

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΑΕΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΣΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΧΡΟΝΙΑ



ΣΑΡΑΚΑΤΣΙΑΝΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΙΑΦΛΙΑΚΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 18'

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΙΑΦΛΙΑΚΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΘΕΜΑ: ΜΕΣΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΧΡΟΝΙΑ

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΣΑΡΑΚΑΤΣΙΑΝΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
Α.Γ.Μ: 3286**

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας: 01/04/2016

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας: 05/06/2018

Α/Α	Όνοματεπώνυμο	Ειδικότης	Αξιολόγηση	Υπογραφή
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ: ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην παρουσίαση των μέσων πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Στο 1^ο Κεφάλαιο αναφέρεται ο ορισμός της πρόωσης , η ιστορική αναδρομή .

Στο 2^ο Κεφάλαιο, παρουσιάζεται η τα ιστοφόρα πλοία με εμβάθυνση στις κατηγορίες, στην εξέλιξη και στα σύγχρονα ιστιοπλοϊκά.

Το 3^ο Κεφάλαιο , αναφέρεται στα τροχήλατα πλοία .

Στο 4^ο Κεφάλαιο, δίνεται η έννοια των αυτοκινούμενων πλοίων και στην ιστορική εξέλιξη της μηχανής και σε ένα μεγάλο φάσμα μηχανών.

Το 5^ο Κεφάλαιο , περιλαμβάνει τους εμβολοφόρους κινητήρες diesel και στις ιδιαιτερότητες τους.

Το 6^ο Κεφάλαιο πραγματεύεται στην ανάπτυξη των αεροστρομάτων ή hovercraft.

Το 7^ο Κεφάλαιο παρουσιάζει την τελευταία κυρίως πρωτοποριακή ανάπτυξη των LNG μηχανών.

Το 8^ο Κεφάλαιο αναφέρει τους αεριοστροβίλους και τα προτερήματα τους.

Το 9^ο Κεφάλαιο αναπτύσσεται αρκετά αναλυτικά για τα πυρινοκίνητα πλοία , για την λειτουργία τους ,τις βασικές διαδικασίες.

Το 10^ο Κεφάλαιο ξεκινά και αναλύει τις μελλοντικές προόδους στον τομέα της ναυτιλίας όπως στην χρήση των ηλεκτροκίνητων πλοίων ,στις ιδιαιτερότητες των μηχανών τους αλλά και στα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης.

Το 11^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η χρήση της ηλιακής ενέργειας στον τομέα της ναυτιλίας.

Το 12^ο Κεφάλαιο και τελευταίο αναφέρεται στα πλοία που εξοπλίζονται με PODS αλλά και στα πλέον σύγχρονα πλοία με σύστημα πρόωσης KAMEWA.

Λέξεις Κλειδιά

Πρόωση, Εξέλιξη, Βασικοί Τύποι, Κινητήρια Δύναμη, Προπέλες, Υδροτουρμπίνες

Abstract

This paper aims to present the means of propulsion of ships and their development over the years.

Chapter 1 refers to the definition of propulsion, historical retrospection.

In the 2nd Chapter, sailing ships are presented with a deepening of categories, development and modern sailing boats.

Chapter 3 refers to wagons.

In Chapter 4, the concept of self-propelled ships is given in the history of the machine and in a wide range of engines.

The 5th chapter includes diesel piston engines and their peculiarities.

Chapter 6 deals with the development of hovercraft.

Chapter 7 presents the latest, most innovative, development of LNG machines.

Chapter 8 lists gas turbines and their assets.

The 9th Chapter is developed quite extensively for the ships, for their operation, the basic procedures.

The 10th chapter begins and analyzes future advances in shipping such as the use of electrically powered ships, their special features, and the advantages and disadvantages of electroplating.

The 11th chapter presents the use of solar energy in the shipping sector.

The 12th Chapter and last refers to ships equipped with PODS as well as to the most modern ships with a KAMEWA propulsion system.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT	3
Περιεχόμενα	4
Πρόλογος	6
Κεφάλαιο 1^ο Η έννοια της πρόωσης και η ιστορική αναδρομή της.....	7
1.1 Πρόωση	8
1.2 Ιστορική Αναδρομή	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο Ιστιοφόρα πλοία	9
2.1 Ορισμός	9
2.2 Εξέλιξη	10
2.3 Βασικοί τύποι.....	11
2.4 Σύγχρονα ιστιοφόρα ιστιοπλοϊκά	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο Τροχήλατα πλοία	13
3.1 Γενικός Ορισμός.....	13
3.2 Ο εκτοπισμός	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο Ατμόπλοια.....	14
4.1 Ατμοκινούμενα πλοία	14
4.2 Παλινδρομικές μηχανές ατμού.....	16
Κεφάλαιο 5^ο Εμβολοφόροι κινητήρες diesel.....	17
Κεφάλαιο 6^ο Hovercraft.....	19
6.1 Αερόστρωμα ή hovercraft.....	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 7^ο LNG κινητήρες	21
7.1 Υγροποιημένο φυσικό αέριο	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 8^ο Αεριοστροβίλοι	22
Κεφάλαιο 9^ο Πυρινοκίνητα πλοία	24
9.1 Γενικός ορισμός.....	25
9.2 Πυρηνικός αντιδραστήρας.....	25
9.3 Λειτουργία.....	26
9.4 Βασικές διαδικασίες.....	27

Κεφάλαιο 10^ο

Νέες τεχνολογίες στα μέσα πρόωσης των πλοίων.....	28
10.1 Ηλεκτροκίνητα πλοία.....	28
10.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	31
10.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά.....	31
10.3 Κινητήρες αξονικής ροής.....	33
10.3.1 Πολυβάθμιοι κινητήρες εγκάρσιας ροής (transverse flux motors).....	33
10.3.2 Πολυβάθμιοι κινητήρες αξονικής ροής (axial flux motors).....	34
10.4 Μετατροπείς Συχνότητας.....	34
10.5 Συνεργασία έλικα – κινητήρα πρόωσης.....	38
10.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ηλεκτροπρόωσης.....	39
Κεφάλαιο 11^ο Πλοία με ηλιακή ενέργεια.....	41
Κεφάλαιο 12^ο Συστήματα πρόωσης.....	45
12.1 Πλοία εξοπλισμένα με PODS.....	45
12.2 Σύστημα προώθησης KAMEWA.....	47
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	50
Βιβλιογραφία.....	51

Πρόλογος

Στη σύντομη αυτή αναφορά μας, θα προσπαθήσουμε όσο το δυνατόν πιο κατανοητά, να παρουσιάσουμε τα μέσα πρόωσης σε όλους τους τομείς και κατηγορίες πλοίων,

την ιστορική τους αναδρομή, το πώς στις μέρες έχει εξελιχθεί τεχνολογικά η πρόωση και

τα χαρακτηριστικά που την καθιστούν προτεραιότητα στην επιλογή της κάθε ξεχωριστής κατηγορίας τους, σε ό,τι αφορά τη χρήση, τον τρόπο και την εξέλιξη της.

Επιπλέον, θα γίνει αναφορά στις μελλοντικές προόδους που άρχισε ήδη να αναπτύσσεται η ναυτιλία καθώς και

στην σύγκριση ορισμένων μέσων.

Κεφάλαιο 1^ο

Η έννοια της πρόωσης και η ιστορική αναδρομή της

1.1 Πρόωση

Γενικά ο όρος πρόωση πλοίου σημαίνει κίνηση του πλοίου. Επικράτησε όμως ν' αναφέρεται μόνο για τα μηχανοκίνητα πλοία, που είναι περισσότερη ελεγχόμενη, έναντι των άλλοτε ιστοφόρων, (με ιστιοπλοΐα), και κωπήλατων, (με κωπηλασία).

Η πρόωση των μηχανοκινήτων πλοίων ξεκίνησε αρχικά με τους πλευρικούς ή πρυμναίο τροχό που ονομάζονταν τροχήλατα. Με την επικράτηση όμως της έλικας πρόωση πλοίου ονομάζεται η κίνηση του πλοίου που επιτυγχάνεται με μία ή περισσότερες έλικες οι οποίες και φέρονται επί αξόνων. Οι άξονες περιστροφής των ελίκων συνδέονται με τις κύριες μηχανές που χρησιμοποιούν ατμό που παρέχεται από τους ατμολέβητες, οι οποίοι και λειτουργούν είτε με καύση, αρχικά, κάρβουνου και εξελικτικά με καύση πετρελαίου, στα λεγόμενα ατμόπλοια, είτε ακόμη και με πυρηνική ενέργεια, όπως στα σύγχρονα πυρηνοκίνητα.

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία της πρόωσης των πλοίων είναι πολύ παλιά και δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια ο χρόνος κατασκευής των πρώτων πλοίων. Οι αρχαιότερες παραστάσεις πλοίων



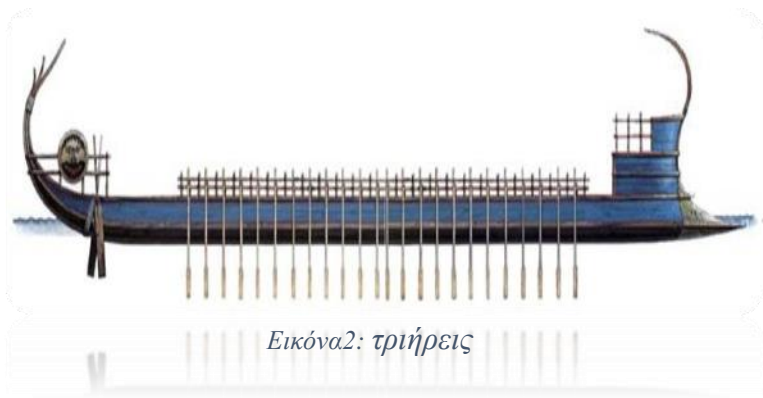
Εικόνα1: ελληνικό πλοίο της εποχής του Ομήρου

που βρέθηκαν, χρονολογούνται από το 3000 π.Χ. και είναι κρητικές και αιγυπτιακές. Είχαν ως

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

βασικό μέσο κίνησης τα κουπιά (20 κωπηλάτες) και ως βοηθητικό ένα διπλό ιδιότυπο ιστό. Τα ελληνικά πλοία της εποχής του Ομήρου (εικόνα 1), σύμφωνα με τα στοιχεία που υπάρχουν στην Ιλιάδα ήταν γρήγορα, κομψά και "άφρακτα" (δηλ. χωρίς κατάστρωμα). Το πλήρωμα το αποτελούσαν 50 ως 120 άντρες που ήταν παράλληλα και κωπηλάτες. Το μήκος τους κυμαινόταν από 15 - 30 μ. και ήταν "μονήρεις νήες", είχαν δηλ. μια σειρά κουπιά. Αργότερα έγιναν "διήρεις" και "τριήρεις". Τα αρχαία πλοία γνώρισαν μεγάλη εξέλιξη και τελειοποιήθηκαν από τους Φοίνικες, την τεχνική των οποίων χρησιμοποίησαν επίσης οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι. Πολλά στοιχεία για την τεχνική τους δίνονται σε διάφορες ασσυριακές παραστάσεις.

Τα πρώτα πλοία με έμβολο κατασκευάστηκαν τον 8ο αι. π.Χ. Τον 7ο αι π.Χ. τα πλοία απέκτησαν δύο σειρές κωπηλατών, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ταχύτητά τους. Γύρω στο 500 π.Χ. οι Έλληνες και οι Φοίνικες τελειοποίησαν ακόμη περισσότερο τα πλοία τους, Προσθέτοντας και τρίτη σειρά κουπιών ("τριήρεις, εικόνα 2"). Αυτές είχαν μήκος 36 μ. και πλάτος περίπου 6 μ. Το βύθισμά τους ήταν μικρότερο από 1 μ., για να μπορούν να μεταφέρονται εύκολα στη στεριά. Τριήρεις χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στη ναυμαχία της Σαλαμίνας, και αργότερα, στους κλασικούς χρόνους, ήταν το κυριότερο



Εικόνα2: τριήρεις

πολεμικό πλοίο. Η μέχρι τότε τεχνική υιοθετήθηκε και από τους Ρωμαίους, που μετά το 260 π.Χ. κατανόησαν τη μεγάλη χρησιμότητα των πλοίων για πολεμικούς αλλά και για εμπορικούς σκοπούς. Στη διάρκεια των ελληνορωμαϊκών χρόνων και στα πρώτα χρόνια της Βυζαντινής αυτοκρατορίας δεν παρουσιάστηκαν ουσιαστικές βελτιώσεις στα πλοία.

Τον 7ο αι μ.Χ. η επαφή του βυζαντινού με τον αραβικά στόλο επηρέασε τη μορφή των πλοίων. Τότε υιοθετήθηκε το τριγωνικό πανί και παράλληλα κατασκευάστηκαν πιο ελαφριά και γρήγορα πλοία. Την ίδια εποχή οι Βίκινγκς χρησιμοποιούσαν πλοία περισσότερο τελειοποιημένα. Τα πλοία με κουπιά γνώρισαν τη μεγαλύτερη εξέλιξή τους το 13ο αι. από τους Βενετούς και τους Γενουάτες. Το 16ο αι. το πανί έγινε το βασικότερο μέσο κίνησης των πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Ιστιοφόρα



Εικόνα3: Ιστιοφόρο με 3 ιστία

2.1 Ορισμός

Ως Ιστιοφόρο χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε σκάφος ή πλωτό ναυπήγημα που αποκλειστικό μέσο πρόωσής του έχει την αιολική ενέργεια (τον άνεμο) επί των ιστίων του (πανιά) τα οποία και φέρει, εξ ου και η ονομασία του. Αποτελεί τη 2η εξελικτική βασική κατηγορία τύπων πλοίων, μετά το "κωπήλατο" και πριν από το "μηχανοκίνητο" (ατμόπλοιο).

2.2 Εξέλιξη

Τα ιστιοφόρα σε αντίθεση με τα μηχανοκίνητα (ατμόπλοια) χρειάστηκαν πολλούς αιώνες για την εξέλιξή τους προκειμένου να φθάσουν στο απόγειο της τελειοποίησής τους, όταν τότε αποκαλύφθηκε η δύναμη του ατμού που άρχισε να επικρατεί ως μέσον πρόωσης των πλοίων με συνέπεια δεκαετηρίδα με δεκαετηρίδα τα μεν ιστιοφόρα να παραγκωνίζονται, τα δε ατμόπλοια να εξελίσσονται.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Από την απώτατη αρχαιότητα μέχρι τα μέσα του μεσαίωνα η εξέλιξη του ιστιοφόρου πλοίου ήταν βραδύτατη, αν και το κουπί συνέχιζε να παραμένει ισχυρό μέσον πρόωσης. Τότε το ιστίο (πανί) 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 μας πληροφορεί ακόμη και ο ανυπέρβλητος Όμηρος η ώρα απόπλου ήταν αμέσως μετά τη θερινή δύση του Ηλίου όπου κόπαζε η θαλάσσια αύρα, η «πελάγια 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 (φουσκωμένο) το εγκάρσιο πανί (ιστίο) 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 η 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 αιώνα 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 και οι νεφ του Λουδοβίκου του Αγίου 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, κ.ά.

Αναμφίβολα σταθμός στην εξέλιξη των ιστιοφόρων αποτέλεσε η επιπλέον σπουδαία για τη ναυπηγική, ναυτική τέχνη και ναυτική τακτική, ναυμαχία της Ναύπακτου όπου το ιστιοφόρο καθιερώθηκε και ως πολεμικό πλοίο γραμμής.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

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 ο λευκός ατμός αποτέλεσε τα μαύρα σύννεφα των ιστιοφόρων πλοίων.

2.3 Βασικοί τύποι

Την εποχή των ιστιοφόρων πλοίων υπήρχαν μόνο τρεις βασικές κατηγορίες: α) τα πολεμικά ιστιοφόρα, β) τα εμπορικά ιστιοφόρα και γ) τα ανένταχτα, τα κοινώς λεγόμενα «πειρατικά». Τα δε εμπορικά μετέφεραν εμπορεύματα, επιβάτες και ζώα, δεν υπήρχε ακόμη ιδιαίτερη κατηγορία αντίστοιχη με το φορτίο όπως σήμερα. Ο δε πλοίαρχος αυτών εκτελούσε και χρέη ναυτικού πράκτορα, τροφοδότη, και όλες εκείνες τις επιμέρους βοηθητικές ειδικότητες που απαντώνται σήμερα στο ναυτιλιακό κόσμο.

Επίσης η σπουδαιότερη διάκριση που γίνονταν τότε στα ιστιοφόρα ήταν ανάλογα με τον αριθμό των όρθιων ιστών τους (κοινώς κατάρτια, ή άρμπουρα) που έφεραν, μη λαμβάνοντας υπόψη τον πρόβολο. Έτσι αυτά διακρίνονταν σε:

1. **μονόστηλα**, (κοινώς μονάρμπουρα) όσα έφεραν ένα κατάρτι
2. **δύιστια**, ή **δίστηλα** (κοινώς δικάταρτα) όσα έφεραν δύο κατάρτια
3. **τρίιστια**, ή **τρίστηλα** (κοινώς τρικάταρτα) όσα έφεραν τρια κατάρτια, και
4. **πολυϊστια**, ή **πολυκάταρτα**,(κοινώς πολυάρμπουρα) όσα έφεραν από τέσσερα μέχρι και επτά όρθιους ιστούς, τα οποία συνήθως εκτελούσαν υπερπόντια ναυσιπλοΐα.

Εκτός αυτής της διάκρισης τα μονόστηλα και τα δίστηλα έπαιρναν και άλλες ονομασίες ανάλογα του είδους και του αριθμού των ιστίων τους (των πανιών τους), αλλά και εκ της γενικότερης εξάρτιας τους.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

2.4 Σύγχρονα ιστιοφόρα ιστιοπλοϊκά

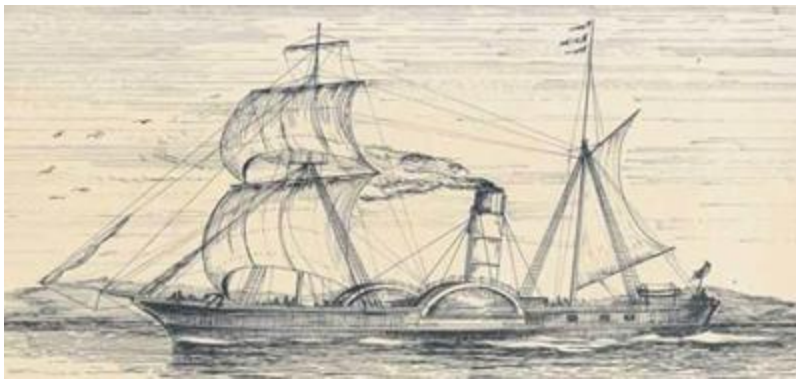
Τα περισσότερα σύγχρονα ιστιοπλοϊκά έχουν ένα μόνο κατάρτι εφοδιασμένο με δυο τριγωνικά πανιά , το φλόκο κα το κύριο ιστίο. Όταν ο καιρός το επιτρέπει χρησιμοποιείται και ένα τρίτο πανί, το σπινακερ. Είναι πανί σχήματος μπαλονιού που φουσκώνει μπροστά από το φλόκο σε περιπτώσεις ουριοδρομίας. Εκτός από τα μονοκάταρτα ιστιοπλοϊκά σκάφη υπάρχουν και τρεις τύποι δικάταρτων ιστιοπλοϊκών το γιολ η γολέτα και η σκούνα. Ο πρώτος τύπος είναι ο πιο αποδοτικός για ιστιοπλοϊα ο δεύτερος κυρίως για αναψυχή και ο τρίτος απαντά σε μεγάλα ιστιοφόρα κυρίως στις αμερικάνικες ανατολικές ακτές.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο Τροχήλατα πλοία

3.1 Γενικός Ορισμός

Αυτός ο τύπος πλοίων υπέφερε κυριολεκτικά σε κυματισμό. Ιδιαίτερα μάλιστα σε υφιστάμενο διατοιχισμό όπου τότε βυθιζόμενο περισσότερο ανά πλευρά, ο τροχός της αυτής



Εικόνα4: Τροχήλατο πλοίο

πλευράς ενεργούσε σαν τεράστιο πηδάλιο, με ισχυρή ροπή στρέψης προς την αντίθετη πλευρά, επιφέροντας απότομα αλλαγή πορείας του σκάφους έναντι του άλλου τροχού που

σχεδόν γύριζε στον αέρα.

Έτσι τα πλοία αυτά ήταν υποχρεωμένα συνεχώς να διορθώνουν την πορεία τους και ν' αυξομειώνουν την ταχύτητά τους. Τότε ακόμη δεν είχαν αναπτυχθεί και τα μέσα ελάττωσης διατοιχισμού και έτσι υποχρεώνονταν να πλέουν σχεδόν κόντρα στο κύμα με έντονο προνευστασμό, το κοινώς λεγόμενο σκαμπανέβασα.

Επίσης η παραβολή αυτών των πλοίων στους λιμένες ήταν πολύ προβληματική με τους τροχούς στα πλευρά, σε σχέση με τα ιστιοφόρα που μπορούσαν ελεύθερα να πλευρίζουν και να εκτελούν απρόσκοπτα φορτοεκφορτώσεις. Έτσι αυτά παρέμεναν περισσότερο είτε στη μέση του λιμένα ή πρυμνοδετούσαν με περιορισμό των δυνατοτήτων φορτοεκφόρτωσης. Σε αντίθεση όμως αυτών, εκείνα που κινούνταν σε ποτάμια όπου δεν υπήρχε αφενός κυματισμός και αφετέρου τροποποιώντας τη κίνησή τους, πρόωση, με μόνο ένα πρυμναίο τροχό επιβίωσαν περισσότερο στο χρόνο.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

3.2 Ο εκτοπισμός

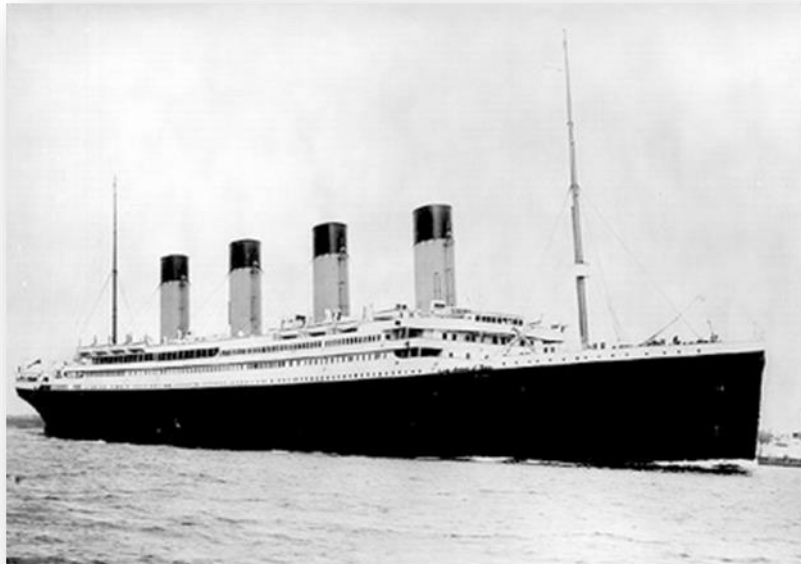
Ο εκτοπισμός των πλοίων αυτών επήλθε με την επινόηση της έλικας, που έφερε το νεότευκτο ατμόπλοιο "Αρχιμήδης" (ARCHIMIDES) που διέσχισε τον Ατλαντικό σε 14,5 ημέρες, μόλις δηλαδή μισή μέρα λιγότερο από τον "Μέγα Ανατολικό", αλλά με όλα βεβαίως τα ουσιαστικά ναυπηγικά πλεονεκτήματα της εξέλιξης της πρόωσης των πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Ατμόπλοια

4.1 Ατμοκινούμενα πλοία

Το έτος 1736 λέγεται ότι κατασκεύασε ο Άγγλος Jonathan Hull από το Gloucestershire, μια ατμοκίνητη μασούνα. Αν και δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία, πέρα από ένα σχέδιο του πλοίου, αυτή η κατασκευή θα έπρεπε να θεωρείται το πρώτο ατμοκίνητο πλεο-ύμενο στην ιστορία. Είναι όμως πολύ πιθανόν να μην κατασκευάστηκε ποτέ αυτό το πλοίο, παρότι ο Hull είχε πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.



Εικόνα5: Ο Τιτανικός

Το έτος 1783 δοκίμασε ο μαρκήσιος Jouffroy d'Abbens στη Λυών ένα ατμόπλοιο με όνομα «Pyroscaphe» (πυροσκάφος), δηλαδή ένα πλοίο (για την ακρίβεια ποταμόπλοιο), με κινητήρια ατμομηχανή. Το δοκιμαστικό ταξίδι του κράτησε μόνο 15 λεπτά, γιατί η ατμομηχανή άρχισε να προκαλεί κραδασμούς, με αποτέλεσμα να υποστεί το σκάφος ρωγμές και να βυθιστεί.

Να σημειωθεί ότι αρχικά είχαν όλα τα ατμόπλοια ως κινητήριο μηχανισμό ένα πλευρικό και σε μερικές περιπτώσεις οπίσθιο τροχό, ο οποίος και προωθούσε το πλοίο. Σταδιακά άρχισε να χρησιμοποιούνται έλικες και από τη δεκαετία του 1840 πολλά πλοία είχαν μόνο έλικα. Αυτή ακριβώς τη δεκαετία κατασκευάζονταν πολεμικά πλοία με έλικα, σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα με διπλή έλικα στον ίδιο άξονα (John Ericson), επειδή αυτή βρισκόταν κάτω από την επιφάνεια του νερού και ήταν προστατευμένη από τα εχθρικά πυρά. Το έτος 1860 είχαν καθιερωθεί στα υπερωκεάνια πλοία αποκλειστικά οι έλικες και μόνο ποταμόπλοια κατασκευάζονταν πλέον με τροχό.

Η ελληνική ναυτιλία εισήλθε καθυστερημένα στην ατμοπλοΐα, κυρίως λόγω έλλειψης κεφαλαίων και απουσίας καταρτισμένων τεχνικών. Σταδιακά βελτιώθηκε όμως αυτή η κατάσταση και το έτος 1856 έγιναν οι πρώτες νηολογήσεις ατμόπλοιων με ελληνική σημαία. Στο τέλος του 19ου αιώνα κυκλοφορούσαν 84 ελληνικά ατμόπλοια και το έτος 1915 περί τα 475, πολλά από τα οποία (κάπου 270) καταστράφηκαν στη διάρκεια του α' παγκόσμιου πολέμου. Η δυσκολία προσαρμογής στη νέα τεχνολογία οδήγησε από νωρίς πολλούς νησιώτες ναυτικούς να αναζητήσουν την τύχη τους στα ξένα ως μετανάστες. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ναυτικοί από το Καστελόριζο, οι οποίοι ίδρυσαν το 1912 στο Perth της Αυστραλίας την πρώτη οργανωμένη ελληνική κοινότητα, την «Καστελοριζιακή Αδελφότητα». Η ακμή των ιστιοφόρων πλοίων διατηρήθηκε μέχρι τα τέλη του 19ου αι., οπότε έκανε την εμφάνισή του ένας καινούριος τύπος караβιού, που μέσα σε λίγο χρονικό διάστημα εκτόπισε τα ιστιοφόρα κι αποτέλεσε πραγματική επανάσταση στην τεχνική κατασκευής και κίνησης πλοίων. Ήταν τα ατμόπλοια, πλοία δηλ. που έπλεαν με τη βοήθεια του ατμού, που η ενεργειακή δύναμή του είχε ανακαλυφτεί μόλις πριν λίγο (το 1782), απ' τον Άγγλο μηχανικό Ιάκωβο Βατ. Στα 1786 και 1788, οι Ι. Φιτς και Ουίλ Σάιμινγκτον, κατάφεραν να κινήσουν δυο πλοία με ατμό. Από τότε δεν σταμάτησαν ούτε στιγμή οι προσπάθειες βελτίωσης και τελειοποίησης των ατμοκίνητων πλοίων.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Άρχισαν τα μεγάλα ποντοπόρα ταξίδια (σε μεγάλες αποστάσεις). Το 1825, το "Έντερπράιζ" (σιδερένιο πλοίο), έφτασε στις ανατολικές Ινδίες και το "Σείριος" πρώτο διέσχισε τον Ατλαντικό. Το 1843, απ' τους Άγγλους, ναυπηγήθηκε το πρώτο σιδερένιο υπερωκεάνιο, το "Μεγάλη Βρετανία". Τα πρώτα ελληνικά ατμόπλοια φτιάχτηκαν το 1856. Αυτά ήταν τα: "Υδρα", "Καρτερία", "Βασιλεύς Όθων" και "Βασίλισσα της Ελλάδος". Είχαν χαρακτήρα συγκοινωνιακό και μεταφορικό.

Πήγαιναν επιβάτες, γράμματα κι εμπορεύματα από νησί σε νησί.

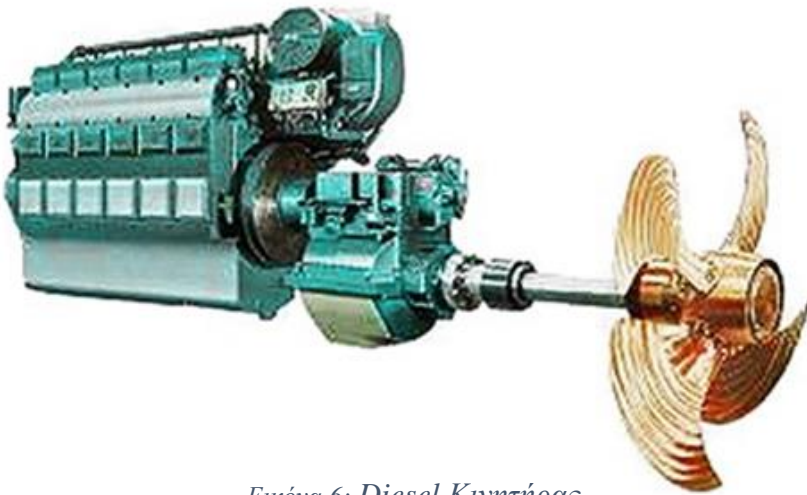
Με την ανακάλυψη του ατμού και την κατασκευή των ατμόπλοιων, άρχισε να εμφανίζεται η ανάγκη δημιουργίας πλοίων, που θα είχαν μια συγκεκριμένη, ειδική αποστολή. Με γρήγορο ρυθμό αρχίζουν απ' τις αρχές του αιώνα μας να κατασκευάζονται πλοία, εμπορικά, επιβατηγά, πολεμικά, αλιευτικά κ.ά. Περνάμε έτσι στη σύγχρονη εποχή της ιστορίας του πλοίου, που η τελειοποίησή του, η τεχνική του, έχει κάνει μεγάλη πρόοδο.

4.2 Παλινδρομικές μηχανές ατμού

Η εξέλιξη των παλινδρομικών μηχανών ήταν μια περίπλοκη διαδικασία. Τα Νεότερα ατμόπλοια χρησιμοποιούσαν ξύλο κάρβουνο ή πετρέλαιο. Τα συγκεκριμένα πλοία χρησιμοποίησαν τροχούς για την κίνηση καθώς και προπέλες για προώθηση πρώτη εμπορική επιτυχία των δεδουλευμένων ήρθε από των Robert Fulton 's North River Steamboat (που συχνά ονομαζόταν Clermont) στις ΗΠΑ το 1807 HSteam propulsion progressed considerably over the rest of the 19th century. Πρόωσης ατμού προχώρησε σημαντικά κατά το υπόλοιπο του 19ου αιώνα. Αξιοσημείωτες εξελίξεις στον ατμό ήταν η επιφάνια συμπύκνωσης η οποία εξαλειφτεί την χρήση θαλασσινού νερού στους λέβητες του πλοίου. Η επιτρεπόμενη πίεση ατμού οδήγησε σε υψηλότερο βαθμό απόδοσης για την κύρια μηχανή. Ο τρόπος μετάδοσης κινήσεως της ισχύς της κύριας μηχανής βοήθησε σε μεγαλύτερου βαθμού απόδοσης προπέλες.

Κεφάλαιο 5ο

Εμβολοφόροι κινητήρες diesel



Εικόνα 6: Diesel Κινητήρας

Τα περισσότερα σύγχρονα πλοία χρησιμοποιούν μια παλινδρομική μηχανή ντίζελ ως κινητήρια δύναμη, λόγω της λειτουργίας και της απλότητας, της αντοχής και της οικονομίας καύσιμου σε σύγκριση με τους περισσότερους κυρίως μηχανισμούς

κινήσεως. Ο περιστρεφόμενος στροφαλοφόρος μπορεί να συζευχθεί απευθείας με την έλικα με αργή ταχύτητα κινήσεως, μέσω ενός κιβωτίου ταχυτήτων μείωσης για μέση και υψηλή ταχύτητα μηχανής, ή μέσω ενός εναλλάκτη και ηλεκτρικού κινητήρα (ντίζεληλεκτρικά σκάφη). pump on an intelligent diesel. Η περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα συνδέεται με τον εκκεντροφόρο άξονα. Η παλινδρομική μηχανή ντίζελ πλοίων τέθηκε για πρώτη φορά σε χρήση το 1903, με το ντίζελ ηλεκτρικό ποταμόπλοιο δεξαμενόπλοιο Vandal όπου τέθηκε σε λειτουργία από των Branobel. Ο Κινητήρας ντίζελ πρόσφερε σύντομα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από την τουρμπίνα ατμού, αλλά για πολλά χρόνια είχαν έναν κατώτερο βαθμό απόδοσης. Η εξέλιξη του υπερσυμπιεστή έσπευσε όμως την έγκρισή τους, επιτρέποντας μεγαλύτερες πυκνότητες ρεύματος.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Οι πετρελαιοκινητήρες σήμερα σε γενικές γραμμές κατατάσσονται σύμφωνα με

- Κύκλο λειτουργίας τους σε δίχρονους και τετράχρονους
- Ανάλογα με την κατασκευή τους, με σταυρό, κορμό, αντίθετων εμβόλων
- Με την ταχύτητα τους
- Με Αργή ταχύτητα: κάθε κινητήρας με μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας έως 300 στροφές ανά λεπτό (rpm), αν και οι περισσότεροι μεγάλη δίχρονοι κινητήρες ντίζελ με αργή ταχύτητα λειτουργούν κάτω από 120 rpm. Μερικοί δίχρονοι κινητήρες έχουν μια μέγιστη ταχύτητα περίπου 80 στροφές ανά λεπτό. Οι μεγαλύτεροι, πιο ισχυροί κινητήρες στον κόσμο είναι αργής ταχύτητας, δίχρονοι, crosshead πετρελαιοκινητήρες.
- Μεσαίας ταχύτητας κάθε κινητήρας με μέγιστη ταχύτητα στην περιοχή 300-900 rpm. Πολλούς συγχρόνους τετράχρονους κινητήρες ντίζελ με μεσαία ταχύτητα έχουν μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας περίπου 500 rpm.
- Υψηλής ταχύτητας. Κάθε κινητήρας με μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας άνω των 900 rpm.

Οι περισσότερες σύγχρονες μηχανές στα μεγαλύτερα εμπορικά πλοία χρησιμοποιούν είτε αργή ταχύτητα, δίχρονες, crosshead μηχανές, ή μεσαία ταχύτητα, τετράχρονες, μηχανές . Κάποια μικρότερα σκάφη χρησιμοποιούν και κινητήρες ντίζελ υψηλής ταχύτητας μέγεθος των διαφόρων τύπων κινητήρων είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην επιλογή για το ποιος θα εγκατασταθεί σε ένα καινούργιο πλοίο. Οι δίχρονοι κινητήρες είναι πόλη ψηλότερη και μεγαλύτερη από τους αντιστοίχους τετράχρονους . Ο χώρος πάνω από την ίσαλο γραμμή είναι σε ένα ασφάλιστρο σε επιβατηγά πλοία (ειδικά αυτά με ένα κατάστρωμα και αυτοκίνητα), τα πλοία αυτά έχουν την τάση να χρησιμοποιούν πολλαπλές μηχανές μεσαίας ταχύτητα με αποτέλεσμα μεγαλύτερη, και μικρότερη σε μηχανοστάσιο από αυτό που απαιτείται για τους δίχρονους κινητήρες ντίζελ. Πολλαπλοί κινητήρες εγκαταστάσεων παρέχουν επίσης πλεονασμό, σε περίπτωση μηχανικής βλάβης ενός ή περισσότερων κινητήρων, καθώς και η δυνατότητα για μεγαλύτερη απόδοση σε μία ευρύτερη κλίμακα των συνθηκών λειτουργίας. Τα μοντέρνα πλοία

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

με προπέλες είναι πόλη αποδοτικά και δουλεύουν με μικρές στροφές μηχανών, παρόλα αυτά δεν χρειάζεται κιβώτιο ταχυτήτων. Συνήθως τέτοιου είδους προώθησης χρησιμοποιεί μια οι δυο προπέλες όπου η κάθε μια έχει την δική της μηχανή. Τα πλοία με υψηλή και χαμηλή ταχύτητα μηχανών μπορούν να χρησιμοποιούν ένα κοινό gearbox. Αυτό επιτρέπει στις δυο μηχανές να υπαρχή ένα clutch το οποίο αφήνει την μια μηχανή να δουλεύει όταν στην άλλη μπορεί να γίνεται κάποια εργασία συντήρησης ίσως και μακριά από το λιμάνι.

Κεφάλαιο 6^ο

Hovercraft

6.1 Αερόστρωμα ή hovercraft

Σκάφος που γλιστρά σε λεία επιφάνεια (συνήθως στη θάλασσα), πάνω σε ένα στρώμα πεπιεσμένου αέρα, και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά επιβατών και οχημάτων. Το σκάφος που προωθείται από έλικες όπως των αεροπλάνων ή ναυτικούς έλικες ή εκτοξευτήρες νερού. Η λειτουργία του βασίζεται στη δημιουργία του "στρωματοιπιτάμενου συστήματος", το σκάφος δηλ. κινείται πάνω σε ένα συμπαγές στρώμα αέρα που δημιουργείται από το σύστημα ανύψωσης του σκάφους (ανάλογα με το μοντέλο είτε με έναν επιπλέον έλικα τοποθετημένο στο μπροστινό μέρος, είτε με εκμετάλλευση της πρόωσης του αέρα) και ανανεώνεται συνεχώς. Αποτέλεσμα είναι το σκάφος να έχει τη δυνατότητα να κινηθεί με πολύ μεγαλύτερη ευελιξία από τα συμβατικά πλοία, ακόμα και σε νερά με πολύ μικρό βάθος, ενώ μπορεί να αναπτύξει ταχύτητες 30-40 κόμβων. Το χόβερκραφτ εφευρέθηκε από τον Βρετανό Σερ Κρίστοφερ Κόκερελ, χρησιμοποιήθηκε αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς και από το 1959 χρησιμοποιείται για τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Τα σκάφη αυτά είναι συνήθως μικρής χωρητικότητας 250 τόνων περίπου ικανά να μεταφέρουν περί τους 300, ή και περισσότερους, επιβάτες και γύρω στα 25 επιβατηγά οχήματα. Η κίνησή τους γίνεται πάνω σε στρώμα αέρος που επιτυγχάνεται με ειδικούς επιπρυμναίους αεροστροβίλους (ανεμιστήρες) πίσω από τους οποίους φέρονται τα πηδάλια. Η



φορτοεκφόρτωσή τους γίνεται

Εικόνα 7: Hovercraft πολεμικού ναυτικού

από τη πλώρη όπου και φέρουν πρωραίο υδραυλικό καταπέλτη. Τα σκάφη αυτά θεωρητικά δεν παρουσιάζουν "εν κινήσει" (θαλάσσιο) εκτόπισμα (non-displacement craft), όπως επίσης και τα υδροπτέρυγα.

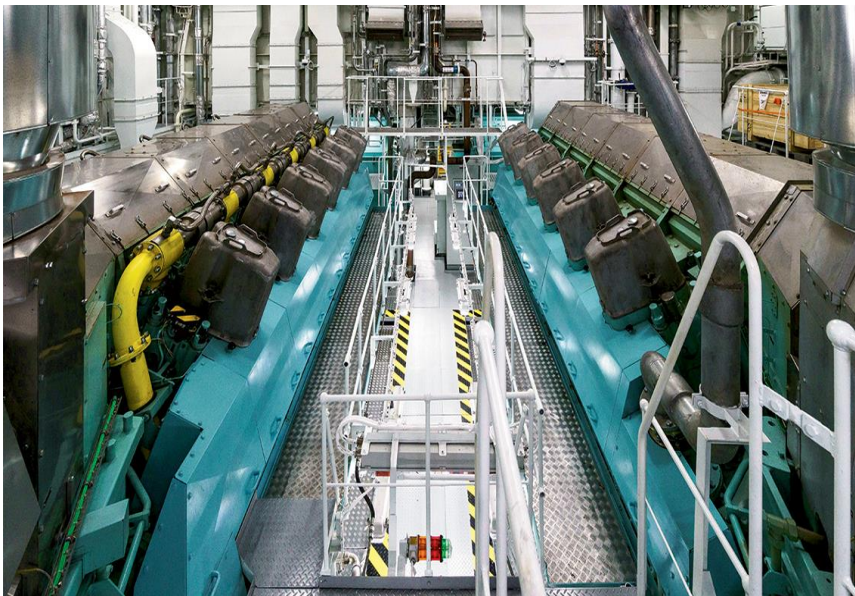
Συνεχώς ο ναυπηγικός αυτός τύπος σκαφών βελτιώνεται και πολλά τέτοια σκάφη έχουν προτιμηθεί από πολλές ναυτικές δυνάμεις Χωρών, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, στην εξέλιξη των πλοίων αποβάσεων καθώς και για αμφίβιες επιχειρήσεις και ανάγκες ναρκοπολέμου. Η πρώτη εμπορική εμφάνιση και εκμετάλλευση των χόβερκραφτς ήταν στις πορθμειακές γραμμές μεταξύ Αγγλίας και Γαλλίας.

Σημαντικότατος επίσης υπήρξε ο πολεμικός στόλος των χόβερκραφτς που είχε δημιουργήσει ο τελευταίος Σάχης της Περσίας λίγο πριν την πτώση του, και που αποτελούσε τον φόβο και τον τρόμο σε όλο τον Περσικό τότε και σήμερα Αραβικό Κόλπο, που όμως μετά την μεταπολίτευση του Ιράν και τον Περσοϊρακινό πόλεμο που ακολούθησε, στην αρχή καθηλώθηκε από έλλειψη ανταλλακτικών και στη συνέχεια εγκαταλείφθηκε.

Κεφάλαιο 7^ο LNG κινητήρες

7.1 Υγροποιημένο φυσικό αέριο

Οι μηχανές διπλού καυσίμου τροφοδοτούνται από ντίζελ πλοίων ποιότητας, βαρύ μαζ-ούτ, ή υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Έχοντας πολλαπλές επιλογές καυσίμων θα επιτρέπουν σε πλοία να



διέρχονται χωρίς να

Εικόνα 8: Μηχανές πλοίου με χρήση Lng

στηρίζονται σε έναν τύπο καυσίμου. Οι μελέτες δείχνουν ότι το LNG είναι το πιο αποτελεσματικό καύσιμο, αν και υπάρχει περιορισμένη πρόσβαση σε σταθμούς ανεφοδιασμού περιορίζει την παραγωγή των κινητήρων αυτών. Στα σκάφη τα οποία έχουν τοποθετηθεί με δύο κινητήρες καυσίμων έχουν αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά. Οφέλη του διπλού καυσίμου κινητήρων περιλαμβάνουν καύσιμα και λειτουργική ευελιξία, υψηλή απόδοση, χαμηλές εκπομπές καυσαερίων, και λειτουργικά πλεονεκτήματα κόστους. Υγροποιημένου φυσικού αερίου μηχανές προσφέρουν στη θαλάσσια βιομηχανία μεταφορών να είναι φιλικές προς το περιβάλλον και διαθέτουν εναλλακτική λύση για την παροχή ενέργειας στα πλοία. Το 2010 στην Φινλανδία η Viking Line υπέγραψε συμφωνία για να αρχίσει η κατασκευή σχετικά με το τι θα μπορούσε να είναι η μεγαλύτερη φιλικά προς το περιβάλλον πλοία κρουαζιέρας. Η Κατασκευή NB 1376 θα ολοκληρωθεί το 2013. Σύμφωνα με την Viking Line, το σκάφος NB 1376 θα τροφοδοτείται κυρίως από υγροποιημένο φυσικό αέριο. Τα πλοία κρουαζιέρας θα έχουν σχέση με τη μείωση των εκπομπών ντίζελ που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο κινητήρων του περίπου

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

90%. Στοιχεία NB 1376 οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου θα είναι σχεδόν μηδενικές εκπομπές θείου και οξειδίου του και θα είναι τουλάχιστον 80% κάτω από το όριο του (ΙΜΟ) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού. Η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου που συνδέεται με την υπερθέρμανση του πλανήτη έχει γίνει ένα σημαντικό παγκόσμιο πρόβλημα. Φιλικό προς το περιβάλλον, καινοτομίες σε θέματα θαλάσσιας τεχνολογίας πρόωσης είναι αναγκαία και η χρήση του καυσίμου LNG είναι ένα βήμα προς την επίτευξη ενός υγιέστερου πλανήτη. Τα κέρδη των εταιρειών από τις φορολογικές περικοπές και λειτουργικά πλεονεκτήματα κόστους έχουν οδηγήσει στη σταδιακή αύξηση της χρήσης καυσίμων σε κινητήρες υγροποιημένου φυσικού αέριο

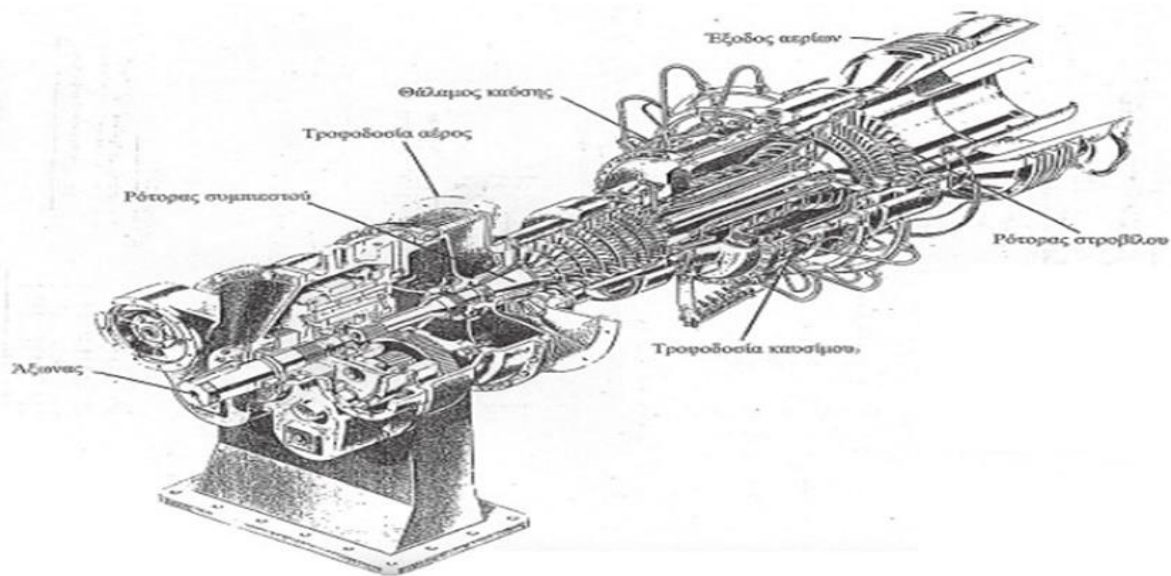
Κεφάλαιο 8^ο

Αεριοστρόβιλοι

Πολλά πολεμικά πλοία κτίζονται από τη δεκαετία του 1960 και έχουν χρησιμοποίηση αεριοστρόβιλους για πρόωση, όπως υπάρχουν και μερικά επιβατηγά πλοία, που έχουν jetfoil . Οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό με άλλους τύπους κινητήρων. Most recently, the Queen Mary 2 has had gas turbines installed in addition to diesel engines . Πιο πρόσφατα, στο Queen Mary 2 έχει εγκατασταθεί αεριοστρόβιλοι εκτός από τους κινητήρες ντίζελ . Λόγω της κακής θερμικής απόδοσης τους σε χαμηλή ισχύ (πλευσης) της παραγωγής, είναι κοινό για πλοία που χρησιμοποιούν τους να έχουν κινητήρες ντίζελ για κρουαζιέρες, με τουρμπίνες αερίου που προορίζεται για όταν χρειάζονται υψηλότερες ταχύτητες, ωστόσο, στην περίπτωση των επιβατηγών πλοίων ο κύριος λόγος για εγκατάσταση αεριοστροβίλων έχει να επιτρέψει τη μείωση των εκπομπών σε ευαίσθητες περιβαλλοντικά περιοχές ή στο λιμάνι. Ορισμένα πολεμικά πλοία, καθώς και μερικά σύγχρονα κρουαζιερόπλοια έχουν επίσης χρησιμοποιήσει τουρμπίνες ατμού για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των αεριοστροβίλων τους σε συνδυασμένο κύκλο, όπου η απορριπτόμενη θερμότητα από την εξάτμιση ενός αεριοστροβίλου χρησιμοποιείται για να βράσει το νερό και τη δημιουργία ατμού για την οδήγηση ενός ατμού τουρμπίνα. Λόγω της χαμηλής θερμικής απόδοσης τους σε χαμηλή ισχύ χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό και ντίζελ μηχανές. Ο κύριος λόγος για την εγκατάσταση

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

αεριοστρόβιλων ήταν να καταστεί δυνατή την μείωση των εκπομπών σε ευαίσθητες περιβαλλοντικά περιοχές όπως είναι στο λιμάνι. Μερικά πολεμικά πλοία, καθώς και μερικά σύγχρονα κρουαζιερόπλοια έχουν χρησιμοποιήσει τουρμπίνες ατμού για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των αεριοστρόβιλων τους σε συνδυασμένο κύκλο, όπου η απορριπτόμενη θερμότητα από την εξάτμιση ενός αεριοστρόβιλου χρησιμοποιείται για να βράσει το νερό και να δημιουργήσει ατμό για την οδήγηση ενός ατμοστρόβιλου. Σε αυτές τους συνδυασμένους κύκλους, η θερμική απόδοση μπορεί να είναι η ίδια ή ελαφρώς μεγαλύτερη από εκείνη των κινητήρων ντίζελ. Ωστόσο, η ποιότητα του καυσίμου που απαιτείται για τις τουρμπίνες αερίου είναι πολύ πιο δαπανηρή από αυτή που χρειάζεται για τους κινητήρες ντίζελ, οπότε τα έξοδα λειτουργίας είναι ακόμη υψηλότερα.



Εικόνα 9: Αεριοστρόβιλος.

Κεφάλαιο 9^ο

Πυρηνокίνητα πλοία

9.1 Γενικός ορισμός

Πυρηνокίνητο πλοίο (nuclear ship) (NS) χαρακτηρίζεται το πλοίο εκείνο που χρησιμοποιεί ως μέσον πρόωσης πυρηνική ενέργεια. Αποτελεί την τελευταία εξέλιξη μέσου πρόωσης των μηχανοκινήτων πλοίων.

Τα πλοία αυτά σε ειδικό διαμέρισμα πρόωραθεν του μηχανοστασίου φέρουν πυρηνικό αντιδραστήρα τύπου PWR που θέτει σε κίνηση τις ηλεκτρομηχανές (τουρμπίνες). Σχετικές μελέτες εφαρμογής επέκτασης της πυρηνικής ενέργειας ως μέσον πρόωσης εμπορικών πλοίων ξεκίνησαν πολλές Χώρες. Σημαντικότερες ήταν των Γερμανών με



Εικόνα 10: Πυρηνокίνητη μηχανή.

την ναυπήγηση του μεταλλευματοφόρου "Otto Hahn", των Κινέζων με το επιβατηγό "Zan Than", των Ρώσων με το Παγοθραυστικό "Λένιν" και των Αμερικανών με το φορτηγό πλοίο γραμμής

(λάινερ) "Sav-annah" που ναυπη-γήθηκε το 1962. Η πειραματική αυτή χρήση στα εμπορικά πλοία δεν πέτυχε όμως και το τελειότερο απ' όλα τα παραπάνω, το αμερικανικό "Σαβάννα" αποσύρθηκε από την εκμετάλλευσή του ως "λίαν αντιοικονομικό".

Αντίθετα όμως η εφαρμογή της πυρηνικής ενέργειας ως μέσον πρόωσης πολεμικών πλοίων υπήρξε μάλλον επιτυχής πλην ελαχίστων εξαιρέσεων (ατυχημάτων) ιδίως σε υποβρύχια και αεροπλανοφόρα για τα οποία η έννοια "ακτίνα δράσης" (δηλαδή μέγιστη απόσταση χωρίς ανεφοδιασμό) παραμένει άγνωστος!

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Τα τελευταία χρόνια τα κέντρα που έχουν εστιάσει στην σχεδίαση σύγχρονων συστημάτων πρόωσης πλοίων όπου η κρίση του κόστους των καυσίμων και ακόλουθα η διεθνής οικονομική κρίση δημιούργησαν νέα δεδομένα έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στο «Ρωσικό πείραμα».

Η πρόσφατη σχετικά κατασκευή δύο πυρηνοκίνητων εμπορικών σκαφών με ικανότητες παγοθραυστικών για τις «σκληρές» βόρειες ρότες έφεραν στο προσκήνιο το όλο ζήτημα της εφαρμογής της ενέργειας αυτή στην πρόωση εμπορικών πλοίων.

Ωστόσο ο προβληματισμός και οι συζητήσεις των ειδικών πέραν του κόστους εστίασε και σε θέματα παγκόσμιας ασφάλειας.

Θέματα που είχαν κάνει την εμφάνισή τους κατά την δεκαετία του 70 όταν η χρήση πυρηνοκίνητων αεροπλανοφόρων, υποβρυχίων και λοιπών μονάδων Πολεμικών Ναυτικών είχε επεκταθεί. Μετά το Τσερνόμπιλ μάλιστα οι «φόβοι» έγιναν πιο συγκεκριμένοι και ακόμη πιο εξειδικευμένοι μετά την γενικότερη και σε παγκόσμια κλίμακα πλέον «τρομο-φοβία» για «βρόμικα όπλα» κλπ.

Ως γνωστόν ένα πλοίο κινούμενο με τέτοια ενέργεια εν πολλοίς θα μπορούσε να αποτελεί «όπλο» στα χέρια τρομοκρατών και για λόγους που δεν είναι της παρούσης. Όμως οι ειδικοί τώρα επιχειρούν «ένα βήμα μπροστά» καθώς τουλάχιστον για μεγάλες μονάδες που απαιτούν τεράστιες ποσότητες καυσίμων και η εμπορική τους χρήση καθίσταται επωφελής όταν έχουν και το τακτικό πλεονέκτημα της ταχύτητας η ενέργεια αυτή μπορεί να είναι και η λύση.

Προς ώρας οι συζητήσεις πάντως συνεχίζονται με φόντο τις συζητήσεις της Κοπενγάγης για την υπερθέρμανση του πλανήτη και το ρόλο των καυσαερίων, το κόστος των ραφιναρισμένων καυσίμων και τις διαθέσεις της βιομηχανίας παραγωγής καυσίμων κλπ.

9.2 Πυρηνικός αντιδραστήρας

Πυρηνικός αντιδραστήρας ονομάζεται η διάταξη εκείνη εντός της οποίας παράγεται ενέργεια με ελεγχόμενη αντίδραση σχάσης. Ο Πυρηνικός αντιδραστήρας θα μπορούσε

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

να χαρακτηριστεί σαν μια μεγάλη δεξαμενή όπου το πυρηνικό καύσιμο υφίσταται πυρηνική σχάση απελευθερώνοντας έτσι θερμότητα. Τα άτομα του εν λόγω καυσίμου υπό ορισμένες συνθήκες διασπώνται αυθόρμητα εκπέμποντας νετρόνια, τα οποία στη συνέχεια προκαλούν τη διάσπαση άλλων ατόμων, με τελικό αποτέλεσμα μια γεωμετρικά αυξανόμενη αλυσιδωτή αντίδραση.

Στην "καρδιά του αντιδραστήρα" φέρονται επιβραδυντικό υλικό και ρυθμιστικές ράβδοι (ή "ράβδοι ελέγχου" ή "ράβδοι ρύθμισης") που συγκρατούν την αλυσιδωτή αντίδραση σε σταθερό ρυθμό ανάπτυξης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ομαλή ροή της θερμότητας. Ένα "ψυκτικό μέσο" (που μπορεί να είναι αέριο ή υγρό όπως το νερό) κυκλοφορεί μέσα στον αντιδραστήρα και θερμαίνεται. Στη συνέχεια αυτό οδηγείται σε ένα "εναλλάκτη θερμότητας" όπου προκαλεί βρασμό σε νερό που υπάρχει εκεί. Ο παραγόμενος ατμός στη συνέχεια θέτει σε κίνηση στρόβιλους που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα αλλά και κινητική ενέργεια (πυρηνοκίνητα πλοία).

Ο Πυρηνικός αντιδραστήρας εκπέμπει έντονη ακτινοβολία που αξιοποιείται στη παραγωγή ραδιοϊσοτόπων. Η διαρροή της ακτινοβολίας αυτής εμποδίζεται από τα προστατευτικά στρώματα της "θωράκισης" του αντιδραστήρα. Όλοι όσοι εργάζονται σε τέτοιους χώρους υποχρεούνται να είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς φορητούς ανιχνευτές ραδιενέργειας.

9.3 Λειτουργία

Συνοπτικά, σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα σχάσης η ενέργεια που απελευθερώνεται από τη σχάση του πυρηνικού καυσίμου, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, με τον οποίο τίθεται σε λειτουργία ένας στρόβιλος που με τη σειρά του περιστρέφει μια γεννήτρια ηλεκτρισμού.

Στην πλειοψηφία τους, οι σύγχρονοι πυρηνικοί αντιδραστήρες χρησιμοποιούν ως καύσιμο είτε φυσικό Ουράνιο (U), είτε εμπλουτισμένο Ουράνιο. Το εμπλουτισμένο ουράνιο, περιέχει το ισότοπο U235 σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι το φυσικό ουράνιο. Υπάρχουν και αντιδραστήρες σχάσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμα είτε το Πλουτόνιο Pu239 είτε το U233.

Το καύσιμο βρίσκεται σε ειδικούς φορείς (containers), σε μορφή ράβδων καυσίμου (fuel pins). Αυτές οι ράβδοι τοποθετούνται με καθορισμένη διάταξη μέσα στον επιβραδυντή (moderator), ο οποίος είναι γραφίτης ή νερό και σκοπός του είναι να επιβραδύνει τα νετρόνια που παράγονται από τις σχάσεις. Οι ρυθμιστικές ράβδοι, που χρησιμεύουν στη διατήρηση ενός σταθερού ρυθμού σχάσης, εισέρχονται στον πυρήνα του επιβραδυντή και η θέση τους μεταβάλλεται έτσι ώστε να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός σχάσης· όταν οι ράβδοι είναι βαθύτερα μέσα στον πυρήνα, επιβραδύνουν περισσότερα νετρόνια κι έτσι μειώνεται ο ρυθμός σχάσεων. Το αντίθετο συμβαίνει όταν οι ράβδοι αποσύρονται.

Ένα ψυκτικό υλικό κυκλοφορεί υπό πίεση μέσα στα λεγόμενα "κανάλια" του επιβραδυντή. Σκοπός της κυκλοφορίας του ψυκτικού είναι η απαγωγή της θερμικής ενέργειας και η μεταφορά της σε εναλλάκτη θερμότητας. Ο επιβραδυντής βρίσκεται στο εσωτερικό χαλύβδινου προστατευτικού περιβλήματος, κατασκευασμένο έτσι ώστε να αντέχει στις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες στο εσωτερικό του αντιδραστήρα. Γύρω από το χαλύβδινο περίβλημα, υπάρχει θωράκιση από σκυρόδεμα που εμποδίζει τη ραδιενέργεια να φτάσει στους χειριστές του αντιδραστήρα και το περιβάλλον, τόσο σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας όσο και σε περίπτωση ατυχήματος.

9.4 Βασικές διαδικασίες

Η διαδικασία που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό ενός πυρηνικού αντιδραστήρα κατά τη διάρκεια παραγωγής σταθερού ποσού ισχύος μπορεί να συνοψιστεί στα παρακάτω στάδια:

1. Η σχάση κάθε πυρήνα U^{235} παράγει θραύσματα σχάσης μεταξύ των οποίων και νετρόνια. Τα θραύσματα της σχάσης μεταφέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό της κινητικής ενέργειας που απελευθερώνεται από τον πυρήνα του ουρανίου. Αυτήν την κινητική ενέργεια την αποδίδουν σε άλλα άτομα με τα οποία συγκρούονται και έτσι οι ράβδοι των καυσίμων θερμαίνονται.
2. Τα νετρόνια της σχάσης εξέρχονται των ράβδων καυσίμου με κινητική ενέργεια της τάξης των MeV. Εισέρχονται στον χώρο του επιβραδυντή και συγκρούονται με τα άτομα του, μεταφέροντας έτσι την κινητική τους ενέργεια σε αυτά. Έτσι τα άτομα του

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

επιβραδυντή αποκτούν ενέργεια και τα νετρόνια επιβραδύνονται έως ότου η μέση κινητική ενέργειά τους είναι περίπου ίση με αυτήν των ατόμων του επιβραδυντή καθώς αυτά ταλαντώνονται στο κρυσταλλικό του πλέγμα. Αυτά τα νετρόνια λέγονται θερμικά νετρόνια επειδή δεν χάνουν (κατά μέσο όρο) άλλη ενέργεια, μοιράζοντάς την στα άτομα του επιβραδυντή.

3. Τα νετρόνια που έχουν επιβραδυνθεί πλέον εισέρχονται ξανά στις ράβδους του καυσίμου και προκαλούν νέες σχάσεις πυρήνων U235 και έτσι επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

Κεφάλαιο 10^ο

Νέες τεχνολογίες στα μέσα πρόωσης των πλοίων

10.1 Ηλεκτροκίνητα πλοία

Ως ηλεκτροπρόωση ορίζεται το είδος εκείνο της πρόωσης στο οποίο οι άξονες του πλοίου κινούνται απ' ευθείας (ή και σπανιότερα μέσω μειωτήρων) από ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι από άλλες μηχανές όπως ντήζελ, αεριοστρόβιλους και ατμοστρόβιλους. Φυσικά οι κινητήρες ντήζελ, αεριοστρόβιλοι και ατμοστρόβιλοι εξακολουθούν να υπάρχουν στις



Εικόνα 11: Μελλοντικό πλοίο με ηλεκτρική πρόωση.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

εγκαταστάσεις ηλεκτροπρόωσης, αλλά αντί να κινούν απ' ευθείας το αξονικό σύστημα με την έλικα κινούν ηλ. γεννήτριες, που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τους ηλεκτρικούς κινητήρες πρόωσης, οπότε και αναφέρονται στη βιβλιογραφία σαν "prime movers" ('κινητήριες μηχανές'). Η προωστήρια εγκατάσταση συμπληρώνεται από κάποιο σύστημα ελέγχου για τον χειρισμό της, δηλαδή την κράτηση-εκκίνηση, την αυξομείωση στροφών και την αλλαγή φοράς περιστροφής των ηλεκτρικών κινητήρων .

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

Ενώ παλαιότερα η ηλεκτρική πρόωση έβρισκε μόνον πολύ εξειδικευμένες εφαρμογές (παγοθραυστικά, ερευνητικά σκάφη, σκάφη πόντισης καλωδίων), κατά τη δεκαετία του '90 παρουσιάζει μια έντονα αυξανόμενη διάδοση σε πλοία όπως μεγάλα επιβατηγά, οχηματαγωγά, κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια, κ.λπ., βλ. και Σχήμα 1. Γενικά, η ηλεκτρική πρόωση μπορεί να αποδειχθεί η καταλληλότερη λύση στις ακόλουθες κατηγορίες εφαρμογών:

- α. Σκάφη με υψηλές απαιτήσεις ελκτικών ικανοτήτων.
- β. Σκάφη με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων.
- γ. Σκάφη με μεγάλα φορτία ενδιαίτησης και έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης.
- δ. Σκάφη εξοπλισμένα με πολλές ταχύστροφες μη αναστρέψιμες μηχανές.
- ε. Υποβρύχια και βαθυσκάφη.

Ειδικά, όσον αφορά στα πολεμικά πλοία, η ηλεκτροπρόωση αποτελεί την βασική επιλογή για την κίνηση των Υποβρυχίων . Η χρήση της σε πολεμικά πλοία επιφάνειας, που μέχρι σήμερα ήταν σχετικά περιορισμένη, προσελκύει ξανά το έντονο ενδιαφέρον των ναυτικών

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

χωρών που κατασκευάζουν πολεμικά πλοία και εξετάζεται πλέον σαν υπονήφιο σύστημα για την προωστήρια εγκατάσταση της επόμενης γενιάς και των μεγάλων πολεμικών πλοίων. Οι αυξημένες απαιτήσεις και οι αυστηρότερες - σε σχέση με τα εμπορικά πλοία - προδιαγραφές των πολεμικών ναυτικών, (τόσο από απόψεως περιορισμών χώρου αλλά και απαιτήσεων του προωστήριου συστήματος), προϋποθέτουν περισσότερη ανάπτυξη και τελειοποίηση υποσυστημάτων για να πραγματοποιηθούν τα εν δυνάμει πλεονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης.

Οι κύριες αιτίες της αναζωπύρωσης του ενδιαφέροντος των πολεμικών ναυτικών για τη χρήση της ηλεκτροπρόωσης είναι :

α. η αύξηση των ηλεκτρικών καταναλωτών στα πλοία και η τάση για την 'ηλεκτροποίηση' των πλοίων (με αποκορύφωση το Πλήρως Εξηλεκτρισμένο Πλοίο All Electric Ship-AES), δηλαδή η τάση όλες οι λειτουργίες, κύριες και βοηθητικές, να γίνονται πλέον από ηλεκτρικά συστήματα και μηχανήματα (αντικαθιστώντας π.χ.

υδραυλικά, μηχανικά ή συστήματα ατμού κ.λπ.),

β. η ανάγκη για περισσότερο 'αθόρυβη' λειτουργία των πλοίων ,

γ. η αναζήτηση προωστήριων συστημάτων με χαμηλότερο κόστος ζωής και μειωμένες απαιτήσεις επανδρώσεως,

δ. και κυρίως η ωρίμανση τεχνολογιών που απαιτούνται για να αξιοποιηθεί το πλήρες δυναμικό της ηλεκτροπρόωσης. Τέτοιες τεχνολογίες είναι κυρίως των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος για τον έλεγχό τους.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή συστήματος ηλεκτροπρόωσης για ένα πλοίο, προσφέρει περισσότερη ελευθερία στη σχεδίαση και στην επιλογή των υποσυστημάτων και της διάταξης όλης της προωστήριας και ηλεκτρικής εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση αξίζει να σημειωθεί, ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι η μόνη λύση για τη βοηθητική πρόωση (δηλ. το σύστημα των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών που επαυξάνουν την ελκτική ικανότητα των σκαφών δικτύου πλοίου με ηλεκτρική πρόωση .

10.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

10.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

Το γενικευμένο ηλεκτρολογικό διάγραμμα ενός ηλεκτρικού. Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να είναι ενιαίο καλύπτοντας όλες τις ηλεκτρικές ενεργειακές ανάγκες ή μπορεί να αποτελείται από δύο επιμέρους υποσυστήματα, αυτό της ηλεκτροπρόωσης κι εκείνο των λοιπών ηλεκτρικών φορτίων.



Εικόνα 12: Το πρώτο αυτό-πλευούμενο ή αυτόνομο ηλεκτρικό φορτηγό

Σε πλοία με συμβατική πρόωση, ειδική υποπερίπτωση αποτελούν τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που περιλαμβάνουν και γεννήτριες άξονα-shaft generators- (εξηρημένες δηλαδή γεννήτριες που στρέφονται από την κύρια νηξελομηχανή πρόωσης του πλοίου). Οι γεννήτριες αυτές μπορεί να συνδέονται με το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο με σύνδεσμο ΣΡ (DC link) ή να τροφοδοτούν αυτόνομα μόνο μεγάλα φορτία όπως οι κινητήρες βοηθητικής πρόωσης (thrusters). Ενίοτε, σε έκτακτες περιπτώσεις (π.χ. μεγάλης έκτασης ζημία στην κύρια μηχανή) μπορούν να λειτουργήσουν και αντίστροφα, δηλ. ως ηλεκτρικοί κινητήρες πρόωσης (τροφοδοτούμενες από τις άλλες ηλεκτρογεννήτριες) περιορισμένης ισχύος και να οδηγήσουν το σκάφος σε ασφαλή προορισμό.

Σημαντικά διαφορετικό είναι το ηλεκτρικό σύστημα της νέας γενιάς υποβρυχίων στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από κυψέλες καυσίμου (fuel cells) (και αποθηκεύεται συστοιχίες συσσωρευτών ΣΡ) για να τροφοδοτήσει καταναλώσεις ΣΡ αλλά και ΕΡ μέσω μετατροπέων ΣΡ/ΕΡ [42-43]. Ηλεκτρογεννήτριες ΕΡ που κινούνται με κινητήρες ντήζελ υφίστανται μεν, αλλά δεν αποτελούν την κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά

Όπως αναφέρθηκε οι επιλογές για το σχεδιασμό των σύγχρονων συστημάτων ηλεκτροπρόωσης είναι πολλές και κάθε μία μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες και τον ρόλο του συγκεκριμένου πλοίου. Ο σχεδιασμός ενός σύγχρονου συστήματος ηλεκτροπρόωσης μπορεί να αναλυθεί στην επιλογή λύσεων σε επιμέρους ζητήματα, που είναι :

1. Το είδος των κινητήριων μηχανών. Ντήζελ, Αεριοστρόβιλοι (ειδικά για πιο αθόρυβη λειτουργία), Ατμοστρόβιλοι (ειδικά για πυρηνοκίνητα σκάφη), Συσσωρευτές ή/και Ηλεκτροχημικές Κυψέλες Καυσίμου (Fuel-Cells) (για τα υποβρύχια).
2. Τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου, όπως το είδος (DC, AC) και η τιμή της τάσης παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ισχύος (που υπαγορεύεται κυρίως από τις απαιτήσεις ισχύος προώσεως και τη διαθεσιμότητα παρελκόμενου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (καλώδια, μονωτικά, διακόπτες πίνακες κ.λπ.)).
3. Ο αριθμός και το είδος των γεννητριών.
4. Η παράλληλη ή μη λειτουργία των γεννητριών.
5. Το ποσοστό αυτοματισμού στη λειτουργία, φόρτωση, παραλληλισμό και κράτηση των γεννητριών.
6. Ο αριθμός και το είδος των κινητήρων προώσεως. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται είναι η μέγιστη ισχύς, ο όγκος και το βάρος ανά μονάδα ισχύος, ο μέσος χρόνος μεταξύ επισκευών και βλαβών και η αποδοτικότητα (βαθμός αποδόσεως).
7. Το είδος ελέγχου-χειρισμού των κινητήρων προώσεως.
8. Το είδος των στατών μετατροπών.
9. Η σχεδίαση της διάταξης του ηλεκτρικού δικτύου και συγκεκριμένα :
 - α. Θα υπάρχει διάκριση ανάμεσα στα ηλεκτρικά φορτία του πλοίου, άρα και στα ηλεκτρικά δίκτυα, σε φορτία προώσεως και στα λοιπά ; Το ζήτημα έχει να κάνει και με το βαθμό εξηλεκτρισμού του πλοίου καθώς η σχέση του ηλεκτρικού δικτύου προώσεως με το ηλεκτρικό δίκτυο χρήσεως μπορεί να είναι μία από τις παρακάτω :

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

α.1. να είναι τελείως ανεξάρτητα, δηλαδή το καθένα να εξυπηρετείται από δικές του γεννήτριες και να μη συνδέονται μεταξύ τους ή αν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης, αυτή να είναι μόνο για κατάσταση ανάγκης.

α.2. να είναι διακριτά, αλλά να υπάρχει σύνδεση μεταξύ τους οπότε το ένα από τα δύο να μπορεί να τροφοδοτείται και από το άλλο.

α.3. να είναι ενοποιημένα σε ένα κοινό ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε οδηγούμαστε στο

10.3 Κινητήρες αξονικής ροής

Πρόκειται για κινητήρες στους οποίους η ωφέλιμη μαγνητική ροή είναι κατά την ακτινική διεύθυνση δηλαδή όπως στις συνήθεις συμβατικές ηλεκτρικές μηχανές. Αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις τέτοιων κινητήρων είναι ο κινητήρας PERMASYN της εταιρείας SIEMENS, με μόνιμους μαγνήτες Sm-Co που βρίσκει εφαρμογές πρόωσης μεταξύ άλλων σε υποβρύχια του ΠΝ [43]. Ένας άλλος τύπος ηλεκτρικού κινητήρα πρόωσης είναι ο Εξελιγμένος Επαγωγικός Κινητήρας (Advanced Induction Motor-AIM) της ALSTOM, ο οποίος έχει επιλεγεί για την πρόωση της φρεγάτας (Type 45) του Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού. Προσφέρει υψηλή πυκνότητα ισχύος και ροπής σε σύγκριση με έναν συμβατικό επαγωγικό κινητήρα ίδιας ονομαστικής ισχύος. Η διαφορά με τον κοινό 3-φασικό επαγωγικό κινητήρα είναι ότι προσφέρει την δυνατότητα λειτουργίας με 5, 10 ή 15 φάσεις χρησιμοποιώντας τις αρμονικές του μαγνητικού πεδίου με την βοήθεια εξελιγμένων ηλεκτρονικών ισχύος για να αυξηθεί η ισχύς του κινητήρα.

10.3.1 Πολυβάθμιοι κινητήρες εγκάρσιας ροής (transverse flux motors)

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνιμους μαγνήτες στο δρομέα, προσανατολισμένους μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μαγνητική ροή να ρέει μέσα στο διάκενο σε διεύθυνση εν μέρει κατά την αξονική διεύθυνση και κυρίως κάθετη- εγκάρσια προς τον άξονα της μηχανής.

10.3.2 Πολυβάθμιοι κινητήρες αξονικής ροής (axial flux motors)

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνιμους μαγνήτες στον δρομέα, προσανατολισμένους κατά τρόπο ώστε η μαγνητική ροή να ρέει σε διεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα της μηχανής.

10.4 Μετατροπείς Συχνότητας

Στις εγκαταστάσεις E.P., στις οποίες η συχνότητα του παραγομένου ρεύματος είναι σταθερή, η συνεχής ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα πρόωσης (και επομένως της έλικας) είναι δυνατή εάν αυτός τροφοδοτηθεί όχι απ' ευθείας από το δίκτυο αλλά από διάταξη μετατροπής της συχνότητας. Η διάδοση της ηλεκτρικής πρόωσης κατά τα τελευταία έτη ίσως δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τους μετατροπείς αυτούς.

Η θεμελιώδης διάταξη μετατροπής είναι η γέφυρα 6-παλμών (ανορθωτής αλλά και κυρίως αντιστροφέας). Ωστόσο για μείωση των αρμονικών παραμορφώσεων κατασκευάζονται πιο σύνθετες διατάξεις. Έτσι ένας αντιστροφέας 12 παλμών αποτελείται από δύο αντιστροφείς 6 παλμών, των οποίων οι αντίστοιχες φάσεις έχουν γωνιακή διαφορά 30°. Σε σύγχρονες ναυπηγήσεις αξιοποιούνται προς το παρόν έως και γέφυρες 24 παλμών.

Ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή ευρέως χρησιμοποιούμενων μετατροπέων ηλεκτρονικών ισχύος:

- Ζεύγη ανορθωτών – αντιστροφέων SPWM

Στις διατάξεις αυτές, αρχικά γίνεται ανόρθωση από EP σε ΣΡ και στη συνέχεια αντιστροφή από ΣΡ σε EP. Στον σύνδεσμο ΣΡ (DC-link) μεταξύ των δύο μετατροπέων παρεμβάλλεται κάποιο στοιχείο που διατηρεί σταθερή την τάση ή το ρεύμα που παρέχει ο μετατροπέας, όπως εξηγείται στη συνέχεια βλ. και Πίνακα 1:

α) πηγές ρεύματος (CSI Current Source Inverters) με SPWM: στο DC-link παρεμβάλλεται πηνίο που διατηρεί το ρεύμα τροφοδοσίας σταθερό με αποτέλεσμα ο μετατροπέας εμφανίζεται να λειτουργεί ως πηγή (σταθερού) ρεύματος.

β) πηγές τάσεως (VSI Voltage Source Inverters) με SPWM: στο σύνδεσμο ΣΡ παρεμβάλλεται πυκνωτής που διατηρεί την τάση τροφοδοσίας σταθερή με αποτέλεσμα ο μετατροπέας να εμφανίζεται ότι λειτουργεί ως πηγή (σταθερής) τάσεως,

γ) συγχρομετατροπείς (synchro-converters) ή LCI (Load Commutated Inverters, LCI): πρόκειται για ειδική περίπτωση μετατροπέα πηγής ρεύματος (CSI) στην οποία όμως οι διακόπτες ισχύος σβήνουν μόνον με τη βοήθεια του φορτίου τους. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί το κύριο πλεονέκτημά τους καθώς δεν απαιτούνται επιπλέον βοηθητικά κυκλώματα σβέσεως. Βρίσκουν εφαρμογή σε προωστήρια συστήματα με σύγχρονους κινητήρες μεγάλης ισχύος.

- **Κυκλομετατροπείς (cycloconverters):** με τις διατάξεις αυτές επιτυγχάνεται απευθείας μετατροπή από μία μορφή ΕΡ συγκριμένου πλάτους u_{954} και συχνότητας σε άλλη μορφή ΕΡ διαφορετικού πλάτους και συχνότητας. Στην περίπτωση των προωστήριων συστημάτων πλοίων, λαμβάνει χώρα υποβιβασμός συχνότητας (από 50/60 Hz σε 2-3 Hz).

Η απλή περίπτωση ενός τριφασικού κυκλομετατροπέα 6 παλμών (6-παλμικός) αποτελείται από 36 ελεγχόμενους διακόπτες ισχύος, 12 για κάθε φάση, βλ. Σχ. 12-13. Σε κάθε φάση αντιστοιχούν δύο γέφυρες διακοπτών (g και o) με 6 διακόπτες η κάθε μία, βλ. Σχ. 13. Η μία γέφυρα είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία της κυματομορφής κατά τη θετική ημιπερίοδο και η άλλη κατά την αρνητική. Στις γέφυρες εισέρχονται όλες οι φάσεις εισόδου. Αντιπαράλληλα προς τους διακόπτες ισχύος, εν γένει, συνδέονται και δίοδοι ισχύος για να κυκλοφορούν αντίστροφης φοράς ρεύματα προστατεύοντας τους ελεγχόμενους διακόπτες (στο Σχήμα 13 έχουν παραλειφθεί για λόγους απλότητας).

Η τεχνική ελέγχου αγωγής των διακοπτών ισχύος μπορεί να ποικίλλει και σε αυτήν την περίπτωση, ωστόσο έχει επικρατήσει μία αντίστοιχη μέθοδος της ημιτονοειδούς διαμόρφωσης εύρους παλμών των αντιστροφέων SPWM. Στην περίπτωση αυτή, το επιθυμητό σήμα σε μία φάση εξόδου συγκρίνεται με τις τάσεις όλων των φάσεων εισόδου και στα σημεία που εξισώνονται (σημεία τομής των κυματομορφών), παράγονται σήματα αλλαγής κατάστασης των αντίστοιχων διακοπτών ισχύος.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Ένας κυκλομετατροπέας 12 παλμών αποτελείται από δύο κυκλομετατροπείς 6 παλμών των οποίων οι αντίστοιχες φάσεις έχουν γωνιακή διαφορά 30°. Η διαφορά αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός μετασχηματιστή με δύο δευτερεύοντα τυλίγματα από τα οποία το ένα είναι σε συνδεσμολογία κατά Υ ενώ το άλλο κατά Δ. Οι έξοδοι του κυκλομετατροπέα 12 παλμών μπορεί να τροφοδοτούν είτε ένα απλό τριφασικό τύλιγμα κινητήρα, είτε το διπλό τριφασικό τύλιγμα ενός ειδικού τύπου κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση των αρμονικών παραμορφώσεων.

Οι κυκλομετατροπείς πλεονεκτούν στο ότι παράγουν κυματομορφές με πολύ μικρή παραμόρφωση αλλά είναι πολυδάπανες διατάξεις με πολλούς διακόπτες ισχύος ενώ κατά τη μεταγωγή των διακοπών απαιτείται αυξημένη ακρίβεια συντονισμού από τα κυκλώματα ελέγχου.

Μητροειδείς μετατροπείς (matrix converters): Πρόκειται για εναλλακτική αλλά πιο γενικευμένη διάταξη των κυκλομετατροπέων που ενδεχομένως να επικρατήσει καθώς δίνει τη δυνατότητα σε όλες τις φάσεις εξόδου να τροφοδοτηθούν απευθείας από όλες τις φάσεις εισόδου κατά τρόπο που καθορίζεται με ακρίβεια από το κύκλωμα ελέγχου. Η ουσιαστική διαφορά από τους κυκλομετατροπείς είναι στον αλγόριθμο ελέγχου εναύσεως / σβέσεως, που ακόμη βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο και επιτρέπει σε κάθε στιγμή την αντιστροφή ακολουθίας των φάσεων εξόδου σε σχέση με τις φάσεις εισόδου καθώς και την τροποποίηση των γωνιακών αποκλίσεων μεταξύ των τάσεων εισόδου και εξόδου με σκοπό τη ρύθμιση των συντελεστών ισχύος και στις δύο πλευρές. Προς το παρόν καμιά τέτοια διάταξη δεν έχει ενσωματωθεί σε προγράμματα ανάπτυξης για προωστήριες διατάξεις ηλεκτρικών κινητήρων λόγω τεχνολογικών αδυναμιών υλοποίησης, παρόλο που σε διεθνή συνέδρια έχουν προταθεί αξιόλογες μέθοδοι ελέγχου (π.χ. μέθοδος Venturini) με πολύ θετικές προοπτικές. Παρόμοια με τους κυκλομετατροπείς, οι μεταγωγές καταστάσεων (από αγωγή σε σβέση και το αντίστροφο) των ηλεκτρονικών διακοπών ενέχουν τον κίνδυνο βραχυκυκλωμάτων μεταξύ των φάσεων. Τεχνικές Ελέγχου Κινητήρων Πρόωσης ΕΡ

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



Εικόνα 13: Προπέλες μεταβλητου-κινητου μέρους έως και 180°

- Απευθείας έλεγχος ροπής (direct torque control DTC): πρόκειται για ουσιαστική εξέλιξη της μεθόδου του διανυσματικού ελέγχου πεδίου (vector field

control). Έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση οι τάσεις και τα ρεύματα του στάτη μετρώνται και μετασχηματίζονται σε στρεφόμενο πλαίσιο αναφοράς, όμως μετράται ή καλύτερα υπολογίζεται η μαγνητική ροή στον στάτη καθώς επίσης και η τιμή της ροπής στον άξονα του κινητήρα. Από τη σύγκριση των μεγεθών μαγνητικής ροής και ροπής με τις επιθυμητές τους τιμές παράγονται τα σήματα ελέγχου των μετατροπέων (για έναυση και σβέση των διακοπών). Η διαδικασία σύγκρισης στηρίζεται σε μη γραμμικές συναρτήσεις και έχει το πλεονέκτημα ότι αξιοποιεί τη διακριτή στον χρόνο συμπεριφορά των διακοπών ισχύος αυξάνοντας τελικά τη συνολική απόδοση. Η τεχνική αυτή έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται σε πλοία με ηλεκτρική πρόωση και πιο συγκεκριμένα με αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα σε συνδυασμό με σύγχρονο κινητήρα μονίμων μαγνητών (Azipod, εταιρεία ABB) και κυκλομετατροπείς. Η μέθοδος πλεονεκτεί έναντι του διανυσματικού ελέγχου, καθώς ελέγχει απευθείας τη ροπή εξόδου του κινητήρα, έχει πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε μετρήσεις και

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

υπολογισμούς μεγεθών (π.χ. δεν είναι απαραίτητη η μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής) ενώ η παραγόμενη ροπή είναι πλέον εφικτό να μην εμπεριέχει μεγάλες αιχμές (torque ripples).

10.5 Συνεργασία έλικα – κινητήρα πρόωσης

Στα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης συγκαταλέγεται και η ουσιαστική μείωση του αξονικού συστήματος των πλοίων.

Τα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης έχουν το πλεονέκτημα συνεχούς μεταβολής των στροφών σχεδόν σε όλο το διάστημα 0-100%. Επιπλέον, το 100% της ροπής μπορεί συνήθως να χρησιμοποιηθεί σε όλο το πεδίο λειτουργίας. Για λόγους ασφαλείας, η έλικα κινείται από δύο (ή και περισσότερους) ηλεκτροκινητήρες ίσης ισχύος. Όσον αφορά την έλικα ως μηχανικό φορτίο, ακολουθεί τον λεγόμενο «νόμο της έλικας» δηλ. η μηχανική ροπή ανάλογη του τετραγώνου της μηχανικής ταχύτητας όπως περίπου και οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι ανεμιστήρες, αλλά μπορεί η χαρακτηριστική αυτή να είναι σταθερή (έλικα σταθερού βήματος) ή να μεταβάλλεται με αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων της (έλικα μεταβλητού βήματος).

Έλικα Σταθερού Βήματος

Καθώς η υπερτάχυνση δέν είναι δυνατή, η έλικα σχεδιάζεται έτσι ώστε να απορροφά τη μέγιστη συνεχή ισχύ (σημείο MCR) σε κατάσταση δοκιμών, δηλ. πλήρες φορτίο, καθαρή γάστρα και ήρεμο καιρό. Προκειμένου να είναι δυνατή η λειτουργία με πλήρη ισχύ σε δυσμενείς συνθήκες, το σύστημα πρόωσης συνήθως υπολογίζεται για τιμή κατά 10 - 20% μεγαλύτερη της ονομαστικής, χωρίς αύξηση της ισχύος πέρα από τη μέγιστη συνεχή (MCR). Αυτό σημαίνει υπερδιαστασιολόγηση έλικας αξονικού συστήματος - μειωτήρα - κινητήρα - μετατροπέα κατά 10 - 20%.

10.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ηλεκτροπρόωσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης, στα οποία οφείλεται και η διάδοσή της στις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν, είναι τα ακόλουθα:

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0- 100 %.
- Γρήγορη απόκριση κατά τη διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.
- Χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.
- Οικονομία καυσίμου, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, ώστε η κάθε μια να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο σημείο.
- Ελευθερία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος, που προσφέρει ευελιξία στον σχεδιασμό του σκάφους και εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου.
- Πλήρης εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής σε όλο το πεδίο λειτουργίας.
- Ευκολία αυτοματισμού.
- Αυξημένη αξιοπιστία (πολλά συστήματα συνδεδεμένα παράλληλα) και, επομένως, αυξημένη ασφάλεια.
- Περιορισμός των εκπεμπομένων ρύπων διότι:
 - α. η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,
 - β. ιδιαίτερα οι εκπομπές NOx είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ., ένας μεσόστροφος κινητήρας Diesel λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.
- Περιορισμός του κινδύνου ρύπανσης του περιβάλλοντος από ατυχήματα όπως αυτά των δεξαμενοπλοίων, χάρη στην ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τους χειρισμούς και τη δυναμική τοποθέτηση του σκάφους.

Μειονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης είναι τα εξής:

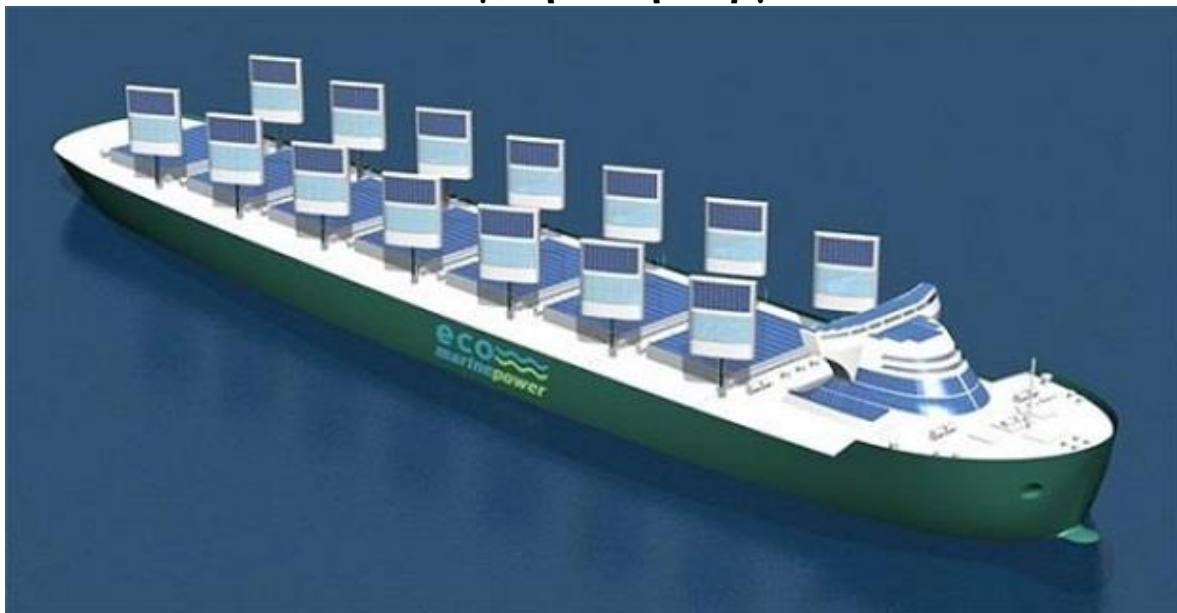
- Υψηλό κόστος επένδυσης. Αυτό γίνεται η προσπάθεια να μειωθεί κατά το δυνατόν, αξιοποιώντας την υπάρχουσα τεχνολογία των ηπειρωτικών ηλεκτρικών δικτύων (Commercial Off The Shelf – COTS), ωστόσο το υψηλό κόστος των κινητήρων και των διατάξεων ελέγχου τους δεν δείχνει να ξεπερνάται εύκολα.
- Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα. Π.χ., σε συμβατικό σύστημα κινητήρα Diesel - έλικα ρυθμιζομένου βήματος, οι απώλειες του συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 4%: 2% στην έλικα και 2% στον μειωτήρα, όταν η έλικα λειτουργεί στον βέλτιστο συνδυασμό ταχύτητας/βήματος. Σε εγκατάσταση νηζελο-ηλεκτρικής πρόωσης, το σύστημα μετάδοσης προκαλεί απώλειες 7 - 8%: 3% στις γεννήτριες, 2% στους μετασχηματιστές και μετατροπείς συχνότητας και 2 - 3% στους προωστήριους ηλεκτροκινητήρες. Επομένως, ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος στο σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης μόνον όταν κάθε μηχανή λειτουργεί σε σταθερή ταχύτητα περιστροφής και επί μεγάλα χρονικά διαστήματα στη βέλτιστη περιοχή.
- Ένα πρόβλημα που προκύπτει από την εκτεταμένη χρησιμοποίηση των διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος είναι ότι εμφανίζονται προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς πέραν των χρήσιμων συχνοτήτων αναπτύσσεται και μεγάλο πλήθος αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσεως. Οι αρμονικές αυτές αφενός προσαυξάνουν τη συνολική κυκλοφορούσα άεργο ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά επιπλέον δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Έτσι ο "ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος" που παράγεται επηρεάζει αρνητικά όλες τις ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις –πρωτίστως τα κυκλώματα ελέγχου των ίδιων των ηλεκτρονικών ισχύος – ενώ σε περιπτώσεις στρατιωτικών εφαρμογών αυξάνει τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής των πλοίων. Τέλος, είναι δυνατόν οι αρμονικές παραμορφώσεις των ηλεκτρικών μεγεθών να διεγείρουν ιδιοσυχνότητες για ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων, όπως είναι τα φαινόμενα σιδηροσυντονισμού στους δρομείς των σύγχρονων γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η σειρά αυτή των προβλημάτων λόγω της εξηλεκτρίσης των συστημάτων του πλοίου αντιμετωπίζεται με εξειδικευμένες αναλύσεις και μελέτες κυρίως κατά της φάση της σχεδίασης τους ηλεκτρολογικού συστήματος.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

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

Κεφάλαιο 11°

Πλοία με ηλιακή ενέργεια



Εικόνα 14: Μελλοντικό φορτηγό πλοίο με χρήση ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών.

Το πρώτο μεγάλο πλοίο που αντλεί από ηλιακούς συλλέκτες μέρος της ενέργειας που χρειάζεται για την κίνησή του απέπλευσε την Παρασκευή από την Ιαπωνία με στόχο την εξοικονόμηση καυσίμων και τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Το Auriga Leader («Αρχηγός Ηνίοχος»), κατασκευασμένα στο ναυπηγείο της Nirron Yusen KK στο Κόμπε, είναι ένα φορτηγό πλοίο σχεδιασμένο για τη μεταφορά έως και 6.400 αυτοκινήτων.

Στο πάνω τμήμα του έχουν εγκατασταθεί 328 φωτοβολταϊκά στοιχεία που μπορούν να παράγουν συνολικά 40 Kilowatt ηλεκτρικού ρεύματος, ισχύς που αρχικά θα καλύπτει μόλις το 0,2% της κατανάλωσης του συστήματος προώθησης του πλοίου. Τα ναυπηγεία ελπίζουν πάντως ότι το ποσοστό αυτό θα αυξηθεί στο μέλλον. Το τεράστιο φορτηγό, μήκους 200 μέτρων, θα χρησιμοποιηθεί αρχικά για εξαγόμενα οχήματα της Toyota, αναφέρει το Γαλλικό Πρακτορείο Ειδήσεων.

Το πρώτο φορτηγό πλοίο που κινείται εν μέρει με ηλιακή ενέργεια απέπλευσε πρόσφατα από το Τόκιο. Το τεράστιο αυτό πλοίο, βάρους 60.000 τόνων και μήκους 200 μέτρων, μπορεί να



μεταφέρει ως και 6400 αυτοκίνητα. Η κατασκευή του κόστισε 2,4 εκατομμύρια δολάρια στην ιαπωνική εταιρία «Νίπον Γιούσεν». Είναι εξοπλισμένο με 328 πλαίσια φωτοβολταϊκών κυττάρων, τα οποία παρέχουν 40 KW, δηλαδή το 0.2% της ενεργειακής κατανάλωσης του πλοίου. Το ποσοστό είναι ακόμα μικρό, μα οι επιστήμονες δηλώνουν αποφασισμένοι να το αυξήσουν στο κοντινό μέλλον. Μια νέα λύση εν μέσω οικονομικής κρίσης. Λόγω της οικονομικής κρίσης, ο κλάδος των θαλάσσιων μεταφορών υφίσταται τεράστια πίεση

να μειώσει τα έξοδά του. Ιδιαίτερα η Ιαπωνία, που δεν

Εικόνα 15: Το πρώτο πλοίο με χρήση της ηλιακής ενέργειας.

έχει δικούς της ενεργειακούς πόρους, προσπαθεί με κάθε μέσο να ελαττώσει την εξάρτησή της από το πετρέλαιο, το οποίο αναγκάζεται να αγοράζει από ξένες χώρες. Έτσι, η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ένα νέο μέσο για μείωση των εξόδων και μεγιστοποίηση του κέρδους.

Ταυτόχρονα, λόγω της κλιματικής αλλαγής, οι εταιρίες θαλάσσιων μεταφορών δέχονται πίεση να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ο κλάδος τους προκαλεί περίπου

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

το 3% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Κατά συνέπεια, η χρήση ηλιακής ενέργειας στις θαλάσσιες μεταφορές αποτελεί ένα εξαιρετικό μέτρο, φθινό και φιλικό προς το περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό, η ιαπωνική εταιρία «Νίπον Γιούσεν», κατασκευάστρια του πρωτοποριακού πλοίου, έχει δηλώσει πως ο στόχος της είναι να μειώσει στο μισό τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ως το 2010.

Το μεγαλύτερο ηλιακό σκάφος.

Ανακοινώθηκε πως είναι έτοιμη η μεγαλύτερη ηλιακή βάρκα στον κόσμο. Με 31 μέτρα μήκος και 15 πλάτος, το πλοίο αναμένεται να είναι σε θέση να λάβει 103.4Kw από τα 500 τετραγωνικά μέτρα ηλιακών panel για να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στον κινητήρα του ο οποίος χρειάζεται μόλις 20KW για να επιτευχθεί μια μέση ωριαία ταχύτητα έως και 8 κόμβοι (15 Km/h)



Εικόνα 16: Το Planetstar.

Το Planetstar (έτσι έχει βαφτιστεί το πλοίο) είναι ένα καταμαράν 60 τόνων που κόστισε 18 εκ. ευρώ στην *Knierim Yacht Club* του Κιέλου στην βόρεια Γερμανία .

Τα φωτοβολταϊκά panels τοποθετήθηκαν από την πρύμνη έως το μέσω του πλοίου, κατασκευάστηκαν από την Sunpower και έχουν απόδοση 22% που είναι μια από τις μεγαλύτερες αυτή στην στιγμή το εμπόριο.

Η ιδέα για αυτό το ηλιακό πλοίο ανήκει στον *Raphaël Domjan* έναν Ελβετό μηχανικό 38 ετών και τον Γάλλο *Gérard d'Aboville* ο οποίος θα είναι και ο κυβερνήτης του σκάφους για την παγκόσμια περιοδεία που έχει προγραμματιστεί για τον επόμενο χρόνο με σκοπό να δείξει σε όλους τις πρακτικές πτυχές της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Παρά το γεγονός ότι αυτό το είδος πλοίων δεν προορίζεται για να αντικαταστήσει τα συμβατικά η ομάδα του Planetsolar σημειώνει ότι ένα τέτοιο σκάφος μπορεί να κάνει το γύρο του κόσμου και δίνει ελπίδες για να μειωθούν οι εκπομπές από τις υδάτινες μεταφορές που κυμαίνονται στα 1.4 εκ. τόνους διοξειδίου του άνθρακα (2008) το οποίο αντιπροσωπεύει το 6% τον συνολικών εκπομπών και είναι δυο φορές υψηλότερο από εκείνο στις αερομεταφορές.

Το ταξίδι του ξεκίνησε το πρώτο πλοίο στον κόσμο που κινείται αντλώντας μερικώς ηλιακή ενέργεια. Πρόκειται για το **Auriga Leader**, που έφυγε την Παρασκευή από το λιμάνι της Ιαπωνίας και στόχος του είναι να ταξιδέψει περιορίζοντας το κόστος μετακίνησης και μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Το Auriga Leader κατασκευάστηκε στο ναυπηγείο της Nippon Yusen K.K. και είναι ικανό να μεταφέρει **6.400** αυτοκίνητα, ενώ είναι εξοπλισμένο με 328 ηλιακές γεννήτριες, συνολικού κόστους 150 εκατομμύρια γιεν.

Αρχικά το ηλιακό πλοίο θα μεταφέρει αυτοκίνητα της Toyota. Η ιδέα για την κατασκευή του χρονολογείται πριν την οικονομική κρίση, η οποία έχει πλήξει τις αυτοκινητοβιομηχανίες.

Το ηλιακό σύστημα που διαθέτει το πλοίο μπορεί να παράγει **40**κιλοβατώρες ηλεκτρικού ρεύματος, ενέργεια ικανή για να καλύψει μόνο το 0,2% της συνολικής κατανάλωσης του πλοίου.

Τον τελευταίο καιρό γίνονται όλο και περισσότερες προσπάθειες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Υπενθυμίζεται ότι πρόσφατα η δημοτική αρχή μιας μικρής πόλης λίγο πιο έξω από τη Βαρκελώνη, τοποθέτησε φωτοβολταϊκά συστήματα πάνω από τοπικό νεκροταφείο, μεταμορφώνοντάς το σε ηλιακό. Παρέχοντας ενέργεια στα νοικοκυριά, το νεκροταφείο περιορίζει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 62 τόνους τον χρόνο.

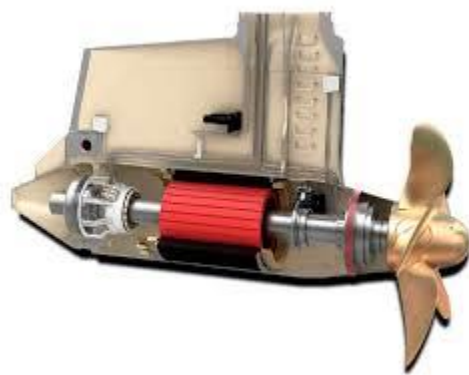
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικού κόστους 72.000 χιλιάδων ευρώ, τοποθετήθηκαν πάνω στα μνήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην αλλοιώνουν την εικόνα του χώρου.

Κεφάλαιο 12^ο

Συστήματα πρόωσης

12.1 Πλοία εξοπλισμένα με PODS

Επί του παρόντος ένας αυξανόμενος αριθμός των σύγχρονων πλοίων είναι εξοπλισμένος με pods (προωθητικές). Τα πλεονεκτήματα είναι μια βελτιωμένη απόδοση πρόωσης και μια βελτιωμένη ικανότητα ελιγμών καθώς και μια μείωση δονήσεων στην πρύμνη του σκάφους. Εκτός από τα κρουαζιερόπλοια τα pods εμφανίζονται και εφαρμόζονται και σε αλλά



Εικόνα 17: Το POD

ειδή σκαφών στις μέρες μας με μεγαλύτερο εύρος στροφών. Μεγάλα πλεονεκτήματα υπάρχουν σε αυτό το είδος πρόωσης αλλά πρέπει να δίνεται και ορισμένη προσοχή ως προς τον σχεδιασμό τους. Επίσης η κατευθυντήρια ευστάθεια είναι λιγότερη από πλοία με συμβατική πρόωση.

Για τα τελευταία χρόνια αυτό το είδος της πρόωσης χρησιμοποιείται ευρέως και ο λόγος είναι η απόδοση πρόωσης καθώς και η ευελιξία του ίδιου του σκάφους. Τα πλοία με Ντήζελ- ηλεκτρική πρόωση έχουν κερδίσει από αυτό το σκεπτικό. Άλλο λειονέκτημα είναι ο αυξανόμενος χώρος ο οποίος υπάρχει στο μηχανοστάσιο. Το τελευταίο καιρό έχουν γίνει σημαντικές έρευνες στην προώθηση αυτή επάνω στην αντοχή υλικών καθώς και στην υδροδυναμική. Στην αγορά υπάρχουν αρκετά σχέδια επάνω στην προώθηση αυτή από κυρίως χορηγούς όπως είναι η Rolls-Royce, ABB, Azipod, Siemens-Schottel και warthila.

Από θέμα αντοχής υλικών το μέρος το οποίο στεγάζεται ο ηλεκτρικός κινητήρας (motor) η τοποθέτηση καθώς και η στέγαση όλου του συστήματος είναι καθοριστική. Επίσης μέχρι και σήμερα γίνεται σημαντική έρευνα επάνω στο υδροδυναμικό κομμάτι του συστήματος.

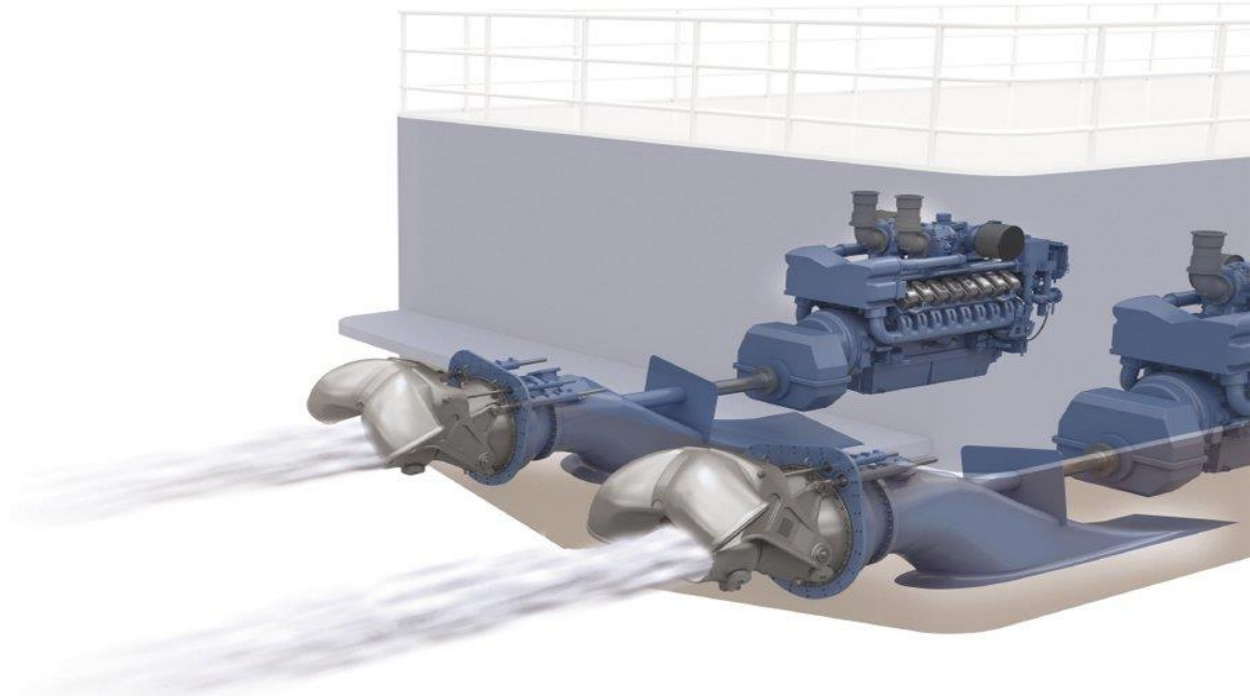
Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Σίγουρα επάνω στην απόδοση τιμόνευσης μένουν να βελτιωθούν αρκετά πράγματα. Ορισμένα αντικείμενα τα οποία είναι ακόμα σε ερευνά είναι τα παρακάτω.

- 1) Ο σχεδιασμός των πτερύγιων επάνω στα pods.
- 2) Τα πτερύγια για την διεύθυνση
- 3) Ο σχεδιασμός σε σχήμα τορπίλης επάνω στο όλο σύστημα.
- 4) Βελτιστοποίηση του προσανατολισμού του λοβού της μονάδας.

Κλασικά τα πρώτα κρουαζιερόπλοια τα οποία είχαν αυτή την προώθηση είχαν δυο μονάδες. Το τελευταίο πλοίο το οποίο φτιάχτηκε με αυτή την εγκατάσταση είχε μια μονάδα με δυο προσκολλημένα αζιμούθια μονάδες λόγω του ορίου της ισχύς.

Χρησιμοποιώντας στερεωμένα και πακτωμένα pods αποτελεί μια πρόκληση από θέμα ευελιξίας του караβιού. Παρόλα αυτά θα πρέπει να δοθεί αρκετή προσοχή τουλάχιστον στις μεγάλες δυνάμεις που δημιουργούνται από στρέψη επάνω στα pods στην γάστρα του πλοίου. Θα πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση ως προς των σχεδιασμό στα πρώτα στάδια. Επίσης τα χαρακτηριστικά του караβιού παίζουν σημαντικό ρόλο για παράδειγμα ένα επιβατηγό πλοίο δεν έχει μεγάλες γωνίες κλίσης άρα μπορεί να μην δεχτεί βοήθεια στο λιμάνι από ρυμουλκά.



12.2 Σύστημα προώθησης KAMEWA

Εικόνα 18: Υδροτουρμπίνες, Σύστημα Kamewa.

Το σύστημα προώθησης Kamewa δημιουργήθηκε το 1849 από τους κατασκευαστές που έφτιαχναν τους λέβητες. Οι τουρμπίνες προστεθήκαν στα προϊόντα υδροπροώθησης το 1870. Το 1930 η εταιρία kamewa ενεργοποίησε όλη την προηγούμενη γνώση την οποία διαθέτε από τον σχεδιασμό του controllable pitch propeller. Σήμερα η εταιρία Kamewa έχει συγκεντρωθεί μόνο σε ναυτιλιακές εφαρμογές. Τα προϊόντα της Kamewa σήμερα είναι controllable-pitch main propellers, tunnel thrusters, azimuth thrusters, water Jet propulsion systems, electronic systems και μια μεγάλη ποικιλία μηχανημάτων καταστρώματος.

Η αρχή της προώθησης αποτελείται από το νερό το οποίο προωθείται στο κάτω μέρος της γάστρας (Hull) του πλοίου, ακολουθούμενο από έναν οχετό καταθλιμμένο στην πρύμνη του πλοίου. Όταν διέρχεται με ροή στον οχετό το νερό πρεσάρεται με μια αντλία οδηγούμενη από το μηχανήμα της προώθησης του πλοίου. Η ταχύτητα του νερού που καταθλίβεται στην πρύμνη του πλοίου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του πλοίου, όπου δίνει μια

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

προώθηση σε μια δύναμη αντιδράσεως (reaction force) όπου προωθεί το σκάφος. Η όλη εγκατάσταση περιλαμβάνεται από την αντλία, ολόκληρη με των άξονα, το υδραυλικό και το ηλεκτρονικό σύστημα καθώς και των σχεδιασμό του οχητού εισαγωγής.

Η περιστρεφόμενη νίλα είναι υδραυλική και μπορεί να περιστραφεί 30 μοίρες σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Το reversal του Thrust καταφέρνεται από έναν reversing bucket (κουβά) που βρίσκεται κάτω από την περιστρεφόμενη νίλα. Το Thrust επιτυγχάνεται από αυτό το είδος του κουβά το οποίο αντανακλά την ποσότητα του νερού. Ο σκοπός της αντλίας είναι να πρεσάρει το νερό. Το διαφορικό της πίεσης σε κάθε πλευρά του impeller δίνει μια ώθηση σε ένα thrust όπου παίρνεται από ένα ρουλεμάν όπου βρίσκεται στο hub της αντλίας. Από το hub η δύναμη μεταφέρεται διάμεσου κατευθυνόμενων οδηγητικών βανών στο πίσω μέρος του πλοίου.

Το impeller είναι καρφωμένο σε ένα κοντό άξονα στο hub με ένα ρουλεμάν. Το impeller είναι ένα guide vane σχεδιασμένο για να εξουδετερώνει την περιστροφή της ροής που δημιουργείται από το impeller. Το πίσω κομμάτι των οδηγητικών vanes είναι διαμορφωμένο στην εξαγωγή της νόζλας. Το water Jet έχει σχετικά ένα μεγάλο αριθμό λεπίδων και η εξαγωγή είναι σχεδιασμένη να εξασφαλίζει ότι το περιεχόμενο των υψηλών αρμόνικων στην ροή του νερού στην αντλία είναι μικρή. Επίσης η γεωμετρία των πτερυγίων του impeller έχει διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παράγει ελάχιστο θόρυβο και πίεση.

Οι παραγόμενες πλαϊνές δυνάμεις εξαρτώνται μόνο από την ταχύτητα του jet, και όχι από την ταχύτητα του νερού που πλησιάζει την εισαγωγή. Αυτό σημαίνει ότι η πλαϊνές δυνάμεις δεν μειώνονται επάνω στην στροφή του πλοίου η όταν υπάρχει μια κατάσταση ελιγμού.



Σε ταχύτητα 20 με 50 μίλια την ώρα για πλοία τα οποία έχουν αυτό το σύστημα πρόωσης ο εσωτερικός θόρυβος είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με άλλα καράβια όπου έχουν παρόμοια εγκατάσταση.

Εικόνα 18: Υδροτουρμπίνα υποπίεσεως

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Το water Jet παρέχει πολύ καλή ευελιξία για το καράβι και απόλυτο έλεγχο σε ταχύτητα που βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Τα Water jet έχουν βελτιωμένη απόδοση που σημαίνει ότι λιγότερο ισχύ χρειάζονται για να φτάσουν στην κατάλληλη ταχύτητα σκάφους στην ίδια αποδομένη ισχύ. Χαμηλή επιτάχυνση και παρά πολύ καλή ευελιξία είναι χαρακτηριστικά που κάνουν το jet σύστημα ιδανικό για κάποιο σκάφος το οποίο κινείται γρήγορα.

Σύγκριση jet water με κανονικό σύστημα προώθησης

Υψηλότερη Ταχύτητα

Χαμηλότερη κατανάλωση σε ταχύτητα επάνω από 20 με 25 μιλιά την ώρα.

Αυξημένη ευελιξία

2-4 φορές μεγαλύτερη

δύναμη στο τιμόνι Διπλή

συχρότητα περιστροφής.

40-50 % μικρότερη

τακτική διάμετρο

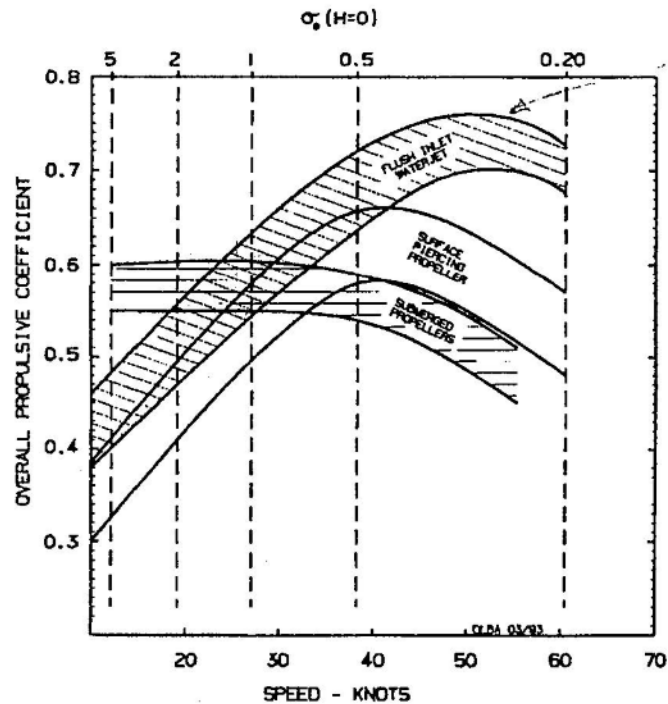
Αυξημένη επιτάχυνση και σταμάτημα.

Μειωμένος ήδρω
ακουστικός θόρυβος.

Μειωμένος θόρυβος και
Vibration επάνω στο
καράβι.

Μειωμένη τριβή φθορά σε
μηχανή και gearbox.

Δεν έχει fouling
(ρύπανση).



Εικόνα 19: Διάγραμμα σύγκρισης προπέλας με υδροτουρμπίνα

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Επίλογος – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αναφερόμενα έγκυρα πλέον βεβαιώνεται πως ο τομέας της ναυτιλίας και συγκεκριμένα στον τομέα πρόωσης πρόκειται να αναπτυχθεί ολοένα και περισσότερο, λόγω της διαρκούς ανάπτυξης της τεχνολογίας και της διαρκείας ζήτησης νέων ειδών που δεν θα μολύνουν το περιβάλλον αλλά και θα συμφέρει τόσο οικονομικά όσο και παραγωγικά. Η ηλεκτροπρόωση αλλά και η ηλιακή ενέργεια θα αναπτύσσεται όλο και περισσότερο με απώτερο σκοπό την μείωση του αρχικού κόστους επένδυσης αλλά και στην αύξηση των επιδόσεων του συνολικού συνδυασμού των διατάξεων που αξιοποιούνται από αυτά τα δυο συστήματα.

Μέσα πρόωσης των πλοίων και η εξέλιξη τους με τα χρόνια.

Βιβλιογραφία

Πληροφορίες από ιστοσελίδα της ιδιωτικής ανώνυμης εταιρίας ariexpro

<https://www.ariexpro.gr/products/Shipping/Susthmata-Prooshs/>

Γενικές πληροφορίες στον τομέα πρόωσης πλοίων αλλά και στις διαφορετικές χρήσεις μηχανών

<https://el.Wikipedia.org/wiki/>

<http://en.Wikipedia.org/wiki/Kamewa>

Πληροφορίες από εργασία καθηγητή κ.Κυρτατου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνίο

http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

Πληροφορίες από πτυχιακή εργασία σπουδαστή Καλούδη Νικόλαο, Σχολή ΑΕΝ Μακεδονίας τομέας Μηχανικών

<https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK179/>

Πληροφορίες από πτυχιακή εργασία σπουδαστή Εξαδάχτυλου Γεώργιου, Σχολή ΑΕΝ Μακεδονίας τομέας Πλοιάρχων

<https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK212/%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%A1%CE%B5%CF%85%CF%83%CF%84%CF%8E%CE%BD/%CE%9D%CE%95%CE%95%CE%A3%20%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%95%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%91%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A9%CE%98%CE%97%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%20%CE%A0%CE%9B%CE%9F%CE%99%CE%A9%CE%9D.pdf>

Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως Α' Κλιάνης Λ.-Νικολός Ι.-Σιδέρης Ι.2002

Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως Β' Κλιάνης Λ.- Νικολός Ι.- Σιδέρης Ι. 2003