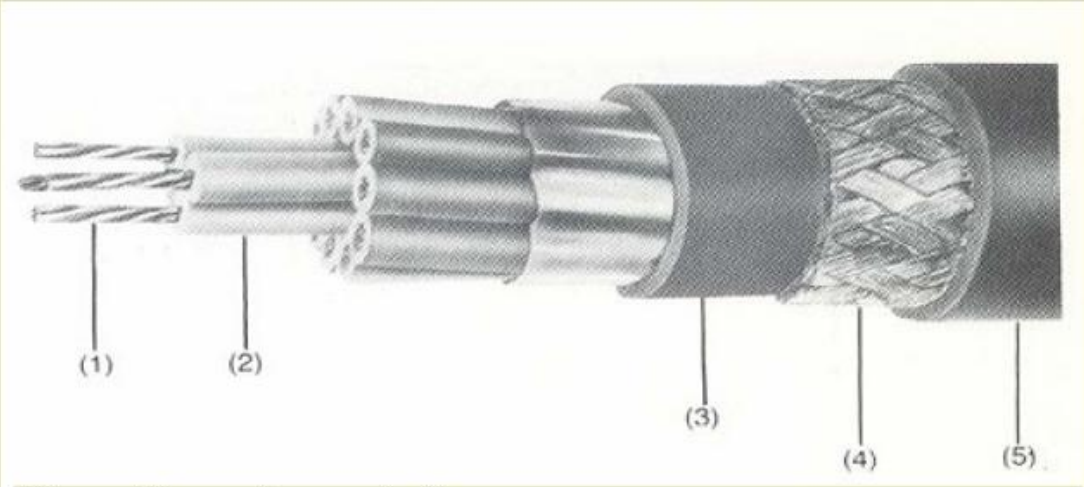
Ηλεκτρικοί αγωγοί -αποτελούνται από χαλκό υψηλής καθαρότητας, ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών χαρακτηρίζονται διπολικά (δύο αγωγοί), τριπολικά (τρείς αγωγοί), κτλ

Μονωτικά υλικά – γενικά αποτελούνται από συνθετικά υλικά (βουτίλιο, σιλικόνη κ.α.) εξασφαλίζουν την ηλεκτρική μόνωση μεταξύ των αγωγών Cu (το PVC το οποίο συναντάται συνήθως σε εγκαταστάσεις διανομής ξηράς, δεν χρησιμοποιείται για μόνωση των αγωγών καθώς παρουσιάζει μικρή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (σημείο τήξης 150 oC)

Παρεμβάσματα – κατάλληλα υλικά για την πλήρωση πιθανών κενών μεταξύ των μονωμένων αγωγών ώστε να εξασφαλίζεται η συμπαγής κυλινδρική δομή του καλωδίου

Προστατευτική επένδυση /θωράκιση – εξασφαλίζει την προστασία του καλωδίου από την υγρασία και πιθανές μηχανικές καταπονήσεις, συνήθως αποτελούνται από δικτυωτό μεταλλικό πλέγμα από χάλυβα, ορείχαλκο ή αλουμίνιο

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται ένα καλώδιο τύπου MGCG της ελληνικής εταιρίας Fulgor Electric Cables.



(1) Ηλεκτρικός αγωγός Cu
(2) Ηλεκτρική μόνωση μεταξύ αγωγών -FPR καουτσούκ
(3) Εσωτερική επένδυση
(4) Θωράκιση καλωδίου Cu
(5) Εξωτερική επένδυση Polychloroprene καουτσούκ

Τα ναυτικά καλώδια και οι μονωμένοι αγωγοί τους πρέπει να είναι αντέχουν τις μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις του μέγιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης που μπορεί να εκδηλωθεί στο σύστημα και να περάσει από αυτά. Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Ελληνικού Νηογνώμονα (HRS Hellenic Register of Shipping) Chapter 6/Part 6, οι μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες, με βάση τη μόνωσή τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Permissible temperature of insulating materials

Insulating Material	Maximum Rated Conductor Temp. °C	Maximum Ambient Temp. °C
Polyvinyl chloride compound (general purpose)	60	50
Polyvinyl chloride compound (heat resisting)	75	65
Natural rubber (heat resisting)	75	65
Butyl rubber	80	70
Ethylenpropylene (EP) rubber	85	75
Silicon rubber	95 (150)	-
Mineral	95 (unlimited)	-

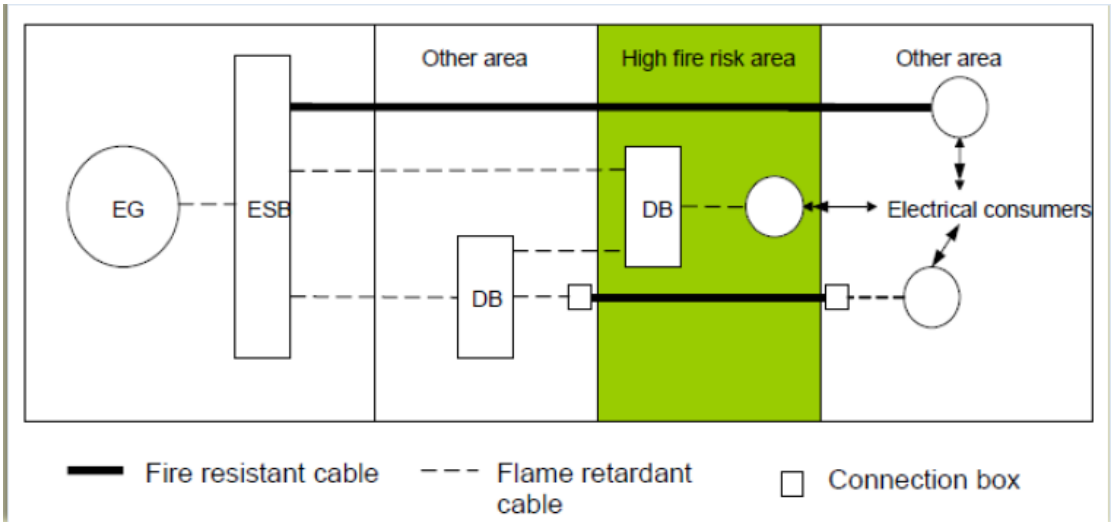
NOTES:
1. The values in parenthesis are permitted when installed where they are not liable to be touched by ship's personnel. In case of silicon rubber cable sheathed with lead, the value in parenthesis is to be reduced to 120°C.
2. Polyvinylchloride compounds of general use are applied to PVC sheathed cords and telephone cables, and polyvinylchloride compounts of heat- resistant are applied to other PVC insulated cables.

Στις εγκαταστάσεις πλοίων, απαιτείται η χρήση χάλκινων αγωγών. Η τοποθέτηση των καλωδίων θα πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να μην είναι εκτεθειμένα σε μηχανικές (οι οποίες εκδηλώνονται σε αμπάρια, ανοιχτά καταστρώματα κλπ) και θερμικές (εκδηλώνονται κοντά σε λέβητες, ζεστούς σωλήνες κλπ) καταπονήσεις. Εάν κάτι τέτοιο δεν μπορεί να αποφευχθεί τότε θα πρέπει να προστατεύονται με ειδική θωράκιση μεταλλικού πλέγματος ή να οδηγούνται μέσω σωλήνων.

Επίσης, στην περίπτωση των καταναλωτών που πρέπει να έχουν διπλή τροφοδοσία για λόγους ασφαλείας, οι διαδρομές των καλωδίων αυτής της ίδιας τροφοδοσίας, θα πρέπει να βρίσκονται όσο πιο μακριά γίνεται το ένα από το άλλο.

Όσον αφορά στα καλώδια τροφοδοσίας των καταναλωτών έκτακτης ανάγκης, θα πρέπει να μην διασχίζουν ζώνες πυρκαγιάς που περιέχουν την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος. Το ίδιο ισχύει και για τα καλώδια παροχής της αντλίας πυρκαγιάς. Σε περίπτωση που οδηγούνται μέσω περιοχής υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς, θα πρέπει να είναι πυράντοχα (να έχουν την ικανότητα να διατηρούν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους σε περίπτωση πυρκαγιάς).

Επιπλέον, τα καλώδια με τα οποία συνδέονται οι ουσιώδεις καταναλωτές και οι καταναλωτές έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να μην οδηγούνται μέσα από χώρους κουζίνας, πλυντηρίων, μηχανοστάσια κατηγορίας Α και άλλες περιοχές υψηλού κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς. Αν κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο πρέπει να χρησιμοποιούνται πυράντοχα (fire resistant) ή έστω βραδύκαυστα (flame retardant) καλώδια, όπως φαίνεται στο υποδειγματικό διάγραμμα του HRS παρακάτω.



5.1.3 Σχετικά με τον Υπολογισμό της έντασης των καλωδίων παροχής

Αρχικά, όπως ορίζεται, στην επιλογή των διατομών των καλωδίων των καταναλωτών χρησιμοποιούνται τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του καταναλωτή (η τάση, η ονομαστική ισχύς, και ο συντελεστής ισχύος).

Βάσει των ονομαστικών αυτών χαρακτηριστικών υπολογίζεται η Ένταση Ρεύματος Γραμμής $\mathbf{I}_{\gamma}$, το οποίο στην εναλλασσόμενη παροχή, της περίπτωσής μας, προκύπτει ως εξής:

Για μονοφασική παροχή:

$$I_{\gamma}[A] = \frac{P_{ον.απορροφ.}[W]}{V[Volt] \cdot cos\varphi}$$

Για τριφασική παροχή:

$$I_{\gamma}[A] = \frac{P_{ον.απορροφ.}[W]}{\sqrt{3} \cdot V[Volt] \cdot cos\varphi}$$

Όπου:

$P_{ον.απορροφ.}$ (W) : η ονομαστική απορροφημένη ισχύς,

V (Volt): η ονομαστική τάση του καταναλωτή, και

cosφ : ο ονομαστικός συντελεστής ισχύος.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η Ένταση Ρεύματος Ι που απαιτείται για τον προσδιορισμό της διατομής του καλωδίου, και η οποία ορίζεται, ανά περίπτωση, ως εξής:

α) γραμμή φωτισμού και γενικά ωμικού φορτίου:

I=Iγ

β) γραμμή που τροφοδοτεί έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς λειτουργίας:

I= 1,25 x Iγ

Ακολουθεί ο προσδιορισμός της κατάλληλης απαιτούμενης διατομής των αγωγών , σε mm^2 , και το πλήθος των αγωγών με τη διατομή τους.

Ενδεικτικά, παρατίθεται ο πίνακας 6.1.2 του HRS για την επιλογή καλωδίων παροχής.

Οι τιμές αναφέρονται σε συνεχή λειτουργία (continuous service) και περιβάλλουσα θερμοκρασία 45 °C .

Επίσης, στον πίνακα 6.1.3 του κανονισμού, αναγράφονται οι συντελεστές διόρθωσης για κάθε τύπο καλωδίου στην περίπτωση που η περιβάλλουσα θερμοκρασία είναι διάφορη των 45 °C.

Ακολουθούν οι εν λόγω πίνακες:

Table 6.1.2: Current rating of lighting and power cables under continuous service

Current rating in amperes (based on ambient temperature 45°C)												
Nominal cross-section (mm^2)	General purpose rubber and PVC, operating temperature 60°C			Heat resisting PVC operating temperature 75°C			Butyl, operating temperature 80°C			Ethylene propelene rubber, operating temperature 85°C		
	Single core	2 cores	3 cores	Single core	2 cores	3 cores	Single core	2 cores	3 cores	Single core	2 cores	3 cores
1	8	7	6	13	11	9	15	13	11	16	14	11
1,5	12	10	8	17	14	12	19	16	13	20	17	14
2,5	17	14	12	24	20	17	26	22	18	28	24	20
4	22	19	15	32	27	22	35	30	25	38	32	27
6	29	25	20	41	35	29	45	38	32	48	41	34
10	40	34	28	57	48	40	63	54	44	67	57	47
16	54	46	38	76	65	53	84	71	59	90	77	63
25	71	60	50	100	85	70	110	94	77	120	102	84
35	87	74	61	125	106	88	140	119	98	145	123	102
50	105	89	74	150	128	105	165	140	116	180	153	126
70	135	115	95	190	162	133	215	183	151	225	191	158
95	165	140	116	230	196	161	260	221	182	275	234	193
120	190	162	133	270	230	189	300	255	210	320	272	224
150	220	187	154	310	264	215	340	289	238	365	310	256
185	250	213	175	350	298	245	390	332	273	415	353	291
240	290	247	203	415	353	291	460	391	322	490	417	343
300	335	285	235	475	404	333	530	450	371	560	476	392

NOTE:
Where more than six cables belonging to the same circuit are bunched together , a correction factor of 0,85 is to be applied.

Table 6.1.3: Correction factor of current rating of cables for ambient temperature

Insulation	Correction factor for ambient temperature			
	40°C	45°C	50°C	55°C
Polyvinyl chloride (general purpose)	1,15	1	0,82	-
Natural rubber (heat resisting) and polyvinyl chloride (heat resisting)	1,08	1	0,91	0,82
Butyl rubber	1,07	1	0,93	0,85
Ethylenepropylene (EP)	1,06	1	0,94	0,87
Mineral and silicon rubber	1,05	1	0,95	0,89

Στη συνέχεια, το μήκος των καλωδίων υπολογίζεται κατά προσέγγιση βάσει του Σχεδίου Γενικής του πλοίου, και η πτώση τάσεως βάσει του ορισμού της που αναφέραμε παραπάνω.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της Μέγιστης Επιτρεπόμενης Πτώσης Τάσης, όπως επίσης αναφέραμε πρωτίστως, στο 6% επί της ονομαστικής τάσης λειτουργίας.

Βάσει των παραπάνω καταστρώθηκε ο Υπολογισμός των Διατομών των Καλωδίων Παροχής για το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό Πλοίο, σε συνδυασμό με τις ακόλουθες παραδοχές:

-Ο συντελεστής ισχύος είναι 0,85 για τους κινητήρες και 1,00 για τα ωμικά φορτία.

-Συσκευές – παροχές όπως θερμαντήρες 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 mm^2 από τον Πίνακα 6.1.2 δεν χρησιμοποιήθηκε - επιλέχθηκε αντί αυτής η διατομή 1,5 mm^2.

-Επιλέξαμε πολύκλωνα καλώδια (3-cores) για μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 85 ^oC (τελευταία στήλη του πίνακα 6.1.2)

-Για τους Κινητήρες Πρόωσης και το Bow Thruster, όπου θα αναπτύσσονται εντάσεις ρεύματος της τάξης των 2 kA και 1 kA αντίστοιχα , επιλέχθηκε δέσμη μονόκλωνων καλωδίων.

- Η ειδική αντίσταση των χάλκινων αγωγών, έχει ληφθεί ίση με 0,0176 $\Omega \cdot mm^2/m$.

- Σε όλες τις περιπτώσεις ικανοποιείται το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης τάσης (6%). Όπου βρεθήκαμε εκτός ορίων πτώσης τάσης, προβήκαμε σε αύξηση της διατομής μέχρι να ικανοποιηθεί το κριτήριο του 6%.

Επιπλέον, στο τέλος κάθε στήλης και στο τέλος του πίνακα έχουν υπολογισθεί τα μερικά και τελικά σύνολα, αντιστοίχως, προκειμένου να αποτυπωθεί μια εικόνα αναφορικά με:

-τη συνολική ονομαστική ισχύ των καταναλωτών του πλοίου

-τη συνολική ένταση Ρεύματος που διαρρέει το σύνολο των αγωγών

-το συνολικό μήκος των αγωγών του πλοίου, ανεξαρτήτου διατομής

Πριν την παράθεση των πινάκων, αναφέρουμε ότι ο τύπος των καλωδίων που επιλέξαμε είναι MGCG, από την κατασκευάστρια εταιρία Lange Marine Cables, και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα:

MGCG 0.6/1KV

Marine Power Cables (screen/armour) 0.6/1KV

Standards : DIN 89158

Design

1.Conductor:Annealed Stranded Bare Copper,Class 2
2.Insulation:HEPR (Crosslinked Hard grade Ethylene Propylene)
3.Filler or Tape
4.Armour:Separator tape/Bare copper braid/Separator tape
5.Sheath:Cross linked polychloroprene rubber

Electrical Characteristics

*Rated Voltage Uo/U(Um)	600/1000V
*Test Voltage	3500V

Usage Characteristics

*Minimum installation temperature	–10 °C
*Minimum operating temperature	–35 °C
*Short-circuit max.conductor temperature	250 °C
*Max.conductor temperature in service	85 °C
*Flame Retardant	IEC 60332-3 Cat. A
*Smoke Density	IEC 61034
*Electro magnetic interference resistance	Yes
*Gases Corrosivity	IEC 60754-2
*Gases Toxicity	No toxicity to IEC 60754-1

Minimum Internal Bending Radius

*For overall diameter of cables ⩽ 25mm	4xcable diameter
*For overall diameter of cables > 25mm	6xcable diameter

Applications

*For fixed installations on ships and offshore-units in all locations.
*Good copper braid screening quality reduce radio interferences and electrical in fluences to electronic installation.

Παρατίθενται, συγκεντρωτικά, οι Πίνακες:

Καταναλωτής	Πλήθος Καταναλωτών	Ονομαστική Ισχύς / Nominal Power	Τάση	cosf	Ένταση Ρεύματος Γραμμής $I_γ$	Ένταση Ρεύματος I	Διατομή Αγωγού	Πλήθος Αγωγών-Διατομή/Number of Cores-Nominal Cross Section	Μήκος Ρευματαγωγού	Πτώση Τάσεως / Voltage Drop	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Πτώση Τάσεως / Max Allowable Voltage Drop (IEEE Std45-2002)	Fuse Rating/Μέγεθος Ασφάλειας
	N										*Υπολογισμένη στο 6%*	
		kW	Volt		A	A	mm^2		m	Volt	Volt	A
Προωστήριοι Κινητήρες												
No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	1200	690	0.8	1255.15	1,568.93	720	3x(3x240)	30	2.66	41.4	1500
No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	1200	690	0.8	1255.15	1,568.93	720	3x(3x240)	30	2.66	41.4	1500
Bow Thruster Schottel STT1 with Electric Motor	1	500	690	0.8	522.98	653.72	300	3x(2x150)	65	5.77	41.4	700
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**2900**			**3033.269739**	**3,791.59**			**125**			
Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)												
Steering Motor	4	38	440	0.8	62.33	77.91	25	3x25	30	3.81	26.4	80
Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	2	1	440	0.8	1.64	2.05	1.5	3x1.5	30	1.67	26.4	16
Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	2	2.5	440	0.8	4.10	5.13	1.5	3x1.5	30	4.18	26.4	16
Standby Air Compressor SU	2	2	440	0.8	3.28	4.10	1.5	3x1.5	30	3.34	26.4	16
Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	3	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	20	4.68	26.4	50
Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	3	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	20	4.68	26.4	35
Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	3	4.5	440	0.8	7.38	9.23	1.5	3x1.5	20	5.01	26.4	16
Θερμαντήρες Καυσίμου	2	15	440	1	34.09	34.09	6	3x6	14	4.05	26.4	35
Fuel oil circulating Pump	2	14	440	0.8	22.96	28.70	6	3x6	14	2.73	26.4	35
Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	1	12	440	0.8	19.68	24.60	4	3x4	14	3.51	26.4	25
Αντλία Έρματος/Ballast Pump	2	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	10	2.09	26.4	25
Bilge Pump	2	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	10	2.09	26.4	50
Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	2	20	440	0.8	32.80	41.01	10	3x10	10	1.67	26.4	25
Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	4	440	0.8	6.56	8.20	1.5	3x1.5	20	4.45	26.4	16
Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	4	20	440	0.8	32.80	41.01	10	3x10	10	1.67	26.4	50
Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	15	440	0.8	24.60	30.75	6	3x6	20	4.18	26.4	35
Αντλία Συμπυκνώματος	1	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	20	4.18	26.4	25
Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	12	440	0.8	19.68	24.60	4	3x4	10	2.51	26.4	25
Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	10	2.34	26.4	20
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**167.5**			**355.58**	**435.95**			**342**			

Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)												
Αντλία Πυρκαιας	1	25	440	0.8	41.01	51.26	16	3x16	20	2.61	26.4	63
Sprinkler System	1	25	440	0.8	41.01	51.26	16	3x16	25	3.26	26.4	63
Air Compressor	2	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	30	6.26	26.4	25
Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	1	30	440	0.8	49.21	61.51	35	3x35	20	1.43	26.4	100
Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	1	11	440	0.8	18.04	22.55	4	3x4	20	4.59	26.4	25
Εργάτης Άγκυρας	1	35	440	0.8	57.41	71.76	25	3x25	75	8.77	26.4	80
Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	1	14	440	0.8	22.96	28.70	6	3x6	50	9.74	26.4	35
Γερανός A Frame (Πρύμνη)	1	170	440	0.8	278.84	348.55	150	3x(1x150)	25	2.37	26.4	350
Γερανός A Frame (Port)	1	90	440	0.8	147.62	184.53	95	3x95	35	2.77	26.4	200
Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	1	50	440	0.8	82.01	102.52	50	3x50	40	3.34	26.4	125
Αντλία κύτους	1	20	440	0.8	32.80	41.01	10	3x10	20	3.34	26.4	50
Αντλίες γενικής χρήσης	2	35	440	0.8	57.41	71.76	25	3x25	20	2.34	26.4	80
Εργάτες πρυμνησίων	2	50	440	0.8	82.01	102.52	50	3x50	40	3.34	26.4	125
Αντλία ποσίμου νερού	1	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	25	5.22	26.4	25
Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	1	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	25	5.85	26.4	20
Αντλίες υγιεινής	1	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	30	6.26	26.4	25
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**592**			**971.03**	**1,213.78**			**500**			
Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης												
Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	1	13	440	0.8	21.32	26.65	4	3x4	25	6.79	26.4	25
Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	1	15	440	0.8	24.60	30.75	6	3x6	25	5.22	26.4	35
Συμπιεστές κλιματισμού	4	50	440	0.8	82.01	102.52	50	3x50	40	3.34	26.4	125
Συμπιεστές ψυκτικής	4	8	440	0.8	13.12	16.40	2.5	3x2.5	40	10.69	26.4	20
Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	2	17	440	0.8	27.88	34.86	10	3x10	40	5.68	26.4	50
Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	2	15	440	0.8	24.60	30.75	6	3x6	40	8.35	26.4	35
Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	2	4	440	0.8	6.56	8.20	1.5	3x1.5	40	8.91	26.4	16
Αντλίες πόσιμου νερού	3	4	440	0.8	6.56	8.20	1.5	3x1.5	25	5.57	26.4	16
Αντλίες αποχέτευσης	3	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	25	5.22	26.4	25
Αντλίες θερμού νερού	4	3	440	0.8	4.92	6.15	1.5	3x1.5	25	4.18	26.4	16
Συμπιεστής ψύκτη	1	2	440	0.8	3.28	4.10	1.5	3x1.5	50	5.57	26.4	16
Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	3	4.502	440	0.8	12.79	15.99	2.5	3x2.5	50	13.03	26.4	20
Καταψύκτες	4	7	440	0.8	19.89	24.86	4	3x4	50	12.66	26.4	25
Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	20	1	440	0.8	2.84	3.55	1.5	3x1.5	50	4.82	26.4	16
Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	20	2	440	0.8	5.68	7.10	1.5	3x1.5	70	13.50	26.4	16
Επιστημονικός Εξοπλισμός												
200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	1	200	440	0.8	568.18	710.23	370	3x(2x185)	25	1.95	26.4	800
Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	1	10	440	0.8	28.41	35.51	10	3x10	30	4.34	26.4	50
Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	2	1	440	0.8	2.84	3.55	1.5	3x1.5	40	3.86	26.4	16
Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	2	0.1	440	0.8	0.28	0.28	1.5	3x1.5	40	0.39	26.4	16
Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	4	7	440	0.8	19.89	24.86	4	3x4	40	10.13	26.4	25
Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	10	2	440	0.8	5.68	7.10	1.5	3x1.5	50	9.64	26.4	16
Εφεδρική Παροχή	2	15	440	0.8	42.61	53.27	16	3x16	40	5.42	26.4	63
Sonar	2	4	440	1	9.09	9.09	1.5	3x1.5	60	18.52	26.4	16
Ηχοβολιστικό με Multibeam	1	5	440	1	11.36	11.36	2.5	3x2.5	60	13.89	26.4	20
Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	1	1.8	440	1	4.09	4.09	1.5	3x1.5	60	8.33	26.4	16
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**401.402**			**964.92**	**1,199.94**			**1040**			

Συσκευές Μαγειρείου													
Κουζίνα	2	8	440	1	18.18	18.18	2.5	3x2.5	50	18.52	26.4	20
Εστίες	4	5	440	1	11.36	11.36	1.5	3x1.5	50	19.29	26.4	16
Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	2	2	440	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	50	7.72	26.4	16
Εξαεριστήρας	2	7	440	1	15.91	15.91	2.5	3x2.5	50	16.20	26.4	20
Πλυντήριο πιάτων	2	2	220	1	9.09	9.09	2.5	3x2.5	50	9.26	13.2	20
Διάφορες συσκευές	7	2	220	1	9.09	9.09	2.5	3x2.5	50	9.26	13.2	20
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**26**			**68.18181818**	**68.18**			**300**			
Πίνακες Φωτισμού												
Μηχανοστάσιο	1	5	220	1	22.73	22.73	4	3x4	10	2.89	13.2	25
Γέφυρα	1	5	220	1	22.73	22.73	6	3x6	50	9.64	13.2	35
Χώροι ενδιαίτησης	1	10	220	1	45.45	45.45	35	3x35	30	1.98	13.2	100
Επιστημονικά Εργαστήρια	1	10	220	1	45.45	45.45	35	3x35	35	2.31	13.2	100
Καταστρώματος	1	5	220	1	22.73	22.73	4	3x4	25	7.23	13.2	25
Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computer	1	20	220	1	90.91	90.91	35	3χ35	35	4.63	13.2	100
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**55**			**250**	**250.00**			**185**			
Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα												
Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	1	8	220	1	36.36	36.36	10	3x10	40	7.41	13.2	50
Navigation Lights	1	2.7	220	1	12.27	12.27	2.5	3x2.5	40	10.00	13.2	20
EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	220	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	30	4.63	13.2	16
EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	220	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	20	3.09	13.2	16
OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	220	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	25	3.86	13.2	16
Εφεδρική Παροχή	1	7	220	1	31.82	31.82	6	3x6	30	8.10	13.2	35
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**20.7**			**94.09090909**	**94.09**			**185**			
Γεννήτριες Diesel και Μετασχηματιστές												
No 1 Diesel Generator	1	1400	690	0.8	2536.23	3,804.35	1800	3x(6x300)	10	0.72	41.4	
No 2 Diesel Generator	1	1400	690	0.8	2536.23	3,804.35	1800	3x(6x300)	10	0.72	41.4	
No 3 Diesel Generator	1	1400	690	0.8	2536.23	3,804.35	1800	3x(6x300)	10	0.72	41.4	
Harbour Diesel Generator	1	353	440	0.8	1002.84	1,504.26	900	3x(3x300)	10	0.57	26.4	
Emergency Diesel Generator	1	200	440	0.8	568.18	852.27	480	3x(2x240)	20	1.21	26.4	
No 1 Transformer 690->440 V	1	900	690	1	1304.35	1,956.52	1200	3x(4x300)	20	1.11	41.4	
No 2 Transformer 690->440 V	1	900	690	1	1304.35	1,956.52	1200	3x(4x300)	20	1.11	41.4	
No 3 Transformer 440->220 V	1	70	440	1	159.09	238.64	95	3x95	20	1.71	26.4	
No 4 Transformer 440->220 V	1	70	440	1	159.09	238.64	95	3x95	20	1.71	26.4	
No 5 Emergency Transformer 440->220 V	1	30	440	1	68.18	102.27	25	3x25	30	4.17	26.4	
No 6 Emergency Transformer 440->220 V	1	30	440	1	68.18	102.27	25	3x25	30	4.17	26.4	
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**6753**			**12242.95949**	**18,364.44**			**200**			
Grand Total/Τελικό Σύνολο - Άθροισμα		**10937**			**17980.03**	**25,417.97**			**2877**			

5.2 Υπολογισμός Βάρους και Μήκους Ρευματαγωγών

Το Βάρος που προστίθεται στον εξοπλισμό του πλοίου λόγω της μάζας των καλωδίων διαδραματίζει ιδιαίτερο ρόλο, ειδικά στην περίπτωση αυτών με Ηλεκτρική Πρόωση, όπως στη περίπτωση του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού.

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μία εκτίμηση του συνολικού απαιτούμενου βάρους των ρευματαγωγών που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε. Το ειδικό βάρος του κάθε καλωδίου εξαρτάται από τη διατομή του, τα υλικά μόνωσης και θωράκισης των αγωγών του και από την ποιότητα των υλικών που η κατασκευάστρια εταιρία επιλέγει για τα καλώδιά της. Στους παρακάτω πίνακες εκτίθενται αναλυτικά τα εκτιμώμενα μήκη και βάρη των ρευματαγωγών του Ωκεανογραφικού, ανά καταναλωτή και ομάδα καταναλωτών, ανά διατομή και συνολικά. Το ειδικό βάρος των καλωδίων ανά διατομή προέκυψε από πίνακες της κατασκευάστριας εταιρίας οι οποίοι επισυνάπτονται ,μεταξύ άλλων, στο τέλος της παρούσας εργασίας.

Σε αυτό το σημείο, οφείλουμε να σημειώσουμε ότι το συνολικό βάρος επιδέχεται ένα ποσοστό σφάλματος καθότι υπολογίστηκε βάσει του απαιτούμενου μήκος του κάθε καλωδίου, το οποίο προέκυψε από εκτίμηση της πιθανής θέσης των καταναλωτών επί του Σχεδίου Γενικής Διάταξης του Ωκεανογραφικού. Σε γενικές γραμμές φροντίσαμε να υπερβάλλουμε , σε μικρό βαθμό, και εντός των ορίων του σφάλματος, πάντα, στην εκτίμηση του μήκους των καλωδίων, καθότι στην περίπτωση που εξετάζουμε είναι προτιμότερη μία υπερεκτίμηση παρά μία υποεκτίμηση του αναφερόμενου βάρους.

Στις σελίδες που ακολουθούν, παρατίθενται οι Πίνακες.

α/α	Καταναλωτής	Πλήθος Καταναλωτών	Διατομή Αγωγού	Πλήθος Αγωγών-Διατομή/Number of Cores-Nominal Cross Section	Μήκος Ρευματαγωγού (Για κάθε έναν καταναλωτή)	Ολικό Μήκος Ρευματαγωγού (Για όλους τους καταναλωτές)	Ειδικό Βάρος Καλωδίου /Cable's Specific Weight	Ολικό Βάρος Καλωδίων / Cable Total Weight
		N						
			mm2		m	m	kg/m	kg
	Προωστήριοι Κινητήρες							
1	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	720	3x(3x240)	30	30	24.93	747.9
2	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	720	3x(3x240)	30	30	24.93	747.9
3	Bow Thruster Schottel STT1 with Electric Motor	1	300	3x(2x150)	65	65	10.5	682.5
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**2178.3**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)							
4	Steering Motor	4	25	3x25	30	120	1.28	153.6
5	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans	2	1.5	3x1.5	30	60	0.21	12.6
6	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	2	1.5	3x1.5	30	60	0.21	12.6
7	Standby Air Compressor SU	2	1.5	3x1.5	30	60	0.21	12.6
8	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	3	4	3x4	20	60	0.33	19.8
9	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	3	4	3x4	20	60	0.33	19.8
10	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	3	1.5	3x1.5	20	60	0.21	12.6
11	Θερμαντήρες Καυσίμου	2	6	3x6	14	28	0.45	12.6
12	Fuel oil circulating Pump	2	6	3x6	14	28	0.45	12.6
13	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	1	4	3x4	14	14	0.33	4.62
14	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	2	4	3x4	10	20	0.33	6.6
15	Bilge Pump	2	4	3x4	10	20	0.33	6.6
16	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	2	10	3x10	10	20	0.62	12.4
17	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	1.5	3x1.5	20	20	0.21	4.2
18	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	4	10	3x10	10	40	0.62	24.8
19	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	6	3x6	20	20	0.45	9
20	Αντλία Συμπυκνώματος	1	4	3x4	20	20	0.33	6.6
21	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	4	3x4	10	40	0.33	13.2
22	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	2.5	3x2.5	10	40	0.26	10.4
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**367.22**
	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)							
23	Αντλία Πυρκαιας	1	16	3x16	20	20	0.87	17.4
24	Sprinkler System	1	16	3x16	25	25	0.87	21.75
25	Air Compressor	2	4	3x4	30	60	0.33	19.8
26	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	1	35	3x35	20	20	1.68	33.6
27	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	1	4	3x4	20	20	0.33	6.6
28	Εργάτης Άγκυρας	1	25	3x25	75	75	1.28	96
29	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	1	6	3x6	50	50	0.45	22.5
30	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	1	150	3x(1χ150)	75	75	1.75	131.25
31	Γερανός A Frame (Port)	1	95	3x95	35	35	4.05	141.75
32	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	1	50	3x50	40	40	2.18	87.2
33	Αντλία κύτους	1	10	3x10	20	20	0.62	12.4
34	Αντλίες γενικής χρήσης	2	25	3x25	20	40	1.28	51.2
35	Εργάτες πρυμνησίων	2	50	3x50	40	80	2.18	174.4
36	Αντλία ποσίμου νερού	1	4	3x4	25	25	0.33	8.25
37	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	1	2.5	3x2.5	25	25	0.26	6.5
38	Αντλίες υγιεινής	1	4	3x4	30	30	0.33	9.9
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**840.5**

α/α	Καταναλωτής	Πλήθος Καταναλωτών	Διατομή Αγωγού	Πλήθος Αγωγών-Διατομή/Number of Cores-Nominal Cross Section	Μήκος Ρευματαγωγού (Για κάθε έναν καταναλωτή)	Ολικό Μήκος Ρευματαγωγού (Για όλους τους καταναλωτές)	Ειδικό Βάρος Καλωδίου /Cable's Specific Weight	Ολικό Βάρος Καλωδίων / Cable Total Weight
		N						
			mm2		m	m	kg/m	kg
	Προωστήριοι Κινητήρες							
1	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	720	3x(3x240)	30	30	24.93	747.9
2	No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	720	3x(3x240)	30	30	24.93	747.9
3	Bow Thruster Schottel STT1 with Electric Motor	1	300	3x(2x150)	65	65	10.5	682.5
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**2178.3**
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)							
4	Steering Motor	4	25	3x25	30	120	1.28	153.6
5	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans	2	1.5	3x1.5	30	60	0.21	12.6
6	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	2	1.5	3x1.5	30	60	0.21	12.6
7	Standby Air Compressor SU	2	1.5	3x1.5	30	60	0.21	12.6
8	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	3	4	3x4	20	60	0.33	19.8
9	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	3	4	3x4	20	60	0.33	19.8
10	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	3	1.5	3x1.5	20	60	0.21	12.6
11	Θερμαντήρες Καυσίμου	2	6	3x6	14	28	0.45	12.6
12	Fuel oil circulating Pump	2	6	3x6	14	28	0.45	12.6
13	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	1	4	3x4	14	14	0.33	4.62
14	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	2	4	3x4	10	20	0.33	6.6
15	Bilge Pump	2	4	3x4	10	20	0.33	6.6
16	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	2	10	3x10	10	20	0.62	12.4
17	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	1.5	3x1.5	20	20	0.21	4.2
18	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	4	10	3x10	10	40	0.62	24.8
19	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	6	3x6	20	20	0.45	9
20	Αντλία Συμπυκνώματος	1	4	3x4	20	20	0.33	6.6
21	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	4	3x4	10	40	0.33	13.2
22	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	2.5	3x2.5	10	40	0.26	10.4
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**367.22**

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)							
23	Αντλία Πυρκαιας	1	16	3x16	20	20	0.87	17.4
24	Sprinkler System	1	16	3x16	25	25	0.87	21.75
25	Air Compressor	2	4	3x4	30	60	0.33	19.8
26	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	1	35	3x35	20	20	1.68	33.6
27	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	1	4	3x4	20	20	0.33	6.6
28	Εργάτης Άγκυρας	1	25	3x25	75	75	1.28	96
29	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	1	6	3x6	50	50	0.45	22.5
30	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	1	150	3x(1χ150)	75	75	1.75	131.25
31	Γερανός A Frame (Port)	1	95	3x95	35	35	4.05	141.75
32	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	1	50	3x50	40	40	2.18	87.2
33	Αντλία κύτους	1	10	3x10	20	20	0.62	12.4
34	Αντλίες γενικής χρήσης	2	25	3x25	20	40	1.28	51.2
35	Εργάτες πρυμνησίων	2	50	3x50	40	80	2.18	174.4
36	Αντλία ποσίμου νερού	1	4	3x4	25	25	0.33	8.25
37	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	1	2.5	3x2.5	25	25	0.26	6.5
38	Αντλίες υγιεινής	1	4	3x4	30	30	0.33	9.9
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**840.5**
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης							
39	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	1	4	3x4	25	25	0.33	8.25
40	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	1	6	3x6	25	25	0.45	11.25
41	Συμπιεστές κλιματισμού	4	50	3x50	40	160	2.18	348.8
42	Συμπιεστές ψυκτικής	4	2.5	3x2.5	40	160	0.26	41.6
43	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	2	10	3x10	40	80	0.62	49.6
44	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	2	6	3x6	40	80	0.45	36
45	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	2	1.5	3x1.5	40	80	0.21	16.8
46	Αντλίες πόσιμου νερού	3	1.5	3x1.5	25	75	0.21	15.75
47	Αντλίες αποχέτευσης	3	4	3x4	25	75	0.33	24.75
48	Αντλίες θερμού νερού	4	1.5	3x1.5	25	100	0.21	21
49	Συμπιεστής ψύκτη	1	1.5	3x1.5	50	50	0.21	10.5
50	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	3	2.5	3x2.5	50	150	0.26	39
51	Καταψύκτες	4	4	3x4	50	200	0.33	66
52	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	20	1.5	3x1.5	50	1000	0.21	210
53	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	20	1.5	3x1.5	70	1400	0.21	294
	Επιστημονικός Εξοπλισμός							
54	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	1	370	3x(2x185)	25	25	4.32	108
55	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	1	10	3x10	30	30	0.62	18.6
56	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	2	1.5	3x1.5	40	80	0.21	16.8
57	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	2	1.5	3x1.5	40	80	0.21	16.8
58	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	4	4	3x4	40	160	0.33	52.8
59	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	10	1.5	3x1.5	50	500	0.21	105
60	Εφεδρική Παροχή	2	16	3x16	40	80	0.87	69.6
61	Sonar	2	1.5	3x1.5	60	120	0.21	25.2
62	Ηχοβολιστικό με Multibeam	1	2.5	3x2.5	60	60	0.26	15.6
63	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	1	1.5	3x1.5	60	60	0.21	12.6
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**1634.3**

	Συσκευές Μαγειρείου							
64	Κουζίνα	2	2.5	3x2.5	50	100	0.26	26
65	Εστίες	4	1.5	3x1.5	50	200	0.21	42
66	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	2	1.5	3x1.5	50	100	0.21	21
67	Εξαεριστήρας	2	2.5	3x2.5	50	100	0.26	26
68	Πλυντήριο πιάτων	2	2.5	3x2.5	50	100	0.26	26
69	Διάφορες συσκευές	7	2.5	3x2.5	50	350	0.26	91
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**232**
	Πίνακες Φωτισμού							
70	Μηχανοστάσιο	1	4	3x4	10	10	0.33	3.3
71	Γέφυρα	1	6	3x6	50	50	0.45	22.5
72	Χώροι ενδιαίτησης	1	35	3x35	30	30	1.68	50.4
73	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	35	3x35	35	35	1.68	58.8
74	Καταστρώματος	1	4	3x4	25	25	0.33	8.25
75	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Compute	1	35	3χ35	35	35	1.68	58.8
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**202.05**
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα							
76	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	10	3x10	40	40	0.62	24.8
77	Navigation Lights	1	2.5	3x2.5	40	40	0.26	10.4
78	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1.5	3x1.5	30	30	0.21	6.3
79	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1.5	3x1.5	20	20	0.21	4.2
80	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1.5	3x1.5	25	25	0.21	5.25
						0		0
81	Εφεδρική Παροχή	1	6	3x6	30	30	0.45	13.5
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**64.45**

	Γεννήτριες Diesel και Μετασχηματιστές							
1	No 1 Diesel Generator	1	1800	3x(6x300)	10	10	61.92	619.2
2	No 2 Diesel Generator	1	1800	3x(6x300)	10	10	61.92	619.2
3	No 3 Diesel Generator	1	1800	3x(6x300)	10	10	61.92	619.2
4	Harbour Diesel Generator	1	900	3x(3x300)	10	10	30.96	309.6
5	Emergency Diesel Generator	1	480	3x(2x240)	20	20	16.62	332.4
6	No 1 Transformer 690->440 V	1	1200	3x(4x300)	20	20	41.28	825.6
7	No 2 Transformer 690->440 V	1	1200	3x(4x300)	20	20	41.28	825.6
8	No 3 Transformer 440->220 V	1	95	3x95	20	20	4.05	81
9	No 4 Transformer 440->220 V	1	95	3x95	20	20	4.05	81
10	No 5 Emergency Transformer 440->220 V	1	25	3x25	30	30	1.28	38.4
11	No 6 Emergency Transformer 440->220 V	1	25	3x25	30	30	1.28	38.4
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα							**4389.6**
	Σύνολο - Grand Total (Kg)							**9908**

Υπολογισμός Απαιτούμενου Μήκους και Βάρους Ρευματαγωγών

	Τύπος Καλωδίου	Ειδικό Βαρος Καλωδίου	Συνολικό Μήκος Καλωδίου	Συνολικό Βάρος Καλωδίου
		kg/m	m	kg
1	**3x1.5**	0.21	4180.00	877.800
2	**3x2.5**	0.25	1125.00	281.250
3	**3x4**	0.33	864.00	285.120
4	**3x6**	0.45	311.00	139.950
5	**3x10**	0.62	250.00	155.000
6	**3x16**	0.87	125.00	108.750
7	**3x25**	1.28	295.00	377.600
8	**3x35**	1.68	120.00	201.600
9	**3x50**	2.18	280.00	610.400
10	**3x70**	3.02	0.00	0.000
11	**3x95**	4.05	75.00	303.750
12	**3x120**	5.00	0.00	0.000
13	**1x150**	1.75	465.00	813.750
14	**2x185**	4.32	25.00	108.000
15	**1x240**	2.77	660.00	1828.200
16	**1x300**	3.44	1110.00	3818.400
ΣΥΝΟΛΟ			**9885.00**	**9909.570**

5.3 Μέσα προστασίας του Πλοίου

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στα πλοία πρέπει να προστατεύονται από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα (υπερεντάσεις).
Ως Υπερφόρτιση ορίζεται η υπέρβαση του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας περίπου κατά 20%, ενώ ως Υπερένταση (βραχυκύκλωμα) ορίζεται η υπέρβαση του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας σε πολλαπλάσια τιμή (τουλάχιστον 200%). Στη συνέχεια με τον ο όρο υπερένταση θα εννοούμε οποιαδήποτε αύξηση του ρεύματος πάνω από την ονομαστική τιμή του και θα συμπεριλαμβάνεται, τόσο η περίπτωση του βραχυκυκλώματος, όσο και η περίπτωση της υπερφόρτισης.

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, αυτόματα, ένα κύκλωμα όταν το ρεύμα του υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή. 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.

Τα στοιχεία προστασίας εκλέγονται βάσει:
- Τω μεγέθους του διακοπτόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης
- Του χρόνου διακοπής (από τη στιγμή της αναγνώρισης ύπαρξης σφάλματος και της εντολής διακοπής έως την πλήρη διακοπή κάθε μορφής ροής ρεύματος)

Εδώ, γίνεται κατανοητό, 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.

5.3.1 Αναφορά στα Διακοπτικά Μέσα

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 σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, αυστηρά βαθμονομημένη και καθορισμένη από την κατασκευάστρια εταιρία, 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. Τυποποιημένα μεγέθη ασφαλειών είναι τα εξής:
6, 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 224, 250, 315.

Οι διακόπτες ισχύος ή αυτόματοι διακόπτες μπορούν 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.

Αναφορικά , τυποποιημένα μεγέθη αυτόματων διακοπτών της εταιρίας ABB είναι τα εξής:
16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 2000, 2500
Στην περίπτωση των διακοπτών ισχύος, οι τυποποιημένες τιμές ικανότητας διακοπής είναι: 10, 15, 25, 36, 50 kA.

Οι διακόπτες φορτίου έχουν την ικανότητα χειρισμού υπό κανονικές- ονομαστικές συνθήκες. Διακόπτουν ή συνδέουν κυκλώματα υπό ονομαστικό φορτίο, όχι όμως σε μεγαλύτερα ρεύματα. Ο χειρισμός τους είναι 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. Για τον λόγο όμως, ότι η διαφορά στην τιμή των αποζευκτών, σε σχέση με αυτή των διακοπτών φορτίου, είναι ελάχιστη, χρησιμοποιούνται συνήθως διακόπτες φορτίου στις εγκαταστάσεις. Τυποποιημένες τιμές αποζευκτών είναι οι εξής: 25, 35, 63, 80, 100, 160, 250, 315

5.3.2 Εκλογή Ασφαλειών για το υπό μελέτη πλοίο

Σύμφωνα με τα παραπάνω, επιλέχθηκαν οι ασφάλειες για την προστασία και τη σωστή λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου του Ωκεανογραφικού.

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι ουσιαστικά ο προηγούμενος πίνακας με προσαυξημένη τη στήλη επιλογής των κατάλληλων ασφαλειών.

Καταναλωτής	Πλήθος Καταναλωτών	Ονομαστική Ισχύς / Nominal Power	Τάση	cosf	Ένταση Ρεύματος Γραμμής $I_γ$	Ένταση Ρεύματος I	Διατομή Αγωγού	Πλήθος Αγωγών-Διατομή/Number of Cores-Nominal Cross Section	Μήκος Ρευματαγωγού	Πτώση Τάσεως / Voltage Drop	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Πτώση Τάσεως / Max Allowable Voltage Drop (IEEE Std45-2002)	Fuse Rating/Μέγεθος Ασφάλειας
	N										*Υπολογισμένη στο 6%*	
		kW	Volt		A	A	mm^2		m	Volt	Volt	A
Προωστήριοι Κινητήρες												
No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	1200	690	0.8	1255.15	1,568.93	720	3x(3x240)	30	2.66	41.4	1500
No 1 Propulsion Motor ABB Azipod CO980	1	1200	690	0.8	1255.15	1,568.93	720	3x(3x240)	30	2.66	41.4	1500
Bow Thruster Schottel STT1 with Electric Motor	1	500	690	0.8	522.98	653.72	300	3x(2x150)	65	5.77	41.4	700
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**2900**			**3033.269739**	**3,791.59**			**125**			
Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)												
Steering Motor	4	38	440	0.8	62.33	77.91	25	3x25	30	3.81	26.4	80
Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	2	1	440	0.8	1.64	2.05	1.5	3x1.5	30	1.67	26.4	16
Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	2	2.5	440	0.8	4.10	5.13	1.5	3x1.5	30	4.18	26.4	16
Standby Air Compressor SU	2	2	440	0.8	3.28	4.10	1.5	3x1.5	30	3.34	26.4	16
Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	3	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	20	4.68	26.4	50
Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	3	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	20	4.68	26.4	35
Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	3	4.5	440	0.8	7.38	9.23	1.5	3x1.5	20	5.01	26.4	16
Θερμαντήρες Καυσίμου	2	15	440	1	34.09	34.09	6	3x6	14	4.05	26.4	35
Fuel oil circulating Pump	2	14	440	0.8	22.96	28.70	6	3x6	14	2.73	26.4	35
Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	1	12	440	0.8	19.68	24.60	4	3x4	14	3.51	26.4	25
Αντλία Έρματος/Ballast Pump	2	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	10	2.09	26.4	25
Bilge Pump	2	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	10	2.09	26.4	50
Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	2	20	440	0.8	32.80	41.01	10	3x10	10	1.67	26.4	25
Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	4	440	0.8	6.56	8.20	1.5	3x1.5	20	4.45	26.4	16
Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	4	20	440	0.8	32.80	41.01	10	3x10	10	1.67	26.4	50
Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	15	440	0.8	24.60	30.75	6	3x6	20	4.18	26.4	35
Αντλία Συμπυκνώματος	1	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	20	4.18	26.4	25
Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	12	440	0.8	19.68	24.60	4	3x4	10	2.51	26.4	25
Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	10	2.34	26.4	20
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**167.5**			**355.58**	**435.95**			**342**			

Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)												
Αντλία Πυρκαιας	1	25	440	0.8	41.01	51.26	16	3x16	20	2.61	26.4	63
Sprinkler System	1	25	440	0.8	41.01	51.26	16	3x16	25	3.26	26.4	63
Air Compressor	2	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	30	6.26	26.4	25
Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	1	30	440	0.8	49.21	61.51	35	3x35	20	1.43	26.4	100
Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	1	11	440	0.8	18.04	22.55	4	3x4	20	4.59	26.4	25
Εργάτης Άγκυρας	1	35	440	0.8	57.41	71.76	25	3x25	75	8.77	26.4	80
Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	1	14	440	0.8	22.96	28.70	6	3x6	50	9.74	26.4	35
Γερανός A Frame (Πρύμνη)	1	170	440	0.8	278.84	348.55	150	3x(1x150)	25	2.37	26.4	350
Γερανός A Frame (Port)	1	90	440	0.8	147.62	184.53	95	3x95	35	2.77	26.4	200
Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	1	50	440	0.8	82.01	102.52	50	3x50	40	3.34	26.4	125
Αντλία κύτους	1	20	440	0.8	32.80	41.01	10	3x10	20	3.34	26.4	50
Αντλίες γενικής χρήσης	2	35	440	0.8	57.41	71.76	25	3x25	20	2.34	26.4	80
Εργάτες πρυμνησίων	2	50	440	0.8	82.01	102.52	50	3x50	40	3.34	26.4	125
Αντλία ποσίμου νερού	1	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	25	5.22	26.4	25
Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	1	7	440	0.8	11.48	14.35	2.5	3x2.5	25	5.85	26.4	20
Αντλίες υγιεινής	1	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	30	6.26	26.4	25
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**592**			**971.03**	**1,213.78**			**500**			
Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης												
Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	1	13	440	0.8	21.32	26.65	4	3x4	25	6.79	26.4	25
Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	1	15	440	0.8	24.60	30.75	6	3x6	25	5.22	26.4	35
Συμπιεστές κλιματισμού	4	50	440	0.8	82.01	102.52	50	3x50	40	3.34	26.4	125
Συμπιεστές ψυκτικής	4	8	440	0.8	13.12	16.40	2.5	3x2.5	40	10.69	26.4	20
Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	2	17	440	0.8	27.88	34.86	10	3x10	40	5.68	26.4	50
Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	2	15	440	0.8	24.60	30.75	6	3x6	40	8.35	26.4	35
Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	2	4	440	0.8	6.56	8.20	1.5	3x1.5	40	8.91	26.4	16
Αντλίες πόσιμου νερού	3	4	440	0.8	6.56	8.20	1.5	3x1.5	25	5.57	26.4	16
Αντλίες αποχέτευσης	3	10	440	0.8	16.40	20.50	4	3x4	25	5.22	26.4	25
Αντλίες θερμού νερού	4	3	440	0.8	4.92	6.15	1.5	3x1.5	25	4.18	26.4	16
Συμπιεστής ψύκτη	1	2	440	0.8	3.28	4.10	1.5	3x1.5	50	5.57	26.4	16
Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	3	4.502	440	0.8	12.79	15.99	2.5	3x2.5	50	13.03	26.4	20
Καταψύκτες	4	7	440	0.8	19.89	24.86	4	3x4	50	12.66	26.4	25
Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	20	1	440	0.8	2.84	3.55	1.5	3x1.5	50	4.82	26.4	16
Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	20	2	440	0.8	5.68	7.10	1.5	3x1.5	70	13.50	26.4	16
Επιστημονικός Εξοπλισμός												
200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	1	200	440	0.8	568.18	710.23	370	3x(2x185)	25	1.95	26.4	800
Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	1	10	440	0.8	28.41	35.51	10	3x10	30	4.34	26.4	50
Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	2	1	440	0.8	2.84	3.55	1.5	3x1.5	40	3.86	26.4	16
Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	2	0.1	440	0.8	0.28	0.28	1.5	3x1.5	40	0.39	26.4	16
Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	4	7	440	0.8	19.89	24.86	4	3x4	40	10.13	26.4	25
Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	10	2	440	0.8	5.68	7.10	1.5	3x1.5	50	9.64	26.4	16
Εφεδρική Παροχή	2	15	440	0.8	42.61	53.27	16	3x16	40	5.42	26.4	63
Sonar	2	4	440	1	9.09	9.09	1.5	3x1.5	60	18.52	26.4	16
Ηχοβολιστικό με Multibeam	1	5	440	1	11.36	11.36	2.5	3x2.5	60	13.89	26.4	20
Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	1	1.8	440	1	4.09	4.09	1.5	3x1.5	60	8.33	26.4	16
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**401.402**			**964.92**	**1,199.94**			**1040**			

Συσκευές Μαγειρείου													
Κουζίνα	2	8	440	1	18.18	18.18	2.5	3x2.5	50	18.52	26.4	20
Εστίες	4	5	440	1	11.36	11.36	1.5	3x1.5	50	19.29	26.4	16
Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	2	2	440	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	50	7.72	26.4	16
Εξαεριστήρας	2	7	440	1	15.91	15.91	2.5	3x2.5	50	16.20	26.4	20
Πλυντήριο πιάτων	2	2	220	1	9.09	9.09	2.5	3x2.5	50	9.26	13.2	20
Διάφορες συσκευές	7	2	220	1	9.09	9.09	2.5	3x2.5	50	9.26	13.2	20
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**26**			**68.18181818**	**68.18**			**300**			
Πίνακες Φωτισμού												
Μηχανοστάσιο	1	5	220	1	22.73	22.73	4	3x4	10	2.89	13.2	25
Γέφυρα	1	5	220	1	22.73	22.73	6	3x6	50	9.64	13.2	35
Χώροι ενδιαίτησης	1	10	220	1	45.45	45.45	35	3x35	30	1.98	13.2	100
Επιστημονικά Εργαστήρια	1	10	220	1	45.45	45.45	35	3x35	35	2.31	13.2	100
Καταστρώματος	1	5	220	1	22.73	22.73	4	3x4	25	7.23	13.2	25
Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computer	1	20	220	1	90.91	90.91	35	3χ35	35	4.63	13.2	100
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**55**			**250**	**250.00**			**185**			
Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα												
Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	1	8	220	1	36.36	36.36	10	3x10	40	7.41	13.2	50
Navigation Lights	1	2.7	220	1	12.27	12.27	2.5	3x2.5	40	10.00	13.2	20
EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	220	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	30	4.63	13.2	16
EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	220	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	20	3.09	13.2	16
OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	220	1	4.55	4.55	1.5	3x1.5	25	3.86	13.2	16
Εφεδρική Παροχή	1	7	220	1	31.82	31.82	6	3x6	30	8.10	13.2	35
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**20.7**			**94.09090909**	**94.09**			**185**			
Γεννήτριες Diesel και Μετασχηματιστές												
No 1 Diesel Generator	1	1400	690	0.8	2536.23	3,804.35	1800	3x(6x300)	10	0.72	41.4	
No 2 Diesel Generator	1	1400	690	0.8	2536.23	3,804.35	1800	3x(6x300)	10	0.72	41.4	
No 3 Diesel Generator	1	1400	690	0.8	2536.23	3,804.35	1800	3x(6x300)	10	0.72	41.4	
Harbour Diesel Generator	1	353	440	0.8	1002.84	1,504.26	900	3x(3x300)	10	0.57	26.4	
Emergency Diesel Generator	1	200	440	0.8	568.18	852.27	480	3x(2x240)	20	1.21	26.4	
No 1 Transformer 690->440 V	1	900	690	1	1304.35	1,956.52	1200	3x(4x300)	20	1.11	41.4	
No 2 Transformer 690->440 V	1	900	690	1	1304.35	1,956.52	1200	3x(4x300)	20	1.11	41.4	
No 3 Transformer 440->220 V	1	70	440	1	159.09	238.64	95	3x95	20	1.71	26.4	
No 4 Transformer 440->220 V	1	70	440	1	159.09	238.64	95	3x95	20	1.71	26.4	
No 5 Emergency Transformer 440->220 V	1	30	440	1	68.18	102.27	25	3x25	30	4.17	26.4	
No 6 Emergency Transformer 440->220 V	1	30	440	1	68.18	102.27	25	3x25	30	4.17	26.4	
Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**6753**			**12242.95949**	**18,364.44**			**200**			
Grand Total/Τελικό Σύνολο - Άθροισμα		**10937**			**17980.03**	**25,417.97**			**2877**			

5.3.3 Σχετικά με τους Πίνακες Ασφαλειών (Switchboards)

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του HRS, οι πίνακες ασφαλειών γενικά πρέπει να εγκαθίστανται μακριά από περιοχές κυκλοφορίας ατμού, νερού και σωληνώσεις ελαίων ή/και καυσίμου.Εάν κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την ανάλογη προστασία τους.

Ο κύριος πίνακας (Main Switchboard) πρέπει να τοποθετείται κοντά στις κύριες γεννήτριες ρεύματος έτσι ώστε η ακεραιότητα της ηλεκτρικής παροχής να μπορεί να επηρεαστεί μόνο σε περίπτωση πυρκαγιάς ή άλλης ανεπιθύμητης κατάστασης που θα εκδηλωθεί μόνο στον χώρο αυτό. Επίσης, μεταξύ άλλων, αναφέρεται ότι:

-Ζυγοί, διακόπτες και άλλες ηλεκτρικές συσκευές των κύριων πινάκων πρέπει να είναι τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο ώστε ο ηλεκτρικός εξοπλισμός της βασικής εγκατάστασης δεν θα υποβληθεί σε βλάβη από τη δράση ενός μόνο σφάλματος.
-Πίνακας πρέπει να υπάρχει για κάθε γεννήτρια, και οι πίνακες που συνδέονται μεταξύ τους πρέπει να διαχωρίζονται από ατσάλινους τοίχους ή τοίχους από υλικά περιορισμού πυρκαγιάς.
-Όλα τα μέρη του κύριου πίνακα διανομής πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους προσβάσιμους για εργασίες συντήρησης.

5.3.4 Σχετικά με τους Ζυγούς (Bus Bars)

-Οι ζυγοί πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από χαλκό ελάχιστης αγωγιμότητας 97%.

-Η συνδέσεις των ζυγών θα πρέπει να γίνονται έτσι ώστε να εμποδίζουν τη διάβρωση και την οξείδωσή τους.

-Οι Ζυγοί και οι συνδέσεις τους πρέπει να υποστηρίζονται έτσι ώστε να αντέχουν τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που προκύπτουν στην περίπτωση βραχυκυκλώματος καθώς μπορούν να προκαλέσουν ταλάντωση, στρέβλωση ακόμη και θραύση λόγω των αναπτυσσόμενων δυνάμεων. Μια έκθεση δοκιμής ή υπολογισμού για την επαλήθευση της αντοχής δύναμη του πίνακα θα πρέπει να υποβάλλεται προς εξέταση, όταν απαιτείται. 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 (1200kp/cm2) σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$W = \frac{h \cdot b^2}{6} \ cm^3$$

όπου, h το πλάτος ,και b το ύψος της διατομής του κάθε ζυγού σε cm.

$$M = \frac{F \cdot l}{16} \ kp \cdot cm$$

όπου, F, η δύναμη μεταξύ των γειτονικών ζυγών, και l , το μήκος του ζυγού σε cm.

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

Όπου d, η απόσταση μεταξύ γειτονικών ζυγών σε cm, και Ip , το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης σε kA.

Για να είναι ικανοποιητική η αντοχή των ζυγών πρέπει να ισχύει η συνθήκη :
M / W ≤ 1200 kp / cm^2

- Οι αυξήσεις της θερμοκρασίας των ζυγών, που συνδέουν τους αγωγούς και τις συνδέσεις, τους δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους 45 ° C στο όριο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος των 45 ° C κατά τη διέλευση ρεύματος πλήρους φορτίου.
- Οι ζυγοί των Γεννητριών πρέπει να σχεδιάζονται με βάση το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο της γεννήτριας. Όλοι οι άλλοι ζυγοί και οι συνδέσεις τους πρέπει να σχεδιάζονται για ονομαστικά ρεύματα τουλάχιστον 85% του συνδυασμένου πλήρους φορτίου όλων των συσκευών που τροφοδοτούν εκτός αν τροφοδοτούν μία μονάδα ή σύνολο μονάδων σε συνεχή λειτουργία, όπου πρέπει να μελετώνται για πλήρες φορτίο.
- Σε περίπτωση που η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς από τα κύρια ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη είναι άνω των 3 MW, οι κύριοι ζυγοί θα πρέπει να υποδιαιρεθούν σε δύο τουλάχιστον μέρη που πρέπει κανονικά να συνδέονται με αφαιρούμενους συνδέσμους ή άλλα εγκεκριμένα μέσα: εφόσον είναι εφικτό, η σύνδεση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών και κάθε άλλου πρόσθετου εξοπλισμού θα πρέπει να διαιρείται ισομερώς.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, για την επιλογή της κατάλληλης διατομής των ζυγών, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του ρεύματος που υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψιν τη δυσμενέστερη κατάσταση φόρτισης του εκάστοτε ζυγού

5.3.5 Υπολογισμός Διαστάσεων Ζυγών (Rating of Busbars)

Σε αυτό το σημείο, παρατίθενται οι πίνακες υπολογισμού των διαστάσεων των Ζυγών που επιλέχθηκαν για κάθε ομάδα καταναλωτών , τόσο στο επίπεδο της τάσης των 690V και 440V , όσο και στο επίπεδο των 220V.

Η Ζυγοί επιλέχθηκαν από την κατασκευάστρια εταιρία Legrand.

Ακολουθούν οι εν λόγω Πίνακες:

α/α	Καταναλωτής	Πλήθος Καταναλωτών	Ονομαστική Ισχύς / Nominal Power	Τάση	cosf	Ένταση Ρεύματος Γραμμής $I_γ$	
		N					
			kW	Volt		A	
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ						
	Γεννήτριες Diesel και Μετασχηματιστές						
75	No 1 Diesel Generator	1	1370	690	0.8	2481.88	
76	No 2 Diesel Generator	1	1370	690	0.8	2481.88	
77	No 3 Diesel Generator	1	1370	690	0.8	2481.88	
78	Harbour Diesel Generator	1	355	440	0.8	1008.52	
79	Emergency Diesel Generator	1	200	440	0.8	568.18	
80	No 1 Transformer 690->440 V	1	900	690	1	1304.35	
81	No 2 Transformer 690->440 V	1	900	690	1	1304.35	
82	No 3 Transformer 440->220 V	1	70	440	1	159.09	
83	No 4 Transformer 440->220 V	1	70	440	1	159.09	
84	No 5 Emergency Transformer 440->220 V	1	30	440	1	68.18	
85	No 6 Emergency Transformer 440->220 V	1	30	440	1	68.18	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**12085.60**	
	ΖΥΓΟΙ- Bus Bars 690 V						
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ						
	Προωστήριοι Κινητήρες						
	No 1 Propulsion Motor	1	1200	690	0.8	1255.15	
	No 2 Propulsion Motor	1	1200	690	0.8	1255.15	
	Bow Thruster	1	500	690	0.8	522.98	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**2900**			**3033.27**	**Bus Bars : 2x(200x10)mm / 4000 mm^2 4750 A MAX Continuous Load**

	ΖΥΓΟΙ- Bus Bars 440 V						
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ						
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)						
1	Steering Motor	4	38	440	0.8	249.32	
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	2	1	440	0.8	3.28	
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	2	2.5	440	0.8	8.20	
4	Standby Air Compressor SU	2	2	440	0.8	6.56	
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	3	7	440	0.8	34.45	
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	3	7	440	0.8	34.45	
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	3	4.5	440	0.8	22.14	
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	2	15	440	1	39.37	
9	Fuel oil circulating Pump	2	14	440	0.8	45.93	
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	1	12	440	0.8	19.68	
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	2	10	440	0.8	32.80	
12	Bilge Pump	2	10	440	0.8	32.80	
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	2	20	440	0.8	65.61	
14	Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	4	440	0.8	6.56	
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	4	20	440	0.8	131.22	
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	1	15	440	0.8	24.60	
17	Αντλία Συμπυκνώματος	1	10	440	0.8	16.40	
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	12	440	0.8	78.73	
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	4	7	440	0.8	45.93	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**167.5**			**898.04**	**Bus Bars : 2x(80x5)mm / 800 mm^2 1700 A MAX Continuous Load**

	ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ						
	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)						
20	Αντλία Πυρκαιας	1	30	440	0.8	49.21	
21	Sprinkler System	1	30	440	0.8	49.21	
22	Air Compressor	2	10	440	0.8	32.80	
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	1	30	440	0.8	49.21	
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	1	11	440	0.8	18.04	
25	Εργάτης Άγκυρας	1	35	440	0.8	57.41	
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	1	14	440	0.8	22.96	
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	1	170	440	0.8	278.84	
28	Γερανός A Frame (Port)	1	90	440	0.8	147.62	
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	1	50	440	0.8	82.01	
30	Αντλία κύτους	1	20	440	0.8	32.80	
31	Αντλίες γενικής χρήσης	2	35	440	0.8	114.82	
32	Εργάτες πρυμνησίων	2	50	440	0.8	164.02	
33	Αντλία ποσίμου νερού	1	10	440	0.8	16.40	
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	1	7	440	0.8	11.48	
35	Αντλίες υγιεινής	1	10	440	0.8	16.40	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**602**			**1143.25**	**Bus Bars : 2x(80x10)mm / 1600 mm^2 2300 A MAX Continuous Load**

	ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ						
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης						
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	1	13	440	0.8	21.32	
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	1	15	440	0.8	24.60	
38	Συμπιεστές κλιματισμού	4	50	440	0.8	328.05	
39	Συμπιεστές ψυκτικής	4	8	440	0.8	52.49	
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	2	17	440	0.8	55.77	
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	2	15	440	0.8	49.21	
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	2	4	440	0.8	13.12	
43	Αντλίες πόσιμου νερού	3	4	440	0.8	19.68	
44	Αντλίες αποχέτευσης	3	10	440	0.8	49.21	
45	Αντλίες θερμού νερού	4	3	440	0.8	19.68	
46	Συμπιεστής ψύκτη	1	2	440	0.8	3.28	
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	3	4.502	440	0.8	22.15	
48	Καταψύκτες	4	7	440	0.8	45.93	
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	20	1	440	0.8	32.80	
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	20	2	440	0.8	65.61	
	Επιστημονικός Εξοπλισμός						
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	1	200	440	0.8	328.05	
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	1	10	440	0.8	16.40	
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	2	1	440	0.8	3.28	
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	2	0.1	440	0.8	0.33	
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	4	7	440	0.8	45.93	
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	10	2	440	0.8	32.80	
57	Εφεδρική Παροχή	2	15	440	0.8	49.21	
58	Sonar	2	4	440	1	10.50	
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	1	5	440	1	6.56	
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3 / h)	1	1.8	440	1	2.36	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**401.402**			**1298.33**	**Bus Bars : 2x(80x5)mm / 800 mm^2 1700 A MAX Continuous Load**

	ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ						
	Συσκευές Μαγειρείου						
61	Κουζίνα	2	8	440	1	36.36	
62	Εστίες	4	5	440	1	45.45	
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	2	2	440	1	9.09	
64	Εξαεριστήρας	2	7	440	1	31.82	
							Legrand Rigid Copper Bars
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**22**			**122.73**	**Bus Bar : 20x5mm / 100 mm^2 295 A MAX Continuous Load**

	ΖΥΓΟΙ- Bus Bars 220 V						
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ						
	Πίνακες Φωτισμού						
65	Μηχανοστάσιο	1	5	220	1	22.73	
66	Γέφυρα	1	5	220	1	22.73	
67	Χώροι ενδιαίτησης	1	10	220	1	45.45	
68	Επιστημονικά Εργαστήρια	1	10	220	1	45.45	
69	Καταστρώματος	1	5	220	1	22.73	
70	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	1	20	220	1	90.91	
71	Πλυντήριο πιάτων	2	2	220	1	18.18	
72	Διάφορες συσκευές Κουζίνας τάσεως 220 V	7	2	220	1	63.64	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**59**			**331.82**	**Bus Bar : 40x5mm / 200 mm^2 520 A MAX Continuous Load**
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ						
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	1	8	220	1	36.36	
74	Navigation Lights	1	2.7	220	1	12.27	
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	1	1	220	1	4.55	
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	1	1	220	1	4.55	
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	1	1	220	1	4.55	
78							
79	Εφεδρική Παροχή	1	7	220	1	31.82	
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα		**20.7**			**94.09**	**Bus Bar : 20x5mm / 100 mm^2 295 A MAX Continuous Load**

5.4 Το πρόβλημα της Αέργου Ισχύος

Αρχικά πρέπει να αναφέρουμε ότι στιγμιαία ηλεκτρική ισχύς σε οποιοδήποτε σημείο ενός κυκλώματος του πλοίου υπολογίζεται ως το γινόμενο της στιγμιαίας τάσης επί το στιγμιαίο ρεύμα:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

Και, σε επειδή το σύστημα είναι εναλλασσόμενο, ισχύει:

$$v(t) = \sqrt{2} \cdot V \cdot \cos(\omega t + \varphi_V)$$
$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega t + \varphi_I)$$

Άρα, θα ισχύει και:

$$p(t) = 2 \cdot V \cdot I \cdot \cos(\omega t + \varphi_V) \cdot \cos(\omega t + \varphi_I)$$

Καταλήγουμε λοιπόν, ότι η στιγμιαία ισχύς, θα δίνεται από τον τύπο:

$$p(t) = V \cdot I \cdot \left[\cos(2\omega t + \varphi_V + \varphi_I) + \cos(\varphi_V - \varphi_I)\right]$$

Και όπως φαίνεται, αποτελείται από δύο όρους:

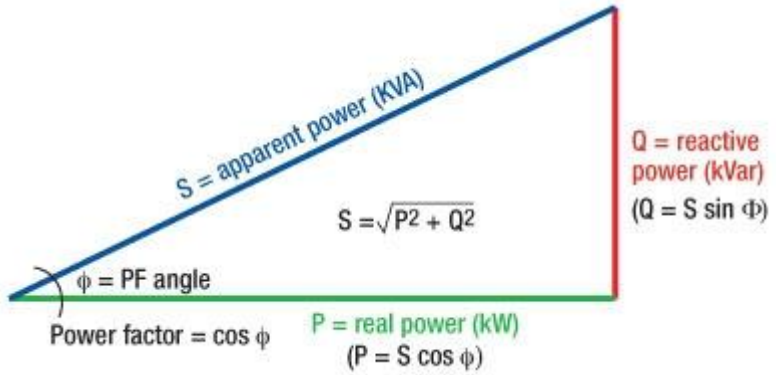
Εναν μεταβαλλόμενο:
$\tilde{p}(t) = V \cdot I \cdot \cos(2\omega t + \varphi_V + \varphi_I)$, ο οποίος εκφράζει ένα μέρος της συνολικής στιγμιαίας ισχύος, το οποίο μεταφέρεται συνεχώς παλινδρομικά, μεταξύ πηγής και φορτίου. Η μέση τιμή του όρου αυτού είναι μηδέν, το οποίο σημαίνει ότι το μέρος αυτό της ισχύος δεν καταναλώνεται, απλά μεταφέρεται συνεχώς. Το μέρος αυτό της συνολικής στιγμιαίας ισχύος ονομάζεται **άεργη ισχύς**.

Και έναν σταθερό όρο:

$\bar{p}(t) = V \cdot I \cdot \cos(\varphi_V - \varphi_I)$, ο οποίος εκφράζει την ισχύ που καταναλώνεται στα στοιχεία του κυκλώματός, και ονομάζεται **πραγματική** ή **ενεργή ισχύς**.

Εδώ να σημειώσουμε ότι, ο όρος $\cos(\varphi_v - \varphi_I)$ ονομάζεται συντελεστής ισχύος, και εκφράζει σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος το μέρος της συνολικής ισχύος που διέρχεται από το σημείο, το οποίο θα καταναλωθεί τελικά στα στοιχεία του κυκλώματος.

Η άεργη ισχύς είναι χαρακτηριστικό του εναλλασσόμενου ρεύματος (δεν υφίσταται στο συνεχές), και οφείλεται στην ύπαρξη των αυτεπαγωγών και χωρητικοτήτων ενός κυκλώματος.



Το παραπάνω διάγραμμα αντιπροσωπεύει τη διανυσματική σχέση μεταξύ της πραγματικής-ενεργού ισχύος, P, της αέργου ισχύος. Q, και της φαινόμενης ισχύος, S. Ο συντελεστής ισχύος στο κύκλωμα είναι ίσος με το συνημίτονο της γωνίας μετατόπισης φάσης, θ.

Οι αυτεπαγωγές μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που δέχονται, σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου, την οποία αποθηκεύουν στο εσωτερικό τους, ενώ στη συνέχεια τη μετατρέπουν ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια και την αποδίδουν πάλι στο δίκτυο. Αντίστοιχα, οι χωρητικότητες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που δέχονται, σε ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου, την οποία αποθηκεύουν στο εσωτερικό τους, ενώ στη συνέχεια τη μετατρέπουν επίσης ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια και την αποδίδουν πάλι στο δίκτυο.
Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι σε όποιο κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος υπάρχουν αυτεπαγωγές ή χωρητικότητες, υπάρχει και ένα ποσό ηλεκτρικής ισχύος που μεταφέρεται συνεχώς από και προς τα στοιχεία αυτά, χωρίς όμως να παράγει έργο ή να καταναλώνεται. Η εν λόγω ισχύς καλείται Άεργη Ισχύς και είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία αρκετών προβλημάτων στα σύγχρονα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Μπορεί μεν η ίδια να μην καταναλώνεται (οπότε και να μη χάνεται), αλλά για τη μεταφορά της απαιτούνται ρεύματα, τα οποία προκαλούν ωμικές απώλειες στις ωμικές αντιστάσεις των αγωγών που τα μεταφέρουν μέχρι το σημείο που χρειάζεται η άεργη ισχύς. Όπου λοιπόν υπάρχουν στοιχεία που χρειάζονται άεργη ισχύ, δημιουργούνται αυξημένα ρεύματα, άρα και αυξημένες απώλειες στα δίκτυα που τα τροφοδοτούν. Συνήθως, για να διαχωρίζεται η άεργη ισχύς λόγω αυτεπαγωγών, από την άεργη ισχύ λόγω χωρητικοτήτων, ορίζεται ότι σε ένα οποιοδήποτε φορτίο θα θεωρούμε θετική την άεργη ισχύ που προέρχεται από αυτεπαγωγές, και αρνητική την άεργη ισχύ που προέρχεται από χωρητικότητες
Οι αυτεπαγωγές και οι χωρητικότητες δημιουργούν άεργη ισχύ λόγω του τρόπου με τον οποίο συνεχώς ανταλλάσσουν ενέργεια με το δίκτυο. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο όμως είναι το ότι αν τοποθετήσουμε μία αυτεπαγωγή (πηνίο) και μία χωρητικότητα (πυκνωτή) μαζί, τότε κάθε φορά που το ένα από τα δύο θα ζητάει άεργη ισχύ από το δίκτυο, το άλλο θα την αποδίδει πίσω σε αυτό.
Το πρόβλημα της άεργης ισχύος λοιπόν μπορεί να αντιμετωπιστεί, αν για κάθε αυτεπαγωγή (ή χωρητικότητα) που μας δημιουργεί πρόβλημα τοποθετήσουμε μαζί και μία χωρητικότητα (ή αυτεπαγωγή). Στην περίπτωση αυτή, η αναγκαία άεργη ισχύς για τη λειτουργία των στοιχείων θα ταλαντώνεται συνεχώς μεταξύ αυτεπαγωγής και χωρητικότητας, χωρίς να χρειάζεται να μεταφερθεί από το δίκτυο προκαλώντας μας πρόβλημα αυξημένων ρευμάτων άρα και απωλειών. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **αντιστάθμιση.**
Η φαινόμενη ή αλλιώς μιγαδική ισχύς εκφράζει τη συνολική ισχύ (ενεργή και άεργη) που διέρχεται από ένα κύκλωμα. Συμβολίζεται με το γράμμα ***S*** και η μονάδα μέτρησής της είναι το Volt-Ampere (VA).
Η μιγαδική ισχύς μπορεί να αναλυθεί στο εξής άθροισμα:

$$\overline{S} = V \cdot I \cdot \cos(\varphi_V - \varphi_I) + jV \cdot I \cdot \sin(\varphi_V - \varphi_I)$$

Στο άθροισμα αυτό, ο πρώτος όρος αντιστοιχεί στην ενεργή ισχύ, ενώ ο δεύτερος στην άεργη ισχύ. Για την ενεργή ισχύ χρησιμοποιείται το σύμβολο ***P***, και ως μονάδα μέτρησής της είναι το Watt (W). Για την άεργη ισχύ χρησιμοποιείται το σύμβολο ***Q***, και ως μονάδα μέτρησής της το Volt-Ampere reactive (VAr).

Συντελεστής Ισχύος

Έστω ενεργή ισχύς *P* που καταναλώνεται σε ηλεκτρικό κύκλωμα

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi_V - \varphi_I) = V \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Ορίζεται ως **συντελεστής ισχύος** (Power Factor, pf):

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{V \cdot I \cdot \cos\varphi}{V \cdot I} = \cos\varphi$$

Ο συντελεστής ισχύος εκφράζει το ποσοστό της συνολικής φαινόμενης ισχύος ενός κυκλώματος, το οποίο καταναλώνεται ως ενεργή ισχύς (με το υπόλοιπο να αντιστοιχεί στην άεργη ισχύ). Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής ισχύος, τόσο καλύτερο, ποιοτικά, είναι ένα κύκλωμα, επειδή τόσο λιγότερη η άεργη ισχύς του. Η μόνη πληροφορία που δεν μπορεί να μας δώσει από μόνος του ο συντελεστής ισχύος, είναι το αν η άεργη ισχύς ενός κυκλώματος οφείλεται σε αυξημένη χρήση αυτεπαγωγών ή χωρητικοτήτων (αν δηλαδή είναι θετική ή αρνητική). Για το λόγο αυτόν προσθέτουμε ένα χαρακτηρισμό στο συντελεστή ισχύος. Συγκεκριμένα, αν η άεργη ισχύς ενός κυκλώματος οφείλεται κυρίως σε αυτεπαγωγές, τότε ονομάζουμε το συντελεστή ισχύος του κυκλώματος **επαγωγικό**. Αντίστοιχα, αν η άεργη ισχύς ενός κυκλώματος οφείλεται κυρίως σε χωρητικότητες, τότε ονομάζουμε το συντελεστή ισχύος του κυκλώματος **χωρητικό**. Αυτός ο χαρακτηρισμός μας δίνει το πρόσημο όταν πρέπει να υπολογίσουμε την άεργη ισχύ ενός συστήματος με τη βοήθεια του συντελεστή ισχύος.

5.4.1 Εκτίμηση Αέργου Ισχύος

Στην περίπτωση της Ηλεκτρικής εγκατάστασης του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού πλοίου θα προβούμε σε μία εκτίμηση της Αέργου Ισχύος καθώς αυτό μας δίνει μια σαφέστερη εικόνα της ζήτησης ισχύος και του ποσοστού επάρκειας, αναλόγως, του παραγόμενου από τις Ηλεκτρογεννήτριες ρεύματος.

Στους πίνακες που ακολουθούν, περιλαμβάνονται οι εξής πληροφορίες ανά αριθμό στήλης:

1. Η ονομαστική τάση λειτουργίας

2. Ο συντελεστής Ισχύος/ Συνημίτονο το οποίο τέθηκε 0,8 για κινητήρες και αντλίες και 1 για ωμικά φορτία.
3. Η εφαπτομένη η οποία τέθηκε 0,75 για κινητήρες και αντλίες και 0 για ωμικά φορτία.
4. Ο συντελεστής λειτουργίας f_s
5. Η απορροφούμενη Ισχύς
6. Η Άεργος Ισχύς

Επίσης, στο τέλος κάθε ομάδας καταναλωτών υπολογίζεται η συνολική Απορροφώμενη Ισχύς, το σύνολο της Αέργου Ισχύος, η Φαινόμενη Ισχύς, η γωνία φ, το ολικό συνημίτονο και η ολική εφαπτομένη του υποσυνόλου των καταναλωτών.

Παρατίθενται, συγκεντρωτικά, οι Πίνακες, για κάθε διαφορετική κατάσταση λειτουργίας του πλοίου:

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Κανονικής Πορείας		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Προωστήριοι Κινητήρες						
	No 1 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	0.87	1,165.33	874.00
	No 2 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	0.87	1,165.33	874.00
	Bow Thruster	690	0.80	0.75	-	-	-
							-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**2,330.67**	**1,748.00**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						2,913.33
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)						
1	Steering Motor	440	0.80	0.75	0.05	4.75	3.56
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	440	0.80	0.75	0.80	2.00	1.50
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	440	0.80	0.75	0.75	4.69	
4	Standby Air Compressor SU	440	0.80	0.75	0.80	4.00	3.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.80	23.17	17.38
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.85	24.62	18.47
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.80	9.00	6.75
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	440	1.00	-	0.80	12.00	-
9	Fuel oil circulating Pump	440	0.80	0.75	0.70	23.06	17.29
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.80	12.00	9.00
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
12	Bilge Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	440	0.80	0.75	0.20	4.35	3.26
14	Δευτρεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	4.00	3.00
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	440	0.80	0.75	0.80	75.29	56.47
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	15.94	11.95
17	Αντλία Συμπυκνώματος	440	0.80	0.75	0.40	5.71	4.29
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.85	48.00	36.00
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.85	28.00	21.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**300.58**	**212.92**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						368.35
	tanφ						0.71
	φ (rad)						**0.62**
	φ (μοίρες)						35.33
	cosφ						0.82
	sinφ						0.58

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)						
20	Αντλία Πυρκαιας	440	0.80	0.75	-	-	-
21	Sprinkler System	440	0.80	0.75	-	-	-
22	Air Compressor	440	0.80	0.75	-	-	-
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	440	0.80	0.75	0.50	17.65	13.24
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	440	0.80	0.75	0.50	7.33	5.50
25	Εργάτης Άγκυρας	440	0.80	0.75	-	-	-
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	440	0.80	0.75	-	-	-
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	440	0.80	0.75	-	-	-
28	Γερανός A Frame (Port)	440	0.80	0.75	-	-	-
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	440	0.80	0.75	-	-	-
30	Αντλία κύτους	440	0.80	0.75	0.10	2.35	1.76
31	Αντλίες γενικής χρήσης	440	0.80	0.75	0.80	35.00	26.25
32	Εργάτες πρυμνησίων	440	0.80	0.75	-	-	-
33	Αντλία ποσίμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	6.67	5.00
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	0.80	0.75	0.70	6.53	4.90
35	Αντλίες υγιεινής	440	0.80	0.75	0.40	5.33	4.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**80.87**	**60.65**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						101.09
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης						
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	440	0.80	0.75	0.50	8.67	6.50
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	440	0.80	0.75	0.50	10.00	7.50
38	Συμπιεστές κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	83.33	62.50
39	Συμπιεστές ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.70	13.18	9.88
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	30.00	22.50
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	32.14	24.11
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.40	4.57	3.43
43	Αντλίες πόσιμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	5.71	4.29
44	Αντλίες αποχέτευσης	440	0.80	0.75	0.70	20.00	15.00
45	Αντλίες θερμού νερού	440	0.80	0.75	0.80	6.86	5.14
46	Συμπιεστής ψύκτη	440	0.80	0.75	0.80	1.88	1.41
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	440	0.80	0.75	0.80	6.36	4.77
48	Καταψύκτες	440	0.80	0.75	0.80	13.18	9.88
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	440	0.80	0.75	0.70	14.00	10.50
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	440	0.80	0.75	0.70	28.00	21.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός						
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	440	0.80	0.75	-	-	-
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	440	0.80	0.75	-	-	-
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	440	0.80	0.75	-	-	-
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	440	0.80	0.75	-	-	-
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	0.80	0.75	0.80	26.35	19.76
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	440	1.00	-	0.70	10.89	-
57	Εφεδρική Παροχή	440	1.00	-	-	-	-
58	Sonar	440	1.00	-	0.90	8.00	-
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	440	1.00	-	0.90	5.00	-
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	440	0.80	0.75	0.70	1.40	1.05
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**329.52**	**229.22**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						401.40
	tanφ						0.70
	φ (rad)						**0.61**
	φ (μοίρες)						34.84
	cosφ						0.82
	sinφ						0.57

	Συσκευές Μαγειρείου						
61	Κουζίνα	440	1.00	-	0.30	4.80	-
62	Εστίες	440	1.00	-	0.30	6.00	-
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	440	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06
64	Εξαεριστήρας	440	0.80	0.75	0.30	4.94	3.71
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06
66	Διάφορες συσκευές	220	0.80	0.75	0.30	3.75	2.81
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**22.31**	**8.64**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						23.93
	tanφ						0.39
	φ (rad)						**0.37**
	φ (μοίρες)						21.17
	cosφ						0.93
	sinφ						0.36
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1.00	-	0.90	4.50	-
68	Γέφυρα	220	1.00	-	0.60	3.00	-
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1.00	-	0.70	7.00	-
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1.00	-	1.00	10.00	-
71	Καταστρώματος	220	1.00	-	0.60	3.00	-
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.60	1.33	0.85	17.00	22.67
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**44.50**	**22.67**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						49.94
	tanφ						0.51
	φ (rad)						**0.47**
	φ (μοίρες)						27.01
	cosφ						0.89
	sinφ						0.45
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	220	1.00	-	0.90	7.20	-
74	Navigation Lights	220	1.00	-	0.90	2.43	-
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1.00	-	-	-	-
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1.00	-	-	-	-
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1.00	-	-	-	-
78							
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.80	0.75	0.10	0.70	0.53
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**10.33**	**0.53**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						10.34
	tanφ						0.05
	φ (rad)						**0.05**
	φ (μοίρες)						2.91
	cosφ						1.00
	sinφ						0.05
						3,118.78	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**2,282.62**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.73**
						φ (μοίρες)	**36.22**
						φ (rad)	**0.63**
						cosφολ =	**0.81**

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Χειρισμών		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Προωστήριοι Κινητήρες						
	No 1 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	0.20	266.67	200.00
	No 2 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	0.20	266.67	200.00
	Bow Thruster	690	0.80	0.75	0.97	538.89	404.17
							-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**1,072.22**	**804.17**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						1,340.28
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)						
1	Steering Motor	440	0.80	0.75	0.27	25.65	19.24
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	440	0.80	0.75	0.80	2.00	1.50
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	440	0.80	0.75	0.75	4.69	3.52
4	Standby Air Compressor SU	440	0.80	0.75	0.80	4.00	3.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.80	15.45	11.59
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.85	16.41	12.31
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.60	6.75	5.06
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	440	1.00	-	0.80	12.00	-
9	Fuel oil circulating Pump	440	0.80	0.75	0.70	23.06	17.29
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.20	3.00	2.25
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
12	Bilge Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	440	0.80	0.75	0.70	15.22	11.41
14	Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	4.00	3.00
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	440	0.80	0.75	0.80	75.29	56.47
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	15.94	11.95
17	Αντλία Συμπυκνώματος	440	0.80	0.75	0.40	5.71	4.29
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.85	48.00	36.00
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.85	28.00	21.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**305.17**	**219.88**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						376.13
	tanφ						0.72
	φ (rad)						**0.62**
	φ (μοίρες)						35.79
	cosφ						0.81
	sinφ						0.58

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)						
20	Αντλία Πυρκαιας	440	0.80	0.75	-	-	-
21	Sprinkler System	440	0.80	0.75	-	-	-
22	Air Compressor	440	0.80	0.75	-	-	-
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	440	0.80	0.75	0.50	17.65	13.24
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	440	0.80	0.75	0.50	7.33	5.50
25	Εργάτης Άγκυρας	440	0.80	0.75	-	-	-
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	440	0.80	0.75	0.10	1.87	1.40
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	440	0.80	0.75	-	-	-
28	Γερανός A Frame (Port)	440	0.80	0.75	-	-	-
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	440	0.80	0.75	-	-	-
30	Αντλία κύτους	440	0.80	0.75	0.10	2.35	1.76
31	Αντλίες γενικής χρήσης	440	0.80	0.75	0.80	35.00	26.25
32	Εργάτες πρυμνησίων	440	0.80	0.75	-	-	-
33	Αντλία ποσίμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	6.67	5.00
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	0.80	0.75	0.70	6.53	4.90
35	Αντλίες υγιεινής	440	0.80	0.75	0.40	5.33	4.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**82.73**	**62.05**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						103.42
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης						
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	440	0.80	0.75	0.50	8.67	6.50
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	440	0.80	0.75	0.50	10.00	7.50
38	Συμπιεστές κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	83.33	62.50
39	Συμπιεστές ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.70	13.18	9.88
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	30.00	22.50
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	32.14	24.11
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.40	4.57	3.43
43	Αντλίες πόσιμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	5.71	4.29
44	Αντλίες αποχέτευσης	440	0.80	0.75	0.70	20.00	15.00
45	Αντλίες θερμού νερού	440	0.80	0.75	0.70	6.00	4.50
46	Συμπιεστής ψύκτη	440	0.80	0.75	0.80	1.88	1.41
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	440	0.80	0.75	0.80	6.36	4.77
48	Καταψύκτες	440	0.80	0.75	0.80	13.18	9.88
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	440	0.80	0.75	0.70	14.00	10.50
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	440	0.80	0.75	0.70	28.00	21.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός						
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	440	0.80	0.75	-	-	-
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	440	0.80	0.75	-	-	-
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	440	0.80	0.75	-	-	-
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	440	0.80	0.75	-	-	-
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	0.80	0.75	0.80	26.35	19.76
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	440	1.00	-	0.70	10.89	-
57	Εφεδρική Παροχή	440	1.00	-	0.40	12.00	-
58	Sonar	440	1.00	-	0.90	8.00	-
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	440	1.00	-	0.90	5.00	-
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	440	0.80	0.75	0.70	1.40	1.05
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**340.66**	**228.58**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						410.24
	tanφ						0.67
	φ (rad)						**0.59**
	φ (μοίρες)						33.88
	cosφ						0.83
	sinφ						0.56

	Συσκευές Μαγειρείου						
61	Κουζίνα	440	1.00	-	0.30	2.40	-
62	Εστίες	440	1.00	-	0.30	1.50	-
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	440	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06
64	Εξαεριστήρας	440	0.80	0.75	0.30	4.94	3.71
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06
66	Διάφορες συσκευές	220	0.80	0.75	0.30	1.50	1.13
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**13.16**	**6.95**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						14.89
	tanφ						0.53
	φ (rad)						**0.49**
	φ (μοίρες)						27.84
	cosφ						0.88
	sinφ						0.47
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1.00	-	1.00	5.00	-
68	Γέφυρα	220	1.00	-	0.60	3.00	-
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1.00	-	0.70	7.00	-
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1.00	-	1.00	10.00	-
71	Καταστρώματος	220	1.00	-	0.60	3.00	-
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.60	1.33	0.85	17.00	22.67
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**45.00**	**22.67**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						50.39
	tanφ						0.50
	φ (rad)						**0.47**
	φ (μοίρες)						26.75
	cosφ						0.89
	sinφ						0.45
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	220	1.00	-	0.90	7.20	-
74	Navigation Lights	220	1.00	-	0.90	2.43	-
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1.00	-	-	-	-
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1.00	-	-	-	-
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1.00	-	-	-	-
78							
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.80	0.75	0.70	4.90	3.68
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**14.53**	**3.68**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						14.99
	tanφ						0.25
	φ (rad)						**0.25**
	φ (μοίρες)						14.20
	cosφ						0.97
	sinφ						0.25
						1,873.48	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**1,347.97**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.72**
						φ (μοίρες)	**35.75**
						φ (rad)	**0.62**
						cosφολ =	**0.81**

α/α	Καταναλωτής				Ισχυς σε Δειγματοληψια		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Προωστήριοι Κινητήρες						
	No 1 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	0.04	50.77	38.08
	No 2 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	0.04	50.77	38.08
	Bow Thruster	690	0.80	0.75	-	-	-
							-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**101.54**	**76.16**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						126.93
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)						-
1	Steering Motor	440	0.80	0.75	0.27	25.65	19.24
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	440	0.80	0.75	0.80	2.00	1.50
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	440	0.80	0.75	0.70	4.38	3.29
4	Standby Air Compressor SU	440	0.80	0.75	0.80	4.00	3.00
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.50	7.72	5.79
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.50	8.21	6.16
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.50	2.81	2.11
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	440	1.00	-	0.70	10.50	-
9	Fuel oil circulating Pump	440	0.80	0.75	0.50	16.47	12.35
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.10	1.50	1.13
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
12	Bilge Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	440	0.80	0.75	0.30	6.52	4.89
14	Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.20	0.94	0.71
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	440	0.80	0.75	0.40	18.82	14.12
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	15.94	11.95
17	Αντλία Συμπυκνώματος	440	0.80	0.75	0.40	5.71	4.29
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.50	14.12	10.59
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.50	8.24	6.18
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**153.53**	**107.27**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						187.29
	tanφ						0.70
	φ (rad)						**0.61**
	φ (μοίρες)						34.96
	cosφ						0.82
	sinφ						0.57

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)						
20	Αντλία Πυρκαιας	440	0.80	0.75	-	-	-
21	Sprinkler System	440	0.80	0.75	-	-	-
22	Air Compressor	440	0.80	0.75	-	-	-
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	440	0.80	0.75	0.50	17.65	13.24
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	440	0.80	0.75	0.50	7.33	5.50
25	Εργάτης Άγκυρας	440	0.80	0.75	0.10	4.12	3.09
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	440	0.80	0.75	0.30	5.60	4.20
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	440	0.80	0.75	0.35	74.38	55.78
28	Γερανός A Frame (Port)	440	0.80	0.75	0.35	37.06	27.79
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	440	0.80	0.75	0.35	20.59	15.44
30	Αντλία κύτους	440	0.80	0.75	0.10	2.35	1.76
31	Αντλίες γενικής χρήσης	440	0.80	0.75	0.80	35.00	26.25
32	Εργάτες πρυμνησίων	440	0.80	0.75	0.20	23.53	17.65
33	Αντλία ποσίμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	6.67	5.00
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	0.80	0.75	0.70	6.53	4.90
35	Αντλίες υγιεινής	440	0.80	0.75	0.40	5.33	4.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**246.14**	**184.60**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						307.67
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης						
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	440	0.80	0.75	0.50	8.67	6.50
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	440	0.80	0.75	0.50	10.00	7.50
38	Συμπιεστές κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	83.33	62.50
39	Συμπιεστές ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.70	13.18	9.88
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	30.00	22.50
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	32.14	24.11
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.40	4.57	3.43
43	Αντλίες πόσιμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	5.71	4.29
44	Αντλίες αποχέτευσης	440	0.80	0.75	0.70	20.00	15.00
45	Αντλίες θερμού νερού	440	0.80	0.75	0.70	6.00	4.50
46	Συμπιεστής ψύκτη	440	0.80	0.75	0.80	1.88	1.41
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	440	0.80	0.75	0.40	6.36	4.77
48	Καταψύκτες	440	0.80	0.75	0.40	13.18	9.88
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	440	0.80	0.75	0.70	14.00	10.50
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	440	0.80	0.75	0.70	28.00	21.00
	Επιστημονικός Εξοπλισμός						
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	440	0.80	0.75	0.45	105.88	79.41
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	440	0.80	0.75	0.40	4.44	3.33
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	440	0.80	0.75	0.40	0.80	0.60
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	440	0.80	0.75	0.40	0.09	0.07
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	0.80	0.75	0.50	16.47	12.35
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	440	1.00	-	0.70	10.89	-
57	Εφεδρική Παροχή	440	1.00	-	-	-	-
58	Sonar	440	1.00	-	0.30	2.67	-
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	440	1.00	-	0.30	1.67	-
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	440	0.80	0.75	0.70	1.40	1.05
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**421.33**	**304.58**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						519.89
	tanφ						0.72
	φ (rad)						**0.63**
	φ (μοίρες)						35.88
	cosφ						0.81
	sinφ						0.59

	Συσκευές Μαγειρείου						
61	Κουζίνα	440	1.00	-	0.30	2.40	-
62	Εστίες	440	1.00	-	0.30	1.50	-
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	440	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06
64	Εξαεριστήρας	440	0.80	0.75	0.30	4.94	3.71
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06
66	Διάφορες συσκευές	220	0.80	0.75	0.30	1.50	1.13
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**13.16**	**6.95**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						14.89
	tanφ						0.53
	φ (rad)						**0.49**
	φ (μοίρες)						27.84
	cosφ						0.88
	sinφ						0.47
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1.00	-	1.00	5.00	-
68	Γέφυρα	220	1.00	-	1.00	5.00	-
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1.00	-	0.70	7.00	-
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1.00	-	1.00	10.00	-
71	Καταστρώματος	220	1.00	-	1.00	5.00	-
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.60	1.33	0.90	18.00	24.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**50.00**	**24.00**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						55.46
	tanφ						0.48
	φ (rad)						**0.45**
	φ (μοίρες)						25.65
	cosφ						0.90
	sinφ						0.43
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	220	1.00	-	0.90	7.20	-
74	Navigation Lights	220	1.00	-	0.90	2.43	-
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1.00	-	-	-	-
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1.00	-	-	-	-
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1.00	-	-	-	-
78							
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.80	0.75		-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**9.63**	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						9.63
	tanφ						-
	φ (rad)						**-**
	φ (μοίρες)						-
	cosφ						1.00
	sinφ						-
						995.33	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**703.56**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ	**0.71**
						φ (μοίρες)	**35.27**
						φ (rad)	**0.62**
						cosφολ =	**0.82**

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς ''Εν Όρμω''		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Προωστήριοι Κινητήρες						
	No 1 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	-	-	-
	No 2 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	-	-	-
	Bow Thruster	690	0.80	0.75	-	-	-
							-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					-	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						
	tanφ						
	φ (rad)						
	φ (μοίρες)						
	cosφ						
	sinφ						
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)						-
1	Steering Motor	440	0.80	0.75	-	-	-
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	440	0.80	0.75	-	-	-
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	440	0.80	0.75	-	-	-
4	Standby Air Compressor SU	440	0.80	0.75	-	-	-
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.30	4.83	3.62
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.30	4.83	3.62
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.20	1.13	0.84
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	440	1.00	-	-	-	-
9	Fuel oil circulating Pump	440	0.80	0.75	0.20	3.29	2.47
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	440	0.80	0.75	-	-	-
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	440	0.80	0.75	0.90	14.82	11.12
12	Bilge Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	440	0.80	0.75	-	-	-
14	Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.20	0.94	0.71
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	440	0.80	0.75	0.20	4.71	3.53
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.20	3.75	2.81
17	Αντλία Συμπυκνώματος	440	0.80	0.75	-	-	-
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.20	2.82	2.12
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.20	1.65	1.24
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**42.77**	32.08
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						53.46
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)						
20	Αντλία Πυρκαιας	440	0.80	0.75	-	-	-
21	Sprinkler System	440	0.80	0.75	-	-	-
22	Air Compressor	440	0.80	0.75	-	-	-
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	440	0.80	0.75	0.40	14.12	10.59
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	440	0.80	0.75	0.40	5.87	4.40
25	Εργάτης Άγκυρας	440	0.80	0.75	-	-	-
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	440	0.80	0.75	-	-	-
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	440	0.80	0.75	-	-	-
28	Γερανός A Frame (Port)	440	0.80	0.75	-	-	-
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	440	0.80	0.75	-	-	-
30	Αντλία κύτους	440	0.80	0.75	-	-	-
31	Αντλίες γενικής χρήσης	440	0.80	0.75	-	-	-
32	Εργάτες πρυμνησίων	440	0.80	0.75	-	-	-
33	Αντλία ποσίμου νερού	440	0.80	0.75	0.30	4.00	3.00
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	0.80	0.75	0.30	2.80	2.10
35	Αντλίες υγιεινής	440	0.80	0.75	0.30	4.00	3.00
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**30.78**	**23.09**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						38.48
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης						
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	440	0.80	0.75	0.30	5.20	3.90
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	440	0.80	0.75	0.30	6.00	4.50
38	Συμπιεστές κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.50	55.56	41.67
39	Συμπιεστές ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.50	9.41	7.06
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.50	10.00	7.50
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.50	10.71	8.04
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.50	2.86	2.14
43	Αντλίες πόσιμου νερού	440	0.80	0.75	0.30	1.71	1.29
44	Αντλίες αποχέτευσης	440	0.80	0.75	0.20	2.86	2.14
45	Αντλίες θερμού νερού	440	0.80	0.75	0.20	0.86	0.64
46	Συμπιεστής ψύκτη	440	0.80	0.75	0.20	0.47	0.35
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	440	0.80	0.75	0.80	6.36	4.77
48	Καταψύκτες	440	0.80	0.75	0.80	13.18	9.88
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	440	0.80	0.75	0.70	14.00	10.50
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	440	0.80	0.75	0.25	10.00	7.50
	Επιστημονικός Εξοπλισμός						
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	440	0.80	0.75	-	-	-
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	440	0.80	0.75	-	-	-
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	440	0.80	0.75	-	-	-
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	440	0.80	0.75	-	-	-
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	0.80	0.75	0.22	7.25	5.44
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	440	1.00	-	0.20	3.11	-
57	Εφεδρική Παροχή	440	1.00	-	-	-	-
58	Sonar	440	1.00	-	-	-	-
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	440	1.00	-	-	-	-
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	440	0.80	0.75	0.20	0.40	0.30
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**159.93**	**117.61**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						198.52
	tanφ						0.74
	φ (rad)						**0.63**
	φ (μοίρες)						36.35
	cosφ						0.81
	sinφ						0.59

	Συσκευές Μαγειρείου						
61	Κουζίνα	440	1.00	-	0.10	0.80	-
62	Εστίες	440	1.00	-	0.10	0.50	-
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	440	0.80	0.75	0.10	0.24	0.18
64	Εξαεριστήρας	440	0.80	0.75	0.10	0.82	0.62
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.80	0.75	0.10	0.24	0.18
66	Διάφορες συσκευές	220	0.80	0.75	0.10	0.25	0.19
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**2.84**	**1.16**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						3.07
	tanφ						0.41
	φ (rad)						**0.39**
	φ (μοίρες)						22.17
	cosφ						0.93
	sinφ						0.38
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1.00	-	0.20	1.00	-
68	Γέφυρα	220	1.00	-	0.20	1.00	-
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1.00	-	0.20	2.00	-
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1.00	-	0.20	2.00	-
71	Καταστρώματος	220	1.00	-	0.50	2.50	-
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.60	1.33	0.40	8.00	10.67
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**16.50**	**10.67**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						19.65
	tanφ						0.65
	φ (rad)						**0.57**
	φ (μοίρες)						32.90
	cosφ						0.84
	sinφ						0.54
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	220	1.00	-	-	-	-
74	Navigation Lights	220	1.00	-	-	-	-
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1.00	-	-	-	-
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1.00	-	-	-	-
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1.00	-	-	-	-
78							
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.80	0.75	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**-**	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						
	tanφ						
	φ (rad)						
	φ (μοίρες)						
	cosφ						
	sinφ						
						252.82	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**184.60**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.73**
						φ (μοίρες)	**36.15**
						φ (rad)	**0.63**
						cosφολ =	**0.81**

α/α	Καταναλωτής				EMERGENCY		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Προωστήριοι Κινητήρες						
	No 1 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	-	-	-
	No 2 Propulsion Motor	690	0.80	0.75	-	-	-
	Bow Thruster	690	0.80	0.75	-	-	-
							-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**-**	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						
	tanφ						
	φ (rad)						
	φ (μοίρες)						
	cosφ						
	sinφ						
	Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)						-
1	Steering Motor	440	0.80	0.75	0.27	25.65	19.24
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fans)	440	0.80	0.75	0.80	2.00	1.50
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	440	0.80	0.75	-	-	-
4	Standby Air Compressor SU	440	0.80	0.75	-	-	-
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	-	-	-
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	-	-	-
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	440	0.80	0.75	-	-	-
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	440	1.00	-	-	-	-
9	Fuel oil circulating Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	440	0.80	0.75	-	-	-
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	440	0.80	0.75	-	-	-
12	Bilge Pump	440	0.80	0.75	1.00	11.11	8.33
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	440	0.80	0.75	-	-	-
14	Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	-	-	-
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	440	0.80	0.75	-	-	-
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	-	-	-
17	Αντλία Συμπυκνώματος	440	0.80	0.75	-	-	-
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.10	1.41	1.06
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.10	1.65	1.24
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**41.82**	**31.36**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						52.27
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)						
20	Αντλία Πυρκαιας	440	0.80	0.75	1.00	33.33	25.00
21	Sprinkler System	440	0.80	0.75	1.00	27.78	20.83
22	Air Compressor	440	0.80	0.75	1.00	11.63	8.72
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	440	0.80	0.75	-	-	-
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	440	0.80	0.75	-	-	-
25	Εργάτης Άγκυρας	440	0.80	0.75	-	-	-
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	440	0.80	0.75	-	-	-
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	440	0.80	0.75	-	-	-
28	Γερανός A Frame (Port)	440	0.80	0.75	-	-	-
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	440	0.80	0.75	0.20	11.76	8.82
30	Αντλία κύτους	440	0.80	0.75	-	-	-
31	Αντλίες γενικής χρήσης	440	0.80	0.75	-	-	-
32	Εργάτες πρυμνησίων	440	0.80	0.75	-	-	-
33	Αντλία ποσίμου νερού	440	0.80	0.75	-	-	-
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	0.80	0.75	-	-	-
35	Αντλίες υγιεινής	440	0.80	0.75	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**84.50**	**63.38**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						105.63
	tanφ						0.75
	φ (rad)						**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89
	cosφ						0.80
	sinφ						0.60
	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης						
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	440	0.80	0.75	-	-	-
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	440	0.80	0.75	-	-	-
38	Συμπιεστές κλιματισμού	440	0.80	0.75	-	-	-
39	Συμπιεστές ψυκτικής	440	0.80	0.75	-	-	-
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	-	-	-
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	-	-	-
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	0.80	0.75	-	-	-
43	Αντλίες πόσιμου νερού	440	0.80	0.75	-	-	-
44	Αντλίες αποχέτευσης	440	0.80	0.75	-	-	-
45	Αντλίες θερμού νερού	440	0.80	0.75	-	-	-
46	Συμπιεστής ψύκτη	440	0.80	0.75	-	-	-
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	440	0.80	0.75	-	-	-
48	Καταψύκτες	440	0.80	0.75	-	-	-
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	440	0.80	0.75	-	-	-
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	440	0.80	0.75	-	-	-
	Επιστημονικός Εξοπλισμός						
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	440	0.80	0.75	-	-	-
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	440	0.80	0.75	-	-	-
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	440	0.80	0.75	-	-	-
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	440	0.80	0.75	-	-	-
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	0.80	0.75	-	-	-
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπών	440	1.00	-	-	-	-
57	Εφεδρική Παροχή	440	1.00	-	0.10	3.00	-
58	Sonar	440	1.00	-	-	-	-
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	440	1.00	-	-	-	-
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/h)	440	0.80	0.75	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**3.00**	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						3.00
	tanφ						-
	φ (rad)						**-**
	φ (μοίρες)						-
	cosφ						1.00
	sinφ						-

	Συσκευές Μαγειρείου						
61	Κουζίνα	440	1.00	-	-	-	-
62	Εστίες	440	1.00	-	-	-	-
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	440	0.80	0.75	-	-	-
64	Εξαεριστήρας	440	0.80	0.75	-	-	-
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.80	0.75	-	-	-
66	Διάφορες συσκευές	220	0.80	0.75	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**-**	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						
	tanφ						
	φ (rad)						
	φ (μοίρες)						
	cosφ						
	sinφ						
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1.00	-	-	-	-
68	Γέφυρα	220	1.00	-	-	-	-
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1.00	-	-	-	-
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1.00	-	-	-	-
71	Καταστρώματος	220	1.00	-	-	-	-
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.60	1.33	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**-**	-
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						
	tanφ						
	φ (rad)						
	φ (μοίρες)						
	cosφ						
	sinφ						
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοϊας	220	1.00	-	1.00	8.00	-
74	Navigation Lights	220	1.00	-	1.00	2.70	-
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1.00	-	1.00	1.00	-
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1.00	-	1.00	1.00	-
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1.00	-	1.00	1.00	-
78							
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.80	0.75	0.30	2.10	1.58
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**15.80**	**1.58**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						15.88
	tanφ						0.10
	φ (rad)						**0.10**
	φ (μοίρες)						5.70
	cosφ						1.00
	sinφ						0.10
						145.12	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**96.32**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ	**0.66**
						φ (μοίρες)	**33.59**
						φ (rad)	**0.59**
						cosφολ =	**0.83**

Στη συνέχεια, ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιλαμβάνονται τα τελικά αποτελέσματα της παραπάνω εκτίμησης της Αέργου Ισχύος, στον οποίο φαίνεται η Συνολική Ισχύς Λειτουργίας σε kW, η Συνολική Άεργος Ισχύς σε kVAr, η Φαινόμενη Ισχύς σε kVA, η εφαπτομένη και το συνημίτονο, σε κάθε κατάσταση λειτουργίας του Ωκεανογραφικού Πλοίου που έχει τεθεί υπό μελέτη.

Παρατίθενται οι Πίνακες:

Final Results	Ισχύς Κανονικής Πορείας		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	3,118.78	2,282.62	3,864.86
tanϕ			0.73
cosϕ			0.81

Final Results	Ισχύς Χειρισμών		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	1,873.48	1,347.97	2,308.02
tanϕ			0.72
cosϕ			0.81

Final Results	Ισχυς σε Δειγματοληψια		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	995.33	703.56	1,218.88
tanϕ			0.71
cosϕ			0.82

Final Results	Ισχύς ''Εν Όρμω''		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	252.82	184.60	313.05
tanϕ			0.73
cosϕ			0.81

Final Results	EMERGENCY		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	**145.12**	**96.32**	**174.18**
tanϕ			0.66
cosϕ			0.83

Από τα τελικά αποτελέσματα βλέπουμε ότι στη δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας από πλευράς ενεργειακής ζήτησης, η οποία είναι η περίπτωση Κανονικής πορείας του πλοίου, η αναμενόμενη Φαινόμενη Ισχύς του συστήματος φτάνει την τιμή των 3865 kVA. Η ζήτηση αυτού του ποσού ισχύος μπορεί να καλυφθεί από τις 3 κύριες Ηλεκτρογεννήτριες που επιλέξαμε οι οποίες μπορούν να αποδώσουν ισχύ 3x1625 kVA = 4875 kVA στη δεδομένη εγκατάσταση. Ομοίως, υπολογίζουμε και τα ποσοστά φόρτισης των ηλεκτρογεννητριών λόγω Φαινόμενης Ισχύος στις υπόλοιπες καταστάσεις πλεύσης και συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Generators Apparent Power Loading Percentage

CONDITION	SEA GOING	MANEUVRING	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	REST IN PORT	EMERGENCY
TOTAL REQUIRED POWER (kVA)	3865	2308	1219	313.05	174.18
DIESEL GENERATORS IN USE	3x1625 kVA	2x1625 kVA	1x1625 kVA	1 x 400 kVA	1 x 225 kVA
TOTAL CAPACITY OF THE GENERATORS (kVA)	4875	3250	1625	400	225
AVAILABLE LOAD PERCENTUAL (%)	**79.28**	**71.02**	**75.02**	**78.26**	**77.41**

GENERATORS	Βάρος (kg	ΜxΠxΥ (mm)
3 x YANMAR 6EY22ALW 1370kW (1863 PS) / 1300 kWe /1625 kVA @ 60Hz /900rpm	18100	5647x1782x2907
1 x YANMAR 6NY16L-UW 355kW (483 PS) / 320 kWe / 400 kVA @ 60Hz/1200rpm	5870	3117x1265x1983
1 x YANMAR 6HAL2-WDT 200kW (271 PS) / 180 kWe / 225 kVA @ 60Hz/1200rpm	2850	2684x1164x1804

Type: 4-Stroke, Diesel , No. of Cylinders : In-Line 6

Fuel Oil: Marine Diesel Oil / Heavy Fuel Oil (M.D.O / H.F. O

Σύνολο (kg)	63020
Σύνολο (tn)	63.02

5.4.2 Η συνεισφορά των Motor Drives στην εξοικονόμηση Αέργου Ισχύος

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο η παρεμβολή ρυθμιστών στροφών (Drives) για τον δυναμικό έλεγχο των κινητήρων συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της ποσότητας της αέργου ισχύος που αναμένεται να κυκλοφορεί στο ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου. Περισσότερο συγκεκριμένα, οι ρυθμιστές στροφών που επιλέξαμε έχουν τη δυνατότητα, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές της κατασκευάστριας εταιρίας, να αυξήσουν την τιμή του συνημιτόνου λειτουργίας από 0,8 , το οποίο είναι το σύνηθες κατά μέσο όρο χρησιμοποιούμενο για κινητήρες, στην ανώτατη τιμή 1. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς μας, εφόσον πρώτινως θεωρήσαμε ότι cosφ = 0,99 , υπό την έννοια μιας περισσότερο συγκρατημένης εκτίμησης , καθότι η τιμή 1 είναι η ιδανική, η εξοικονόμηση ισχύος σε κάθε κατάσταση λειτουργίας αποτυπώνεται στον παρακάτω συγκριτικό πίνακα.

Η σύγκριση έγινε για τις εξής δύο τιμές του συνημιτόνου:

cosφ = 0,8

cosφ = 0,99

και αναφέρεται στη μείωση που προκύπτει από τις βελτιωμένες τιμές ισχύος των ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης (Azipods) και του πρωραίου ηλεκτροκινητήρα ώσης (Bow Thruster) .

Ακολουθεί ο πίνακας :

Υπολογισμός - Ανάλυση Αέργου Ισχύος / Reactive Power Analysis - cos ϕ = 0.8

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχυς σε Δειγματοληψια			Ισχύς "Εν Όρμω"			EMERGENCY		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)
		Volt				KW	kVAr		KW	kVAr		KW	kVAr		KW	kVAr		KW	kVAr
	2																		
	Προωστήριοι Κινητήρες																		
	No 1 Propulsion Motor	690	0.8	0.75	0.874	1165.33	874	0.2	266.67	200	0.0381	50.77	38.0775	0	0.00	0	0	0.00	0
	No 2 Propulsion Motor	690	0.8	0.75	0.874	1165.33	874	0.2	266.67	200	0.0381	50.77	38.0775	0	0.00	0	0	0.00	0
	Bow Thruster	690	0.8	0.75	0	0.00	0	0.97	538.89	404.1667	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
							0			0			0			0			0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					2330.67	1748		1072.22	804		101.54	76.2		0.00	0		0.00	0
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						2913			1340			127						
	tanφ						0.75			0.75			0.75						
	φ (rad)						0.64			0.64			0.64						
	φ (μοίρες)						36.8886			36.8886			36.8886						
	cosφ						0.8			0.8			0.8						
	sinφ						0.6			0.6			0.6						

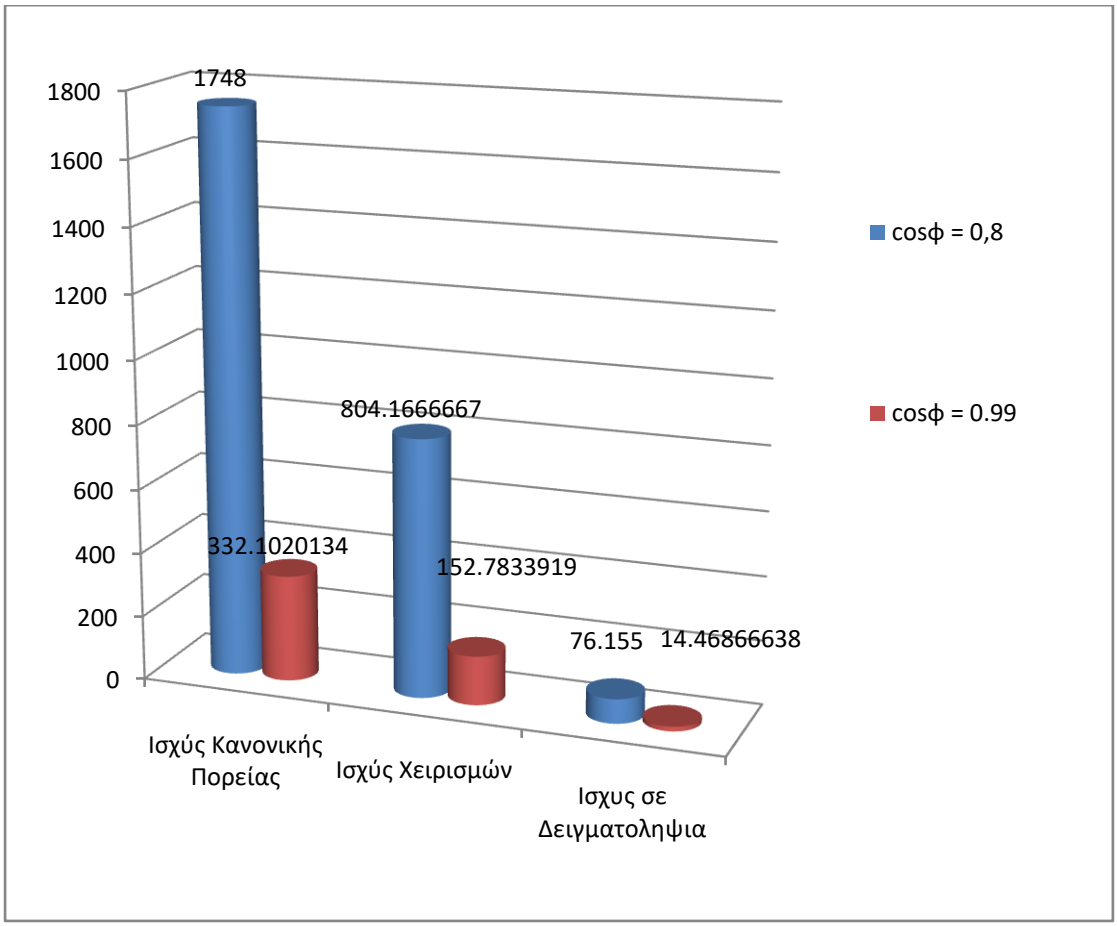
Υπολογισμός - Ανάλυση Αέργου Ισχύος / Reactive Power Analysis - cos ϕ = 0.99

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχυς σε Δειγματοληψια			Ισχύς "Εν Όρμω"			EMERGENCY		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)
		Volt				KW	kVAr		KW	kVAr		KW	kVAr		KW	kVAr		KW	kVAr
	2																		
	Προωστήριοι Κινητήρες																		
	No 1 Propulsion Motor	690	0.99	0.142492	0.874	1165.33	166.051	0.2	266.67	37.99794	0.0381	50.77	7.234333	0	0.00	0	0	0.00	0
	No 2 Propulsion Motor	690	0.99	0.142492	0.874	1165.33	166.051	0.2	266.67	37.99794	0.0381	50.77	7.234333	0	0.00	0	0	0.00	0
	Bow Thruster	690	0.99	0.142492	0	0.00	0	0.97	538.89	76.78751	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
							0			0			0			0			0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					2330.67	332		1072.22	153		101.54	14.5		0.00	0		0.00	0
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						2354			1083			102.6						
	tanφ						0.142492			0.142492			0.142492						
	φ (rad)						0.14			0.14			0.14						
	φ (μοίρες)						8.113728			8.113728			8.113728						
	cosφ						0.99			0.99			0.99						
	sinφ						0.141067			0.141067			0.141067						

Final Results	Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχυς σε Δειγματοληψια			Ισχύς "Εν Όρμω"			EMERGENCY		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	3118.78	2282.62	3864.85752	1873.48	1347.97	2308.018737	995.33	703.556	1218.879213	252.82	184.601	313.0451144	145.12	96.3177	174.1780241
tanϕ	0.732			0.719			0.707			0.730			0.664		
cosϕ	0.807			0.812			0.817			0.808			0.833		

Final Results	Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχυς σε Δειγματοληψια			Ισχύς "Εν Όρμω"			EMERGENCY		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVAr)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	3118.78	866.721	3236.97093	1873.48	696.582	1998.791328	995.33	641.87	1184.344613	252.82	184.601	313.0451144	145.12	96.3177	174.1780241
tanϕ	0.278			0.372			0.645			0.730			0.664		
cosϕ	0.963			0.937			0.840			0.808			0.833		

Ακολουθεί μία γραφική αναπαράσταση της διαφοράς Αέργου Ισχύος των κινητήρων πρόωσης , η οποία αναμένεται να εμφανιστεί στην περίπτωση χρησιμοποίησης (κόκκινες στήλες), ή μη (μπλε στήλες), των επιλεγμένων ρυθμιστών στροφών.



Σημειώνεται ότι, στις υπόλοιπες καταστάσεις, Εν Όρμω και Έκτακτης Ανάγκης, οι κινητήρες πρόωσης και το πρωραίο σύστημα ώσης βρίσκονται εκτός λειτουργίας, και συνεπώς, η ισχύς τους είναι μηδενική.

Επιπλέον, σημειώνεται ότι στους υπολογισμούς της παρούσας μελέτης θεωρήσαμε το συνημίτονο ίσο με 0,8 για τους κινητήρες πρόωσης και το πρωραίο σύστημα ώσης, προκειμένου να υπολογίσουμε μία λιγότερο αισιόδοξη κατάσταση λειτουργίας των γεννητριών και του δικτύου γενικότερα.

5.5 Επιλογή Μετασχηματιστών

Στο Ηλεκτρικό Δίκτυο του Ωκεανογραφικού θα υφίσταται η ύπαρξη καταναλωτών 220V, επομένως η τάση των 440V θα χρειαστεί υποβιβασμό στο επίπεδο αυτό. Τον ρόλο αυτό θα αναλάβουν μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης.

Αρχικά, παρουσιάζεται στους πίνακες που ακολουθούν μία Ανάλυση της Αέργου Ισχύος αποκλειστικά για το επίπεδο της τάσης των 220V , για κάθε διαφορετική κατάσταση λειτουργίας του πλοίου.

Υπολογισμός - Ανάλυση Αέργου Ισχύος / Reactive Power Analysis στην τάση των 220V

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Κανονικής Πορείας		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορρ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Συσκευές Μαγειρείου						
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.8	0.75	0.3	1.41	1.058823529
66	Διάφορες συσκευές	220	0.8	0.75	0.3	3.75	2.8125
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**5.16**	3.871323529
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1	0	0.9	4.50	0
68	Γέφυρα	220	1	0	0.6	3.00	0
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1	0	0.7	7.00	0
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1	0	1	10.00	0
71	Καταστρώματος	220	1	0	0.6	3.00	0
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.6	1.3333333	0.85	17.00	22.66666667
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**44.50**	22.66666667
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσπλοΐας	220	1	0	0.9	7.20	0
74	Navigation Lights	220	1	0	0.9	2.43	0
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1	0	0	0.00	0
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1	0	0	0.00	0
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1	0	0	0.00	0
78						0.00	0
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.8	0.75	0.1	0.70	0.525
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**10.33**	0.525
						59.99	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**27.06**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.451**
						φ (μοίρες)	**24.293**
						φ (rad)	**0.4237781**
						cosφολ =	**0.912**

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Χειρισμών		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορρ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Συσκευές Μαγειρείου						
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.8	0.75	0.3	1.41	1.058823529
66	Διάφορες συσκευές	220	0.8	0.75	0.3	1.50	1.125
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**2.91**	2.183823529
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1	0	1	5.00	0
68	Γέφυρα	220	1	0	0.6	3.00	0
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1	0	0.7	7.00	0
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1	0	1	10.00	0
71	Καταστρώματος	220	1	0	0.6	3.00	0
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.6	1.3333333	0.85	17.00	22.66666667
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**45.00**	22.66666667
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	220	1	0	0.9	7.20	0
74	Navigation Lights	220	1	0	0.9	2.43	0
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1	0	0	0.00	0
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1	0	0	0.00	0
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1	0	0	0.00	0
78						0.00	0
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.8	0.75	0.7	4.90	3.675
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**14.53**	3.675
						62.44	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**28.53**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.457**
						φ (μοίρες)	**24.565**
						φ (rad)	**0.42852212**
						cosφολ =	**0.910**

α/α	Καταναλωτής				Ισχυς σε Δειγματοληψια		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορρ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Συσκευές Μαγειρείου						
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.8	0.75	0.3	1.41	1.05882353
66	Διάφορες συσκευές	220	0.8	0.75	0.3	1.50	1.125
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**2.91**	2.18382353
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1	0	1	5.00	0
68	Γέφυρα	220	1	0	1	5.00	0
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1	0	0.7	7.00	0
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1	0	1	10.00	0
71	Καταστρώματος	220	1	0	1	5.00	0
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.6	1.3333333	0.85	17.00	22.6666667
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**49.00**	22.6666667
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	220	1	0	0.9	7.20	0
74	Navigation Lights	220	1	0	0.9	2.43	0
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1	0	0	0.00	0
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1	0	0	0.00	0
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1	0	0	0.00	0
78						0.00	0
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.8	0.75		0.00	0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**9.63**	0
						61.54	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**24.85**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.404**
						φ (μοίρες)	**22.000**
						φ (rad)	**0.383777**
						cosφολ =	**0.927**

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς "Εν Όρμω"		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Συσκευές Μαγειρείου						
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.8	0.75	0	0.00	0
66	Διάφορες συσκευές	220	0.8	0.75	0	0.00	0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**0.00**	0
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1	0	0.2	1.00	0
68	Γέφυρα	220	1	0	0.2	1.00	0
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1	0	0.2	2.00	0
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1	0	0.2	2.00	0
71	Καταστρώματος	220	1	0	0.5	2.50	0
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.6	1.3333333	0.4	8.00	10.66666667
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**16.50**	10.66666667
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	220	1	0	0	0.00	0
74	Navigation Lights	220	1	0	0	0.00	0
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1	0	0	0.00	0
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1	0	0	0.00	0
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1	0	0	0.00	0
78					0	0.00	0
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.8	0.75	0	0.00	0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**0.00**	0
						16.50	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**10.67**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.646**
						φ (μοίρες)	**32.898**
						φ (rad)	**0.57388589**
						cosφολ =	**0.840**

α/α	Καταναλωτής				EMERGENCY		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR
	Συσκευές Μαγειρείου						
65	Πλυντήριο πιάτων	220	0.8	0.75	0	0.00	0
66	Διάφορες συσκευές	220	0.8	0.75	0	0.00	0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**0.00**	0
	Πίνακες Φωτισμού						
67	Μηχανοστάσιο	220	1	0	0	0.00	0
68	Γέφυρα	220	1	0	0	0.00	0
69	Χώροι ενδιαίτησης	220	1	0	0	0.00	0
70	Επιστημονικά Εργαστήρια	220	1	0	0	0.00	0
71	Καταστρώματος	220	1	0	0	0.00	0
72	Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και περιφερειακά / Computers	220	0.6	1.3333333	0	0.00	0
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**0.00**	0
	Ηλεκτρικά Όργανα Ναυσιπλοΐας και Άλλα						
73	Πίνακας Οργάνων Ναυσιπλοΐας	220	1	0	1	8.00	0
74	Navigation Lights	220	1	0	1	2.70	0
75	EMERGENCY LIGHTING FOR MACHINERY SPACES	220	1	0	1	1.00	0
76	EMERGENCY LIGHTING IN SCIENTIFIC AND CREW AREAS	220	1	0	1	1.00	0
77	OTHER EMERGENCY LIGHTS	220	1	0	1	1.00	0
78					0	0.00	0
79	Εφεδρική Παροχή	220	0.8	0.75	0.3	2.10	1.575
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**15.80**	1.575
						15.80	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**1.58**
						tanφ =	
						Qολ/Pολ=	**0.100**
						φ (μοίρες)	**5.696**
						φ (rad)	**0.09935532**
						cosφολ =	**0.995**

Στη συνέχεια, ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιλαμβάνονται τα τελικά αποτελέσματα της παραπάνω εκτίμησης της Αέργου Ισχύος, στον οποίο φαίνεται η Συνολική Ισχύς Λειτουργίας σε kW, η Συνολική Άεργος Ισχύς σε kVAr, η Φαινόμενη Ισχύς σε kVA, η εφαπτομένη και το συνημίτονο, αποκλειστικά στο επίπεδο τάσης των 220V, για κάθε κατάσταση λειτουργίας του Ωκεανογραφικού Πλοίου που έχει τεθεί υπό μελέτη.

Final Results	Ισχύς Κανονικής Πορείας		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	59.99	27.0629902	65.81350371
tanϕ	0.451		
cosϕ	0.912		

Final Results	Ισχύς Χειρισμών		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	62.44	28.5254902	68.64894442
tanϕ	0.457		
cosϕ	0.910		

Final Results	Ισχυς σε Δειγματοληψια		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	61.54	24.8504902	66.369689
tanϕ	0.404		
cosϕ	0.927		

Final Results	Ισχύς "Εν Όρμω"		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	16.50	10.66666667	19.64758962
tanφ	0.646		
cosφ	0.840		

Final Results	EMERGENCY		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	15.80	1.575	15.87830674
tanφ	0.100		
cosφ	0.995		

Βάσει των παραπάνω, στο επίπεδο των 220V, θα υπολογίσουμε τη Μέγιστη Φαινόμενη Ισχύ (Μ.Φ.Ι) που μπορεί να εμφανιστεί στο σύστημα, επιλέγοντας τη δυσμενέστερη περίπτωση, δηλαδή το μεγαλύτερο φορτίο που θα κληθεί να εξυπηρετήσει ο κάθε πίνακας, ανεξαρτήτου κατάστασης πορείας.

Ο υπολογισμός θα γίνει βάσει της σχέσης:

Φαινόμενη Ισχύς = Ονομαστική Ισχύς Λειτουργίας x cosφ + Άεργος Ισχύς x tanφ x cosφ ,

Καθώς: tanφ x cosφ= sinφ

Για τους υπολογισμούς θα χρησιμοποιήσουμε :

cosφ=0,8,

και

tanφ=0,75

για τις συσκευές μαγειρείου και την εφεδρική παροχή.

Για τον φωτισμό θα λάβουμε :

cosφ=1,

και

tanφ=0

Έχουμε:

Για τον Φωτισμό και τις Συσκευές Μαγειρείου των 220V:

ΜΦΙ **(Φωτισμός + Μαγειρείο (220V)** = 49x1 + 0 + 5.16x0.8 + 3.871x0.75 = **56.03 kVA**

Για τα Όργανα Ναυσιπλοΐας και την Εφεδρική Παροχή:

ΜΦΙ **(**Όργανα Ναυσιπλοΐας + Εφεδρική Παροχή**)** = 13.7x1 + 0 + 8.5x0.8 + 6.375x0.75 = **25.28 kVA**

Για λόγους ασφαλείας και απροβλημάτιστης λειτουργίας, εφαρμόζουμε μία προσαύξηση, της τάξης του 20%, στις παραπάνω τιμές, και καταλήγουμε στην τελική επιλογή της ισχύος των Μετασχηματιστών Υποβιβασμού Τάσης από 440V σε 220V, η οποία συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ / POWER TRANSFORMERS
1	440-->220 V / 80 kVA
2	440-->220 V / 30 kVA
3	440-->220 V / 30 kVA Emergency Transformer

Με όμοια διαδικασία επιλέγονται και οι μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης από 690V σε 440V.

Παρατίθενται οι πίνακες υπολογισμού της φαινόμενης ισχύος η οποία αναπτύσσεται στο επίπεδο των 440V.

Υπολογισμός - Ανάλυση Φαινόμενης Ισχύος / Apparent Power Analysis στα 440V

α/α	Καταναλωτής				Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχυς σε Δειγματοληψια			Ισχύς "Εν Όρμω"			EMERGENCY		
		V	cosφ	tanφ	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς	fs	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας (απορροφ)	Άεργος Ισχύς
						(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)		(P)	(Q)
		Volt				KW	VAR		KW	VAR		KW	VAR		KW	VAR		KW	VAR
1	Steering Motor	440	0.80	0.75	0.05	4.75	3.56	0.27	25.65	19.24	0.27	25.65	19.24	-	-	-	0.27	25.65	19.24
2	Ανεμιστήρες Χώρου Πηδαλιουχίας (Steering Motor Fan	440	0.80	0.75	0.80	2.00	1.50	0.80	2.00	1.50	0.80	2.00	1.50	-	-	-	0.80	2.00	1.50
3	Ανεμιστήρες Motor Drive units ACS800 και MSB	440	0.80	0.75	0.75	4.69		0.75	4.69	3.52	0.70	4.38	3.29	-	-	-	-	-	-
4	Standby Air Compressor SU	440	0.80	0.75	0.80	4.00	3.00	0.80	4.00	3.00	0.80	4.00	3.00	-	-	-	-	-	-
5	Κύρια Αντλία Κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.80	23.17	17.38	0.80	15.45	11.59	0.50	7.72	5.79	0.30	4.83	3.62	-	-	-
6	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Ψύξης	440	0.80	0.75	0.85	24.62	18.47	0.85	16.41	12.31	0.50	8.21	6.16	0.30	4.83	3.62	-	-	-
7	Αντλία Τροφοδοσίας Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.80	9.00	6.75	0.60	6.75	5.06	0.50	2.81	2.11	0.20	1.13	0.84	-	-	-
8	Θερμαντήρες Καυσίμου	440	1.00	-	0.80	12.00	-	0.80	12.00	-	0.70	10.50	-	-	-	-	-	-	-
9	Fuel oil circulating Pump	440	0.80	0.75	0.70	23.06	17.29	0.70	23.06	17.29	0.50	16.47	12.35	0.20	3.29	2.47	-	-	-
10	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου	440	0.80	0.75	0.80	12.00	9.00	0.20	3.00	2.25	0.10	1.50	1.13	-	-	-	-	-	-
11	Αντλία Έρματος/Ballast Pump	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.90	14.82	11.12	-	-	-
12	Bilge Pump	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	11.11	8.33
13	Αεροσυμπιεστής Εκκινήσεως	440	0.80	0.75	0.20	4.35	3.26	0.70	15.22	11.41	0.30	6.52	4.89	-	-	-	-	-	-
14	Δευτερεύουσα Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	4.00	3.00	0.85	4.00	3.00	0.20	0.94	0.71	0.20	0.94	0.71	-	-	-
15	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Μηχανοστασίου	440	0.80	0.75	0.80	75.29	56.47	0.80	75.29	56.47	0.40	18.82	14.12	0.20	4.71	3.53	-	-	-
16	Κύρια Αντλία Ελαίου Λιπάνσεως	440	0.80	0.75	0.85	15.94	11.95	0.85	15.94	11.95	0.85	15.94	11.95	0.20	3.75	2.81	-	-	-
17	Αντλία Συμπυκνώματος	440	0.80	0.75	0.40	5.71	4.29	0.40	5.71	4.29	0.40	5.71	4.29	-	-	-	-	-	-
18	Ανεμιστήρες Απαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.85	48.00	36.00	0.85	48.00	36.00	0.50	14.12	10.59	0.20	2.82	2.12	0.10	1.41	1.06
19	Ανεμιστήρες Προσαγωγής Αέρα Γεννητριών	440	0.80	0.75	0.85	28.00	21.00	0.85	28.00	21.00	0.50	8.24	6.18	0.20	1.65	1.24	0.10	1.65	1.24
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**300.58**	**212.92**		**305.17**	**219.88**		**153.53**	**107.27**		**42.77**	32.08		**41.82**	**31.36**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						368.35			376.13			187.29			53.46			52.27
	tanφ						0.71			0.72			0.70			0.75			0.75
	φ (rad)						**0.62**			**0.62**			**0.61**			**0.64**			**0.64**
	φ (μοίρες)						35.33			35.79			34.96			36.89			36.89
	cosφ						0.82			0.81			0.82			0.80			0.80
	sinφ						0.58			0.58			0.57			0.60			0.60

	Βοηθητικά Μηχανήματα (Deck Auxiliary)																		
20	Αντλία Πυρκαιας	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	33.33	25.00
21	Sprinkler System	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	27.78	20.83
22	Air Compressor	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	11.63	8.72
23	Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού	440	0.80	0.75	0.50	17.65	13.24	0.50	17.65	13.24	0.50	17.65	13.24	0.40	14.12	10.59	-	-	-
24	Αντλία Βιολογικού Καθαρισμού (Sewage)	440	0.80	0.75	0.50	7.33	5.50	0.50	7.33	5.50	0.50	7.33	5.50	0.40	5.87	4.40	-	-	-
25	Εργάτης Άγκυρας	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.10	4.12	3.09	-	-	-	-	-	-
26	Αντλία Πλύσης Καταστρώματος	440	0.80	0.75	-	-	-	0.10	1.87	1.40	0.30	5.60	4.20	-	-	-	-	-	-
27	Γερανός A Frame (Πρύμνη)	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.35	74.38	55.78	-	-	-	-	-	-
28	Γερανός A Frame (Port)	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.35	37.06	27.79	-	-	-	-	-	-
29	Γερανός DMW M660-24A5 (8.43 tn/ 6.9m)	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.35	20.59	15.44	-	-	-	0.20	11.76	8.82
30	Αντλία κύτους	440	0.80	0.75	0.10	2.35	1.76	0.10	2.35	1.76	0.10	2.35	1.76	-	-	-	-	-	-
31	Αντλίες γενικής χρήσης	440	0.80	0.75	0.80	35.00	26.25	0.80	35.00	26.25	0.80	35.00	26.25	-	-	-	-	-	-
32	Εργάτες πρυμνησίων	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.20	23.53	17.65	-	-	-	-	-	-
33	Αντλία ποσίμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	6.67	5.00	0.50	6.67	5.00	0.50	6.67	5.00	0.30	4.00	3.00	-	-	-
34	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	0.80	0.75	0.70	6.53	4.90	0.70	6.53	4.90	0.70	6.53	4.90	0.30	2.80	2.10	-	-	-
35	Αντλίες υγιεινής	440	0.80	0.75	0.40	5.33	4.00	0.40	5.33	4.00	0.40	5.33	4.00	0.30	4.00	3.00	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**80.87**	**60.65**		**82.73**	**62.05**		**246.14**	**184.60**		**30.78**	**23.09**		**84.50**	**63.38**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						101.09			103.42			307.67			38.48			105.63
	tanφ						0.75			0.75			0.75			0.75			0.75
	φ (rad)						**0.64**			**0.64**			**0.64**			**0.64**			**0.64**
	φ (μοίρες)						36.89			36.89			36.89			36.89			36.89
	cosφ						0.80			0.80			0.80			0.80			0.80
	sinφ						0.60			0.60			0.60			0.60			0.60

	Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης																		
36	Αντλία κυκλοφορίας Γλυκού Νερού Κατανάλωσης	440	0.80	0.75	0.50	8.67	6.50	0.50	8.67	6.50	0.50	8.67	6.50	0.30	5.20	3.90	-	-	-
37	Αντλία κυκλοφορίας Θαλασσινού Νερού για Χρήση	440	0.80	0.75	0.50	10.00	7.50	0.50	10.00	7.50	0.50	10.00	7.50	0.30	6.00	4.50	-	-	-
38	Συμπιεστές κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	83.33	62.50	0.75	83.33	62.50	0.75	83.33	62.50	0.50	55.56	41.67	-	-	-
39	Συμπιεστές ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.70	13.18	9.88	0.70	13.18	9.88	0.70	13.18	9.88	0.50	9.41	7.06	-	-	-
40	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	30.00	22.50	0.75	30.00	22.50	0.75	30.00	22.50	0.50	10.00	7.50	-	-	-
41	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	0.80	0.75	0.75	32.14	24.11	0.75	32.14	24.11	0.75	32.14	24.11	0.50	10.71	8.04	-	-	-
42	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	0.80	0.75	0.40	4.57	3.43	0.40	4.57	3.43	0.40	4.57	3.43	0.50	2.86	2.14	-	-	-
43	Αντλίες πόσιμου νερού	440	0.80	0.75	0.50	5.71	4.29	0.50	5.71	4.29	0.50	5.71	4.29	0.30	1.71	1.29	-	-	-
44	Αντλίες αποχέτευσης	440	0.80	0.75	0.70	20.00	15.00	0.70	20.00	15.00	0.70	20.00	15.00	0.20	2.86	2.14	-	-	-
45	Αντλίες θερμού νερού	440	0.80	0.75	0.80	6.86	5.14	0.70	6.00	4.50	0.70	6.00	4.50	0.20	0.86	0.64	-	-	-
46	Συμπιεστής ψύκτη	440	0.80	0.75	0.80	1.88	1.41	0.80	1.88	1.41	0.80	1.88	1.41	0.20	0.47	0.35	-	-	-
47	Ψυγεία Μεγάλα 3x10 m3	440	0.80	0.75	0.80	6.36	4.77	0.80	6.36	4.77	0.40	6.36	4.77	0.80	6.36	4.77	-	-	-
48	Καταψύκτες	440	0.80	0.75	0.80	13.18	9.88	0.80	13.18	9.88	0.40	13.18	9.88	0.80	13.18	9.88	-	-	-
49	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	440	0.80	0.75	0.70	14.00	10.50	0.70	14.00	10.50	0.70	14.00	10.50	0.70	14.00	10.50	-	-	-
50	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	440	0.80	0.75	0.70	28.00	21.00	0.70	28.00	21.00	0.70	28.00	21.00	0.25	10.00	7.50	-	-	-
	Επιστημονικός Εξοπλισμός																		
51	200 Bar Compressor for Seismic Analysis Air-Gun	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.45	105.88	79.41	-	-	-	-	-	-
52	Sparker System Power supply Geo Spark 16 kJ	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.40	4.44	3.33	-	-	-	-	-	-
53	Various Seabird CTD sets Seabird SBE911Plus	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.40	0.80	0.60	-	-	-	-	-	-
54	Various Water and Plankton Samplers Seabird SBE32	440	0.80	0.75	-	-	-	-	-	-	0.40	0.09	0.07	-	-	-	-	-	-
55	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	0.80	0.75	0.80	26.35	19.76	0.80	26.35	19.76	0.50	16.47	12.35	0.22	7.25	5.44	-	-	-
56	Αυτογραφικά CTD / Και Όργανα Επιστημονικών σκοπ	440	1.00	-	0.70	10.89	-	0.70	10.89	-	0.70	10.89	-	0.20	3.11	-	-	-	-
57	Εφεδρική Παροχή	440	1.00	-	-	-	-	0.40	12.00	-	-	-	-	-	-	-	0.10	3.00	-
58	Sonar	440	1.00	-	0.90	8.00	-	0.90	8.00	-	0.30	2.67	-	-	-	-	-	-	-
59	Ηχοβολιστικό με Multibeam	440	1.00	-	0.90	5.00	-	0.90	5.00	-	0.30	1.67	-	-	-	-	-	-	-
60	Αντλία Θερμοσαλινογράφου (SBE 21 SeaCAT : 3.6 m3/	440	0.80	0.75	0.70	1.40	1.05	0.70	1.40	1.05	0.70	1.40	1.05	0.20	0.40	0.30	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**329.52**	**229.22**		**340.66**	**228.58**		**421.33**	**304.58**		**159.93**	**117.61**		**3.00**	**-**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						401.40			410.24			519.89			198.52			3.00
	tanφ						0.70			0.67			0.72			0.74			-
	φ (rad)						**0.61**			**0.59**			**0.63**			**0.63**			**-**
	φ (μοίρες)						34.84			33.88			35.88			36.35			-
	cosφ						0.82			0.83			0.81			0.81			1.00
	sinφ						0.57			0.56			0.59			0.59			-

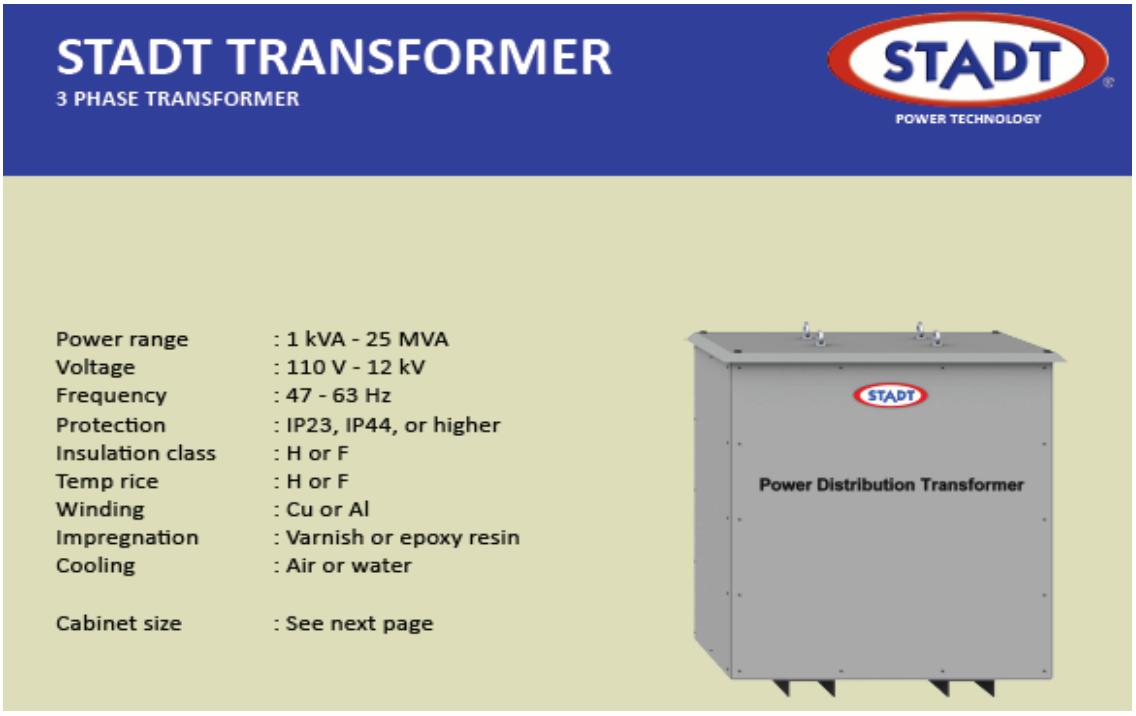
	Συσκευές Μαγειρείου																		
61	Κουζίνα	440	1.00	-	0.30	4.80	-	0.30	2.40	-	0.30	2.40	-	0.10	0.80	-	-	-	-
62	Εστίες	440	1.00	-	0.30	6.00	-	0.30	1.50	-	0.30	1.50	-	0.10	0.50	-	-	-	-
63	Ανεμιστήρας (προσαγωγής αέρα)	440	0.80	0.75	0.30	1.41	1.06	0.30	1.41	1.06	0.30	1.41	1.06	0.10	0.24	0.18	-	-	-
64	Εξαεριστήρας	440	0.80	0.75	0.30	4.94	3.71	0.30	4.94	3.71	0.30	4.94	3.71	0.10	0.82	0.62	-	-	-
	Μερικό Σύνολο - Άθροισμα					**17.15**	**4.76**		**10.25**	**4.76**		**10.25**	**4.76**		**2.36**	**0.79**		**0.00**	**0.00**
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ						17.80			11.31			11.31			2.49			
	tanϕ						0.28			0.46			0.46			0.34			
	ϕ (rad)						**0.27**			**0.44**			**0.44**			**0.32**			
	ϕ (μοίρες)						15.53			24.94			24.94			18.62			
	cosϕ						0.96			0.91			0.91			0.95			
	sinϕ						0.27			0.42			0.42			0.32			
						17.15			**10.25**			**10.25**			**2.36**			**129.32**	
	Ολική Άεργος Ισχύς / Total Reactive Power						**875.60**			**894.56**			**1019.62**			**291.25**			**160.90**
						tanφ =			**tanφ =**			**tanφ =**			**tanφ =**			**tanφ =**	
						Qολ/Pολ=	**51.05**		**Qολ/Pολ=**	**87.25**		**Qολ/Pολ=**	**99.45**		**Qολ/Pολ=**	**123.47**		**Qολ/Pολ=**	**1.24**
						ϕ (μοίρες)	**88.92**		**ϕ (μοίρες)**	**89.39**		**ϕ (μοίρες)**	**89.47**		**ϕ (μοίρες)**	**89.58**		**ϕ (μοίρες)**	**51.24**
						ϕ (rad)	**1.55**		**ϕ (rad)**	**1.56**		**ϕ (rad)**	**1.56**		**ϕ (rad)**	**1.56**		**ϕ (rad)**	**0.89**
						cosφολ =	**0.02**		**cosφολ =**	**0.01**		**cosφολ =**	**0.01**		**cosφολ =**	**0.01**		**cosφολ =**	**0.63**

Final Results	Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχυς σε Δειγματοληψια			Ισχύς "Εν Όρμω"			EMERGENCY		
	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)	Ισχύς Λειτουργίας / Operation Power (kW)	Άεργος Ισχύς / Reactive Power (kVA)	Φαινόμενη Ισχύς / Apparent Power (kVA)
Grand Total	17.15	875.60	875.77	10.25	894.56	894.62	10.25	1019.62	1019.67	2.36	291.25	291.26	129.32	160.90	206.43
tanϕ	51.05			87.25			99.45			123.47			1.24		
cosϕ	0.02			0.01			0.01			0.01			0.63		

	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ / POWER TRANSFORMERS
1	690-->440 V / 630 kVA
2	690-->440 V / 630 kVA

Προκειμένου να αυξήσουμε την ασφάλεια του πλοίου σε περίπτωση Έκτακτης Ανάγκης, για τα Όργανα Ναυσιπλοΐας και την Εφεδρική Παροχή, επιλέξαμε 2 πανομοιότυπους μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης , έναν ο οποίος θα βρίσκεται standby για την κατάσταση Emergency, και έναν για όλες τις υπόλοιπες καταστάσεις λειτουργίας του Ωκεανογραφικού.

Επιλέξαμε μετασχηματιστές από τη Νορβηγική κατασκευάστρια εταιρία STADT, τα χαρακτηριστικά των οποίων ακολουθούν στην επόμενη σελίδα.



Οι διαστάσεις και το βάρος των επιλεγμένων μετασχηματιστών έχουν επισημανθεί στον παρακάτω πίνακα.

STADT TRANSFORMER

3 PHASE TRANSFORMER

POWER TECHNOLOGY

Power range: 1,1 - 1600 kVA
Voltage range: 100 - 12 kV

1,1 - 125 kVA IP23
100 - 750 V

	Width	Height	Depth	Weight
1,1 kVA	370	415	250	18
1,3 kVA	370	415	250	21
1,6 kVA	370	415	250	26
2 kVA	370	415	250	31
3 kVA	370	415	250	39
5 kVA	370	415	250	43
6,3 kVA	370	415	250	51
8 kVA	570	580	360	65
10 kVA	570	580	360	73
16 kVA	570	580	360	98
20 kVA	570	580	360	125
25 kVA	570	580	360	149
30 kVA	570	580	360	182
40 kVA	740	800	420	220
50 kVA	740	800	500	230
63 kVA	740	800	500	265
80 kVA	800	800	700	290
100 kVA	800	800	700	360
125 kVA	810	1080	700	520

Source: stadt.no

125 - 1600 kVA IP23
Up to 12 kV

	Width	Height	Depth	Weight
125 kVA	1000	1150	900	570
160 kVA	1000	1150	900	745
200 kVA	1000	1150	900	820
250 kVA	1090	1250	900	975
315 kVA	1240	1365	1000	1280
400 kVA	1240	1365	1000	1480
500 kVA	1240	1565	1000	1740
630 kVA	1475	1665	1200	2210
800 kVA	1680	1570	1200	2790
1000 kVA	1680	1855	1500	3100
1250 kVA	1680	1855	1500	3470
1600 kVA	1680	2140	1500	4450

Other power ratings and voltages will be available on request.

All sizes in mm.
Weight in kg (aprox)

Source: stadt.no

5.6 Διατομές Ζυγών και Καλωδίων Πινάκων

Στον πίνακα που αυτής της ενότητας γίνεται μία αποτύπωση των διατομών των καλωδίων παροχής των πινάκων, της διατομής των κυρίων ζυγών αυτών καθώς επίσης και του είδους και των ονομαστικών τιμών λειτουργίας των ασφαλιστικών διατάξεων του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού πλοίου. Επιπλέον, για λόγους συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων, στην τελευταία στήλη αναφέρονται οι μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης που εκλέχθηκαν στο προηγούμενο βήμα. Ακολουθεί περιγραφή της διαδικασίας υπολογισμού των τιμών του πίνακα.

Αρχικά, μέσω της Μέγιστης Φαινόμενης Ισχύος σε κάθε κατάσταση λειτουργίας του πλοίου, όπως υπολογίστηκε στους πίνακες που προηγήθηκαν, υπολογίζουμε το Ρεύμα Τριφασικής Γραμμής το οποίο θα τροφοδοτεί τον κάθε ζυγό με βάση τη σχέση:

$I = (МФI \times 1000) / (\sqrt{3} \times V)$,

όπου V : η Ονομαστική Τάση Λειτουργίας

Στη συνέχεια, για λόγους ασφαλείας, εφαρμόζουμε στο παραπάνω ρεύμα τριφασικής γραμμής μία προσαύξηση σε επίπεδο 10%.

Με βάση την προσαυξημένη τιμή αυτή του ρεύματος γραμμής, προσδιορίζουμε τις διατομές των καλωδίων που θα κληθούν να τροφοδοτήσουν την κάθε ομάδα καταναλωτών (ουσιαστικά συνδέουν τους ζυγούς με τους υποζυγούς αλλά και τις διατομές των χάλκινων ζυγών. Σημειώνουμε ότι ο υπολογισμός της διατομής των καλωδίων έγινε βάσει πινάκων με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους, οι οποίοι παρατίθενται στο μεταξύ άλλων στο τέλος της παρούσας εργασίας. Επιλέχθηκαν χάλκινα καλώδια, της κατασκευάστριας εταιρίας Fulgor, class 2 (πολύκλωνα), με μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 85° C, με μόνωση XLPE και ονομαστικής τάσης 0,6/1 kV.

Στην επόμενη στήλη καθορίζονται το είδος και οι ονομαστικές τιμές λειτουργίας των ασφαλιστικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται. Βέβαια, η τελική ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα των αυτόματων διακοπτών θα προσδιοριστεί μέσα από τη μελέτη βραχυκυκλωμάτων που ακολουθεί σε επόμενη ενότητα.

Σημειώνεται ότι, πάρα το γεγονός πως η Μέγιστη Φαινόμενη Ισχύς στην κεντρική μπάρα των 440V φαίνεται 1227,73 kVA , και το σύνολο ισχύος των 2 επιλεχθέντων, εν παραλλήλω συνδεδεμένων, μετασχηματιστών από 690/440V αθροίζεται στα 1260 kVA , δε συνεπάγεται ότι οι μετασχηματιστές θα λειτουργούν υπό φόρτιση 97% καθώς η εν λόγω μέγιστη φαινόμενη ισχύς αναφέρεται στα υψηλότερα ποσά φαινόμενης ισχύος που συναντήσαμε κατά τη διαδικασία της ενεργειακής μελέτης. Στην πράξη, οι μετασχηματιστές αυτοί αναμένεται να καλύπτουν μέγιστη φαινόμενη ισχύ 1019,67 kVA, κατά την κατάσταση δειγματοληψίας, όπως είναι φανερό και από τους συγκεντρωτικούς πίνακες της προηγούμενης ενότητας 5.5. Συνεπώς, οι δεδομένοι μετασχηματιστές θα λειτουργούν στο επίπεδο του: (1019/1260)x100% = 81%. Ακολουθεί ο εν λόγω Πίνακας.

Είδος Πίνακα	Μέγιστη Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ρεύμα Τριφασικής Γραμμής (A)	Ρεύμα Τριφασικής Γραμμής προσαυξημένο κατά 10% (A)	Διατομή Καλωδίου Παροχής (mm2)	Κύριος Ζυγός Πίνακα (mm2)	Πλήθος-Διαστάσεις Ζυγών (mm)	Ασφαλιστική Διάταξη	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ / POWER TRANSFORMER
Επίπεδο Τάσης 690 V								
ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ	2,913.33	3,822.87	4,205.16	2x(4*300) ανά φάση / 4x300 ανά φάση για τον κάθε κινητήρα	4000	2X(200X10)	Αυτόματος Διακόπτης 2200A για κάθε Ηλεκτροκινητήρα	
Επίπεδο Τάσης 440 V								
Κεντρική Μπάρα	1,227.73	1,611.03	1,772.13	2x(2x185) ανά φάση / 2x185 για τον κάθε έναν εκ των 2 κύριων Μετασχηματιστών	2000	200X10	Αυτόματος Διακόπτης 840A για κάθε Μετασχηματιστή	**690-->440 V / 630 kVA** **690-->440 V / 630 kVA**
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ/ Βοηθητικά Πρόωσης (Auxiliary Machinery)	376.13	493.56	542.92	1x300 ανά φάση	800	2x(80X5)	Αυτόματος Διακόπτης 550A	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ / Βοηθητικά Μηχανηματα Deck Auxiliary	307.67	403.72	444.10	1x240 ανά φάση	800	2x(80X5)	Αυτόματος Διακόπτης 470A	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ	520.00	682.34	750.58	2x185 ανά φάση	800	2x(80X5)	Αυτόματος Διακόπτης 800A	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ	23.93	31.40	34.54	3x10	100	20X5	Αυτόματος Διακόπτης 50A	
Επίπεδο Τάσης 220 V								
Κεντρική Μπάρα	77.00	202.08	222.29	3x(1*120)	400	40X10	Αυτόματος Διακόπτης 315A	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ 5 kW στα 220V	55.00	144.34	158.78	3x95	200	40X5	Αυτόματος Διακόπτης 200A	**440-->220 V / 70 kVA**
ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ	22.00	57.74	63.51	3x25	100	20X5	Αυτόματος Διακόπτης 80A	**440-->220 V / 30 kVA**
							440-->220 V / 30 kVA Emergency Transformer	

5.7 Δίαταξη Λήψης ρεύματος από τη στεριά

Για το Ωκεανογραφικό πλοίο που μελετάμε, για λόγους εξοικονόμησης καυσίμου, επιλέξαμε την ύπαρξη κατάλληλης διάταξης για λήψη ρεύματος από τη στεριά.

Στην περίπτωση αυτή, θα καθορίζουμε ότι μέσω της αναφερόμενης διάταξης θα υπάρχει δυνατότητα τροφοδοσίας των εξής πινάκων:

- ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ / Βοηθητικά Μηχανήματα

- ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ

- ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ

- ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ 5 kW στα 220V

Η διατομή του καλωδίου που θα συνδέει αυτή τη διάταξη θα είναι 4x150 mm2 ανά φάση εφόσον θα κληθεί να άγει μέγιστο συνολικό ρεύμα 1256,32 Α.

Επίσης, για την εν λόγω διάταξη επιλέγεται ένας αυτόματος διακόπτης των 2000Α, με ρύθμιση στα 1300 Α .

Τα αποτελέσματα και η διαδικασία υπολογισμού των παραπάνω συνοψίζονται στον συγκεντρωτικό πίνακα που παρατίθεται στην επόμενη σελίδα.

Είδος Πίνακα	Μέγιστη Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ρεύμα Τριφασικής Γραμμής (A)	Ρεύμα Τριφασικής Γραμμής προσαυξημένο κατά 10% (A)	Διατομή Καλωδίου Παροχής (mm2)	Κύριος Ζυγός Πίνακα (mm2)	Πλήθος-Διαστάσεις Ζυγών (mm)	Ασφαλιστική Διάταξη	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ / POWER TRANSFORMER
Επίπεδο Τάσης 440 V								
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ / Βοηθητικά Μηχανηματα	307.67	403.72	444.10	1x240 ανά φάση	800	2x(80X5)	Αυτόματος Διακόπτης 470A	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ	520.00	682.34	750.58	2x185 ανά φάση	800	2x(80X5)	Αυτόματος Διακόπτης 800A	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ	23.93	31.40	34.54	3x10	100	20X5	Αυτόματος Διακόπτης 50A	
Επίπεδο Τάσης 220 V								
ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ 5 kW στα 220V	55.00	144.34	158.78	3x95	200	40X5	Α Διακόπτης 200A	**440-->220 V / 70 kVA**
ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ	22.00	57.74	63.51	3x25	100	20X5	Α Διακόπτης 80A	**440-->220 V / 30 kVA**
ΔΙΑΤΑΞΗ ΛΗΨΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΣΤΕΡΙΑ	928.60	1,319.55	1,451.50	4x185 ανά φάση	1000		Αυτόματος Διακόπτης 1500A	

Κεφάλαιο 6

6.1 Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων

Με τον όρο βραχυκύκλωμα ορίζουμε την αγώγιμη σύνδεση δύο σημείων , διαφορετικού δυναμικού, μέσω αμελητέας, σχετικά, αντίστασης. Το άμεσο αποτέλεσμα της σύνδεσης αυτής είναι η κυκλοφορία ρεύματος μεγάλης έντασης, λόγω του ότι ισχύει ο Νόμος του Ohm:

$$I = \frac{V}{R},$$

και για $R \to 0$ θα είναι:

$$I = \frac{V}{R} \to \infty$$

Είναι φανερό ότι όσο υψηλότερη είναι η τιμή της ονομαστικής τάσης λειτουργίας, V, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ένταση του ρεύματος βραχυκυκλώματος, I. Συνεπώς τα βραχυκυκλώματα γίνονται σημαντικότερα σε συστήματα υψηλότερης τάσης.

Οι εντάσεις των ρευμάτων βραχυκύκλωσης 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 (ελκτικών ή/και απωστικών ανάλογα με τη φορά των ρευμάτων στους ρευματοφόρους αγωγούς) δυνάμεων Laplace,

-Στρεβλώσεις και κάμψεις αγώγιμων μερών,

-Μηχανικές ταλαντώσεις,

-Διακυμάνσεις στο μέτρο των τάσεων λειτουργίας, εν γένει , σε όλα τα σημεία του κυκλώματος, οι οποίες είναι σημαντικότερες όσο εγγύτερα τοποθετείται η θέση του βραχυκυκλώματος. Συνήθως οι διακυμάνσεις αυτές είναι βυθίσεις ή στιγμιαίοι μηδενισμοί τάσεως οι οποίες οδηγούν σε μη ασφαλή λειτουργία ή και παύση λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών. 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 περίσσευμα κινητήριας ισχύος που δημιουργεί ένα ζεύγος επιταχύνσεως και μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια του συστήματος. Ενίοτε ,όμως, είναι δυνατόν να εμφανιστούν υπερτάσεις οι οποίες οδηγούν σε καταπονήσεις των μονώσεων (πχ στα αγείωτα συστήματα των πλωτών κατασκευών) .

Ωστόσο, η διακοπή και η εκκαθάριση του βραχυκυκλώματος οδηγεί επίσης στην ανάπτυξη υπερτάσεων, ακόμη κι αν η εκκαθάριση γίνεται μόνο στις φάσεις που έχει παρουσιαστεί το σφάλμα.

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, ή διφασικά προς γη, τα οποία μπορούν να αναλυθούν με τη μέθοδο των συμμετρικών συνιστωσών.

Η Διεθνής Επιτροπή Ηλεκτροτεχνίας (International Electrotechnical Committee- IEC) έχει εκδώσει τους παρακάτω κανονισμούς σχετικά με τα βραχυκυκλώματα:

-IEC 61909 για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις ΕΡ (AC) ξηράς

-IEC 61363 για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις ΕΡ (AC) πλοίων

-IEC 61660-1 για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις ΣΡ (DC) ξηράς

Στην παρούσα εργασία, προκειμένου να γίνει η μελέτη βραχυκυκλωμάτων του υπό μελέτη πλοίου χρησιμοποιήθηκε το διεθνές πρότυπο IEC 61363. Ο κανονισμός αυτός, ορίζει σαφώς ότι κατά την ενεργειακή μελέτη των πλοίων οφείλει να γίνεται μελέτη για την δυσμενέστερη περίπτωση του τριφασικού βραχυκυκλώματος (η κατάσταση τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης προκύπτει όταν και οι τρεις φάσεις βραχυκυκλώνονται ταυτόχρονα) , με τους υπολογισμούς να γίνονται για την πρώτη ημιπερίοδο (t=T/2) της ονομαστικής ηλεκτρικής συχνότητας του δικτύου. Τη χρονική στιγμή αυτή, ουσιαστικά, δεν έχει πραγματοποιηθεί καθόλου απόσβεση του βραχυκυκλώματος, και από την άποψη αυτή ο κανονισμός IEC 61363 θεωρείται ιδιαίτερα αυστηρός.

Για την προστασία ενός δικτύου σε περίπτωση βραχυκυκλώματος χρησιμοποιούμε στοιχεία τα οποία προβαίνουν σε διακοπή του κυκλώματος όταν εντοπίσουν εντάσεις ρευμάτων υψηλότερες από μία καθορισμένη τιμή. Τα στοιχεία αυτά είναι:

-Οι ασφάλειες

-Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος.

Όσον αφορά στο βραχυκύκλωμα, τα ηλεκτρικά στοιχεία ενός δικτύου 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 τροφοδότησης των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, ενώ οι ασύγχρονοι κινητήρες συνεισφέρουν κυρίως κατά την έναρξη. Είναι γεγονός, ότι, και η

κατάσταση φόρτισης των μηχανών πριν το βραχυκύκλωμα επιδρά, σαφώς, και αυτή, στη συμπεριφορά όλων των μηχανών κατά την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος.

Επίσης, οι ωμικές αντιστάσεις δρουν αποσβεστικά στην περίπτωση βραχυκυκλώματος, συνεισφέροντας μόνο στη διαμόρφωση σταθερών χρόνου απόσβεσης των φαινομένων.

6.1.1 Βασικές Παραδοχές πριν την Μελέτη Βραχυκυκλώματος

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.

- Η φαινόμενη ισχύς των γεννητριών είναι η ονομαστική φαινόμενη ισχύς τους και έχει ληφθεί από τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους .

- Τα χαρακτηριστικά των κινητήρων έχουν ληφθεί σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1 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.

- Τα datasheets και το Project Guide των γεννητριών δεν ήταν διαθέσιμα από την κατασκευάστρια εταιρία, και τα χαρακτηριστικά μεγέθη που χρειαστήκαμε για τη μελέτη του βραχυκυκλώματος, προέκυψαν από σχετικούς γενικούς πίνακες χαρακτηριστικών των γεννητριών βάσει της ισχύος τους και του αριθμού των πόλων που διαθέτουν, οι οποίοι παρατίθενται στο τέλος της παρούσας εργασίας.

- 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 10m.

- Σαν μέση απόσταση των κινητήρων πρόωσης από τον κύριο ζυγό έχουν ληφθεί τα 30m.

- Σαν μέση απόσταση των υπόλοιπων κινητήρων, οι οποίοι προέκυψαν από ομαδοποίηση των φορτίων, από τον κύριο ζυγό έχουν ληφθεί τα 30m.

- 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 μελέτη βραχυκυκλωμάτων και 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.

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1, αρχικά γίνεται η ομαδοποίηση των κινητήρων του πλοίου. Προέκυψε , λοιπόν, η ακόλουθη ομαδοποίηση:

M1: No1 Κινητήρας Πρόωσης
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M2: No2 Κινητήρας Πρόωσης
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M3: Bow Thruster
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M4: Βοηθητικά Πρόωσης-Auxiliary Machinery
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M5: Συσκευές Μαγειρείου 440V
(Μικρός Κινητήρας με ισχύ <100 kW)

M6: Συσκευές Μαγειρείου 220V + Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές
(Μικρός Κινητήρας με ισχύ <100 kW)

M7: Βοηθητικά Μηχανήματα Καταστρώματος – Deck Auxiliary
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M8: Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M9: Κλιματισμός
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M10: Winch A Frame
(Μεγάλος Κινητήρας με ισχύ >100 kW)

M11: Γερανός
(Μικρός Κινητήρας με ισχύ <100 kW)

Οι ισχύς των υποθετικών κινητήρων, για κάθε διακριτή κατάσταση λειτουργίας, του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Πλοίου, φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα.
Ο υπολογισμός των κρίσιμων ρευμάτων Βραχυκύκλωσης θα γίνει για κάθε κατάσταση λειτουργίας του Πλοίου.
Επιπλέον, έχουν επισημανθεί με έντονη Γραμματοσειρά οι υψηλότερες εμφανιζόμενες τιμές της Ισχύος, ανεξαρτήτου κατάστασης λειτουργίας του Πλοίου, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για τη Μελέτη Βραχυκυκλώματος στη Δυσμενέστερη περίπτωση.
Η κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης φέρει. και εδώ, κόκκινη γραμματοσειρά.

Ακολουθεί ο Πίνακας:

6.2 Ομαδοποίηση κινητήρων για τη Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων

Πίνακας Ομαδοποίησης κινητήρων για τη Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων στο υπό μελέτη Ωκεανογραφικό Πλοίο

Κατάσταση Λειτουργίας	Ισχύς Κινητήρα M1 (kW) No 1 Propulsion Motor	Ισχύς Κινητήρα M2 (kW) No 2 Propulsion Motor	Ισχύς Κινητήρα M3 (kW) Bow Thruster	Ισχύς Κινητήρα M4 (kW) Aux Machinery	Ισχύς Κινητήρα M5 (kW) Μαγειρείο 440V	Ισχύς Κινητήρα M6 (kW) Μαγειρείο 220 V / P.C	Ισχύς Κινητήρα M7 (kW) Deck Auxiliary	Ισχύς Κινητήρα M8 (kW) Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης εκτός Κλιματισμού	Ισχύς Κινητήρα M9 (kW) Κλιματισμός	Ισχύς Κινητήρα M10 (kW) Winch A Frame 20 tn	Ισχύς Κινητήρα M11 (kW) Γερανός DMW M660-24A5	Συνολική Ισχύς (kW)	Δυνατότητα Ισχύος Γεννητριών (kW)
Κανονική Πορεία	1165.33	1165.33	0	300.58	17.15	22	80.87	184.05	145.47	0	0	3080.78	3900
Χειρισμοί	266.67	266.67	538.89	305.17	10.25	20	82.73	195.19	145.47	0	0	1831.04	2600
Δειγματοληψία	50.77	50.77	0	153.53	10.25	21	151.17	275.86	145.47	74.38	20.59	995.33	1300
Εν Όρμω	0	0	0	42.77	2.36	9	30.78	83.66	76.27	0	0	244.84	320
Emergency	0	0	0	41.82	0	0	72.74	3	0	0	11.76	129.32	180
Worst Condition (Unreal Scenario)	1165.33	1165.33	538.89	305.17	17.15	22	151.17	275.86	145.47	74.38	20.59	3881.34	4400

Σύμφωνα λοιπόν με τον Πίνακα, η χειρότερη κατάσταση φόρτισης για τις γεννήτριες, είναι η **κατάσταση Κανονικής Πορείας**. Βέβαια, γίνεται αντιληπτό ότι η χειρότερη κατάσταση φόρτισης των γεννητριών δεν συμπίπτει απαραίτητα με τη χειρότερη κατάσταση φόρτισης των κινητήρων ή των ζυγών. Σε 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.

Ο κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης Βραχυκυκλώματος είναι:

• Να προσδιοριστούν οι τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης σε συγκεκριμένα σημεία στο δίκτυο του συστήματος.

• Να εξακριβωθεί ότι τα συστατικά του συστήματος έχουν επαρκή χωρητικότητα στις τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης.

• Να επιλεγεί με ασφάλεια ο εξοπλισμός προστασίας του δικτύου.

Για συστήματα ονομαστικής τάσης μέχρι 1kV, όπως στην περίπτωση που μελετάμε, οι προστατευτικές διατάξεις από βραχυκύκλωμα περιλαμβάνουν γενικά ασφάλειες και διακόπτες. Για την επιλογή των διακοπτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τα εξής:

-Η Ονομαστική τάση λειτουργίας.

-Η ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα , η οποία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την κρουστική τιμή του ρεύματος Βραχυκύκλωσης.

- Η ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκυκλώματος , η οποία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τη συνιστώσα ΕΡ (Iac) του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

Προκειμένου να έχουμε καλύτερη εικόνα των αναπτυσσόμενων κρίσιμων ρευμάτων, η Μελέτη Βραχυκυκλώματος για το Πλοίο έγινε με 2 τρόπους

1. Μέσω κατάλληλα Διαμορφωμένου προγράμματος υπολογισμού στο Microsoft Excel.
2. Μέσω του προγράμματος DigSILENT Power Factory.

Σε επόμενο βήμα, μετά από την παράθεση των αποτελεσμάτων των παραπάνω δύο μεθόδων, θα ακολουθήσει και η σύγκριση των αντίστοιχων τιμών των ρευμάτων που αναπτύσσονται στον κύριο ζυγό τροφοδοσίας και στις 3 Γεννήτριες κατά τη φόρτισή τους στην κατάσταση κανονικής πορείας, η οποία είναι και η δυσμενέστερη.

6.3 Αποτελέσματα Μελέτης Βραχυκυκλωμάτων με τη χρήση του Microsoft Excel

Για το υπό μελέτη Ωκεανογραφικό πλοίο έχουμε τους παρακάτω κινητήρες, για την κατάσταση κανονικής πορείας (1η στήλη) και για τη χειρότερη κατάσταση φόρτισής τους (2η στήλη) ή φόρτισης των ζυγών, όπου αυτή δεν συμπίπτει με την κατάσταση κανονικής πορείας. Επίσης παρουσιάζονται τα αντίστοιχα ρεύματα βραχυκύκλωσης που συνεισφέρουν οι κινητήρες και στη συνέχεια ακολουθεί η επιλογή του αυτόματου διακόπτη βάσει της ικανότητας διακοπής του σε βραχυκύκλωμα.

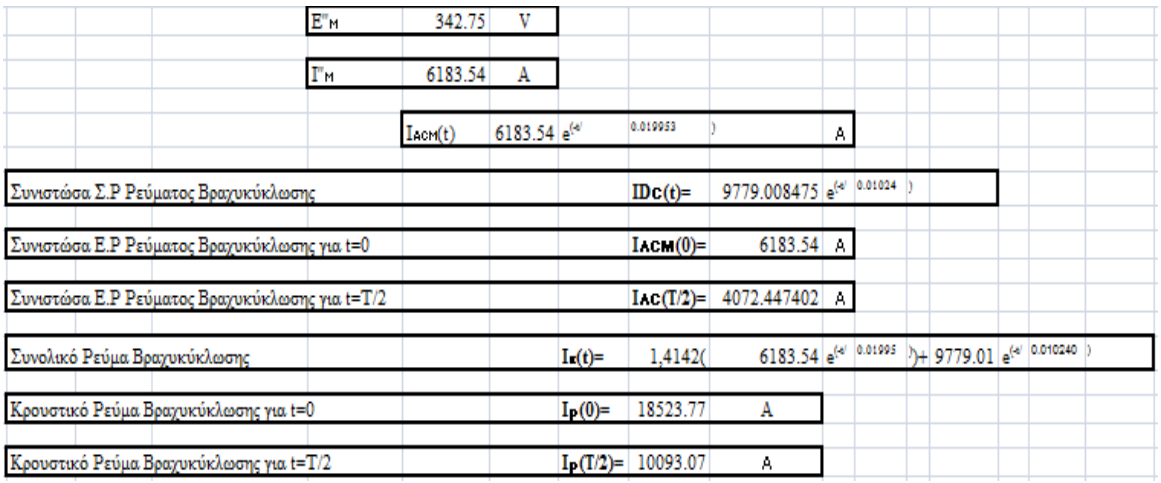
1) Για τους όμοιους κινητήρες M1 και M2 έχουμε:

AZIPOD CO980		
Propulsion Motor		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**690**	**V**
S	**1456663**	**VA**
f	**60**	**Hz**
rs	**3.4**	**%**
rR	**2.1**	**%**
Xs	**7.5**	**%**
XR	**7.5**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**
sinφo	**0.6**	**-**

Όσον αφορά το καλώδιο από τον κινητήρα M1 μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος έχουμε θεωρήσει τα παρακάτω:

U_{rM}	**690**	**V**
L	**30**	**m**
Rc	**0.0000754**	**Ω/m**
Xc	**0.0000859**	**W/m**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω:



Επιλέγεται , για κάθε έναν κινητήρα πρόωσης αυτόματος διακόπτης : 690V - 1.5 MVA – (2200 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 6138.54 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 18253,77 A → 25 κA

2) Ο κινητήρας Μ3 βρίσκεται εκτός λειτουργίας στην κατάσταση κανονικής πορείας, οπότε παραθέτουμε τα στοιχεία του μόνο για την κατάσταση Χειρισμών.

M3 Schottel STT1		
Bow Thruster		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	690	V
S	673612.5	VA
f	60	Hz
r_S	3.4	%
r_R	2.1	%
Xs	7.5	%
X_R	7.5	%
$\cos\varphi_o$	0.8	-
$\sin\varphi_o$	0.6	-

Όσον αφορά το καλώδιο από τον κινητήρα Μ1 μέχρι το ζυγό βραχυκυκλώματος έχουμε θεωρήσει τα παρακάτω:

U_{rM}	690	V
L	65	m
Rc	0.0000601	Ω/m
Xc	0.0000948	W/m

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω:

Ρεύμα Λειτουργίας	563.655	A

	$I_{ACM}(t)$	2857.41	$e^{(-t/}$	0.020058	)	A
Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης			$I_{DC}(t)=$	4519.22	$e^{(-t/}$ 0.01066)	
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0			$I_{ACM}(0)=$	2857.41	A	
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2			$I_{AC}(T/2)=$	1886.0083	A	
Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης			$I_{κ}(t)=$	1,4142(2857.41	$e^{(-t/}$ 0.02006)+ #####	$e^{(-t/}$ 0.010657)
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0			$I_{p}(0)=$	8560.168	A	
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2			$I_{p}(T/2)=$	4734.806	A	

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 690V – 0,7 MVA – (700 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 2857,41 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 8560,168 A → 25 κA

3) Για τον κινητήρα Μ4:

M4		
Aux Machinery		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	440	V
S	375725	VA
f	60	Hz
rs	3.4	%
rR	2.1	%
Xs	7.5	%
XR	7.5	%
cosφo	0.8	-
sinφo	0.6	-

M4		
Aux Machinery		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	440	V
S	381462.5	VA
f	60	Hz
rs	3.4	%
rR	2.1	%
Xs	7.5	%
XR	7.5	%
cosφo	0.8	-
sinφo	0.6	-

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	690	V
U_{rMT}	440	V
f	60	Hz
u_{rR}	2	%
u_{rK}	9	%

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω βάσει της κατάστασης χειρισμών, η οποία είναι η δυσμενέστερη περίπτωση:

Ρεύμα Λειτουργίας	500.554	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε	319.194	A

E''M	205.64	V
I''M	1611.40	A

$I_{AC M}(t) = 1611.40\, e^{(-t/\ 0.030331\ )}$ A

Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_{AC M}(0)$=	1611.40	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_{AC}(T/2)$=	1224.277	A
Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης	$I_{DC}(t)$=	$2703.566\, e^{(-t/\ ***\ )}$	A
Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	$I_K(t)$=	$1{,}4142(\ 1611.395\, e^{(-t/\ ***\ )} + 2703.566\, e^{(-t/\ 0.011795\ )}$	
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_P(0)$=	4982.401	A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_P(T/2)$=	3065.268	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,4 MVA – (600 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 1611,4 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 4982,401 A → 10 kA

4) Για τον κινητήρα Μ5 έχουμε :

M5		
ΜΑΓΕΙΡΕΙΟ 440V		
ΜΙΚΡΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**21437.5**	**VA**
f	**60**	**Hz**
r_S	**4.3**	**%**
r_R	**2.7**	**%**
Xs	**9.4**	**%**
X_R	**9.4**	**%**
$\cos\varphi_o$	**0.8**	**-**
$\sin\varphi_o$	**0.6**	**-**

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	**690**	**V**
U_{rMT}	**440**	**V**
f	**60**	**Hz**
u_{rR}	**2**	**%**
u_{rK}	**9**	**%**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω:

Ρεύμα Λειτουργίας	28.130	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε	17.938	A

E"M	198.05	V
Γ"M	75.05	A

$I_{AC M}(t) = 75.05\, e^{(-t/\ 0.027326)}$ A

Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_{AC M}(0)$	75.05	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_{AC}(T/2)$	55.32	A

Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης: $I_{DC}(t) = 130\, e^{(-t/\ 0.01171)}$ A

Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης: $I_K(t) = 1{,}4142(75.052\, e^{(-t/\ 0.02733)} + 130.007\, e^{(-t/\ 0.011711)})$

Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_P(0)$	236.15	A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_P(T/2)$	142.06	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,025 MVA – (35 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 75,05 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 236,15 A → 10 kA

5) Για τον κινητήρα Μ6 έχουμε:

M6		
Galley 220V + P. C		
ΜΙΚΡΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**27500**	**VA**
f	**60**	**Hz**
rs	**4.3**	**%**
rR	**2.7**	**%**
Xs	**9.4**	**%**
XR	**9.4**	**%**
cosφo	**0.7**	**-**
sinφo	**0.714**	**-**

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	**440**	**V**
U_{rMT}	**220**	
f	**60**	**Hz**
urR	**1**	**%**
urK	**7**	**%**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω:

Ρεύμα Λειτουργίας	72.171	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε	36.085	A

E''M	97.76	V
I''M	205.63	A

$I_{ACM}(t) = 205.63\, e^{(-t/\ 0.025360\ )}$ A

Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_{ACM}(0)$	205.63 A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_{AC}(T/2)$	148.0406 A
Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης	$IDc(t)=$	$363.6793\, e^{(-t/\ 0.01292\ )}$ A
Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	$I_K(t)=$	$1{,}4142(\ 205.633\, e^{(-t/\ 0.02536\ )} + 363.679\, e^{(-t/\ 0.012919\ )}$
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_P(0)=$	654.48 A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_P(T/2)=$	400.17 A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,03 MVA – (80 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 205.63 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 654.48 A → 10 kA

6) Για τον κινητήρα M7 έχουμε :

M7		
Deck Auxiliary		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	440	V
S	101087.5	VA
f	60	Hz
rs	3.4	%
rR	2.1	%
Xs	7.5	%
XR	7.5	%
cosφo	0.8	-
sinφo	0.6	-

M7		
Deck Auxiliary		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	440	V
S	188963	VA
f	60	Hz
rs	3.4	%
rR	2.1	%
Xs	7.5	%
XR	7.5	%
cosφo	0.8	-
sinφo	0.6	-

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	690	V
U_{rMT}	440	V
f	60	Hz
u_{rR}	2	%
u_{rK}	9	%

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω βάσει της κατάστασης δειγματοληψίας, η οποία είναι η δυσμενέστερη περίπτωση:

Ρεύμα Λειτουργίας	247.957	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε	158.117	A

E''M	205.64	V
I''M	798.23	A

$I_{ACM}(t) = 798.23\, e^{(-t/\ 0.030331\ )}$ A

Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_{ACM}(0)$	798.23	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_{AC}(T/2)$	606.463535	A

Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης $I_{DC}(t) = 1339.2506\, e^{(-t/\ 0.01180\ )}$ A

Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης $I_K(t) = 1{,}4142(798.228\, e^{(-t/\ 0.03033\ )} + 1339.251\, e^{(-t/\ 0.011795\ )}$

Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_P(0)=$	2468.1	A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_P(T/2)=$	1518.4	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,2 MVA – (270 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 798.23 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 2468.1 A → 10 kA

7) Για τον κινητήρα M8 έχουμε :

M8		
Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης εκτός A/C		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**230063**	**VA**
f	**60**	**Hz**
rs	**3.4**	**%**
rR	**2.1**	**%**
Xs	**7.5**	**%**
XR	**7.5**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**

M8		
Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης εκτός A/C		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**344825**	**VA**
f	**60**	**Hz**
rs	**3.4**	**%**
rR	**2.1**	**%**
Xs	**7.5**	**%**
XR	**7.5**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	**690**	**V**
U_{rMT}	**440**	**V**
f	**60**	**Hz**
urR	**2**	**%**
urK	**9**	**%**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω βάσει της κατάστασης δειγματοληψίας, η οποία είναι η δυσμενέστερη περίπτωση:

	Ρεύμα Λειτουργίας	452.479	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε		288.537	A

E''M	205.64	V
I''M	1456.63	A

$I_{ACM}(t) = 1456.63\, e^{(-t/0.030331)}$ A

Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_{ACM}(0)=$	1456.63	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_{AC}(T/2)=$	1106.692	A

Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης $I_{DC}(t) = 2443.902\, e^{(-t/0.01180)}$ A

Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης $I_K(t) = 1{,}4142(1456.629\, e^{(-t/0.03033)} + 2443.902\, e^{(-t/0.011795)})$

Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_P(0)=$	4503.8671	A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_P(T/2)=$	2770.86479	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,4 MVA – (500 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 1456.63 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 4503.87 A → 10 kA

8) Για τον ισοδύναμο κινητήρα M9 έχουμε:

M9		
Κλιματισμός (A/C)		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**181838**	**VA**
f	**60**	**Hz**
r_S	**3.4**	**%**
r_R	**2.1**	**%**
X_S	**7.5**	**%**
X_R	**7.5**	**%**
$\cos\varphi_o$	**0.8**	**-**

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	**690**	**V**
U_{rMT}	**440**	**V**
f	**60**	**Hz**
u_{rR}	**2**	**%**
u_{rK}	**9**	**%**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω :

Ρεύμα Λειτουργίας		238.607	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε		152.155	A

E''_M	205.64	V
I''_M	768.13	A

$I_{ACM}(t) = 768.13\, e^{(-t/0.030331)}$ A

Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_{ACM}(0)=$	768.13	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_{AC}(T/2)=$	583.59	A

Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης $I_{DC}(t) = 1288.7\, e^{(-t/0.01180)}$ A

Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης $I_R(t) = 1{,}4142(768.128\, e^{(-t/0.03033)}) + 1288.750\, e^{(-t/0.011795)}$

Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	$I_P(0)=$	2375.03642	A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	$I_P(T/2)=$	1461.16762	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,2 MVA – (250 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 768.13 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 2375.04 A → 10 kA

9) Για τον Ισοδύναμο κινητήρα M10 έχουμε:

M10		
Winch A Frame 20tn/170 kW		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**92975**	**VA**
f	**60**	**Hz**
rs	**3.4**	**%**
rR	**2.1**	**%**
Xs	**7.5**	**%**
XR	**7.5**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	**690**	**V**
U_{rMT}	**440**	**V**
f	**60**	**Hz**
urR	**2**	**%**
urK	**9**	**%**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω βάσει της κατάστασης δειγματοληψίας, η οποία είναι η δυσμενέστερη περίπτωση:

Ρεύμα Λειτουργίας	122.002	A
Στη Πλευρά των 6900V Μετασχηματίζεται σε	77.798	A

E''M	205.64	V
I''M	392.75	A

Iacm(t)	$392.75\, e^{(-t/\ 0.030331\ )}$	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0	Iacm(0 392.75	A
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2	Iac(T/2 298.396761	A
Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης	IDc(t)= $658.948177\, e^{(-t/\ 0.01180\ )}$	A
Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης	Ik(t)= 1,4142($392.750\, e^{(-t/\ 0.03033\ )}$)+ $658.948\, e^{(-t/\ 0.011795\ )}$	
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0	ip(0)= 1214	A
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2	ip(T/2) 747.1	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,2 MVA – (350 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 392.75 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 1214 A → 10 kA

10) Για τον ισοδύναμο κινητήρα M11 έχουμε:

M11		
Crane Knuckle Boom		
ΜΕΓΑΛΟΣ		
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ		
U_{rM}	**440**	**V**
S	**25738**	**VA**
f	**60**	**Hz**
r_S	**3.4**	**%**
r_R	**2.1**	**%**
X_S	**7.5**	**%**
X_R	**7.5**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

U_{rM}	**690**	**V**
U_{rMT}	**440**	**V**
f	**60**	**Hz**
u_{rR}	**2**	**%**
u_{rK}	**9**	**%**

Υπολογίστηκαν τα παρακάτω, βάσει της κατάστασης δειγματοληψίας, η οποία είναι η δυσμενέστερη περίπτωση:

	Ρεύμα Λειτουργίας	33.773	A
Στη Πλευρά των 690V Μετασχηματίζεται σε		21.536	A

E''M	205.64	V							
I''M	108.72	A							
			$I_{ACM}(t)$	108.72	$e^{(-t/}$	0.030331	)	A	
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=0				$I_{ACM}(0)$=	108.72	A			
Συνιστώσα Ε.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης για t=T/2				$I_{AC}(T/2)$=	82.6027065	A			
Συνιστώσα Σ.Ρ Ρεύματος Βραχυκύκλωσης				$I_{DC}(t)$=	182.411172	$e^{(-t/}$	0.01180	)	A
Συνολικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης			$I_K(t)$=	1,4142(	108.722	$e^{(-t/}$	0.03033	)+	182.411 $e^{(-t/}$ 0.011795)
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=0			$I_P(0)$=	336.1655	A				
Κρουστικό Ρεύμα Βραχυκύκλωσης για t=T/2			$I_P(T/2)$=	206.8154	A				

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,07 MVA – (125 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 82.6 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 336.17 A → 10 kA

11) Για τις 3 κύριες Ηλεκτρογεννήτριες στην κατάσταση κανονικής πορείας, η οποία αποτελεί και τη δυσμενέστερη αν αναγάγουμε το 1/3 του φορτίου σε κάθε μία από τις 3, έχουμε:

3 x YANMAR 6EY22-ALW		
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ		
U_0	**690**	**V**
S	**4875000**	**VA**
f	**60**	**Hz**
X''d	**13.153**	**%**
X'd	**19**	**%**
Xd	**232.318**	**%**
T''d	**20.177**	**ms**
T''do	**29.592**	**ms**
T'd	**157.943**	**ms**
T'do	**2.9**	**s**
Ra	**0.01**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**
sinφo	**0.6**	**-**

Καλώδιο από τη Γεννήτρια έως τον Ζυγό:

U_0	**690**	**V**
L	**10**	**m**
Rc	**0.000005**	**Ω/m**
Xc	**0.00002**	**W/m**

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ

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

⇒ E''q0 425.20 V

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

⇒ I''kd 32593.18 A

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

⇒ E'q0 437.64 V

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

⇒ I'kd 23333.37 A

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

⇒ Eq0 1024.64 V

$$I_{kd} = \frac{E_{q0}}{Z'_d} = \frac{E_{q0}}{\sqrt{(R_a^2 + X_d^2)}}$$

⇒ Ikd 4512.13 A

$$I_{AC}(t) = (I'_{kd} - I'_{kd})\cdot e^{-\frac{t}{T'_d}} + (I'_{kd} - I_{kd})\cdot e^{-\frac{t}{T_d}} + I_{kd}$$

⇒ $I_{AC}(t)$= 9259.81 $e^{(-t/\ 0.02027\ )}$ + 18821.24 $e^{(-t/\ 0.029885\ )}$ + 4512.13

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0	$I_{AC}(0)$=	32593.18	A
ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2	$I_{AC}(T/2)$=	24892.08	A

$$i_{DC}(t) = \sqrt{2}\cdot(I''_{kd} - I_o\cdot\sin\phi_o)\cdot e^{-\frac{t}{T_{da}}}$$

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Σ.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	$I_{DC}(t)$=	43347.94 $e^{(-t/\ 0.07928\ )}$	

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

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	$I_R(t)$=	1,4142(	9259.81 $e^{(-t/\ 0.02027\ )}$	+	18821.24 $e^{(-t/\ 0.029885\ )}$	+	4512.13	)+	43348 $e^{(-t/\ 0.0793\ )}$			

ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0	$I_P(0)$=	89441.22	A
ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2	$I_P(T/2)$=	77931.21	A

Επιλέγεται, για κάθε μία γεννήτρια, αυτόματος διακόπτης : 690V – 2 MVA – (3800 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 32593,18/3= 10866,1 A → 15 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 89441,22/3= 29813,74 A → 35 kA

12) Για τον Ζυγό τροφοδοσίας υπολογίστηκε:

Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης που προέρχεται στο ζυγό σφάλματος από τη συνεισφορά των γεννητριών και των κινητήρων είναι ίσο με:

						$I_K(t)=$	1,4142(	9259.81	$e^{(-e^{(}$	0.0202728	)+	18821.24	$e^{(-e^{(}$	0.02988489	)+	4512.13	)+	43348	$e^{(-e^{(}$	0.57928454	)+
						+	1,4142(	6183.54	$e^{(-e^{(}$	0.0199531	)+	9779.01	$e^{(-e^{(}$	0.01023965	)+						
						+	1,4142(	6183.54	$e^{(-e^{(}$	0.0199531	)+	9779.01	$e^{(-e^{(}$	0.01023965	)+						
						+	1,4142(	0.00	$e^{(-e^{(}$	0.0189566	)+	0.00	$e^{(-e^{(}$	0.0117085	)+						
						+	1,4142(	1012.10	$e^{(-e^{(}$	0.0303306	)+	1698.08	$e^{(-e^{(}$	0.01179523	)+						
						+	1,4142(	47.8590	$e^{(-e^{(}$	0.02733	)+	82.903	$e^{(-e^{(}$	0.011711	)+						
						+	1,4142(	102.82	$e^{(-e^{(}$	0.0253598	)+	181.84	$e^{(-e^{(}$	0.01291912	)+						
						+	1,4142(	272.30	$e^{(-e^{(}$	0.0303306	)+	456.86	$e^{(-e^{(}$	0.01179523	)+						
						+	1,4142(	619.73	$e^{(-e^{(}$	0.0303306	)+	1039.76	$e^{(-e^{(}$	0.01179523	)+						
						+	1,4142(	489.8209	$e^{(-e^{(}$	0.0303306	)+	821.81	$e^{(-e^{(}$	0.01179523	)+						
						+	1,4142(	0.0003	$e^{(-e^{(}$	0.0303306	)+	0.00	$e^{(-e^{(}$	0.01179523	)+						
						+	1,4142(	0.0003	$e^{(-e^{(}$	0.0303306	)+	0.00	$e^{(-e^{(}$	0.01179523	)+						
ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0								$I_P(0)=$		134369	A										
ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2								$I_P(T/2)=$		102962	A										

12) Όσον αφορά την περίπτωση βραχυκυκλώματος στην **κατάσταση Εν Όρμω , κατά την οποία τα φορτία θα τροφοδοτούνται μόνο από μία μικρότερη Γεννήτρια , και, συγκεκριμένα, από μία YANMAR 6NY16L-UW 355kW (483 PS) / 320 kWe / 400 kVA @ 60Hz/1200rpm , υπολογίστηκαν τα εξής:**

YANMAR 6NY16L-UW		
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ		
U_0	440	V
S	400000	VA
f	60	Hz
X''d	17.3	%
X'd	24	%
Xd	290	%
T''d	23	ms
T''_{do}	33.737	ms
T'd	270	ms
T'_{do}	2.79	s
Ra	0.02	%
$\cos\varphi_o$	0.8	-
$\sin\varphi_o$	0.6	-

Καλώδιο από τη Γεννήτρια έως τον Ζυγό:

U_0	440	V
L	10	m
Rc	0.0000601	Ω/m
Xc	0.0000854	W/m

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ

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

$\Rightarrow$ E''q0 275.97 V

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

$\Rightarrow$ I''kd 3262.51 A

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

$\Rightarrow$ E'q0 284.93 V

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

$\Rightarrow$ I'kd 2434.96 A

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

$\Rightarrow$ Eq0 744.80 V

$$I_{kd} = \frac{E_{q0}}{Z'_d} = \frac{E_{q0}}{\sqrt{\left(R_a^{\,2} + X_d^{\,2}\right)}}$$

$\Rightarrow$ Ikd 530.31 A

$$I_{AC}(t) = (I''_{kd} - I'_{kd})\cdot e^{-\frac{t}{T'_d}} + (I'_{kd} - I_{kd})\cdot e^{-\frac{t}{T'_d}} + I_{kd}$$

$\Rightarrow$ $I_{AC}(t)$= 827.55 $e^{(-t/\ 0.02307\ )}$ + 1904.65 $e^{(-t/\ 0.033965\ )}$ + 530.31

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0	$I_{AC}(0)$=	3262.51	A
ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2	$I_{AC}(T/2)$=	2597.19	A

$$i_{DC}(t) = \sqrt{2}\cdot(I''_{kd} - I_o\cdot\sin\phi_o)\cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$$

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Σ.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	$I_{DC}(t)$=	4273.08 $e^{(-t/\ 0.03217\ )}$

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

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	$I_K(t)$=	1,4142(	827.55 $e^{(-t/\ 0.02307\ )}$	+	1904.65 $e^{(-t/\ 0.033965\ )}$	+	530.31	)+	4273.1 $e^{(-t/\ 0.3217\ )}$		

ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0	$I_p(0)$=	8886.92 A
ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2	$I_p(T/2)$=	7836.76 A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,5 MVA – (1000 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 3262,51 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 8886,92 A → 15 kA

13) Όσον αφορά την περίπτωση βραχυκυκλώματος στην **κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης , κατά την οποία τα φορτία θα τροφοδοτούνται μόνο από μία μικρότερη Γεννήτρια , και, συγκεκριμένα, από μία YANMAR 6HAL2-WDT 200kW (271 PS) / 180 kWe / 225 kVA @ 60Hz/1200rpm , υπολογίστηκαν τα εξής:**

YANMAR 6HAL2-WDT		
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ		
U_0	**440**	**V**
S	**225000**	**VA**
f	**60**	**Hz**
X''d	**17**	**%**
X'd	**22**	**%**
Xd	**250**	**%**
T''d	**26**	**ms**
T''do	**38.137**	**ms**
T'd	**304**	**ms**
T'do	**3.14**	**s**
Ra	**0.019**	**%**
cosφo	**0.8**	**-**
sinφo	**0.6**	**-**

Καλώδιο από τη Γεννήτρια έως τον Ζυγό:

U_0	**440**	**V**
L	**10**	**m**
Rc	**0.000005**	**Ω/m**
Xc	**0.00002**	**W/m**

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ

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

$\Rightarrow$ E''q0 271.97 V

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

$\Rightarrow$ I''kd 1856.74 A

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

$\Rightarrow$ E'q0 277.55 V

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

$\Rightarrow$ I'kd 1464.66 A

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

$\Rightarrow$ Eq0 602.73 V

$$I_{kd} = \frac{E_{q0}}{Z'_d} = \frac{E_{q0}}{\sqrt{\left(R_a^{\,2} + X_d^{\,2}\right)}}$$

$\Rightarrow$ Ikd 280.17 A

$$I_{AC}(t) = (I''_{kd} - I'_{kd})\cdot e^{-\frac{t}{T''_d}} + (I'_{kd} - I_{kd})\cdot e^{-\frac{t}{T'_d}} + I_{kd}$$

$\Rightarrow$ $I_{AC}(t) = 392.08\, e^{(-t/\,0.02601\,)} + 1184.49\, e^{(-t/\,0.038174\,)} + 280.17$

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0	$I_{AC}(0)$=	1856.74	A
ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Ε.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2	$I_{AC}(T/2)$=	1516.95	A

$$i_{DC}(t) = \sqrt{2}\cdot(I''_{kd} - I_o\cdot\sin\phi_o)\cdot e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Σ.Ρ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	$I_{DC}(t)$=	2462.11	$e^{(-t/\,1.82091\,)}$

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

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	$I_R(t)$=	1,4142(	392.08	$e^{(-t/\,0.02601\,)}$	+	1184.49	$e^{(-t/\,0.038174\,)}$	+	280.17	)+	2462.1	$e^{(-t/\,1.8209\,)}$

ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=0	$I_P(0)$=	5087.91	A
ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΓΙΑ t=T/2	$I_P(T/2)$=	4596.14	A

Επιλέγεται αυτόματος διακόπτης : 440V – 0,4 MVA – (600 A) και :

-Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης > 1856,74 A → 10 kA

-Ικανότητα ζεύξης ρεύματος βραχυκύκλωσης > 5087,91 A → 10 kA

6.3.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναμενόμενων Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης

Τα παραπάνω αποτελέσματα της θεωρητικής μελέτης ρευμάτων Βραχυκύκλωσης παρουσιάζονται, πλέον, συγκεντρωτικά, στον πίνακα που ακολουθεί.

Σημειώνεται ότι :

1)Στο πεδίο ‘‘Επιλεγείσα Ασφαλιστική Διάταξη’’ αναφέρονται οι 3 χαρακτηριστικές τιμές της ικανότητας διακοπής του εκάστοτε αυτόματου διακόπτη, αντιστοίχως:

-Διακοπής Ρεύματος Λειτουργίας σε Α
-Διακοπής Ρεύματος Βραχυκύκλωσης σε kA
-Ζεύξης Ρεύματος Βραχυκύκλωσης σε kA

2) Όσον αφορά τις 3 κύριες Γεννήτριες YANMAR 6EY22-ALW, η επιλεγείσα ασφαλιστική διάταξη αναφέρεται σε κάθε μία εκ των 3 γεννητριών. Άλλωστε, κατά το πρότυπο IEC-61363, το βραχυκύκλωμα θεωρήθηκε τριφασικό και συμμετρικό και τα ρεύματα που εμφανίζονται στον πίνακα αναφέρονται στην εν παραλλήλω και ταυτόχρονη λειτουργία των δεδομένων γεννητριών,

Ακολουθεί, στην επόμενη σελίδα, λόγω μεγέθους, ο πίνακας.

Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναμενόμενων Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης							
Γεννήτρια ή Ισοδύναμος Κινητήρας / Diesel Generator or Equivalent Motor	**Είδος Ρεύματος / Current Type**	**Κανονική Πορεία Sea Going**	**Χειρισμοί / Maneuvring**	**Δειγματοληψία / Sampling**	**Εν Όρμω / In Port**	**Emergency**	**Επιλεγείσα Ασφαλιστική Διάταξη**
3 x Yanmar 6EY22-ALW	$I_{AC(0)}$ (A)	32593.18	21679.21	10856.84	0.00	0.00	3800 A-15 kA-35 kA για κάθε 1 εκ των 3 Γεννητριών
	$I_{DC(0)}$ (A)	43347.94	29023.58	14580.93	0.00	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	89441.22	59682.32	29934.67	0.00	0.00	
Yanmar 6NY16L-UW	$I_{AC(0)}$ (A)	0.00	0.00	0.00	3262.51	0.00	1000 A-10 kA-15 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	0.00	0.00	0.00	4273.08	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	0.00	0.00	0.00	8886.92	0.00	
Yanmar 6HAL2-WDT	$I_{AC(0)}$ (A)	0.00	0.00	0.00	0.00	1856.74	600 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	0.00	0.00	0.00	0.00	2462.11	
	$I_{p(0)}$ (A)	0.00	0.00	0.00	0.00	5087.91	
M1 No 1 Propulsion Motor	$I_{AC(0)}$ (A)	6183.54	1494.54	288.38	0.00	0.00	2200 A-10 kA-25 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	9779.01	2350.26	452.88	0.00	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	18523.77	4463.84	860.70	0.00	0.00	
M2 No 2 Propulsion Motor	$I_{AC(0)}$ (A)	6183.54	1494.54	288.38	0.00	0.00	2200 A-10 kA-25 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	9779.01	2350.26	452.88	0.00	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	18523.77	4463.84	860.70	0.00	0.00	
M3 Bow Thruster	$I_{AC(0)}$ (A)	0.00	2857.41	0.00	0.00	0.00	700 A-10 kA-25 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	0.00	4519.22	0.00	0.00	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	0.00	8560.17	0.00	0.00	0.00	
M4 Aux Machinery	$I_{AC(0)}$ (A)	1012.10	1611.40	810.69	225.84	220.82	600 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	1698.08	2703.57	1360.15	378.90	370.49	
	$I_{p(0)}$ (A)	3129.40	4982.40	2506.63	698.29	682.78	
M5 Galley 440V	$I_{AC(0)}$ (A)	47.86	44.86	44.86	10.33	0.00	35 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	82.90	77.70	77.70	17.89	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	150.59	141.14	141.14	32.50	0.00	
M6 Galley 220V- Lights-Navigation	$I_{AC(0)}$ (A)	205.63	186.94	196.29	84.12	0.00	80 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	363.68	330.62	347.15	148.78	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	654.48	594.99	624.74	267.74	0.00	
M7 Deck Auxiliary	$I_{AC(0)}$ (A)	427.02	436.84	798.23	162.53	384.09	270 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	716.44	732.92	1339.25	272.69	644.42	
	$I_{p(0)}$ (A)	1320.34	1350.70	2468.10	502.53	1187.60	
M8 Μηχανήματα Χώρων Ενδιαίτησης	$I_{AC(0)}$ (A)	971.84	1030.67	1456.63	441.75	15.84	500 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	1630.54	1729.23	2443.90	741.16	26.58	
	$I_{p(0)}$ (A)	3004.92	3186.80	4503.87	1365.89	48.98	
M9 Air Conditioning	$I_{AC(0)}$ (A)	768.13	768.13	768.13	402.73	0.00	250 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	1288.75	1288.75	1288.75	675.69	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	2375.04	2375.04	2375.04	1245.23	0.00	
M10 Winch A Frame	$I_{AC(0)}$ (A)	0.00	0.00	392.75	0.00	0.00	350 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	0.00	0.00	658.95	0.00	0.00	
	$I_{p(0)}$ (A)	0.00	0.00	1214.38	0.00	0.00	
M11 Crane Knuckle Boom	$I_{AC(0)}$ (A)	0.00	0.00	108.72	0.00	62.10	125 A-10 kA-10 kA
	$I_{DC(0)}$ (A)	0.00	0.00	182.41	0.00	104.19	
	$I_{p(0)}$ (A)	0.00	0.00	336.17	0.00	192.00	
Ζυγός Τροφοδοσίας	$I_{p(0)}$ (A)	**134368.63**	**85142.85**	**40606.04**	**12865.24**	**7200.33**	

6.4 DigSILENT Power Factory

Προκειμένου να αποκτήσουμε μια πληρέστερη και περισσότερο ακριβή εικόνα των ρευμάτων που αναπτύσσονται ,τόσο κατά τη φυσιολογική ροή τους, όσο και στην δυσμενή περίπτωση εκδήλωσης βραχυκυκλώματος, του ποσοστού φόρτισης των επιμέρους στοιχείων του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου, καθώς επίσης και του μονογραμμικού διαγράμματος του ηλεκτρικού δικτύου του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού σκάφους, προχωρήσαμε στην σχεδίαση του στο λογισμικό Power Factory της DigSILENT.

Το PowerFactory, της εταιρείας DIgSILENT, είναι λογισμικό ανάλυσης συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο χρησιμοποιείται για την σχεδίαση και την προεκτίμηση-πρόβλεψη των ηλεκτρικών μεγεθών, των στοιχείων και των σφαλμάτων ενός ηλεκτρικού δικτύου σε εφαρμογές σχετικές με την παραγωγή, τη μετάδοση και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και σε μελέτες βιομηχανικών συστημάτων, με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Πρόκειται για ένα προηγμένο και ολοκληρωμένο λογισμικό πακέτο , το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από εξειδικευμένους μηχανικούς και προγραμματιστές με εμπειρία πολλών χρόνων, τόσο στα ηλεκτρικά συστήματα ισχύος, όσο και στο πεδίο του προγραμματισμού, ειδικά, για την ανάλυση ηλεκτρικών συστημάτων ελέγχου, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι κύριοι στόχοι της βελτιστοποίησης στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων αυτών. Το DIgSILENT αποτελεί ακρωνύμιο του «Digital SImuLation of Electrical NeTworks». Η ακρίβεια και η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από το PowerFactory έχουν επιβεβαιωθεί σε ένα μεγάλο αριθμό εκτελέσεων από οργανισμούς σε όλο τον κόσμο, οι οποίοι ασχολούνται με το σχεδιασμό και τη λειτουργία συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

Όλες οι απαραίτητες τιμές των ηλεκτρικών , αλλά και των φυσικών μεγεθών (για παράδειγμα η διατομή των αγωγών ρεύματος), τα χαρακτηριστικά, οι ιδιαιτερότητες και από τους αδιάστατους συντελεστές έως την ονομαστική ισχύ λειτουργίας, τα οποία αναφέρθηκαν, μελετήθηκαν και παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τοποθετήθηκαν προσεκτικά στα κατάλληλα διαμορφωμένα πεδία του Power Factory και ύστερα από επεξεργασία και εκτέλεση λάβαμε τα αποτελέσματα που ακολουθούν.

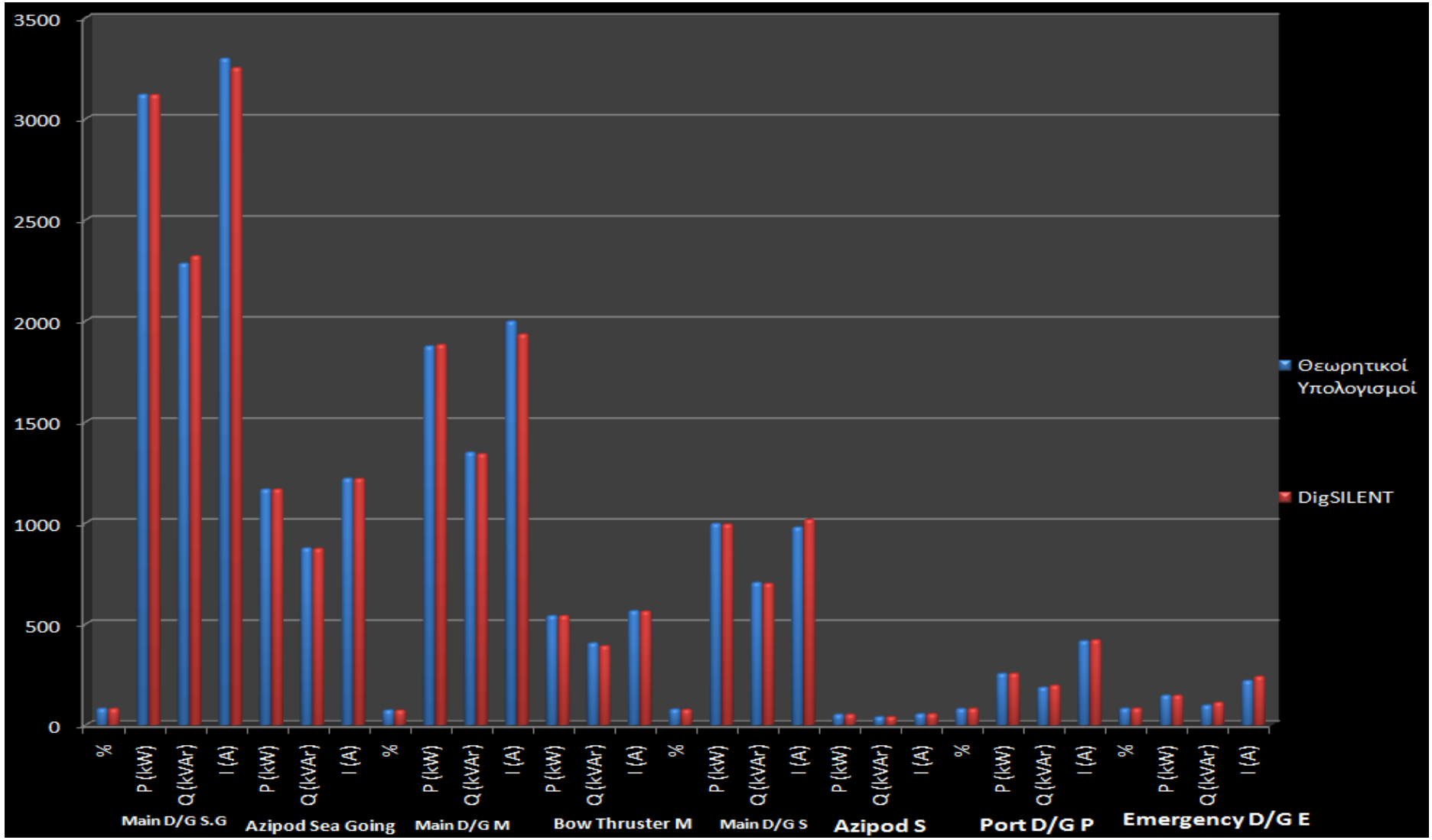
6.4.1 Υπολογισμός Ροής Φορτίου (Load Flow Calculation)

Τα αποτελέσματα εκτέλεσης της εντολής Load Flow Calculation, για κάθε κατάσταση πλεύσης του υπό μελέτη πλοίου, εξήγαγε αποτελέσματα τα οποία παρατίθενται σε εδικό ένθετο στο τέλος της παρούσας μελέτης, υπό τη μορφή εκτυπωμένων διαγραμμάτων. Τα περισσότερο κρίσιμα στοιχεία του ηλεκτρικού δικτύου, στην εκάστοτε , αντιστοίχως, δυσμενέστερη περίπτωση πλεύσης του Ωκεανογραφικού παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. Στον υποφαινόμενο, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της φόρτισης σε ποσοστό επί τοις εκατό, της Ενεργού Ισχύος (P) σε kW, της Αέργου Ισχύος (Q) σε kVAr, καθώς επίσης και της έντασης του Ρεύματος (I) σε A, όπως αυτά προέκυψαν από τους θεωρητικούς υπολογισμούς του κεφαλαίου 5 (στήλη 2) και όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό ανάλυσης των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας DigSILENT Power Factory (στήλη

3).Επιπλέον, στην τελευταία στήλη έχει υπολογιστεί το ποσοστό απόκλισης των εμφανιζόμενων αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων.

Συγκριτικός Πίνακας των Κρισιμότερων Στοιχείων του Δικτύου				
Γεννήτρια ή Ισοδύναμος Κινητήρας / Diesel Generator or Equivalent Motor	**Είδος**	**Θεωρητικοί Υπολογισμοί**	**DigSILENT Power Factory**	**Ποσοστό Απόκλισης %**
3 x Yanmar 6EY22-ALW - Sea Going	%	79.97	79.7	0.34
	P (kW)	3118.78	3117.2	0.05
	Q (kVAr)	2282.62	2319.8	-1.63
	I (A)	3297	3251	1.40
Propulsion Motors - Sea Going	P (kW)	1165.3	1165.27	0.00
	Q (kVAr)	874	871.4	0.30
	I (A)	1218.88	1217.5	0.11
2 x Yanmar 6EY22-ALW - Maneuvring	%	72.07	71.1	1.35
	P (kW)	1873.48	1880.8	-0.39
	Q (kVAr)	1347.97	1340.1	0.58
	I (A)	1996.7	1932.4	3.22
Bow Thruster - Maneuvring	P (kW)	538.9	538.9	0.00
	Q (kVAr)	404	390	3.47
	I (A)	563.7	561	0.48
1 x Yanmar 6EY22-ALW - Sampling	%	76.54	74.7	2.40
	P (kW)	995.33	992.1	0.32
	Q (kVAr)	703.56	698.7	0.69
	I (A)	977.26	1015.3	-3.89
Propulsion Motors - Sampling	P (kW)	50.77	50.8	-0.06
	Q (kVAr)	38.08	38.6	-1.37
	I (A)	53.103	53.38	-0.52
1 x Yanmar 6NY16L-UW - In Port	%	79	79.8	-1.01
	P (kW)	252.82	253.2	-0.15
	Q (kVAr)	184.6	194.3	-5.25
	I (A)	414.7	418.85	-1.00
1 x Yanmar 6HAL2-WDT - Emergency	%	80.62	81.1	-0.60
	P (kW)	145.12	144.6	0.36
	Q (kVAr)	96.32	110.3	-14.51
	I (A)	218	238.6	-9.45

Ακολουθεί Συγκεντρωτικό Γράφημα αναπαράστασης και σύγκρισης των κρισιμότερων στοιχείων του δικτύου μεταξύ DigSILENT Power Factory και θεωρητικών Υπολογισμών, το οποίο σχεδιάστηκε βάσει των στοιχείων του παραπάνω πίνακα.


3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Θεωρητικοί Υπολογισμοί
DigSILENT
%
P (kW)
Q (kVAr)
I (A)
Main D/G S.G
Azipod Sea Going
Main D/G M
Bow Thruster M
Main D/G S
Azipod S
Port D/G P
Emergency D/G E

6.4.2 Ανάλυση Βραχυκυκλώματος (Short Circuit Calculation)

Η εκτέλεση της εντολής Calculate Short Circuit, όσον αφορά την κρίσιμη κατάσταση κανονικής πορείας, εξήγαγε αποτελέσματα τα οποία παρατίθενται σε ειδικό ένθετο στο τέλος της παρούσας μελέτης, υπό τη μορφή εκτυπωμένου διαγράμματος. Τα στοιχεία των αναμενόμενων κρίσιμων ρευμάτων βραχυκύκλωσης για τις 3, εν παραλλήλω συνδεμένες, κύριες Ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου και των 2, εν παραλλήλω συνδεδεμένων ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης, στην δυσμενέστερη, άρα και στην περισσότερο σημαντική για τους υπολογισμούς μας, περίπτωση βραχυκυκλώματος, κατά την παροχή ισχύος στην κατάσταση Κανονικής Πορείας (Sea Going Condition) παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί. Οι υπολογισμοί έγιναν σύμφωνα πάντοτε με το πρότυπο IEC 61363, για την περίπτωση βραχυκυκλώματος σε όλους τους ζυγούς του δικτύου.

Συγκεντρωτικός Πίνακας Εμφανιζόμενων Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης DigSILENT Power Factory			**Θεωρητικοί Υπολογισμοί**	**Ποσοστό Απόκλισης %**
Γεννήτρια ή Ισοδύναμος Κινητήρας / Diesel Generator or Equivalent Motor	**Είδος Ρεύματος / Current Type**	**Κανονική Πορεία / Sea Going**	**Κανονική Πορεία / Sea Going**	
Κύριες Ηλεκτρογεννήτριες Yanmar 6EY22-ALW	$I_{AC(0)}$ (A)	33058.72	32593.18	1.41
	$I_{DC(0)}$ (A)	44579.72	43347.94	2.76
	$I_{p(0)}$ (A)	88310.39	89441.22	-1.28
M1 No 1 Κινητήρας Πρόωσης (Azipod CO980)	$I_{AC(0)}$ (A)	5725.13	6183.54	-8.01
	$I_{DC(0)}$ (A)	9839.27	9779.01	0.61
	$I_{p(0)}$ (A)	10919	18523.77	-69.65
M2 No 2 Κινητήρας Πρόωσης (Azipod CO980)	$I_{AC(0)}$ (A)	5725.13	6183.54	-8.01
	$I_{DC(0)}$ (A)	9839.27	9779.01	0.61
	$I_{p(0)}$ (A)	10919	18523.77	-69.65
Main Generator Bus - Κύριος Ζυγός Τροφοδοσίας	$I_{p(0)}$ (A)	**127394.05**	**134368.63**	-5.47

Περισσότερο συγκεκριμένα, οι κυματομορφές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης των:

Α) Κύριων Γεννητριών Τροφοδοσίας,

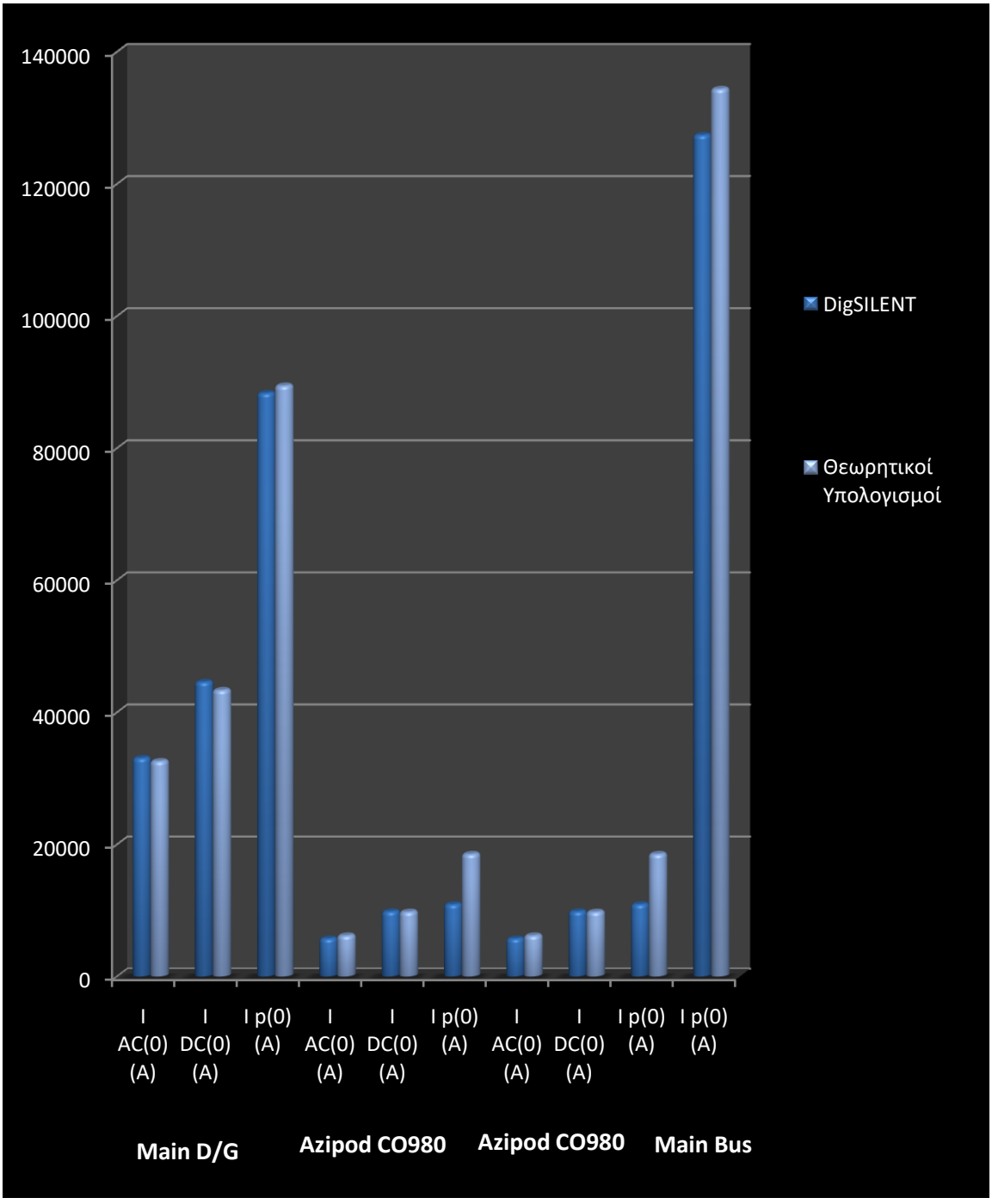
Β) Κύριου Ζυγού Τροφοδοσίας 690V

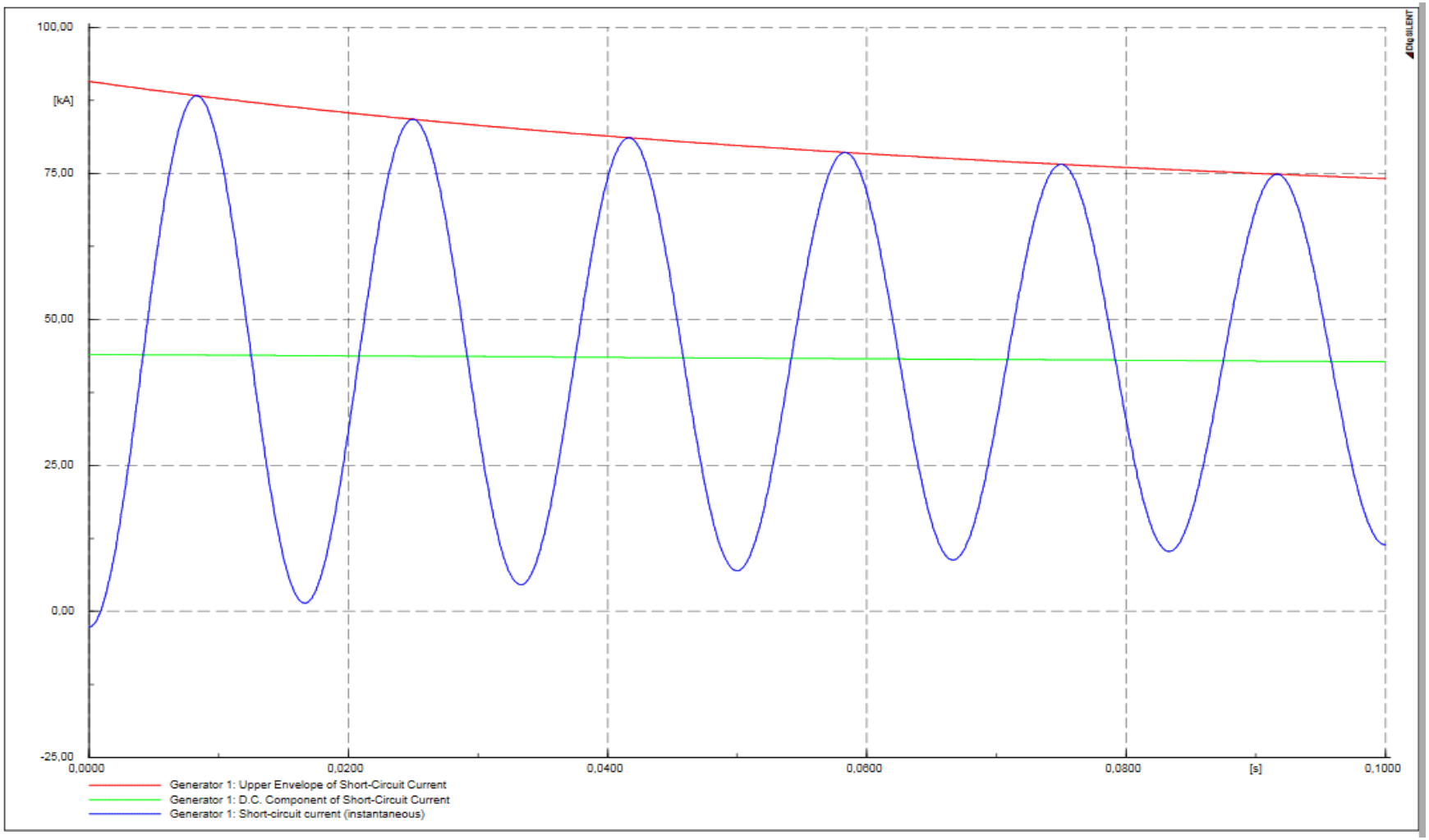
Γ) Κινητήρων Πρόωσης

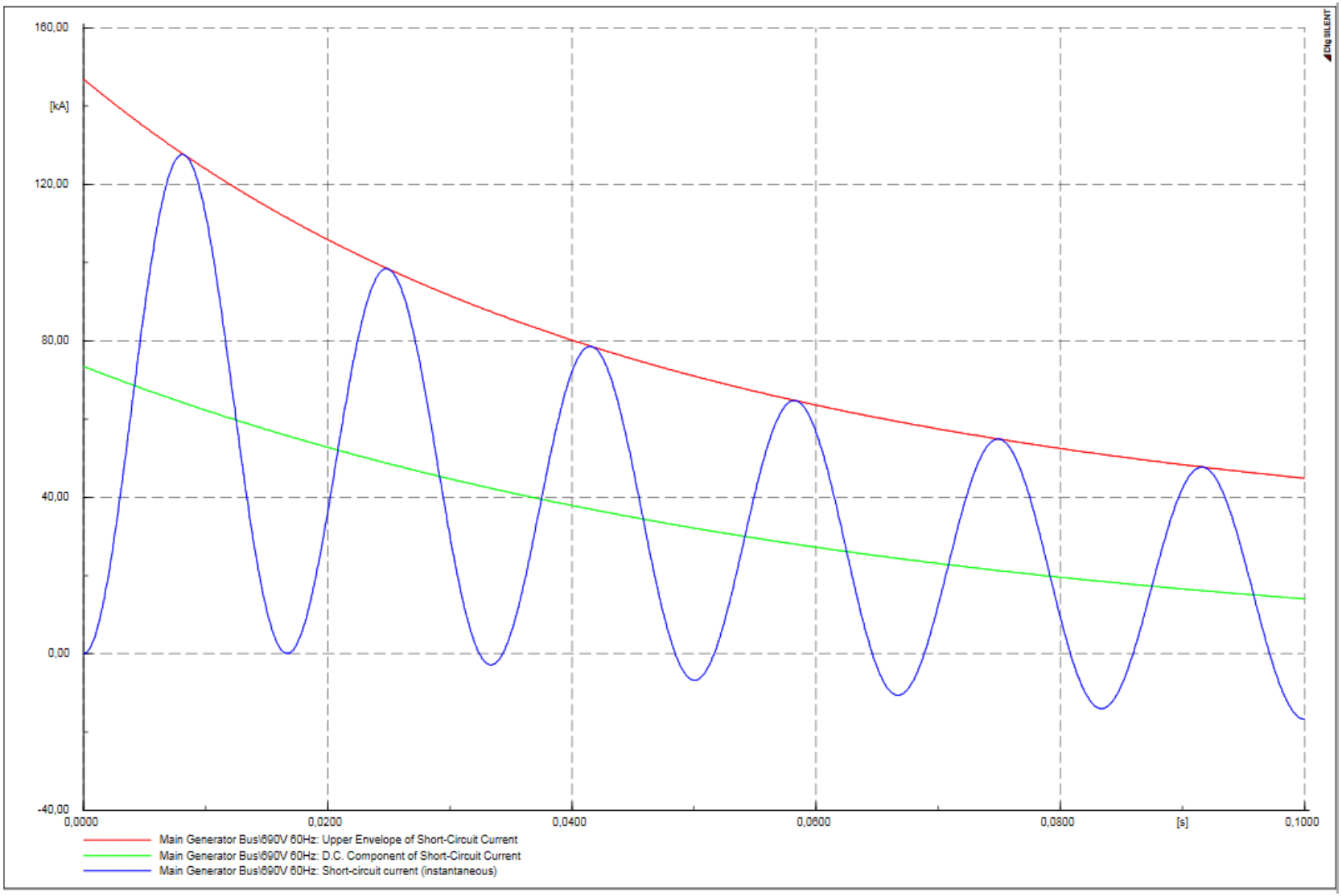
Δ) Δευτερεύοντος Ζυγού 440V,

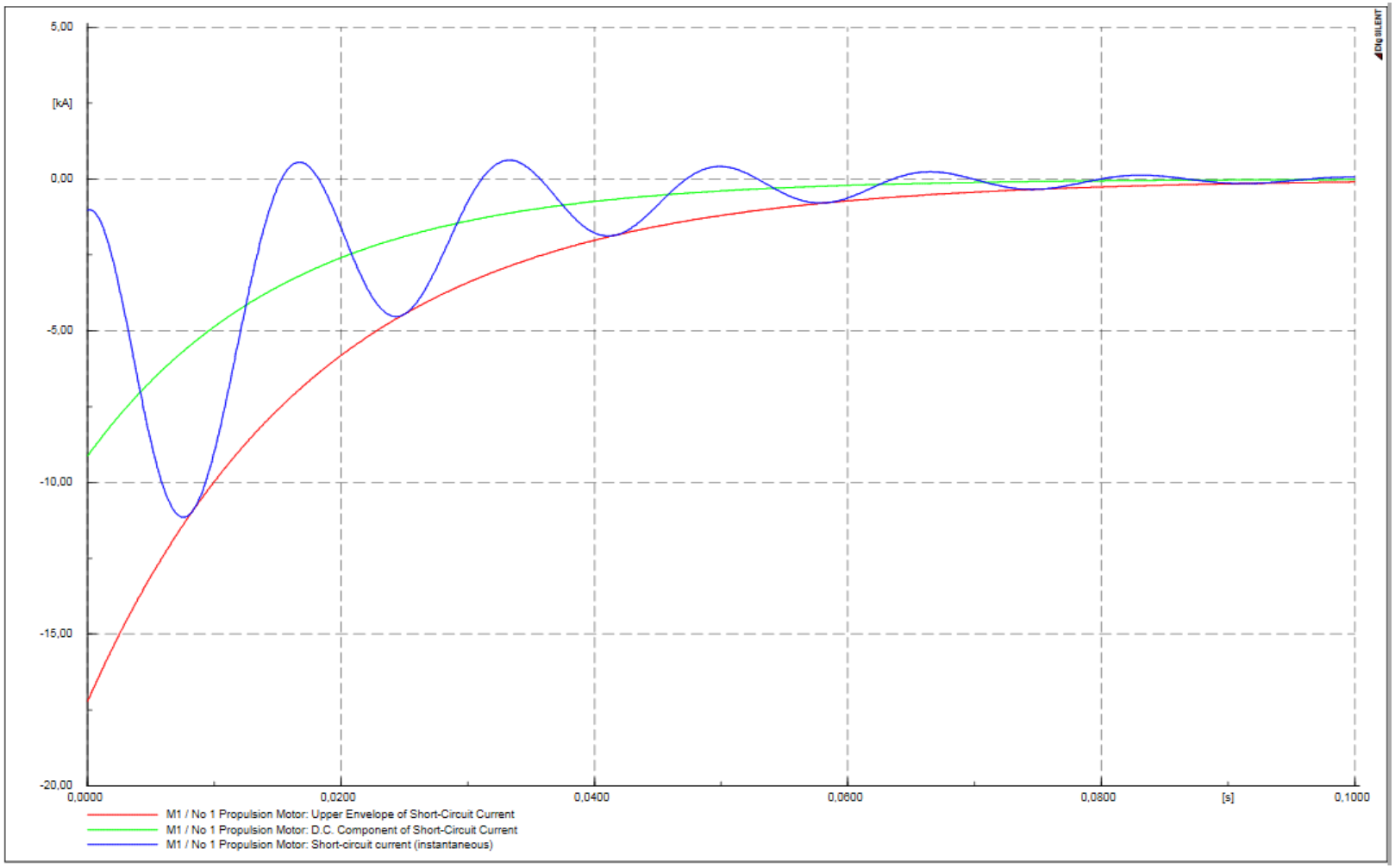
που εξήγαγε το πρόγραμμα είναι αυτές που , κατά αντιστοιχία, ακολουθούν στις επόμενες 4 σελίδες, μετά από το γράφημα που αναφέρεται στον προηγούμενο πίνακα.

6.4.2.1 Συγκεντρωτικό Γράφημα αναπαράστασης και σύγκρισης Εμφανιζόμενων Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης DigSILENT Power Factory και θεωρητικών Υπολογισμών.

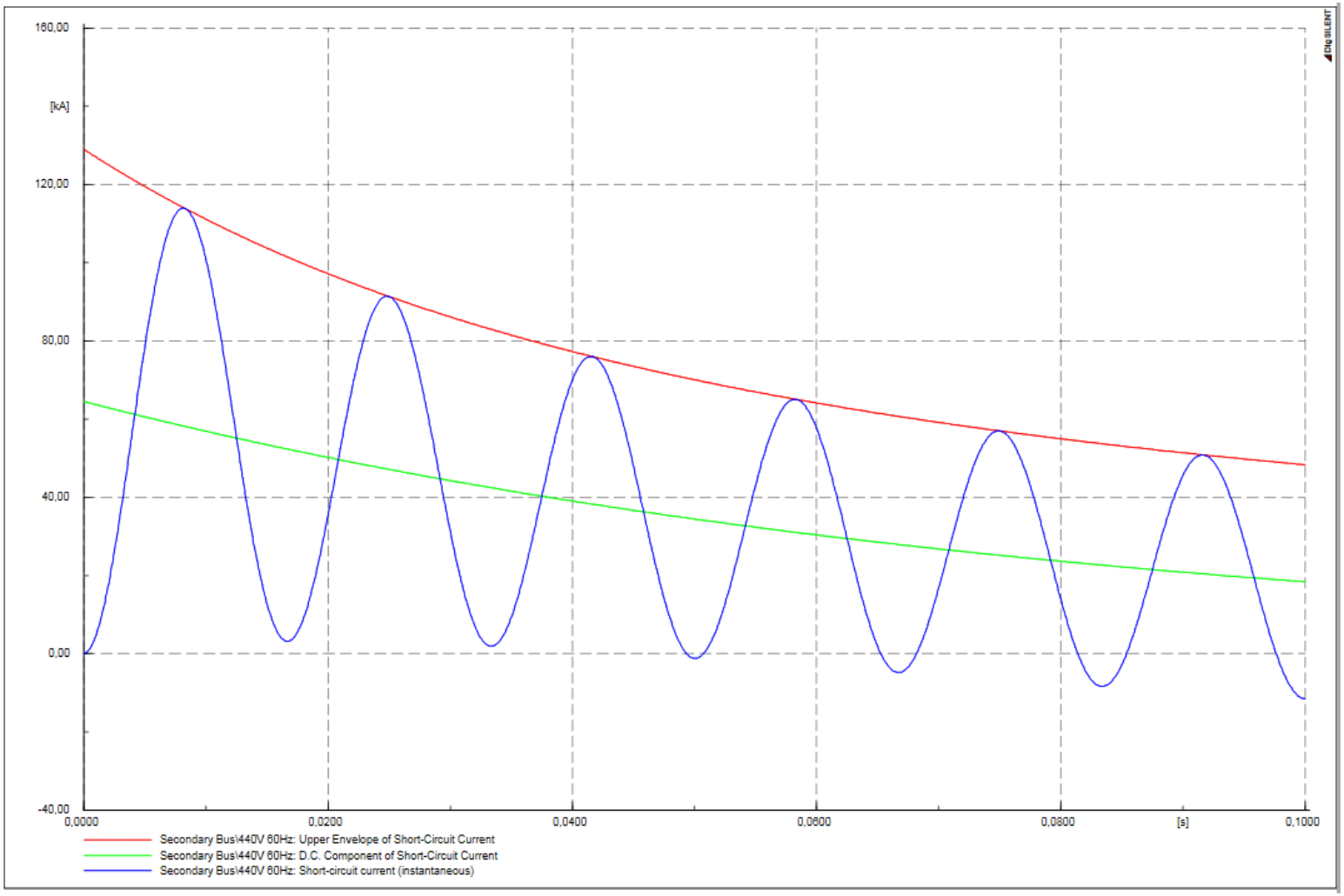



100,00
[kA]
75,00
50,00
25,00
0,00
-25,00
0,0000
0,0200
0,0400
0,0600
0,0800
[s]
0,1000
DIgSILENT
Generator 1: Upper Envelope of Short-Circuit Current
Generator 1: D.C. Component of Short-Circuit Current
Generator 1: Short-circuit current (instantaneous)


160,00
[kA]
120,00
80,00
40,00
0,00
-40,00
0,0000
0,0200
0,0400
0,0600
0,0800
[s]
0,1000
DIgSILENT
Main Generator Bus\690V 60Hz: Upper Envelope of Short-Circuit Current
Main Generator Bus\690V 60Hz: D.C. Component of Short-Circuit Current
Main Generator Bus\690V 60Hz: Short-circuit current (instantaneous)


5,00
[kA]
0,00
-5,00
-10,00
-15,00
-20,00
0,0000
0,0200
0,0400
0,0600
0,0800
[s]
0,1000
M1 / No 1 Propulsion Motor: Upper Envelope of Short-Circuit Current
M1 / No 1 Propulsion Motor: D.C. Component of Short-Circuit Current
M1 / No 1 Propulsion Motor: Short-circuit current (instantaneous)
DIgSILENT

Κυματομορφή ρευμάτων βραχυκύκλωσης του Δευτερεύοντος Ζυγού 440V



6.4.3 Απόκλιση αποτελεσμάτων

Οι αποκλίσεις, που παρατηρούνται στους πίνακες οφείλονται κυρίαρχα στην αγνόηση του κλάδου μαγνήτισης των κινητήρων, καθώς και στο ότι πραγματοποιείται υπολογισμός ροής φορτίου πριν το βραχυκύκλωμα (Preload Condition: use load flow initialization). Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τον κλάδο μαγνήτισης, αυτός δεν μπορεί να αγνοηθεί κατά τη δημιουργία του τύπου των κινητήρων, επειδή μέσω της κατάλληλης επιλογής της τιμής της αντίδρασης Xm ρυθμίζεται ο συντελεστής ισχύος. Εξάλλου, ο συντελεστής ισχύος στο παράθυρο του τύπου του κινητήρα μπορεί να επιλεγεί απευθείας μέσω της μεθόδου εισαγωγής Slip-Torque-Current Characteristic, η οποία όμως απαιτεί τη γνώση στοιχείων όπως ο βαθμός απόδοσης στο σημείο λειτουργίας, η ονομαστική ταχύτητα περιστροφής και η ροπή στο σημείο απώλειας στήριξης (stalling point), που είναι άγνωστα. Επίσης, ο υπολογισμός ροής φορτίου πριν το βραχυκύκλωμα δίνει τα ακριβέστερα αποτελέσματα, αλλά χρησιμοποιεί τιμές ρευμάτων που διαφέρουν από τις τιμές των ονομαστικών ρευμάτων λειτουργίας των θεωρητικών πράξεων, καθότι το πρόγραμμα υπολογίζει τις πραγματικές αναμενόμενες τιμές ρευμάτων. Η εκτέλεση ενός υπολογισμού ροής φορτίου αποδεικνύει ότι οι τιμές των ρευμάτων του *PowerFactory* διαφέρουν από τις ονομαστικές. (Πηγή: Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων σε Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας Πλοίων με Χρήση του PowerFactory **/** Πανταζόπουλος Γ.)

Επιπλέον, η μέθοδος θεώρησης μιας ομάδας διαφορετικών καταναλωτών ως έναν ισοδύναμο κινητήρα ενέχει την ιδιαιτερότητα μείωσης της γνώσης συγκεκριμένων παραμέτρων που καθορίζουν τη συμπεριφορά του κινητήρα αυτού στο δίκτυο. Ειδικά, στο εν λόγω λογισμικό, ο καθορισμός των παραμέτρων λειτουργίας ενός κινητήρα είναι ιδιαίτερα λεπτομερής και ταυτόχρονα πολυδιάστατος, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αποδοθεί πιστά η συμπεριφορά του χωρίς την επακριβή γνώση όλων των στοιχείων λειτουργίας του - κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη, πόσο μάλλον στο επίπεδο μιας τέτοιου είδους μελέτης, λόγω του γεγονότος ότι πρέπει να επιλεχθεί επακριβώς ο κάθε καταναλωτής και να μας προμηθεύσει η εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρία όλα τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του.

Βέβαια, στο επίπεδο των κύριων γεννητριών , για τις οποίες είχαμε στη διάθεσή μας, πέραν των βασικών προδιαγραφών, σχεδόν όλα τα τεχνικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, η απόκλιση των αναμενόμενων ρευμάτων βραχυκύκλωσης κυμάνθηκε, όπως προαναφέραμε, μεταξύ του διαστήματος 1,3 - 2.7 % .

6.4.4 Συμπεράσματα από τη χρήση του DigSILENT Power Factory

Από τους άνωθεν δύο πίνακες μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι δύο μέθοδοι υπολογισμού συγκλίνουν σε, αρκετά, ικανοποιητικό βαθμό. Παρουσιάζουν, ιδιαίτερα μικρά ποσοστά απόκλισης τα οποία επιβεβαιώνουν, αφενός, μία σχεδόν πιστή σχεδίαση και αποτύπωση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας του υπό μελέτη πλοίου στο λογισμικό της DigSILENT, και αφετέρου, και σημαντικότερα, την επιβεβαίωση-επικύρωση της ακρίβειας των θεωρητικών υπολογισμών της παρούσας μελέτης. Το τελευταίο, συντείνει στην επιβεβαίωση μιας ορθής, και ταυτοχρόνως, τεχνικά τεκμηριωμένης, λεπτομερούς προσπάθειας σχεδιασμού και ενεργειακής μελέτης, επί του Ωκεανογραφικού πλοίου, που μας ανατέθηκε.

Κεφάλαιο 7

7.1 Ποιότητα Ηλεκτρικής Ισχύος

Τα τελευταία χρόνια, η ευρείας κλίμακας διείσδυση της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους τομείς σε συνδυασμό με τη διαδεδομένη εφαρμογή της, έθεσε προ των πυλών το θέμα του ελέγχου, της αξιολόγησης ακόμα και της κοστολόγησης , υπό τη μορφή παροχής ποιοτικότερων υπηρεσιών, της ποιότητας της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικά, όσον αφορά στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων, το θέμα της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε να εγείρεται, κατά βάση, με την εισαγωγή των εγκαταστάσεων Ηλεκτρικής Πρόωσης , κυρίως λόγω της αυξημένης ύπαρξης αλλά και της εκτεταμένης χρήσης διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος, λόγω των σημαντικών παραμορφώσεων που αυτά παράγουν.

Ο όρος «ποιότητα ισχύος» σχετίζεται με ένα μεγάλο αριθμό φαινομένων που εμφανίζονται κατά τη παραγωγή, μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ισχύος, και θέτουν σε κίνδυνο την ομαλή λειτουργία των στοιχείων του συστήματος και των φορτίων του. Η ποιότητα ισχύος αναφέρεται στους εξής επιμέρους τομείς:

-Συνέχεια στην Παροχή Ενέργειας

-Σταθερότητα στην Τάση Τροφοδότησης

-Σταθερότητα στην Συχνότητα

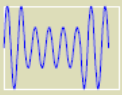
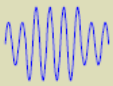
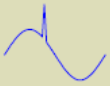
-Καθαρότητα του Κύματος της Τάσης Τροφοδότησης

-Συμμετρία Τριφασικού Συστήματος Τάσεων

Σε ένα σωστά δομημένο ηλεκτρικό δίκτυο πλοίου, η ποιότητα ισχύος αποτελεί, πλέον, απαραίτητη παράμετρο τόσο κατά την φάση του σχεδιασμού όσο και κατά την λειτουργία του. Αιτία είναι η αύξηση των φορτίων που είναι ευαίσθητα σε διαταραχές της τάσης τροφοδοσίας και η παράλληλη αύξηση φορτίων υπεύθυνων για τέτοιες διαταραχές. Επιπλέον, η ποιότητα αυτή της ισχύος στα πλοία συνδέεται άμεσα με την ανθρώπινη ασφάλεια πέραν του οικονομικού κόστους που συνεπάγονται οι βλάβες και οι διακοπές λειτουργίας των διάφορων υποσυστημάτων τα οποία τροφοδοτούνται από το ηλεκτρικό σύστημα.

7.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΙΣΧΥΟΣ

Τα φαινόμενα τα οποία καλύπτονται από τον όρο ποιότητα ισχύος είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως, πολλά σε αριθμό, και διαφορετικά μεταξύ τους. Μία προσπάθεια κατηγοριοποίησής των σημαντικότερων εξ αυτών μπορεί να αποτυπωθεί στον ακόλουθο πίνακα.

Κατηγορία	Τυπική κυματομορφή	Χαρακτηριστικά	Αιτίες	Συνέπειες
Βυθίσεις τάσης		- Διάρκεια - rms τάση - Σχέση των 3 φάσεων	- Σφάλματα - Εκκινηση κινητήρα - Ηλέκτριση μετασχηματιστή	Δυσλειτουργίες ή διακοπή λειτουργίας Η/Υ, κινητήρων, ρυθμιστές στροφών κινητήρων, συστημάτων ελέγχου (PLC)
Ανύψωση τάσης		-Διάρκεια - rms τάση	- Σφάλματα σε αγείωτα συστήματα	Καταπόνηση και καταστροφή μονώσεων
Ταχέα μεταβατικά φαινόμενα		- Μέγιστη τιμή τάσης - Συχνότητα - Χρόνος ανύψωσης - Διάρκεια - Τυπος κυματομορφής	- Διακοπτικά φαινόμενα - Ηλέκτριση πυκνωτών	Καταστροφή μονώσεων, δυσλειτουργίες Η/υ και ρυθμιστών στροφών κινητήρων
Αρμονικές		- Χαρακτηρισμός μέσω με-τασχηματισμού Fourier - THD για τάση και ένταση	Μη γραμμικά φορτία: - ανορθωτές - φορτία τόξου	Υπερφορτίσεις – καταστροφή στοιχείων, λειτουργία προστασίας, λανθασμένη λειτουργία μετρητικών οργάνων, μηχανική καταπόνηση.
Ασυμμετρία τάσης		Ο λόγος της αρνητικής προς τη θετική συμμετρική συνιστώσα της τάσης	- Ασύμμετρη φόρτιση φάσεων - Ανοιχτοκυκλώματα - Μονοφασική παραγωγή	Θερμική καταπόνηση κινητήρων και μετασχηματιστών, δυσλειτουργία και διακοπή λειτουργίας κινητήρων
Διαμόρφωση τάσης		P_{st} (short term severity factor) και P_{lt} (long term severity factor - 2 ωρών)	- Φούρνοι τόξου - Συχνές εκκινήσεις κινητήρων	Τρεμοσβήσιμο φωτισμού

Πηγή: ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΟΩΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΩΣ ΕΞΗΛΕΚΤΡΙΣΜΕΝΟ ΠΛΟΙΟ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Από τα παραπάνω φαινόμενα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον και υψηλή συχνότητα εμφάνισης, σε δίκτυα πλοίων παρουσιάζουν:

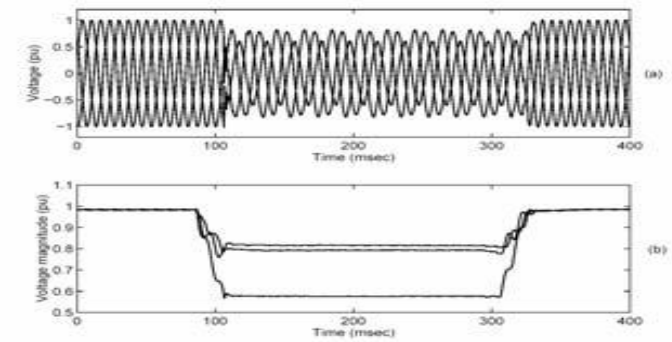
1. Οι βυθίσεις τάσης κυρίως λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού κινητήρων, σχετικά υψηλής ισχύος, οι οποίοι είτε δημιουργούν βυθίσεις είτε είναι ευαίσθητοι σε αυτές .
2. Οι αρμονικές , λόγω της ύπαρξης μετατροπέων ιδιαίτερα στα συστήματα ηλεκτροπρόωσης.

Ακολουθεί μια αναλυτικότερη προσέγγιση των άνωθεν αναφερθέντων φαινομένων.

Α. Βυθίσεις τάσης

Βύθιση της τάσης καλείται η μικρής διάρκειας - προσωρινή μείωση της ενεργού τιμής της τάσης, κυρίως λόγω σφαλμάτων στο ηλεκτρικό σύστημα, της εκκίνησης μεγάλων κινητήρων και μεταβατικών ρευμάτων ηλέκτρισης μετασχηματιστή. Το ενδιαφέρον γύρω από τις βυθίσεις τάσεις εστιάζεται κυρίως στα προβλήματα τα οποία δημιουργούν σε μεγάλο αριθμό συσκευών. Ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κινητήρες με μετατροπείς ισχύος για τη ρύθμιση στροφών (adjustable speed drives), συστήματα ελέγχου (Programmable Logic Controllers - PLC) είναι μερικά μόνο από τα φορτία που είναι ευαίσθητα σε βυθίσεις τάσης. Ορισμένα

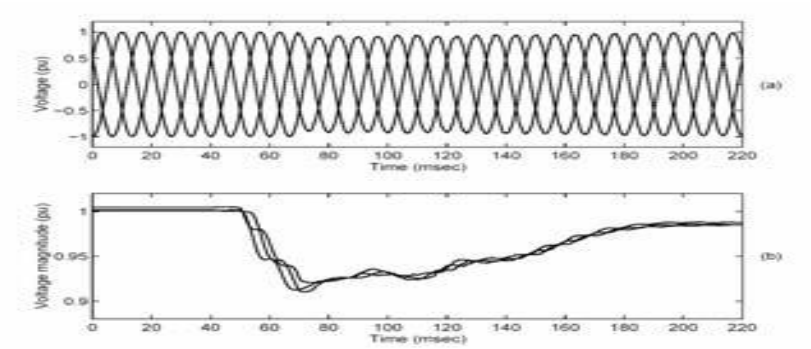
είδη συσκευών δεν μπορούν να λειτουργήσουν υπό τάση κάτω από το 90% της ονομαστικής για 2 ή 3 κύκλους, και διακόπτουν την λειτουργία τους μέσω των συστημάτων προστασίας που διαθέτουν. Πολλές ηλεκτρονικές συσκευές και κινητήρες με μετατροπείς ισχύος δεν λειτουργούν σωστά για βυθίσεις τάσης, όπου η τάση πέφτει κάτω από 70% της ονομαστικής για περισσότερο από 100 msec.



Βύθιση τάσης λόγω σφάλματος

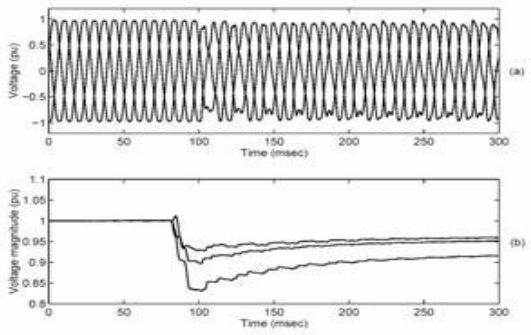
Στους επαγωγικούς κινητήρες κατά τη διάρκεια της πτώσης τάσης μειώνεται ο αριθμός των στροφών τους και τροφοδοτούνται με μεγαλύτερο ρεύμα. Στην περίπτωση μάλιστα, που η βύθιση τάσης διαρκέσει αρκετά, ενδέχεται να φτάσουν σε ένα σημείο διακοπής λειτουργίας (stalling) λόγω των αλλαγών στο ρεύμα αλλά και στην ροπή του κινητήρα. Επιπλέον, κατά την επαναφορά της τάσης ο κινητήρας απορροφά μεγάλα ρεύματα μειώνοντας έτσι εκ νέου την τιμή της τάσης. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε δίκτυα πλοίων με πολλούς κινητήρες και να οδηγήσει σε αδυναμία επαναφοράς του συστήματος σε κανονική λειτουργία.
Όσον αφορά στους κινητήρες που χρησιμοποιούν μετατροπείς ισχύος για τη ρύθμιση στροφών μέσω διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος, η μείωση της τάσης συνεπάγεται μείωση στην ταχύτητα τους και προκαλούνται προβλήματα στην διαδικασία ελέγχου στην οποία είναι συνδεδεμένοι. Η βύθιση εντοπίζεται από το σύστημα προστασίας του κυκλώματος ελέγχου ταχύτητας, το οποίο λειτουργεί αποσυνδέοντας την συσκευή προκειμένου να προστατέψει τα ηλεκτρονικά ισχύος από τις μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Επιπρόσθετα, κατά την επαναφορά της τάσης εμφανίζονται και σε αυτή την περίπτωση ρεύματα μεγάλης εντάσεως με αποτέλεσμα να λειτουργεί η προστασία υπερεντάσεως του κυκλώματος ελέγχου ταχύτητας και ο κινητήρας και να αποσυνδέεται.
Η διάρκεια της βύθισης τάσης εξαρτάται κυρίως από το πόσο γρήγορα θα λειτουργήσει το σύστημα προστασίας προκειμένου να απομονωθεί το τμήμα του δικτύου όπου εμφανίστηκε το σφάλμα. Οι χρόνοι που υπεισέρχονται εδώ είναι τόσο ο χρόνος εντοπισμού του σφάλματος (δηλαδή ο τύπος προστασίας που χρησιμοποιείται: ηλεκτρονόμοι αποστάσεως, διαφορική προστασία, ηλεκτρονόμοι υπερεντάσεως, ασφάλειες κτλ) καθώς και ο χρόνος λειτουργίας των συσκευών διακοπής του ρεύματος (διακόπτες ισχύος, ασφάλειες κτλ).

Οι βυθίσεις τάσης λόγω της σύνδεσης μεγάλων κινητήρων (Σχ. 3β) προκαλούνται λόγω των μεγάλων ρευμάτων εκκινήσεως και έχουν χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από το μέγεθος των κινητήρων, τα χαρακτηριστικά τους (αδράνεια, τρόπος εκκίνησης κτλ) καθώς και από την ισχύ βραχυκύκλωσης στο σημείο ζεύξης.

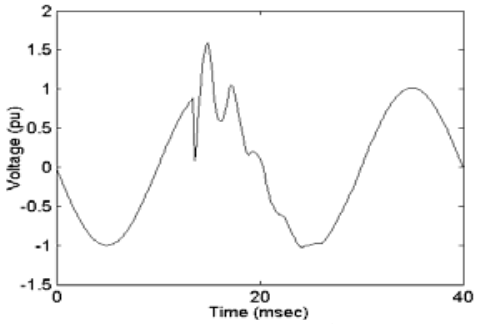


Βύθιση τάσης λόγω εκκίνησης κινητήρα

Βυθίσεις τάσης λόγω κορεσμού μετασχηματιστών προκαλούνται κυρίως κατά την ηλέκτρισή τους από τα μεγάλα ασύμμετρα ρεύματα, αποτέλεσμα της λειτουργίας του μαγνητικού πυρήνα στην περιοχή κορεσμού. Η ένταση αυτών των ρευμάτων και κατ'επέκταση οι τιμές τάσης κατά τη διάρκεια της βύθισης εξαρτώνται από το χρονικό σημείο στην κυματομορφή της τάσης όπου γίνεται η ηλέκτριση, την παραμένουσα ροή στον πυρήνα και τα χαρακτηριστικά της καμπύλης κορεσμού. Οι βυθίσεις αυτές δεν παρουσιάζουν συνήθως μεγάλες τιμές.



Βύθιση τάσης λόγω ηλέκτρισης μετασχηματιστή



Κυματομορφή τάσης κατά την ηλέκτριση πυκνωτή

Να σημειωθεί τέλος ότι ανύψωση τάσης (voltage swell) σε συνδυασμό με βύθιση εμφανίζεται κατά την διάρκεια μονοφασικών σφαλμάτων σε αγείωτα δίκτυα (όπως κατά κανόνα αυτά των πλοίων) ή δίκτυα γειωμένα μέσω σύνθετης αντίστασης. Οι υπερτάσεις στην χειρότερη περίπτωση ισούνται με την πολική τάση του δικτύου, εμφανίζονται στις υγιείς φάσεις και διαρκούν όσο διαρκεί το σφάλμα. Η πρακτική του αγείωτου συστήματος εξασφαλίζει την λειτουργία των φορτίων σε περίπτωση μονοφασικού σφάλματος (εφόσον αυτά τροφοδοτούνται μέσω μετασχηματιστή αστέρα-τριγώνου) αλλά αυξάνει τις ανάγκες για μόνωση.

Β. Ταχέα μεταβατικά φαινόμενα

Τα ταχέα μεταβατικά φαινόμενα (υπερτάσεις ή υπερεντάσεις) που εμφανίζονται κατά την διάρκεια λειτουργίας ενός ηλεκτρικού συστήματος μπορούν να γίνουν ιδιαίτερα επικίνδυνα για τον εξοπλισμό του αλλά και για τα φορτία. Προκαλούνται κυρίως από λειτουργίες διακοπτών (ζεύξη ή απόζευξη) και σε μεγάλο βαθμό εξαρτώνται από τις αυτεπαγωγές και τις χωρητικότητες του ηλεκτρικού συστήματος. Στα ηπειρωτικά συστήματα σημαντική αιτία για τέτοια φαινόμενα είναι η κεραυνοί. Το ενδιαφέρον σχετικά με τα ταχέα μεταβατικά φαινόμενα εστιάζεται κυρίως στην τάση αλλά σημαντική είναι και η ένταση όπως έχουν

δείξει διάφορες μελέτες. Σημαντική παράμετρος για την κατηγοριοποίηση των ταχέων μεταβατικών φαινομένων είναι η μορφή της κυματομορφής της τάσης (ή της έντασης) κατά την διάρκεια του φαινομένου. Με αυτό τον τρόπο αναφερόμαστε σε:

- φαινόμενα αιχμής όπου η κυματομορφή παρουσιάζει μια απότομη αλλαγή προς μία κατεύθυνση και επανέρχεται σε φυσιολογικές τιμές εντός λίγων μsec.
- φαινόμενα με χαρακτηριστικά ταλάντωσης με την τάση να μεταβάλλεται γρήγορα και προς τις δύο κατευθύνσεις και να επανέρχεται σε φυσιολογικές τιμές εντός μερικών msec ή και κάποιων κύκλων.

Υπερτάσεις με μορφή ταλάντωσης ενδεχομένως να σημειωθούν κατά την ηλέκτριση πυκνωτών στο δίκτυο (Σχ. 3δ). Το μέγεθός τους μπορεί να φτάσει μέχρι και 2 φορές την ονομαστική τάση και αυτό εγκυμονεί κινδύνους για τη λειτουργία αλλά και την ασφάλεια ηλεκτρονικών συσκευών. Περιπτώσεις έχουν καταγραφεί όπου, εξαιτίας τέτοιων υπερτάσεων, σημειώθηκαν βλάβες των ηλεκτρονικών τμημάτων συσκευών, ενώ πιο συνηθισμένη φαίνεται να είναι η περίπτωση όπου η υπέρταση ενεργοποιεί τα συστήματα προστασίας και διακόπτεται η λειτουργία των συσκευών. Χαρακτηριστικό φορτίο το οποίο παρουσιάζει τέτοια συμπεριφορά είναι ο μετατροπέας ισχύος για τη ρύθμιση στροφών κινητήρα

Γ. Αρμονικές

Η ύπαρξη αρμονικών στην τάση και την ένταση , ως υπέρθεση συχνοτήτων πολλαπλάσιων της θεμελιώδους των 50/60 Hz , οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη-γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή, που παίρνουν ρεύμα διαφορετικής κυματομορφής από την τάση, (άγουν ρεύμα μόνο σε ορισμένες περιοχές της τάσης).
Μέσω της τάσης και σε συνάρτηση με την ισχύ βραχυκυκλώσεως του δικτύου, οι αρμονικές που παράγονται σε ένα σημείο του δικτύου μεταδίδονται και έτσι μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φορτία. Αντίθετα από τα φαινόμενα που περιγράφονται παραπάνω (τα οποία είναι μικρής διάρκειας και μεταβατικής φύσεως), οι αρμονικές παρουσιάζονται κατά την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας του συστήματος.

Τυπικά μη-γραμμικά φορτία αποτελούν:
-φορτία με διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος: δηλαδή φορτία που χρησιμοποιούν ανορθωτές όπως οι κινητήρες με μετατροπείς ισχύος για τη ρύθμιση στροφών, ηλεκτρονικές συσκευές (ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεοράσεις)
-φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό τόξο: φούρνοι τήξης και λάμπες φθορισμού.

Το φάσμα των αρμονικών για την τάση και την ένταση υπολογίζεται μέσω του μετασχηματισμού Fourier των αντίστοιχων κυματομορφών ώστε να υπολογισθούν τα πλάτη V_n και I_n σε κάθε συχνότητα όπως στις παρακάτω εξισώσεις:

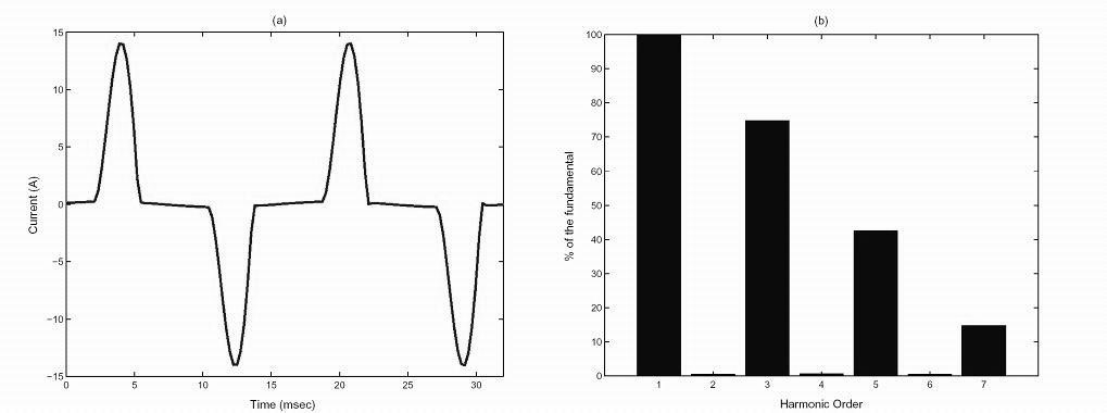
$$v(t) = \sum_{n=1}^{\infty} V_n \sqrt{2} \sin(n.\omega t + \theta_{v,n}) \qquad (1)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sqrt{2} \sin(n.\omega t + \theta_{i,n}) \qquad (2)$$

όπου *v(t)* η στιγμιαία τιμής της τάσης, *i(t)* η στιγμιαία τιμής της έντασης, V_n το πλάτος αρμονικής τάσης τάξεως *n*, I_n το πλάτος αρμονικής έντασης τάξεως *n*, $\theta_{v,n}$ η γωνία αρμονικής τάσης τάξεως *n*, $\theta_{i,n}$ η γωνία αρμονικής έντασης τάξεως *n*, *n* η τάξη αρμονικής, $\omega=2\pi f$ (όπου *f* είναι η θεμελιώδης συχνότητα του ηλεκτρικού συστήματος 50 ή 60 Hz) και *t* ο χρόνος.

Για την εκτίμηση της σοβαρότητας των αρμονικών στις κυματομορφές της τάσης και της έντασης, εκτός από τα πλάτη τους, χρησιμοποιούνται τα μεγέθη: συνολική αρμονική παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion) λόγω τάσης και λόγω έντασης τα οποία είναι αντίστοιχα:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2} V_n^2}}{V_1} \quad (3) \qquad THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2} I_n^2}}{I_1} \quad (4)$$



Κυματομορφή έντασης από switch mode power supply (παλμο-τροφοδοτικό) και η ανάλυση της σε αρμονικές μέσω μετασχηματισμού Fourier

Αν η θεμελιώδης συνιστώσα δεν μετράται ταυτόχρονα με τις αρμονικές, και στις παραπάνω σχέσεις αντικατασταθεί με ένα μέσο όρο για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, τότε οι λόγοι που προκύπτουν από τις παραπάνω εξισώσεις ονομάζονται «συνολική παραμόρφωση ζήτησης» και συμβολίζονται *TDD (Total Demand Distortion).*

Οι πιο συνηθισμένες αρμονικές είναι οι περιττής τάξης ($3^η$, $5^η$, $7^η$ κ.ο.κ.). Οι αρμονικές άρτιας τάξης είναι σπανιότερες, και όταν εμφανίζονται συνδέονται κυρίως με φαινόμενα κορεσμού μετασχηματιστή. Οι επιπτώσεις των αρμονικών συνδέονται κυρίως με την αύξηση της ενεργού τιμής τόσο της τάσης όσο και της έντασης. Προβλήματα επίσης προκαλούνται από την παραμόρφωση των κυματομορφών (αύξηση της κορυφής της κυματομορφής ή μετατόπιση των χρονικών τιμών κατά τις οποίες διέρχονται από το μηδέν). Εξαιτίας των αρμονικών:

- ενδέχεται να λειτουργήσουν λανθασμένα συσκευές προστασίας ειδικά αυτές που χρησιμοποιούν θερμικά μοντέλα.

- αν ο υπολογισμός της ενεργού τιμής της έντασης γίνεται χρησιμοποιώντας τη μέγιστη τιμή της κυματομορφής της αυξάνεται η πιθανότητα λάθους και ανεπιθύμητης λειτουργίας της προστασίας. Για τον ίδιο λόγο λάθη παρουσιάζονται σε μετρητικές συσκευές.

- παρουσιάζονται προβλήματα στην λειτουργία ηλεκτρονικών συστημάτων αλλά και βλάβες. Επίσης παρουσιάζονται προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε ηλεκτρονικές συσκευές πλοήγησης, επικοινωνίας, ελέγχου και αυτοματισμών με

αποτέλεσμα λανθασμένη λειτουργία, διακοπή λειτουργίας, απώλεια δεδομένων και βλάβες.

• προκαλείται υπερφόρτιση (δηλαδή υπερθέρμανση) και αυξάνονται οι δονήσεις και ο θόρυβος (μηχανική καταπόνηση) σε συσκευές όπως μετασχηματιστές, μηχανές και πίνακες χαμηλής τάσης.

• μακροχρόνια προκαλείται πρόωρη γήρανση του εξοπλισμού.

• υπερθερμαίνεται ο ουδέτερος αγωγός (εφόσον υφίσταται) καθώς προστίθενται οι αρμονικές και δίνουν ρεύματα κατά πολύ μεγαλύτερα από όταν τα φορτία είναι γραμμικά.

• περιορίζονται οι δυνατότητες των στοιχείων του ηλεκτρικού συστήματος σε τιμές χαμηλότερες των ονομαστικών.

• προκαλείται καταστροφή πυκνωτών που απορροφούν αρμονικές ρεύματος.

Δ. Διακύμανση τάσης –συχνότητας

Η διακύμανση της τάσης μπορεί να ειδωθεί σαν μια διαμόρφωση της θεμελιώδους συχνότητας (50/60Hz) από ένα σήμα μικρότερης συχνότητας. Επομένως ένας τρόπος χαρακτηρισμού του φαινομένου είναι μέσω του πλάτους του σήματος αυτού. Διαμόρφωση έως και 0.5% του πλάτους της τάσης στα 50/60 Hz μπορεί να προκαλέσει αντιληπτές αλλαγές στην ένταση φωτισμού εάν η συχνότητα διαμόρφωσης είναι 6-8 Hz. Συσκευές δυναμικής αντιστάθμισης της αέργου ισχύος (διατάξεις πυκνωτών, πηνίων και ηλεκτρονικών ισχύος) μπορούν να περιορίσουν σημαντικά τα προβλήματα βελτιώνοντας παράλληλα τον συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης. Το φαινόμενο συνδέεται με την λειτουργία μεγάλων συνήθως φορτίων. Στα ηλεκτρικά συστήματα των πλοίων, τα οποία είναι απομονωμένα, τέτοια φορτία έχουν επίδραση και στη συχνότητα λειτουργίας τους. Η συχνότητα ενός ηλεκτρικού συστήματος συνδέεται άμεσα με την ταχύτητα περιστροφής των γεννητριών του συστήματος και σε κάθε χρονική στιγμή εξαρτάται από το ισοζύγιο μεταξύ παραγωγής και φορτίου. Αλλαγές στο ισοζύγιο αυτό (σφάλματα, μεγάλες αλλαγές στο φορτίο) προκαλούν μεταβολές στη συχνότητα. Το μέγεθος των μεταβολών αυτών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των φορτίων και την αντίδραση των συστημάτων παραγωγής (κυρίως των ρυθμιστών στροφών) σε αλλαγές του φορτίου (χρόνος απόκρισης κτλ).
Οι ηλεκτρικές και οι ηλεκτρονικές συσκευές είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στο θαλάσσιο περιβάλλον όπου επικρατούν υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες, υγρασία, ταλαντώσεις παρουσία άλατος στην ατμόσφαιρα κ.τ.λ. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επιδρούν στην σταθερότητα των συσκευών και κατ' επέκταση στην ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος.

7.3 Προβλήματα ποιότητας ισχύος

Οι νέες τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται στα πλοία ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα σε διάφορα υποσυστήματα ενός πλοίου (ραδιοσκόπια, επικοινωνιακά συστήματα, πυραυλικά συστήματα κ.ά. Πιο συγκεκριμένα τα προβλήματα που αναμένονται είναι τα ακόλουθα:
• Οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς ισχύος για τη ρύθμιση στροφών των κινητήρων που χρησιμοποιούνται στα κύρια και βοηθητικά συστήματα πρόωσης θα προκαλέσουν

προβλήματα αρμονικών όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Οι μετατροπείς έξι παλμών οι οποίοι κυρίως χρησιμοποιούνται στα πλοία παράγουν αρμονικές περιττής τάξης, εξαιρουμένων των τριπλών, 5,7,11,13,17,19,23,25. Στους μετατροπείς δώδεκα παλμών δεν εμφανίζονται οι αρμονικές 5 και 7 τάξης αλλά έχουν υψηλότερο αρχικό κόστος. Με αυτό ως δεδομένο, προβήκαμε άλλωστε και στην επιλογή Propulsion Drives της ABB τα οποία χρησιμοποιούν converters πολύ καλύτερων επιδόσεων όσον αφορά στην παραγωγή αρμονικών σε σχέση με άλλους 12- pulse ή 18-pulse, για τον έλεγχο και την οδήγηση των κινητήρων πρόωσης του Ωκεανογραφικού σκάφους.

• Παλμικά φορτία όπως τα σύγχρονα οπλικά συστήματα πάνω στα πλοία, και στην περίπτωση του υπό μελέτη πλοίου ο ισχύος 200 kW συμπιεστής του Airgun , είναι, εξ ορισμού, μια σημαντική πηγή βυθίσεων τάσης εξαιτίας των μεγάλων ενεργειακών απαιτήσεων τους σε μικρό χρονικό διάστημα, ενώ παράλληλα θέτουν σε κίνδυνο την ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος. Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των φορτίων που είναι ευαίσθητα σε βυθίσεις τάσεις πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν τα παλμικά φορτία. Επιπλέον, θέματα όπως η διαμόρφωση της τάσης και της συχνότητας πρέπει να διερευνηθούν σε σχέση με την επίδραση που έχουν στα φορτία. Σε κάθε περίπτωση, η ένταξη παλμικών φορτίων απαιτεί την χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας με χαρακτηριστικά (ισχύς, χρόνος απόκρισης κτλ) τα οποία θα καλύπτουν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του φορτίου. Συστοιχίες συσσωρευτών, πυκνωτών, στρεφόμενες μάζες (flywheels) ή αποθήκευση σε υπεραγώγιμα μαγνητικά υλικά είναι κάποιες από τις προσφερόμενες λύσεις.

• Έντονες διακυμάνσεις της τάσης παρατηρούνται κατά την εκκίνηση φορτίων όπως οι προωστήριοι μηχανισμοί, οι κινητήρες πρόωσης, οι μεγάλες αντλίες φορτοεκφόρτωσης, οι αντλίες μετάγγισης καυσίμου κοκ. Ο μέσος όρος ισχύος του ηλεκτρικού συστήματος είναι της τάξεως αρκετών MVA ενώ ορισμένα φορτία όπως οι βοηθητικοί προωστήριοι μηχανισμοί πλώρης ή πρύμνης (bow ή stern thrusters) συνήθως ξεπερνάνε τα 750 kW και φτάνουν έως και 2.5 MW. τέτοιων.

• Η χρήση υψηλότερων επιπέδων τάσης (μεγαλύτερων από 1000 V) αυξάνει τις απαιτήσεις σε μόνωση τόσο στην μόνιμη όσο και σε μεταβατικές καταστάσεις καθώς όλος ο εξοπλισμός και τα φορτία υπόκεινται σε υψηλότερα ρεύματα βραχυκυκλώσεως, και υπερτάσεις. Όσον αφορά την αρχική στιγμιαία τιμή των αιχμών, όπως έχει δείξει η εμπειρία στα ηπειρωτικά συστήματα, η χωρητικότητα όλων των στοιχείων του συστήματος παίζει σημαντικό ρόλο. Τέτοιες τιμές τάσης , άλλωστε φροντίσαμε να αποφύγουμε κατά τη σχεδίαση του ηλεκτρικού δικτύου του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού πλοίου.

• Η εναλλακτική χρήση συστημάτων συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης (όπως στην περίπτωση των κυψελών καυσίμου) εισάγει ένα σημαντικό αριθμό μεταβατικών φαινομένων καθώς η διακοπή του συνεχούς ρεύματος προκαλεί υπερτάσεις οι οποίες είναι επικίνδυνες για τον εξοπλισμό και τα φορτία . Κάτι τέτοιο αποτέλεσε και έναν από τους λόγους αποφυγής χρήσης ρεύματος συνεχούς τάσης στο δίκτυο του Ωκεανογραφικού πλοίου που σχεδιάσαμε.

• Οι απαιτήσεις λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος είναι μεγαλύτερες από ότι στο παρελθόν. Αυτό συνεπάγεται περισσότερες διακοπτικές λειτουργίες και ως εκ τούτου περισσότερα μεταβατικά φαινόμενα.

7.4 Ποιότητα Ισχύος στο υπό μελέτη Πλοίο

Λαμβάνοντας υπόψιν τα όσα περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες, και συνυπολογίζοντας το γεγονός πως το εν λόγω Ωκεανογραφικό πλοίο θα φέρει πληθώρα ηλεκτρονικών συσκευών επιστημονικής χρήσης, υψηλού κόστους, οι οποίες απαιτούν σχεδόν απόλυτη ακρίβεια στις μετρήσεις που λαμβάνουν, και τα κυκλώματά τους είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε απότομες, ή μη, μεταβολές της τιμής της τάσης, κρίναμε αναγκαίο να προβούμε σε μια εκτίμηση των παραγόμενων αρμονικών συνιστωσών που αναμένεται να αναπτυχθούν στο υπό σχεδίαση ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς, όπως προαναφέραμε, από τα υπόλοιπα φαινόμενα που περιγράφονται άνωθεν (τα οποία είναι μικρής διάρκειας και μεταβατικής φύσεως), οι αρμονικές παρουσιάζονται κατά την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας του συστήματος. Άλλωστε, έχουν υψηλά ποσοστά εμφάνισης και έντασης σε δίκτυα με ύπαρξη μετατροπέων και ιδιαίτερα σε αυτά με ηλεκτροπρόωση , όπως το εν λόγω.

7.4.1 Η συμμετοχή των ρυθμιστών στροφών στη μείωση των αρμονικών παραμορφώσεων

Λόγω του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφοράς στην δημιουργία των ανεπιθύμητων αρμονικών παραμορφώσεων, στο ηλεκτρικό δίκτυο του Ωκεανογραφικού, παρέχεται από την λειτουργία των υψηλής, σχετικά, ισχύος (στην κατάσταση κανονικής πορείας , 2330 kW έχουν εκτιμηθεί για την πρόωση εκ των συνολικά απαιτούμενων 3119 kW για τη συνολική λειτουργία του πλοίου, το οποίο μεταφράζεται σε 75% της παραγόμενης, εκ των γεννητριών, ισχύος) των δύο ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης , κρίνεται αναγκαίο να αποδοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον υποβιβασμό της ποιότητας ισχύος που αυτοί προκαλούν.

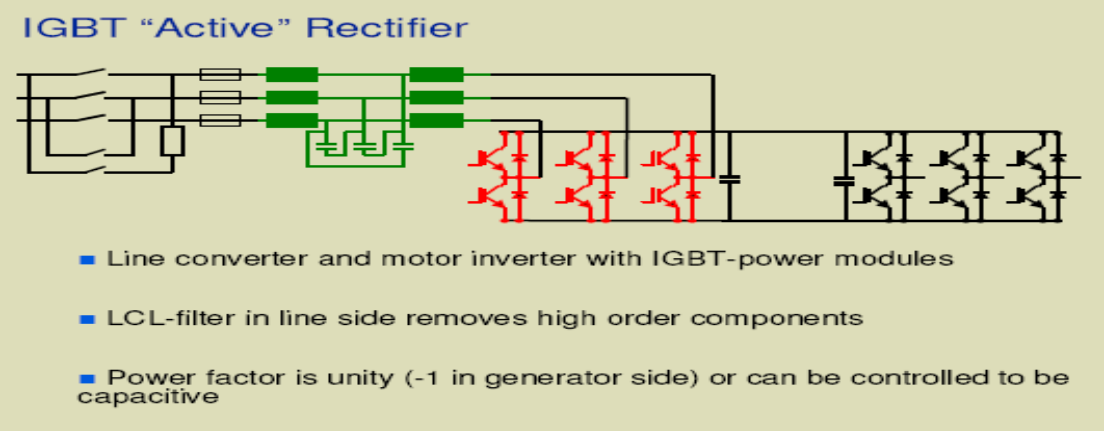
Ειδικότερα, κατά τη λειτουργία των Azipod σε πολύ χαμηλό αριθμό περιστροφών, επομένως και σε πολύ χαμηλή ισχύ , όπως για παράδειγμα στην κατάσταση κατά την οποία το σκάφος θα πλέει σε πολύ χαμηλή ταχύτητα προκειμένου να εκτελέσει δειγματοληψία, οι μετατροπείς που χρησιμοποιούνται για τον υποβιβασμό των στροφών αποτελούν τους κύριους υπευθύνους για την δημιουργία αρμονικών παραμορφώσεων στο δίκτυο.

Προκειμένου να διασφαλίσουμε, στον βαθμό που αυτό είναι εφικτό κατά τη διαδικασία της παρούσας μελέτης, την όσο το δυνατόν χαμηλότερη συνεισφορά στη δημιουργία αρμονικών παραμορφώσεων των κινητήρων πρόωσης, αποδώσαμε ιδιαίτερη έμφαση στην επιλογή των κατάλληλων ρυθμιστών στροφών (Motor Drives) για την οδήγηση των εν λόγω κινητήρων. Βέβαια, το θέμα της διασφάλισης της ποιότητας ισχύος έγκειται ,περισσότερο, σε επίπεδο προδιαγραφών παρά συγκεκριμένων μετρήσεων, τουλάχιστον σε αυτή τη φάση

της μελέτης , και ως εκ τούτου βασιστήκαμε στα τεχνικά χαρακτηριστικά που μας παρέχει η κατασκευάστρια εταιρία ABB.

Ενώ, λοιπόν, σε πρώτο χρόνο της παρούσας μελέτης, οδηγηθήκαμε στην επιλογή ρυθμιστών στροφών προωστήριων κινητήρων της σειράς ACS800-07, κατόπιν λεπτομερέστερης ανάλυσης και κατανόησης των τεχνικών προδιαγραφών, καταλήξαμε στην επιλογή αντίστοιχων ρυθμιστών από την σειρά ACS800-37, προβαίνοντας βέβαια, τόσο σε μία επιβάρυνση κατά 26% σε επίπεδο όγκου (13.76 m^3 έναντι 10.88 m^3) , όσο και κατά 70% σε επίπεδο βάρους της εγκατάστασης (7.2 tn έναντι 4.28 tn) .

Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία η σειρά ACS800-37 , η οποία ανήκει στην κατηγορία Ultra Low Harmonic Drives (ULH), εφοδιάζεται με ενεργούς ανορθωτές IGBT (Active Rectifier Insulated Gate Bipolar Transistor) στην πλευρά της τροφοδοσίας, αντί της συμβατικής γέφυρας διόδου. Ο ρυθμιστής είναι σε θέση να ελέγχει το ρεύμα της γραμμής σε ημιτονοειδή κυματομορφή. Επιπλέον, το φίλτρο γραμμής που χρησιμοποιείται σε αυτούς του ρυθμιστές, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να παρέχει εξασθένηση στις υψηλές αρμονικές της τάσης επιτυγχάνοντας, με αυτόν τον τρόπο, πολύ χαμηλή συνολική παραμόρφωση, τόσο στο επίπεδο της έντασης όσο και στο επίπεδο της τάσης.



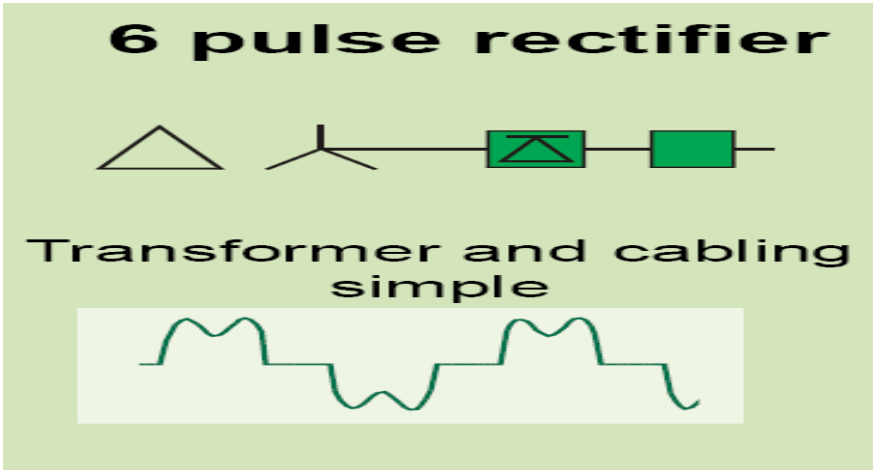
Πηγή: ABB

Το σύστημα που συμβάλλει στην μετρίαση των αρμονικών είναι ενσωματωμένο στο ρακ του ρυθμιστή στροφών έτσι ώστε να αποφύγουμε τη σύνδεση και την κατάληψη επιπλέον χώρου με εξωτερικά μηχανήματα διόρθωσης αρμονικών όπως line reactors και μετασχηματιστές. Η αρμονική απόδοση είναι ανεξάρτητη της ανισορροπίας στο επίπεδο της τροφοδοσίας, σε αντίθεση με τις λύσεις των συστημάτων 12 και 18 παλμών και αποφεύγεται οποιαδήποτε ανησυχία σχετικά με τους συντονισμούς του δικτύου. Στο σύνολό της, σύμφωνα με τα όσα υπόσχεται η κατασκευάστρια εταιρεία, η αρμονική παραμόρφωση που παράγουν οι ρυθμιστές στροφών της εν λόγω σειράς είναι συνήθως 3,5 - 4,5% της ονομαστική τιμής και ο κινητήρας λειτουργεί πάντα με συντελεστή ισχύος ίσο με τη μονάδα, γεγονός που συνεπάγεται μηδενισμό της αέργου ισχύος, άρα και εξίσωση της φαινόμενης ισχύος με την ενεργό, και, ως εκ τούτου μείωση της παραγόμενης εκ των ηλεκτρογεννητριών ενέργειας, επομένως περαιτέρω μείωση και στην συνολική κατανάλωση του υπό μελέτη πλοίου.

7.5 Μέθοδοι ανόρθωσης για μείωση αρμονικών παραμορφώσεων ρυθμιστών στροφών.

Ακολουθεί μία σύντομη αναφορά στις δημοφιλέστερες μεθόδους μείωσης των αρμονικών που βρίσκουν εφαρμογή στους ρυθμιστές στροφών, συμπεριλαμβανομένης της απλής ανόρθωσης 6 παλμών η οποία δεν παρέχει μείωση.

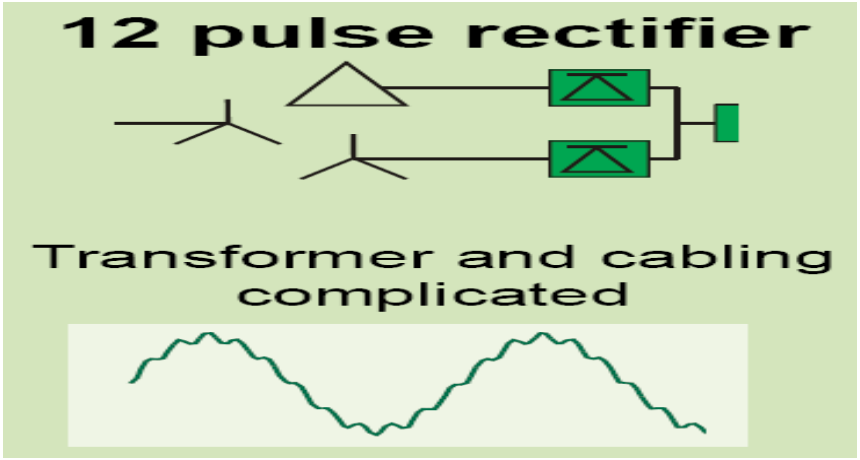
Ανόρθωση 6 παλμών



Πηγή: ABB

Πρόκειται για χαμηλού κόστους και απλή διαμόρφωση ρυθμιστή στροφών η οποία μπορεί να προκαλέσει συνολική παραμόρφωση κυμαινόμενη από 50 έως 90%. Στην περίπτωση χρήσης αντιδραστήρων , είτε στην πλευρά του εναλλασσόμενου, είτε στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος, η τυπική αρμονική παραμόρφωση μειώνεται σε 25-35 %. Εάν χρησιμοποιηθούν παθητικά φίλτρα , υπό τη μορφή low-pass με σύνδεση σε σειρά με τον ρυθμιστή, μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση των παραγόμενων αρμονικών , μολονότι μπορούν να επιφέρουν πτώση τάσης , εξαρτώμενη του φορτίου, και να μειώσουν την διαθέσιμη ισχύ.

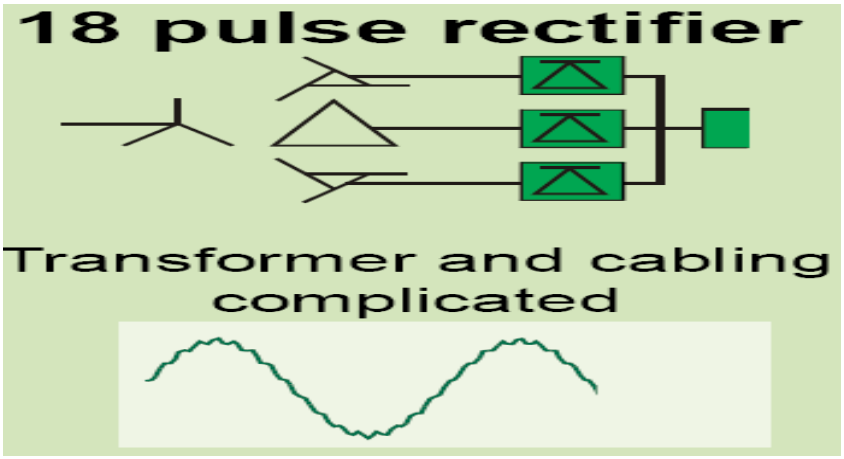
Ανόρθωση 12-παλμών



Πηγή: ABB

Στην ανόρθωση 12 παλμών, δύο ανορθωτές συνδέονται παράλληλα και τροφοδοτούνται από μετασχηματιστή μετατόπισης φάσης. Τα μετατοπισμένα κατά φάση 6 παλμών ρεύματα γραμμής κάθε ανορθωτή αθροίζονται στο πρωτεύον του μετασχηματιστή και, ως εκ τούτου, ορισμένες αρμονικές ακυρώνονται μέσω της σύνδεσης του πρωτεύοντος τυλίγματος. Το επίπεδο, βέβαια, της αρμονικής απόδοσης επηρεάζεται από την ανισορροπία γραμμής. Ο μετασχηματιστής μπορεί να είναι είτε μετασχηματιστής απομόνωσης ή αυτό-μετασχηματιστής.

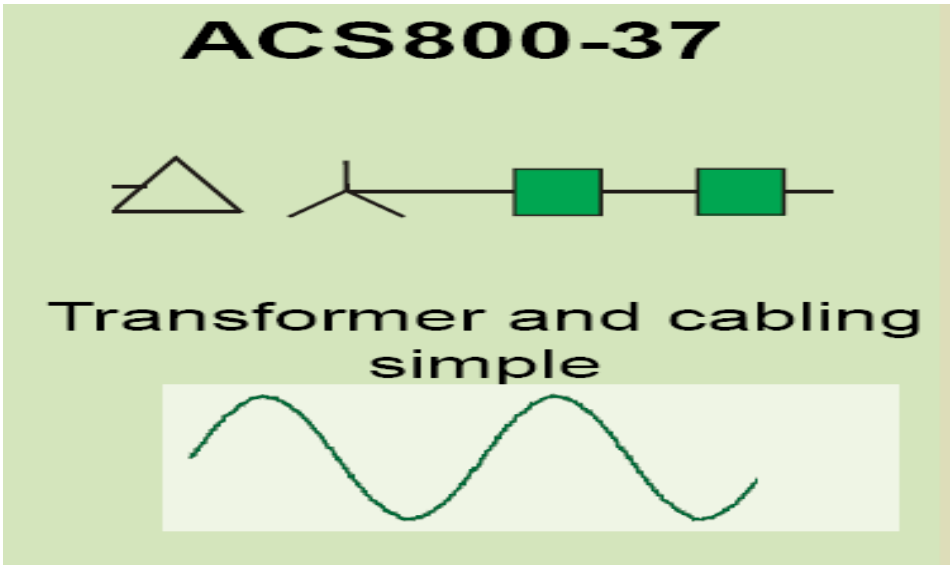
Ανόρθωση 18-παλμών



Πηγή: ABB

Διαθέτει την ίδια αρχή λειτουργίας με αυτή της ανόρθωσης 12 παλμών, αλλά η σχεδίαση καταμέτρα υψηλότερο αριθμό μερών και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Η αρμονική απόδοση είναι καλύτερη από ότι στην περίπτωση των 12 παλμών, αλλά το σύστημα εξακολουθεί να είναι ευαίσθητο λόγω ανισορροπίας στην τάση δικτύου. Υποστηρίζεται ότι το σύστημα μπορεί να γίνει σταθερό αν επιτευχθεί ισορροπία φάσεων στο όριο του 1% , κάτι το οποίο όμως έχει αποδειχθεί δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη.

Ανόρθωση υφιστάμενη στους ρυθμιστές στροφών που επιλέχθηκαν

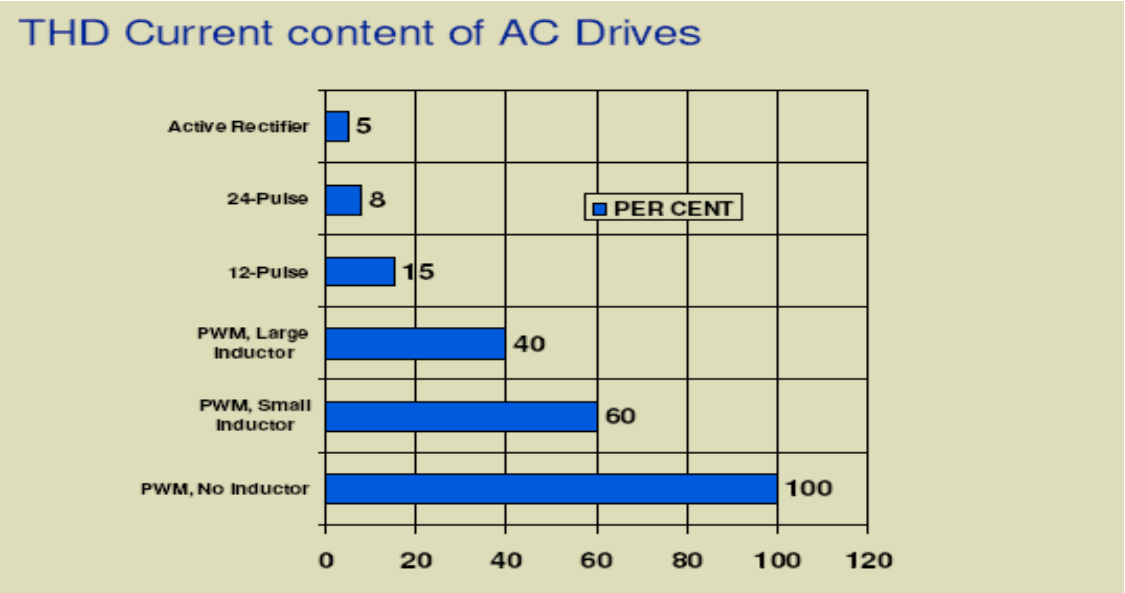


Πηγή: ABB

Σε αυτή τη λύση ο ρυθμιστής στροφών ελέγχει το ρεύμα γραμμής έτσι ώστε η κυματομορφή του να είναι σχεδόν ημιτονοειδής. Το φίλτρο γραμμής που χρησιμοποιείται έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εξασθενεί τις υψηλές αρμονικές στο επίπεδο της τάσης με σκοπό να επιτυγχάνεται πολύ χαμηλή ολική παραμόρφωση, τόσο του ρεύματος όσο και της τάσης. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα δεν είναι ευαίσθητο με ροπή προς ανισορροπία στην τάση τροφοδοσίας . γεγονός που αποτελεί ζήτημα στην περίπτωση των 18 παλμών.

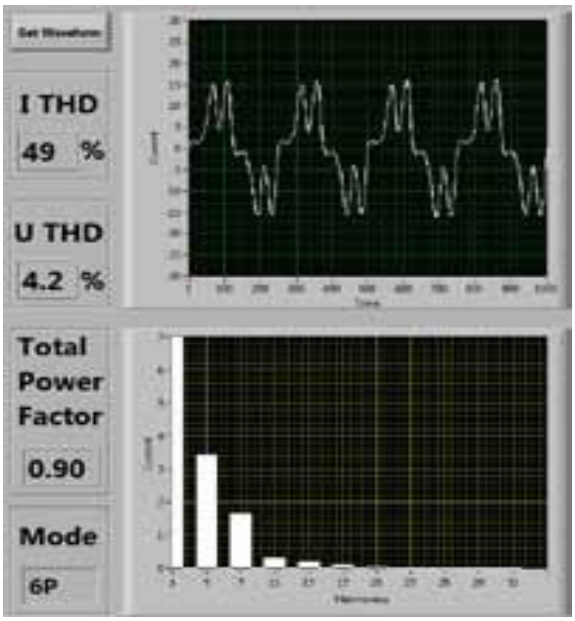
7.6 Αναμενόμενα ποσοστά αρμονικής παραμόρφωσης

Τα παρακάτω γραφήματα αναπαριστούν τα επίπεδα της αρμονικής παραμόρφωσης η οποία παράγεται από τον εκάστοτε τύπο ανόρθωσης.



Πηγή: ABB

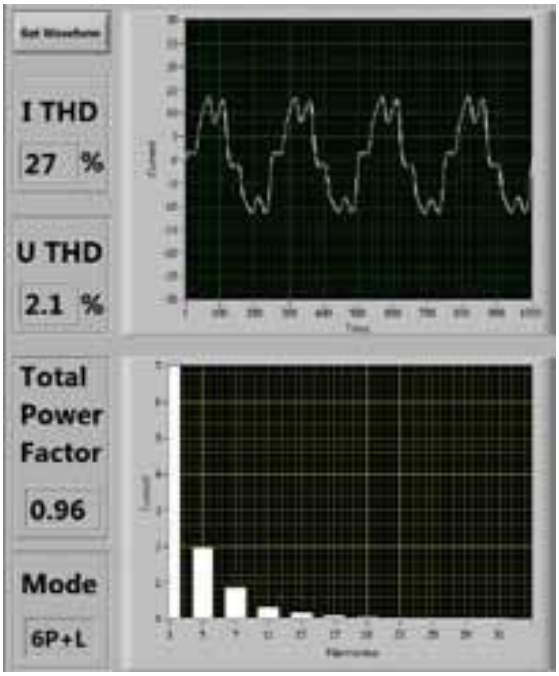
Οφείλουμε, βέβαια, σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε ότι το πραγματικό επίπεδο της αρμονικής παραμόρφωσης ποικίλει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση λόγω της διαφορετικότητας το σχεδιασμού και της διαμόρφωσης του συστήματος διανομής και των επιμέρους συνδεδεμένων εξαρτημάτων συνδεδεμένων μηχανημάτων. Ωστόσο, η σχετική διαφορά μεταξύ καθεμίας εκ των παραπάνω τύπων ανόρθωσης, που χρησιμοποιούν οι ρυθμιστές ταχύτητας, στο ίδιο σύστημα παραμένει η ίδια.



6-pulse drive, no harmonic reduction

Πηγή: ABB

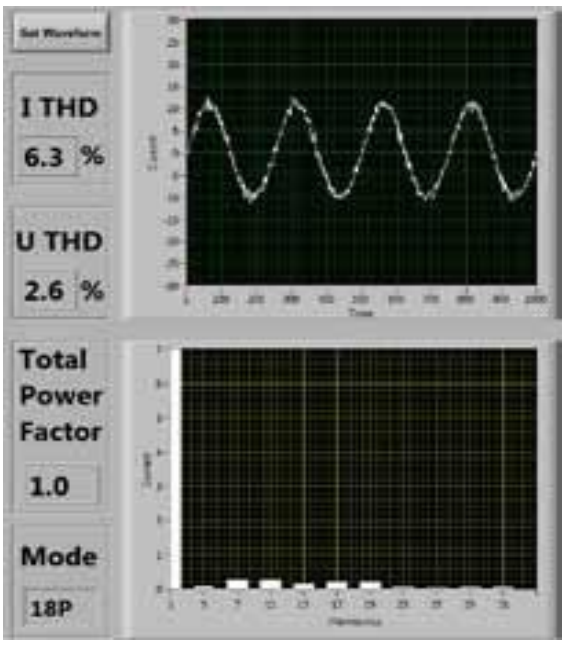
Η Ανόρθωση 6-παλμών χωρίς μείωση αρμονικών έχει δραματικές επιπτώσεις στο σύστημα διανομής ισχύος. Στην περίπτωση αυτή το επίπεδο παραμόρφωσης βρίσκεται στο 49% και ο συντελεστής ισχύος στο 0.90.



6-pulse drive with reactors

Πηγή: ABB

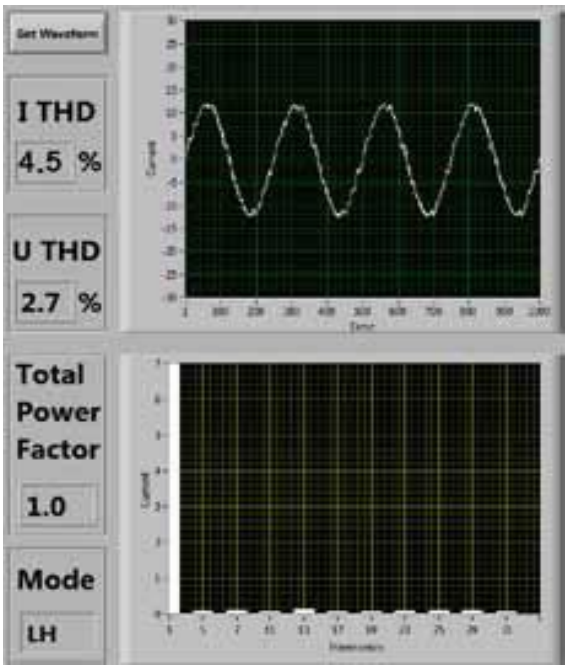
Το επίπεδο της αρμονικής παραμόρφωσης μειώνεται στο 27 % όταν προστίθενται αντιδραστήρες στην ανόρθωση 6-παλμών, αλλά εξακολουθεί να είναι σημαντικά υψηλό. Ο συντελεστής ισχύος επηρεάζεται επίσης αλλά είναι βελτιωμένος στο 0.96.



18-pulse drive

Πηγή: ABB

Η λύση των 18 παλμών προσφέρει πολύ καλή μείωση της αρμονικής παραμόρφωσης στο 6.3 % και συντελεστή ισχύος ίσο με 1 . Το πρόβλημα με αυτή τη λύση είναι το μέγεθος και το βάρος του συστήματος λόγω των ειδικών μετασχηματιστών που χρησιμοποιούνται. Επίσης, στο επίπεδο της παροχής υφίσταται το ζήτημα της ανισορροπίας των τάσεων.



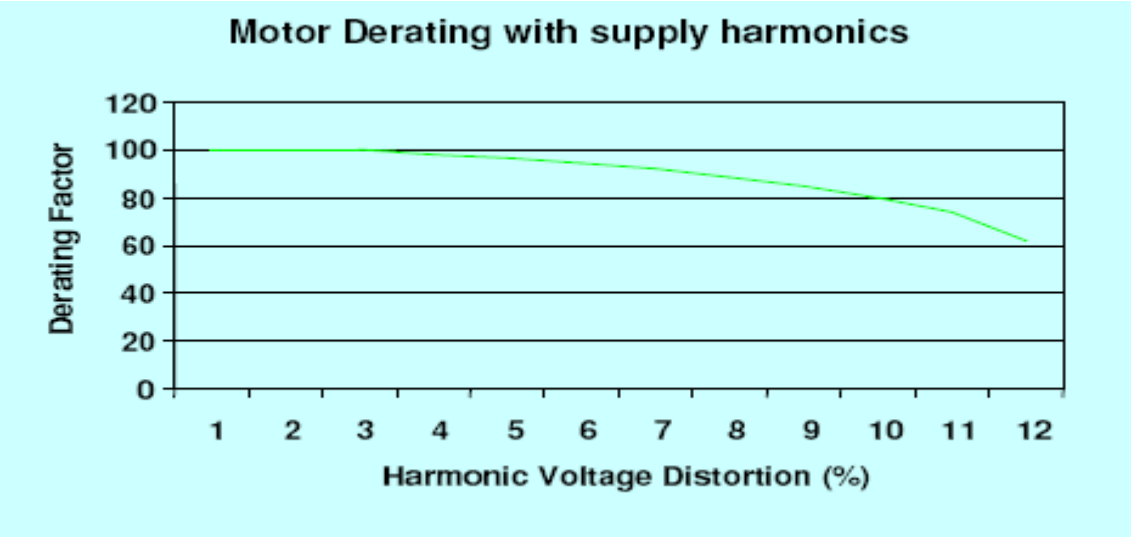
ACS800-37 Ultra-low Harmonic drive

Πηγή: ABB

Η συγκεκριμένη λύση παρέχει την καλύτερη γενική διαχείριση αρμονικής παραμόρφωσης, εν συγκρίσει με τις υπόλοιπες που αναφέρθηκαν παραπάνω, μειωμένη στο 4.5% και συντελεστή ισχύος ίσο με 1. Δεν χρειάζονται επιπλέον reactors ή μετασχηματιστές, γεγονός που την καθιστά περισσότερο ευέλικτη από τη λύση των 18-παλμών. Επιπλέον, δεν υποφέρει από ανισορροπία στο επίπεδο των τάσεων παροχής όπως η περίπτωση των 18-παλμών.

7.7 Συμπεράσματα σε όσον αφορά την αρμονική παραμόρφωση στο υπό μελέτη πλοίο.

Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψιν, η ποιότητα ισχύος στο υπό μελέτη πλοίο , σε θεωρητικό επίπεδο, και βάσει προδιαγραφών, αναμένεται να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. Η παροχή αρμονικών λόγω της λειτουργίας των ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης των Azipod , οι οποίοι έχουν και το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην παραγωγή αρμονικών, λόγω της υψηλής ονομαστικής ισχύος τους σε συνδυασμό με την ανάγκη συνεχούς μεταβολής των στροφών τους, εκτιμάται στα επίπεδο της έντασης ρεύματος στο 2,7 % , και στο επίπεδο της τάσης στο 4,5 %. Τα ποσοστά αυτά είναι ιδιαίτερα ελπιδοφόρα όσον αφορά την αποφυγή της πρόωρης ΄΄γήρανσης΄΄ των στοιχείων του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου και της μείωσης της απόδοσης (derating) των κινητήρων και των γεννητριών. Ειδικότερα, η μείωση στην απόδοση των μηχανών του υπό μελέτη πλοίου λόγω ύπαρξης αρμονικών, τοποθετείται στο ιδιαιτέρως χαμηλό 1% , εφόσον σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα της ABB για δεδομένο ποσοστό αρμονικής παραμόρφωσης τάσης 2,7 % ο παράγοντας μείωσης βρίσκεται στο 99%.



Πηγή: ABB

Κεφάλαιο 8

Επίλογος

8.1 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Κάνοντας μία γενική ανασκόπηση μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι ένα ωκεανογραφικό σκάφος το οποίο φέρει τον εξοπλισμό που επιλέξαμε και χρησιμοποιεί για την πρόωσή του την τεχνολογία της ντηζελοηλεκτρικής πρόωσης , θα μπορούσε να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις που ορίζουν οι ωκεανογραφικές έρευνες τη σημερινή εποχή και τις υπηρεσιακές ικανότητες του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει εφαλτήριο από το οποίο μπορούν να διεξαχθούν λεπτομερέστερες μελέτες ή αλλαγές σε επιμέρους τομείς έτσι ώστε να προκύψει μία περισσότερο βελτιστοποιημένη κατασκευή του υπό μελέτη σκάφους.
Κύριος στόχος ενός Ναυπηγού Μηχανολόγου Μηχανικού, όταν του ανατίθεται η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός νέου σκάφους από έναν Πλοιοκτήτη, είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεών του, μέσα σε εφικτά τεχνοοικονομικά πλαίσια. Η εργασία αυτή πραγματεύτηκε την κάλυψη των απαιτήσεων που τέθηκαν από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., μέσα από την προκαταρκτική μελέτη του σκάφους σε ενεργειακό και πιο συγκεκριμένα, ηλεκτρομηχανικό επίπεδο.
Ιδιαίτερη βαρύτητα στην πορεία της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας δόθηκε στο σχεδιασμό ενός δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας τέτοιου, ώστε το υπό μελέτη πλοίο να ανταπεξέλθει στις ανάγκες της σύγχρονης Ωκεανογραφίας, δίνοντας παράλληλα έμφαση και σε άλλα ζητήματα, όπως στην αποδοτικότητα της εκτέλεσης των ερευνητικών εργασιών, στην κάλυψη των σύγχρονων απαιτήσεων ασφαλείας των ηλεκτρικών δικτύων, στην προστασία του περιβάλλοντος, και στην εξασφάλιση ενός εργονομικού, ασφαλούς και σύγχρονου περιβάλλοντος, με εκτεταμένες ανέσεις και αξιόπιστα συστήματα για τους επιβαίνοντες, τόσο σε επίπεδο πληρώματος, όσο και σε επίπεδο επιστημονικού προσωπικού.

8.2 Συμπεράσματα

Κατά την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, που σκοπό είχε την, κατά το δυνατόν, πλήρη και αναλυτική ηλεκτρολογική μελέτη του Ωκεανογραφικού Πλοίου , καταβλήθηκε η προσπάθεια να επιτευχθούν τα παρακάτω:

-Το υπό μελέτη σκάφος έχει προβλεφθεί να χρησιμοποιεί ηλεκτροκινητήρες με σύστημα αζιμουθιακής προώθησης υπό τη μορφή των pod. Με αυτό το προωστήριο σύστημα, οδηγούμενο μέσω κατάλληλων ρυθμιστών στροφών ,ευνοείται η αυξομείωση της ταχύτητας στο πλήρες εύρος της , από, σχεδόν, 0 έως 17 κόμβους. Επιπλέον η διαδικασία ελιγμών του ερευνητικού αυτού σκάφους ευνοείται σε υπερθετικό βαθμό λόγω της, σχεδόν, πλήρους περιστροφής του συστήματος της έλικας (γωνία περιστροφής $\sim 360^{o}$) . Επιπρόσθετα, προσφέρεται ικανοποιητική λειτουργία ακόμα και σε χαμηλές ταχύτητες και μεγαλύτερη ασφάλεια στην πλοήγηση, καθώς η λειτουργία του πλοίου συνεχίζεται ανεμπόδιστα, σε περίπτωση αστοχίας μίας ηλεκτρογεννήτριας, με την ενεργοποίηση όμοιας , η οποία παρίσταται εν εφεδρεία. Τέλος, με την απουσία αξονικών συστημάτων, απομένει πολύτιμος ελεύθερος χώρος στο πλοίο για αξιοποίηση. Όλα τα παραπάνω, προσδίδουν σαφή προτερήματα στη λειτουργία του υπό μελέτη ωκεανογραφικού σκάφους.

- Καθορίστηκαν, η απαιτούμενη Ισχύς και οι προδιαγραφές, του Πρωραίου Συστήματος Ώσης (Bow Thruster), και, εν συνεχεία, επιλέχθηκε κατάλληλο.

- Σωστή διαστασιολόγηση των γεννητριών, μέσω ενός κατάλληλα διαμορφωμένου εκτεταμένου ηλεκτρικού ισολογισμού, αλλά και θεωρώντας ότι οι γεννήτριες θα πρέπει να λειτουργούν σε συγκεκριμένα όρια φόρτισης όταν πρόκειται να καλύψουν το σύνηθες 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 η επιτρεπόμενη πτώση τάσης κατά μήκους των) και των μέσων προστασίας από βραχυκυκλώματα και υπερφορτίσεις.
Υποδιαστασιολόγηση των στοιχείων των δύο προηγούμενων παραγράφων, θα μπορούσε να οδηγήσει το πλοίο σε μια κατάσταση επικίνδυνη (καταστροφή ηλεκτρικού εξοπλισμού, μη επαρκής ισχύς παροχής των ουσιωδών καταναλωτών) για την ασφάλειά του, και κατ επέκταση των επιβαινόντων. Αντιθέτως, η υπερδιαστασιολόγηση τοποθετείται μεν εκ της ασφαλούς πλευράς, αυξάνει τα ποσά των εκλυόμενων στο περιβάλλον ρύπων, τον όγκο του ηλεκτρικού εξοπλισμού στο πλοίο, το συνολικό βάρος του πλοίου, το κόστος της συνολικής εγκατάστασης, και όσον αφορά τις ηλεκτρογεννήτριες, ευθύνεται για την, σε βάθος χρόνου, ταχύτερη πτωτική πορεία του βαθμού απόδοσής τους (derating) .

- Αναλυτική περιγραφή με διευκρινιστικά σχόλια και επεξηγήσεις κατά την ηλεκτρολογική μελέτη

- Ανάλυση και, υπολογισμό απαιτούμενων προδιαγραφών και, τελικά, επιλογή συστήματος κλιματισμού, συστήματος βιολογικού καθαρισμού, εργάτη άγκυρας και ισχύος φωτισμού για το υπό μελέτη πλοίο.

- Αναλυτική εκτίμηση-πρόβλεψη αέργου ισχύος (Reactive Power) και τελική επιλογή γεννητριών οι οποίες καλύπτουν πλήρως , και με περιθώριο ισχύος περίπου στο 20 % , την φαινόμενη ισχύ (Apparent Power) του συστήματος σε κάθε κατάσταση λειτουργίας και πλεύσης.

- Αναλυτική εκτίμηση-πρόβλεψη αέργου ισχύος (Reactive Power) και τελική επιλογή γεννητριών οι οποίες καλύπτουν πλήρως , και με περιθώριο ισχύος περίπου στο 20 % , την φαινόμενη ισχύ (Apparent Power) του συστήματος σε κάθε κατάσταση λειτουργίας και πλεύσης.

- Ορθή επιλογή των ρυθμιστών στροφών των κινητήρων πρόωσης (Propulsion Motor Drives) με όσο το δυνατόν, σε θεωρητικό επίπεδο προδιαγραφών, λιγότερη παραγωγή αρμονικών παραμορφώσεων, με επιπτώσεις στην ποιότητα της ισχύος. Το ποσοστό αυτών των παραμορφώσεων , σε ονομαστικό φορτίο, εκτιμάται περί το 4,5 % και θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλό σε τέτοιου είδους υλοποιήσεις.

- Μελέτη της περίπτωσης δημιουργίας σφάλματος βραχυκύκλωσης στο ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου μέσω κατάλληλα διαμορφωμένου προγράμματος στο Microsoft Excel και, εν συνεχεία, σχεδίαση του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου στο λογισμικό Power Factory της εταιρίας DigSILENT , υπολογισμός της ροής φορτίου (Load Flow) ,εκτεταμένη ανάλυση βραχυκυκλωμάτων (Short Circuit Analysis) και σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο διαφορετικών μεθόδων.

8.3 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Με την ολοκλήρωση της εργασία, προέκυψαν τα παρακάτω θέματα τα οποία θα μπορούσαν να μελετηθούν σε μελλοντικές εργασίες:

-Λεπτομερέστερη καταγραφή και περιγραφή , με διευκρινιστικά σχόλια και επεξηγήσεις , όλων των καταναλωτών του πλοίου από τον λιγότερο έως τον περισσότερο σημαντικό και σχεδίασή του καθενός επί της κατόψεως του κατάλληλου καταστρώματος στο σχέδιο γενικής διάταξης και σε σχέδια κατόψεως του μηχανοστασίου.

-Εκτεταμένη αναλυτικότερη πρόβλεψη της αντίστασης κατά την πλεύση σε ιδιαίτερα χαμηλές ταχύτητες, επανεκτίμηση και επαναπροσδιορισμός της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης σε αυτές ,των ποσοστών λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών, και βελτιστοποιημένη σχεδίαση μιας περισσότερο αποδοτικής έλικας.

-Εκτεταμένη ανάλυση της ποιότητας ισχύος του υπό μελέτη πλοίου μέσω ιδιαίτερα λεπτομερούς σχεδίασης των ηλεκτρονικών ρυθμιστών στροφών (Propulsion and other Drives) και αναλυτικός υπολογισμός των αρμονικών παραμορφώσεων που αναμένεται να εμφανιστούν στο ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου.

-Πλήρης τεχνοοικονομική μελέτη με στόχο τον προσδιορισμό του κόστους κτίσης, εξοπλισμού και λειτουργίας του συγκεκριμένου Ωκεανογραφικού πλοίου. Σύγκρισή του με άλλα παρόμοια πλοία ως προς τις αναμενόμενες επιχειρησιακές ικανότητές του αναλογικά με τα παραπάνω κόστη και προτάσεις για περαιτέρω βελτιστοποίηση των εν λόγω.

-Μελέτη της συμπεριφοράς του συγκεκριμένου πλοίου σε κυματισμούς, και των ελικτικών ικανοτήτων του.

-Σχεδίαση ενός συστήματος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε συστοιχίες συσσωρευτών , με επιπλέον τη δυνατότητα φόρτισης αυτών μέσω φωτοβολταϊκών πάνελ ηλιακής ενέργειας, έτσι ώστε να επιτευχθεί μία σχεδόν αθόρυβη δυνατότητα λειτουργίας και πλεύσης σε χαμηλή ταχύτητα-γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη διάρκεια εκτέλεσης συγκεκριμένων ερευνητικών εργασιών.

Βιβλιογραφία

1. Χ.Α. Φραγκόπουλος και Ι. Μ. Προυσαλίδης- Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου, Αθήνα 2005
2. Κων. Φωτιάδη - Ηλεκτρικές Μηχανές ΙΙ, Αθήνα 1979
3. Ι.Π. Ιωαννίδης – Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστήριων Εγκαταστάσεων Ατμού, Αθήνα 1998
4. ABB Harmonics Solutions. (n.d.). .
5. ABB Onboard DCGrid Technical-Information. (n.d.). ABB.
6. Azipod® Propulsion Azimuthing Electric Propulsion Drive. (n.d.). ABB.
7. Bergh, L. and Helldén, U. (2007). Electrical systems in pod propulsion. Electric Power Engineering.
8. Davey, K. and Hebner, R. (2006). POWER GRID FOR A NAVAL ELECTRIC SHIP. AC VERSUS DC.
9. Desai-Patil, V., Ayare, A., Mahajan, B. and Bade, S. (2015). A Review of Azimuth Thruster. International Journal of Mechanical Engineering, 2(10), pp.38-41.
10. Diesel-electric Propulsion Plants A brief guideline how to engineer a diesel-electric propulsion system. (n.d.). MAN.
11. Energy Efficiency Guide. (n.d.). ABB.
12. Hänninen, S., Sallinen, A. and Uuskallio, A. (2008). Designing Electric Propulsion and Azipod® Systems in Icebreaking Vessels.
13. Kobylinski, L. (2013). PROBLEMS OF HANDLING SHIPS EQUIPPED WITH AZIPOD PROPULSION SYSTEMS.
14. Noble, P. (2009). Past and Present Use of Electric Ships in the Energy Industry.
15. Prenc, R., Cuculić, A. and Baumgartner, I. (2016). Advantages of using a DC power system on board ship.
16. Siemens Electric Propulsion. (2010). Siemens.
17. Babicz, J. (2015). In: Encyclopedia of Ship Technology, 2nd ed. Helsinki: WARTSILA.
18. Faulkner, R. (2013). AC vs. DC Powerlines and the Electrical Grid. TheEnergyCollective.
19. Simmonds, O. (2014). DC: Is it the alternative choice for naval power distribution?. Journal of Marine Engineering & Technology, [online] 13(3), pp.37-43. Available at: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20464177.2014.11658120 [Accessed 11 Feb. 2017].
20. Sofras, E. (2015). CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF A DESIGN METHODOLOGY OF A POWER SYSTEM OF A SHIP WITH ELECTRIC PROPULSION, WITH EMPHASIS ON THE INVESTIGATION OF RELATED POWER SUPPLY QUALITY PROBLEMS.
21. van den Boom, H., van der Hout, I. and Flikkema, M. (n.d.). Speed-Power Performance of Ships during Trials and in Service.
22. Πολίτης, Γ. (2016). Αντίσταση και Πρόωση Πλοίου. 3rd ed. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.
23. Προυσαλίδης,, Ι., Χατζηλάου, Ι., Στυβακτάκης, Ε., Κανέλλος, Φ., Χατζηαργυρίου, Ν., Φραγκόπουλος, Χ. and Σοφράς, Η. (2006). ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΟΩΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ

ΠΛΗΡΩΣ ΕΞΗΛΕΚΤΡΙΣΜΕΝΟ ΠΛΟΙΟ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.

24. Χατζηλάου, Ι., Προυσαλίδης, Ι., Αντωνόπουλος, Γ., Γύπαρης, Ι. and Βαλλιανάτος, Π. (2006). ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΟΩΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣ ΕΞΗΛΕΚΤΡΙΣΜΕΝΟ ΠΛΟΙΟ.
25. Μητρονίκας, Ε., Παπαδόπουλος, Π., Σιαφάκας, Α., Λαδακάκος, Π. and Ιωαννίδου, Μ. (2017). ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ.
26. Γιάνναρος, Γ. (2014). Σύγκριση υβριδικής ντηζελοηλεκτρικής πρόωσης και συμβατικής πρόωσης σε επιβατηγό πλοίο μέσω παραμετροποιημένων μοντέλων.
27. Θίμο, Ά. (2013). Πλήρης ηλεκτρολογική μελέτη ενός πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην, ενός δεξαμενόπλοιου και ενός γενικευμένου τύπου πλοίου.
28. Καψάλη Τριαντάφυλλη, Α. (2016). Μελέτη και Σχεδίαση Ωκεανογραφικού Σκάφους Ανοιχτής Θαλάσσης.
29. Κυρτάτος, Ν. (2007). Βασικές Αρχές Πρόωσης Πλοίων.
30. Πανταζόπουλος, Γ. (2016). Μελέτη Βραχυκυκλωμάτων σε Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας Πλοίων με Χρήση του PowerFactory.
31. Πίτσιος, Δ. (2016). Μελέτη ηλεκτρικών δικτύων πλωτών κατασκευών σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας με χρήση του PowerFactory.
32. ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΜΟΣ Α'. (n.d.). ΑΘΗΝΑ: Ίδρυμα Ευγενίδου.
33. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ. (n.d.). Thessaloniki: SEMAN sa.
34. Τσιόλας, Π. (2012). ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΕΩΣ.
35. Ωκεανογραφια. (n.d.).
36. Λεοντάρης, Σ. Ν. (1995). *Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία. Έμφαση στην Γεωλογική Ωκεανογραφία.
37. Βλαχάκης, Γ. (1999). *Η Ωκεανογραφία στην Ελλάδα, 18ος - 20ος αιώνας*. Εκδόσεις Ίων. ISBN 960-405-961-0.
38. Σακελαρίδου, Φ. Λ. (2007). *Ωκεανογραφία*. Αθήνα: Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης. ISBN 978-960-351-695-8. Έμφαση στην Χημική Ωκεανογραφία.

1. **ABB Marine -** http://www.abb.com
2. **YANMAR** - http://www.yanmarmarine.eu
3. **STADT** - http://www.stadt.no
4. **Society of Naval Architecture and Marine Enigineering** - http://www.sname.org
5. **National Technical University of Athens - Naval Architecture and Marine Engineering** - http://www.naval.ntua.gr
6. **Wikipedia** - http://www.el.wikipedia.org
7. **Waterlabs**- http://www.waterlabs.gr
8. **Intarcon Refrigeration** - http://www.intarcon.com
9. **Schneider** - http://www.schneider.com
10. **Schottel** - http://www.schottel.com
11. **Pacificmarine** - http://www.pacificmarine.net
12. **Ship Journal**- http**://www.**shipjournal.co
13. **Engineering Toolbox** - http://www.engineeringtoolbox.com
14. **DMW Marine Group** - http://www.dmwmarinegroup.com
15. **Rules and Regulations- Hellenic Register of Shipping** - http://www.hrs.gr
16. **Rolls Royce Marine**- http://www.rolls-royce.com
17. **WARTSILA** - http://www.wartsila.com
18. **Power System Analysis and Engineering – DigSILENT Germany** - http://www.digsilent.de
19. **Siemens** - http://www.industry.siemens.com
20. **IMCA cranes** - http://www.imca-int.com
21. **MacGregor**- http://www.macgregor.com
22. **Cargotec** - http://www.cargotec.com
23. **CAT**- http://www.cat.com
24. **Fulgor Electric Cables-CABLEL Ελληνικά Καλώδια** - http://www.cablel.com
25. **Sea Bird Electronics** - http://www.seabird.com/
26. **MAN Marine GenSets** - https://marine.man.eu/gensets/marine-gensets
27. **Hellenic Centre for Marine Research** - http://www.hcmr.gr/

Λογισμικά Ηλεκτρονικού Υπολογιστή

1. **Autodesk Inc.** - AutoCAD 2016
2. **DigSILENT** – Power Factory versions 15.1 and 15.2

Ορισμοί, σύμβολα, δείκτες και εκθέτες

Οι παρακάτω ορισμοί και τα αντίστοιχα σύμβολα, τα οποία περιέχονται στο πρότυπο IEC 61363-1, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την μελέτη βραχυκυκλωμάτων του υπό μελέτη πλοίου:

Ορισμοί

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]

ρεύμα βραχυκύκλωσης: υπερένταση που προκύπτει από ένα βραχυκύκλωμα λόγω ενός σφάλματος ή μιας λάθους σύνδεσης σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. . [IEV 441-11-07]

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]

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)

αρχικό συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης Ik΄΄: 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)

υπομεταβατικό ρεύμα βραχυκύκλωσης Ikd΄΄ 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.

μεταβατικό ρεύμα βραχυκύκλωσης Ikd΄ 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.

ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης Ikd 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.

απεριοδική (Σ.Ρ.) συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης idc : 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 Α στο μηδέν σύμφωνα με το σχήμα 4.2.

κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ip: μέγιστη πιθανή στιγμιαία τιμή του αναμενόμενου (διαθέσιμου) ρεύματος βραχυκύκλωσης (βλέπε σχήμα 4.2 και 3.8 από IEC 60909). 76

υπομεταβατική χρονική σταθερά βραχυκύκλωσης ευθέος άξονα Td΄΄: ο χρόνος που απαιτείται ώστε η ταχέος 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]

υπομεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέος άξονα Tdo΄΄: ο χρόνος που απαιτείται ώστε η ταχέος 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]

μεταβατική χρονική σταθερά βραχυκύκλωσης ευθέος άξονα Td΄: 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]

μεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος ευθέος άξονα Tdo΄: 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]

χρονική σταθερά Σ.Ρ. Tdc: 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).

υπομεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα Xd΄΄(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] 77

μεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα Xd΄(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 και τις συνιστώσες ταχείας απόσβεσης κατά τους πρώτους κύκλους να αποκλείονται. [IEV 411-50-09,modified]

αντίδραση ευθέος άξονα Xd: το πηλίκο της τιμής μόνιμης κατάστασης της βασικής Ε.Ρ. 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.

αντίσταση στάτη γεννήτριας Ra: αντίσταση στάτη μιας σύγχρονης μηχανής, μετρημένη σε Σ.Ρ. ρεύμα.

σύνθετη αντίσταση βραχυκύκλωσης Z: το πηλίκο της ημιτονοειδούς τάσης ανά φάση σε ένα συμμετρικό Ε.Ρ. δίκτυο προς την ίδιας συχνότητας συνιστώσα ρεύματος βραχυκύκλωσης του δικτύου.

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]

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

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.

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.

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]. 78

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].

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.

Σύμβολα

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.

φ	Γωνία φάσης
Eq΄΄ , Eq΄	Υπομεταβατική και μεταβατική τάση εγκάρσιου q-άξονα γεννήτριας (r.m.s.)
EM΄΄	Υπομεταβατική τάση κινητήρα (r.m.s.)
F	Συχνότητα
fr	Συχνότητα λειτουργίας του δικτύου
IM ΄΄	Υπομεταβατικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα (r.m.s.)
Ikd΄΄, Ikd΄	Υπομεταβατικό και μεταβατικό αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής (r.m.s.)
I	Ρεύμα (r.m.s.)
Iac	Ε.Ρ. συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής (r.m.s.)
IacM	Συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα (r.m.s.)
idc	Σ.Ρ. συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής
idcM	Σ.Ρ. συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα
ik	Άνω περιβάλλουσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης
Ikd	Ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης σύγχρονης μηχανής (r.m.s.)
iM	Άνω περιβάλλουσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης ασύγχρονου κινητήρα
ip , ipM	Κρουστική τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σύγχρονης μηχανής και ασύγχρονου κινητήρα
Ir	Ρεύμα λειτουργίας (r.m.s.)
LC	Αυτεπαγωγή καλωδίων
PCu	Απώλειες χαλκού του μετασχηματιστή στη συχνότητα λειτουργίας
R	Αντίσταση
Ra	Αντίσταση στάτη σύγχρονης μηχανής
RC	Αντίσταση καλωδίου

Rdc	Αντίσταση Σ.Ρ.
RM	Αντίσταση ασύγχρονου κινητήρα
RR	Αντίσταση δρομέα (ρότορα) ασύγχρονου κινητήρα
RS	Αντίσταση στάτη ασύγχρονου κινητήρα
RT	Αντίσταση μετασχηματιστή
SrT	Ισχύς λειτουργίας μετασχηματιστή
t	Χρονική διάρκεια από την έναρξη του βραχυκυκλώματος
tr	Λόγος μετασχηματισμού
Td΄΄ , Td΄	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής
Tdo΄΄ , Tdo΄	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά ανοιχτού κυκλώματος σύγχρονης μηχανής
Te΄΄, Te΄	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής συμπεριλαμβάνοντας τα παθητικά στοιχεία
TM΄΄	Υπομεταβατική και μεταβατική χρονική σταθερά ασύγχρονου κινητήρα
TMe΄΄	Υπομεταβατική χρονική σταθερά ισοδύναμου κινητήρα συμπεριλαμβάνοντας τα καλώδια σύνδεσης
Tdc	Σ.Ρ. χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής
Tdce	Σ.Ρ. χρονική σταθερά σύγχρονης μηχανής συμπεριλαμβάνοντας τα παθητικά στοιχεία
TdcM	Σ.Ρ. χρονική σταθερά ασύγχρονου κινητήρα
TdcMe	Σ.Ρ. χρονική σταθερά ασύγχρονου κινητήρα συμπεριλαμβάνοντας τα καλώδια σύνδεσης
Uo	Τάση πριν το σφάλμα (πολική)
Un	Ονομαστική τάση (πολική)
Ur	Τάση λειτουργίας (πολική)
urk	Τάση βραχυκύκλωσης μετασχηματιστή
UrM	Τάση λειτουργίας κινητήρα
urR	Ωμική πτώση τάσεως μετασχηματιστή
ωr	2πfr

X	Επαγωγική αντίδραση
Xd΄΄, Xd΄	Υπομεταβατική και μεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα σύγχρονης μηχανής
XM΄΄	Υπομεταβατική αντίδραση ασύγχρονου κινητήρα
XMe΄΄	Υπομεταβατική αντίδραση ασύγχρονου κινητήρα συμπεριλαμβάνοντας τα καλώδια σύνδεσης
Xd	Αντίδραση σύγχρονης μηχανής ευθέος άξονα
XR, XS	Επαγωγική αντίδραση στάτη και δρομέα ασύγχρονου κινητήρα
XT	Επαγωγική αντίδραση μετασχηματιστή
Z	Σύνθετη αντίσταση
Zd΄΄, Zd΄	Υπομεταβατική και μεταβατική σύνθετη αντίδραση σύγχρονης μηχανής
Ze΄΄, Ze΄	Υπομεταβατική και μεταβατική σύνθετη αντίδραση σύγχρονης μηχανής συμπεριλαμβάνοντας και τα παθητικά στοιχεία
ZM΄΄	Υπομεταβατική σύνθετη αντίσταση ασύγχρονου κινητήρα
ZT	Σύνθετη αντίσταση μετασχηματιστή

Δείκτες

0	Συνθήκες λειτουργίας πριν το σφάλμα
ac	Εναλλασσόμενο ρεύμα
C	Καλώδιο
d	Ευθύς άξονας
dc	Συνεχές ρεύμα
e	Τιμή που συμπεριλαμβάνει παθητικά στοιχεία (εξωτερικά)
E, I, U	Φασιθέτες τωνE,IU
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
Z	Μιγαδική σύνθετη αντίσταση

ΕΝΘΕΤΑ ΔΙΑΓΡΆΜΜΑΤΑ

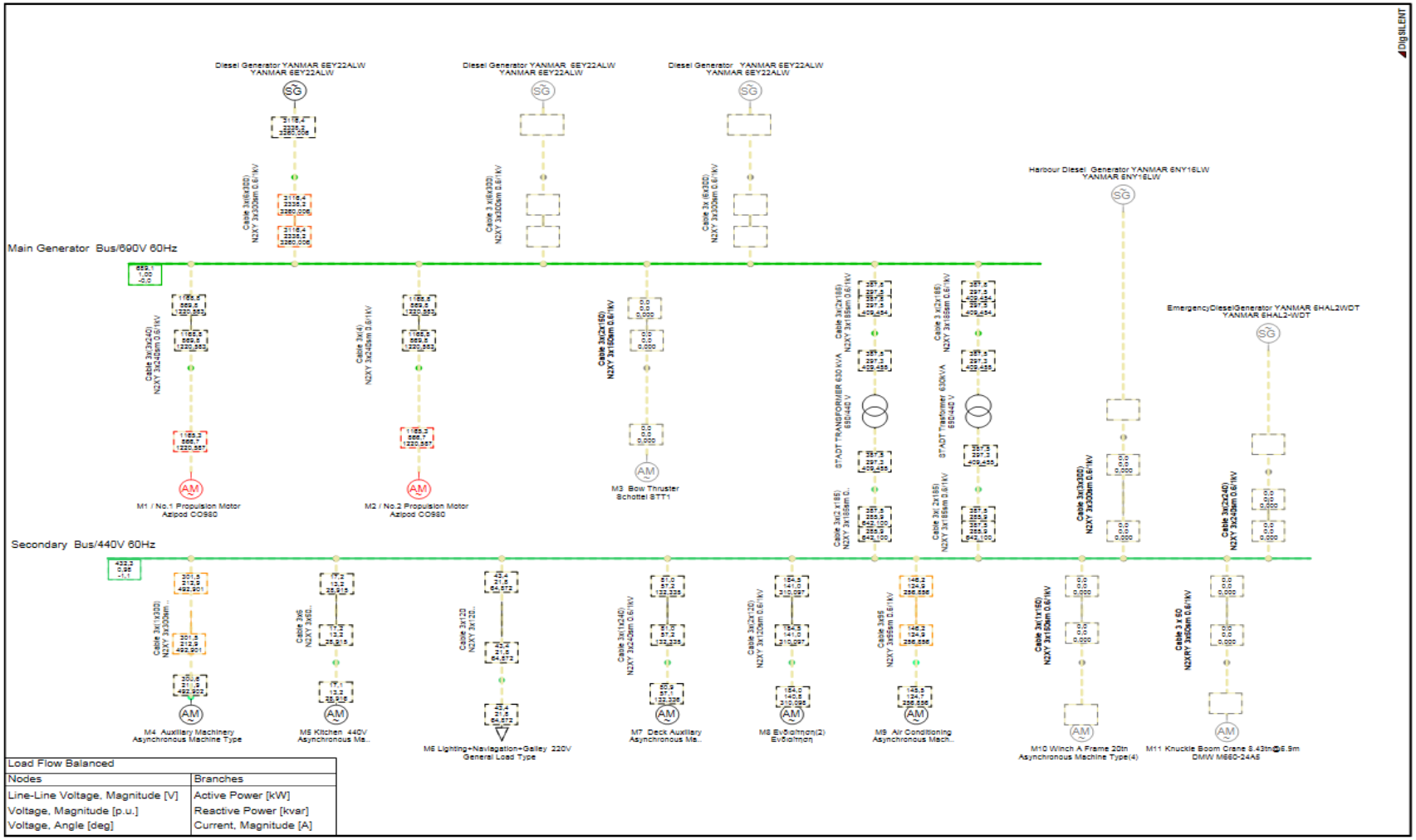
Μονογραμμικό Διάγραμμα του ηλεκτρικού δικτύου του υπό μελέτη Ωκεανογραφικού Πλοίου σχεδιασμένο στο λογισμικό DigSILENT Power Factory v15.2. στο οποίο αποτυπώνεται η Ροή Φορτίου και Ανάλυση Ρευμάτων Βραχυκυκλώματος (Short Circuit Analysis) κατά το πρότυπο IEC-61363.

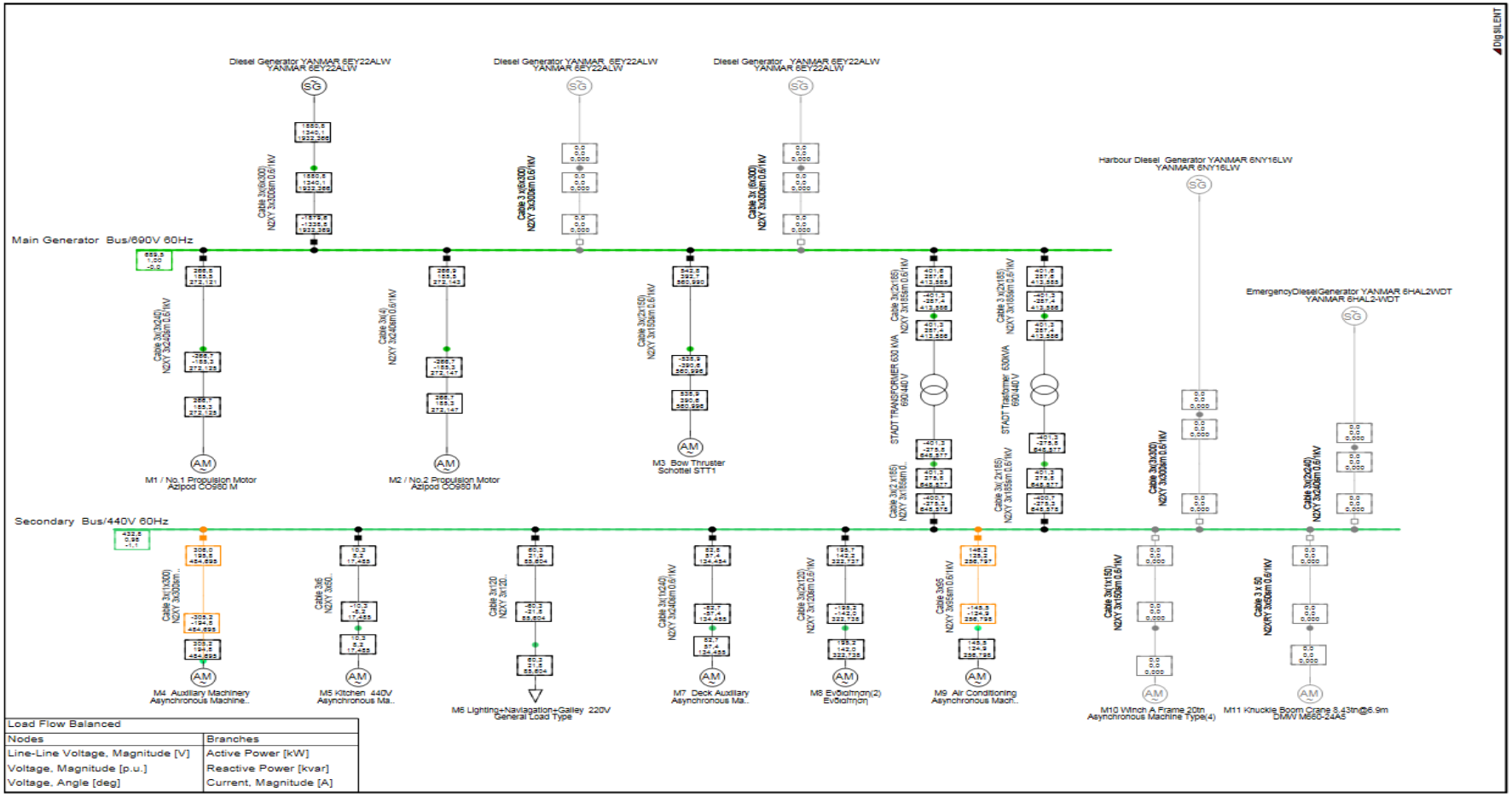
Σημειώνεται ότι, τα μεγέθη που εμφανίζονται στη ροή φορτίου σε είναι , αντιστοίχως με σειρά από πάνω προς τα κάτω :

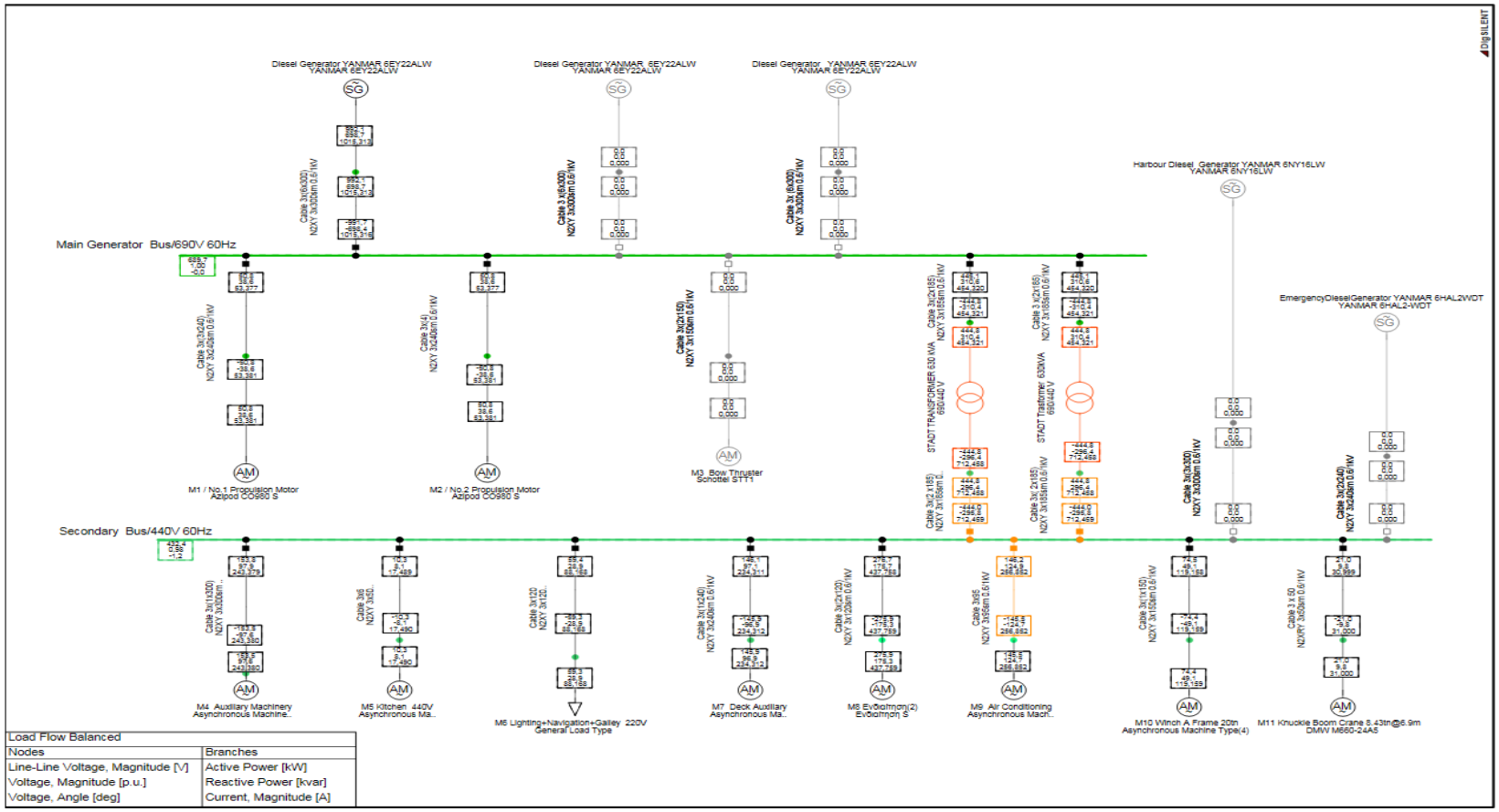
-Η ενεργός Ισχύς σε kW

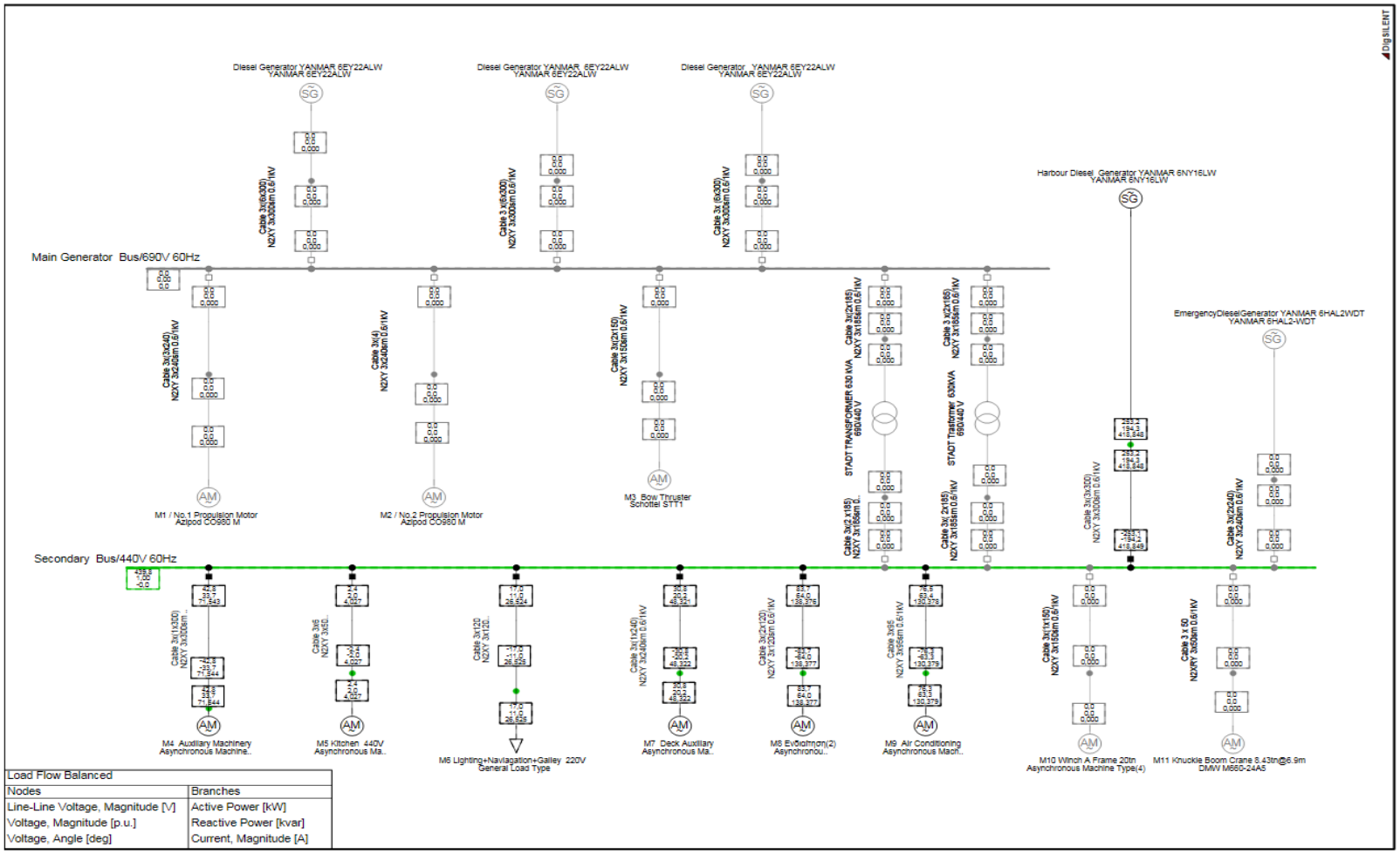
-Η Άεργος Ισχύς σε kVAr

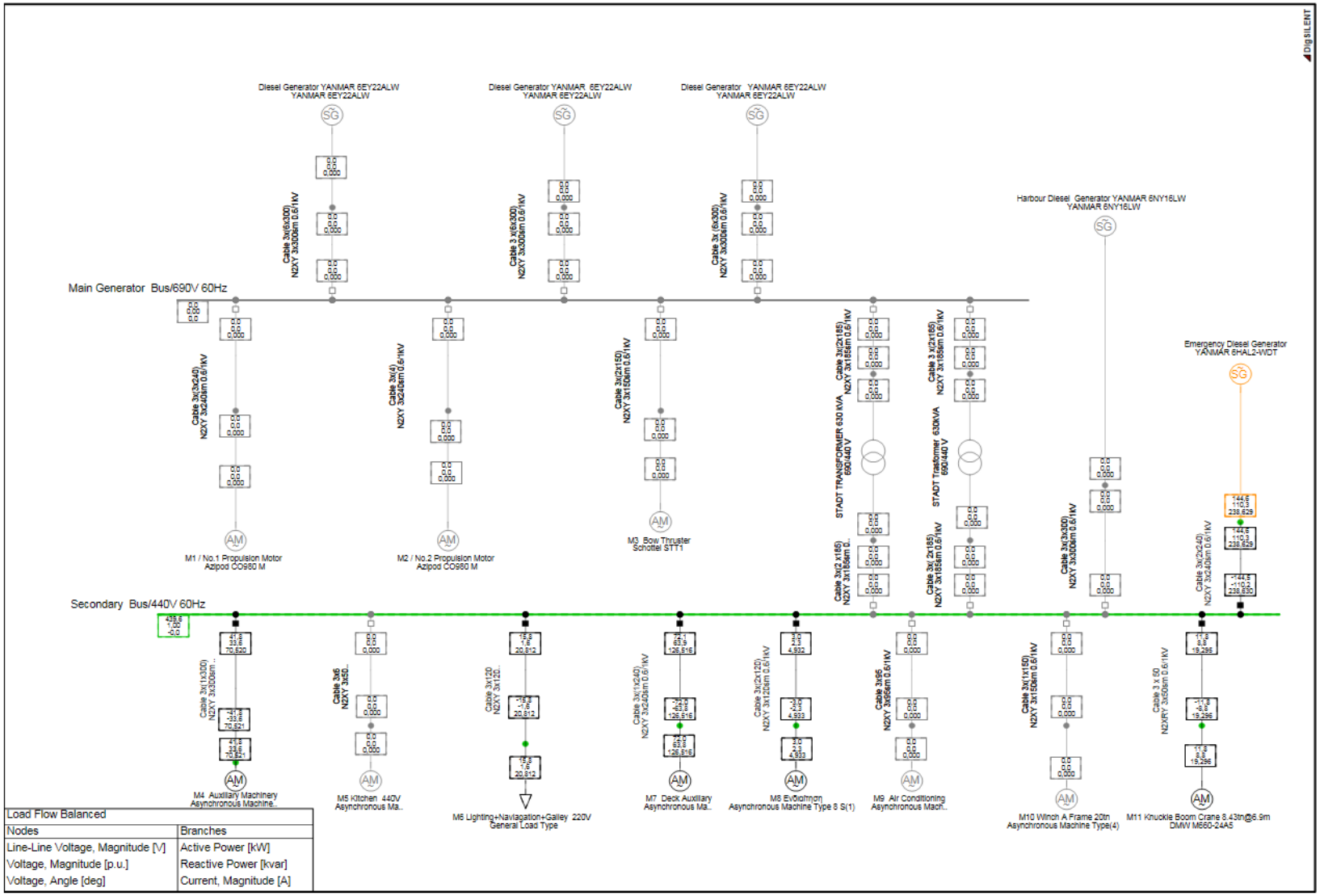
-Η Ένταση του Ρεύματος Λειτουργίας σε Α.


DIgSILENT
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Harbour Diesel Generator YANMAR 6NY16LW
YANMAR 6NY16LW
EmergencyDieselGenerator YANMAR 6HAL2WDT
YANMAR 6HAL2-WDT
Main Generator Bus/690V 60Hz
Secondary Bus/440V 60Hz
M1 / No.1 Propulsion Motor
Azipod CO980
M2 / No.2 Propulsion Motor
Azipod CO980
M3 Bow Thruster
Schottel STT1
M4 Auxiliary Machinery
Asynchronous Machine Type
M5 Kitchen 440V
Asynchronous Ma..
M6 Lighting+Navigation+Galley 220V
General Load Type
M7 Deck Auxiliary
Asynchronous Ma..
M8 Ev5olnnon(2)
Ev5olnnon
M9 Air Conditioning
Asynchronous Mach..
M10 Winch A Frame 20tn
Asynchronous Machine Type(4)
M11 Knuckle Boom Crane 8.43tn@6.9m
DMW M660-24AS
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [V]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Voltage, Angle [deg]
Branches
Active Power [kW]
Reactive Power [kvar]
Current, Magnitude [A]

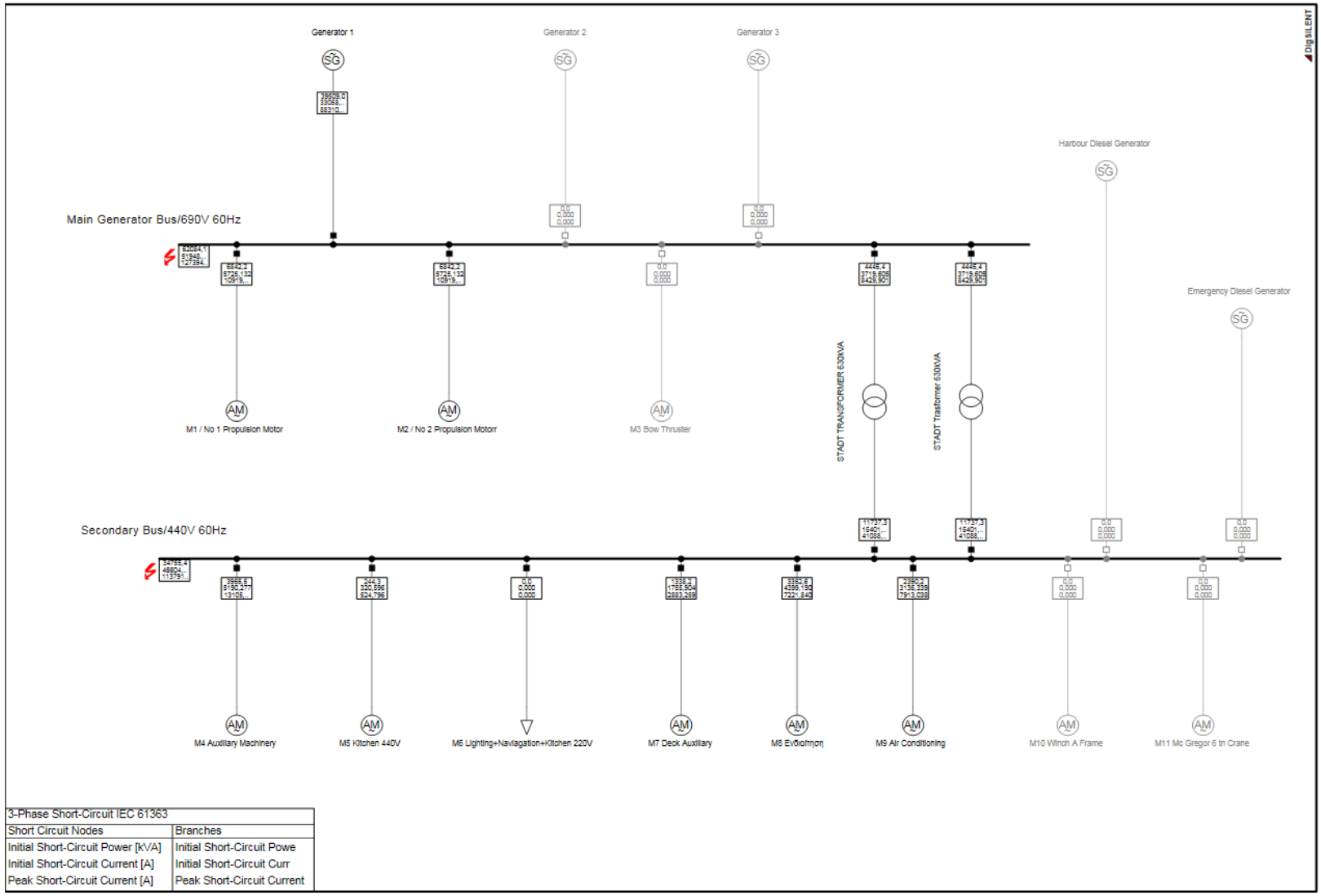

DigSILENT
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Harbour Diesel Generator YANMAR 6NY16LW
YANMAR 6NY16LW
EmergencyDieselGenerator YANMAR 6HAL2WDT
YANMAR 6HAL2-WDT
Main Generator Bus/690V 60Hz
Secondary Bus/440V 60Hz
Cable 3x(6x300) N2XY 3x300m 0.6/1kV
Cable 3x(6x300) N2XY 3x300m 0.6/1kV
Cable 3x(6x300) N2XY 3x300m 0.6/1kV
Cable 3x(3x240) N2XY 3x240m 0.6/1kV
Cable 3x(4) N2XY 3x240m 0.6/1kV
Cable 3x(2x150) N2XY 3x150m 0.6/1kV
Cable 3x(2x185) N2XY 3x185m 0.6/1kV
Cable 3x(2x185) N2XY 3x185m 0.6/1kV
STADT TRANSFORMER 630 kVA 690/440 V
STADT Trafotrmr 630kVA 690/440V
Cable 3x(2x185) N2XY 3x185m 0.6/1kV
Cable 3x(2x185) N2XY 3x185m 0.6/1kV
Cable 3x(3x300) N2XY 3x300m 0.6/1kV
Cable 3x(2x240) N2XY 3x240m 0.6/1kV
Cable 3x(1x300) N2XY 3x300m...
Cable 3x6 N2XY 3x60...
Cable 3x120 N2XY 3x120...
Cable 3x(1x240) N2XY 3x240m 0.6/1kV
Cable 3x(2x150) N2XY 3x150m 0.6/1kV
Cable 3x95 N2XY 3x95m 0.6/1kV
Cable 3x(1x185) N2XY 3x185m 0.6/1kV
Cable 3 x 50 N2XRY 3x50mm 0.6/1kV
M1 / No.1 Propulsion Motor Azipod CO980 M
M2 / No.2 Propulsion Motor Azipod CO980 M
M3 Bow Thruster Schottel STT1
M4 Auxiliary Machinery Asynchronous Machine..
M5 Kitchen 440V Asynchronous Ma..
M6 Lighting+Navigation+Galley 220V General Load Type
M7 Deck Auxiliary Asynchronous Ma..
M8 Evdiahmqnv(2) Evdiahmqnv
M9 Air Conditioning Asynchronous Machi..
M10 Winch A Frame 20tn Asynchronous Machine Type(4)
M11 Knuckle Boom Crane 8.43tn@6.9m DMW M660-24A5
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [V]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Voltage, Angle [deg]
Branches
Active Power [kW]
Reactive Power [kvar]
Current, Magnitude [A]


DIgSILENT
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Harbour Diesel Generator YANMAR 6NY16LW
YANMAR 6NY16LW
EmergencyDieselGenerator YANMAR 6HAL2WDT
YANMAR 6HAL2-WDT
Main Generator Bus/690V 60Hz
Secondary Bus/440V 60Hz
Cable 3x(6x300)
N2XY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(6x300)
N2XY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(6x300)
N2XY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(3x240)
N2XY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(4)
N2XY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x185)
N2XY 3x185sm 0.6/1kV
STADT TRANSFORMER 630 MVA
690/440 V
Cable 3x(2x185)
N2XY 3x185sm 0.6/1kV
STADT Trasformer 630kVA
690/440 V
Cable 3x(2x185)
N2XY 3x185sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x185)
N2XY 3x185sm 0.6/1kV
Cable 3x(3x300)
N2XY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x240)
N2XY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(1x300)
N2XY 3x300sm..
Cable 3x6
N2XY 3x60..
Cable 3x(1x120)
N2XY 3x120..
Cable 3x(1x240)
N2XY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x120)
N2XY 3x120sm 0.6/1kV
Cable 3x95
N2XY 3x95sm 0.6/1kV
Cable 3x(1x150)
N2XY 3x150sm 0.6/1kV
Cable 3 x 50
N2XY 3x50sm 0.6/1kV
M1 / No.1 Propulsion Motor
Azipod CO980 S
M2 / No.2 Propulsion Motor
Azipod CO980 S
M3 Bow Thruster
Schottel ST11
M4 Auxiliary Machinery
Asynchronous Machine..
M5 Kitchen 440V
Asynchronous Ma..
M6 Lighting+Navigation+Galley 220V
General Load Type
M7 Deck Auxiliary
Asynchronous Ma..
M8 Evaporator(2)
Evaporator S
M9 Air Conditioning
Asynchronous Mach..
M10 Winch A Frame 20tn
Asynchronous Machine Type(4)
M11 Knuckle Boom Crane 8.43tn@6.9m
DMW M660-24A5
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [V]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Voltage, Angle [deg]
Branches
Active Power [kW]
Reactive Power [kvar]
Current, Magnitude [A]


DigSILENT
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Harbour Diesel Generator YANMAR 6NY16LW
YANMAR 6NY16LW
EmergencyDieselGenerator YANMAR 6HAL2WDT
YANMAR 6HAL2-WDT
Main Generator Bus/690V 60Hz
Secondary Bus/440V 60Hz
Cable 3x(6x300) NZXY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(6x300) NZXY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x (6x300) NZXY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(3x240) NZXY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(4) NZXY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x150) NZXY 3x150sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x185) NZXY 3x185sm 0.6/1kV
Cable 3 x(2x185) NZXY 3x185sm 0.6/1kV
STADT TRANSFORMER 630 kVA 690/440 V
STADT Trasformer 630kVA 690/440 V
Cable 3x(2 x185) NZXY 3x185sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x185) NZXY 3x185sm 0.6/1kV
Cable 3x(3x300) NZXY 3x300sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x240) NZXY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(1x300) NZXY 3x300sm ...
Cable 3x5 NZXY 3x50...
Cable 3x(1x120) NZXY 3x120...
Cable 3x(1x240) NZXY 3x240sm 0.6/1kV
Cable 3x(2x120) NZXY 3x120sm 0.6/1kV
Cable 3x95 NZXY 3x95sm 0.6/1kV
Cable 3x(1x185) NZXY 3x185sm 0.6/1kV
Cable 3 x 50 NZXY 3x50sm 0.6/1kV
M1 / No.1 Propulsion Motor Azipod CO980 M
M2 / No.2 Propulsion Motor Azipod CO980 M
M3_Bow Thruster Schottel STT1
M4_Auxiliary Machinery Asynchronous Machine..
M5 Kitchen 440V Asynchronous Ma..
M6 Lighting+Navigation+Galley 220V General Load Type
M7_Deck Auxiliary Asynchronous Ma..
M8 Ev6ialnnon(2) Asynchronou..
M9_Air Conditioning Asynchronous Machi..
M10 Winch A Frame 20tn Asynchronous Machine Type(4)
M11 Knuckle Boom Crane 8.43tn@6.9m DMW M660-24A5
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [V]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Voltage, Angle [deg]
Branches
Active Power [kW]
Reactive Power [kvar]
Current, Magnitude [A]



Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Diesel Generator YANMAR 6EY22ALW
YANMAR 6EY22ALW
Harbour Diesel Generator YANMAR 6NY16LW
YANMAR 6NY16LW
Emergency Diesel Generator
YANMAR 6HAL2-WDT
Main Generator Bus/690V 60Hz
Secondary Bus/440V 60Hz
M1 / No.1 Propulsion Motor
Azipod CO980 M
M2 / No.2 Propulsion Motor
Azipod CO980 M
M3 Bow Thruster
Schottel STT1
STADT TRANSFORMER 630 KVA
690/440 V
STADT Trasformer 630KVA
690/440 V
M4 Auxiliary Machinery
Asynchronous Machine..
M5 Kitchen 440V
Asynchronous Ma..
M6 Lighting+Navigation+Galley 220V
General Load Type
M7 Deck Auxiliary
Asynchronous Ma..
M8 Ενδιαίτηση
Asynchronous Machine Type 8 S(1)
M9 Air Conditioning
Asynchronous Mach..
M10 Winch A Frame 20tn
Asynchronous Machine Type(4)
M11 Knuckle Boom Crane 8.43tn@6.9m
DMW M660-24A5
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [V]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Voltage, Angle [deg]
Branches
Active Power [kW]
Reactive Power [kvar]
Current, Magnitude [A]



3-Phase Short-Circuit IEC 61363	
Short Circuit Nodes	Branches
Initial Short-Circuit Power [kVA]	Initial Short-Circuit Powe
Initial Short-Circuit Current [A]	Initial Short-Circuit Curr
Peak Short-Circuit Current [A]	Peak Short-Circuit Current