



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΣΕ ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΚΑ ΣΚΑΦΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαργαρίτης Χ. Αποστολίδης

Επιβλέπων : Μαρία-Παρασκευή Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΣΕ ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΚΑ ΣΚΑΦΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαργαρίτης Χ. Αποστολίδης

Επιβλέπων : Μαρία-Παρασκευή Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5^η Ιουλίου 2013

.....
Μαρία-Παρασκευή Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....
Νικόλαος Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2013

.....
Μαργαρίτης Χ. Αποστολίδης

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

Copyright © Μαργαρίτης Αποστολίδης 2013.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής αυτονομίας των ιστιοπλοϊκών σκαφών με απόρροια την ανάδειξη τους ως των πλέον ενεργειακά βιώσιμων μέσων μεταφοράς δια θαλάσσης αλλά και εναλλακτικής κατοικίας. Το κύριο μέσο επίτευξης του παραπάνω σκοπού είναι η παρουσίαση της εγκατάστασης ενός υβριδικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας στους χώρους του σκάφους. Το υβριδικό σύστημα αποτελείται από φωτοβολταϊκό και αιολικό σύστημα σε συνδυασμό με πετρελαιοκινητήρα, που τροφοδοτούν συστοιχία συσσωρευτών. Ακόμη σε δεύτερο στάδιο, παρουσιάζεται η πλήρης αντικατάσταση του πετρελαιοκινητήρα με ηλεκτροκινητήρα αντίστοιχης κλάσης και εφεδρική πετρελαιογεννήτρια. Η μελέτη της εγκατάστασης γίνεται σε σκάφος μήκους 11,55 μέτρων (37.9 feet). Παρ' όλα αυτά παρέχεται η γενική τεχνική υπολογισμού σε σκάφη όλων των μηκών.

Λέξεις Κλειδιά

Ιστιοπλοϊκό σκάφος, Ηλιακή ενέργεια, Αιολική ενέργεια, Υβριδικό σύστημα, Φωτοβολταϊκά πλαίσια, Ανεμογεννήτρια, Συσσωρευτές, Αντιστροφέας DC/AC, Ελεγκτής Φόρτισης, Ηλεκτροκινητήρας, Κινητήρας Diesel, Γεννήτρια Diesel

Abstract

The purpose of the current diploma thesis is the improvement of the energy autonomy of sailing boats, setting them by this way at the top of the sustainability not only as far as the naval means of transport are concerned but also the alternative housing. The main means of achieving this goal is the presentation of the installation of a hybrid system of electric energy in the sailboat's spaces. This hybrid system is consisted of one photovoltaic and one wind system in combination with a diesel motor all of which are feeding a battery bank. Furthermore in a second phase, the diesel motor is entirely replaced with an equivalent electric motor and a back-up diesel generator. The study of the installation is being processed on a sailing boat of 37.9 feet long. Nevertheless a general technique for the inclusion of all the sailing boats without any length limitation is provided.

Keywords

Sailing boat, Solar Power, Wind Power, Hybrid System, Photovoltaic panels, Wind generator, Batteries, Inverter DC/AC, Charge controller, Electric motor, Diesel motor, Diesel generator

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε την περίοδο Δεκεμβρίου 2012 – Ιουνίου 2013 στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω, πάνω από όλους, την καθηγήτριά μου κυρία Μαρία - Παρασκευή Ιωαννίδου που με εμπιστεύτηκε με μια εργασία που συμπυκνώνει συνειδητές επιλογές της ιδιοσυγκρασίας μου και τον υποψήφιο διδάκτορα Ευθύμιο Καραλή, που μου παρείχε την βοήθειά του σε οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετώπισα. Η καθοδήγησή του υπήρξε καταπληκτική και η εν γένει συνεννόηση μας καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας ήταν άψογη.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειάς μου, που στέκονται πάντα δίπλα μου. Τους φίλους μου, γιατί με όλα όσα ζήσαμε μαζί και καταφέραμε να χρωματίσουμε τα φοιτητικά μας χρόνια. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τη γενιά μου, γιατί καταφέραμε μέσα από μαθήματα αμφισβήτησης, αξιοπρέπειας και αλληλεγγύης που δώσαμε, να ψηλαφίσουμε την ουτοπία μας και να αποκτήσουμε το δικαίωμα να ελπίζουμε σε ένα καλύτερο μέλλον.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	11
Κεφάλαιο 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
Κεφάλαιο 2 : ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΚΑ ΣΚΑΦΗ	
2.1 Ορισμός	17
2.2 Ιστορική αναδρομή	17
2.3 Ονοματολογία μερών του σκάφους	19
2.4 Τύποι ιστιοπλοϊκών σκαφών	21
2.5 Ενεργειακές καταναλώσεις σκάφους	24
2.5.1 Ηλεκτρικές καταναλώσεις	24
2.5.2 Μηχανικές καταναλώσεις	25
Κεφάλαιο 3: ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Η/Ε	
3.1 Εισαγωγή.....	27
3.2 Φωτοβολταϊκά	30
3.2.1 Εισαγωγή.....	30
3.2.2 Ιστορικά Στοιχεία	32
3.2.3 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	33
3.2.4 Τύποι φωτοβολταϊκών	35
3.2.5 Απόδοση και κόστος	38
3.3 Ανεμογεννήτριες	39
3.3.1 Εισαγωγή	39
3.3.2 Ιστορικά στοιχεία	39
3.3.3 Τύποι ανεμογεννητριών	42
3.3.4 Τυπικές διαμορφώσεις	45
3.4 Συσσωρευτές	48
3.4.1 Εισαγωγή	48
3.4.2 Βασικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών.....	49

3.4.3 Εξαρτήματα συσσωρευτών	51
3.4.4 Τύποι επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών	52
3.5 Αντιστροφείς	62
3.5.1 Εισαγωγή	62
3.5.2 Αρχή λειτουργίας και τύποι αντιστροφών.....	64
3.6 Ελεγκτές φόρτισης	66
3.7 Ηλεκτρικές μηχανές	67
3.7.1 Ιστορικά στοιχεία.....	67
3.7.2 Αρχή λειτουργίας και τύποι ηλεκτρικών μηχανών.....	67
3.8 Μηχανές Diesel	73
3.9 Διαστασιολόγηση υβριδικού συστήματος	75
Κεφάλαιο 4 : ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	77
4.1 Εισαγωγή	77
4.2 Παρουσίαση του πρότυπου ιστιοπλοϊκού σκάφους.....	78
4.3 Παρουσίαση των πρότυπων στοιχείων υβριδικού συστήματος....	82
4.4 Εγκατάσταση κάλυψης ηλεκτρικών καταναλώσεων	94
4.5 Εγκατάσταση κάλυψης του συνόλου των καταναλώσεων.....	97
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
Παράρτημα :	103
Βιβλιογραφία – Αναφορές.....	107

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Τα ιστιοφόρα αποτελούν ένα από τα παλαιότερα πλωτά μεταφορικά μέσα και χάρις σε αυτά μπόρεσε να εξερευνηθεί πλήρως η υφήλιος. Αποτελούσαν τα λιγότερο ενεργοβόρα σκάφη και τα περισσότερο οικολογικά από μια άποψη, γιατί κινούνταν μόνο με τη βοήθεια του ανέμου και σε αυτή τη σημαντική τους λειτουργία και ιδιότητα αποδίδονται όλα τα επιτεύγματα τους. Στην αρχή ήταν φτιαγμένα από ξύλο αλλά με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν πάρει θέση και άλλα υλικά.

Στη σημερινή ημέρα, τα ιστιοφόρα μετονομάστηκαν σε ιστιοπλοϊκά μιας και προστέθηκαν μηχανικά μέσα που συμβάλλουν στην πλεύση τους εκτός από την ενέργεια του ανέμου. Συνεχίζουν όμως να συνιστούν ξεχωριστή κατηγορία στο χώρο των πλωτών μέσων και ίσως να αποτελούν το μέλλον θαλάσσιων μεταφορών όπως αποτελούν και το παρελθόν άλλωστε.

Το σύγχρονο ιστιοπλοϊκό σκάφος μπορεί να παράσχει κατοικία σε έναν ή περισσότερους ανθρώπους, αφού στο εσωτερικό του μέρος συναντά κανείς πολλούς χώρους της σύγχρονης εστίας, όπως υπνοδωμάτια, κουζίνα, αποχωρητήρια-τουαλέτες, καθιστικά, αποθηκευτικούς χώρους κλπ. Ακόμη στο εσωτερικό του σκάφους βρίσκεται όλος εκείνος ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός μέσω του οποίου πραγματοποιείται η επικοινωνία με τα άλλα σκάφη, ο ντιζελοκινητήρας ως εναλλακτικός τρόπος πρόωσης του σκάφους και μια σειρά από άλλες συσκευές που εξυπηρετούν τη διαβίωση του πληρώματος. Από την άλλη πλευρά το εξωτερικό μέρος του σκάφους έχει αερο-υδροδυναμική μορφή και φέρει όλα τα εξαρτήματα, από το πηδάλιο μέχρι τα πανιά, που κάνουν το σκάφος να ανταποκρίνεται στην κύρια λειτουργία του, την πλεύση στο νερό με το βέλτιστο τρόπο.

Μιας και το εξωτερικό μέρος του σκάφους είναι ήδη από τα οικολογικότερα όσον αφορά τον τρόπο χρήσης των υλικών για την πλεύση του σκάφους, η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στο εσωτερικό του μέρος, όπου βρίσκονται όλες οι

ενεργειακές καταναλώσεις που εξυπηρετούν την διαβίωση του πληρώματος αλλά και την εναλλακτική πλεύση του σκάφους. Μέχρι τώρα τα ιστιοπλοϊκά βασίζουν την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών αφενός στην ύπαρξη του ντιζελοκινητήρα, που εξασφαλίζει την κίνηση του σκάφους σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται ο άνεμος αφετέρου δε στην ύπαρξη συστοιχίας συσσωρευτών, που φορτίζονται συνήθως σε χώρους λιμένων, και εξασφαλίζουν την ηλεκτροδότηση συσκευών και φωτιστικών μέσων.

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε μια προσπάθεια να μετατραπούν τα οικήματα σε αντίστοιχα ενεργειακά αλλά το κόστος του συστήματος ανανεώσιμων πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν αρκετά ασύμφορο. Αντίθετα αν υπολογίσουμε ότι το ιστιοπλοϊκό αποτελεί ήδη κατοικία εκτός από μέσο αναψυχής για κάποιους ανθρώπους το κόστος της ενεργειακής μετατροπής μπορεί να είναι πολύ χαμηλότερο το όφελος άμεσο.

Επιπρόσθετα όμως με το οικονομικό όφελος για τον χρήστη υπάρχει και το περιβαλλοντικό όφελος από τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος. Η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χρήση του σκάφους με παράλληλη ελάττωση, ως και εξάλειψη της καύσης πετρελαίου, είναι ένα σημαντικό βήμα στην προσπάθεια απαλλαγής από τα ρυπογόνα καύσιμα και ως εκ τούτου προστασίας του περιβάλλοντος. Ειδικότερα στην Ελλάδα, που το κλίμα και τα πελάγη ενδείκνυνται για την μετακίνηση με ιστιοπλοϊκά σκάφη, τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια πολύ θετική στροφή προς το μέσο, με αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση του αριθμού των ενεργών σκαφών. Είναι επιτακτική λοιπόν η ανάγκη στον ελλαδικό χώρο να υπάρξει η ανάλογη μέριμνα, ώστε αυτή η θετική αύξηση να μην έχει ανεπιθύμητα για το περιβάλλον αποτελέσματα.

Αυτό που επιχειρείται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι η αντικατάσταση της μέχρι τώρα χρήσης του ντιζελοκινητήρα ως πρωτεύοντος μέσου κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, με την τοποθέτηση υβριδικού συστήματος που εκμεταλλεύεται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .

Η μελέτη αφορά ένα μέσου μήκους σκάφους 11,55 μέτρων με τρία υπνοδωμάτια, δύο τουαλέτες και μία κουζίνα. Οι ήδη υπάρχουσες ή οι εν δυνάμει καταναλώσεις θα επιχειρηθεί να καλυφθούν από ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται σε πρώτη φάση από φωτοβολταϊκά πάνελα, ανεμογεννήτρια, συσσωρευτές και ντιζελομηχανή και σε δεύτερη φάση με την προσθήκη στα παραπάνω ενός ηλεκτροκινητήρα.

Επομένως πρόκειται είτε για μια μετατροπή που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα υπάρχον ιστιοπλοϊκό, είτε για μια εξολοκλήρου νέα προσέγγιση κατά την ναυπήγηση ενός μελλοντικού ιστιοπλοϊκού σκάφους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια γνωριμία με τα ιστιοπλοϊκά σκάφη και τις ενεργειακές τους απαιτήσεις.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τις αρχές που το διέπουν, με μια παράλληλη λεπτομερή περιγραφή των συνιστωσών που το αποτελούν.

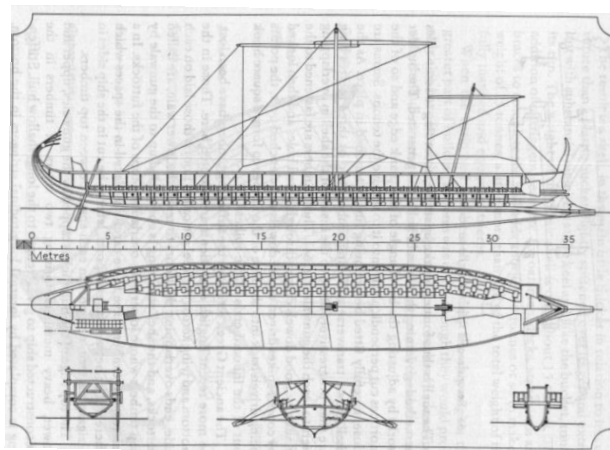
Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται καταρχάς η μελέτη εγκατάστασης του υβριδικού συστήματος με κάλυψη μόνο των ηλεκτρικών καταναλώσεων και στη συνέχεια παρουσιάζεται η επέκταση του συστήματος με την αντικατάσταση του ντιζελοκινητήρα του σκάφους με ηλεκτροκινητήρα, καλύπτοντας έτσι το σύνολο των ενεργειακών αναγκών που προκύπτουν.

Έπειτα ακολουθεί το κεφάλαιο όπου εξάγονται συμπεράσματα από την εγκατάσταση του υβριδικού συστήματος και γίνεται αναφορά σε μελλοντικές προοπτικές.

Τέλος στο παράρτημα παραθέτονται περαιτέρω τεχνικά στοιχεία από τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στη σύνθεση του υβριδικού συστήματος.

Κεφάλαιο 2

Ιστιοπλοϊκά Σκάφη



Εικόνα 2-1: Σχέδιο αρχαίας τριήρους

2.1 Ορισμός [1]

Ως **Ιστιοφόρο** χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε σκάφος ή πλωτό ναυπήγημα που αποκλειστικό μέσο πρόωσης του έχει την αιολική ενέργεια, τον άνεμο επί των ιστίων του (πανιά) τα οποία και φέρει, εξ ου και η ονομασία του.

2.2 Ιστορική Αναδρομή [1]

Τα ιστιοφόρα αποτελούν την δεύτερη εξελικτική βασική κατηγορία τύπων πλοίων, μετά τα κωπήλατα και πριν από τα μηχανοκίνητα. Από την αρχαιότητα μέχρι και τα μέσα του μεσαίωνα η εξέλιξη του ιστιοφόρου πλοίου ήταν βραδύτατη, αφού το κουπί συνέχιζε να παραμένει ισχυρό μέσον πρόωσης. Τότε το ιστίο που φέρονταν κυρίως από σταυρωτή κεραία (οριζόντια δοκό) από τον ιστό (κατάρτι), αποτελούσε το βοηθητικό μέσον πρόωσης, αφενός για τη μερική ανάπαυση των πληρωμάτων, αλλά ειδικότερα για την λεγόμενη «ουριοδρομία» (με τον άνεμο από πρύμνη). Όπως πληροφορούμαστε από τα ομηρικά έπη, η ώρα απόπλου ήταν αμέσως μετά τη θερινή δύση του Ηλίου όπου αφού κόπαζε η θαλάσσια αύρα, η «πελαγία αύρα» των αρχαίων άρχιζε να πνέει η «απόγεια αύρα», δηλαδή όταν «αρχίζουν να βγάζουν οι στεριές» κατά την κοινή γλώσσα των Ελλήνων σύγχρονων ναυτικών. Έτσι απέπλεαν οι τριήρεις ουριοδρομώντας, με κολπωμένο το εγκάρσιο πανί τους. Σύμφωνα με τον σπουδαίο ναύαρχο και αρχαιολόγο Σέρρε, το λυκαυγές της δόξας του ιστιοφόρου ήταν το "τετράγωνο ιστίο" και η εξέλιξή του σε τρίγωνο και τραπεζοειδές που άρχισε και τη χρήση τους.

Παρά ταύτα πολλοί ναυτικοί ιστορικοί επιμένουν ότι η τριήρης δεν ήταν ιστιοφόρο αφού κύριο μέσον είχε τα κουπιά, επηρεασμένοι από τη σύγχρονη αντίληψη του όρου. Λειτουργικά θεωρούν ότι το ιστιοφόρο δεν αναδείχθηκε ούτε στη ρωμαϊκή περίοδο, αλλά ούτε και στη βυζαντινή αλλά περί τον 14ο με 15ο όπου τότε μπορούσαν να πλέουν και με αντίθετο άνεμο δηλαδή να πλέουν την «εγγυτάτη». Τότε άρχισαν να εμφανίζονται τα λεγόμενα πανιά λατίνια, με τα οποία οι γαλέρες του Λουδοβίκου ΙΔ΄ πέτυχαν τη μέγιστη εξέλιξη. Παράλληλα εμφανίσθηκαν τα αργοκίνητα ιστιοφόρα σκάφη όπως το γαλιόνι, οι καράκες και λίγο αργότερα οι караβέλες. Μικρά μεν, πλην όμως ευέλικτα, τα οποία και χρησιμοποίησαν οι πρώτοι εξερευνητές όπως ο Χριστόφορος Κολόμβος, ο Βάσκο Ντα Γκάμα, ο Μαγγελάνος κ.ά.

Σημαντικό ιστορικό στοιχείο είναι ότι το ελληνικό ναυτικό κατά την ελληνική επανάσταση και μέχρι την εμφάνιση της «Καρτερίας» ,που ήταν το πρώτο ελληνικό πολεμικό ατμόπλοιο, ήταν εξ ολοκλήρου ιστιοφόρο ναυτικό που περιελάμβανε σχεδόν όλους τους τύπους ιστιοφόρων της εποχής εκείνης όπως νάβες, μπρίκια, γολέτες, σαχτούρες, μίστικα, μπελούτες, γαβάρες, πολλακρες κ.ά. Ομοίως και τα πρώτα ελληνικά εμπορικά πλοία επιβατηγά και φορτηγά ήταν ιστιοφόρα, καθώς και τα αλιευτικά.

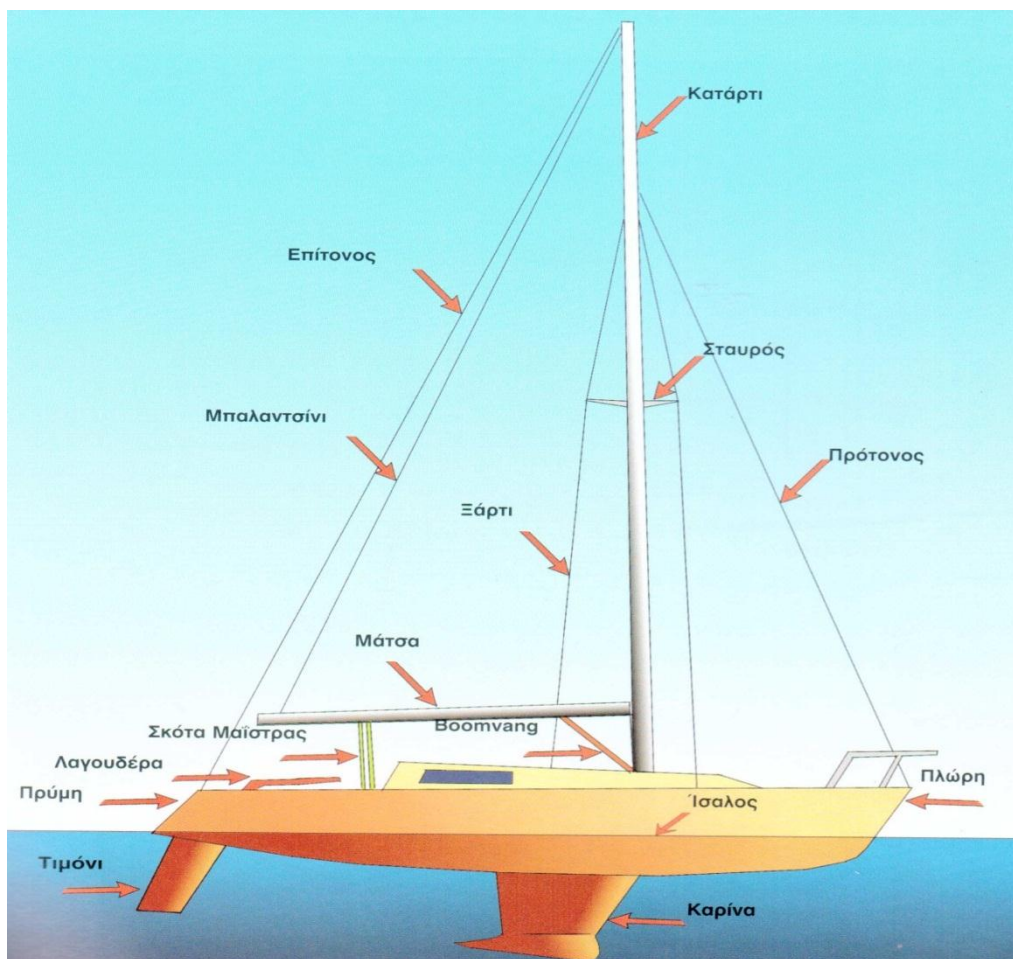
Αναμφίβολα σταθμός στην εξέλιξη των ιστιοφόρων αποτέλεσε η σπουδαία για τη ναυπηγική, ναυτική τέχνη και ναυτική τακτική, ναυμαχία της Ναυπάκτου το 1571 με την ήττα των Οθωμανών από τον συμμαχικό δυτικό-χριστιανικό στόλο, οπότε το ιστιοφόρο καθιερώθηκε και ως πολεμικό πλοίο γραμμής.

Όλων αυτών ακολούθησαν παράλληλες εφευρέσεις και ανακαλύψεις, όπως π.χ. το πηδάλιο, η άγκυρα, η πυξίδα, η αλυσιδωτή θωράκιση, κ.λπ., που επιτάχυναν την παραπέρα εξέλιξη του ιστιοφόρου πλοίου. Μέχρι που έφθασε η στιγμή της εξέλιξης, όταν ανακαλύφθηκε η δύναμη του ατμού που άρχισε να επικρατεί ως μέσον πρόωσης των πλοίων, με συνέπεια με την πάροδο των δεκαετιών τα μεν ιστιοφόρα να παραγκωνίζονται, τα δε ατμόπλοια να εξελίσσονται.

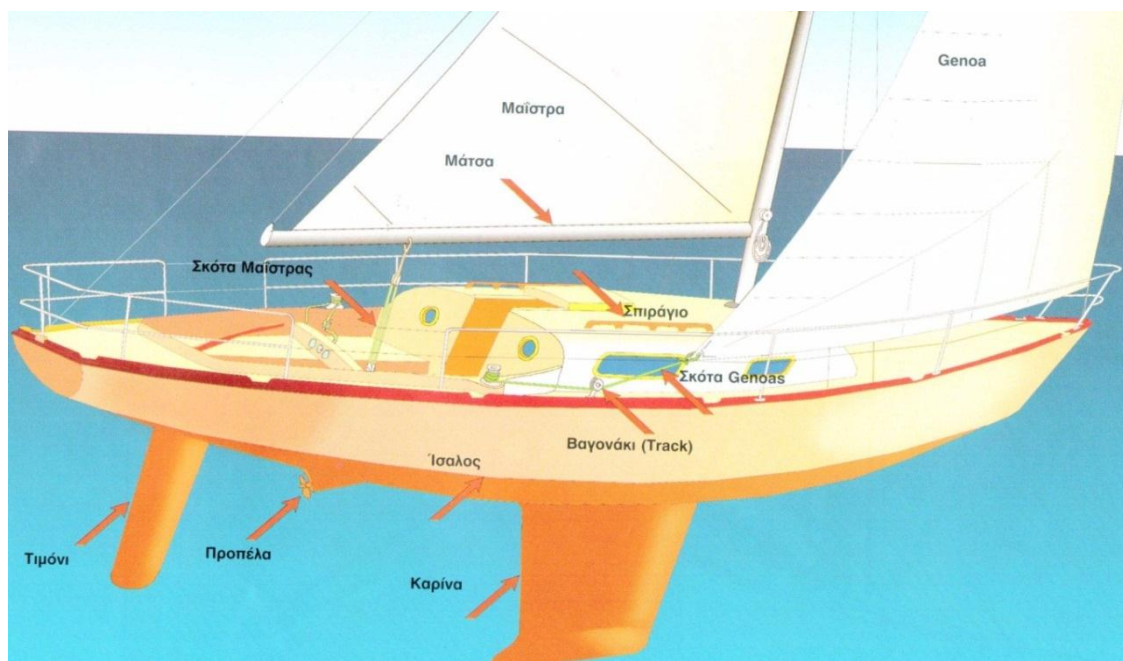
Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα μετρικές μονάδες του Βρετανικού μετρικού συστήματος, παράλληλα βέβαια όσο αυτό είναι εφικτό και απαραίτητο με αυτές του διεθνούς συστήματος (SI). Αυτό συμβαίνει λόγω της πολύπαιρης ενασχόλησης των Βρετανών με τη ναυτιλία με αποτέλεσμα τη διείσδυση και την επικράτηση των μετρικών τους μεγεθών στη ναυσιπλοΐα.

2.3 Ονοματολογία μερών σκάφους [2]

Οι ναυτικοί λόγω της χρόνιας ενασχόλησης τους, όπως άλλωστε οι περισσότεροι επαγγελματίες, έχουν αναπτύξει τη δικιά τους γλώσσα: αυτή της θάλασσας. Έτσι τα μέρη του σκάφους είναι και αυτά μέρος μια ολόκληρης ειδικής ορολογίας που περιλαμβάνει η ναυτική τέχνη.



Εικόνα 2-2 : Ονοματολογία Μερών Σκάφους Α



Εικόνα 2-3 : Ονοματολογία Μερών Σκάφους Β

Οι δύο εικόνες που παρατέθηκαν περιλαμβάνουν τα βασικά μέρη που θα χρησιμοποιηθούν στην κατατοπιστική περιγραφή της εγκατάστασης αλλά και στην γενικότερη ανάλυση στην πορεία της εργασίας. Αυτά είναι κυρίως:

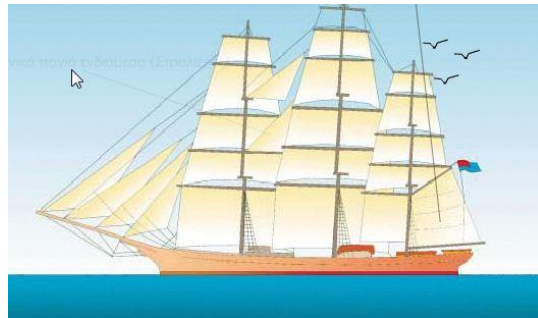
- Α) Η πρύμη και η πλώρη είναι το μπροστινό και το πίσω μέρος του σκάφους αντίστοιχα.
- Β) Το κατάρτι είναι το ατσάλινο συνήθως ιστίο που στηρίζεται το κύριο πανί.
- Γ) Το τιμόνι καθορίζει την πορεία του σκάφους.
- Δ) Το πηδάλιο ή αλλιώς η λαγουδέρα είναι όργανο χειρισμού του τιμονιού.
- Ε) Η καρίνα εξασφαλίζει την ισορροπία και την ορθή πλευση του σκάφους.
- ΣΤ) Η προπέλα είναι η έξοδος της μηχανής που προωθεί μηχανικά το σκάφος.
- Ζ) Η μάτσα είναι το μικρότερο οριζόντιο κατάρτι που στηρίζει το κύριο πανί.
- Η) Η μαΐστρα και η Genoa είναι το κύριο και το πλωριό πανί του σκάφους
- Θ) Ο πρότονος και ο επίτονος είναι το μπροστινό και το πίσω συρματόσκοινο στήριξης του καταρτιού αντίστοιχα.
- Ι) Τα ξάρτια είναι τα υπόλοιπα συρματόσκοινα στήριξης του καταρτιού

2.4 Τύποι ιστιοπλοϊκών σκαφών [2]

Τα ιστιοπλοϊκά σκάφη διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των κατάρτιων που φέρουν καθώς και τον αριθμό και το μέγεθος των ιστίων (πανιών) τους. Ακολουθούν μερικά από τα βασικότερα:

A) CLIPPER

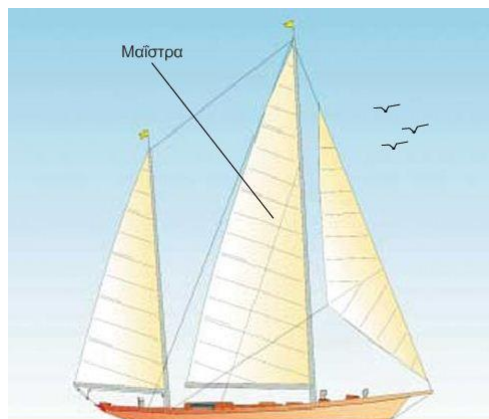
Εικόνα 2-4:
Clipper



Τα πρώτα ναυπηγήθηκαν στην Αμερική στις αρχές του 19^{ου} αιώνα , ήταν ξύλινα και είχαν τρία κατάρτια. Αργότερα, όταν ναυπηγήθηκαν τα πρώτα σιδερένια πλοία, υπήρξαν Clipper που είχαν τέσσερα ή ακόμη και πέντε κατάρτια.

B) KETCH

Εικόνα 2-5:
Ketch

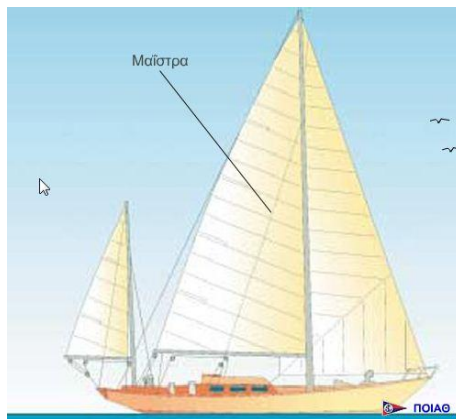


Έχει δύο κατάρτια , από τα οποία το πρυμίο (που είναι και το μικρότερο) είναι τοποθετημένο μπροστά από τον άξονα του πηδαλίου (προς τα πλώρα δηλαδή)
Η κύρια ιστιοφορία του αποτελείται από μία Μαΐστρα, μία Μετζάνα και μία Genoa.

Γ) YAWL

Εικόνα 2-6:

Yawl

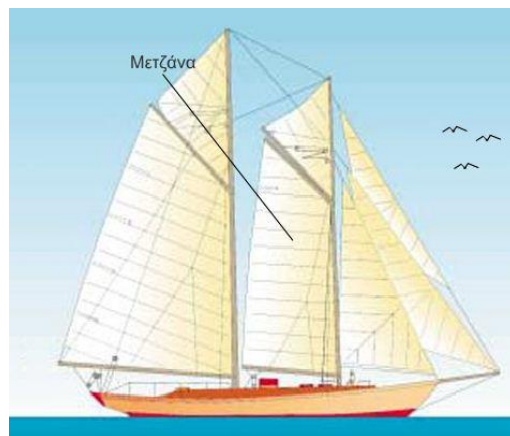


Είναι και αυτό δικάταρτο, με τη διαφορά ότι το πρυμίο του κατάρτι είναι τοποθετημένο πίσω από τον άξονα του πηδαλίου (προς τα πρίμα δηλαδή). Εκτός αυτού, το πρυμίο κατάρτι ενός Yawl είναι μικρότερο σε ύψος από εκείνο ενός αντίστοιχου Ketch και επομένως έχει αισθητά μικρότερη Μετζάνα.

Δ) SCHOONER (ΣΚΟΥΝΑ)

Εικόνα 2-7:

Schooner

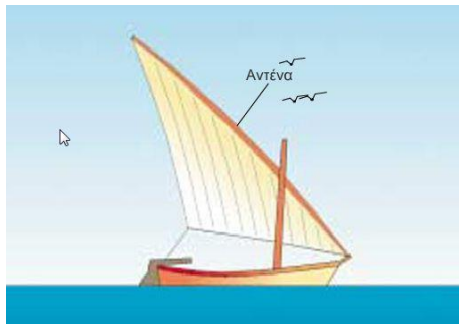


Είναι δικάταρτο, το πρυμίο κατάρτι του όμως έχει μεγαλύτερο ύψος από το πλωριό. Η ιστιοφορία του αποτελείται από μία Μαΐστρα και μία Μεντζάνα που έχουν συνήθως τραπεζοειδές σχήμα καθώς και δύο ή τρεις φλόκους (πλωριά πανιά)

Ε) LATEEN (ΛΑΤΙΝΙ)

Εικόνα 2-8:

Lateen



Είναι το πρώτο τριγωνικό πανί που χρησιμοποιήθηκε ποτέ σε σκάφος. Το πανί στηρίζεται σε ένα ξύλο που λέγεται Αντένα.

ΣΤ) SLOOP

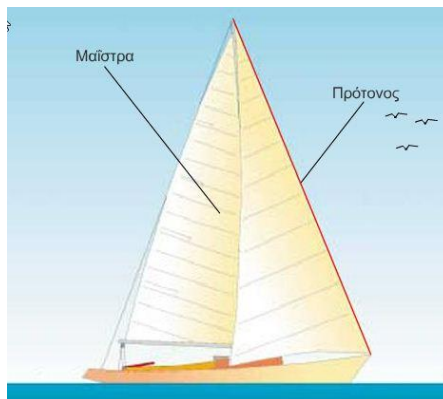
Έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Ένα κατάρτι μία Γενοα και μια Μαΐστρα.

Εάν ο πρότονος καταλήγει στην κορυφή του καταρτιού, τότε το Sloop λέγεται

Masthead.

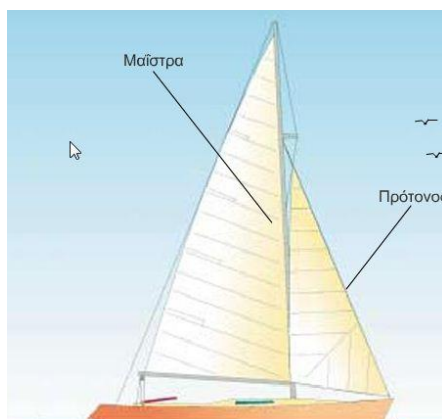
Εικόνα 2-9:
Sloop Masthead



Εάν ο πρότονος δεν καταλήγει στην κορυφή του καταρτιού, τότε το Sloop λέγεται

Fractional.

Εικόνα 2-10:
Sloop Fractional



Λόγω ανάπτυξης της αγωνιστικής ιστιοπλοΐας ιδιαίτερα το τελευταίο μισό του 20^{ου} αιώνα έχουν προκύψει νέα σκάφη για καθαρά αθλητικούς σκοπούς που διαχωρίζονται και αυτά σε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος τους, τον αριθμό των ιστίων και του πληρώματος των αθλητών που παίρνουν μέρος στην πλεύση τους. Παραθέτονται ενδεικτικά κάποιες από τις αγωνιστικές κατηγορίες :

A) Φινν (Finn)	Z) Φλάινγκ ντάτμαν	M) 420
B) Λέχνερ (Lechner) A390	H) Laser Standard	N) Λάιτινγκ
Γ) Γιούρο	Θ)Τορνέιντο	Ξ) 5124
Δ) Σταρ	I) Laser Standard	
E) 470	K) Laser Radial	
ΣΤ) Σόλιγκ	Λ) Όπτιμιστ	

2.5 Ενεργειακές καταναλώσεις σκάφους

2.5.1 Ηλεκτρικές καταναλώσεις

Τα ιστιοπλοϊκά σκάφη έχουν από κατασκευής τους προεγκατεστημένο ένα περιορισμένου μεγέθους ηλεκτρικό δίκτυο για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του σκάφους και του πληρώματος του. Το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος του σκάφους.

Αυτό το δίκτυο συνήθως τροφοδοτείται από συστοιχία επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών που βρίσκεται εγκατεστημένη σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο μέσα στο σκάφος. Η φόρτιση των συσσωρευτών μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους χάρη σε ειδική συνδεσμολογία. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω του ηλεκτρικού δικτύου εναλλασσόμενης τάσης του λιμένα της ακτής στον οποίο είναι δεμένο το σκάφος με τη βοήθεια ενός αντιστροφέα DC/AC και ο δεύτερος είναι μέσω ενός συστήματος επαγωγικών πηνίων που είναι ενσωματωμένο στον ντιζελοκινητήρα και έρχεται σε λειτουργία κάθε φορά που το σκάφος πλέει με τον άνεμο εξαναγκάζοντας την προπέλα να περιστραφεί.

Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι όλος ο εξοπλισμός που είναι προεγκατεστημένος σε ένα ιστιοπλοϊκό σκάφος λειτουργεί στα 12 Volt DC για τη διευκόλυνση της

τροφοδοσίας των συσκευών με ρεύμα δίχως την παρεμβολή κυκλωμάτων μετασχηματιστών, που θα έκανε το δίκτυο πιο περίπλοκο και περισσότερο ευάλωτο σε βραχυκυκλώματα και ηλεκτροπληκτικούς κινδύνους εξαιτίας της έντονης παρουσίας του νερού. Επιπρόσθετη ασφάλεια εξασφαλίζεται με την ύπαρξη ενός ηλεκτρολογικού πίνακα γενικού διακόπτη και ασφαλειών που βρίσκεται στο χώρο των ηλεκτρονικών οργάνων που εξασφαλίζουν την επικοινωνία του σκάφους.

Ακολουθεί πίνακας που περιλαμβάνει αναλυτικά τις ηλεκτρικές καταναλώσεις ενός μέσου μήκους ιστιοπλοϊκού σκάφους 40 ποδών.

Φωτισμός εσωτερικού	150	0	0	8	1200	0	0	8	1200
Φωτισμός ναυσιπλοΐας	150	0	0	8	1200	0	0	10	1500
Ψυγείο	15	12	180	12	180	12	180	12	180
Gps	6	12	72	12	72	0	0	0	0
VHF Ασύρματος	4	12	48	12	48	12	48	12	48
Radar	20	0	0	10	200	0	0	0	0
Μίζα Κινητήρα	1400	0	0	0	0	0,001	1,82	0	0
Ηχοσύστημα	12	2	24	2	24	4	48	4	48
Τηλεόραση	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Laptop Υπολογιστής	80	4	320	4	320	4	320	4	320
Εργάτης Άγκυρας	1800	0,08	144	0	0	0,08	144	0	0
Αντλία Μπάνιου	72	0	0	0	0	0,2	14,4	0	0
Συνολική Ενέργεια (Wh)			888		3344		856,22		3396

Πίνακας 2-1 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μέσου σκάφους 37.9 ποδιών σε Wh

Όπως βλέπουμε από τον παραπάνω πίνακα, που χωρίζει τις καταναλώσεις σε ώρες αγκυροβολίας και πλεύσης και σε αυτές ημέρας και νύχτας, οι πιθανοί συνδυασμοί είναι τέσσερις. Η μέγιστη επομένως κατανάλωση που μπορεί να προκύψει είναι αν το σκάφος πλέει την ημέρα και αγκυροβολήσει την νύχτα με σύνολο 4284 Wh.

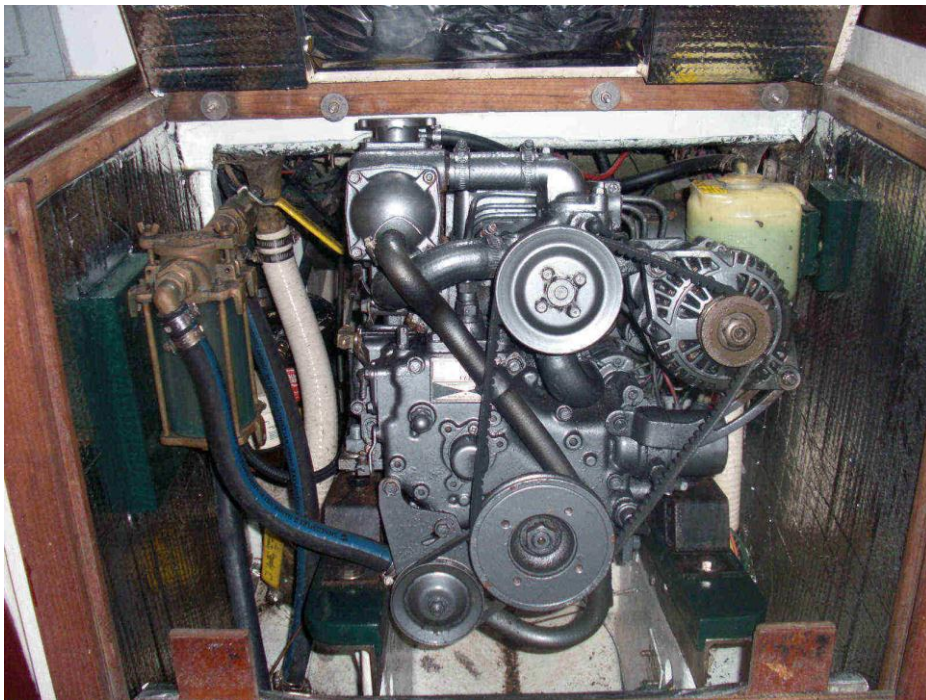
2.5.2 Μηχανικές καταναλώσεις σκάφους

Η πλεύση ενός ιστιοπλοϊκού σκάφους σε περιπτώσεις άπνοιας νηνεμίας αλλά και σε άλλες περιπτώσεις όπου απαιτούνται απότομοι ελιγμοί σε σύντομο χρονικό διάστημα όπως είναι για παράδειγμα το δέσιμο σε ένα λιμένα, εξασφαλίζεται με την λειτουργία του ντιζελοκινητήρα που είναι εγκατεστημένος στο σκάφος. Το μέγεθος και η ισχύς των εγκατεστημένων ντιζελοκινητήρων εξαρτάται από το μέγεθος και το εκτόπισμα

του ιστιοπλοϊκού σκάφους που καλούνται να κινήσουν. Ακόμη η κατανάλωση καυσίμου Diesel εξαρτάται με τη σειρά της από το μέγεθος του κινητήρα, την χρήση και την ροπή που επιλέγεται για να κινήσει το σκάφος. Εδώ αξίζει να αναφέρουμε πως η ισχύς τους μετριέται σε ίππους (1hp=746 Watt) και η απόδοση τους κυμαίνεται στο 40%.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η συχνότητα της χρήσης του ντιζελοκινητήρα εξαρτάται εκτός όλων των άλλων παραγόντων που αναφέρθηκαν και από την εμπειρία και την ικανότητα του ιστιοπλόου και γενικά των ανθρώπων που χειρίζονται το σκάφος. Οι έμπειροι ναυτικοί εκμεταλλεύονται βέλτιστα τον άνεμο ώστε να προωθήσουν το σκάφος σε αντίθεση με τους αρχάριους που καταφεύγουν συχνά στην εύκολη λύση του ντιζελοκινητήρα με αποτέλεσμα προφανώς περισσότερη κατανάλωση καυσίμου.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η κατανάλωση σε ένα ιστιοπλοϊκό σκάφος 40 ποδιών ενός κινητήρα ισχύος 29 Hp σε μια μέση ταχύτητα 5 κόμβων (1 knot = 1 mph) είναι 2.5 λίτρα καυσίμου ανά ώρα. Το κόστος σε χρήματα του καυσίμου κυμαίνεται προς το παρόν στο 1.3 € το λίτρο.



Εικόνα 2- 11: Diesel κινητήρας σκάφους ισχύος 29Hp

Κεφάλαιο 3

Υβριδικό Σύστημα

3.1 Εισαγωγή [3],[4]

Ο όρος «Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας», ή πιο απλά «Υβριδικά Συστήματα», αναφέρεται σε συστήματα όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλές διατάξεις ενεργειακής μετατροπής, ή περισσότερα του ενός καύσιμα για την ίδια διάταξη, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Ένα υβριδικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει μία συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με μία τουλάχιστον μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου, καθώς και σύστημα διαχείρισης φορτίου.

Με αυτήν την έννοια, τα υβριδικά συστήματα αποτελούν μία εναλλακτική επιλογή αντί των συμβατικών συστημάτων, τα οποία τυπικά βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006, ως υβριδικό σύστημα ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

A) Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.

B) Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το δίκτυο, σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια που απορροφά ο υβριδικός σταθμός από το δίκτυο ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδό της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού. Η διαφορά αυτή υπολογίζεται, για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται τεχνολογία διαφορετική από αυτή των φωτοβολταϊκών, μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν

μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται, σε ετήσια βάση, από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

Γ) Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δε μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%.

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να βρουν εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις οι πιο σημαντικές από τις οποίες είναι:

A) Συστήματα Διεσπαρμένης Παραγωγής σε Κεντρικό Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα απαρτίζονται από τα συστήματα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα και ότι η τάση και η συχνότητα δεν επηρεάζονται από την παρουσία επιπρόσθετων γεννητριών ή φορτίων, είναι δηλαδή δίκτυα άπειρου ζυγού. Αν ένας υβριδικός σταθμός συνδεθεί σε ένα τέτοιο δίκτυο, τότε γίνεται λόγος για διεσπαρμένη παραγωγή. Δεδομένου ότι το κεντρικό δίκτυο έχει την ευθύνη για τον έλεγχο της τάση και της συχνότητας, αλλά και για την παραγωγή αέργου ισχύος, ο σχεδιασμός του υβριδικού συστήματος απλοποιείται καθώς δεν απαιτούνται συστήματα ελέγχου. Όταν ζητείται περισσότερη ενέργεια από αυτήν που μπορεί να παράγει ο σταθμός, το έλλειμμα ενέργειας παρέχεται από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Παρομοίως, τυχούσα περίσσεια ενέργειας που παράγεται από το υβριδικό σύστημα μπορεί να απορροφηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο, ωστόσο πρέπει να τονιστεί ότι τίθενται περιορισμοί σχετικά με τη συμμετοχή του υβριδικού σταθμού στη στιγμιαία παραγωγή ισχύος. Σε μερικές περιπτώσεις η παρουσία του υβριδικού σταθμού επηρεάζει την ικανότητα του κεντρικού δικτύου να διατηρεί σταθερή τάση και συχνότητα, οπότε γίνεται λόγος για ασθενές δίκτυο και συνήθως απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός και διατάξεις ελέγχου.

B) Αυτόνομα Υβριδικά Συστήματα

Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα (ΑΥΣ) χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων ή νησιωτικών περιοχών που δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε δεν υπάρχει σύστημα μεταφοράς παρά μόνο σύστημα

διανομής. Η μετατροπή ενός συμβατικού αυτόνομου σταθμού σε υβριδικό αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στην ελάττωση της κατανάλωσης καυσίμου και των ωρών λειτουργίας των συμβατικών γεννητριών. Η σημαντικότερη διαφορά του αυτόνομου σε σχέση με ένα διασυνδεδεμένο υβριδικό σύστημα είναι ότι πρέπει να μπορεί να παρέχει όλη την ενέργεια που ζητείται οποιαδήποτε χρονική στιγμή ή να κάνει αποκοπή φορτίου όταν αυτό δεν είναι εφικτό. Επιπλέον, πρέπει να έχει την ικανότητα ρύθμισης συχνότητας και παραγωγής έργου ισχύος ώστε να ρυθμίζει την τάση του δικτύου. Όταν η ηλεκτρική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ του συστήματος ξεπερνά το φορτίο, η περίσσεια ενέργειας πρέπει να αποθηκευτεί ή και να απορριφθεί με κάποιον τρόπο ώστε να μην προκαλέσει αστάθεια στο σύστημα. Τα αυτόνομα δίκτυα δεν έχουν άπειρο ζυγό, οπότε επηρεάζονται έντονα από την σύνδεση επιπρόσθετου φορτίου ή γεννήτριας. Για τους παραπάνω λόγους, τα περισσότερα αυτόνομα συστήματα περιλαμβάνουν διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας και συστήματα ελέγχου και διαχείρισης φορτίου.

Γ) Τροφοδότηση Απομονωμένων Φορτίων ή Φορτίων Ειδικού Σκοπού

Υβριδικά συστήματα χωρίς δίκτυο διανομής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση απομονωμένων φορτίων ή φορτίων ειδικού σκοπού, τα οποία μπορεί να είναι συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος, ή ακόμα και μεταβλητής τάσης και συχνότητας. Παραδείγματα τέτοιων φορτίων αποτελούν οι ηλεκτρικοί φάροι, ο φωτισμός της σήμανσης στους αυτοκινητόδρομους, η άντληση νερού, τα συστήματα αφαλάτωσης καθώς και οι ηλεκτρικοί μύλοι. Μία εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος θα μπορούσε να περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά πάνελ σε συνδυασμό με μπαταρίες και ηλεκτρονικά ισχύος. Σε αυτά τα συστήματα ο έλεγχος συχνότητας και τάσης καθώς και η διαχείριση της περίσσειας ισχύος δεν αποτελούν τις κύριες παραμέτρους σχεδίασης. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα χρησιμοποίησης και συμβατικής γεννήτριας που λειτουργεί όποτε η παραγωγή ΑΠΕ δεν επαρκεί, αλλά συνήθως δεν λειτουργεί παράλληλα με τις γεννήτριες ΑΠΕ.

3.2 Φωτοβολταϊκά [5], [6], [7]

3.2.1 Εισαγωγή

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) χρησιμοποιούν ηλιακά κύτταρα ή ηλιακές φωτοβολταϊκές συστοιχίες για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Η συνολική ισχύς αιχμής των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών παγκοσμίως ήταν περίπου 3700 MW στα τέλη του 2005, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό τους συνδεόταν στο δίκτυο. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι διατάξεις Φ/Β έχουν συντελεστές χρησιμοποίησης περίπου στο 19%, ποσό μικρότερο από οποιαδήποτε άλλη βιομηχανική πηγή ηλεκτρισμού. Αυτό αντιπροσώπευε το 0,03% της παγκόσμιας ζήτησης εκείνη τη στιγμή.

Το ενδιαφέρον για την ηλιακή ενέργεια εντάθηκε όταν διαπιστώθηκε η πρακτική δυνατότητα της εύκολης, άμεσης και αποδοτικής μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια, με την κατασκευή Φ/Β γεννητριών. Πράγματι η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια έχει μόνο πλεονεκτήματα, αν εξαιρεθεί το κόστος που είναι ακόμα αρκετά υψηλό για τις περισσότερες εφαρμογές και η αδυναμία της Φ/Β γεννήτριας να παράγει συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια λόγω των διακυμάνσεων της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

Πλεονεκτήματα

- 1) Ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- 2) Σχετικά εύκολη μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων από πρώτες ύλες που αφθονούν.
- 3) Μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων
- 4) Τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη, επομένως είναι σχεδόν απαλλαγμένα από την ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης (αρκεί συνήθως η επιθεώρηση μια φορά κάθε εξάμηνο). Αλλά και σε περίπτωση βλάβης, η αποκατάσταση της λειτουργίας γίνεται εύκολα λόγω της σπονδυλωτής μορφής της φ/β διάταξης.
- 5) Η φ/β μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον, ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δεν δημιουργεί απόβλητα ή άχρηστα παραπροϊόντα.

- 6) Δίνει τη δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής.
- 7) Οι φ/β σταθμοί μπορούν να λειτουργούν με όση μικρή ισχύ ζητηθεί.
- 8) Η αναλογία της παραγόμενης ισχύος προς το βάρος της διάταξης είναι αρκετά μεγάλη, περίπου 100 W/kg που είναι σημαντική ιδιότητα για τις διαστημικές εφαρμογές.

Μειονεκτήματα

- 1) Υψηλό κόστος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων.
- 2) Για τις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η δαπανηρή αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μεγάλης διακύμανσης της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.
- 3) Απαιτείται η χρησιμοποίηση μεγάλων σχετικά επιφανειών, λόγω της μικρής πυκνότητας της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα κύρια συστατικά των φ/β γεννητριών και η καρδιά κάθε φ/β συστήματος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά ηλιακά στοιχεία (ονομάζονται επίσης φωτοστοιχεία ή ηλιακά κύτταρα ή κυψελίδες – ένα ηλιακό κύτταρο φαίνεται στο σχήμα 2.12) δηλαδή δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου, που καθώς δέχονται στην επιφάνειά τους την ηλιακή ακτινοβολία, εμφανίζουν διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και την πίσω όψη τους. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του και την ένταση της ακτινοβολίας που δέχεται, ένα ηλιακό στοιχείο μπορεί να δώσει τάση μέχρι 0,5 – 1,0 V και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20 – 40 mA ανά cm² της επιφάνειάς του.



Εικόνα 3-1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο

Ανάλογα με το βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και τη λειτουργία μπορούμε να κατατάξουμε τις φ/β γεννήτριες σε τρεις κυρίως κατηγορίες:

A) Τις απλές διατάξεις όπου τα ηλιακά στοιχεία είναι τοποθετημένα σε σταθερά επίπεδα πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με τη φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας.

B) Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά στοιχεία να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα ηλιακό στοιχείο μέχρι 50% περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία, ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειάς του.

Γ) Τις διατάξεις που με τη χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά στοιχεία.

Για την αποφυγή θέρμανσης, στις συγκεντρωτικές φ/β διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνητή ψύξη των ηλιακών στοιχείων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών υγρών.

3.2.2 Ιστορικά στοιχεία

Ιστορικά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι γνωστό από τον περασμένο αιώνα (1839 από τον Becquerel), αλλά η μεγάλη ώθηση προς τις πρακτικές εφαρμογές της φ/β μετατροπής δόθηκε με την πραγματοποίηση ορισμένων κρίσιμων τεχνολογικών προόδων όπως η παρασκευή καθαρού πυριτίου με τη μέθοδο της τηγμένης ζώνης (1952) και ο σχηματισμός διόδων πυριτίου με διάχυση προσμίξεων (1954), που οδήγησαν τελικά στην κατασκευή ηλιακών στοιχείων σημαντικής απόδοσης (6%) το 1954 και ακόμη μεγαλύτερης (14%) το 1972. Πάντως η αξιοπιστία τους είχε ήδη αποδειχτεί πολύ νωρίτερα, όταν τα πρώτα ηλιακά στοιχεία πυριτίου που τοποθετήθηκαν στον τεχνητό ερευνητικό δορυφόρο Vanguard 1, τον Μάρτιο του 1958, όχι μόνο πέτυχαν να τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τον πομπό του στην προβλεπόμενη ολιγόμηνη διάρκεια του προγράμματος, αλλά εξακολουθούσαν να λειτουργούν χωρίς προβλήματα επί έξι συνολικά χρόνια και μάλιστα στο πολύ

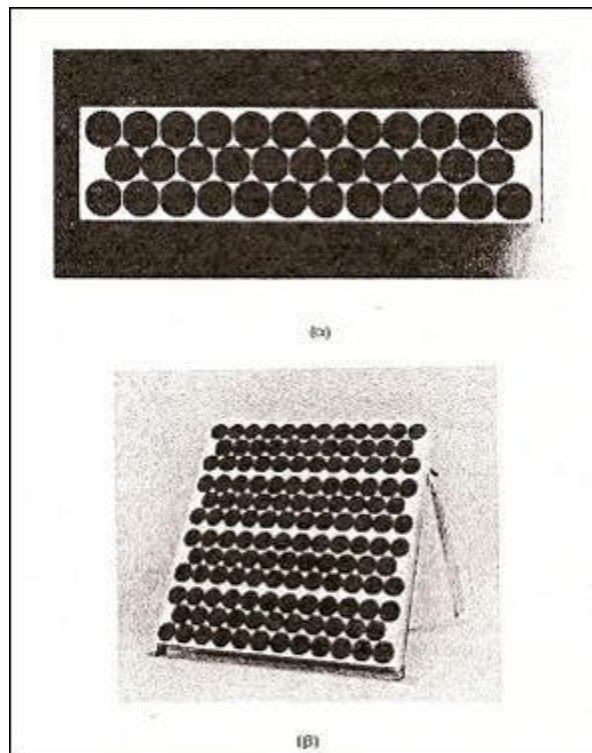
εχθρικό διαστημικό περιβάλλον με την έντονη κοσμική ακτινοβολία. Έτσι, από το 1969 και ύστερα όλοι οι τεχνητοί δορυφόροι και τα άλλα διαστημικά οχήματα, είναι εξοπλισμένα με ηλιακά φ/β στοιχεία.

3.2.3 Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Το βασικό και χαρακτηριστικό συστατικό κάθε φ/β εγκατάστασης είναι η φ/β γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες με τα φ/β ηλιακά στοιχεία. Η τάση όμως και η ισχύς τους είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Ενδεικτικά, η τάση που αναπτύσσει ένα συνηθισμένο φ/β στοιχείο πυριτίου του εμπορίου, σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία είναι μέχρι 0,5 V περίπου και η ηλεκτρική ισχύς που παράγει είναι μέχρι 0,4 W περίπου. Για αυτό τα φ/β στοιχεία διατάσσονται ανά 10 έως 50 περίπου, σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την επίτευξη επιθυμητής τάσης. Π.χ. η σύνδεση 35 στοιχείων σε σειρά δίνει τάση περίπου 15-20 V, που είναι κατάλληλη αν αφαιρέσουμε τις διάφορες απώλειες, για τη φόρτιση των συνηθισμένων συσσωρευτών μόλυβδου. Τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και το πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους στεγανά και μόνιμα, με τη βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το φ/β πλαίσιο (module), που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση των Φ/Β γεννητριών. Λόγω των απαιτούμενων υλικών και εργασιών για την κατασκευή του, το κόστος των φ/β πλαισίων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το κόστος των ηλιακών στοιχείων που περιέχουν. Τα φ/β πλαίσια του εμπορίου δεν έχουν τυποποιημένες διαστάσεις και ισχύεις. Σε συμβατικές συνθήκες αιχμής έχουν συνήθως ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή, τάση εξόδου από περίπου 4 V μέχρι 22 V και ένταση ρεύματος από περίπου 0,5 A μέχρι

2,5 A. Πριν βγουν στο εμπόριο τα φ/β πλαίσια συνήθως υποβάλλονται σε μια σειρά από αυστηρές δοκιμές ποιοτικού ελέγχου με θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις, καθώς και σε δοκιμασία 5ήμερης συνεχούς παραμονής σε ατμόσφαιρα σχετικής υγρασίας 95% και θερμοκρασίας 95 °C, για να ελεγχθεί η στεγανότητά τους.

Στην εικόνα 3-2α παρουσιάζεται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο του εμπορίου, αποτελούμενο από 35 ηλιακά στοιχεία σε σύνδεση σε σειρά. Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά σε συμβατική ακτινοβολία 1000 W/m² και θερμοκρασία 20 °C είναι: Ισχύς αιχμής P_a=40W με τάση V_m=17,3V και ένταση ρεύματος I_m=2,31A. Επίσης, τάση ανοικτοκύκλωσης V_{oc}=21,0V και ένταση βραχυκυκλώσεως, I_{sc}=2,6A. Στη θερμοκρασία 20° C, ο συντελεστής απόδοσης του πλαισίου είναι η_π=10,76%. Έχει διαστάσεις 122cm * 30,5cm, εμβαδόν επιφάνειας S=0,37m² περίπου και βάρος 5,7 kg. Στην εικόνα 3-2β παρουσιάζονται τέσσερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που είναι ενωμένα σε κοινή συσκευασία και σχηματίζουν ένα φ/β πάνελ ισχύος αιχμής 160 V και διαστάσεων 122 cm * 122cm.



Εικόνα 3-2: α) φ/β πλαίσιο β) φ/β πάνελ αποτελούμενο από 4 πλαίσια

3.2.4. Τύποι Φωτοβολταϊκών

A) Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Αποτελούνται από μεγάλους κρυστάλλους όπου το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο (~ 300 μm) και έχουν χρώμα σκούρο μπλε. Αποτελούν τα πιο αποδοτικά φωτοβολταϊκά με αποδόσεις από 12% - 18% ενώ σε εργαστηριακή μορφή η απόδοσή τους κυμαίνεται από 21% - 24%. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος κατασκευής. Παράγονται σε μεγάλα κομμάτια και μπορούν να κοπούν σε συγκεκριμένο μέγεθος ή να χρησιμοποιηθούν σαν μια μεγάλη κυψέλη. Έχουν τις μικρότερες κυψέλες και τα μικρότερα πλαίσια για την ίδια ισχύ.

Μονοκρυσταλλικά πλαίσια ενδείκνυνται σε περιοχές με απ' ευθείας ακτινοβολία και χαμηλές θερμοκρασίες. Ο προσανατολισμός είναι σημαντική παράμετρος στην σχεδίαση / μελέτη του της εγκατάστασης καθώς μια μερική σκίαση θα μπορούσε να επιφέρει μια πτώση απόδοσης μεγαλύτερη της αναλογικής. Μια μερική σκίαση του 20% του πλαισίου θα επιφέρει παραπάνω από 20% πτώση της απόδοσης. Επίσης και υψηλές θερμοκρασίες θα μείωναν την απόδοση του πλαισίου



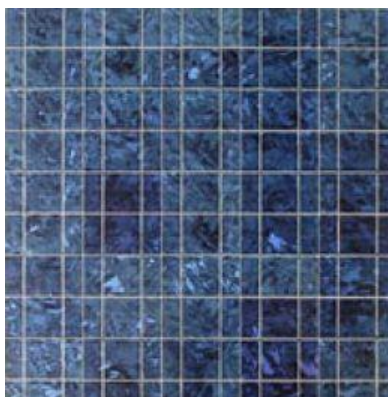
Εικόνα 3-3 : Κύτταρο Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου

B) Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των

μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα το φθηνότερο κόστος παραγωγής.

Παρουσιάζουν όμως σε γενικές γραμμές μικρότερη απόδοση έναντι των μονοκρυσταλλικών 11% - 16%. Συνεπώς τα πλαίσια των πολυκρυσταλλικών είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος από αυτά των μονοκρυσταλλικών σε επιφάνεια για την ίδια ισχύ.



Εικόνα 3-4 : Κύτταρο Πολυκρυσταλλικού Πυριτίου

Τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια αποδίδουν καλύτερα σε περιοχές με απ' ευθείας ακτινοβολία. Ομοίως με τα μονοκρυσταλλικά έχουν δυσανάλογη μείωση της απόδοσης από την σκίαση και σε υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 70°C) έχουν μειωμένη απόδοση.

Γ) Άμορφου Πυριτίου (thin-film)

Τα φωτοβολταϊκά αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από ένα στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλο υπόβαθρο. Επιπρόσθετα με το πυρίτιο, δισελληνοινδιούχου χαλκού (CIS) και κάδμιο τελλούριο (CdTe) χρησιμοποιούνται. Δεν έχουν κρυσταλλική δομή. Σαν υπόβαθρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη γκάμα υλικών από δύσκαμπτα μέχρι ελαστικά με αποτέλεσμα να βρίσκει μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Είναι 2^{ης} γενιάς φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοση του είναι μικρότερη των κρυσταλλικών, περίπου 5% - 7%. Το φθινό όμως

κόστος κατασκευής τους τα κάνει ιδανικά σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται υψηλή απόδοση.

Τα πλεονεκτήματα των thin-film έγκειται στο χαμηλό κόστος παραγωγής και την ευελιξία. Είναι λιγότερο χρονοβόρα και ακριβά στην κατασκευή τους. Αφού μπορούν να εφαρμοστούν σε λεπτά στρώματα διάφορων υλικών, είναι δυνατόν να πάρουν καμπυλωτό σχήμα ή ασυνήθιστου μεγέθους πλαίσια. Η τεχνολογία άμορφου πυριτίου ή thin-film έχει καλές αποδόσεις στην απ' ευθείας ακτινοβολία καθώς και στην διάχυτη. Επομένως είναι κατάλληλα για τοποθέτηση σε μέρη με μη απ' ευθείας ακτινοβολία όπως κάθετες πλευρές και τοίχοι κτιρίων. Οι υψηλές θερμοκρασίες, επίσης, δεν επηρεάζουν δραματικά την απόδοσή τους.



Εικόνα 3-5: Πλαίσιο Άμορφου Πυριτίου

Δ) Λοιπών υλικών

Αρσενικούχου γαλλίου (GaAs)

Τα πλαίσια αρσενικούχου γαλλίου παρουσιάζεται η μεγαλύτερη απόδοση (25%) αλλά και το υψηλότερο κόστος κατασκευής. Συνήθως χρησιμοποιείται σε διαστημικές εφαρμογές.

Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CuInSe₂)

Αυτή η τεχνολογία έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και μικρή απόδοση σε μορφή Φ/Β πλαισίου και μπορεί να φτάσει σε 8% -10% με προσθήκη γαλλίου.

Θειούχου χαλκού – θειούχου καδμίου

Χαμηλό κόστος κατασκευής αλλά όχι σταθερή απόδοση η οποία μπορεί να φτάσει το 10%.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

A) Νανοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)

B) Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

3.2.5 Απόδοση και κόστος

Ως συντελεστής απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνειά του. Η απόδοση των ηλιακών στοιχείων δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σημαντικά με το φορτίο του κυκλώματος καθώς και από άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία του στοιχείου και η μορφή της ακτινοβολίας.

Για την εκτίμηση του κόστους των ηλιακών στοιχείων χρησιμοποιείται συμβατικά ο όρος watt αιχμής (W_p , peak watt) που είναι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια του στοιχείου για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος 1W υπό τυπικές συνθήκες δοκιμής STC (Standard Test Conditions). Οι τυπικές συνθήκες δοκιμής είναι προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος 1 kW/m^2 , θερμοκρασία πλαισίου $25 \text{ }^\circ\text{C}$, γωνία πρόσπτωσης 45° και ηλιακό φάσμα 1,5g μάζας αέρα. Π.χ. κόστος ηλιακού στοιχείου 3 ευρώ/ W_p , σημαίνει ότι το κόστος ενός ή περισσότερων ηλιακών στοιχείων με τόση συνολική επιφάνεια ώστε να παράγουν συνολική ισχύ 1W, όταν εκτεθούν σε ακτινοβολία πυκνότητας 1 kW ανά m^2 , είναι 3 ευρώ. Δηλαδή, το W_p εκφράζει συνδυασμένα το κόστος κατασκευής σε σχέση με την απόδοση του ηλιακού στοιχείου.

Με τη συνεχόμενη πρόοδο που παρατηρείται στον τομέα της φωτοβολταϊκής μετατροπής, η απόδοση των ηλιακών στοιχείων παρουσιάζει μία σταθερή αύξηση και πλησιάζει προς τη μέγιστη θεωρητική τιμή, η οποία, ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό και τη μορφή της ακτινοβολίας, υπολογίζεται σε 25% περίπου. Το υπόλοιπο της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας δεν μπορεί να

αξιοποιηθεί, κυρίως λόγω της πλατιάς ενεργειακής κατανομής των φωτονίων του ηλιακού φάσματος.

Παρά την αυξημένη ζήτηση του πυριτίου τελευταία για τη μείωση του κόστους έχουμε οδηγηθεί στη χρήση άλλων υλικών, όπως πιο λεπτό πυρίτιο. Το κόστος τους αναμένεται ότι θα συνεχίσει να πέφτει και τα επόμενα χρόνια. Γενικά, στις αρχές του 2006, το μέσο κόστος ανά εγκατεστημένο watt για ένα σύστημα οικιακού μεγέθους ήταν περίπου 9 με 11 ευρώ, συμπεριλαμβάνοντας τα πανέλα, τους αντιστροφείς, τη βάση και τα ηλεκτρικά εξαρτήματα.

3.3 Ανεμογεννήτριες [6], [8]

3.3.1 Εισαγωγή

Οι αιολικές μηχανές είναι μηχανές μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια. Αν η παραγόμενη μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται απευθείας από κάποιον μηχανισμό, όπως από μία αντλία, τότε η μηχανή συνήθως αναφέρεται σαν ανεμόμυλος (wind mill). Αν η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική, η μηχανή ονομάζεται ανεμογεννήτρια. Στην παρούσα εργασία περιγράφονται αποκλειστικά ανεμογεννήτριες, από τις οποίες παράγεται ηλεκτρική ισχύς και συνδέονται απευθείας στο δίκτυο.

3.3.2 Ιστορικά στοιχεία

Οι ανεμόμυλοι, άρχισαν να χρησιμοποιούνται για το άλεσμα των σιτηρών στην Περσία από το 200 π.Χ. Αυτός ο τύπος μηχανής χρησιμοποιήθηκε και στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία μέχρι το 250 μ.Χ. Μέχρι τον 14^ο αιώνα Ολλανδικοί ανεμόμυλοι χρησιμοποιούνταν για την αποστράγγιση ορισμένων περιοχών στο δέλτα του ποταμού Ρήνου. Στη Δανία μέχρι το 1900 υπήρχαν περίπου 2500 ανεμόμυλοι για μηχανικά φορτία, όπως για αντλίες και μύλους, παράγοντας μια υπολογισμένη αιχμή ισχύος περίπου στα 30MW. Ο πρώτος ανεμόμυλος για παραγωγή ηλεκτρισμού κατασκευάστηκε στη Σκωτία τον Ιούλιο του 1887 από τον καθηγητή James Blyth του

κολεγίου Anderson στη Γλασκόβη. Στην άλλη μεριά του Ατλαντικού, στο Cleveland του Ohio, το χειμώνα του 1887, σχεδιάστηκε από τον Charles F. Brush, μια μεγαλύτερη μηχανή, η οποία το 1888 τέθηκε σε λειτουργία. Από ότι φαίνεται, μέχρι το 1908 υπήρχαν 72 ανεμογεννήτριες ισχύος από 5kW έως 25kW. Οι μεγαλύτερες μηχανές ήταν σε πύργους 24 μέτρων, με δρομείς τεσσάρων ελίκων διαμέτρου 23 μέτρων.

Ως το 1930 οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιούνταν κατά βάση για να παράγουν ηλεκτρισμό σε φάρμες, κυρίως στις ΗΠΑ, όπου το δίκτυο διανομής δεν είχε εγκατασταθεί ακόμη. Σε αυτήν την περίοδο η τιμή του εντατού χάλυβα ήταν πολύ φτηνή και οι ανεμόμυλοι άρχισαν να τοποθετούνται πάνω στην κορυφή χαλκευμένων δικτυωτών πύργων από χάλυβα. Ένας προπομπός των σύγχρονων ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα, άρχισε να λειτουργεί το 1931 στη Yalta στην ΕΣΣΔ. Ήταν μια γεννήτρια των 100kW σε ένα πύργο των 30 μέτρων, συνδεδεμένη στο τοπικό δίκτυο διανομής των 6,3kV. Αναφέρθηκε ότι είχε ετήσιο συντελεστή φορτίου 32%, τιμή που δε διαφέρει πολύ από αυτή των σύγχρονων μηχανών.

Το 1941 η πρώτη παγκοσμίως ανεμογεννήτρια μεγέθους MW συνδέθηκε στο τοπικό δίκτυο διανομής στο Castleton, Vermont στις ΗΠΑ (Σχήμα 2.26). Αυτή η ανεμογεννήτρια του 1,25MW λειτούργησε για 1100 ώρες και κατόπιν σταμάτησε λόγω μιας χαλασμένης έλικας. Το 1940 οι ΗΠΑ προχώρησαν στο εξηλεκτισμό των αγροτικών περιοχών και έτσι η αγορά των ανεμογεννητριών παρουσίασε σημαντική ύφεση.



Εικόνα 3-6 : Η πρώτη παγκοσμίως Α/Γ μεγέθους MW

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 μέχρι και τα μέσα του '80 η κυβέρνηση των ΗΠΑ συνεργάστηκε με τις βιομηχανίες για να προωθήσει αυτήν την τεχνολογία και να επιτύχει την κατασκευή μεγάλων βιομηχανικών ανεμογεννητριών. Σε αυτή την προσπάθεια ηγήθηκε η NASA στο Lewis Research Center στο Cleveland του Ohio και αποτέλεσε μία ερευνητική και αναπτυξιακή κυβερνητική δραστηριότητα με εξαιρετική επιτυχία. Με χρηματοδότηση από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστήμης (National Science Foundation) και αργότερα από το Τμήμα Ενέργειας (Department of Energy – DOE), συνολικά 13 πειραματικές ανεμογεννήτριες τέθηκαν σε λειτουργία. Αυτό το πρόγραμμα είναι αυτό που εισήγαγε πολλές από τις τεχνολογίες ανεμογεννητριών μεγέθους πολλών MW, που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως τις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών ή ελέγχου της γωνίας pitch.

Αργότερα, στα τέλη της δεκαετίας του '80 η Καλιφόρνια παρείχε φορολογικές ελαφρύνσεις για οικολογικά ακίνδυνη ενέργεια. Αυτές οι ελαφρύνσεις, χρηματοδότησαν στην ουσία την πρώτη εκτεταμένη χρήση των ανεμογεννητριών στην παροχή ηλεκτρισμού.

Τη δεκαετία του '90, οπότε και η αισθητική αλλά και η μακροζωία απέκτησαν μεγάλη σημασία, οι τουρμπίνες τοποθετήθηκαν πάνω σε πύργους από χάλυβα ή από ενισχυμένο σκυρόδεμα. Οι μικρές γεννήτριες συνδέονται στον πύργο στο έδαφος και κατόπιν ο πύργος υψώνεται στην κανονική του θέση. Οι μεγαλύτερες γεννήτριες ανελκύνονται στην κορυφή του πύργου και υπάρχει μία σκάλα ή ένα κλιμακοστάσιο μέσα στον πύργο, για να μπορούν οι τεχνικοί να φθάνουν και να συντηρούν τη γεννήτρια.

Αρχικά, πρέπει να ειπωθεί ότι οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνταν ακριβώς δίπλα από το μέρος όπου ήταν απαραίτητη η ισχύς που παρήγαγαν. Στην πορεία όμως και με την ανάπτυξη τρόπων μετάδοσης ισχύος για μεγάλες αποστάσεις, οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται πλέον σε τοποθεσίες με έντονους ανέμους, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις πολύ μεγάλες ανεμογεννήτριες χτίζονται σε επιφάνειες που μπορεί να υπάρχουν στη θάλασσα, κοντά σε ακτές και στη συνέχεια, μεταδίδουν την παραγόμενη ισχύ με υποθαλάσσια καλώδια υψηλής τάσης.

3.3.3 Τύποι Α/Γ

Οριζοντίου άξονα

Μία τυπική γεννήτρια οριζοντίου άξονα είναι αυτή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, τα μέρη της οποίας περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους.



Εικόνα 3-7: Α/Γ Οριζόντιου Άξονα Οικιακών εγκαταστάσεων

Ο πύργος: Μπορεί, όπως είπαμε νωρίτερα να είναι μεταλλικός (δικτυωτός ή συνηθέστερα σωληνωτός) αλλά και από οπλισμένο σκυρόδεμα για Α/Γ, μεγάλης ισχύος. Βασικής σημασίας για την επιλογή του πύργου είναι ο προβλεπόμενος τρόπος μεταφοράς και εγκατάστασης του, σε συνδυασμό με την όλη συναρμολόγηση της Α/Γ και την έδραση της.

Ο πύργος υπολογίζεται ως πακτωμένη δοκός, η οποία υφίσταται σύνθετη στατική και κυρίως δυναμική καταπόνηση. Ο σχεδιασμός του πύργου ώστε να αποφεύγονται συνθήκες συντονισμού έχει βασική σημασία.

Ο Δρομέας (Ελικας): Οι σύγχρονες Α/Γ κατασκευάζονται με 2 ή με 3 πτερύγια, τα οποία έχουν την αεροδυναμική μορφή των ελίκων αεροπλάνων, με αρκετή συστροφή και συνεχή μείωση της διατομής τους, από τη βάση προς τα άκρα. Η τεχνολογία κατασκευής των πτερυγίων βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη και πολλά είδη υλικών έχουν χρησιμοποιηθεί: Για τους μικρούς έλικες χρησιμοποιούνται πολυουρεθάνη,

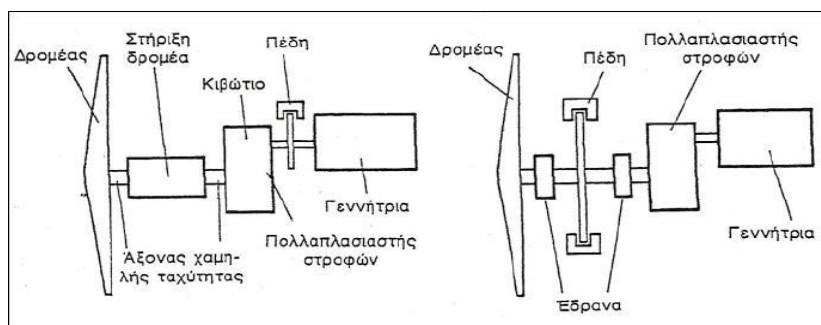
υαλόνημα και ξύλο, για τους μεσαίου μεγέθους υαλόνηματα σε πολλαπλές στρώσεις και εναλλαγή κατευθύνσεων, ενώ για τους μεγάλους χρησιμοποιούνται τεχνολογίες ελίκων αεροπλάνων (ανθρακονήματα κ.λπ.).

Η στήριξη των πτερυγίων του έλικα στον άξονα του δρομέα μπορεί να είναι σταθερή (πτερύγιο σταθερού βήματος) ή μεταβλητή, δηλαδή να είναι δυνατή η περιστροφή του στο σημείο έδρασης (πτερύγιο μεταβλητού βήματος). Επίσης το πτερύγιο μπορεί να αποτελείται από 2 τμήματα.: Ένα τμήμα σταθερό, στηριζόμενο στον άξονα και επιπλέον ένα ρυθμιζόμενο ακροπτερύγιο. Οι παραπάνω παραλλαγές είναι βασικής σημασίας για τον έλεγχο ισχύος – στροφών του δρομέα καθώς και για την ασφάλεια της λειτουργίας του.

Χώρος μηχανισμών: Περιλαμβάνει κυρίως:

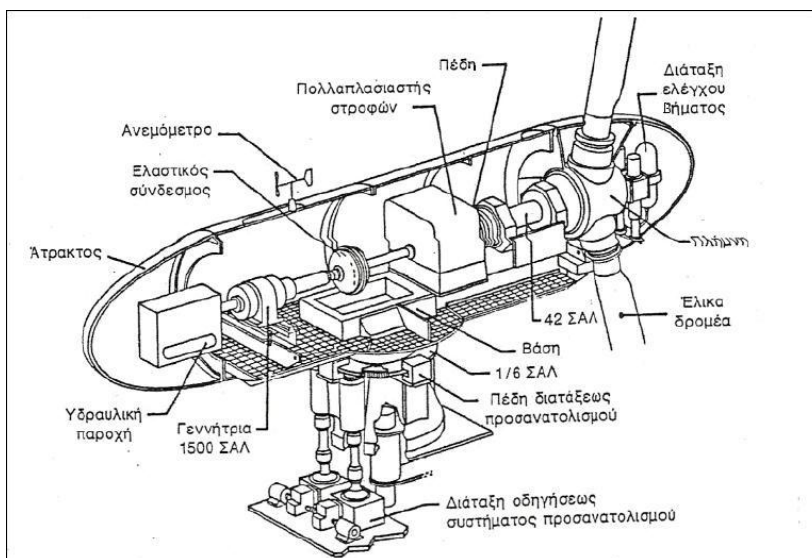
- Το σύστημα έδρασης του δρομέα στον πύργο
- Τον πολλαπλασιαστή στροφών
- Τη γεννήτρια
- Το φρένο καθώς και τους μηχανισμούς ελέγχου του βήματος των πτερυγίων, το σύστημα περιστροφής και προσανατολισμού προς την κατεύθυνση του ανέμου

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται δύο τυπικές διατάξεις, οι οποίες διαφέρουν κυρίως ως προς τον τρόπο έδρασης του δρομέα και τη θέση του φρένου. Υπάρχουν πολλές και σημαντικές παραλλαγές των διατάξεων του σχήματος ανάλογα και με το μέγεθος της Α/Γ. Π.χ. σε μικρές Α/Γ η έδραση του δρομέα γίνεται απευθείας στο κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών, ενώ έχει επιτευχθεί και η κατάργηση του πολλαπλασιαστή των στροφών με τη χρήση γεννήτριας με μεγάλο αριθμό πόλων.



Σχήμα 3-1: Διατάξεις κυρίων τμημάτων Α/Γ

Στο παρακάτω σχήμα αναπαρίσταται η άτρακτος, δηλ. ο χώρος των μηχανισμών



Σχήμα 3-2: Σχηματική παράσταση χώρου μηχανισμών (άτρακτος)

Κατακόρυφου άξονα

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι Α/Κ κατακόρυφου άξονα εκ των οποίων ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος είναι ο τύπου Darrieus (σχήμα 2.30)



Εικόνα 3-8: Α/Γ τύπου Darrieus

Στη συγκεκριμένη Α/Γ ο άξονας περιστροφής του δρομέα αποτελεί και τον πύργο στήριξης, ο οποίος συχνά προσδένεται με επιτόνους. Έχουν 2 ή 3 πτερύγια, των οποίων η διατομή είναι παρόμοια του οριζοντίου άξονα, αλλά παραμένει σταθερή καθ' όλο το μήκος τους. Μειονέκτημα της Α/Γ Darrieus είναι ότι έχει πολύ χαμηλή ροπή εκκινήσεως και η εκκίνηση του πρέπει να γίνεται και με άλλα μέσα.

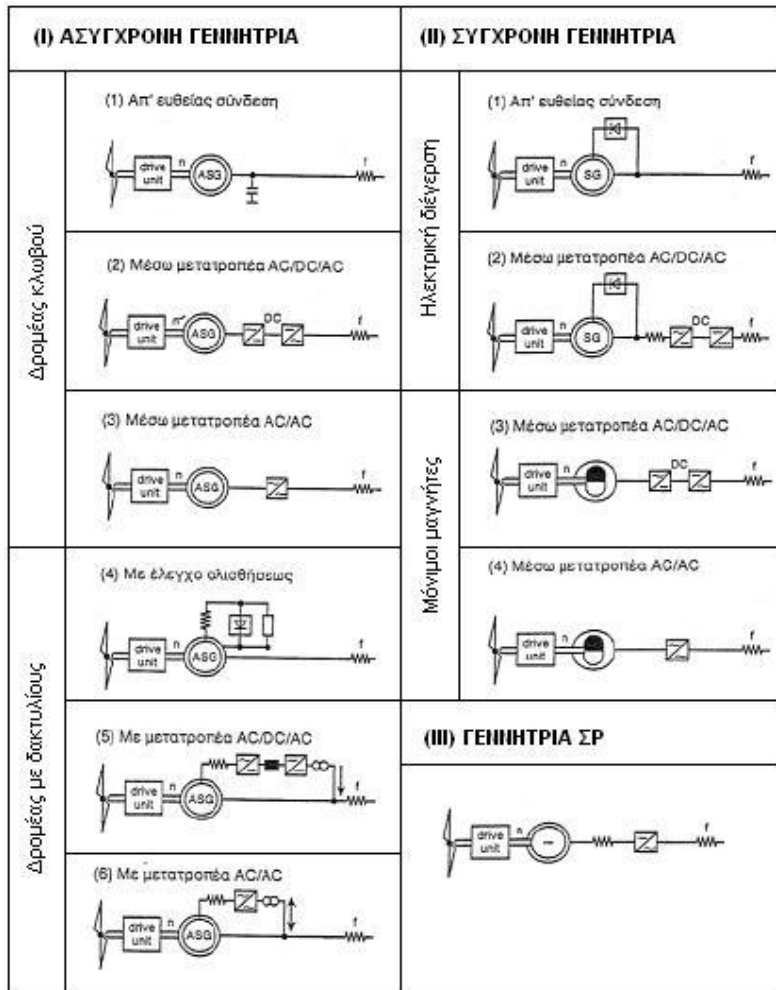
Ένας άλλος τύπος Α/Γ κατακόρυφου άξονα που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια είναι ο «μεταβαλλόμενης γεωμετρίας», στον οποίο με τη μεταβολή της γεωμετρίας του πτερυγίου (δεξιά στο σχήμα) επιτυγχάνεται ο έλεγχος των στροφών.

Οι Α/Γ κατακόρυφου άξονα παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούν σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα προς τη διεύθυνση του ανέμου καθώς επίσης ότι και η εγκατάσταση του συστήματος μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια (πολλαπλασιαστής στροφών, γεννήτρια) βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους στη βάση της Α/Γ. Γενικότερα οι Α/Γ κατακόρυφου άξονα είναι κατασκευαστικά απλούστεροι του οριζοντίου άξονα, πράγμα που αντισταθμίζει μερικά το μικρότερο αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος. Παρουσιάζουν όμως το σημαντικό μειονέκτημα ότι η ισχύς τους ταλαντώνεται έντονα λόγω της συνεχούς αλλαγής του βήματος των πτερυγίων κατά την περιστροφή τους.

Οπωσδήποτε η Α/Γ οριζοντίου άξονα συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα και αυτός κυρίως σήμερα αναπτύσσεται. Αυτός ο τύπος θα χρησιμοποιηθεί και στην παρούσα εργασία .

3.3.4 Τυπικές διαμορφώσεις

Στον παρακάτω πίνακα δείχνονται μία σειρά από χαρακτηριστικές διαμορφώσεις συστημάτων μετατροπής της μηχανικής ενεργείας σε ηλεκτρική, που έχουν εφαρμοστεί ή εξετάζεται η εφαρμογή τους.



Πίνακας 3-1: Τυπικές διαμορφώσεις ηλεκτρικού μέρους ανεμογεννητριών

I) Με Ασύγχρονη γεννήτρια, με δρομέα κλωβού, (για μικρά σχετικά μεγέθη Α/Γ) ή με τυλιγμένο δρομέα και δακτυλίους (για μέσου ή και μεγάλου μεγέθους Α/Γ).

1) Απ' ευθείας σύνδεση: Είναι το απλούστερο σύστημα μετατροπής, το οποίο χαρακτηρίζεται από το ότι απορροφά την απαιτούμενη άεργο ισχύ από το δίκτυο, πλήρως ή μερικώς αν εγκατασταθούν παράλληλα πυκνωτές. Οι στροφές της Α/Γ παραμένουν περίπου σταθερές και συγκεκριμένα αυξάνονται ολίγο (π.χ. κατά 1 -3%) με την αύξηση του φορτίου της Α/Γ.

2) Μέσω μετατροπέα Ανορθωτή-Αντιστροφέα: Η παραγόμενη από την Α/Γ τάση και ένταση EP μετατρέπεται σε ΣΡ (μέσω του Ανορθωτή) και ακολούθως μετατρέπεται (μέσω του Αντιστροφέα) σε τάση /ένταση EP 50 Hz. Η απαιτούμενη για τη διέγερση της ασύγχρονης γεννήτριας άεργος ισχύς μπορεί να παράγεται από πυκνωτές, εκτός

εάν ο ανορθωτής είναι ελεγχόμενος, οπότε και ο έλεγχος είναι καλύτερος. Η ροή ισχύος προς το δίκτυο ελέγχεται, μέσω του μετατροπέα, και κατά συνέπεια και οι στροφές (π.χ. μπορούν μεταβάλλονται από 0.8 – 1.2 φορές τις ονομαστικές).

3) Μέσω κυκλομετατροπέα: Η ροή αέργου ισχύος, για τη διέγερση της γεννήτριας από το δίκτυο είναι δυνατή. Ο έλεγχος (ενεργού) ισχύος και στροφών μπορεί να γίνεται όπως και στο 2.

4) Με έλεγχο της ολισθήσεως (στροφών), δια μεταβολής εσωτερικών αντιστάσεων σε σειρά με το τύλιγμα του δρομέα. Ο έλεγχος των αντιστάσεων γίνεται μέσω καταμητού (chopper). Η άεργος ισχύς για τη διέγερση λαμβάνεται από το δίκτυο.

Στη διαμόρφωση αυτή, όπως και τις επόμενες 5 και 6, είναι αναγκαία η χρησιμοποίηση μηχανής με τυλιγμένο δρομέα και δακτυλίους.

5) Με μετατροπέα AC/DC/AC στο δρομέα. Η γεννήτρια λειτουργεί συνήθως σε «υπέρ-σύγχρονες», στροφές (π.χ. 1,1 – 1,5 φορές την ονομαστική), παρέχοντας ενεργό ισχύ προς το δίκτυο από τον στάτη και το δρομέα. Η άεργος ισχύς για τη διέγερση της λαμβάνεται συνήθως από το δίκτυο.

6) Με μετατροπέα AC/AC διπλής κατευθύνσεως στον δρομέα. Η γεννήτρια μπορεί να λειτουργεί με ροή ενεργού ισχύος στον δρομέα από και προς το δίκτυο, να μην απορροφά άεργο ισχύ απ' αυτό και οι στροφές να είναι υπό- ή υπέρ-σύγχρονες (π.χ. 0.8 – 1.2 φορές ως ονομαστικές).

(II) Με Σύγχρονη γεννήτρια. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε μέσου και μεγάλου μεγέθους Α/Γ. Μπορούν να διακριθούν σε «ηλεκτρικά διεγερόμενες», (συνήθως αυτοδιεγερόμενες μέσω ανορθωτών) και με «μόνιμους μαγνήτες». Πλεονέκτημα των πρώτων είναι η δυνατότητα ελέγχου της διεγέρσεως και συνεπώς της παραγωγής αέργου ισχύος, ενώ οι δεύτερες είναι απλούστερες και στιβαρότερες.

1) Απ' ευθείας σύνδεση στο δίκτυο. Λειτουργούν βεβαίως μόνο με τη σύγχρονη ταχύτητα που επιβάλλεται από το δίκτυο, μπορεί όμως να ελέγχεται η ροή αέργου ισχύος.

2) Με μετατροπέα AC/DC/AC. Μπορεί να λειτουργεί με μεταβλητές στροφές (π.χ. 0,5 – 1,2 φορές τις σύγχρονες). Άεργος ισχύς για τον αντιστροφέα μπορεί να λαμβάνεται από το δίκτυο.

3) Με μόνιμους μαγνήτες και μετατροπέα AC/DC/AC. Μπορεί να λειτουργεί υπό μεταβλητές στροφές (π.χ. 0,7 – 1,2 φορές την ονομαστική).

4) Με μόνιμους μαγνήτες και μετατροπέα AC/AC διπλής κατευθύνσεως. Όπως και προηγουμένως αλλά περιορίζεται η απορρόφηση αέργου ισχύος από το δίκτυο.

(III) Με γεννήτρια ΣΡ. Γεννήτριες ΣΡ χρησιμοποιούνται σε μικρή έκταση, κυρίως για μικρού μεγέθους Α/Γ, ιδίως όταν γίνεται απ' ευθείας χρήση ΣΡ. Οποσδήποτε για την πληρότητα στο σχήμα 2.31 δείχνεται η περίπτωση Α/Γ με γεννήτρια ΣΡ, η οποία συνδέεται στο δίκτυο μέσω αντιστροφέα.

3.4 Συσσωρευτές [5]

3.4.1 Εισαγωγή

Από το 1800 που ο Alessandro Volta εφηύρε την πρώτη μπαταρία, τη βολταϊκή στήλη, δίνοντας παράλληλα και το όνομα του στο μέγεθος της τάσης, έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στο τομέα των συσσωρευτών. Από τις πρωτογενείς μη επαναφορτιζόμενες κυψέλες έχουμε φτάσει στις δευτερογενείς επαναφορτιζόμενες ηλεκτροχημικές διατάξεις που μπορούν να αποθηκεύσουν από πολύ μικρά μέχρι τεράστια ποσά ενέργειας.

Ειδικότερα ο συσσωρευτής είναι μια διάταξη που αποθηκεύει χημική ενέργεια, και σε ζήτηση, την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει ένα εξωτερικό κύκλωμα. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι αποτέλεσμα μια αυθόρμητης χημικής αλλαγής μέσα στον συσσωρευτή. Τα αντιδρώντα σωματίδια της οξειδοαναγωγής δεν πρέπει να αντιδρούν άμεσα αλλά να καταναλώνονται σε διαφορετικές θέσεις στον συσσωρευτή, δηλαδή στην άνοδο και στην κάθοδο και αυτό προκαλεί την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα σε εσωτερικό κύκλωμα μεταξύ των πόλων του συσσωρευτή. Πρακτικά ένας συσσωρευτής σχεδιάζεται και κατασκευάζεται για συγκεκριμένη χρήση. Για κάθε εφαρμογή είναι απαραίτητα τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή και αυτά θα καθορίσουν τις απαιτήσεις στις ηλεκτροδιακές αντιδράσεις και θα ορίσουν το σχέδιο του κελιού. Η λειτουργία του συσσωρευτή εξαρτάται από την γεωμετρία του κελιού, τον σχεδιασμό και τη σύσταση όλων των στοιχείων που αναγράφονται παράλληλα με την επιλογή των ηλεκτροδιακών αντιδράσεων και την κινητική τους. Η ποικιλία των προδιαγραφών των συσσωρευτών καλύπτεται από την παραγωγή του ίδιου βασικού συστήματος σε διαφορετικά μεγέθη.

Για να λειτουργεί αποτελεσματικά ένας συσσωρευτής πρέπει να αποδίδει σωστά σε οποιαδήποτε χρήση και για αυτό το λόγο απαιτείται να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να κριθεί αν ένας συσσωρευτής είναι σωστός για μία δεδομένη εφαρμογή. Επίσης σε μερικές περιπτώσεις δεν υπάρχει το άριστο σύστημα συσσωρευτή με όλες τις απαιτούμενες ιδιότητες. Επομένως γίνεται προφανές ότι τα διάφορα χαρακτηριστικά των συσσωρευτών είναι αλληλένδετα μεταξύ τους και η αλλαγή στον σχεδιασμό για την βελτίωση του ενός θα έχει αντίθετο αποτέλεσμα στο άλλο.

3.4.2 Βασικά Χαρακτηριστικά Συσσωρευτών

A) Δυναμικό

Το δυναμικό των πόλων ενός συσσωρευτή εξαρτάται από την αλλαγή της ελεύθερης ενέργειας στην συνολική αντίδραση του κελλιού, και επομένως την επιλογή των ηλεκτροδιακών αντιδράσεων, τις κινητικές του και την αντίσταση του κελλιού.

B) Ρεύμα

Το ρεύμα είναι ένα μέτρο του ρυθμού με τον οποίο εκφορτίζεται ο συσσωρευτής. Το ρεύμα και το δυναμικό είναι συσχετισμένα, αλλά η ικανότητα να μεταφερθεί υψηλό ρεύμα χωρίς μείωση του δυναμικού εξαρτάται από το πόσο ταχείες είναι οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις και από το σωστό σχεδιασμό του ενεργού υλικού.

Γ) Χωρητικότητα

Ως χωρητικότητα ορίζουμε το φορτίο που μπορεί να αποκτηθεί από έναν συσσωρευτή. Έτσι συνήθως αναφέρεται με μονάδες ampere hours – αμπερώρια και προφανώς έχει σχέση με το μέγεθος του συσσωρευτή. Η χωρητικότητα του συσσωρευτή καθορίζεται από το ηλεκτρόδιο με τη μικρότερη χωρητικότητα. Η οριζόντια καμπύλη εκφόρτισης και η δυνατότητα του κελλιού να αποδίδει την αναμενόμενη χωρητικότητα σε αυξημένους ρυθμούς εκφόρτισης είναι πολύ σημαντικές ιδιότητες του συσσωρευτή

Δ) Πυκνότητα Αποθήκευσης Ηλεκτρισμού

Αυτή η παράμετρος είναι ένα μέτρο του φορτίου, ανά βάρος, αποθηκευμένος στον συσσωρευτή, δηλαδή η χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους.

Ε) Κύκλος ζωής

Οι μη επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές σχεδιάζονται για μια μόνη εκφόρτιση ενώ οι επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές είναι για επαναλαμβανόμενους κύκλους φορτίσεων/εκφορτίσεων. Ο κύκλος ζωής πολύ συχνά σχετίζεται με το ποσοστό κάθε εκφόρτισης και αυτό υπονοεί ότι όταν γίνεται πλήρης εκφόρτιση πολλές φορές καταστρέφονται τα ηλεκτρόδια του συσσωρευτή. Οι περισσότερες κοινές περιπτώσεις αστοχίας είναι:

- 1) Διάβρωση των επαφών
- 2) Διαφυγή ενεργού υλικού από τις πλάκες
- 3) Βραχυκύκλωμα μεταξύ των ηλεκτροδίων εξαιτίας κρυστάλλων που δημιουργούνται
- 4) Εξαιτίας αλλαγής της μορφολογίας των υλικών.

Έτσι ο συσσωρευτής μπορεί να χάσει τη λειτουργικότητα του σταδιακά ή να σταματήσει να λειτουργεί απότομα.

ΣΤ) Συμπεριφορά κατά την υπερφόρτιση

Με τους επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές δεν είναι πάντα εύκολο να γίνεται φόρτιση τον κατάλληλο χρόνο. Όταν υπάρχει υπερφόρτιση είναι σημαντικό οι αντιδράσεις να μην προκαλούν κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης και να μην καταστρέφουν το ενεργό υλικό.

Ζ) Αποθήκευση

Είναι απαραίτητο οι συσσωρευτές να αποθηκεύονται, πολλές φορές για πολλά χρόνια, χωρίς να αποφορτίζονται μόνοι τους ή να διαβρώνεται ο ρευματογωγός τους.

3.4.3 Εξαρτήματα Συσσωρευτών

A) Περίβλημα

Το περίβλημα πρέπει να αντέχει τις διαβρωτικές συνθήκες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του συσσωρευτή, να έχει μηχανική αντοχή, να είναι φθηνό και ελαφρύ και να έχει απλό τρόπο σφραγίσματος.

B) Διαχωριστικά

Το διαχωριστικό πρέπει να είναι χημικά σταθερό υλικό σε σχέση με τον ηλεκτρολύτη και τα άλλα ενεργά υλικά στην θερμοκρασία λειτουργίας.

Γ) Ρευματοσυλλέκτες

Για να έχει ένας συσσωρευτής μια αποδεκτή χωρητικότητα το ενεργό υλικό είναι σχεδόν πάντα ένα παχύ στρώμα από μια πορώδη πάστα από σωματίδια και η ηλεκτρονική αγωγιμότητα αυτής της μάζας είναι σπάνια και πολύ υψηλή. Έτσι είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας ρευματοσυλλέκτης που είναι συνήθως ένα πλατύ φύλλο ή πλέγμα για να παρέχει έναν αγωγίμο δρόμο μέσα από την πάστα και έτσι να μειώνει την αντίσταση του συσσωρευτή. Επίσης ο ρευματοσυλλέκτης λειτουργεί και ως μηχανική υποστήριξη της ενεργού μάζας που αλλιώς έχει εύθραυστη δομή.

Δ) Ηλεκτρολύτης

Η επιλογή του ηλεκτρολύτη ορίζεται από τις αντιδράσεις των ηλεκτροδίων και την συγκέντρωσή τους. Έτσι ελέγχονται τα δυναμικά των πλακών, η αντίσταση του ηλεκτρολύτη, το ιξώδες του και επόμενα ο ρυθμός διάχυσης, επίσης οι διαφορές στις συγκεντρώσεις των φορέων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού των πόρων της ενεργού δράσης.

Ε) Ενεργά Υλικά

Για να λειτουργήσει ο συσσωρευτής με ικανοποιητικό ρυθμό εκφόρτισης και με χωρητικότητα θα πρέπει τα ηλεκτροαρνητικά σωματίδια να υπάρχουν άμεσα στις θέσεις για να γίνει μεταφορά ηλεκτρονίων και σε ικανές ποσότητες. Στους περισσότερους συσσωρευτές αυτά τα όρια ικανοποιούνται με την χρήση στερεών

αντιδρώντων και στους επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές το προϊόν των ηλεκτροδιακών δράσεων είναι επίσης στερεό.

3.4.4 Τύποι Επαναφορτιζόμενων Συσσωρευτών [9],[10]

Οι κυριότεροι τύποι επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως τις παρούσας εργασίας είναι οι εξής:

A) Μπαταρίες Μολύβδου Οξέως

Οι μπαταρίες μολύβδου οξέως (lead – acid), που εφευρέθηκαν το 1859, αποτελούν την παλαιότερη και πιο διαδεδομένη μορφή επαναφορτιζόμενων ηλεκτροχημικών συσκευών. Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε αυτόνομα υβριδικά συστήματα και αποτελούν πλέον ώριμη τεχνολογία. Στην κατάσταση πλήρους φόρτισης αποτελούνται από ένα ηλεκτρόδιο μολύβδου

(άνοδος) και ένα ηλεκτρόδιο διοξειδίου του μολύβδου (κάθοδος) βυθισμένα σε έναν ηλεκτρολύτη με περιεκτικότητα περίπου 37% σε θεικό οξύ. Σε κατάσταση πλήρους εκφόρτισης και τα δύο ηλεκτρόδια αποτελούνται από θεικό μολύβδο, η τάση στα άκρα του στοιχείου μηδενίζεται και ο ηλεκτρολύτης δεν περιέχει πλέον θεικό οξύ και ουσιαστικά μετατρέπεται σε νερό.

Ανάλογα με τον τύπο της ανόδου οι μπαταρίες διακρίνονται σε τύπου Manchex, σωληνωτού τύπου και τύπου λεπτής επίπεδης πλάκας. Η ονομαστική τάση κάθε κελιού είναι περίπου 2 Volt. Με κριτήριο τη λειτουργία, οι δύο κύριοι τύποι μπαταριών μολύβδου οξέως είναι οι flooded batteries και οι VRLA. Στις πρώτες ο ηλεκτρολύτης είναι σε υγρή μορφή και απαιτείται συστηματική προσθήκη αποσταγμένου νερού για σωστή λειτουργία. Σε περίπτωση

υπερφόρτισης παρατηρείται υπερβολική ηλεκτρόλυση του νερού με ταυτόχρονη εκπομπή υδρογόνου και οξυγόνου από κάθε κελί, αέρια που συνιστούν ένα εκρηκτικό μίγμα. Για αυτό το λόγο απαιτείται η παρουσία μηχανισμού που σταματά τη διαδικασία φόρτισης όταν η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη (trickle charge). Οι μπαταρίες VRLA διαφέρουν στο ότι σφραγίζονται με μία βαλβίδα ελέγχου της πίεσης και στο ότι ο ηλεκτρολύτης είναι ακινητοποιημένος σε μορφή gel ή σε απορροφητικό γυαλί (absorbent glass mat). Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των τελευταίων είναι η

δραματική μείωση της απαιτούμενης συντήρησης, η μη εκπομπή όξινων αερίων, το μικρότερο βάρος και η πιο εύκολη τοποθέτηση, ενώ μειονέκτημα αποτελεί το μεγαλύτερο κόστος. Η βασικότερη αιτία της τόσο ευρείας διάδοσης των μπαταριών μολύβδου οξέως είναι το μικρό κόστος τους συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες μπαταριών (\$200 – 400 ανά kWh), σε συνδυασμό με την εμπορική διαθεσιμότητα, αλλά και η πολυετής συσσωρευμένη λειτουργική εμπειρία. Επιπρόσθετα, οι μπαταρίες αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλούς βαθμούς απόδοσης (roundtrip efficiency) της τάξης του 70 - 90%, καθώς και από υψηλή αξιοπιστία. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο ρυθμός αστοχίας των μπαταριών μολύβδου οξέως είναι μικρότερος από 0,25% . Επίσης, πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής είναι οι μικροί ρυθμοί αυτοεκφόρτισης που παρουσιάζει και η εξαιρετική συμπεριφορά στην παροχή βηματικής τάσης. Για τον τελευταίο λόγο οι μπαταρίες αυτές μπορούν να παρακολουθήσουν αποτελεσματικά τις γρήγορες αλλαγές του φορτίου, ιδιότητα που τις καθιστά κατάλληλες για εφαρμογές ποιότητας ισχύος, UPS, διατήρησης στρεφόμενης εφεδρείας και για power bridging σε υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούν ΑΠΕ. Από την άλλη μεριά, οι εφαρμογές τους για διαχείριση ενέργειας μεγάλης κλίμακας είναι πολύ περιορισμένες εξαιτίας της μικρής διάρκειας ζωής τους και της χαμηλής ειδικής ενέργειας, που εν γένει κυμαίνεται μεταξύ 25 και 50 Wh/kg. Επιπρόσθετα αρνητικά χαρακτηριστικά αποτελούν η μειωμένη απόδοση σε πολύ χαμηλές και πολύ υψηλές θερμοκρασίες (σύννηθες θερμοκρασιακό εύρος -20 οC έως 50 οC), η χρήση μη φιλικών προς το περιβάλλον υλικών, η ανάγκη για συχνή αναπλήρωση νερού και το συνιστώμενο μικρό βάθος εκφόρτισης. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι μπαταρίες μολύβδου οξέως είναι ελκυστικές ως διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας για εφαρμογές ισχύος 100 kW έως 10 MW.

B) Μπαταρίες Νικελίου Καδμίου

Οι μπαταρίες νικελίου καδμίου (NiCd) κατατάσσονται μαζί με τις μολύβδου οξέως από άποψη δημοτικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας, αφού χρησιμοποιούνται για περίπου εκατό χρόνια. Τα κελιά αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια, ηλεκτρολύτη με υδροξείδιο του καλίου και ένα διαχωριστή, ενώ συνήθως περικλείονται σε μεταλλική θήκη που σφραγίζεται με μία πλάκα εφοδιασμένη με βαλβίδα ασφαλείας. Το θετικό και το αρνητικό ηλεκτρόδιο απομονωμένα το ένα από το άλλο μέσω του διαχωριστή τυλίγονται σε σπιράλ σχήμα μέσα στη θήκη. Σε κατάσταση πλήρους φόρτισης το

θετικό ηλεκτρόδιο περιέχει υδροξείδιο του νικελίου και το αρνητικό κάδμιο. Η ονομαστική τάση εκφόρτισης του κελιού είναι 1,2 Volt σε ρυθμό εκφόρτισης 0,2C και ελαττώνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας.

Συγκριτικά με τις μπαταρίες μολύβδου οξέως, οι νικελίου καδμίου έχουν μεγαλύτερες τιμές ειδικής ενέργειας (50-75 Wh/kg), μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (2000 – 2500 κύκλοι), υποστηρίζουν υψηλότερους ρυθμούς φόρτισης και εκφόρτισης, αλλά έχουν μικρότερη απόδοση (60 – 75%) είναι και πιο ακριβές. Επιπλέον πλεονεκτήματα τους αποτελούν η αυξημένη αξιοπιστία και οι πολύ μικρές ανάγκες συντήρησης, η δυνατότητα βαθιάς εκφόρτισης και η εξαιρετική παροχή βηματικής τάσης. Για τους λόγους αυτούς είναι γενικά κατάλληλες για φορητές συσκευές, φωτισμό έκτακτης ανάγκης, UPS και εκκίνηση κινητήρων. Ωστόσο, σήμερα οι φορητές συσκευές όπως τα κινητά τηλέφωνα και οι φορητοί υπολογιστές χρησιμοποιούν άλλες τεχνολογίες ηλεκτροχημικής αποθήκευσης. Η τεχνολογία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής. Έχουν εγκατασταθεί υβριδικά συστήματα που διαθέτουν μπαταρίες νικελίου καδμίου ως διατάξεις αποθήκευσης, όπως το υβριδικό σύστημα στο Wales της Αλάσκας. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερης ισχύος σύστημα ηλεκτροχημικής αποθήκευσης παγκοσμίως έχει εγκατασταθεί στο Golden Valley της Αλάσκας και χρησιμοποιεί μπαταρίες NiCd. Αποτελείται από τέσσερις συστοιχίες μπαταριών με 3440 κελιά η καθεμία και έχει ικανότητα απόδοσης ισχύος 40 MW για 7 min ή 27MW για 15 min. Το βασικό μειονέκτημα τους είναι το σχετικά υψηλό κόστος (\$1000/kWh) εξαιτίας της ακριβής κατασκευαστικής διαδικασίας. Επιπλέον, το κάδμιο είναι ένα βαρύ τοξικό μέταλλο που εισάγει προβλήματα διάθεσης και ανακύκλωσης των μπαταριών νικελίου καδμίου. Αρνητικό χαρακτηριστικό αποτελεί και το φαινόμενο μνήμης (memory effect) σύμφωνα με το οποίο όταν μία μπαταρία NiCd φορτίζεται και εκφορτίζεται εκατοντάδες φορές σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό της ονομαστικής χωρητικότητας, τείνει να το «θυμάται» και τελικά μπορεί να εκφορτιστεί αποτελεσματικά μόνο μέχρι το ποσοστό αυτό. Στην πραγματικότητα, στο σημείο που άρχιζε η επαναφόρτιση παρατηρείται μία δραματική μείωση της τάσης της μπαταρίας, σαν να ήταν πλήρως εκφορτισμένη, ενώ πρωτογενώς η χωρητικότητα δεν μειώνεται σημαντικά. Ωστόσο, εάν το σύστημα που ηλεκτροδοτείται από την μπαταρία δε μπορεί να λειτουργήσει κατά τη διάρκεια της χαμηλής τιμής της τάσης, είναι αδύνατο να αξιοποιήσει όλη την αποθηκευμένη ενέργεια, οπότε πρακτικά η μπαταρία εμφανίζει μειωμένη χωρητικότητα. Αν

παρατηρηθεί το memory effect, μπορεί να εξαλειφθεί μετά από μία σειρά πλήρων εκφορτίσεων της μπαταρίας.

Γ) Μπαταρίες Νικελίου Υδριδίου Μετάλλου

Οι μπαταρίες υδριδίου μετάλλου (NiMH) αποτελούν επέκταση της τεχνολογίας που εφαρμοζόταν στις μπαταρίες νικελίου καδμίου με την κύρια διαφορά να εντοπίζεται στην πλάκα της ανόδου που κατασκευάζεται από υδρίδιο ενός μετάλλου Μ.

Η χρήση υδριδίου του μετάλλου αντί για κάδμιο εκμηδενίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μπαταριών NiCd, ενώ παράλληλα περιορίζεται η επίδραση του φαινομένου μνήμης, το οποίο εδώ αποκαλείται lazy effect. Υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμες μπαταρίες που παρουσιάζουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 1000 κύκλους εκφόρτισης σε βάθος 80%. Η ειδική ενέργεια των μπαταριών NiMH είναι εν γένει 30 – 50% μεγαλύτερη από των μπαταριών NiCd, με μία αντιπροσωπευτική τιμή 70 Wh/kg. Το σημαντικότερο μειονέκτημα έναντι της τεχνολογίας NiCd είναι τα υψηλότερα ποσοστά αυτοεκφόρτισης που κυμαίνεται μεταξύ 5 – 10% την πρώτη μέρα και σταθεροποιείται περίπου σε 0,5 – 1% την ημέρα σε θερμοκρασία δωματίου. Επιπλέον μειονεκτήματα είναι η χαμηλή αποδοτικότητα των κελίων τους, ο σχετικά χαμηλός βαθμός αξιοπιστίας, η υψηλή θερμοκρασία που δημιουργείται κατά την φόρτιση και το υψηλό τους κόστος, το οποίο όμως αναμένεται να μειωθεί δραματικά στο μέλλον.

Η τεχνολογία NiMH έχει φτάσει σε μεγάλο βαθμό ωριμότητας για μία ποικιλία εμπορικών εφαρμογών μεταξύ των οποίων εφαρμογές μικρής ισχύος όπως κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές και εργαλεία με κινητήρα, μέχρι εφαρμογές μεγάλης ισχύος όπως αεροδιαστημικές εφαρμογές και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα. Ακόμα, μέχρι σήμερα έχουν υλοποιηθεί επιτυχώς μερικά αποθηκευτικά συστήματα μεγάλης κλίμακας με τεχνολογία NiMH για σταθερά συστήματα εφεδρείας ηλεκτρικής ισχύος και εφαρμογές διεσπαρμένης παραγωγής. Παράλληλα, γίνονται δοκιμαστικές εφαρμογές της τεχνολογίας ως αποθηκευτικό μέσο σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, ως εφεδρεία σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα, καθώς και σε συστήματα κάλυψης αιχμής (peak shaving).

Δ) Μπαταρίες Νατρίου Θείου

Οι μπαταρίες νατρίου – θείου (NaS) αποτελούν μία νέα τεχνολογία αποθήκευσης που προς το παρόν καταλαμβάνει ένα σχετικά μικρό μερίδιο της αγοράς, αλλά εκτιμάται ότι στο μέλλον θα γίνει εξαιρετικά δημοφιλής. Κατασκευαστικά περιλαμβάνουν ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο με ενεργά στοιχεία τηγμένο θείο και τηγμένο νάτριο αντίστοιχα, τα οποία διαχωρίζονται από έναν στερεό κεραμικό ηλεκτρολύτη από β-οξειδίου του αργιλίου (solid beta alumina ceramic electrolyte), ο οποίος επιτρέπει μόνο στα θετικά ιόντα νατρίου να περάσουν διαμέσου αυτού.

Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης ενός κελιού, το νάτριο δίνει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα παρέχοντας τάση περίπου 2 Volt, ενώ τα κατιόντα νατρίου που προκύπτουν μετακινούνται μέσω του ηλεκτρολύτη προς το ηλεκτρόδιο τηγμένου θείου σχηματίζοντας πολυθειούχο νάτριο. Αυτή η διαδικασία είναι αντιστρέψιμη, καθώς κατά τη φόρτιση το εξωτερικό ρεύμα αναγκάζει το πολυθειούχο νάτριο να ελευθερώσει το κατιόν νατρίου στον ηλεκτρολύτη, ώστε να γίνει πάλι στοιχειακό νάτριο στο αρνητικό ηλεκτρόδιο.

Στα θετικά της τεχνολογίας συμπεριλαμβάνονται οι μεγάλες τιμές πυκνότητα ενέργειας και ισχύος που κυμαίνονται μεταξύ 100-240 Wh/kg και 150-230 W/kg αντίστοιχα. Η τυπική διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 2500 κύκλοι, χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση (75-90%) και από ικανότητα παροχής βηματικής ισχύος για 30 sec πάνω από έξι φορές μεγαλύτερη από την συνεχή ονομαστική ικανότητα. Η τελευταία ιδιότητα καθιστά κατάλληλες και οικονομικές τις μπαταρίες NaS σε εφαρμογές που συνδυάζουν ποιότητα ισχύος και κάλυψη φορτίου. Ακόμα, εξαιτίας της ύπαρξης του κεραμικού ηλεκτρολύτη που χαρακτηρίζεται από μηδενική αγωγιμότητα ηλεκτρονίων, εξαλείφεται το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιούν υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, το κόστος τους θεωρείται σχετικά χαμηλό (\$350/kWh), οι ανάγκες συντήρησης ασήμαντες και η περίοδος λειτουργίας πολύ ικανοποιητική. Από την άλλη μεριά, σημαντικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αποτελεί η μη καταλληλότητα της για συγκεκριμένες εφαρμογές, δεδομένης της ανάγκης να διατηρείται η θερμοκρασία λειτουργίας τους σε υψηλά επίπεδα (μεταξύ 300 °C και 350 °C), ώστε να είναι δυνατή η πραγματοποίηση του ηλεκτροχημικού φαινομένου. Σε γενικές γραμμές οι μπαταρίες NaS είναι περισσότερο κατάλληλες για σταθερές εφαρμογές

μεγάλης ισχύος και μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί για κάλυψη φορτίου (load leveling), peak shaving, παροχή έκτακτης ισχύος, UPS, βελτίωση ποιότητας ισχύος σε βιομηχανικές μονάδες και υποβοήθηση μονάδων ΑΠΕ. Η μεγαλύτερης ισχύος εγκατάσταση μπαταριών NaS της τάξεως 34 MW/245MWh για σταθεροποίηση της ισχύος εξόδου αιολικού πάρκου 51 MW βρίσκεται στη βόρεια Ιαπωνία.

E) Μπαταρίες Τεχνολογίας Λιθίου

Οι μπαταρίες που βασίζονται στο λίθιο συνιστούν μία σχετικά νέα τεχνολογία η οποία σήμερα εφαρμόζεται κυρίως σε φορητές συσκευές, αλλά στο σύντομο μέλλον αναμένεται η χρήση τους σε υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα. Η τεχνολογία περιλαμβάνει δύο κύριους τύπους μπαταριών: τις ιόντων λιθίου (**Li-ion**) και τις λιθίου πολυμερούς (**Li-poly**). Στις πρώτες, η κάθοδος κατασκευάζεται από μεταλλικό οξείδιο λιθίου που συνήθως είναι LiCoO_2 , LiMO_2 ή LiNiO_2 , η άνοδος από γραφιτικό άνθρακα με δομή στοιβάδας, ενώ ο ηλεκτρολύτης από τη διάλυση αλάτων λιθίου (όπως το LiPF_6) σε οργανικούς ανθρακικούς διαλύτες. Κατά τη φάση της φόρτισης, τα άτομα λιθίου στην κάθοδο μετατρέπονται σε ιόντα και μετακινούνται διαμέσου του ηλεκτρολύτη προς την άνοδο, όπου συνδυάζονται με ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα και τοποθετούνται ως άτομα λιθίου μεταξύ των ανθρακικών στοιβάδων. Αυτή η διαδικασία αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης. Η σημαντικότερη διαφορά των μπαταριών Li-poly είναι ότι ο διαλύτης είναι από στερεό πολυμερές και χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και ως διαχωριστής.

Το βασικότερο πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι οι πολύ υψηλές τιμές ειδικής ενέργειας που κυμαίνονται μεταξύ 80 – 150 Wh/kg για τις μπαταρίες Li-ion και 100 – 150Wh/kg για τις Li-poly, καθώς και οι πολύ μεγάλοι βαθμοί απόδοσης που μπορεί να αγγίξουν και το 100% . Πιο συγκεκριμένα, οι μπαταρίες Li-ion εμφανίζουν αξιοσημείωτη διάρκεια ζωής συνδυασμένη με αρκετά βαθιές εκφορτίσεις, καθώς 3000 κύκλοι φόρτισης-εκφόρτισης με βάθη εκφόρτισης 80% αποτελούν τυπικές τιμές. Επιπρόσθετα πλεονεκτήματα αποτελούν ο χαμηλός ρυθμός αυτοεκφόρτισης (<5% ανά μήνα), η μικρή ανάγκη για συντήρηση και η ικανότητα παροχής ρευμάτων πολύ υψηλής τιμής. Ωστόσο, η διάρκεια ζωής τους επηρεάζεται αρνητικά σε μεγάλο βαθμό από τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ μπορεί να μειωθεί δραστικά σε περίπτωση υπερβολικά βαθιάς εκφόρτισης, γεγονός που τις καθιστά ακατάλληλες για εφαρμογές εφεδρείας. Επιπλέον αρνητικά στοιχεία αποτελούν ο περιορισμένος ρυθμός φόρτισης

και εκφόρτισης για λόγους αποφυγής δημιουργίας metalliclithium plating και η μεγάλη ευαισθησία σε περίπτωση υπερφόρτισης. Οι μπαταρίες Li-poly πλεονεκτούν έναντι των Li-ion από άποψη βάρους και ασφάλειας, καθώς σε αντίθεση με τις τελευταίες δεν εμφανίζουν κίνδυνο αυτανάφλεξης. Από την άλλη μεριά, το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάζουν είναι η περιορισμένη διάρκεια ζωής (περίπου 600 κύκλοι) και το πιο στενό θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας σε σχέση με τις μπαταρίες Li-ion.

Κοινό πλεονέκτημα και των δύο τεχνολογιών είναι ότι η ονομαστική τάση του κελιού είναι 3,7 Volt, δηλαδή μεγαλύτερη από τις άλλες τεχνολογίες. Για αυτό το λόγο απαιτείται η σύνδεση μικρότερου αριθμού κελιών σε σειρά ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο τάσης, οδηγώντας ίσως έτσι σε μικρότερο τελικό κόστος κατασκευής. Αντίθετα, σημαντικό κοινό μειονέκτημα συνιστά ο μικρότερος βαθμός αξιοπιστίας συγκριτικά με τις συμβατικές τεχνολογίες μολύβδου οξέως και νικελίου καδμίου. Σήμερα, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου καλύπτουν το 50% της αγοράς των μικρών φορητών συσκευών αν και υπάρχουν προκλήσεις για την επέκτασή τους σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος. Το μεγαλύτερο εμπόδιο είναι το μεγάλο κόστος εξαιτίας της ακριβής παραγωγής και συσκευασίας, καθώς και της παρουσίας ειδικών κυκλωμάτων προστασίας από υπερφόρτιση.

Σήμερα η έρευνα στις μπαταρίες τεχνολογίας λιθίου επικεντρώνεται κυρίως στη μείωση του κόστους που κυμαίνεται γενικά μεταξύ \$900 - \$1300/kWh με τη χρήση φθηνότερων υλικών, την αύξηση της διάρκειας ζωής και τη μείωση του κινδύνου αυτανάφλεξης στην περίπτωση της τεχνολογίας Li-ion.

ΣΤ) Μπαταρίες Ροής

Οι μπαταρίες ροής οξειδοαναγωγής (redox flow batteries), ή πιο απλά μπαταρίες ροής, συνιστούν μία σχετικά νέα τεχνολογία ηλεκτροχημικής αποθήκευσης με δυνατότητα επαναφόρτισης. Σε γενικές γραμμές, αποτελούνται από έναν αριθμό ηλεκτροχημικών κυψελών, δύο ηλεκτρολύτες και δύο δεξαμενές για την αποθήκευσή τους. Κάθε κυψέλη περιλαμβάνει δύο διαμερίσματα, την άνοδο και την κάθοδο, που χωρίζονται από μία μεμβράνη ανταλλαγής ιόντων και είναι ένα για κάθε ηλεκτρολύτη. Με τη βοήθεια αντλιών οι δύο ηλεκτρολύτες κυκλοφορούν διαμέσου των κυψελών και καθώς περνάνε από τη μεμβράνη ο ένας ηλεκτρολύτης οξειδώνεται και ο άλλος ανάγεται, με αποτέλεσμα την παραγωγή ρεύματος στο εξωτερικό

κύκλωμα. Με αυτόν τον τρόπο η αποθηκευμένη χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική κατά τη φάση της εκφόρτισης. Η χρήση των αντλιών έχει σαν συνέπεια κάποιες παρασιτικές απώλειες στη διάταξη, αλλά παράλληλα συνεισφέρει στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα.

Σε αντίθεση με τις συμβατικές μπαταρίες, οι μπαταρίες ροής αποθηκεύουν ενέργεια στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη και επιπλέον η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας είναι ανεξάρτητη από την ικανότητα παροχής ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, η χωρητικότητα αποθήκευσης καθορίζεται από την ποσότητα του διαθέσιμου ηλεκτρολύτη και το μέγεθος των δεξαμενών, ενώ η ικανότητα απόδοσης ισχύος εξαρτάται από το ενεργό εμβαδό της στοιβας των κυψελών. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ηλεκτρολυτών που ορίζουν ισάριθμες κατηγορίες μπαταριών ροής: ηλεκτρολύτης θειικού οξέως με vanadium redoxcouples, ηλεκτρολύτης βρωμιούχου ψευδαργύρου και ηλεκτρολύτης βρωμιδίου του νατρίου /πολυθειούχου νατρίου.

Οι τρεις τύποι μπαταριών ροής παρουσιάζουν κάποια κύρια κοινά χαρακτηριστικά. Αρχικά, υπάρχει η δυνατότητα παροχής μεγάλων ποσών ισχύος, αλλά και η δυνατότητα συνεχούς απόδοσης ενέργειας για μεγάλα χρονικά διαστήματα έως και δέκα ώρες. Κατά δεύτερο λόγο, επιτρέπεται η ευέλικτη διαστασιολόγηση του συστήματος αποθήκευσης δεδομένου ότι η χωρητικότητα και η ικανότητα απόδοσης ισχύος είναι ανεξάρτητα μεγέθη. Επιπρόσθετα, οι μπαταρίες ροής εμφανίζουν γρήγορη απόκριση και μπορούν να μεταβούν από λειτουργία φόρτισης σε λειτουργία εκφόρτισης σε περίπου 1 ms επειδή η διάρκεια των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής είναι πολύ μικρή. Ακόμα, οι ηλεκτρολύτες μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα, ενώ η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος επιτυγχάνεται απλά με την προσθήκη μεγαλύτερων δεξαμενών και περισσότερο ηλεκτρολύτη. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα αποθήκευσης δεν υποφέρουν από αυτοεκφόρτιση αφού οι ηλεκτρολύτες είναι αποθηκευμένοι ξεχωριστά και δε μπορούν να αντιδράσουν. Στις αρνητικές ιδιότητες της τεχνολογίας συγκαταλέγονται ο χαμηλός βαθμός απόδοσης λόγω των απωλειών από τη χρήση των αντλιών και των απωλειών των χημικών αντιδράσεων, οι χαμηλές τιμές ειδικής ενέργειας και το αυξημένο κόστος κτήσης και λειτουργικό κόστος.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι τρεις κυριότερες τεχνολογίες μπαταριών ροής:

A) Vanadium Redox Battery (VRB)

Αυτός ο τύπος μπαταρίας αποθηκεύει ενέργεια με τη χρήση οξειδοαναγωγικών ζευγών βαναδίου (vanadium redox couples) που περιέχονται σε ήπιο διάλυμα ηλεκτρολύτη θειικού οξέως. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης και της εκφόρτισης ανταλλάσσονται κατιόντα υδρογόνου μεταξύ των δύο ηλεκτρολυτών διαμέσου της περατής μεμβράνη πολυμερούς. Η τάση κάθε κυψέλης κυμαίνεται μεταξύ 1,4 – 1,6 Volt και ο βαθμός απόδοσης μπορεί να είναι έως και 85%. Σημαντικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας VRB είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής υπό καθεστώς βαθιών εκφορτίσεων, καθώς έχουν αναφερθεί διάρκειες ζωής έως και πάνω από 10.000 κύκλους με βάθη εκφόρτισης 75%. Επιπλέον η θερμοκρασία λειτουργίας είναι κανονική και τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Αρνητικό της τεχνολογίας αποτελεί η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας με τιμές μεταξύ 10 – 30 Wh/kg. Οι μπαταρίες VRB είναι κατάλληλες για μία γκάμα εφαρμογών αποθήκευσης ενέργειας για επιχειρήσεις ηλεκτρισμού και για βιομηχανικούς καταναλωτές. Αυτές περιλαμβάνουν βελτίωση ποιότητας ισχύος με εξομάλυνση της τάσης, UPS, κάλυψη αιχμής (peak shaving), αύξηση της ασφάλειας τροφοδοσίας και ενσωμάτωση με συστήματα ΑΠΕ. Η πλειονότητα των έργων ανάπτυξης της τεχνολογίας εστιάζει σε σταθερές εφαρμογές εξαιτίας της χαμηλής πυκνότητας ενέργειας. Η τεχνολογία VRB αποτέλεσε καινοτομία του πανεπιστημίου του New South Wales της Αυστραλίας στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος μπαταρίας ροής. Συστήματα VRB ικανότητας ισχύος έως 500 kW για δέκα ώρες, δηλαδή χωρητικότητας 5 MWh, έχουν εγκατασταθεί στην Ιαπωνία για το πανεπιστήμιο Kwansei Gakuin. Επιπλέον τέτοια συστήματα έχουν εφαρμοστεί για βελτίωση ποιότητας ισχύος. Τέλος στο πεδίο των υβριδικών συστημάτων παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας VRB ως σύστημα αποθήκευσης αποτελεί ο υβριδικός σταθμός στο King Island της Αυστραλίας, όπου έχει εγκατασταθεί σύστημα ικανότητας αποθήκευσης ενέργειας 800 kWh [34].

B) Μπαταρίες Ψευδαργύρου Βρωμίου

Οι μπαταρίες ψευδαργύρου βρωμίου (Zinc Bromine – ZnBr) χαρακτηρίζονται ως υβριδικές μπαταρίες ροής για λόγους που θα εξηγηθούν στη συνέχεια. Σε κάθε κυψέλη δύο διαφορετικοί ηλεκτρολύτες ρέουν κατά μήκος συνθετικών ηλεκτροδίων άνθρακα –πλαστικού σε δύο διαμερίσματα διαχωρισμένα από μεμβράνη πορώδους

πολυολεφίνης. Κατά την εκφόρτιση, ο ψευδάργυρος και το βρώμιο αντιδρούν δίνοντας άλας βρωμιούχου ψευδαργύρου και παράγοντας τάση 1,8 Volt σε κάθε κυψέλη. Αυτή η διαδικασία αυξάνει την περιεκτικότητα των ιόντων και στους δύο ηλεκτρολύτες. Κατά τη φόρτιση, μεταλλικός ψευδάργυρος επικάθεται σε μορφή λεπτού στρώματος στη μία πλευρά του ηλεκτροδίου, ενώ στην άλλη μεριά της μεμβράνης το βρώμιο αντιδρά με οργανικές ουσίες με αποτέλεσμα την παραγωγή thick bromine oil το οποίο βυθίζεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Δεδομένου ότι το ενεργό στοιχείο Zn επικάθεται στο ένα ηλεκτρόδιο της κυψέλης κατά τη φάση της φόρτισης, η πυκνότητα ενέργειας καθορίζεται όχι μόνο από την ποσότητα του ηλεκτρολύτη όπως στις μπαταρίες VRB, αλλά και από το εμβαδό της στοιβάδας των κυψελών. Για το λόγο αυτό, στην τεχνολογία ZnBr η χωρητικότητα και η ικανότητα απόδοσης ισχύος δεν είναι εντελώς ανεξάρτητα μεγέθη. Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε από την εταιρία Ecxon στην αρχή της δεκαετίας του 1970 και η καθαρή απόδοση της είναι περίπου 75%. Σήμερα παράγονται σύστημα ικανότητας μέχρι και 500 kWh για εφαρμογές δικτύου καθώς και συστήματα 50 kWh για εφαρμογές ΑΠΕ.

Γ) Μπαταρίες Πολυθειούχου Βρωμιδίου

Οι μπαταρίες πολυθειούχου βρωμιδίου (polysulphide bromide – PSB - Regenesys) ανήκουν στην τεχνολογία regenerative κυψελών καυσίμου και παρέχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας λόγω της πραγματοποίησης αντιστρέψιμης ηλεκτροχημικής αντίδρασης μεταξύ ενός διαλύματος ηλεκτρολύτη βρωμιδίου του νατρίου και ενός διαλύματος πολυθειούχου νατρίου.

Τα ηλεκτρόδια χωρίζονται εντός των κυψελών από πολυμερή μεμβράνη που επιτρέπει μόνοστα κατιόντα νατρίου να περάσουν παράγοντας μία διαφορά δυναμικού περίπου 1,5 Volt κατά μήκος της κυψέλης. Τα κελιά συνδέονται σε σειρά και παράλληλα ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά επίπεδα τάσης και ρεύματος. Η θερμοκρασία λειτουργίας της μπαταρίας PSB είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος και, όπως και στις μπαταρίες ZnBr, ο καθαρός βαθμός απόδοσης είναι περίπου 75%.



Εικόνα 3-9: Συστοιχία Συσσωρευτών Μολύβδου-Οξέως

Συνοψίζοντας όπως προκύπτει από τα παραπάνω, οι συσσωρευτές παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στα αυτόνομα υβριδικά συστήματα, όπου αποτελούν και ένα αρκετά μεγάλο κομμάτι της οικονομικής επιβάρυνσης. Στα διασυνδεδεμένα συστήματα δεν υπάρχει λόγος χρησιμοποίησης συσσωρευτών, εκτός και αν το διασυνδεδεμένο σύστημα τροφοδοτεί άμεσα κάποια φορτία και τα οποία θεωρούνται ότι δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να μείνουν εκτός λειτουργίας σε μια ενδεχόμενη βλάβη.

Τα αυτόνομα συστήματα επομένως χρειάζεται να αποθηκεύουν μια ποσότητα από την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή του συστήματος. Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να προνοείται να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις και κυρίως από το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχόμενων ημερών συννεφιάς και νηνεμίας, τις αιχμές της κατανάλωσης και τον βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη των βοηθητικών ενεργειακών πηγών όπως οι ντιζελογεννήτριες.

3.5 Αντιστροφείς [11]

3.5.1 Εισαγωγή

Το ρεύμα και η τάση που δίνει στην έξοδο του ένα Φ/Β στοιχείο, είναι συνεχούς μορφής (DC). Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να περιορίσει δραματικά τη χρήση τους για τροφοδότηση ηλεκτρικών φορτίων αφού οι ηλεκτρικές συσκευές λειτουργούν στην πλειοψηφία τους με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Έχει προκύψει λοιπόν, μία

αναγκαιότητα για μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο τόσο για να μπορεί η Φ/Β γεννήτρια να τροφοδοτήσει πληθώρα ηλεκτρικών συσκευών εναλλασσόμενου ρεύματος αλλά επίσης για να μπορεί να τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ισχύ τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία, στις περισσότερες χώρες του κόσμου, λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα και τάση. Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο γίνεται από ειδικές διατάξεις, τους αντιστροφείς.

Οι αντιστροφείς είναι ένα είδος ηλεκτρονικών μετατροπέων, οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη με δυνατότητα μεταβολής της συχνότητας, του πλάτους και της φάσης της παραγόμενης τάσης ΕΡ. Η μεγάλη ανάπτυξη της τεχνολογίας των ημιαγωγικών διακοπών και οι νέες τεχνικές ελέγχου σε συνδυασμό με τη χρήση των ψηφιακών επεξεργαστών σήματος (Digital Signal Processors, DSP) έχει βελτιώσει κατά πολύ την ποιότητά τους (μικρότερες απώλειες, ταχύτερη απόκριση) και έχει μειώσει το μέγεθος και το κόστος τους με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές [1.1].

Μερικές βασικές εφαρμογές των αντιστροφέων είναι οι εξής:

- 1) Συστήματα ελέγχου εναλλασσόμενων ηλεκτρικών μηχανών (Adjustable Speed Drives ASD)
- 2) Ευέλικτα AC συστήματα μεταφοράς ισχύος (Flexible AC Transmission Systems, FACTS)
- 3) Συστήματα μεταφοράς Συνεχούς Ρεύματος Υψηλής Τάσης (High Voltage Direct Current, HVDC)
- 4) Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)
- 5) Συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος (Uninterruptible Power Supplies, UPS)
- 6) Στατοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος (Static Var compensators/ Generators, SVC/SVG)
- 7) Ενεργά φίλτρα για μείωση αρμονικών για την καλύτερευση της ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας (Active Filters, AF)
- 8) Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες υδρογόνου

3.5.2 Αρχή λειτουργίας και τύποι αντιστροφών

Η βασική αρχή λειτουργίας των αντιστροφών είναι η δημιουργία ενός σήματος όσο το δυνατόν πιο κοντινού σε ένα ημιτονοειδές με την χρήση διακοπτικών στοιχείων τα οποία εφαρμόζουν κατάλληλα με ορθή και ανάστροφη πόλωση την DC τάση και ελέγχονται από κάποιο λογικό κύκλωμα. Στη συνέχεια το σήμα φιλτράρεται (από κάποιο φίλτρο με πηνία και πυκνωτές) προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα της εξόδου. Το λογικό κύκλωμα στέλνοντας παλμούς στα διακοπτικά καθορίζει τα στοιχεία της κυματομορφής της εξόδου οπότε με τον κατάλληλο προγραμματισμό του λογικού κυκλώματος παράγεται το επιθυμητό σήμα. Οι αντιστροφείς μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος της πηγής συνεχούς τροφοδοσίας:

A) αντιστροφείς με πηγή τάσης (Voltage Source Inverter, VSI)

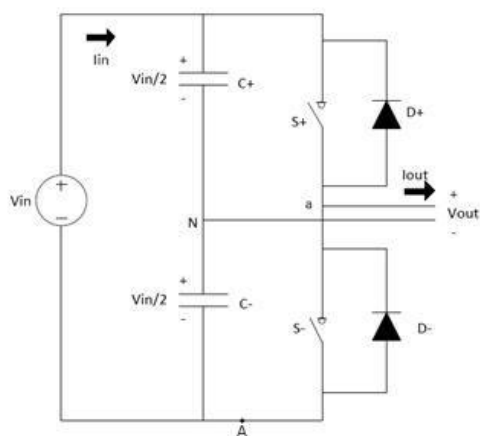
B) αντιστροφείς με πηγή ρεύματος (Current Source Inverter, CSI)

Επίσης, οι αντιστροφείς μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με το πόσα επίπεδα έχει η παραγόμενη τάση εξόδου σε:

A) συμβατικοί αντιστροφείς δύο επιπέδων

B) αντιστροφείς πολλαπλών επιπέδων

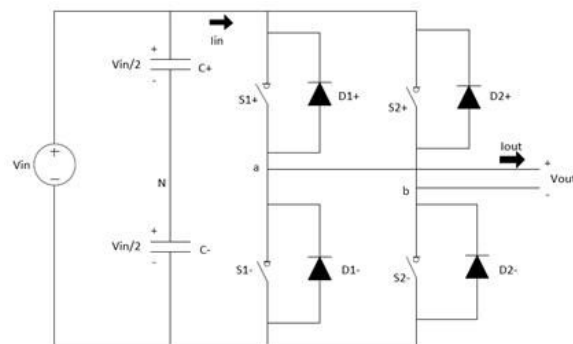
A) Αντιστροφείς μισής γέφυρας



Σχήμα 3-3 :Αντιστροφείας μισής γέφυρας

Στα άκρα της εισόδου συνδέονται σε σειρά δύο ίδιοι πυκνωτές. Το σημείο σύνδεσης των πυκνωτών βρίσκεται στο μισό δυναμικό, οπότε στα άκρα του κάθε πυκνωτή αναπτύσσεται τάση ίση με $V_{in}/2$. Οι χωρητικότητες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλες, ώστε η τάση στο σημείο N να παραμένει ουσιαστικά σταθερή σε σχέση με το δυναμικό στο σημείο A. Το φορτίο συνδέεται στα σημεία a και N όπως φαίνεται από το σχήμα που ακολουθεί. Ανάλογα με το διακοπτικό στοιχείο που είναι κάθε φορά κλειστό, η τάση που εφαρμόζεται στο φορτίο είναι είτε $V_{in}/2$ (για S+ κλειστό), είτε $-V_{in}/2$ (για S- κλειστό). Προφανώς τα δύο διακοπτικά δεν πρέπει ποτέ να είναι ταυτόχρονα κλειστά, καθώς κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε βραχυκύκλωση της πηγής τάσης.

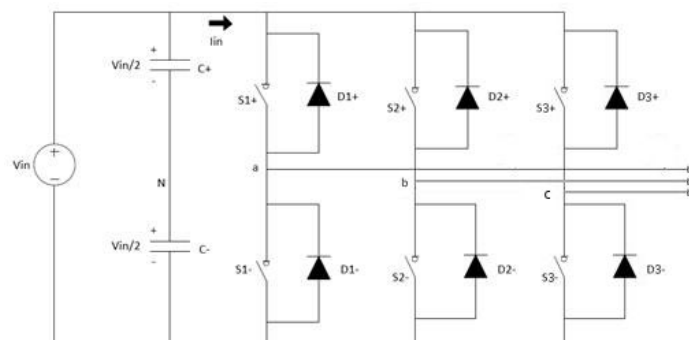
B) Αντιστροφείς πλήρους γέφυρας



Σχήμα 3-4 : Αντιστροφέας πλήρους γέφυρας

Ο αντιστροφέας πλήρους γέφυρας αποτελείται από δύο αντιστροφείς μισής γέφυρας. Με κατάλληλο συνδυασμό κλεισίματος των διακοπών η τάση που τροφοδοτείται στο φορτίο είναι είτε V_{in} (για S₁₊, S₂₋ κλειστά), είτε $-V_{in}$ (S₂₊, S₁₋ κλειστά), είτε 0 (S₁₊, S₂₊ ή S₁₋, S₂₋ κλειστά). Η τάση επομένως είναι διπλάσια σε σχέση με αυτή της μισής γέφυρας καθώς επίσης υπάρχει και η δυνατότητα για παροχή μηδενικής τάσης .

Γ) Τριφασικοί αντιστροφείς



Σχήμα 3-5: Τριφασικός Αντιστροφέας

Τέλος ο τριφασικός αντιστροφέας αποτελείται από τρεις αντιστροφείς μισής γέφυρας, ένας για τον έλεγχο κάθε φάσης, επομένως παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες με τον αντιστροφέα μισής γέφυρας.

Στην πράξη συνήθως δεν χρησιμοποιούνται τριφασικοί αντιστροφέες για την σύνδεση φωτοβολταϊκών στο δίκτυο και αν το απαιτεί η εγκατάσταση τοποθετούνται τρεις μονοφασικοί, ο κάθε ένας σε κάθε φάση.

3.6 Ρυθμιστές φόρτισης

Ρυθμιστής ή ελεγκτής φόρτισης καθορίζει τον ρυθμό με τον οποίο το ηλεκτρικό ρεύμα εισέρχεται ή εξέρχεται από τους συσσωρευτές. Προστατεύει από υπερφορτίσεις με τη μορφή υπερτάσεων που κινδυνεύουν να μειώνουν σταδιακά την απόδοση των μπαταριών και τον κύκλο ζωής τους και μπορεί να προκαλέσουν καταστάσεις κινδύνου (π.χ πυρκαγιά, έκρηξη). Ο ρυθμιστής προστατεύει επίσης από ολοκληρωτική αποφόρτιση των συσσωρευτών, ή να επιβάλει ελεγχόμενες αποφορτίσεις ανάλογα με την τεχνολογία των συσσωρευτών για να συντηρήσει τη απόδοση των συσσωρευτών. Οι ρυθμιστές διαχωρίζονται σε

- 1) Stand- alone ρυθμιστές
- 2) Ενσωματωμένου κυκλώματος

Ο ρυθμιστής φόρτισης μπορεί επίσης να παρακολουθεί τη θερμοκρασία των συσσωρευτών για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Σε μερικά συστήματα ο ρυθμιστής φόρτισης μπορεί να εμφανίζει δεδομένα να τα μεταδίδει σε απομακρυσμένες οθόνες και να καταγράφει δεδομένα για την παρακολούθηση της ηλεκτρικής ροής με την πάροδο του χρόνου.

3.7 Ηλεκτρικές μηχανές [12]

3.7.1 Ιστορικά στοιχεία

Η θεμελίωση των αρχών του ηλεκτρομαγνητισμού το 1831 από τους Michael Faraday και Joseph Henry, καθώς και η ανάπτυξη και εξέλιξη των πρώτων ηλεκτρικών κινητήρων, σήμαναν την γέννηση της ηλεκτρικής κίνησης και των συστημάτων που προκύπτουν από αυτήν. Το 1888 παράλληλα με τον AC κινητήρα του Tesla αναπτύχθηκε και ο DC κινητήρας του Thomas Edison, με ανάλογη επιστημονική διαμάχη, ως προς το βέλτιστο της απόδοσης και της λειτουργίας. Η διαμάχη αυτή, αποτέλεσε το έναυσμα της εξέλιξης και βελτίωσης των δύο αυτών ειδών κινητήρων, και εφαρμογής αυτών σε ολοένα και περισσότερους τομείς, κυρίως μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο. Λόγω των πλεονεκτημάτων της ευρείας παροχής AC ρεύματος, επικράτησε τελικά ο AC κινητήρας του Nicola Tesla.

Η πραγματική επανάσταση, όμως, στα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης, ήρθε όταν αποκτήθηκε η δυνατότητα για ακριβή έλεγχο των ηλεκτρικών κινητήρων, ώστε να επιτυγχάνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα και μάλιστα αυτόματα. Τα πρώιμα συστήματα ελέγχου (μηχανικά ή ηλεκτρικά) δεν παρείχαν αρκούντως ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ είχαν εξαιρετικά χαμηλή απόδοση. Με την ανακάλυψη του θυρίστορ (1958) την οποία ακολούθησε σειρά άλλων ημιαγωγικών στοιχείων ισχύος, αρχίζουν να αναπτύσσονται σύνθετες διατάξεις ελέγχου των ηλεκτρικών μηχανών με τις οποίες ικανοποιούνται οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες τόσο σε βιομηχανικό τομέα όσο και σε πλήθος άλλες εφαρμογές

3.7.2 Αρχή λειτουργίας και τύποι ηλεκτρικών μηχανών

Τα κύρια μέρη μιας μηχανής είναι :

A) **Ο πυρήνας** ο οποίος κατασκευάζεται από σιδηρομαγνητικό υλικό με μεγάλη μαγνητική διαπερατότητα και αποτελεί το βασικό μέρος του «μαγνητικού κυκλώματος».

B) **Τα τυλίγματα** που αποτελούνται από κατάλληλα μονωμένου αγωγούς.

Το μαγνητικό κύκλωμα χρησιμεύει για τη συγκέντρωση της μαγνητικής ροής που δημιουργούν τα ρεύματα που διαρρέουν τα τυλίγματα ώστε με την αλληλεπίδραση των δημιουργούμενων πεδίων να επιτυγχάνεται η «ηλεκτρομηχανική μετατροπή» σύμφωνα με τους νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού.

Σήμερα οι ηλεκτρικές μηχανές που κατασκευάζονται σε βιομηχανική κλίμακα είναι κυρίως οι εξής:

A) Οι «Σύγχρονες μηχανές» που κυρίως χρησιμοποιούνται ως γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

B) Οι «Ασύγχρονες μηχανές» που κυρίως χρησιμοποιούνται ως κινητήρες σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Γ) Οι «Μηχανές Συνεχούς Ρεύματος» των οποίων η χρήση περιορίζεται όπου απαιτείται έλεγχος στροφών.

Δ) Οι «Κινητήρες Έλξεως» που χρησιμοποιούνται σε μεταφορικά μέσα που λειτουργούν με συχνότητα $16^{2/3}$ ή 25Hz.

E) Οι «Κινητήρες Μικρής Ισχύος» που χρησιμοποιούνται στις οικιακές και παρόμοιες συσκευές καθώς και ειδικοί ελεγχόμενοι μικροί κινητήρες με μεγάλες απαιτήσεις ακριβείας που χρησιμοποιούνται σε ιατρικά μηχανήματα.

Κατασκευαστικά στοιχεία

Μια ηλεκτρική μηχανή επαγωγής αποτελείται ουσιαστικά από ένα σταθερό μέρος το στάτη ο οποίος φέρει στις άυλακες του ένα μονοφασικό, διφασικό ή τριφασικό τύλιγμα και ένα στρεφόμενο μέρος, το δρομέα. Οι μηχανές επαγωγής μπορούν να λειτουργήσουν τόσο σαν κινητήρες όσο και σαν γεννήτριες. Σαν γεννήτριες όμως σπάνια χρησιμοποιούνται για λόγους οικονομικούς.

Όταν το τύλιγμα του στάτη του κινητήρα τροφοδοτείται από συμμετρική πηγή θα δημιουργηθεί στο διάκενο μαγνητικό πεδίο που στρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα.

Το στρεφόμενο μέρος του διακένου επάγει τάσεις στα τυλίγματα του δρομέα το οποίο αποτελείται από κλειστά κυκλώματα. Οι τάσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη ροή ρευμάτων στα τυλίγματα του δρομέα και τη δημιουργία κύματος ΜΕΔ το οποίο στρέφεται ως προς το στάτη με τη σύγχρονη ταχύτητα. Η αλληλεπίδραση των δύο πεδίων στάτη και δρομέα ή του συνισταμένου πεδίου του διακένου και του πεδίου του δρομέα προκαλεί την ροπή της μηχανής επαγωγής.

Η πολυφασική μηχανή επαγωγής όταν ο δρομέας μένει ακίνητος μπορεί να θεωρηθεί σαν μετασχηματιστής στον οποίο το παλλόμενο πεδίο έχει αντικατασταθεί από στρεφόμενο πεδίο. Η μόνη διαφορά είναι η ύπαρξη του διακένου στη μηχανή επαγωγής η οποία για αυτό απαιτεί πολύ μεγαλύτερο ρεύμα διεγέρσεως που φθάνει το 40% του ονομαστικού ρεύματος αυτής.

Για τον, κατά το δυνατό, περιορισμό της συνιστάμενης ΜΕΔ του διακένου που είναι αναγκαία για το πεδίο του διακένου λαμβάνονται ορισμένα κατασκευαστικά μέτρα όπως οι αύλακες του στάτη διαμορφώνονται μισόκλειστες, ενώ του δρομέα μισόκλειστες ή τελείως κλειστές και το διάκενο μεταξύ στάτη και δρομέα γίνεται μικρό.

Οι ασύγχρονες μηχανές κατασκευάζονται με τρεις τύπους δρομέων, τύλιγμα κλωβού ή βραχυκυκλωμένος δρομέας, με τυλιγμένο δρομέα ή με δακτυλίους και με δρομείς χωρίς αύλακες.

Α) Τύλιγμα κλωβού: Αποτελεί το απλούστερο τύλιγμα για το δρομέα ενός κινητήρα επαγωγής. Το τύλιγμα αποτελείται από αριθμό ράβδων από αλουμίνιο ή χαλκό κατά τη διεύθυνση της γενέτειρας ή με κάποια λοξότητα, οι οποίες βραχυκυκλώνονται στα δύο άκρα με δακτυλίους από το ίδιο υλικό. Ο κλωβός από αλουμίνιο κατασκευάζεται με χύτευση κι ο κλωβός από χαλκό συντίθεται από τις ράβδους.

Το τύλιγμα κλωβού με S_2 ράβδους μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα τύλιγμα με S_2 φάσεις με μία ράβδο ανά φάση. Έτσι οι S_2 φάσεις συνδέονται κατά αστέρα με τον ένα δακτύλιο ενώ με τον άλλο δακτύλιο βραχυκυκλώνονται. Μια άλλη θεώρηση του

τυλίγματος κλωβού είναι ότι έχει $\frac{S_2}{p}$ φάσεις όπου p ο αριθμός πόλων του

συνεργαζόμενου στάτη. Κάθε φάση αποτελείται από συγκεντρωμένα πηνία ενός ελίγματος και με βήμα $\beta=180^\circ$ ηλεκτρικές μοίρες, ενώ κάθε πηνίο είναι βραχυκυκλωμένο. Όλα τα πηνία του τυλίγματος κλωβού βραχυκυκλώνονται στα δύο ακραία τμήματά τους με τους δακτυλίους. Ένα τύλιγμα κλωβού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρα με οποιοδήποτε αριθμό πόλων.

Για τη βελτίωση των συνθηκών εκκινήσεως το τύλιγμα κλωβού κατασκευάζεται με υψηλές και στενές ράβδους ή με διπλό κλωβό.

Β) Τύλιγμα δρομέα με δακτυλίους : Τυλιγμένοι δρομείς για κινητήρες μέχρι 10kW εφοδιάζονται με συμμετρικά τριφασικά τυλίγματα όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στο στάτη. Για δρομείς κινητήρων μέσης ισχύος χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντοτε τυλίγματα με δύο στρώματα με δύο πλευρές πηνίου σε κάθε αύλακα και με ακέραιο ή κλασματικό αριθμό αυλάκων ανά πολικό βήμα και φάση. Η σύνδεση των τριών φάσεων του δρομέα γίνεται συνήθως κατά αστέρα.

Ο δρομέας με δακτυλίους συγκρινόμενος με το δρομέα κλωβού είναι πιο ακριβός διότι καταρχήν απαιτεί δακτυλίους ψήκτρες και αντιστάσεις εκκινήσεως. Πλην αυτών συχνά προβλέπονται διατάξεις οι οποίες επιτρέπουν μια ανύψωση των ψηκτρών και βραχυκύκλωση των δακτυλίων μετά την επίτευξη της εκκινήσεως. Επιπλέον το τύλιγμα κλωβού έχει λιγότερο αγωγιμο υλικό από το τύλιγμα δρομέα με δακτυλίους για την αυτή ισχύ.

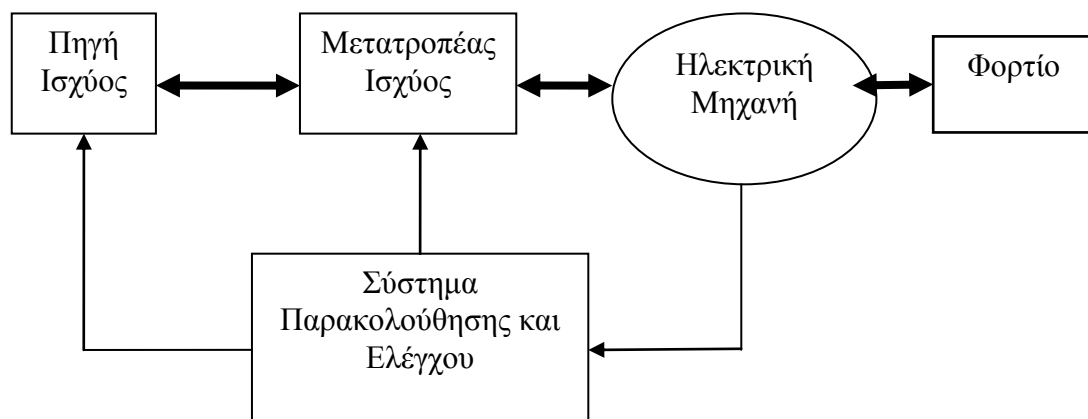
Γ) Δρομείς χωρίς αύλακες : Οι δρομείς αυτοί κατασκευάζονται συνήθως από ολόσωμο σίδηρο όπου επάγονται δινορρεύματα ώστε να προκύψει χρήσιμη ροπή. Εν τούτοις ο βαθμός αποδόσεως, ο συντελεστής ισχύος και η ικανότητα υπερφορτίσεως ενός τέτοιου κινητήρα δεν είναι ευνοϊκοί. Οι κινητήρες με ολόσωμους δρομείς χρησιμοποιούνται για συστήματα κινήσεως με υψηλό αριθμό στροφών ανά λεπτό επειδή έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή. Αναπτύσσουν σχετικώς μεγάλη ροπή εκκινήσεως και μικρό ρεύμα εκκινήσεως. Για την βελτίωση των ιδιοτήτων τους ενίοτε κατασκευάζεται ο δρομέας από στρώματα κατάλληλων υλικών. Η απλούστερη κατασκευή αυτού του τύπου είναι η τοποθέτηση φύλλου χαλκού επί της κυλινδρικής επιφάνειας του ολόσωμου σιδήρου.

Τέλος, οι κινητήρες πολύ μικρής ισχύος για τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου έχουν τον σίδηρο στο δρομέα ακίνητο, ενώ το στρεφόμενο μέρος του δρομέα κατασκευάζεται από αλουμίνιο, έχει δε τη μορφή κύπελλου με ένα μόνο έδρανο. Το κύπελλο περιβάλλει το σιδερένιο ακίνητο μέρος του δρομέα, ενώ ο στάτης από σίδηρο περιβάλλει το κύπελλο.

Στην γενική τους μορφή, τα συστήματα που περιέχουν ηλεκτρικές μηχανές συνιστούν ολοκληρωμένα ηλεκτρομηχανικά συστήματα, τα οποία αποτελούνται από πέντε θεμελιώδεις βαθμίδες:

- Πηγή ισχύος
- Μετατροπέα ισχύος
- Ηλεκτρική μηχανή
- Φορτίο
- Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου

Η διασύνδεση παρακολούθησης και ελέγχου απεικονίζεται διαγραμματικά στην παρακάτω εικόνα



Σχήμα 3-6: Απλοποιημένο διάγραμμα τυπικού συστήματος ηλεκτρικής κίνησης

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, η ροή ενέργειας είναι αμφίδρομη. Είναι δυνατόν, δηλαδή είτε ηλεκτρική ενέργεια να μετατρέπεται και να μεταφέρεται προς την ηλεκτρική μηχανή (η οποία τώρα λειτουργεί ως ηλεκτρικός κινητήρας) και να αποδίδεται ως μηχανική στο φορτίο, είτε περίσσεια μηχανικής ενέργειας που διαθέτει το φορτίο, να μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω της ηλεκτρικής μηχανής (η οποία λειτουργεί τώρα ως ηλεκτρική γεννήτρια) και να επιστρέφει μέσω του μετατροπέα προς την πηγή ηλεκτρικής ισχύος.

Η κάθε μια από τις παραπάνω βαθμίδες, απαιτείται να λειτουργεί, με τη μέγιστη δυνατή απόδοση και την καλύτερη δυνατή συνεργασία με τις υπόλοιπες βαθμίδες, ούτως ώστε, το συνολικό σύστημα να λειτουργεί βέλτιστα. Η σύγχρονη τάση, μάλιστα, για συστήματα ηλεκτρικής κίνησης υψηλών απαιτήσεων, προστάζει το συνολικό σχεδιασμό και βελτιστοποίηση του συστήματος μετατροπέα –μηχανής-

συστήματος ελέγχου, έτσι ώστε, η αλληλεπίδραση τους κατά τη λειτουργία να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Όσον αφορά το γενικευμένο αυτό σύστημα ηλεκτρικής κίνησης, η παροχή ισχύος είναι δυνατόν να προέρχεται από το εκάστοτε δίκτυο (τριφασική συμμετρική παροχή εναλλασσόμενης τάσης), είτε, να πρόκειται για συνεχή (ή ανορθωμένη) τάση από ανορθωτικές διατάξεις, συσσωρευτές, φωτοβολταϊκές συστοιχίες και κυψέλες καυσίμου. Ο μετατροπέας ισχύος, ο οποίος παρεμβάλλεται ανάμεσα στην πηγή ισχύος και στην ηλεκτρική μηχανή, έχει ως σκοπό, είτε απλά να αποκαταστήσει δυνατή την λειτουργία της, ή επιπλέον, να ελέγξει την λειτουργία αυτής. Το σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου, άμεσα συνδεδεμένο, προϋποθέτει την λειτουργία των δύο παραπάνω βαθμίδων. Είναι εκείνο το σύστημα, το οποίο, ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου, τις προδιαγραφές και την λειτουργία της δράσης ελέγχου (μέσω αισθητήρων και μετρητικών διατάξεων), θα δώσει στην έξοδο την επιθυμητή απόκριση. Η ηλεκτρική μηχανή, η οποία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική (και αντιστρόφως), είναι το βασικό στέλεχος του συστήματος. Το είδος του ηλεκτροκινητήρα που θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημα, εξαρτάται άμεσα από το φορτίο το οποίο θα κληθεί να εξυπηρετήσει. Οι δύο βασικές κατηγορίες διαχωρισμού των ηλεκτροκινητήρων είναι οι εξής: Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος και Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος.

Το μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής, το κατέχουν οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, διαχωρισμένοι με την σειρά τους σε σύγχρονους και ασύγχρονους ηλεκτροκινητήρες. Συνήθως αυτοί, απαντώνται σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές ηλεκτρικής κίνησης, ως περιστροφικοί ή κυλινδρικοί κινητήρες. Ενδιαφέρουσα εξέλιξη αυτών, οι ευθύγραμμοι κινητήρες, οι οποίοι παρουσιάζονται

Το φορτίο, τέλος, είναι το πρωταρχικό στοιχείο ενός συστήματος ηλεκτρικής κίνησης, πάνω στο οποίο δομείται όλος ο σχεδιασμός αυτού. Είναι άμεσα συνδεδεμένο στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα και ανταλλάσσει με αυτόν μηχανική ενέργεια. Η ποικιλία στην μορφή των φορτίων (σταθερής ισχύος, σταθερής ροπής, γραμμικής ροπής, παραβολικής ροπής) έχει συμβάλει σημαντικά στην εξέλιξη της θεωρίας και εφαρμογής των ηλεκτρικών συστημάτων γενικά, και των επιμέρους βαθμίδων τους ξεχωριστά.

3.8 Μηχανές Diesel

Μια μηχανή Diesel ή συμπίεσης-ανάφλεξης όπως είναι γνωστή, είναι μια μηχανή εσωτερικής καύσεως που χρησιμοποιεί την θερμότητα της συμπίεσης για να προκαλέσει την ανάφλεξη του καυσίμου που έχει εισέρθει στο θάλαμο συμπίεσης της μηχανής. Η ιδιότητα αυτή είναι που τις κάνει να διαφέρουν με τις βενζινομηχανές που χρησιμοποιούν βοηθητικό ηλεκτρικό σπινθηρισμό για την ανάφλεξη του καυσίμου. Η μηχανή εφευρέθηκε και πήρε και το όνομα της από τον Γερμανό Rudolph Diesel το 1893.

Όπως και οι ηλεκτρικές μηχανές, οι μηχανές Diesel μπορούν να λειτουργήσουν είτε ως κινητήρες που ήταν και η αρχική τους χρήση είτε ως γεννήτριες με την προσθήκη επαγωγικών πηνίων.

Η μηχανή έχει την υψηλότερη θερμαντική απόδοση σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μηχανή εσωτερικής ή εξωτερικής καύσης χάρις στον πολύ υψηλό δείκτη συμπίεσης που διαθέτει. Χαμηλής ταχύτητας ντιζελοκινητήρες που χρησιμοποιούνται λόγω χάρη σε πλοία μπορούν να ξεπεράσουν σε θερμική απόδοση το 50%.

Οι μηχανές Diesel κατασκευάζονται σε δίχρονες και τετράχρονες εκδόσεις. Αρχικά χρησιμοποιούνταν για να αντικαταστήσουν τις σιδηροδρομικές ατμομηχανές. Από το 1910 και έπειτα χρησιμοποιούνται σε υποβρύχια και σε πλοία. Από το 1930 άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα.

Οι μηχανές Diesel έχουν πολλαπλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μηχανές εσωτερικής καύσης. Μερικά από αυτά είναι τα παρακάτω:

A) Καίνε λιγότερη ποσότητα καυσίμου από άλλες μηχανές παράγοντας το ίδιο έργο

B) Δεν διαθέτουν υψηλής τάσης ηλεκτρικής ανάφλεξης, που σημαίνει αξιοπιστία και εύκολη προσαρμογή σε δυσμενή περιβάλλοντα. Η απουσία όλων των συστημάτων που συνοδεύουν μια ηλεκτρική ανάφλεξη εξαλείφοντας στην ουσία πιθανότητες παρασίτων εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία συστημάτων πλοήγησης και επικοινωνίας σε πλωτά και εναέρια σκάφη

Γ) Έχουν περίπου διπλάσιο κύκλο ζωής από τους αντίστοιχους βενζινοκινητήρες λόγω κατασκευής και καλύτερης διαδικασίας λίπανσης του πετρελαίου από τη βενζίνη.

Δ) Δεν διακυβεύονται πιθανότητες έκρηξης όπως στην περίπτωση της βενζίνης.

Ε) Έχουν δυνατότητα χρήσης Bio Diesel το οποίο είναι μη πετρελαιούχο καύσιμο.

ΣΤ) Εκπέμπουν λιγότερη απορριπτόμενη θερμότητα κατά την ψύξη και την εξάτμιση, και οι εκπομπές τους σε μονοξείδιο του άνθρακα είναι απειροελάχιστες.

Ο κύριος τομέας χρήσης τους παραμένουν οι κινητήρες, τομέας που τυγχάνει ιδιαίτερης εξέλιξης τα τελευταία χρόνια. Το σύνολο των ιστιοπλοϊκών σκαφών που κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται στις μέρες μας φέρουν κινητήρα Diesel. Η ισχύς τους μετριέται σε Hp.



Εικόνα 3-10: Κινητήρας Diesel έτους κατασκευής 1897



Εικόνα 3-11: Σύγχρονη γεννήτρια Diesel 14KVA

3.9 Διαστασιολόγηση Υβριδικού Συστήματος [13], [14]

Μείζονος σημασίας για την υλοποίηση των υβριδικών συστημάτων ενέργειας αποτελεί το θέμα του οικονομικού κόστους του υβριδικού συστήματος, τόσο της αγοράς όσο και της λειτουργίας. Το υβριδικό σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί κατάλληλα προκειμένου να ικανοποιήσει τη ζήτηση του καταναλωτή σε κάθε περίπτωση και ταυτόχρονα να έχει το δυνατότερο χαμηλό κόστος. Συνεπώς, η διαστασιολόγηση είναι σημαντική παράμετρος για την υλοποίηση του καθώς από αυτή εξαρτάται η βιωσιμότητα της επένδυσης. Ωστόσο πρέπει να ληφθεί υπόψη και το περιβαλλοντικό κόστος το οποίο είναι εξίσου σημαντικό και στην περίπτωση το οποίο στα υβριδικά συστήματα είναι σημαντικά ελαχιστοποιημένο.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του υβριδικού συστήματος πρέπει να ληφθούν υπόψη οι λειτουργικοί περιορισμοί των συνιστωσών προκειμένου να μην παρουσιάζονται προβλήματα στην παροχή της ισχύος, οι συνιστώσες να λειτουργούν κατά το δυνατόν αποδοτικότερα και η λειτουργία τους να μην επιδρά αρνητικά στο χρόνο ζωής τους. Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθεί η εύρυθμη λειτουργία του υβριδικού συστήματος εφαρμόζονται πολλές διαφορετικές στρατηγικές διαχείρισης ελέγχου που ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος καθώς και την εφαρμογή για την οποία προορίζεται. Οι τεχνικές ελέγχου που εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις συμπεριφορές των καταναλώσεων, δηλαδή τα είδη των φορτίων που θα τροφοδοτήσουν. Για το λόγο αυτό, οι παράμετροι ελέγχου μπορεί να διαφέρουν σε κάθε περίπτωση. Σε κάθε περίπτωση, για διαφορετικούς τύπους εφαρμογών, γίνεται διαφορετικός συμβιβασμός μεταξύ της πολυπλοκότητας ελέγχου και της βέλτιστης απόκρισης του συστήματος.

Κεφάλαιο 4

Μελέτη Εγκατάστασης

4.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μείζονος σημασίας για την βέλτιστη λειτουργία ενός συστήματος, αλλά έχει παράλληλα κάποιους περιορισμούς κυρίως από οικονομικής άποψης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα δοθεί περισσότερη βαρύτητα στην επιλογή των βέλτιστων από τεχνολογική άποψης στοιχείων και λιγότερη στην εύρεση της πιο οικονομικά βιώσιμης εγκατάστασης. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε αυτή η στρατηγική είναι διότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας όσον αφορά τα υλικά που συμμετέχουν στην εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και γενικά στα υβριδικά συστήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξίσου ραγδαία μείωση του κόστους των υλικών αυτών σε διαστήματα μικρότερα των δύο ετών. Άρα η παρουσίαση μιας μελέτης που θα είναι τεχνολογικά αξιοποιήσιμη για τουλάχιστον 10 χρόνια βάση του ρυθμού της εξέλιξης της τεχνολογίας αποδείχτηκε πιο επιθυμητή.

Ο δεύτερος κυριότερος περιορισμός όσον αφορά το παρόν υβριδικό σύστημα είναι ο χωρικός περιορισμός που υπάρχει σε ένα ιστιοπλοϊκό σκάφος. Η τοποθέτηση των στοιχείων της μελέτης δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί το σύνολο των χώρων του σκάφους αφού αυτοί μπορεί να εξυπηρετούν τη διαμονή του πληρώματος ή λειτουργίες που αφορούν την πλεύση του σκάφους. Επομένως αφενός μεν των η επιλογή στοιχείων πρέπει να είναι με γνώμονα τον καλύτερο συνδυασμό απόδοσης και μεγέθους αφετέρου δε η τοποθέτηση τους πρέπει να μην παρεμποδίζει τις υπόλοιπες λειτουργίες του σκάφους.

4.2 Παρουσίαση Πρότυπου Ιστιοπλοϊκού Σκάφους [14]

Η παρούσα μελέτη δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς μια πρακτική αντανάκλαση στην πραγματικότητα με την επιλογή ενός ενεργού σκάφους που είναι διαθέσιμο. Έτσι το σκάφος που επιλέχτηκε είναι ένα μεσαίου μήκους της γαλλικής κατασκευαστικής εταιρείας σκαφών αναψυχής Jeanneau και είναι το παρακάτω:



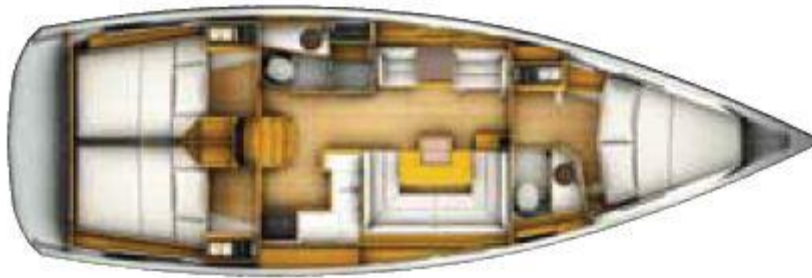
Εικόνα 4-1: Γενική άποψη του Jeanneau Sun Odyssey 379 εν πλω



Εικόνα 4-2: Πλάγια όψη του σκάφους εκτός θαλάσσης



Εικόνα 4-3: Κάτοψη καταστρώματος του σκάφους



Εικόνα 4-4: Κάτοψη εσωτερικού μέρους του σκάφους

Το συγκεκριμένο σκάφος επιλέχθηκε γιατί συνδυάζει όλα τα χαρακτηριστικά της μεσαίας κατηγορίας ιστιοπλοϊκών σκαφών. Είναι τύπου Sloop Masthead όπως τα περισσότερα ιστιοπλοϊκά αναψυχής σήμερα . Επιπλέον είναι μιας εταιρείας με μεγάλη εμπειρία στο χώρο των σκαφών, είναι μεσαίου μήκους, μπορεί να φιλοξενήσει ικανοποιητικά ένα πλήρωμα των 8-10 ατόμων.

Ακολουθεί πίνακας με τα πλήρη τεχνικά χαρακτηριστικά του σκάφους:

Sun Odyssey 379

- General specifications
- Caractéristiques techniques
- Technische daten
- Características generales
- Caratteristiche tecniche

Overall length / Longueur hors tout / Länge über Alles / Eslora total / Lunghezza fuori tutto :	11,34 m / 37' 2"
Hull length / Longueur coque / Rumpflänge / Eslora de casco / Lunghezza scafo :	10,98 m / 36'
Waterline length / Longueur flottaison / Länge Wasserlinie / Eslora a la flotacion / Lunghezza al galleggiamento :	10,40 m / 34' 1"
Beam / Largeur hors tout / Rumpfbreite / Manga de casco / Baglio massimo :	3,76 m / 12' 4"
Displacement / Dép. lège GTE / Verdrängung / Desplazamiento en rosca / Dislocamento leggero :	6.700 kg / 14.771 lbs
Standard keel draft / Tirant d'eau lest standard / Tiefgang / Calado / Pescaggio :	1,95 m / 6' 4"
Shoal draft / Tirant d'eau PTE / Tiefgang / Calado / Pescaggio :	1,50 m / 4' 11"
Swing keel draft / Tirant d'eau dériveur / Tiefgang «dériveur» / Calado «dériveur» / Pescaggio «dériveur».....	1,10 - 2,25 m / 3' 7" - 7' 4"
Engine power / Puiss. moteur / Motorleistung / Potencia motor / Potenza motore :	Yanmar 29 Hp / 21 kW
Cabins / Cabines / Kabinen / Cabinas / Cabine :	2 / 3
Berths / Couchages / Kojen / Camas / Cucette :	4 / 6 + 3
Fuel capacity / Capacité carburant / Inhalt Treibstofftank / Depósito carburante / Serbatoio carburante :	130 l / 34 US gal
Water capacity / Capacité eau / Inhalt Wassertank / Depósito agua / Serbatoio acqua :	200 l / 53 US gal
Sail area / Surface voileure / Gesamtsegelfläche / Superficie velas / Superficie vele:.....	Standard 70 m ² / 754 Sq ft
CE Category / Catégorie CE / CE Fahrtgebeitszertifikat / Certificación CE / Certificazione CE :	A8 / B10 / C12 (Dériveur B)
Designers / Architectes / Architekt / Arquitectos / Architetti :	Marc Lombard - Jeanneau Design

Πίνακας 4-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του σκάφους

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, το συγκεκριμένο σκάφος είναι μήκους 37,9 ποδιών ή αλλιώς 11,55 μέτρων.

Το μέγιστο πλάτος του είναι 3,76 μέτρα, έχει εκτόπισμα 6700 Kg και φέρει ντιζελοκινητήρα μάρκας Yanmar 29 Hp ή αλλιώς 21 kW.

Οι καμπίνες στο σκάφος είναι τρεις, οι τουαλέτες δύο και υπάρχουν πολλαπλοί χώροι αποθήκευσης.



Εικόνα 4-5: Γενική άποψη των εσωτερικών χώρων του σκάφους

4.3 Παρουσίαση επιλεγμένων στοιχείων υβριδικού συστήματος [15], [16], [17], [18], [19], [20],[21],[22]

Φωτοβολταικά

Εικόνα 4-6 : Φωτοβολταικό πλαίσιο 305 Wp της Suntech



Η φωτοβολταική μονάδα που επιλέχθηκε είναι της κινέζικης εταιρείας Suntech με ισχύ 305 Wp. Είναι από τα ισχυρότερα και τα πιο αποδοτικά από άποψη συνδυασμού μεγέθους – ισχύος – κόστους. Είναι πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχει απόδοση 15,7% και οι διαστάσεις του είναι 195.6cm x 99.2 cm.



305 Watt

POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE

Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon 156 × 156 mm (6 inches)
No. of Cells	72 (6 × 12)
Dimensions	1956 × 992 × 40mm (77.0 × 39.1 × 1.6 inches)
Weight	25.8 kgs (56.9 lbs.)
Front Glass	4.0 mm (0.16 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP67 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	TUV (2Pfg1169:2007) 4.0 mm ² (0.006 inches ²), symmetrical lengths (-) 1100mm (43.3 inches) and (+) 1100 mm (43.3 inches)
Connectors	H4 connectors

Πίνακας 4-2 : Μηχανικά Χαρακτηριστικά Φ/Β Suntech 305 Wp

Electrical Characteristics

STC	STP295-24/ Ve	STP290-24/ Ve	STP285-24/ Ve
Maximum Power at STC (Pmax)	295 W	290 W	285 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	35.6 V	35.4 V	35.2 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.29 A	8.20 A	8.10 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.3 V	44.1 V	43.9 V
Short Circuit Current (Isc)	8.74 A	8.65 A	8.57 A
Module Efficiency	15.2%	14.9%	14.7%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 %		

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5;

Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Πίνακας 4-3 : Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά Φ/Β

Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.43 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.33 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.067 %/°C

Πίνακας 4-4 : Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά του Φ/Β

Ανεμογεννήτρια

Εικόνα 4-7 : Γενική άποψη της Α/Γ Air Breeze



Η ανεμογεννήτρια που επιλέχθηκε είναι Air Breeze της primuswindpower που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια κατά κόρον σε αυτόνομες οικιακές εγκαταστάσεις και γενικά σε μικρού μεγέθους αυτόνομα υβριδικά συστήματα. Προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα που συντέλεσαν στην μεγάλη διάδοση της, όπως η αθόρυβη λειτουργία, η λειτουργία χωρίς ανάγκη επιτήρησης χάρη σε ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου και προστασία και τη χαμηλή ταχύτητα του ανέμου εκκίνησης της. Ακόμη είναι αρκετά μικρή σε μέγεθος και βάρος και μπορεί να επιλεγεί σε οποιαδήποτε τάση λειτουργίας επιλεχθεί ιδιότητες που την καθιστούν ιδανική για την εγκατάσταση σε ένα ιστιοπλοϊκό σκάφος.

Ακολουθεί πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της Α/Γ:

LIFETIME LIMITED WARRANTY TECHNICAL SUPPORT WORLDWIDE	
Technical Specifications	
Energy	Approx. 40 kWh a month at 5.8 m/s ¹
Swept Area	1.07 m ²
Rotor Diameter	1.17 m
Weight	5.9 kg
Shipping Dimensions	686 x 318 x 229 mm 7.7 kg
Startup Wind Speed	3.1 m/s
Voltage	12, 24 and 48 VDC
Turbine Controller	Microprocessor-based smart internal regulator.
Body	Permanent mold cast aluminum
Blades	(3) Injection-molded composite
Alternator	Permanent magnet brushless
Overspeed Protection	Electronic torque control
Survival Wind Speed	49.2 m/s
Mount³	Nominal 1.5 inch/40 mm schedule 40 pipe Actual OD: 48.26 mm
CE SF	

Πίνακας 4-5 : Τεχνικά χαρακτηριστικά της Air Breeze

Συσσωρευτές

*Εικόνα 4-8: Συσσωρευτής
NSB 170FT*



Οι συσσωρευτές που χρησιμοποιήθηκαν είναι μολύβδου οξέως. Η επιλογή συσσωρευτών λιθίου, που είναι καλύτερης απόδοσης δεν αποφεύχθηκε μόνο λόγω επιπλέον οικονομικού κόστους αλλά και επειδή η συμπεριφορά και ο έλεγχος φόρτισης τους κατά την ένταξη τους σε ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα δεν έχει μελετηθεί και αναλυθεί επαρκώς μέχρι σήμερα ώστε να είναι εμφανής η υπεροχή τους. Αντί αυτών επιλέχθηκαν οι πιο εξελιγμένοι συσσωρευτές μολύβδου οξέως της εταιρείας Northstar. Είναι τάσης 12V για να ταιριάζουν με το σύστημα του σκάφους και είναι ενδεδειγμένες για αυτόνομο σύστημα σκάφους με βαθιές εκφορτίσεις και μεγάλη χωρητικότητα.

NSB 170FT Blue + Battery®

10 hour capacity to 1.80 VPC @ 25°C [77°F]	170 Ah
8 hour capacity to 1.75 VPC @ 25°C [77°F]	168 Ah
10 hour capacity to 1.80 VPC @ 20°C [68°F]	168 Ah
Float Voltage	2.27 +/- 0.02 VPC @ 25°C [77°F]
Nominal Voltage	12 V
Impedance [1kHz]	2.1 mΩ @ 25°C [77°F]
Conductance	2,380
Short Circuit Current	6,000 A
Maximum Charge Current	no limit

Πίνακας 4-6 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών Northstar 170FT Blue+

Height	320 mm [12.6 in]	Weight	61 kg [135 lbs]
Width	125 mm [4.9 in]	Terminal	Female M8 x 1.25
Depth	560 mm [22.0 in]	Terminal Torque	8.0 Nm [71 in-lbs]

Πίνακας 4-7 : Μηχανικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών

Αντιστροφέας SMA 2224

Εικόνα 4-8 : Αντιστροφέας Sunny Island 222 4



Ο αντιστροφέας που επιλέχτηκε είναι της εταιρίας SMA που διακρίνεται ιδιαίτερα στην χώρα μας στην διαχείριση συστημάτων ΑΠΕ. Είναι ενδεδειγμένος για λειτουργία αυτόνομων συστημάτων και είναι της τάξης των 2 kVA.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Sunny Island 2224
Εξόδος AC (καταναλωτής)	
Όνομαστική τάση δικτύου / Εύρος τάσης AC	230 V / 202 V - 253 V
Όνομαστική συχνότητα / Εύρος συχνοτήτων (ρυθμιζόμενο)	50 Hz, 60 Hz / 45 Hz ... 65 Hz
Ισχύς AC (στους 25 °C / στους 45 °C)	2200 W / 1600 W
Ισχύς AC στους 25 °C για 30 λεπτά / 1 λεπτό / 3 δευτερόλεπτα	2900 W / 3800 W / 3900 W
Όνομαστικό ρεύμα / Μέγιστο ρεύμα εξόδου (peak)	9,6 A / 25 A για περ. 500 ms
Συντελεστής παραμόρφωσης τάσης εξόδου / Συντελεστής ισχύος σε ονομαστική ισχύ	4 % / -1 ... +1
Εισόδος AC (γεννήτρια ή δίκτυο)	
Όνομαστική τάση εισόδου / Εύρος τάσης εισόδου AC	230 V / 172,5 V - 264,5 V
Όνομαστική συχνότητα εισόδου / Επιτρεπτό εύρος συχνοτήτων εισόδου	50 Hz, 60 Hz / 40 Hz ... 70 Hz
Μέγιστο ρεύμα εισόδου AC / ρυθμιζόμενο	25 A / 0 A ... 25 A
Μέγιστη ισχύς εισόδου AC	5,75 kW
Εισόδος DC συσσωρευτή	
Όνομαστική τάση εισόδου / Εύρος τάσης DC	24 V / 16,8 V - 31,5 V
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή / Όνομαστικό ρεύμα φόρτισης DC	90 A / 80 A
Τύπος συσσωρευτή / Χωρητικότητα συσσωρευτή	Μολύβδου, NiCd / 100 Ah ... 10000 Ah
Ρύθμιση φόρτισης	Διαδικασία φόρτισης IUoU με αυτόματη πλήρη φόρτιση και φόρτιση εξισορρόπησης
Βαθμός απόδοσης / Ιδιοκατανάλωση	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	93,6 %
Ιδιοκατανάλωση χωρίς φορτίο / Κατάσταση αναμονής (Standby)	21 W / 6 W
Διατάξεις προστασίας	
Προστασία αντίστροφης πολικότητας DC / Ασφάλεια DC	- / -
Βραχυκύκλωμα AC / Υπερφόρτιση AC	● / ●
Υπερθέρμανση / Βαθιά εκφόρτιση συσσωρευτή	● / ●
Γενικά χαρακτηριστικά	
Διαστάσεις (Π / Υ / Β)	470 / 445 / 185 mm
Βάρος	19 kg
Εύρος τιμών θερμοκρασίας λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C

Πίνακας 4- 8 : Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα Sunny Island 2224

Αντιστροφέας SMA 5048

Εικόνα 4-9 : Αντιστροφέας Sunny Island 5048



Ο αντιστροφέας που επιλέχτηκε είναι της εταιρίας SMA που διακρίνεται ιδιαίτερα στην χώρα μας στην διαχείριση συστημάτων ΑΠΕ. Είναι ενδεδειγμένος για λειτουργία αυτόνομων συστημάτων και είναι της τάξης των 5 kVA.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Sunny Island 5048
Εξόδος AC (καταναλωτής)	
Όνομαστική τάση AC / Ρυθμιζόμενη	230 V / 202 V - 253 V
Όνομαστική συχνότητα AC / Ρυθμιζόμενη	50 Hz, 60 Hz / 45 Hz ... 65 Hz
Συνεχής ισχύς AC (στους 25 °C / στους 45 °C)	5000 W / 4000 W
Ισχύς AC στους 25 °C για 30 λεπτά / 1 λεπτό / 3 δευτερόλεπτα	6500 W / 8400 W / 12000 W
Όνομαστικό ρεύμα AC / Μέγιστο ρεύμα AC (ρεύμα αιχμής)	21,7 A / 120 A για περ. 60 ms
Συντελεστής παραμόρφωσης τάσης εξόδου / Συντελεστής ισχύος σε ονομαστική ισχύ	3 % / -1 ... +1
Εισόδος AC (γεννήτρια ή δίκτυο)	
Τάση εισόδου AC / Εύρος τιμών	230 V / 172,5 V - 264,5 V
Συχνότητα εισόδου AC / Εύρος τιμών	50 Hz, 60 Hz / 40 Hz ... 70 Hz
Μέγιστο ρεύμα εισόδου / Ρυθμιζόμενο	56 A / 0 A ... 56 A
Μέγιστη ισχύς εισόδου	12,8 kW
Εισόδος DC συσσωρευτή	
Τάση συσσωρευτή / Εύρος τιμών	48 V / 41 V - 63 V
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή / Ρεύμα διαρκούς φόρτισης στους 25 °C	120 A / 100 A
Τύπος συσσωρευτή / Χωρητικότητα συσσωρευτή	Μολύβδου, NiCd / 100 Ah ... 10000 Ah
Ρύθμιση φόρτισης	Διαδικασία IUoU
Βαθμός απόδοσης / Ιδιοκατανάλωση	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	95 %
Ιδιοκατανάλωση χωρίς φορτίο / Κατάσταση αναμονής (Standby)	25 W / 4 W
Διάταξη προστασίας	
Προστασία από αντιστροφή πόλων DC / Ασφάλεια DC	● / ●
Βραχυκύκλωμα AC / Υπερφόρτωση AC	● / ●
Υπερθέρμανση / Βαθιά εκφόρτιση συσσωρευτή	● / ●
Γενικά χαρακτηριστικά	
Διαστάσεις (Π / Υ / Β)	467 / 612 / 235 mm
Βάρος	63 kg
Εύρος τιμών θερμοκρασίας λειτουργίας	-25 °C ... +50 °C
Είδος προστασίας (κατά το IEC 60529)	Εσωτερική τοποθέτηση (IP30)

Πίνακας 4-9 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Sunny Island 5048

Ρυθμιστής Φόρτισης

Εικόνα 4-10 : Ρυθμιστής Φόρτισης Sunny Island Charger

50



Ο ρυθμιστής φόρτισης που επιλέχτηκε είναι και πάλι από την εταιρία SMA λόγω της υψηλής αξιοπιστίας και των επιτυχόντων δοκιμών που έχει περάσει στα εργαστήρια του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Sunny Island Charger 50		
	12 V	24 V	48 V
Εισόδος (φωτοβολταϊκή γεννήτρια)			
Μέγιστη φωτοβολταϊκή ισχύς	630 W	1250 W	2400 W
Μέγιστη τάση DC	140 V DC	140 V DC	140 V DC
Βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT	25 V - 60 V	40 V - 80 V	70 V - 100 V
Αριθμός ανιχνευτών MPP	1	1	1
Μέγιστο φωτοβολταϊκό ρεύμα	40 A	40 A	40 A
Εξόδος (αυτοσφωρευτής)			
Όνομαστική ισχύς DC έως 40 °C	600 W	1200 W	2400 W
Όνομαστική τάση αυτοσφωρευτή	12 V	24 V	48 V
Εύρος τάσης DC (ρυθμιζόμενο)	8 V - 15,6 V	16 V - 31,5 V	36 V - 65 V
Τύπος αυτοσφωρευτή	Συμβαρκευτές μολύβδου κλειστού τύπου		
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης / Ρεύμα διαρκούς φόρτισης	50 A / 50 A	50 A / 50 A	50 A / 50 A
Ρύθμιση φόρτισης	IUeU	IUeU	IUeU
Βαθμός απόδοσης			
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	98 %	98 %	98 %
Ευνοετα	97,3 %	97,3 %	97,3 %
Προστασία συσκευών			
Αντιστροφή πόλων DC	●	●	●
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα	●	●	●
Προστασία υπερφόρτισης	●	●	●
Προστασία από υπέρταση και υπόταση	●	●	●
Προστασία από υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες	●	●	●
Γενικά στοιχεία			
Διαστάσεις (Π / Υ / Β) σε mm	421 / 310 / 143	421 / 310 / 143	421 / 310 / 143
Βάρος	10 kg	10 kg	10 kg
Κατηγορία προστασίας (κατά IEC 60529)	IP65	IP65	IP65
Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Υγρασία	0 % - 100 %	0 % - 100 %	0 % - 100 %
Ιδία κατανάλωση κατά τη διάρκεια της ημέρας	< 5 W	< 5 W	< 5 W
Ιδία κατανάλωση κατά τη διάρκεια της νύχτας	< 3 W	< 3 W	< 3 W
Εξοπλισμός και λειτουργίες			
Ενδειξη	LED πολλών χρωμάτων	LED πολλών χρωμάτων	LED πολλών χρωμάτων
Παραμετροποίηση	Plug & Play σε συνδυασμό με τα SI 5048, SI 2224, SI 2012 (απαραίτητα το Sync Bus Piggy Back) διακόπτης DIL για αυτοδύναμες (stand alone) εφαρμογές		
Παράλληλη λειτουργία	έως και 4 συσκευών	έως και 4 συσκευών	έως και 4 συσκευών

Πίνακας 4-10 : Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης Sunny Island charger 50

Βγαίνει σε 3 εκδόσεις των 12 των 24 και των 48V με τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παραπάνω.

Φορτιστής Συσσωρευτών AC-DC

Εικόνα 4-11 : Φορτιστής Sterling ProCharge Ultra



Αυτή η συσκευή είναι σαν ένα απλός ελεγκτής φόρτισης μόνο που στην είσοδό του λαμβάνει εναλλασσόμενο ρεύμα δικτύου (AC). Εν προκειμένω θα συμβάλει στην φόρτιση των συσσωρευτών μέσω του δικτύου της ακτής. Η συσκευή που επιλέχτηκε είναι της αμερικάνικης εταιρείας Sterling Power και ονομάζεται ProCharge Ultra.

12 v 60 amp model, all other units pro rata	
Input voltage range	90-270 v 40-70 Hz
Power Factor at 230 v	0.976
Efficiency	90.4%
Full load current (110/230v)	9.8/4.6 amps
Ripple noise (R.M.S.)	14mV
Ground leakage	0.5 mA
Generator/ mains power required to run unit (watts)	
12 v 20 amp	approx 350 watts
12 v 30 amp	approx 500 watts
12 v 40 amp	approx 600 watts
12 v 50 amp	approx 750 watts
12 v 60 amp	approx 900 watts
24 v 20 amp	approx 600 watts
24 v 30 amp	approx 900 watts
voltmeter accuracy	+/- 1%
ammeter accuracy	+/- 1%

Technical Data

Εικόνα 4 - 11: Τεχνικά χαρακτηριστικά ProCharge Ultra

Φορτιστής Συσσωρευτών AC-DC

Εικόνα 4-12 : Φορτιστής BCA 1000 Battery Charger



Αυτή η συσκευή είναι όπως η προηγούμενη ένα απλός ελεγκτής φόρτισης που στην είσοδό του λαμβάνει εναλλασσόμενο ρεύμα δικτύου (AC) και συμβάλει στην φόρτιση των συσσωρευτών μέσω του δικτύου της ακτής. Η διαφορά με τη παραπάνω συσκευή είναι τα διαφορετικά ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά και οι δυνατότητα εξόδου 72V DC. Η συσκευή που επιλέχτηκε είναι της αμερικάνικης εταιρείας Analytic Systems και ονομάζεται BCA 1000 Battery Charger.

BCA1000 BATTERY CHARGER

Electrical [Output]					
Output Nominal (op)	12	24	32	48	72
Output Volts (DC)	13.6	27.2	36.3	54.4	81.6
Absorption Voltage (Vdc)	13.6	28.8	38.4	57.6	86.4
Charging Amps	75	40	37	25	16
Absorption to Float	15A	7.5A	5.6A	3.8A	2.4A
Battery Banks	2 (3 Bank Option Available)				
Battery Size(Amp Hrs.)	400-600	200-300	150-230	100-150	70-100
Output Crowbar	17.0 ± 0.5V	34.0 ± 1.0V	45.4 ± 1.3V	68± 2.0V	102 ± 3.0V
Equalize Voltage	15.5	31	41.3	62	93
Temperature Comp.	-15 mV/°C	-30 mV/°C	-40 mV/°C	-60 mV/°C	-90 mV/°C
Duty Cycle	Continuous 100% for 24 hours per day				
Efficiency	81-82%@ Maximum Output				
Stages	2 or 3 selectable				
Regulation	< +/- 0.5%				

Εικόνα 4-12 : Τεχνικά χαρακτηριστικά BCA1000 battery charger

Ηλεκτροκινητήρας

THOOSA 12000

Technical data



Εικόνα 4-13 : Πλάγια Όψη Thoosa 12000

Ο κινητήρας που επιλέχτηκε είναι της εταιρείας clean e-marine είναι εναλλασσόμενου ρεύματος (DC) με ονομαστική τάση 72V και ονομαστική ισχύ 12 kW. Αυτό δεν μας αποτρέπει στην αντικατάσταση του ντιζελοκινητήρα των 21 kW (29Hp) αφού η μέγιστη ισχύς που μπορεί να αποδώσει ο ηλεκτροκινητήρας είναι της τάξης των 24,2 kW και έχει συνολικό βάρος 95 κιλών. Φέρει ξεχωριστό σύστημα ελεγκτή στροφών.

Technical data	
Motor type:	AM 180 / 135
Voltage	72 V DC
Current:	180 Amp (limited by motor controller)
Power output:	12.0 KW
Average efficiency:	93%
Battery recharge function:	Yes
Rated speed engine:	3.240 rpm
Rated torque:	35.3 Nm
Speed constant:	45 rpm/V
Peak current:	400 Amps
Peak Power:	24.2 KW
Peak torque:	71.3 NM
Reduction:	AM D/03
Standard gearing:	22:56 wheel combination
Gear Belt:	624
Standard Rpm propeller shaft:	1270 Rpm
Option Rpm propeller shaft:	990 Rpm
Option Rpm propeller shaft:	790 Rpm
Weight of motor and console:	30 kilo
Weight of Thoosa 12000 system:	44 kilo
Recommended boat size:	35-45 feet

Πίνακας 4-13 : Τεχνικά Χαρακτηριστικά κινητήρα Thoosa 12000



Εικόνα 4-14 : Γενική άποψη του Thoosa 12000



Εικόνα 4-15: Ελεγκτής Κινητήρα

Κινητήρας Diesel

Εικόνα 4-16 : Κινητήρας Diesel 29Hp της Yanmar



Ο ντιζελοκινητήρας της Yanmar είναι 29Hp και είναι ήδη προεγκατεστημένος στο σκάφος. Το εκτόπισμά του είναι 1.115 λίτρα και έχει βάρος 157 κιλά με το σύστημα μετάδοσης ταχύτητας. Παρακάτω παραθέτονται κάποια από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.



MARINE DIESEL ENGINES

3YM30 Series

Configuration	4-stroke, vertical, water-cooled diesel engine		
Maximum output at crankshaft	* 21.3 kW@3600 rpm	[29.1 mhp@3600 rpm]	
Displacement	1.115 ltr	[68 cu in]	
Bore x stroke	76 mm x 82 mm	[2.9 in x 3.2 in]	
Cylinders	3		
Combustion system	Indirect injection		
Aspiration	Naturel aspiration		
Starting system	Electric starting 12V - 1.4 kW		
Alternator	12V - 80A		
Cooling system	Fresh water cooling with heat exchanger		
Lubrication system	Enclosed, forced lubricating system		
Direction of rotation [crankshaft]	Counterclockwise viewed from flywheel side		
Dry weight without gear	123 kg	[271 lbs]	
Environmental	EU: RCD	BSO II	EMC
	US: EPA Tier3		
Engine mounting	Rubber type flexible mounting		

Πίνακας 4-14 : Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Diesel 29Hp της Yanmar

Γεννήτρια Diesel

Εικόνα 4-17 : Γεννήτρια Diesel 7 kVA της Hyundai



Η γεννήτρια που επιλέχθηκε είναι της εταιρείας Hyundai και είναι ισχύος 7kVA. Θα αποτελέσει την εφεδρεία στο υβριδικό μας σύστημα. Ακολουθεί πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της.

Generator Model		DHY6000L/E-3
Generator Set	Frequency (Hz)	50 / 60
	Rated Power	6.3 / 6.9 kVA
	Max.Power	6.9 / 7.6kVA
	Voltage (V)	400 / 120-240
	Current (A)	16.2 / 36
	Sockets	1x 16A/3~ & 1x 16A/1~/XX(1)
	Display	LED4
	Fuel Tank Capacity (L)	14
	Running Time under 50% Load (hr.)	13
	Noise Level behind 7 Meters 50% Load (dBA)	77.5 / 78
	DC Output (VA) (2)	12 / 8.3
	Battery (Ah)	36
	Engine	Engine Type
Engine		D400
Power Output (HP)		10
Start Method		Manual / Elec. start
Displacement (ml)		418
Oil Capacity (L)		1.65
Alternator	Alternator	A5-3 / A5.5-3
	Rated Power (kVA)	6.3 / 6.9
	Power Factor (Cosφ)	0.8
	Voltage Regulation	AVR
Log.data	N.G.(kg)	93/108
	G.W.(kg)	98/113
	Loading capacity 20/40/40HQ	102/213/281

Πίνακας 4-15 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Diesel DHY6000LE3

4.4 Εγκατάσταση κάλυψης ηλεκτρικών καταναλώσεων

Το πρώτο σκέλος τη εγκατάστασης έχει σκοπό να καλύψει μόνο τις καταναλώσεις του ηλεκτρικού δικτύου του σκάφους. Αυτό σημαίνει ότι όλα όσα θα περιγραφούν παρακάτω συμβιώνουν με την ύπαρξη και τη λειτουργία του κινητήρα Diesel του σκάφους.

Όπως αναφέρθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο οι μέγιστες καταναλώσεις που μπορεί να έχει ένα σκάφος του μεγέθους που εξετάζουμε είναι της τάξης των 4.2 kWh την ημέρα. Αυτή η κατανάλωση θα μας οδηγήσει στη διαστασιολόγηση μιας πρώτης συστοιχίας συσσωρευτών του αντιστροφέα, και ύστερα των αντίστοιχων φωτοβολταϊκών και της ανεμογεννήτριας που χρειάζεται. Τα βήματα είναι απλά:

ΒΗΜΑ 1ο :

Υπολογισμένη Ενέργεια του φορτίου : 4,2kW/ημέρα

ΒΗΜΑ 2ο :

Αφού το σύστημα μου είναι στημένο 12V με τη διαίρεση της συνολικής ενέργειας με την τάση των 12V προκύπτει ανάγκη σε 350 Ah την ημέρα.

Υπολογίζοντας όμως και τους συντελεστές θερμοκρασίας, γήρανσης, σφάλματος σχεδιασμού και υπερφόρτισης προκύπτει ο παρακάτω υπολογισμός:

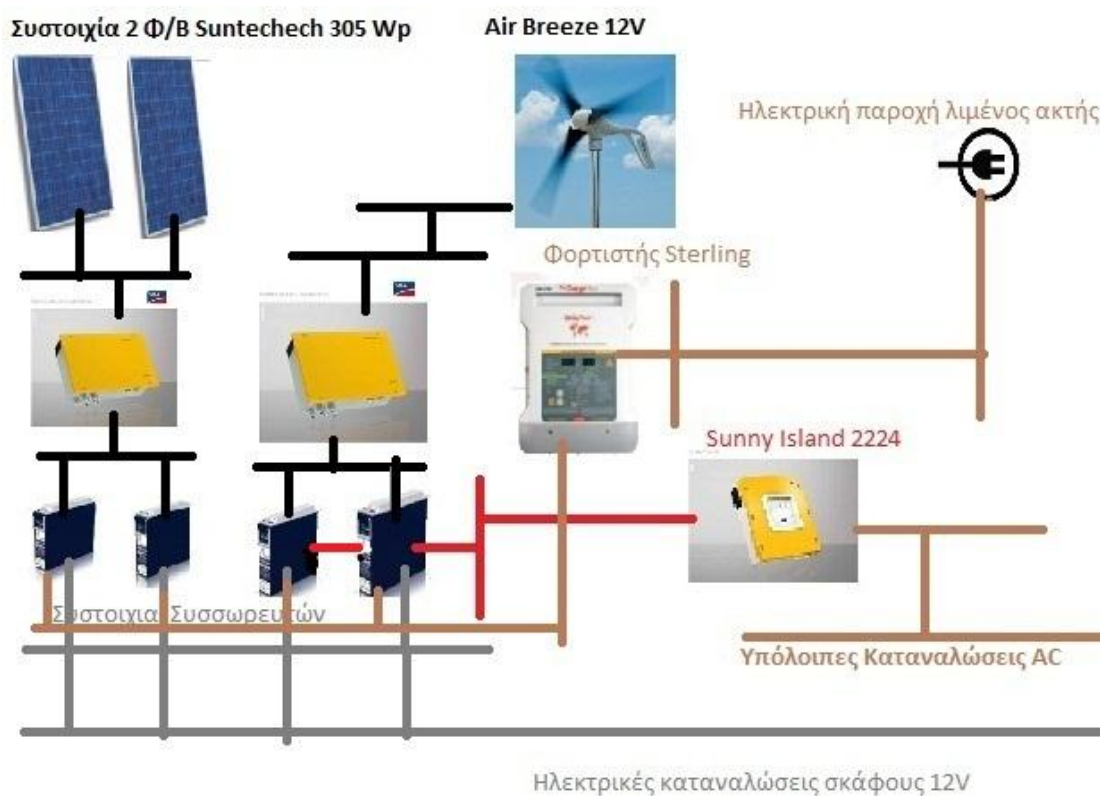
Τελικό σύνολο των απαιτούμενων Ah με συντελεστές:

$$\bullet \text{ ΤΕΛΙΚΑ } Ah = 350 * 1 * 1,25 * 1,1 * 1,1 = 529 \text{ Ah/ΜΕΡΑ}$$

Εφόσον οι συσσωρευτές που διαθέτουμε είναι χωρητικότητας 170Ah σημαίνει ότι χρειαζόμαστε τουλάχιστον 3,11 συσσωρευτές. Επομένως, χάριν ασφαλείας τοποθετούνται 4 συσσωρευτές.

Με την στρογγυλοποίηση αυτή πετυχαίνω να καλύψω και όποιες άλλες καταναλώσεις προκύψουν από τις ανάγκες του πληρώματος. Το πλεόνασμα της ενέργειας που τίθεται προς διάθεση είναι της τάξης του 1,8 kW.

Τελικά η τοπολογία του δικτύου που προκύπτει είναι η παρακάτω:



Εικόνα 4- 18: Τοπολογία Δικτύου 12v

Επιλέχθηκαν δύο ελεγκτές φόρτισης Sunny Island charger των 12 V οι οποίοι δέχονται το ρεύμα των δύο φωτοβολταϊκών ο πρώτος και της ανεμογεννήτριας ο δεύτερος. Με τη σειρά τους φορτίζουν συστοιχία δύο συσσωρευτών ο καθένας. Η πρώτη συστοιχία συσσωρευτών τροφοδοτεί κατευθείαν το δίκτυο των 12 V του σκάφους ενώ η δεύτερη συνδέεται το ένα σκέλος με το δίκτυο και το άλλο περνάει από τον αντιστροφέα των 24V για να ικανοποιήσει και τις υπόλοιπες καταναλώσεις AC που μπορεί να προκύψουν. Τέλος ο φορτιστής Sterling των 12 V φροντίζει για την ομαλή φόρτιση των συσσωρευτών μέσω του δικτύου της ακτής.

Όσον αφορά τη διαστασιολόγηση του αντιστροφέα, η επιλογή προέκυψε αρκετά απλά με τον υπολογισμό της δυνατότητας του ενός συσσωρευτή που είναι της τάξης

των 2040 Wh. Έτσι ο αντιστροφέας που επιλέχτηκε ήταν ο κοντινότερος σε τάξη, αυτός των 2224 W.

Τα δύο φωτοβολταϊκά των 300 Wp σε συνδυασμό με την ανεμογεννήτρια είναι ικανά να παράγουν περίπου 4 kW την ημέρα σε μη ιδανικές συνθήκες. Αριθμός που είναι αρκετά ικανοποιητικός και ικανός να καλύψει τις ημερήσιες ανάγκες που μπορεί να προκύψουν.

Όσον αφορά αυτή καθ'αυτή τη διαδικασία της εγκατάστασης στους χώρους τους σκάφους ακολουθούνται τα παρακάτω.

A) Τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένο αλουμινένιο σκελετό πάνω από το χώρο του πηδαλίου. Στο συγκεκριμένο σκάφος το μέγιστο πλάτος είναι 3,76 μέτρα που σημαίνει ότι υπάρχει δυνατότητα εγκατάστασης μέχρι τεσσάρων φωτοβολταϊκών πανέλων κατά πλάτος πάνω στον συγκεκριμένο σκελετό.



Εικόνα 4-19 : Αλουμινένιος σκελετός στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων

B) Όσον αφορά την ανεμογεννήτρια, η εγκατάστασή της γίνεται με παρόμοιο τρόπο αφού επιστρατεύεται πάλι αλουμινένια κατασκευή που οδηγεί εκτός του νοητού χώρου του σκάφους μη παρεμποδίζοντας στην ουσία καμία λειτουργία του.



Εικόνα 4-20 : Παράδειγμα εγκατάστασης ανεμογεννήτριας σε ιστιοπλοϊκό σκάφος

Γ) Τέλος οι συσσωρευτές μπαίνουν σε χώρους αποθήκευσης ως μόνιμη τοποθέτηση. Μαζί με αυτούς τοποθετούνται και οι τρεις φορτιστές. Ο αντιστροφέας μπορεί να τοποθετηθεί είτε μαζί με τους φορτιστές είτε κοντά στον ηλεκτρολογικό πίνακα του σκάφους.

4.5 Εγκατάσταση κάλυψης του συνόλου των καταναλώσεων [20], [21]

Στο κομμάτι αυτό της εγκατάστασης επιχειρείται εξολοκλήρου αντικατάσταση του υπάρχοντος κινητήρα Diesel με αντίστοιχο ηλεκτροκινητήρα και εφεδρική γεννήτρια Diesel. Πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός τέτοιου συστήματος κίνησης, υπάρχουν και άμεσα υγειονομικά οφέλη στον ιστιοπλόο αφού το σκάφος απαλλάσσεται από σημαντικά επίπεδα θορύβου και δυσμενών οσμών.

Α) Ο κύριος περιορισμός που προέκυψε όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι αυτός του χώρου. Από τη στιγμή που κατορθώθηκε να τοποθετηθούν τέσσερα

φωτοβολταϊκά πλαίσια κατά πλάτος και μία ανεμογεννήτρια το σκέλος της εγκατάστασης των ΑΠΕ οριοθετήθηκε.

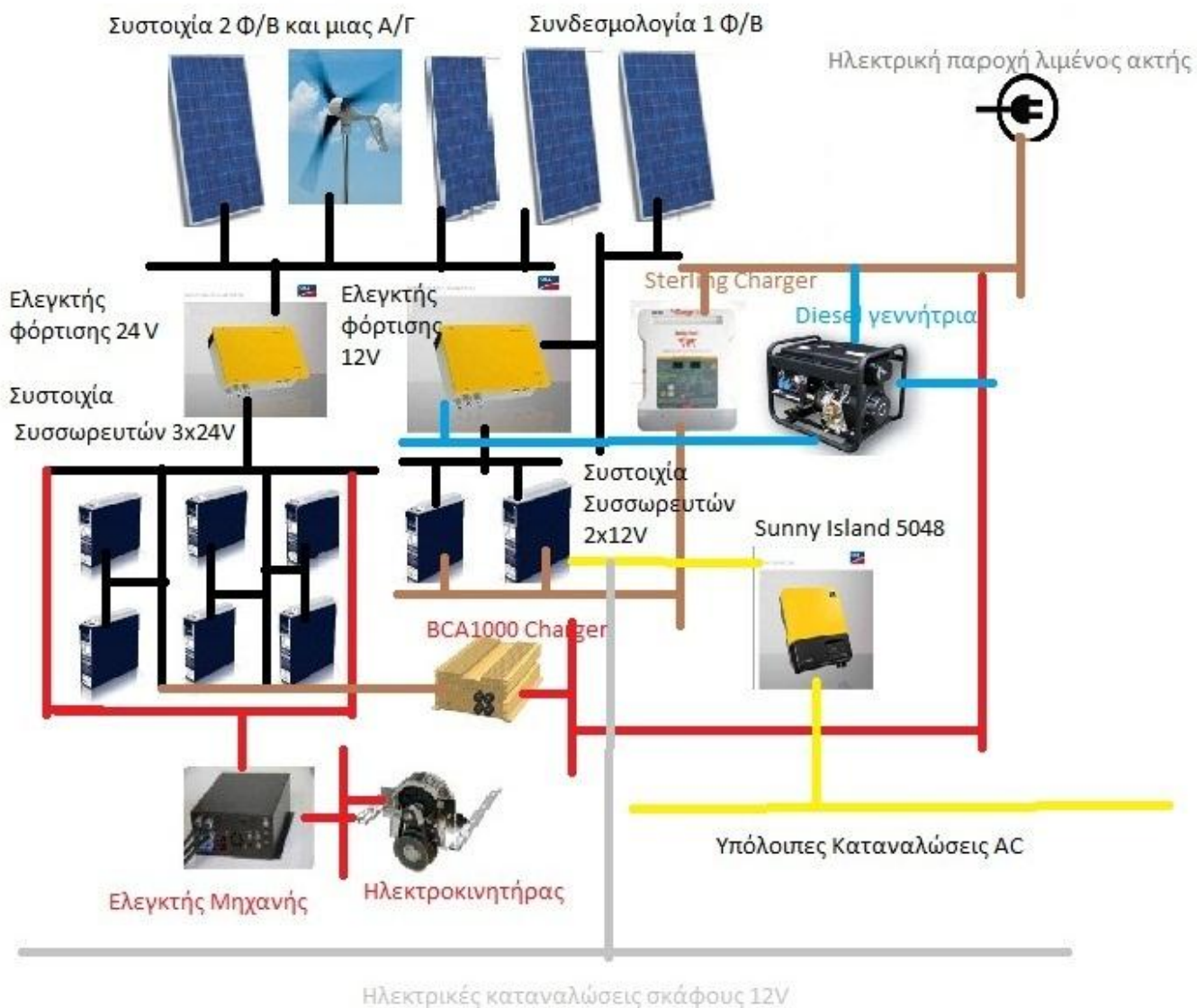
Β) Το δεύτερο στάδιο αφορούσε την τοποθέτηση του ηλεκτροκινητήρα. Η συνδεσμολογία του απαιτεί 72V DC και 12kW πράγμα που σημαίνει έξι μπαταρίες των 12 V των 166 Ah. Επιλέχτηκε λοιπόν συνδεσμολογία με συστοιχία 6 συσσωρευτών 24V των ήδη υπάρχοντων συσσωρευτών των 170 Ah, δηλαδή ανά δύο παράλληλη σύνδεση, με ξεχωριστό ελεγκτή φόρτισης των 24V. Εν συνεχεία συνδέεται ο ελεγκτής στροφών της μηχανής και τέλος ο ηλεκτροκινητήρας. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι και αυτός ο κινητήρας διαθέτει σύστημα πηνίων που φορτίζουν τους συσσωρευτές όταν το σκάφος πλέει με τον άνεμο.

Γ) Το τρίτο στάδιο περιελάμβανε την ένταξη στο σύστημα του υβριδικού παράγοντα της ντιζελογεννήτριας. Αυτή προϋπόθετε πρώτα την εγκατάσταση των δύο AC φορτιστών ώστε να τροφοδοτούνται οι συσσωρευτές από την AC λειτουργία της. Η DC λειτουργία της που έχει έξοδο 12 V δίνει την δυνατότητα φόρτισης της δεύτερης συστοιχίας των συσσωρευτών.

Δ) Το τέταρτο στάδιο αφορούσε εγκατάσταση της δεύτερης συστοιχίας των συσσωρευτών. Πρόκειται για τη συστοιχία που θα τροφοδοτήσει το δίκτυο των 12 V του σκάφους. Έτσι επιλέχτηκε μόνο ένα φωτοβολταϊκό για την τροφοδότηση του και δύο συσσωρευτές. Αποφεύχθηκε η χρήση των τριών συσσωρευτών που είχαν χρησιμοποιηθεί στο πρώτο σκέλος της εγκατάστασης για λόγους υπερφόρτωσης του σκάφους αλλά και πλέον λόγω της ύπαρξης της ντιζελογεννήτριας που θα καλύψει πιθανές υπερβάσεις στις καταναλώσεις. Ο ελεγκτής που χρησιμοποιήθηκε είναι των 12V.

Ε) Τέλος η επιλογή του αντιστροφέα της SMA για την τροφοδότηση των AC φορτίων. Επιλέχτηκε μια βαθμίδα παραπάνω από το πρώτο σκέλος της μελέτης, τάξης δηλαδή των 5kW, για να δίνεται η δυνατότητα στο πλήρωμα για επιπλέον καταναλώσεις.

Ακολουθεί η τοπολογία του υβριδικού δικτύου.



Εικόνα 4-21 : Τοπολογία Υβριδικού Δικτύου

Όσον αφορά αυτή καθ'αυτή τη διαδικασία της εγκατάστασης στους χώρους τους σκάφους ακολουθούνται τα παρακάτω.

A) Ότι ίσχυσε προφανώς στο πρώτο σκέλος της εγκατάστασης για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών και των ανεμογεννητριών ισχύει και στην προκείμενη περίπτωση.

B) Το ενδιαφέρον σημείο που προέκυψε σε αυτό το σκέλος της μελέτης είναι το μέγεθος του χώρου που άφησε πίσω του ο κινητήρας Diesel. Η μηχανή Yanmar των 29Hp απελευθέρωσε 1.115 λίτρων σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της

μηχανής, χώρος ικανός να συμπεριλάβει όλη την υπόλοιπη εγκατάσταση του υβριδικού συστήματος με εξαίρεση την γεννήτρια Diesel. Αυτό σημαίνει ότι οχτώ συσσωρευτές, 4 φορτιστές, ένας ελεγκτής μηχανής, ένας αντιστροφέας και ο ηλεκτροκινητήρας προφανώς που πρέπει να τοποθετηθεί και στην ίδια θέση καταλαμβάνουν χωρίς καμία επιπλέον επιβάρυνση τον χώρο του ντιζελοκινητήρα.

Γ) Τέλος όσον αφορά την τοποθέτηση της γεννήτριας diesel, αυτή τοποθετείται στους χώρους αποθήκευσης των κοινόχρηστων χώρων του σκάφους.



***Εικόνα 4-22 :** Εγκατεστημένο Σύστημα Thosa 12000
με ελεγκτή κινητήρα και συσσωρευτές*

Συμπεράσματα

Η μελέτη έγινε σε συγκεκριμένο σκάφος για να αποτελέσει ένα υπόδειγμα. Αυτό σημαίνει ότι η αναγωγή της σε σκάφη άλλων μηκών μπορεί να γίνει εύκολα ακολουθώντας την τεχνική που ακολουθήθηκε.

Η παραπάνω εγκατάσταση έχει σκόπιμα δύο σκέλη. Εκτός από τον εμφανή διαχωρισμό των λειτουργιών, υπάρχει και ο διαχωρισμός του κόστους. Το δεύτερο σκέλος με την εκτενή εγκατάσταση του ολοκληρωμένου υβριδικού συστήματος υστερεί στην οικονομική επιβάρυνση του ιστιοπλόου. Παρόλα αυτά αν υπολογίσουμε το κόστος μεταπώλησης του κινητήρα Diesel που αντικαθιστάται, ειδικά αν πρόκειται για καινούριο σκάφος, η απόσβεση μπορεί να έρθει αρκετό καιρό αργότερα κάνοντας την μετατροπή αρκετά βιώσιμη και από οικονομικής πλευράς.

Η πρωτοβουλία για τη συγκεκριμένη μετατροπή είτε σε μεταχειρισμένα, είτε σε νέα σκάφη είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου από τις δυνατότητες που έχει ένα ιστιοπλοϊκό σκάφος. Συστήματα αφαλάτωσης και διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να μετατρέψουν το ιστιοπλοϊκό σε ένα πλήρως αυτόνομο σκάφος.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι σίγουρο ότι έχει πολλά ακόμα να προσφέρει στο ιστιοπλοϊκό σκάφος. Είτε αυτό είναι σε ηλεκτρικές καταναλώσεις του πληρώματος είτε σε συστήματα υβριδικής κίνησης. Ο μόνος περιοριστικός μοχλός που δυσκολεύει την κίνηση των εξελίξεων είναι το οικονομικό κόστος. Όταν ξεπεραστεί και αυτός ο σκόπελος, οι εξελίξεις θα είναι ραγδαίες και εντυπωσιακές στο τομέα της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και όσον αφορά την λειτουργία αλλά και την κίνηση του ιστιοπλοϊκού σκάφους. Ήδη έχουν εμφανιστεί τα πρώτα ιστιοπλοϊκά με υβριδικούς κινητήρες και άλλα που ίπτανται ελεγχόμενα, χάρις στη δύναμη του ανέμου και την εξέλιξη της ναυπηγικής.

Όπως και να έχει πάντως είτε με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας είτε με τη ταχύτερη μείωση του κόστους, η ανάγκη για βιώσιμους τρόπους θαλάσσιας μεταφοράς και γιατί όχι και στέγασης είναι και θα είναι επιτακτική. Το ιστιοπλοϊκό

σκάφος ήταν, είναι και θα παραμείνει για αρκετά χρόνια ακόμη, η πλέον βιώσιμη και περιβαλλοντικά λύση για μετακίνηση στο υγρό στοιχείο.

Σε μια Ελλάδα που μαστίζεται από την καπιταλιστική κρίση η περιφρόνηση του περιβάλλοντος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της αυτοκαταστροφής. Τα σκάφη αυτά αν και είναι άρρηκτα δεμένα με την ακτογραμμή και γενικότερα το περιβάλλον αυτής της χώρας δεν είχαν ποτέ μια δικιά τους ναυπηγική στέγη. Η Ελλάδα έχει τη δυναμική να γίνει ο τόπος που θα προωθηθούν όλες αυτές οι καινοτομίες που θα αναδείξουν την ιστιοπλοΐα και θα προστατεύσουν το περιβάλλον.

Άλλωστε μία από τις λεγόμενες ετεροτοπίες του Φουκώ, τα πλοία, ήταν πάντοτε μία από τις κυριότερες ενασχολήσεις των θαλάσσιων λαών όπως οι Έλληνες.

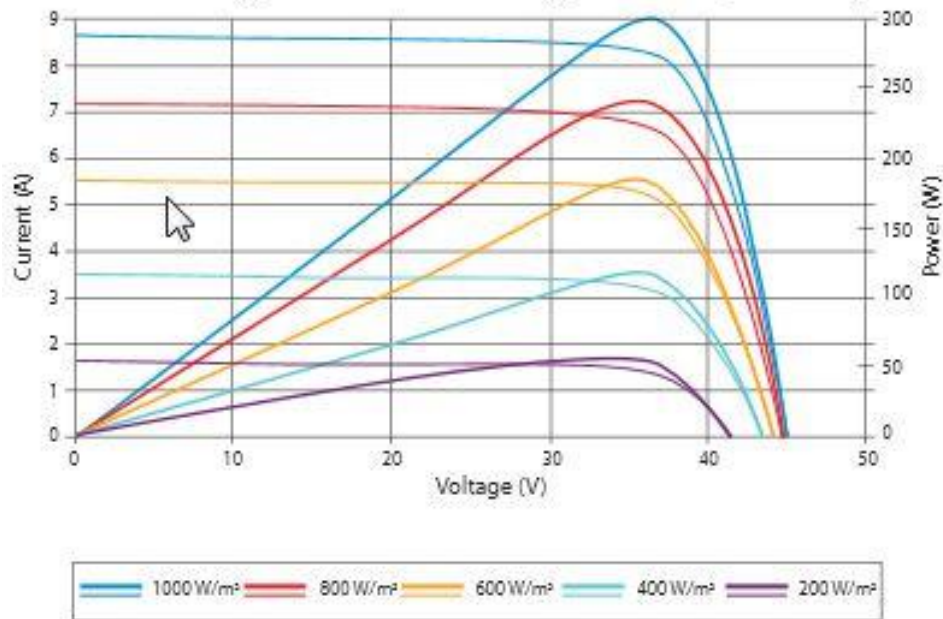
Κι αν εκλείψουν αυτά, στερεύουν και τα όνειρα...

Παράρτημα

Περαιτέρω τεχνικά στοιχεία των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν:

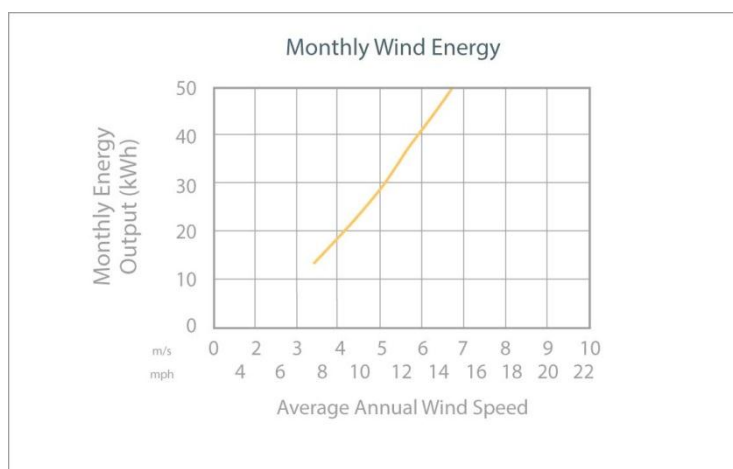
Φωτοβολταϊκά

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (300-24)



Διάγραμμα 1 : Τάσης, Ρεύματος και Ισχύος ανά πυκνότητα ακτινοβολίας

Ανεμογεννήτρια



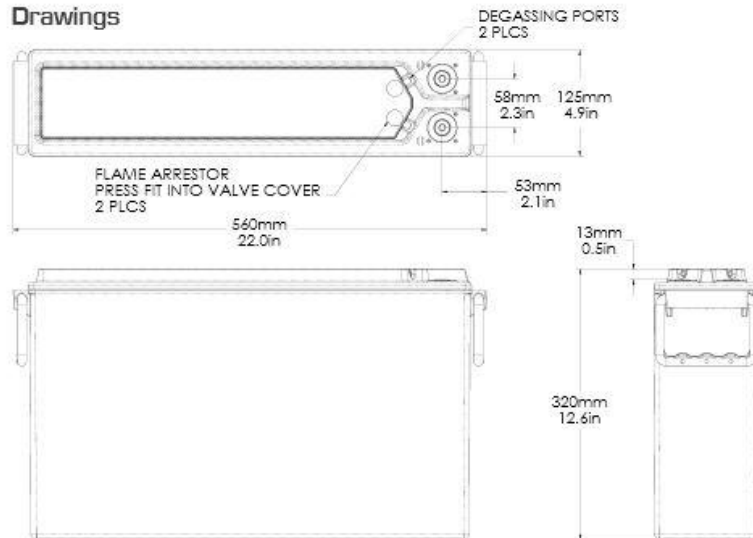
Διάγραμμα 2 : Μηνιαία παραγωγή ενέργειας ανά μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου

Συσσωρευτές

Dimensions

Height	320 mm [12.6 in]	Weight	61 kg [135 lbs]
Width	125 mm [4.9 in]	Terminal	Female MB x 1.25
Depth	560 mm [22.0 in]	Terminal Torque	8.0 Nm [71 in-lbs]

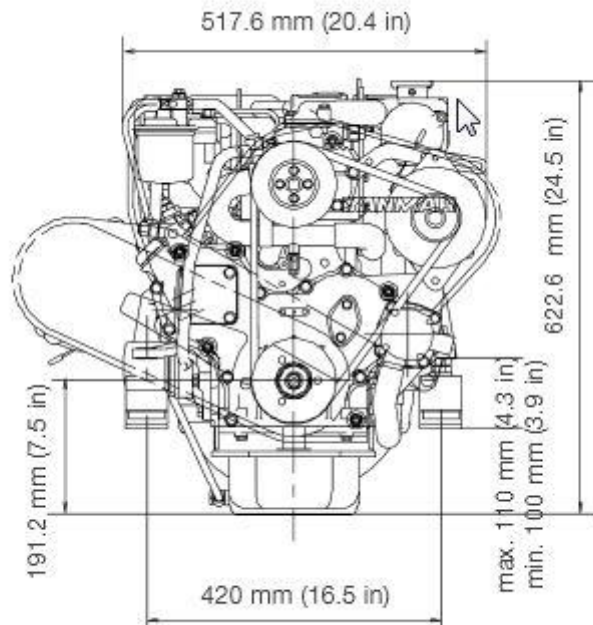
Drawings



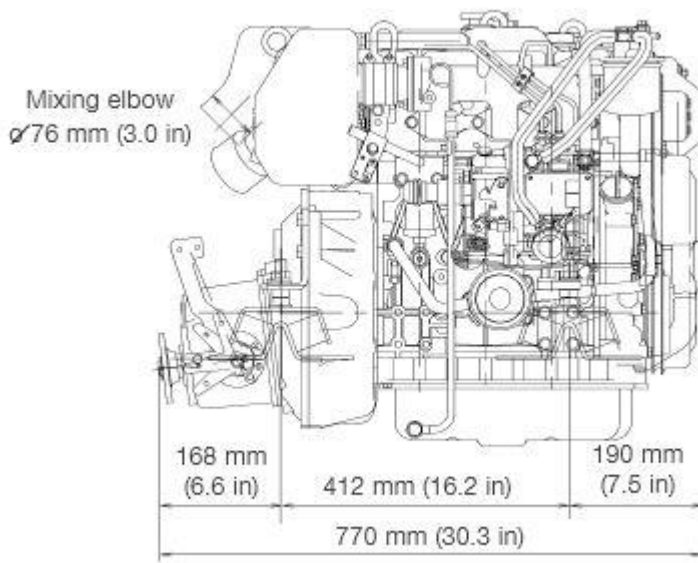
All NorthStar batteries are compliant with: Telcordia SR4228, Bellcore GR-63-Core, Issue 1; British, German, and Russian telecom standards; UL approved. NorthStar is registered to ISO 9001 and ISO 14001.

Διάγραμμα 3: Διαστάσεις και μηχανικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών

Κινητήρας Diesel



Σχήμα 1



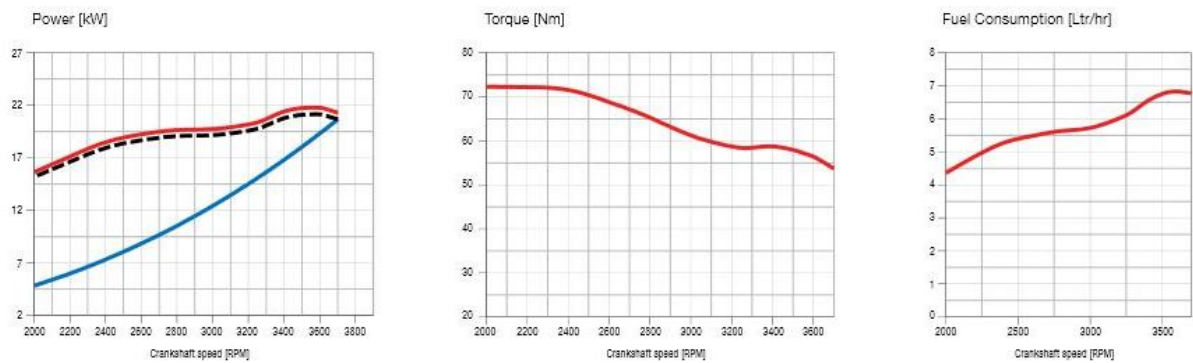
Σχήμα 2

Σχήμα 1-2: Μηχανολογικά σχέδια κινητήρα Diesel Yanmar 29Hp 3YM30



MARINE DIESEL ENGINES

PERFORMANCE CURVES



Διαγράμματα απόδοσης κινητήρα Diesel Yanmar 29Hp 3YM30

MARINE GEARS / DRIVE

Model	KM2P-1		Saildrive [SD20]
Type	Constant mesh gear with servo-cone clutch		Constant mesh gear with dog clutch
Dry weight	10 kg [22 lbs]		30 kg [66 lbs]
Reduction ratio [fwd/asn]	2.21/3.06	2.62/3.06	2.64/2.64
Propeller speed [fwd/asn]	1629/1176	1374/1176	1364/1364
Direction of rotation [propeller shaft - fwd]	Clockwise		Counterclockwise
Dry weight engine and gear/drive	133 kg [293 lbs]		157 kg [346 lbs]
Length engine and gear/drive	715 mm [28 in]		695 mm [35 in]

Πίνακας 1: Μηχανικά χαρακτηριστικά Yanmar 29Hp 3YM30

Ηλεκτροκινητήρας

RECOMMENDED USE

The Thoosa 12000 is made for boats at 35-45 feet.

SECURITY AND COMFORT

An electric motor starts every time - just turn the key, adjust the throttle and GO. With our electric motor, the power kicks in immediately, making harbor maneuvering easier and more accurate.

The system is virtually silent and allows people on deck to speak with each other while maneuvering in harbors, making the event enjoyable, safer and relaxing.

The low weight of the electric motor solution also improves the maneuvering abilities of the boat since the heaviest part of the system (the batteries) can be moved into e.g. the keel.

ENVIRONMENT AND COMFORT

Not only does an electric motor solution free the harbor and sea from oil spills, it also frees you from the smell of diesel and exhaust fumes, providing you with a clean engine room, making the onboard environment more pleasant.

INSTALLATION

Due to the motor and gearing console's low weight, the motor is easy to align without the need for heavy tools.

The motor controller is designed for easy installation so throttle, key-lock, charger, battery monitor and DC-DC converter can be connected by "plug and sail".

MAINTENANCE

The cost of maintenance is very low since it is only needed for two parts.

The brushes have a lifetime of 4000 hours.

The gear belt has a life time of 3000 hours.

Both parts are easy to replace.

FUNCTIONALITY & EFFICIENCY

The electric motor has a stationary magnetic field (stator) and a rotating magnetic field (rotor) that either attracts or repels each other and thereby creates rotation.

Where an "ordinary" DC motor uses standard magnets and a cylindrical rotor, the motor in the Thoosa 12000 system uses double Neodymium magnets and a disc shaped rotor. This makes the motor very powerful and very efficient.

The rpm on the motor are regulated by adjusting the voltage with the motor controller. The motor controller chops the voltage from the batteries into small pulses. The longer the pulses it sends to the motor, the more power and rpm are provided by the motor. This makes the system more efficient.

POWER CHARACTERISTICS

An internal combustion engine idles at 700-800 rpm – and must rotate at 1500- 2000 rpm to make enough torque to drive the boat forward.

Our electric system does not idle and provides full torque at any speed if it runs at full current. This gives you have a very high torque available for acceleration.

The main power consumption is used to accelerate the boat up to the desired speed. Thereafter, the power consumption drops significantly when using an electric motor.

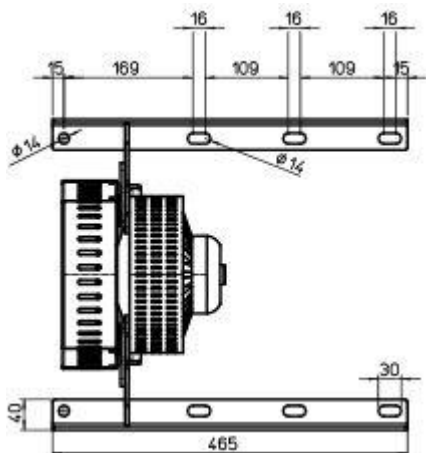
All in all, this shows that an electric motor solution is a feasible and efficient alternative to a combustion engine.

REGENERATION: CHARGING BATTERIES WHILE SAILING

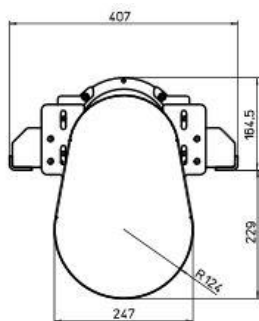
The Thoosa 12000 has a build in regenerative function (RG).

By RG the motor works as a generator and sends a positive charge to the battery bank, while the boat is driven by wind/sails. What is achieved through regeneration is supplemental, much as you would receive from wind or solar. For more information on regeneration speak with your dealer.

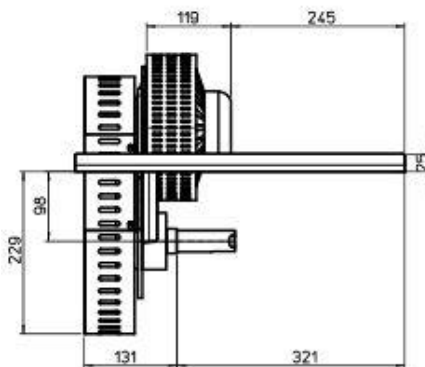
Πίνακας 2: Γενικά χαρακτηριστικά Thoosa 12000



Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχήμα 3

Σχήματα 1-3 : Μηχανολογικά σχέδια Thoosa 12000

Βιβλιογραφία – Αναφορές

- [1] Έγχρωμη Εγκυκλοπαίδεια δομή Εκδόσεις «ΔΟΜΗ» 1996
- [2] Παναγιώτης Γ. Στρούζας “ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΗ” Έκδοση ΠΟΙΑΘ 2001
- [3] J.F. MANWELL, Hybrid energy systems, Encyclopedia of Energy, Vol. 3 (2004): 215-219.
- [4] Νόμος 3468/2006, Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις, Εφημερίς της κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος πρώτο, Αρ. Φύλλου 129, 27 Ιουνίου 2006.
- [5] Δέρβος Κ.Θ “Εισαγωγή στα ημιαγώγιμα υλικά και φωτοβολταϊκές διατάξεις”, έκδοση ΕΜΠ, 2010
- [6] Μιχ. Π. Παπαδόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Από Ανανεώσιμες Πηγές”, Αθήνα 1997
- [7] Κ. Καγκαράκης, “Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία” Εκδόσεις Συμμετρία 1992
- [8] www.cres.gr
- [9] K.C. DIVYA, JACOB OSTERGAARD, Battery energy storage technology for power systems – An overview, Electric Power Systems Research, Vol. 79 (2009):511-520.
- [10] www.electricitystorage.org
- [11] Στέφανος Ν. Μανιάς, “Ηλεκτρονικά Ισχύος”, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ 2000
- [12] Ι.Α Τεγόπουλος, ‘Ηλεκτρικές Μηχανές, μέρος β’, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2001.
- [13] Damien Paire, Marcelo G. Simoes, Jeremy Lagorse and Abdellatif Miraoui, “A real-time sharing reference voltage for hybrid generation power system”, 978-1-4244-6395-4/10/\$26.00 ©2010
- [14] www.jeanneau.com
- [15] www.suntech-power.com

- [16] www.primuswindpower.com
- [17] www.northstarsitetel.com
- [18] www.sma-hellas.com
- [19] www.clean-e-marine.com
- [20] www.yanmarmarine.com
- [21] www.analyticsystems.com
- [22] www.sterling-power.com

