

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

*ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΤΥΠΟΥ
DUAL FUEL DIESEL ENGINE*

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΠΕΛΙΤΣΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

**ΑΕΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
2015**

Πρόλογος

Σκοπός της παρούσης εργασίας, αναφέρεται η συλλογή, καταγραφή και ανάλυση στοιχείων αναφορικά με την λειτουργία και τον έλεγχο της μηχανής τύπου Dual Fuel Diesel Engine. Προκειμένου λοιπόν η εν λόγω εργασία να θεωρείται ορθή και αντιπροσωπευτική ως προς τα στοιχεία που εξετάζει, διαχωρίζεται σχετικά σε τέσσερα (4) βασικά κεφάλαια και όπου στο μεν πρώτο αναφέρεται ο Τρόπος Λειτουργίας Μηχανών Dual Fuel Diesel Engine στα Πλοία, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται και αναλύεται η Χρήση Μηχανών Dual Fuel Diesel Engine στα Πλοία, στο τρίτο κεφάλαιο οριοθετείται η Σχέση Μηχανής Dual Fuel Diesel με IAS και ο Τρόπος Ελέγχου και στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται και οριοθετείται η Απόδοση Μηχανών Dual Fuel Diesel Engine σε Κάθε Είδος Καυσίμου και συγκεκριμένα στο Καύσιμο LNG.

Abstract

Basic purpose of specific dissertation it is mentioned the collection, recordance as also the analysis of the details concerned to the operation and control of the Dual Fuel Diesel Engine. In order for specific dissertation to be concerned as an accurate and appropriate one, it is divided into four (4) basic chapters, where at first chapter it is mentioned the ways and techiques of Dual Fuel Diesel Engine's operation, in second chapter it is mentioned the use of Dual Fuel Diesel Engine, in third chapter it is mentioned the Relationship between Dual Fuel Diesel Engine and IAS (Control Room) and finally in fourth chapter, it is mentioned the Operation of Dual Fuel Diesel Engine in use of LNG as a source of travelling in big oceans.

Εισαγωγή

Αποτελεί γεγονός στις μέρες μας πως ο αυτοματισμός αφορά δύο έννοιες σχετιζόμενες μεταξύ τους. Αρχικά, σημαίνει την τυποποίηση μίας διαδικασίας μέσω της εύρεσης καλώς ορισμένων βημάτων τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν για να παραχθεί κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα (Bose, 1997). Έτσι ο αυτοματισμός δεν είναι τίποτα άλλο παρά η εύρεση ενός αλγορίθμου για την επίλυση ενός προβλήματος, ή η κατασκευή ενός αυτόνομου μηχανισμού που εκτελεί αυτόν τον αλγόριθμο για κάποια είσοδο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Παραδείγματος χάριν ο αυτοματισμός στοχεύει στη διατήρηση σε σταθερά επίπεδα της θερμοκρασίας ενός θερμοστάτη, της πορείας ενός αεροπλάνου, της ταχύτητας ενός πλοίου κλπ. Ο αυτοματισμός στηρίζεται εννοιολογικά στη θεωρία ελέγχου και στους μηχανισμούς ανάδρασης. Σε αντίθεση με την τελευταία όμως, ο αυτοματισμός έχει έναν αυστηρά εφαρμοσμένο χαρακτήρα και στην πράξη αξιοποιεί ποικιλία εξειδικευμένων προϋόντων ηλεκτρονικής και τεχνολογίας πληροφοριών (π.χ. μικροελεγκτές, συστήματα πραγματικού χρόνου, τεχνολογίες).

Η σημασία του αυτοματισμού είναι μεγάλη στη βιομηχανία, όπου μειώνει σημαντικά την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. σε τηλεμετρίες, αυτόματο έλεγχο γραμμών παραγωγής κλπ) (Bose, 1997).

Ο αυτοματισμός ερευνά τη συμπεριφορά δυναμικών συστημάτων μοντελοποιώντας τα με τα μεθοδολογικά και μαθηματικά εργαλεία της επεξεργασίας σήματος. Έτσι μεταχειρίζεται τα συστήματα ως κουτιά με είσοδο και έξοδο. Ως είσοδος θεωρείται ένα σήμα, αναλογικό ή ψηφιακό συλλεγόμενο από κάποιο σημείο του συστήματος. Τα ενδιάμεσα κουτιά αναπαριστούν τις διάφορες διαταράξεις που επηρεάζουν το σήμα, όπως τριβές στους ενεργοποιητές, αποτέλεσμα των στοιχείων του ελέγχου που παρεμβάλλονται, τους ελεγκτές.

Αυτά τα αποτελέσματα συνήθως αναπαρίστανται με μαθηματικές συναρτήσεις τις συναρτήσεις μεταφοράς. Μία συνάρτηση μεταφοράς

προσδιορίζει ένα σύστημα και τον τρόπο που μεταβάλλει κάθε σήμα εισόδου. Η έξοδος του συστήματος ονομάζεται αναφορά και ανταποκρίνεται στην τιμή του σήματος κατόπιν ενεργοποίησης των προηγούμενων συναρτήσεων μεταφορών σε αυτήν. Όταν μια ή περισσότερες μεταβλητές εξόδου ενός συστήματος πρέπει να ακολουθήσουν την τιμή κάποιας αναφοράς που μεταβάλλεται με τον χρόνο, χρειάζεται να προστεθεί ένας ελεγκτής που να χειρίζεται τις τιμές των σημάτων εισόδου έως ότου επιτευχθεί η επιθυμητή έξοδος.

Γενικά οι αυτοματισμοί έρχονται να καλύψουν κάποιες βασικές ανάγκες, τεχνικές, οικονομικές ή ανθρώπινες ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση του ανθρώπου σε ορισμένες επαναλαμβανόμενες ή επικίνδυνες εργασίες, τη βελτίωση της παραγωγικότητας, της ποιότητας και της απόδοσης της παραγωγικής διαδικασίας, τη βελτίωση της ασφάλειας του προσωπικού, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση του κόστους εργασίας.

Στην περίπτωση που θα αναλύσουμε, μιλάμε για αυτοματισμούς μηχανών και λειτουργία συστήματος σε μηχανές IAS Dual Fuel Engine. Θα πρέπει να σημειωθεί δε πως για να είναι εφικτή η αυτόματη λειτουργία ενός συστήματος απαιτούνται δύο βασικά στοιχεία η μηχανή ή η εγκατάσταση και ο αυτοματισμός ή ο έλεγχος. Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου διαδραματίζουν ένα συνεχώς αυξανόμενο ρόλο στη σύγχρονη ζωή από την πιο απλή οικιακή συσκευή μέχρι τα πολύπλοκα συστήματα που εφαρμόζονται στη ναυτιλία (Βλαχογιάννη, 2009).

1. Κεφάλαιο Πρώτο : Τρόπος Λειτουργίας Μηχανών Dual Fuel Diesel Engine στα Πλοία

1.1 Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά της Ηλεκτροπρόωσης στα Πλοία

Ως ηλεκτροπρόωση μπορεί να οριστεί το είδος εκείνο της πρόωσης κατά το οποίο οι άξονες του πλοίου μπορούν και κινούνται απευθείας από ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι όπως γίνεται σε διαφορετικές περιπτώσεις από ατμοστρόβιλους, μηχανές ντήζελ ή αεριοστρόβιλους. Βέβαια οι μηχανές ντήζελ, οι ατμοστρόβιλοι και οι αεριοστρόβιλοι υπάρχουν στις συγκεκριμένες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αλλά αντί να κινούν το αξονικό σύστημα με την χρήση της έλικας κινούν τις ηλεκτρικές γεννήτριες οι οποίες με την σειρά τους τροφοδοτούν τους ηλεκτρικούς κινητήρες προώσεως (Βλαχογιάννη, 2009).

Η εγκατάσταση της πρόωσης των κυριών και βοηθητικών μηχανημάτων συμπληρώνονται από ένα σύστημα ελέγχου για τον έλεγχο και την αυξομειώση των στροφών καθώς και της αλλαγής περιστροφής των κινητήρων.

Η λεγόμενη ηλεκτρική πρόωση άρχισε να εφαρμόζεται πριν από 55 χρόνια περίπου και για ένα μεγάλο διάστημα ήταν τύπου Σ.Ρ./Σ.Ρ. ή διαφορετικά συστήματα Ward-Leonard με παραγωγή συνεχούς ρεύματος και κίνηση με συνεχές τροφοδότηση ρεύματος. Το εναλλασσόμενο ρεύμα αρχίζει πλέον να χρησιμοποιείται στα διάφορα πλοία στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και τα σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης συνεχίζουν και αυτά με την σειρά τους να στηρίζονται σε κινητήρες Σ.Ρ. (Bose, 1997).

Στην τελευταία εικοσαετία όμως η ανάπτυξη διατάξεων και των τεχνικών ελέγχου κινητήρων E.P. τα οποία ικανοποιούν τις απαιτήσεις της πρόωσης των πλοίων από πλευρά οικονομίας καυσίμου και ευελιξίας, προσέφερε την δυνατότητα για μεγαλύτερη διάδοση της ηλεκτρικής πρόωσης σε διάφορους τύπους πλοίων κυρίως όμως στα εμπορικά (Harrington, 1992).

Γεγονός πάντως είναι πως η ηλεκτρική πρόωση παλαιότερα έβρισκε εφαρμογή μόνο σκάφη πόντισης καλωδίων, ερευνητικά σκάφη ή

παγοθραυστικά. Στην δεκαετία όμως του 1990, η συγκεκριμένη μέθοδος πρόωσης πλοίων παρουσιάζει μια αυξητική τάση στην χρησιμοποίηση της από την ναυπηγική και την βρίσκει κανείς σε πλοία οχηματαγωγά, κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια, κ.α.

Αυτό που έχει αποδειχθεί πάντως από την χρησιμοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στα πλοία, είναι πως θεωρείται η πλέον κατάλληλη ως κύριο ή βοηθητικό σύστημα πρόωσης πλοίων στους ακόλουθους τύπους (Amit, 1993):

- *Σκάφη με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων*
- *Σκάφη με μεγάλα φορτία ενδιαίτησης και έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης*
- *Σκάφη εξοπλισμένα με πολλές ταχύστροφες μη αναστρέψιμες μηχανές*
- *Υποβρύχια και βαθυσκάφη*

Όσον αφορά βέβαια τα πολεμικά σκάφη, θα πρέπει να αναφερθεί πως η ηλεκτροπρόωση αποτελεί μια από τις βασικότερες επιλογές για την θαλάσσια κίνηση των υποβρυχίων (Harrington, 1992). Η χρήση της τεχνολογίας σε πολεμικά πλοία επιφανείας και η οποία έως σήμερα ήταν σχετικά σε περιορισμένο βαθμό, άρχισε να προσελκύει το ενδιαφέρον των λεγόμενων ναυτικών χωρών οι οποίες κατασκεύαζαν πολεμικά πλοία.

Οι απαιτήσεις οι οποίες άρχισαν να αυξάνονται χρόνο με το χρόνο για την κατασκευή αυτών των πλοίων και οι αυστηρότερες σε σχέση με τα εμπορικά πλοία προδιαγραφές των πολεμικών πλοίων 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 (Yacamini, 1996) :

- *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 τα οποία αντικαθιστούν π.χ. υδραυλικά, μηχανικά ή συστήματα ατμού κ.λ.π.

- *Η ανάγκη για περισσότερο 'αθόρυβη' λειτουργία των πλοίων*
- *Η αναζήτηση προωστήριων συστημάτων με χαμηλότερο κόστος ζωής και μειωμένες απαιτήσεις επανδρώσεως*
- *Η ωρίμανση τεχνολογιών που απαιτούνται για να αξιοποιηθεί το πλήρες δυναμικό της ηλεκτροπρόωσης. Τέτοιες τεχνολογίες είναι κυρίως των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος για τον έλεγχό τους*

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί πως η επιλογή ενός συστήματος ηλεκτροπρόωσης που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα πλοίο, μπορεί να προσφέρει μια καλύτερη ελευθερία στην επιλογή των υποσυστημάτων, στην σχεδίαση και την διάταξη ολόκληρης της ηλεκτρικής και προωστήριας εγκατάστασης. Όπως και να έχουν τα πράγματα πάντως, γεγονός είναι πως οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούν την πλέον αξιόπιστη λύση για την βοηθητική πρόωση των πλοίων και με αξιοποίηση κυρίως των επαγωγικών κινητήρων μεγάλης ισχύος από 0,5 έως 2,5MW (Yacamini, 1996).

1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ηλεκτρικής Πρόωσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης, στα οποία οφείλεται και η διάδοσή της στις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν, είναι τα ακόλουθα (Bose, 1997):

- 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 μία 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:
 - ❖ Η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως
 - ❖ 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.

Τα μειονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης είναι τα εξής (Bose, 1997):

- Υψηλό κόστος επένδυσης. Γι' 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 προσπεραστεί 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.

Σε πολλές εφαρμογές τέλος, 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) (Ιωαννίδης, 1990).

1.3 Τρόπος Λειτουργίας Μηχανής Dual Fuel Diesel στα Πλοία

Αναφερόμενοι σχετικά στον τρόπο λειτουργία των μηχανών Dual Fuel Diesel στα πλοία, θα λέγαμε πως ο συγκεκριμένος τύπος μηχανών βρίσκεται εντός του Μηχανοστασίου και ως ακολουθία στην κύρια μηχανή πρόωσης του πλοίου αλλά και τα υπόλοιπα μηχανικά μέρη (Harrington, 1992). Ουσιαστικά, το μηχανοστάσιο πλοίου ή στην διεθνή ορολογία γνωστό ως engine room ή απλά μηχανοστάσιο σ' ένα πλοίο, χαρακτηρίζεται ο χώρος αυτός στον οποίο είναι εγκατεστημένη η κύρια κινητήρια μηχανή (ή μηχανές) του πλοίου.

Το μηχανοστάσιο καταλαμβάνει τμήμα του κύτους του πλοίου που βρίσκεται συνήθως κάτω από την υπερκατασκευή και της Γέφυρας του πλοίου και ασφαλώς κάτω από το κύριο κατ'αστρωμα αυτού. Σε πολλούς τύπους εμπορικών πλοίων, το Μηχανοστάσιο βρίσκεται στο επίστεγο όπως δηλαδή στα σύγχρονα πετρελαιοφόρα πλοία (Bose, 1997).

Σε πολλές επίσης περιπτώσεις, ο χώρος του Μηχανοστασίου πετρελαιοφόρων ή «φορτηγών» πλοίων χωρίζεται επιπρόσθετα με φράκτες σε Λεβητοστάσιο και σε Αντλιοστάσιο που βρίσκονται πρώραθεν του κυρίως Μηχανοστασίου και που συνδέονται με ανθρωποθυρίδες ή διαφορετικά Μηχανοστάσιο με Λεβητοστάσιο. Όταν το Λεβητοστάσιο αποτελεί ενιαίο χώρο με το Μηχανοστάσιο τότε λέγεται "Μηχανολεβητοστάσιο". Για την επάνδρωση των θέσεων του Μηχανοστασίου χρησιμοποιείται το προσωπικό μηχανής (engine staff), δηλαδή Μηχανικοί, θερμαστές, λιπαντές κ.ά. (Amit, 1993).

Γενικά Μηχανή λειτουργίας πλοίου, ονομάζεται οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον που μπορεί να διευκολύνει την ανθρώπινη εργασία ή που μπορεί να αυξήσει τη δύναμή της με σκοπό να δώσει πρόωση και κίνηση στο πλοίο. Επίσης ως μηχανή ή μηχανήμα από έναν γενικό ορισμό, αναφέρεται οποιαδήποτε συσκευή που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή έργου, είτε μεταδίδοντας είτε μετατρέποντας άλλη μορφή ενέργειας (δύναμης) σε

παραγωγή έργου. Ακόμη μπορεί να εννοείται και κάθε ευφυής επινόηση (Yacamini, 1996).

Ειδικότερα και όσον αφορά την λειτουργία των μηχανών Dual Fuel Diesel, αυτές μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική (γεννήτριες) ή αντίστροφα (κινητήρες) ή μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σε ηλεκτρική διαφορετικών χαρακτηριστικών (Yacamini, 1996). Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται πάνω στην παραγωγή ηλεκτροκινητικών δυνάμεων για ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Γι' αυτό το σκοπό μετατρέπεται στο ένα μέρος της μηχανής, που ονομάζεται επαγωγίμο, η μαγνητική ροή που παράγεται από ένα άλλο μέρος που παίρνει το όνομα επαγωγέας.

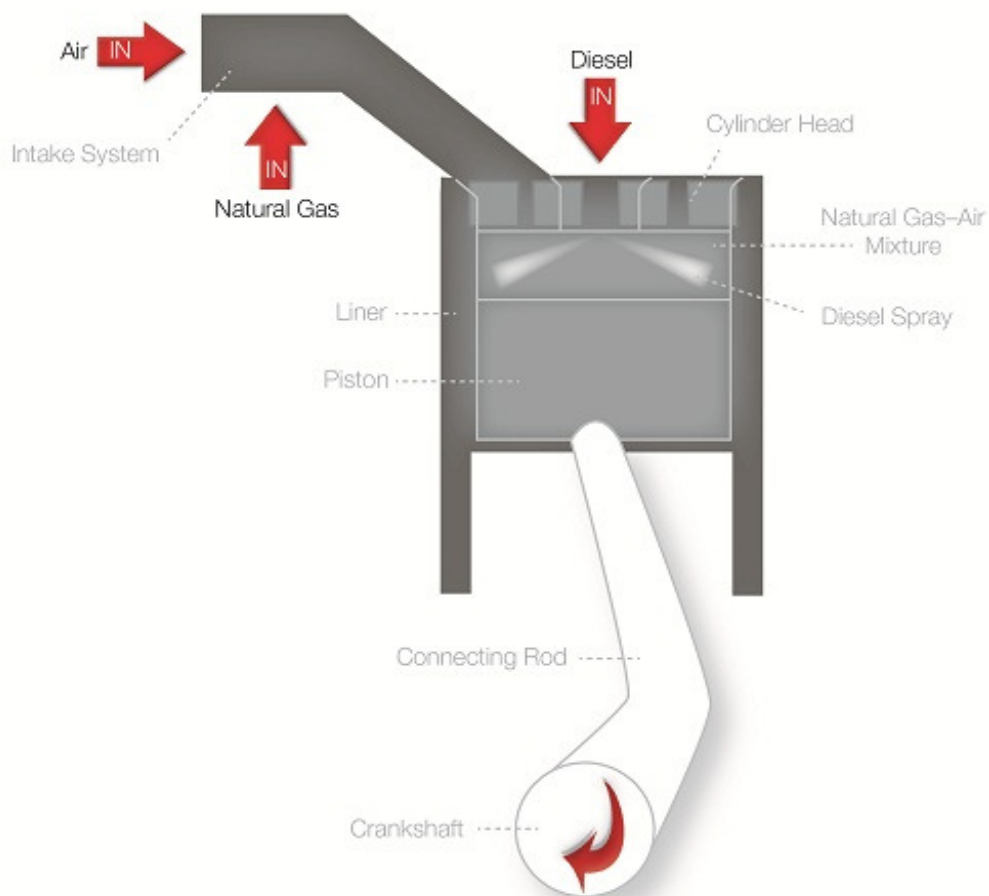
Η μετατροπή της ροής επιτυγχάνεται μέσω μιας περιστροφικής κίνησης μεταξύ του επαγωγίμου τομέα και του επαγωγέα. Το σταθερό τμήμα της μηχανής ονομάζεται στάτορας, το κινητό ρότορας. Οι λειτουργίες του επαγωγίμου ή του επαγωγέα μπορούν να αποδοθούν ανάλογα με τις περιπτώσεις είτε στον στάτορα, είτε στον ρότορα (Harrington, 1992).

Η πλειονότητα των κινητήρων των μηχανών Dual Fuel Diesel είναι σύγχρονοι, οι οποίοι έχουν βαθμό απόδοσης 96 - 98%, υψηλότερο κατά 3 - 4% από τον βαθμό απόδοσης κινητήρων επαγωγής (Ιωαννίδης, 1990). Η ονομαστική τάση λειτουργίας στις εγκαταστάσεις μέσης και μεγάλης ισχύος είναι 3,3 - 6,6 kV. Στους σύγχρονους κινητήρες των μηχανών Dual Fuel Diesel, έρχεται να προστεθεί μία νέα κατηγορία αυτή των σύγχρονων κινητήρων με μόνιμους μαγνήτες των οποίων η απόδοση σύμφωνα με τους κατασκευαστές τους υπερβαίνει το 98% (Ιωαννίδης, 1990).

Dual Fuel Overview

- Mixes natural gas with intake air
- Diesel provides ignition source—no spark plugs
- Diesel start-up, power density and transient performance
- Gas replaces diesel with 50–70% substitution rate

Dual Fuel Operation



Εικόνα Νο.1 – Απεικόνιση Λειτουργίας Dual Fuel Diesel Μηχανής

Σε αυτές τις σύγχρονες λειτουργίες των μηχανών Dual Fuel Diesel, το τύλιγμα διεγέρσεως του δρομέα (που διαρρέεται από συνεχές ρεύμα) έχει αντικατασταθεί από μόνιμους μαγνήτες. Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο καθώς και στις δύο περιπτώσεις παράγεται ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο σταθερής τιμής που στρέφεται στο χώρο με την ταχύτητα του δρομέα. Το προφανές πλεονέκτημα των μηχανών αυτών, είναι ότι δεν έχουν ανάγκη παροχής σε ΣΡ,

ενώ με τον τρόπο αυτό αυξάνεται και η συνολική απόδοση καθώς μεταξύ των άλλων μειώνονται και οι συνολικές απώλειες Joule στα τυλίγματα (Amit, 1993).

Καταλήγοντας στα παραπάνω στοιχεία, θα λέγαμε πως οι εν γένει λειτουργίες των μηχανών Dual Fuel Diesel, είναι μηχανές εσωτερικής καύσης με χαρακτηριστικό τον σταθερό αριθμό στροφών στις οποίες έχει συνδεθεί μια γεννήτριας (Harrington, 1992). Ο έλεγχος τους περιλαμβάνει δυο σκέλη (Bose, 1997):

- Την λειτουργία και παρακολούθηση της μηχανής βάσει των παραμέτρων πιέσεις, θερμοκρασίες και αριθμού στροφών.
- Την λειτουργία της γεννήτριας προκειμένου να παρέχει την απαιτούμενη ένταση ρεύματος προς τα φορτία με σταθερή τάση.

Ωστόσο σε πολλά πλοία, η παράμετρος που καθορίζει την παραγόμενη ισχύ κατά τη λειτουργία της μηχανής είναι οι ηλεκτρικά ελεγχόμενοι καυστήρες. Σε αντίθεση με τις μηχανές πρόωσης όπου η παροχή του καυσίμου προς τους κυλίνδρους ελέγχεται με ηλεκτροπνευματικό μηχανισμό και ο συγχρονισμός του κύκλου έκχυσης καυσίμου με τον κύκλο της μηχανής γίνεται μηχανικά μέσω γραναζιών, στην λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανών Dual Fuel Diesel, το σύστημα ενεργοποιεί απευθείας με ηλεκτρικούς παλμούς τους καυστήρες. Για να λειτουργήσει το σύστημα αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες για την αναγνώριση της ακριβούς θέσης του στροφάλου προκειμένου να καθοριστεί η διαδοχή των παλμών που θα στέλνονται προς κάθε καυστήρα (Yacamini, 1996).

Τέλος, σημειώνεται πως ο τοπικός πίνακας των μηχανών Dual Fuel Diesel στα πλοία, περιλαμβάνει όργανα, ενδείκτες και τα κομβικά ελέγχου από τα οποία ο χειριστής μπορεί να την λειτουργήσει και να αναγνωρίσει την κατάσταση της. Τα σφάλματα της μηχανής και της γεννήτριας απεικονίζονται σε πίνακες με φωτεινή ένδειξη ενώ ταυτόχρονα προκαλείται και ηχητικό σήμα. Επίσης μέρος των ενδείξεων και όλα τα κομβία χειρισμού από τον τοπικό πίνακα μέσω της σύνδεσης αυτού με I/O BOX μεταφέρονται και στο κεντρικό

σύστημα ελέγχου του πλοίου προκειμένου να έχουμε την τηλεμετρία και τον τηλεχειρισμό των μηχανών Dual Fuel Diesel στα σύγχρονα πλοία.

1.4 Ορολογία Χρήσης και Ειδών των Μηχανών Dual Fuel Diesel στα Πλοία

Δεδομένης της ραγδαίως αναπτυσσόμενης έρευνας επί των των μηχανών Dual Fuel Diesel, είναι αναγκαίο να διευκρινισθούν οι παρακάτω βασικοί όροι που χρησιμοποιούνται συχνά στη βιβλιογραφία (Bose, 1997):

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

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

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

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

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

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

Ηλεκτρικό δίκτυο προώσεως (Propulsion Network) :

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

Ηλεκτρικό δίκτυο χρήσεως (Ship Service System) :

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

2. Κεφάλαιο Δεύτερο : Χρήση Μηχανών Dual Fuel Diesel Engine στα Πλοία

2.1 Λόγοι Επιλογής των Συγκεκριμένων Μηχανών και Ωφέλη που Προσφέρουν στην Λειτουργία των Πλοίων

Αναφερόμενοι σχετικά στους λόγους επιλογής των συγκεκριμένων των μηχανών Dual Fuel Diesel και τα οφέλη που προσφέρουν στην λειτουργία των πλοίων, θα λέγαμε πως οι λόγοι αυτοί, σίγουρα είναι ποικίλοι. Ένας λόγος χρήσης των των μηχανών Dual Fuel Diesel στα πλοία, αναφέρεται και στις επιλογές που παρατείνονται για τον σχεδιασμό των σύγχρονων ηλεκτρικών βοηθητικών συστημάτων πρόωσης πλοίων οι οποίες είναι αρκετές και η κάθε μια μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες και τον ρόλο του κάθε πλοίου για πρόωση και συνεπώς κίνηση, εκτός των υπολοίπων λειτουργιών που επιτελεί.

2.2 Τεχνικοί Παράγοντες που Επηρεάζουν την Λειτουργία τους στα Πλοία

2.2.1 Τεχνικές Ελέγχου των Ναυτικών Μηχανών Πρόωσης Diesel

Ο έλεγχος της ταχύτητας και της ροπής ενός κινητήρα ναυτικής μηχανής πρόωσης Diesel είναι αρκετά πιο σύνθετος από την περίπτωση των κινητήρων, όπου η ροπή, M , προκύπτει ως μία ποσότητα ανάλογη του γινομένου του ρεύματος τυλίγματος διεγέρσεως (πεδίου), IF και του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου, IA ():

$$M = k IF IA \quad (1.1)$$

όπου k σταθερά που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής Στη συνέχεια ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή όλων των μεθόδων ελέγχου κινητήρων EP με έμφαση σε αυτές που εφαρμόζονται σε κινητήρες ηλεκτροπρόωσης (Amit, 1993).

- **Βαθμωτός έλεγχος ανοικτού ή κλειστού βρόχου V/F (scalar control):** Μη εφαρμόσιμος στην περίπτωση της πρόωσης -: απλά ως

αναφορά δίνεται η επιθυμητή μηχανική ταχύτητα χωρίς να λαμβάνεται μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας. Η τάση μεταβάλλεται αναλογικά προς την επιθυμητή ταχύτητα σε μία προσπάθεια να μην μεταβάλλεται η ροπή. Σε μία παραλλαγή αυτής της μεθόδου, λαμβάνεται μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας που συγκρινόμενη με την επιθυμητή ταχύτητα παράγει ένα σήμα σφάλματος. Το σήμα αυτό οδηγείται σε έναν ελεγκτή PI και παράγεται κατάλληλο σήμα εναύσεως των διακοπών ισχύων. Το ίδιο σήμα ρυθμίζει και την τάση σε μία προσπάθεια να μην μεταβάλλεται η ροπή στον άξονα (Harrington, 1992).

- **Έλεγχος με SPWM και CSI (μαζί με συγκριτές υστερήσεως):** Η στιγμιαία τιμή του ρεύματος εισόδου ελέγχεται συνεχώς ώστε να κυμαίνεται μεταξύ δύο οριακών τιμών κατωφλίου. Σε κάθε προσπάθεια του ρεύματος να υπερβεί τα όρια αυτά, παράγεται σήμα από τον ελεγκτή PWM που δίνει εντολή στους διακόπτες να άγουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αναιρεθεί η εν λόγω προδιάθεση του ρεύματος.
- **Διανυσματικός έλεγχος (vector control):** Όπως προαναφέρθηκε, ο έλεγχος γίνεται όπως στη ναυτική μηχανή πρόωσης Diesel, όπου η ροπή, M , προκύπτει ως μία ποσότητα ανάλογη του γινομένου του ρεύματος τυλίγματος διεγέρσεως (πεδίου), I_F και του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου, I_A ():

$$M = k I_F I_A \quad (1.1)$$

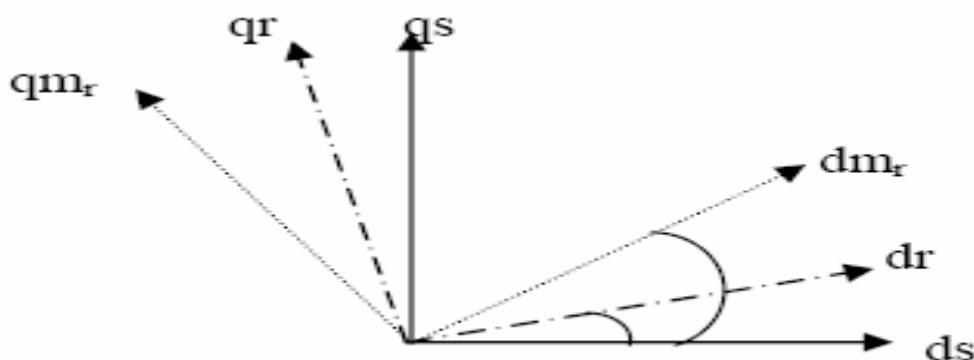
Στην ναυτική μηχανή πρόωσης Diesel όμως τα δύο ηλεκτρομαγνητικά πεδία είναι σταθερά στο χώρο και σε 90° μεταξύ τους. Αντιθέτως, στις μηχανές EP, τα πεδία αφενός στρέφονται και αφετέρου η μεταξύ τους γωνία μεταβάλλεται με τις μεταβολές στις φορτίσεις. Είναι όμως μαθηματικά δυνατόν, να αποσυζευχθούν τα ρεύματα στάτη και δρομέα σε ένα πλαίσιο αναφοράς που στρέφεται είτε με την ταχύτητα του δρομέα είτε με οποιαδήποτε άλλη ταχύτητα κατά τρόπον ώστε να θεωρηθούν ακίνητα.

Κάθε ρεύμα φάσεως αναλύεται σε δύο επιμέρους διανυσματικές συνιστώσες, τη συνιστώσα ευθέως άξονα (direct axis, **d**) και τη συνιστώσα εγκάρσιου άξονα (quadrature axis, **q**). Οι συνιστώσες αυτές είναι κάθετες μεταξύ τους και διατηρούνται ακίνητες ως προς το στρεφόμενο πλαίσιο αναφοράς. Σημειώνεται ότι ενώ αυτός ο μαθηματικός μετασχηματισμός αποσύζευξης ήταν γνωστός εδώ και 50 χρόνια τουλάχιστον, η υλοποίησή του, όμως με ηλεκτρονικά κυκλώματα σε πραγματικό χρόνο περιστροφής των κινητήρων κατέστη δυνατή μόλις τα τελευταία 15 χρόνια ().

Η μεθοδολογία του μετασχηματισμού αποσύζευξης διαφέρει με τον τύπο της μηχανής (σύγχρονη ή ασύγχρονη) όπως εξηγείται και στη συνέχεια. Γενικά έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές, ανάλογα με την εκλογή του στρεφόμενου πλαισίου αναφοράς από τις οποίες η πλέον διαδεδομένη είναι η μέθοδος ελέγχου με προσανατολισμό στο διάνυσμα της πεπλεγμένης ροής του δρομέα ή *έλεγχος πεδίου (field control)*, που αναλύεται στη συνέχεια.

➤ **Έλεγχος πεδίου (field control)**

Ως πλαίσιο αναφοράς εκλέγεται αυτό που στρέφεται με το διάνυσμα της πεπλεγμένης ροής του δρομέα, (Σχήμα No.1).



Εικόνα No.2. Πλαίσιο αναφοράς για διανυσματικό έλεγχο κινητήρων ναυτικής μηχανής πρόωσης Diesel.

(*ds,qs*): πλαίσιο αναφοράς στάτη (ακίνητο)

(*dr,qr*): πλαίσιο αναφοράς δρομέα (στρεφόμενο με την ταχύτητα του δρομέα)

(d_{mr},q_{mr}): πλαίσιο αναφοράς μαγνητικής ροής δρομέα (στρεφόμενο με την ταχύτητα της μαγνητικής ροής του δρομέα).

Στην περίπτωση σύγχρονης ναυτικής μηχανής πρόωσης Diesel, τα πλαίσια **(d_r,q_r)** και **(d_{mr},q_{mr})** συμπίπτουν. Ο διανυσματικός έλεγχος πεδίου του κινητήρα διακρίνεται περαιτέρω σε άμεσο και έμμεσο έλεγχο. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του *άμεσου ελέγχου* η μαγνητική ροή προσδιορίζεται είτε με απευθείας μέτρηση της, είτε με χρήση μαθηματικού μοντέλου μαγνητικής ροής (Yacamini, 1996).

Αντιθέτως, κατά τον έμμεσο έλεγχο, η μαγνητική ροή υπολογίζεται έμμεσα από μετρήσεις άλλων μεγεθών καθώς μετρώνται τα ρεύματα στο τύλιγμα του στάτη και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα. Η ροπή του κινητήρα επαγωγής προκύπτει να είναι το γινόμενο δύο συνιστωσών του ρεύματος του στάτη, όπως αυτό αναλύεται στο πλαίσιο αναφοράς **(d_{mr},q_{mr})** που στρέφεται με το διάνυσμα της μαγνητικής ροής του δρομέα:

$$\mathbf{M} = k \mathbf{i}_s, \mathbf{d}_{mr} \mathbf{i}_s \mathbf{q}_{mr} \quad (1.2)$$

Σημειώνεται ότι η μέτρηση του διανύσματος μαγνητικής ροής (κατά μέτρο και γωνία) και δη στον στρεφόμενο δρομέα είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνει (υπεισέχεται 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) (Bose, 1997).

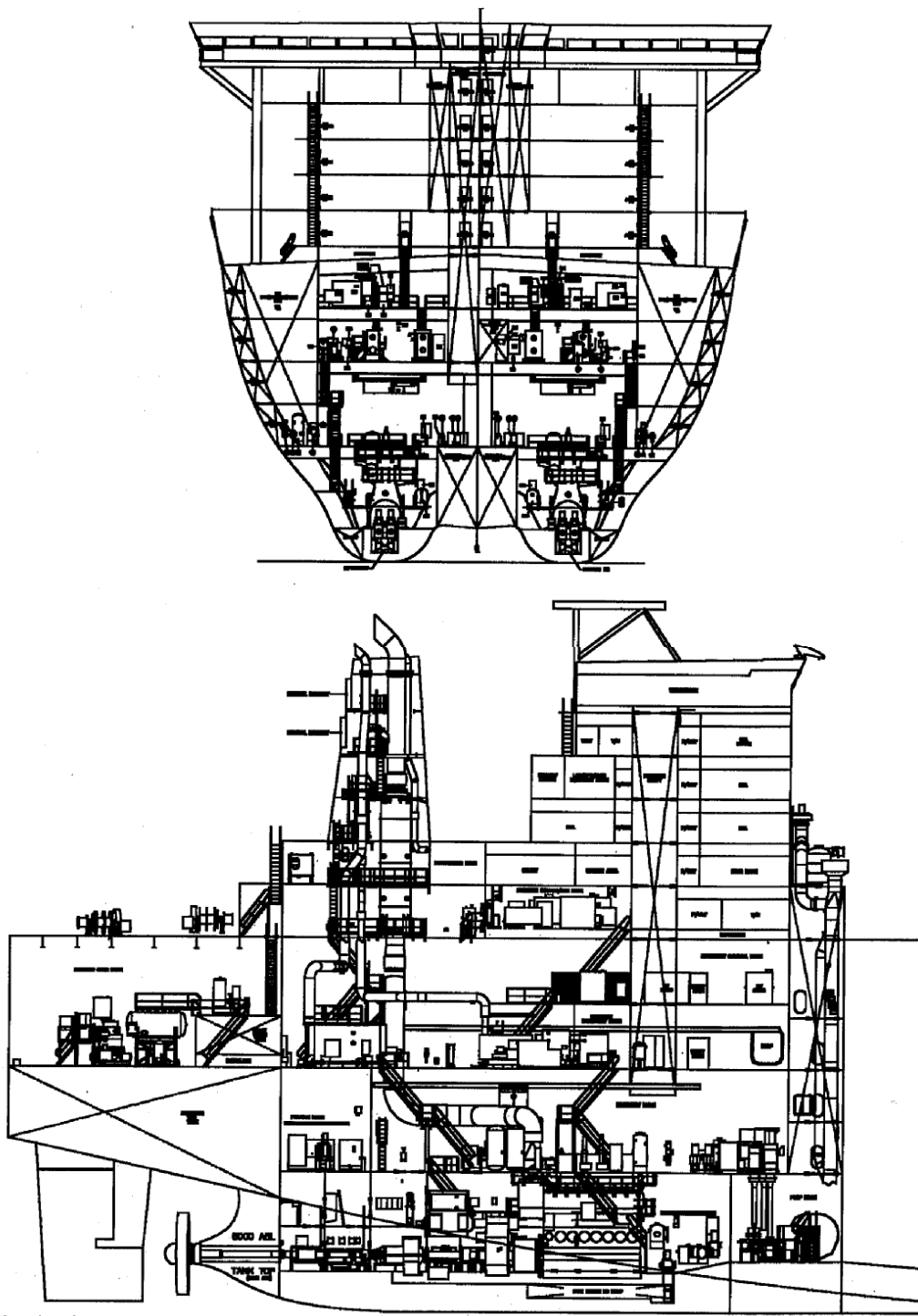
- **Απευθείας έλεγχος ροπής (direct torque control DTC):** Πρόκειται για ουσιαστική εξέλιξη της μεθόδου του διανυσματικού ελέγχου πεδίου (vector field control). Έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση οι τάσεις και τα

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 ένευση 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 προωστήρια σύστημα σε συνδυασμό με σύγχρονο κινητήρα μονίμων μαγνητών (Aziprod, 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 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).

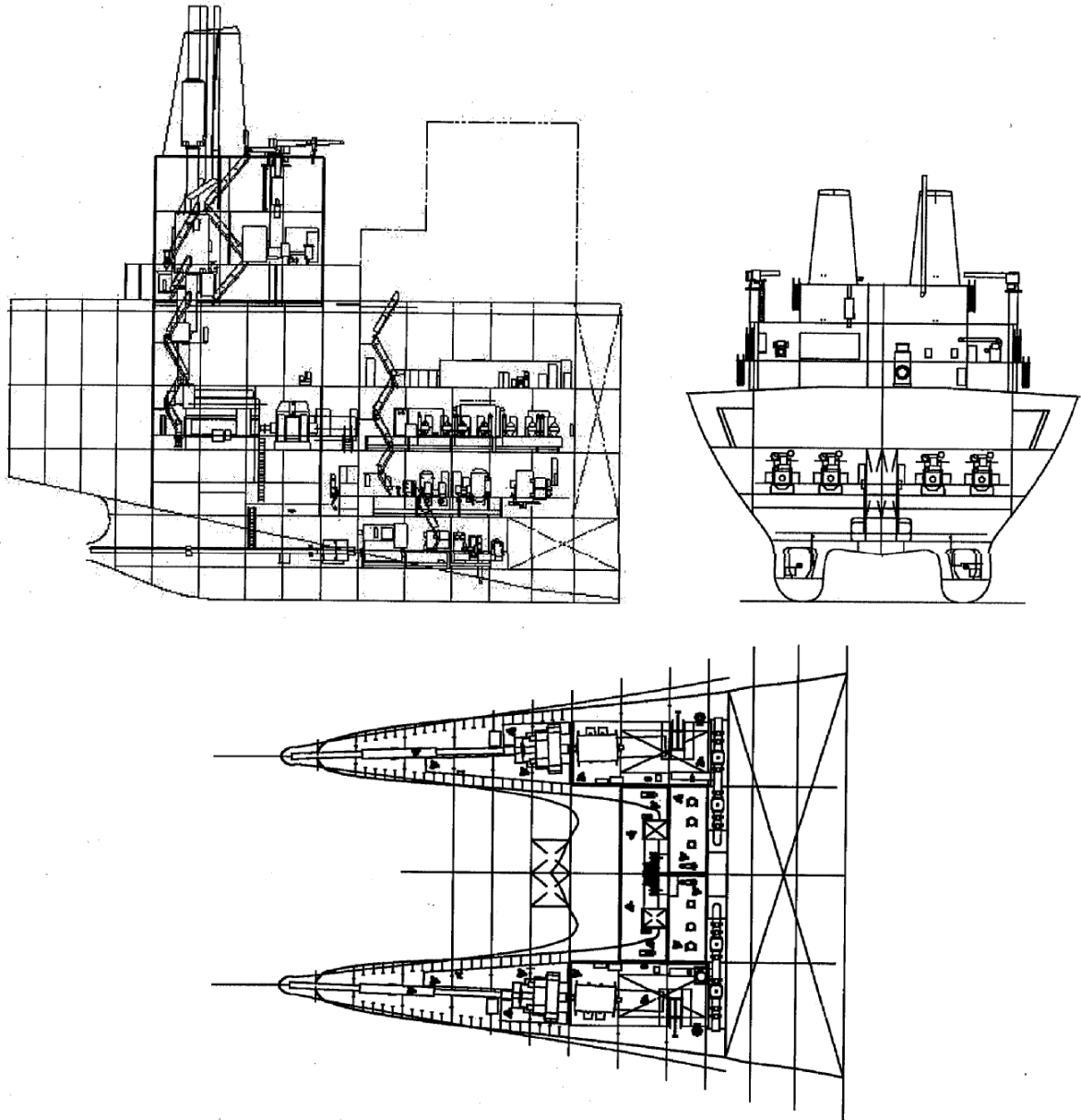
2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά των Ηλεκτρομηχανών

Στις σχετικές μηχανές, η ισχύς αναπτύσσεται στον σφόνδυλο του κινητήρα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μηχανικό, ηλεκτρικό, υδραυλικό ή άλλο τρόπο για την κίνηση του σκάφους. Ο καθορισμός της ισχύος γίνεται με βάση το διεθνές πρότυπο ISO 3046-1, όπως τροποποιείται κάθε φορά. Ειδικότερα και βάση του ISO 9001, θα πρέπει να αναφέρονται ο τύπος, η μέγιστη ισχύς λειτουργίας (KW) η οποία επιτυγχάνεται στον μέγιστο αριθμό στροφών (για τα επιβατηγά σκάφη αναψυχής) ή η μέγιστη συνεχής ισχύς λειτουργίας (KW) στον αριθμό στροφών που αυτή επιτυγχάνεται (για όλες τις άλλες κατηγορίες σκαφών), ως επίσης, ο αριθμός και η διάταξη των κυλίνδρων, η διάμετρος και η διαδρομή των εμβόλων, ο τρόπος ψύξης, η ύπαρξη στροβιλοφουσητήρα ή όχι, οι διαστάσεις, το βάρος και άλλα στοιχεία (εγκρίσεις, χαρακτηριστικά διαγράμματα κ.ά.) που ενδεχόμενα κρίνει ως απαραίτητα ο κατασκευαστής για την ταυτοποίηση των μηχανών.

Για την αποδοχή της ισχύος μιας προωστηρίου των μηχανών Dual Fuel Diesel, θα πρέπει οπωσδήποτε να γίνεται διαπίστωση και καταγραφή των στοιχείων της μηχανής από αρμόδιο επιθεωρητή μετά από επιτόπιο έλεγχο στο σκάφος. Στην έκθεση που συμπληρώνει αυτός που κάνει την διαπίστωση πρέπει οπωσδήποτε να αναγράφονται ο κατασκευαστής, ο τύπος, ο αριθμός σειράς, ο αριθμός κυλίνδρων, αν φέρει ή όχι στροβιλοφουσητήρα και ψυγείο αέρα και γενικά κάθε άλλο στοιχείο που αποδεικνύει χωρίς αμφισβητήσεις την ταυτότητα της συγκεκριμένης μηχανής (Yacamini, 1996).



Σχήμα Νο.2- Διάταξη της Κύριας Μηχανής Dual Fuel Diesel Ενός Εμπορικού Πλοίου



Σχήμα Νο.3 – Κάτοψη της Διάταξης της Κύριας Μηχανής Dual Fuel Diesel Ενός Εμπορικού Πλοίου

3. Κεφάλαιο Τρίτο : Σχέση Μηχανής Dual Fuel Diesel με IAS και Τρόπος Ελέγχου

3.1 Η Λειτουργία IAS και τα Χαρακτηριστικά του στα Πλοία

Θα πρέπει να σημειωθεί σχετικά πως το σύστημα IAS, ο χειριστής μηχανικός ή ο βοηθός μηχανικού ο οποίος μπορεί να ελέγχει την λειτουργία της μηχανής όπως θερμοκρασίες, πιέσεις, ψύξεις και λιπάνσεις. Όμως μόνο ο πρώτος μηχανικός μπορεί ν' αλλάξει οποιαδήποτε ρύθμιση, ξεκλειδώνοντας το σύστημα με τους κωδικούς που ο ίδιος κατέχει (Yacamini, 1996). Ο πρώτος μηχανικός επίσης μπορεί να ελέγχει πλήρως το σύστημα IAS από την καμπίνα και το γραφείο του (Amit, 1993). Θα πρέπει να σημειωθεί σχετικά πως οποιαδήποτε ενέργεια πραγματοποιείται μέσα από το σύστημα IAS, καθώς δεν υπάρχουν χειριστήρια άμεσης πρόσβασης.



Εικόνα Νο.3 – Εσωτερικό Δωματίου Ελέγχου Μηχανής – Control Room

Προκειμένου όμως να λειτουργήσει σε ικανοποιητικό βαθμό το σύστημα IAS, είναι αναγκαία η ύπαρξης της υπολογιστικής και μαθηματικής ικανότητα από μέρους του μηχανικού, ώστε να εκτελεί με ακρίβεια υπολογισμούς κατανάλωσης και προμήθειας καυσίμων, λιπαντικών και άλλων ανταλλακτικών. Οι τεχνικές γνώσεις και η επιδεξιότητα στα χέρια είναι απαραίτητα προσόντα, ώστε να μπορεί να εκτελεί επιδιορθώσεις και να βρίσκει λύσεις σε βλάβες. Η γνώση ξένων γλωσσών και ιδιαίτερα της αγγλικής

είναι επίσης απαραίτητη, τόσο για την προφορική, όσο και για την γραπτή επικοινωνία (σύνταξη αναφορών, κλπ.).



Εικόνα Νο.4 – Εσωτερικό Δωματίου Ελέγχου Μηχανής – Control Room και Πίνακες Ελέγχου

Ο μηχανικός και προκειμένου να λειτουργεί σωστά το σύστημα IAS, χρειάζεται να διαθέτει υπευθυνότητα, ευσυνειδησία και διοικητική ικανότητα, ώστε να μπορεί να διευθύνει το πλήρωμα της μηχανής, αλλά και να διευθετεί τυχόν διαφορές μεταξύ τους. Επίσης, πρέπει να αποπνέει κύρος και αξιοπιστία και να έχει ικανότητα αρμονικής συνεργασίας μέσα σε κλίμα εμπιστοσύνης με τους άλλους αξιωματικούς και τους εργαζόμενους στη μηχανή του πλοίου. Ακόμη, στα χαρακτηριστικά του επαγγελματία περιλαμβάνονται η ανεξαρτησία, η αγάπη για τη θάλασσα και τα ταξίδια. Επειδή η επαφή με τους ανθρώπους είναι σχετικά περιορισμένη, με τα μέλη του πληρώματος, το επάγγελμα αυτό ταιριάζει καλύτερα σε αυτόρκεις ανθρώπους (Bose, 1997).

Αποτελεί πλέον γεγονός πως σήμερα, τα πλοία είναι αυτοματοποιημένα και για το λόγο αυτό απαιτούνται και γνώσεις χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς και άλλων πολύ εξειδικευμένων

ηλεκτρονικών μηχανημάτων στο σύστημα IAS. Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι ο μηχανικός περνάει μεγάλο μέρος του χρόνου του στο μηχανοστάσιο, όπου ο θόρυβος είναι αρκετά ενοχλητικός και ορισμένες φορές η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή. Στα καινούργια πλοία ο χώρος του μηχανοστασίου είναι πλήρως αυτοματοποιημένος και ο έλεγχος της καλής λειτουργίας γίνεται με το πάτημα πλήκτρων από ειδικό θάλαμο ελέγχου στο σύστημα IAS (Ιωαννίδης, 1990).

3.2 Βασικές Λειτουργίες του Συστήματος IAS

3.2.1 Ηλεκτρονικός Έλεγχος Θερμοκρασίας Λιπαντικού Κύριας Μηχανής

Η καλή λειτουργία των κινητήρων στηρίζεται στην αποδοτική λίπανση, που με τη σειρά της εξαρτάται από τη σωστή και συστηματική απομάκρυνση θερμότητας (ψύξη) του λιπαντικού (Harrington, 1992). Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει απλή ηλεκτρονική διάταξη ελέγχου, που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του λαδιού σε μηχανές εσωτερικής καύσεως και ελέγχου μέσα από το σύστημα IAS (Ιωαννίδης, 1990). Ο σχεδιασμός των ΜΕΚ προβλέπει συγκεκριμένες προδιαγραφές για τη θερμοκρασία του λιπαντικού λαδιού.

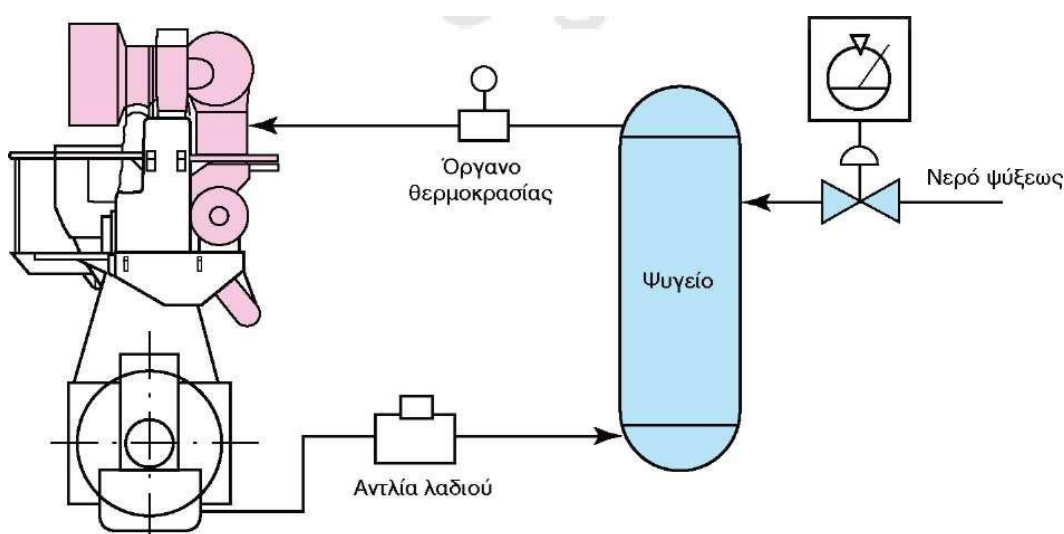
Εάν η θερμοκρασία του λαδιού είναι υψηλή, υπάρχει ο κίνδυνος υπέρμετρης αυξήσεως της τριβής στα έδρανα και τις άλλες επιφάνειες ολισθήσεως στον κινητήρα με αποτέλεσμα την ταχύτερη φθορά όλων των στρεφομένων μερών και εν τέλει την καταστροφή της μηχανής. Ταυτόχρονα, η αυξημένη θερμοκρασία σημαίνει μειωμένη απαγωγή θερμότητας από τα σημεία έντονης θερμικής καταπόνησεως, όπως οι βαλβίδες ή οι θυρίδες εξαγωγής, τα οποία σύντομα καταρρέουν (καίγονται).

Σε κάθε περίπτωση, και τα δύο παραπάνω φαινόμενα οδηγούν τον κινητήρα σε μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας με χαμηλή ενεργειακή απόδοση και ατελή καύση, που παράγει ρύπους. Ανάλογα φαινόμενα συμβαίνουν και στη περίπτωση που η θερμοκρασία του λαδιού είναι χαμηλή. Το “ψυχρό” λάδι έχει αυξημένο ιξώδες, κάτι που δεν συμφωνεί με την

προδιαγραφή σχεδιασμού των δράσεων του κινητήρα. Επομένως, οι τριβές καταναλώνουν υπέρμετρα μεγάλο ποσοστό της παρεχόμενης στον κινητήρα ισχύος, με αποτέλεσμα ο κινητήρας να λειτουργεί με μικρή απόδοση μηχανικής ισχύος και ατελή καύση που επιβαρύνει το περιβάλλον. Επομένως, η διατήρηση της θερμοκρασίας λαδιού του κινητήρα με το σύστημα IAS, συμβάλλει:

- Στον περιορισμό των απαιτήσεων έκτακτης συντηρήσεως του κινητήρα που επιδρά άμεσα στην αντίστοιχη εξοικονόμηση δαπανών συντηρήσεως και έμμεσα στη διασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας του πλοίου.
- Στην αποδοτική εκμετάλλευση του κινητήρα, που έχει επίπτωση όχι μόνο στο χαμηλότερο κόστος καυσίμου αλλά και στον περιορισμό της περιβαλλοντικής επιβαρύνσεως από τις εκπομπές καυσαερίων, τις διαρροές λιπαντικού κλπ.
- Στην ασφαλή λειτουργία και τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

Το σύστημα IAS ελέγχει την λειτουργία όπου το λάδι ψύχεται σε εναλλάκτη (ψυγείο), όπου μεταφέρει τη θερμότητά του στο νερό ψύξεως. Στόχος του συστήματος ελέγχου είναι να ρυθμίζει τη ροή του νερού στο ψυγείο και να διατηρεί τη θερμοκρασία του λαδιού σταθερή παρά τις αλλαγές στις στροφές και το φορτίο του κινητήρα (Bose, 1997).



Σχήμα Νο.5 - Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας του λαδιού του κινητήρα και το οποίο ελέγχεται μέσα από το σύστημα IAS

Το σύστημα περιλαμβάνει:□

- Αισθητήριο της θερμοκρασίας του λαδιού
- Πρόκειται για αναλογικό στοιχείο ηλεκτρικής τάσεως αέρα που συνδέεται στη γραμμή προσαγωγής του λαδιού στη μηχανή.
- Ηλεκτρονικό αναλογικό ρυθμιστή. Ο ρυθμιστής φέρει όργανο με διπλή ένδειξη: τη μετρούμενη και την επιθυμητή θερμοκρασία του λαδιού. Ο χειριστής καταχωρεί τη θερμοκρασία αναφοράς τοποθετώντας το δείκτη της επιθυμητής θερμοκρασίας στην αντίστοιχη θέση.
- Ενισχυτή ρεύματος. Μέρος του ρυθμιστή ο ενισχυτής ρεύματος μετατρέπει το χαμηλής ισχύος σήμα του ρυθμιστή σε συνεχές ρεύμα σταθερής τιμής, ανάλογης με το επίπεδο του σήματος.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ρυθμίσεως της θερμοκρασίας λαδιού στον κινητήρα εξασφαλίζει ομαλή λίπανση και απαγωγή της θερμότητας από τη μηχανή, αντισταθμίζοντας τις μεταβολές της ισχύος και τις αλλαγές στη θερμοκρασία του νερού ψύξεως. Η λειτουργία του στηρίζεται σε έναν απλό αναλογικό ελεγκτή τύπου P αλλά επαρκεί για την αποτελεσματική διατήρηση της θερμοκρασίας του λαδιού σε επιθυμητά επίπεδα και το οποίο ελέγχεται από το σύστημα IAS (Ιωαννίδης, 1990).

3.2.2 Έλεγχος Αυτόματης Ρύθμισης Στροφών Έλικας Πλοίου με το Συνδυαστικό Σύστημα EPS

Στα πλοία συναντάμε συχνά συστήματα, τα οποία για να λειτουργούν αποδοτικά, πρέπει να στρέφονται με σταθερή ταχύτητα (αριθμό στροφών) ή ακόμη να αλλάζουν ταχύτητα σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα. Πολλά από αυτά τα συστήματα είναι ηλεκτρικά με βασικό συστατικό τους τον ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος παρέχει την κίνηση και αποτελεί μέρος του μηχανισμού ελέγχου (Amit, 1993).

Ένα τέτοιο παράδειγμα συστήματος ρυθμιζόμενων στροφών είναι η ηλεκτρική πρόωση πλοίου με σταθερές στροφές έλικας. Στο σύστημα αυτό, ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέεται με τον τελικό άξονα της έλικας απευθείας ή με την παρεμβολή μειωτήρα στροφών πό το σύστημα IAS.

Κατά την διαδικασία αυτή και η οποία ελέγχεται από το σύστημα IAS, ηλεκτρικός κινητήρας συνεχούς ρεύματος τροφοδοτείται με κατάλληλη τάση στα τυλίγματά του και αναπτύσσει ροπή στον άξονά του. Η ροπή αυτή μεταφέρεται στον άξονα της έλικας και υπερνικά την αντίσταση του νερού στις επιφάνειες των πτερυγίων καθώς και τις τριβές στα έδρανα και τα σημεία στεγανότητας του κινητήριου άξονα (Ιωαννίδης, 1990).

Η αντίσταση αυτή και επομένως η ροπή φορτίου την οποία αντιμετωπίζει ο κινητήρας δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από τις συνθήκες στην επιφάνεια της θάλασσας, τον κυματισμό και τον άνεμο. Χωρίς έλεγχο, η μεταβολή του φορτίου στον άξονα της έλικας θα μετέβαλε διαρκώς τη ροπή στον άξονα του κινητήρα και αυτή, με τη σειρά της, θα επηρέαζε τις στροφές της μηχανής.

3.2.3 Ο Ηλεκτρονικός Έλεγχος Στροφών Ηλεκτροκινητήρα Μέσω του Συστήματος IAS

Η ρύθμιση και διατήρηση των στροφών στην επιθυμητή ταχύτητα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ελεγκτή, ο οποίος αντιλαμβάνεται τις διαταραχές στο φορτίο της έλικας και προκαλεί μια κατάλληλη μεταβολή της τάσεως στο επαγωγίμο του κινητήρα. Η γεννήτρια παλμών διεγείρεται από το σήμα στην έξοδο του ελεγκτή, ο οποίος τροφοδοτείται από την απόκλιση μεταξύ δύο ηλεκτρικών τάσεων. Η πρώτη αντιστοιχεί στον επιθυμητό αριθμό στροφών (RPM) του κινητήρα και καθορίζεται από ένα βαθμονομημένο ποτενσιόμετρο (Amit, 1993).

Η δεύτερη αντιστοιχεί στην τρέχουσα πραγματική τιμή των στροφών της μηχανής και παράγεται από διάταξη ταχογεννήτριας, συνδεδεμένη στον άξονα του κινητήρα. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία που συνθέτουν το σύστημα ελέγχου για τον έλεγχο των στροφών χαρακτηρίζονται από τις παραμέτρους: τάση, αντίσταση και χρόνος καθυστέρησης προσαρμογής (Bose, 1997).

Το ηλεκτρονικό σύστημα ρυθμίσεως της ταχύτητας του ηλεκτρικού κινητήρα διατηρεί σταθερές τις στροφές της έλικας, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις του φορτίου και τις συνθήκες πλεύσεως. Τα κύρια δυναμικά χαρακτηριστικά του συνδέονται με τις συναρτήσεις μεταφοράς του ηλεκτρικού κινητήρα και της αντιστάσεως που αναπτύσσεται στο σύστημα προώσεως (έλικα) του πλοίου.

4. Κεφάλαιο Τέταρτο : Απόδοση Μηχανών Dual Fuel Diesel Engine σε Είδος Καυσίμου LNG

4.1 Νέα Δεδομένα στην Πρόωση Πλοίων Μέσω της Χρήσης του Φυσικού Αερίου

Αποτελεί γεγονός στις μέρες μας πως το μέλλον της ναυτιλίας διέρχεται από τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας όπως του LNG ή διαφορετικά γνωστού ως φυσικό αέριο. Έτσι λοιπόν και εντός των συγκεκριμένων πλαισίων, νέες μορφές ενέργειας αναζητά η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία λιγότερο ρυπογόνων για το περιβάλλον με στόχο τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Εντός των συγκεκριμένων πλαισίων, ο Lloyd's Register παρακολουθεί από κοντά τις εξελίξεις στο σημαντικό θέμα της Κλιματικής Αλλαγής και τις αντίστοιχες προκλήσεις για τη Ναυτιλία (Παπανίκας, 2009).



Εικόνα Νο. 6– Μηχανή που Μπορεί να Δουλεύει με Χρήση Φυσικού Αερίου για Κίνηση

Ως Ανεξάρτητος τεχνικός φορέας ο οποίος διαθέτει μεγάλο αριθμό εμπειρογνομένων στους τομείς της διαχείρισης ενέργειας, ενεργειακής απόδοσης, κανονισμούς κλιματικών αλλαγών κ.α., είναι σε ιδανική θέση να καθοδηγήσει και να υποστηρίξει τους βασικούς παράγοντες της Ναυτιλίας ως προς τις προτεινόμενες ενέργειες προετοιμασίας και συμμόρφωσης με τις λεπτομέρειες των κανονισμών καθώς αυτές θα διαμορφώνονται. Έχουμε ήδη εμπειρία αρκετών ετών δουλεύοντας με ναυτιλιακές εταιρείες σε προγράμματα περιβαλλοντικής διαχείρισης και μετρήσεων με σκοπό την εύρεση λύσεων που θα συνεισφέρουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με το πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης φυσικού αερίου για καύσιμο στα πλοία είναι ότι μειώνει σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα ρύπανσης. Σύμφωνα με πληροφορίες οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες, μεταξύ των οποίων και ελληνικών συμφερόντων μελετάνε το θέμα πολύ σοβαρά αφού κοιτάνε να εκπονήσουν προγράμματα για πιθανές νέες παραγγελίες για ναυπηγήσεις πλοίων ώστε να γίνει η διερεύνηση εγκατάστασης των ειδικών για LNG μηχανών από την αρχή και να μην χρειαστεί να τις μετατρέψουν στη συνέχεια, κίνηση που θα ήταν σαφώς πιο κοστοβόρος, προσβλέποντας σε μια εφικτή λύση συμμόρφωσης προς τους επερχόμενους νέους κανονισμούς για την μείωση των εκπομπών ρύπων από τα πλοία.

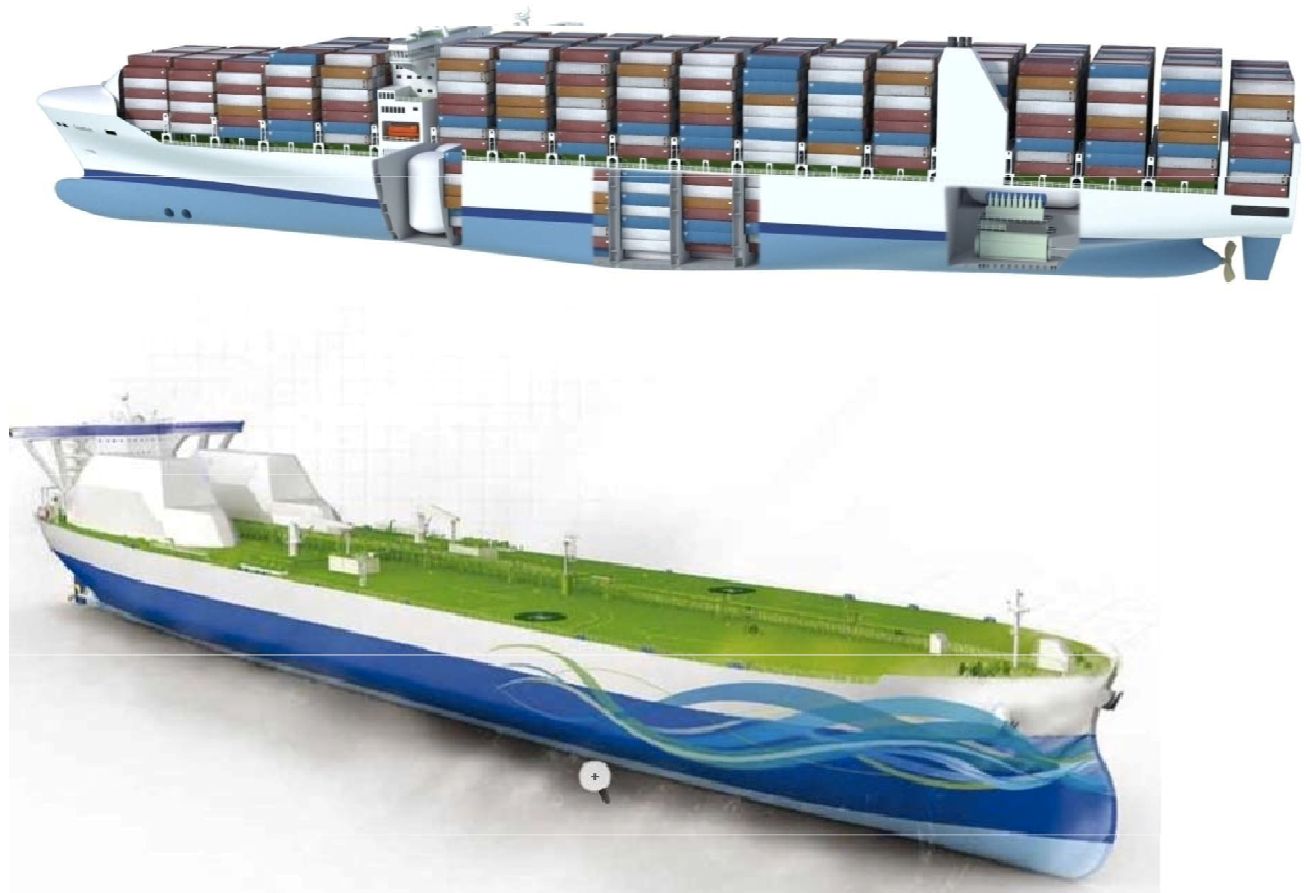
Μάλιστα στον IMO υπάρχει κώδικας για τα chemical tankers τον οποίο τα επόμενα χρόνια θα τον τροποποιήσουν για να βάλουν διατάξεις για τα πλοία που θα κινούνται με φυσικό αέριο. Η ναυτιλία δεκαετίες τώρα συνεισφέρει σημαντικά σε μεγάλο ποσοστό στις μεταφορές σε παγκόσμιο επίπεδο. Από περιβαλλοντικής πλευράς οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν αρκετά πλεονεκτήματα: καταναλώνουν σχετικά μικρές ποσότητες ενέργειας και οι απαιτήσεις σε υποδομή είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές των χερσαίων μεταφορών. Λόγω της μικρής ενεργειακής τους κατανάλωσης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τη ναυτιλία είναι σε χαμηλά επίπεδα συγκρινόμενες πάντα με το μεταφερόμενο όγκο φορτίου (Παπανίκας, 2009).

Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα να μην αντιμετωπισθούν σε βάθος διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία είχαν σχέση με τους εκπεμπόμενους ρύπους από τη ναυτιλία. Η αίσθηση ότι γενικά η ναυτιλία, συγκριτικά με τις χερσαίες μεταφορές, έχει λιγότερο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα οδήγησε στο γεγονός να μην έχουν θεσπισθεί όρια εκπομπών ρύπων από τα πλοία.

Σύμφωνα με στοιχεία του IMO έχει υπολογισθεί ότι οι εκπομπές διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου από τη ναυτιλία στην Ευρωπαϊκή Ένωση θα φθάσουν και θα ξεπεράσουν αυτές από τις χερσαίες πηγές εκπομπής γύρω στο 2020 (Seamanship International, 2007). Επίσης για το διοξείδιο του άνθρακα αντίστοιχα οι εκπομπές υπολογίζονται σε 176 εκατομμύρια μετρικούς τόνους, για του υδρογονάνθρακες σε 574 χιλιάδες μετρικούς τόνους ενώ για τα σωματίδια και το μονοξείδιο του άνθρακα αντίστοιχα σε 1,19 εκατομμύρια και 1,08 εκατομμύρια μετρικούς τόνους.

Όπως γνωρίζουμε, τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου από το 1960 έως σήμερα αποτελούν μια αξιόπιστη λύση για τη μεταφορά του φυσικού αερίου σε περιοχές που δεν συνδέονται με δίκτυο αγωγών με τις χώρες παραγωγής του. Με την πάροδο τόσων ετών και τη συνεχή εξέλιξη της έρευνας και της τεχνολογίας στη ναυπηγική βιομηχανία, έγιναν πολλές βελτιώσεις στη σχεδίαση και στην κατασκευή των δεξαμενών φορτίου, ώστε να εξασφαλιστεί η μικρότερη δυνατή εξάτμιση του υγροποιημένου αερίου. Πολλές νέες σχεδιάσεις υιοθετήθηκαν από τον ναυτιλιακό χώρο και οδήγησαν στην ασφαλέστερη και αποδοτικότερη μεταφορά του φυσικού αερίου.

Όσον αφορά όμως το σύστημα πρόωσης, δεν παρατηρήθηκε ανάλογη εξέλιξη. Ο ατμοστρόβιλος θεωρείται μια αρκετά αξιόπιστη και δοκιμασμένη λύση για την πρόωση αυτού του τύπου πλοίων καθώς και για τη διαχείριση των ατμών του φορτίου. Τα κατά καιρούς προτεινόμενα εναλλακτικά μέσα πρόωσης απορρίφθηκαν από το ναυτιλιακό χώρο, διότι είτε κρίθηκε ότι δεν μπορούσαν να εξασφαλίσουν την ίδια αξιοπιστία με τον ατμοστρόβιλο είτε ήταν οικονομικά ασύμφορη η εφαρμογή τους με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες της αγοράς (Seamanship International, 2007).



*Εικόνα Νο. 7 και 8 – Πλοία τα Οποία Διαθέτουν Ειδικές Δεξαμενές
Μηχανή για Κίνηση με Χρήση Φυσικού Αερίου*

Ο χαμηλός βαθμός απόδοσης του αμμοστρόβιλου και η συνεπαγόμενη υψηλή κατανάλωση καυσίμου συνιστούν ένα από τα κύρια μειονεκτήματά του. Επίσης οι αυξημένοι ρύποι από την καύση αργού πετρελαίου, που δεν συμβαδίζουν με τους κανονισμούς της MARPOL, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ζήτηση του φυσικού αερίου η οποία μπορεί να οδηγήσει σε βραχυπρόθεσμα συμβόλαια ή ακόμα και στη στιγμιαία ναυλαγορά, συνιστούν εξελίξεις και στον τομέα της πρόωσης (Παπανίκας, 2009).

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στην ανάγκη για εύρεση ενός συστήματος πρόωσης αποδοτικότερου και πιο ευέλικτου, στις διάφορες συνθήκες της αγοράς, από αυτό του αμμοστρόβιλου, που να εξασφαλίζει ασφαλή και γρήγορη μεταφορά του φυσικού αερίου με όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και μειωμένες εκπομπές ρύπων. Επίσης το σύστημα θα πρέπει

να διαχειρίζεται τους ατμούς του φορτίου έτσι, ώστε να εξασφαλίζει το μεγαλύτερο δυνατό όφελος για τον ιδιοκτήτη.

4.2 Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Χρήση του Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο στη Πρόωση Πλοίων με Μηχανές Dual Diesel Engine

Η θάλασσα αποτελεί από πάντα έναν από τους συνηθέστερους τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων και ανθρώπων καθώς πρόκειται για ανθρώπινη, οικονομική και πολιτισμική δραστηριότητα που μετρά χιλιάδες χρόνια ιστορίας κι έχει συμβάλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση αυτού που ονομάζουμε ανθρώπινος πολιτισμός. Εδώ και μερικές δεκαετίες η ανθρωπότητα, υπό το βάρος σημαντικών θαλάσσιων ατυχημάτων με οδυνηρές επιδράσεις στο περιβάλλον και εξαιτίας της ανάδυσης μιας νέας φιλοσοφίας για την ανάπτυξη, έθεσε τις θαλάσσιες μεταφορές στο πλαίσιο νομοθεσιών, κανονισμών, περιορισμών και οδηγιών, στόχος των οποίων είναι ο όσο το δυνατόν μεγαλύτερος περιορισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ναυτιλίας (Seamanship International, 2007).

Αναφορικά με τις θαλάσσιες μεταφορές, θα πρέπει να σημειωθεί πως στις μέρες μας, διέρχονται από τα ευρωπαϊκά λιμάνια κάθε χρόνο 2 δισεκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 90% περίπου του εξωτερικού εμπορίου και στο 41% του ενδοκοινοτικού. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί πως το 3-5% του ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέρχεται από τομείς που έχουν σχέση με τη θάλασσα, ενώ η Κοινότητα διαθέτει 1.200 λιμένες.

Η μεγάλη χρήση των θαλάσσιων οδών δικαιολογείται καθώς με την εκτροπή των εμπορευματικών ροών από την ξηρά προς τη θάλασσα μειώνεται το συνολικά παραγόμενο μεταφορικό έργο των οδικών μέσων με αποτέλεσμα τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του συστήματος των εμπορευματικών μεταφορών. Επιτυγχάνεται έτσι μια σημαντική μείωση του κινδύνου κυκλοφοριακής συμφόρησης στους οδικούς άξονες, δημιουργώντας παράλληλα τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός πιο αποτελεσματικού και βιώσιμου μεταφορικού συστήματος.

Επιπρόσθετα το ειδικό εξωτερικό κόστος και στο οποίο συνυπολογίζονται μια σειρά από παράγοντες όπως ο θόρυβος και οι ρύποι, στις οδικές μεταφορές, διαμορφώνεται στο 0,024 και στις ναυτικές κοντινών αποστάσεων 0,004. Με το τρόπο αυτό γίνεται σαφές ότι ο ρόλος της ναυτιλίας για την Ευρώπη αλλά και για τη χώρα μας ειδικότερα αναβαθμίζεται διαρκώς και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό των μεταφορών, άρα και της οικονομίας.

Άλλωστε οι Έλληνες, με τη μακρά παράδοση στη ναυτιλία, τον ελληνόκτητο στόλο ο οποίος υπολογίζεται στο 8,4% του παγκόσμιου σε αριθμό πλοίων (3.397, από αυτά τα 536 είναι πετρελαιοφόρα), στο 16,1% της παγκόσμιας μεταφορικής ικανότητας και το 13,7% της παγκόσμιας χωρητικότητας, έχουν κάθε ενδιαφέρον για την ενίσχυση του μεταφορικού ρόλου της ναυτιλίας. Η ναυτιλία όμως δεν παύει να είναι μια ρυπογόνος διαδικασία και η οποία προκαλεί ανεπανόρθωτες ζημιές στο περιβάλλον.

Ουσιαστικά η νομοθεσία του Κώδικα ISM και κυρίως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων στις μέρες μας, θεωρείται το μεγάλο «κλειδί» για την κατανόηση των εξελίξεων, αλλά και την ανάπτυξη νέων πολιτικών στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις μεταφορές. Η ελληνική νομοθεσία και σύμφωνα με την εφαρμογή αλλά και η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων στις μέρες μας για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, κρίνεται ικανοποιητική και μάλιστα αρκετά αυστηρή.

Όμως αποτελεί γεγονός μεγάλος αριθμός των παραβάσεων δεν παραπέμπεται στη δικαιοσύνη, ενώ πολλές φορές δεν υπάρχει βεβαιότητα για το δράστη και κατά συνέπεια το δικαστήριο δεν οδηγείται σε καταδικαστική απόφαση. Χαρακτηριστικά, το 2006 διαπιστώθηκαν 338 παραβάσεις για ρύπανση από τα οποία εντοπίστηκαν μόνο τα 216 περιστατικά (48 από πετρελαιοειδή, 83 από λύματα και 85 από απορρίμματα). Το συνολικό χρηματικό πρόστιμο δεν ξεπέρασε τα 800.000 ευρώ (ΥΕΝ, Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας).

Η διαμόρφωση μιας σωστά συγκροτημένης στρατηγικής προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και σαφώς μια τριακονταετία πριν την

εφαρμογή του Κώδικα ISM, ξεκινάει στη χώρα μας τη δεκαετία του 1970. Σημαντικότερος νόμος είναι εκείνος του 743/1977 *Περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος» που καθιερώνει όμως την υποκειμενική ευθύνη ως προϋπόθεση αποκατάστασης ζημιών από ρύπανση.*

Με το νόμο του 1650/1986 όμως καθιερώνεται και το κριτήριο της αντικειμενικής ευθύνης για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αλλά ο 743 δεν παρακάμπτεται παρά μόνο από τη νομολογία. Ωστόσο, το ρυθμιστικό πλαίσιο κινείται στο πλαίσιο του μέσου όρου των ευρωπαϊκών χωρών και η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος συγκαταλέγεται μεταξύ των κορυφαίων. Η Ελλάδα βέβαια τηρεί μια μετριοπαθή και ρεαλιστική στάση με σκοπό τη στήριξη της ναυτιλίας, χωρίς αυτό να σημαίνει αδιαφορία και έκπτωση προστασίας σχετικά με τη θάλασσα, όπως έχουν τονίζει συνεχόμενα οι ειδικοί.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση όμως η οποία προκαλείται από τα καύσιμα των πλοίων αποτελεί το μέγιστο πρόβλημα για την υγεία των παράκτιων πληθυσμών γενικότερα και όχι μόνο. Απαιτούνται ρυθμίσεις όπως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων, οι οποίες θα επιβάλλουν οικολογικότερα καύσιμα, εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και αποθείωση των καυσίμων στα διυλιστήρια. Ο IMO (International Maritime Organization) παρέχει στους ενδιαφερόμενους ένα πλέγμα λύσεων και προτάσεων για την καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων του Κώδικα ISM.

Το έτος 2005 και σε μια προσπάθεια ενίσχυσης περαιτέρω του Κώδικα, τέθηκε σε ισχύ το παράρτημα 6 της MARPOL το οποίο υποχρεώνει όλα τα συμβαλλόμενα μέρη να εφαρμόσουν μια σειρά περιορισμών ή απαγόρευσης εκπομπών συγκεκριμένων αέριων ρύπων, όχι όμως και αυτών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αναμένεται οργανωμένη και συστηματική διαδικασία αναθεώρησης ορισμένων εκ των κανονισμών και στα επόμενα χρόνια. Η Οδηγία 2005/33 ορίζει ότι από το έτος 2010 όλα τα εμπορικά πλοία που θα βρίσκονται ελλιμενισμένα σε κοινοτικούς λιμένες είτε να χρησιμοποιούν καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο όπως το φυσικό αέριο, είτε να συνδέονται με εξωτερική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας,

μηδενίζοντας έτσι τις εκπομπές τους κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους (IMO Regulations).

Στη ναυτιλία οφείλεται περίπου το 4,5% των αερίων που εκπέμπονται και συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και προβλέπεται αύξηση των ρύπων κατά 75% μέχρι το 2020, οπότε και η προερχόμενη από τον θαλάσσιο χώρο ατμοσφαιρική ρύπανση θα έχει ισοσκελίσει την αντίστοιχη χερσαία ρύπανση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τους λόγους αυτούς η Συνέλευση του IMO εξέδωσε το έτος 2009 ένα σχετικό Ψήφισμα αναφορικά με τις πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από πλοία και την ενίσχυση της χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση αυτών στις μέρες μας (Παπανίκας, 2009).

Διεξάγεται μια γενική αναφορά σε μελλοντικά ανώτατα όρια εκπομπών και καθίσταται αναγκαία η αξιολόγηση τεχνικών και λειτουργικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη και τους μηχανισμούς της αγοράς. Εξελίξεις όμως δεν υπάρχουν κάτι που αποκαλύπτει την επιφυλακτικότητα των κρατών να προσθέσουν νέους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στον άκρως ανταγωνιστικό τομέα των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών. Άρα βρισκόμαστε ακόμα σε διερευνητική βάση.

Στη ναυτιλία υπάρχουν βέβαια ιδιαιτερότητες, όπως σε ποιο κράτος θα πρέπει να προσμετρούνται οι εκπομπές αερίων κάθε πλοίου για παράδειγμα. Στο κράτος σημαίας, στο κράτος της έδρας του πλοιοκτήτη, στο κράτος εξαγωγέα των εμπορευμάτων, στο κράτος που τα εισάγει, ή στο κράτος στο οποίο έγινε η προμήθεια καυσίμου, διερωτούνται πολλοί επίσης. Είναι επίσης αρκετοί εκείνοι που έχουν τονίσει πως ο κλοιός στα θέματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης «σφίγγει» όλο και περισσότερο γύρω από τη ναυτιλία με τα νέα μέτρα. Μπαίνει ουσιαστικά στο στόχαστρο και χρειάζεται μια ρύθμιση γιατί η κλιματική αλλαγή είναι ένα πάρα πολύ σοβαρό θέμα που δεν έχουν ακόμη αντιληφθεί στο σύνολό του οι άνθρωποι.

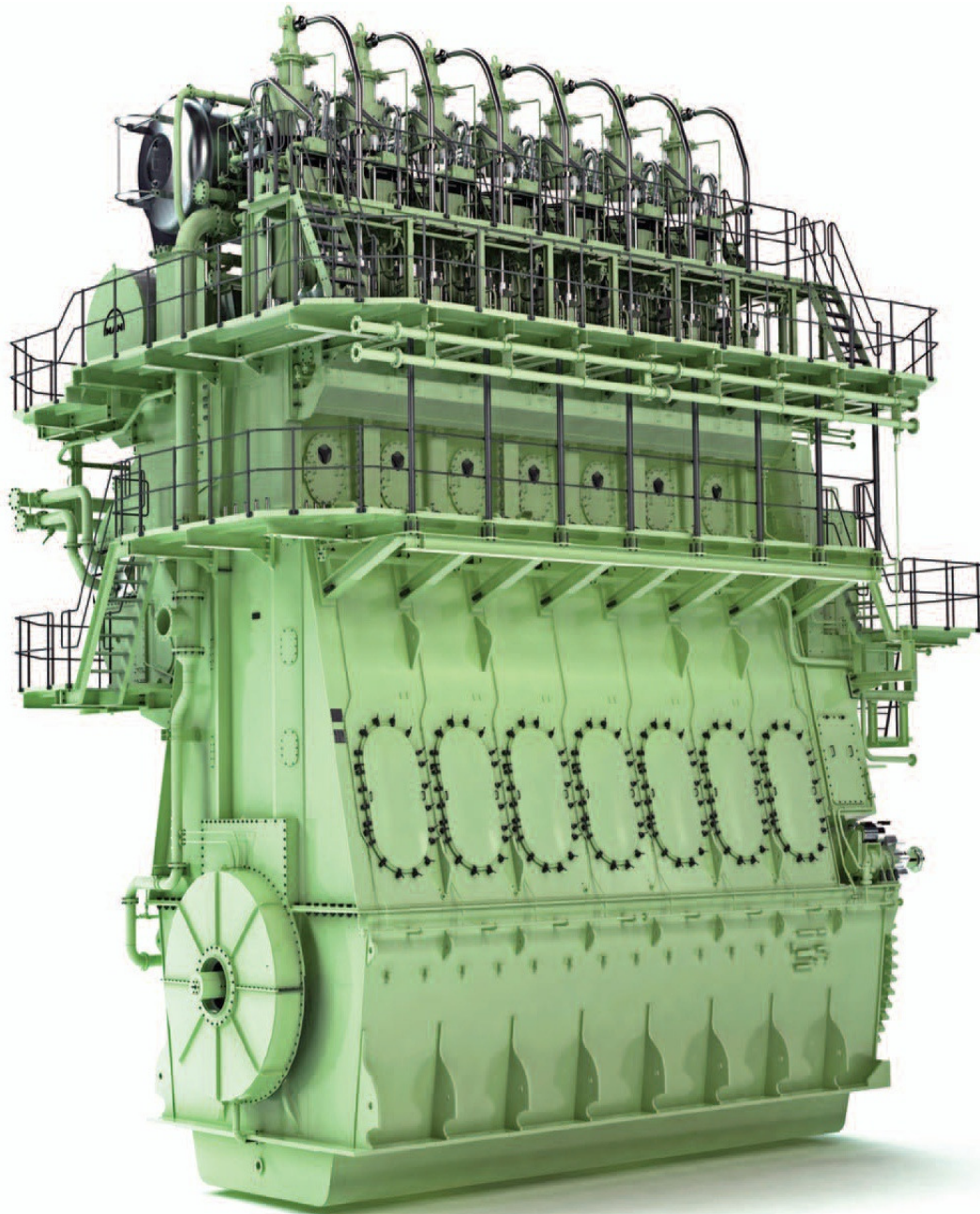
Βέβαια η ενέργεια που καταναλώνει ένα μεσαίου μεγέθους πλοίο που ταξιδεύει σε διεθνής θάλασσες αντιπροσωπεύει περίπου το 12% αυτής που καταναλώνεται για το ίδιο μεταφορικό έργο με οδική μεταφορά και το 22%

αυτής που καταναλώνεται με σιδηροδρομική. Οπότε, έχει υπολογισθεί ότι κοστίζει το ίδιο να μεταφερθεί ένα αυτοκίνητο από την Ιαπωνία στο Βέλγιο μέσω θαλάσσης, με το να μεταφερθεί από το Βέλγιο στην Ελβετία δια ξηράς. Φυσικά όμως, αν και οι επιδόσεις της ναυτιλίας θεωρούνται πολύ καλές σε σχέση με τα άλλα μέσα, δεν παύει η συνεισφορά της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου να είναι πολύ μεγάλη και να μετριέται σε εκατομμύρια τόνους.

4.3 Πλεονεκτήματα που Προσφέρονται Σχετικά στα Πλοία από τη Χρήση Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο

Η προώθηση της χρήσης φυσικού αερίου στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών και ειδικότερα σε πλοία με μηχανές Dual Diesel Engine, θα συντελέσουν στην εξοικονόμηση περίπου €58-67 δισεκατομμυρίων την περίοδο έως το 2030, όπως φαίνεται από μελέτη που εκπόνησε το Ευρωπαϊκό Φόρουμ Αερίου (EGaF) σχετικά με τις προοπτικές της χρήσης φυσικού αερίου στις μεταφορές. Το Ευρωπαϊκό Φόρουμ Αερίου αποτελεί μία άτυπη ομάδα Ευρωπαϊκών εταιρειών (Centrica, Eni, E.ON Ruhrgas, Gazprom Export, GDF SUEZ, Qatar Petroleum, Shell & Statoil), και στην εν λόγω μελέτη αξιολογεί τις διαθέσιμες τεχνολογίες και υπολογίζει την εν δυνάμει εξοικονόμηση και τις μειώσεις των εκπομπών CO₂ εάν χρησιμοποιείτο φυσικό αέριο στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών.

Η μελέτη εκπονήθηκε με τη συνδρομή της εταιρείας συμβούλων AEA, εξειδικευμένων σε θέματα ενέργειας και κλιματικής αλλαγής. Τα βασικά ευρήματα συνοψίζονται παρακάτω: Μείωση εκπομπών, ευρύτερη χρήση του φυσικού αερίου στις μεταφορές θα επιτρέψει στην Ε.Ε. να επιτύχει ταχύτερα το στόχο της μείωσης των εκπομπών CO₂ έως το 2050. Στα ελαφράς χρήσης πλοία που χρησιμοποιούν LNG, υπάρχει δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 25%, καθώς και κατά 90% των εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα, 35% με 60% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου, 50-75% των μη-μεθανιούχων υδρογονανθράκων, ενώ τα σωματίδια θα είναι ελάχιστα ή θα εξαλειφθούν (Seamanship International, 2007).



Εικόνα Νο. 9 – Η Μεγαλύτερη και Αποδοτικότερη Μηχανή με Χρήση Φυσικού Αερίου για Κίνηση σε Πλοία

Τα μεγαλύτερα πλοία με μηχανές Dual Diesel Engine που χρησιμοποιούν καύσιμο LNG θα έχουν σημαντική μείωση των εκπομπών CO₂ των σωματιδίων και τουλάχιστον 50% μείωση των οξειδίων του αζώτου. Η εξοικονόμηση μεταξύ του 2030 και του 2050 υπολογίζεται ότι θα ανέλθει σε 10 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι τεχνολογίες φυσικού αερίου θα γίνουν περισσότερο ανταγωνιστικές όσον αφορά στο κόστος, τα επόμενα έτη, συντελώντας σε επιπλέον εξοικονόμηση μακροπρόθεσμα. Τα εν λόγω

επίπεδα εξοικονόμησης μπορούν να επιτευχθούν μόνο εάν διευρυνθεί η χρήση φυσικού αερίου στον κλάδο των μεταφορών στην Ε.Ε- 4.7 φορές παραπάνω - σε σχέση με τις συστάσεις της Ε.Ε. όπως αποτυπώνονται στην Λευκή Βίβλο του 2011.

Σημαντική εξοικονόμηση θα προκύψει ως επί το πλείστον από τις θαλάσσιες μεταφορές σε πλοία με μηχανές Dual Diesel Engine. Εξάλλου, υπάρχει το ενδεχόμενο ανάπτυξης τεχνολογίας διπλού καυσίμου. Η μεγάλη εξοικονόμηση στον ναυτιλιακό κλάδο θα επιτευχθεί υπό την προϋπόθεση ότι η νομοθεσία για την ποιότητα καυσίμων θα προβλέπει ότι τα συμβατικά πλοία που χρησιμοποιούν μαζούτ υψηλής περιεκτικότητας σε θείο θα πρέπει είτε να βάλουν φίλτρα για τα καυσαέρια ή να χρησιμοποιούν ακριβότερα και περισσότερο διυλισμένα καύσιμα ή να στραφούν στην χρήση LNG (Παπανίκας, 2009).

Συνεχίζοντας στα πλεονεκτήματα παραπάνω, θα λέγαμε πως η χρήση μηχανών Dual Diesel Engine με κίνηση LNG στα πλοία, μπορεί να καταπολεμήσει σχετικά τις αιτίες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ένα μεγάλο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία αποτελεί ένα φλέγον περιβαλλοντικό πρόβλημα, οφείλεται στα καυσαέρια, δηλαδή τα αέρια τα οποία εκπέμπονται κατά την καύση του πετρελαίου, της βενζίνης ή του φυσικού αερίου. Τα καυσαέρια διακρίνονται σε αδρανή (μη τοξικά) και σε τοξικά. Αδρανή είναι το H₂O και το CO₂. Το CO₂ δεν είναι τοξικό, αλλά είναι αέριο του θερμοκηπίου και ενοχοποιείται για την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Τοξικά αντίστοιχα είναι τα οξειδία του αζώτου (NO, NO₂), τα οποία συμβολίζονται NO_x, και είναι υπεύθυνα για το φωτοχημικό νέφος, την όξινη βροχή και τη δημιουργία όζοντος (O₃) στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Επίσης γίνεται λιγότερη χρήση στο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) που είναι δηλητηριώδες, γιατί δεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη του αίματος και σε μεγάλες ποσότητες προκαλεί το θάνατο. Τέλος περιορίζονται τα οξειδία του θείου (SO₃, SO₂), τα οποία συμβολίζονται SO_x είναι υπεύθυνα για την όξινη βροχή και προκαλούν προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα.

Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης πως όσον αφορά τη χρήση Φυσικού

Αερίου, ο ναυτιλιακός τομέας, για θερμικές και χημικές χρήσεις (καύσιμο ή πρώτη ύλη) θα φθάσει σταδιακά να απορροφά το 23% των συνολικών ποσοτήτων. Αντίστοιχα, για τον εμπορικό και οικιακό τομέα το ποσοστό αυτό θα ανέλθει στο 28% και προορίζεται να καλύψει κυρίως ανάγκες για θέρμανση, μαγείρεμα και ζεστό νερό. Το 38%, θα χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, με χρήση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών, που παρόλα αυτά αποτελεί και την χειρότερη χρήση του Φυσικού Αερίου. Τέλος, το 11% των ποσοτήτων του Φυσικού Αερίου προβλέπεται να απορροφηθεί από την αγορά της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (Seamanship International, 2007).

Επίλογος – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με όσα σημειώθηκαν παραπάνω, θα λέγαμε πως το προφανές πλεονέκτημα των βοηθητικών μηχανών αυτών σε μηχανές diesel είναι ότι δεν έχουν ανάγκη παροχής σε Σ.Ρ., ενώ με τον τρόπο αυτό αυξάνεται και η συνολική απόδοση καθώς μεταξύ των άλλων μειώνονται και οι συνολικές απώλειες «*Joule*» στα «*τυλίγματα*».

Η ιδέα της χρήσης μονίμων μαγνητών είναι παλιά αλλά η τεχνολογική πρόοδος τα τελευταία χρόνια είναι που κατέστησε δυνατή την κατασκευή κραμάτων “*μονίμων μαγνητών*”, κράματα σαμαρίου-κοβαλτίου, και νεοβιδίου-σιδήρου-βορείου, NdFeB που έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν σταθερή τη μαγνήτισή τους για αρκετά υψηλές θερμοκρασίες, όπως είναι αυτές που αναπτύσσονται στο εσωτερικό μίας στρεφόμενης μηχανής.

Όπως αναφέρθηκε και στις παραπάνω σελίδες, οι επιλογές που παρατείνονται για τον σχεδιασμό των σύγχρονων ηλεκτρικών βοηθητικών συστημάτων πρόωσης πλοίων σε μηχανές diesel είναι αρκετές και η κάθε μια μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες και τον ρόλο του κάθε πλοίου για πρόωση και συνεπώς κίνηση (Ιωαννίδης, 1990).

Αναφερόμενοι στα τεχνικά χαρακτηριστικά των μηχανών Dual Fuel Diesel στα πλοία, θα πρέπει πρώτιστα να σημειωθεί πως βάσει των κανονισμών ISO 9001 που τηρούν τα περισσότερα ναυπηγεία στις μέρες μας, θα πρέπει η ισχύς των προωστηρίων συγκεκριμένων μηχανών, η οποία θ’ αναγράφεται στα πιστοποιητικά αξιοπλοίας και στα ναυτιλιακά έγγραφα των πλοίων (εθνικότητας, καταμέτρησης κ.λ.π.) να αναφέρεται ως εξής (Harrington, 1992):

- η μέγιστη ισχύς λειτουργίας (maximum rating) η οποία επιτυγχάνεται στον μέγιστο αριθμό στροφών, για τα επιβατηγά σκάφη αναψυχής
- η μέγιστη συνεχής ισχύς λειτουργίας (maximum continuous rating) στον αριθμό στροφών που αυτή επιτυγχάνεται, για όλες τις άλλες κατηγορίες σκαφών.

Τέλος, σημειώνεται πως το σύστημα IAS θεωρείται μια βασική μονάδα στο Δωμάτιο Ελέγχου (Control Room) και η οποία ελέγχει την λειτουργία της μηχανής και τα μηχανήματα γενικότερα του πλοίου (Ιωαννίδης, 1990). Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί πως η εν λόγω μονάδα δεν ελέγχει το πρωσθήριο σύστημα το οποίο ελέγχεται από την μονάδα EPS η οποία όμως βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με το σύστημα IAS.

Βιβλιογραφία

- ❖ Amit R., Shoemaker P., *Managing Across Borders: The Transnational solution*, Harvard Business School Press: Boston, 1993.
- ❖ Bose B.K., 1997, "*Power Electronics and Variable Frequency Drives: Technology and Applications*", IEEE Press, New York
- ❖ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "*Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview*", *Health, Risk and Society* 2 (3)
- ❖ Harrington R. L., 1992, ed., "*Marine Engineering*", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, N.J.
- ❖ Ignary, T., 2001, "*Introduction to Shipping Economics*", London, Professional Books
- ❖ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007
- ❖ Woodyard D., 1995, "*Electric Propulsion Charges Ahead*" in *Marine Propulsion*, April
- ❖ Yacamini R., Smith K. S., 1996, "*Noise generation in marine motors*", *Trans ImarE*, Vol. 107, Part 4
- ❖ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- ❖ Βλαχογιάννη Ι.Γ., Δ. Α. Παπαχρήστου, Γ. Ε. Χαμηλοθώρη, Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο Αυτοματισμοί Πλοίων, Αθήνα, 2009
- ❖ Ιωαννίδης Ι., Βοηθήματα μαθήματος 'Ειδικά συστήματα ελέγχου πλοίου'- Τηλεχειρισμός, Αυτοματισμός, Παρακολούθηση. 1990.