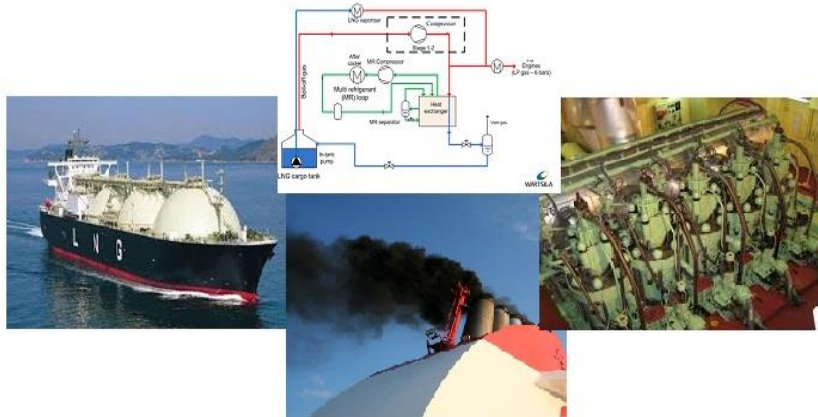


ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΩΣ
ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΝΤΟΠΟΡΟ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΟΚΚΙΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΧΟΙΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2015

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΩΣ
ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΝΤΟΠΟΡΟ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:ΚΟΚΚΙΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

A.M.:4794

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :18-ΙΟΥΝΙΟΥ-2015

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία περιγράφει το υγροποιημένο φυσικό αέριο πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στην ποντοπόρο ναυτιλία εκτός από την μεταφορά του . Σκοπός της είναι να καταλάβουμε και να πληροφορηθούμε πως το φυσικό αέριο μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική μορφή ενέργειας από την οποία πηγάζουν αρκετά πλεονεκτήματα για την ναυτιλία και κυρίως για το περιβάλλον που υπερτερούν σε μεγάλο βαθμό από τα άλλα ναυτιλιακά καύσιμα που χρησιμοποιούνται. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια στοιχειώδεις περιγραφή του φυσικού αερίου ως προς την προέλευση του , κάποια βασικά χαρακτηριστικά του, ο τρόπος επεξεργασίας , συντήρησης στις δεξαμενές αποθήκευσης και την υπεροχή του ως προς τα άλλα καύσιμα . Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή από τον κώδικα IMO των περιβαλλοντικών ζητημάτων τα οποία αφορούν το πρόβλημα που επικρατεί στην ατμόσφαιρα λόγω των εκπομπών ρύπων από τα πλοία και το οποίο αυξάνεται , επίσης αναφέρει τις προσπάθειες του IMO να αντιμετωπίσει το συγκεκριμένο πρόβλημα με αυστηρές διατάξεις οι οποίες τείνουν στην χρησιμοποίηση καυσίμων φιλικών προς το περιβάλλον που ήδη έχουν εφαρμοστεί σε κάποιες περιοχές , τις λεγόμενες ECA. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η ανάγκη για εναλλακτική μορφή ενέργειας στις προωσθήριες εγκαταστάσεις σύμφωνα με τις παραπάνω διατάξεις οι οποίες στρέφονται στην χρησιμοποίηση κινητήρων με διπλό καύσιμο, επίσης αναλύονται περιληπτικά οι κινήσεις του φυσικού αερίου από τις δεξαμενές μεταφοράς φορτίου και αποθήκευσης έως την κατανάλωση του στους κινητήρες .Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο ανεφοδιασμού από εγκαταστάσεις καθώς και θέματα ασφάλειας στον ανεφοδιασμό στην αποθήκευση και στα τυχόν προβλήματα που θα εμφανιστούν από τις δεξαμενές αποθήκευσης μέχρι την κατανάλωση. Επίσης αναλύονται τρόποι ανίχνευσης και αντιμετώπισης των προβλημάτων που θα εμφανιστούν και η αποτροπή τους ώστε να μην προκαλέσουν σοβαρά ατυχήματα στο πλήρωμα και στις εγκαταστάσεις του πλοίου.

ABSTRACT

This thesis describes the liquefied natural gas that can be used as fuel in the shipping sector in addition to transportation. Its purpose is to understand and learn how natural gas can be an alternative source of energy from which emanate several advantages for shipping and especially the environment outweigh largely from other marine fuels used. The first chapter is a basic description of the natural gas as the origin of some basic characteristics of the type of treatment, maintenance storage tanks and superiority relative to other fuels. The second chapter contains a description of the IMO Code of environmental issues relating to the problem that exists in the atmosphere because of emissions from ships and which increases, also mentions the efforts by IMO to address this problem with strict regulations which tend the use of combustible environmentally friendly already been implemented in some areas, called ECA. The third chapter describes the need for alternative energy propulsion plants in accordance with the above provisions that are focused on using dual fuel engines, also briefly analyzes the movements of gas from the cargo tanks and storage to consumption of the engines. The fourth chapter describes the liquefied natural gas as fuel from refueling facilities and supply security in the storage and any problems that would arise from the storage tanks to consumption. Also discussed ways to detect and treat problems that occur and prevent them to not cause serious injury to the crew and the facilities on board.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το φυσικό αέριο ψύχεται στους περίπου $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε ατμοσφαιρική πίεση και μεταφέρεται ως ένα υγρό σε ειδικά σχεδιασμένες δεξαμενές. Γρήγορα θα γίνει ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο καύσιμο του κινητήρα σε συνδυασμό με την αυξανόμενη δημοτικότητα του ως πηγή ενέργειας. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο συνήθως αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε ενεργειακό περιεχόμενο με λίγες πληροφορίες για την πραγματική σύνθεση του αν και κανονικά αυτό περιλαμβάνει μερικά βαρύτερους υδρογονάνθρακες και άζωτο. Ως εκ τούτου, η CIMAC παρέχει κάποιες πληροφορίες για το τι ποιοτικές διαφορές μπορεί να προκύψουν κατά τη χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο κινητήρων και τι θα μπορούσε να γίνει στο μέλλον που θα μπορούσε να περιορίσει τις επιπτώσεις αυτών των διακυμάνσεων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σταθερή λειτουργία του κινητήρα και να περιορίσει τα οικολογικά προβλήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

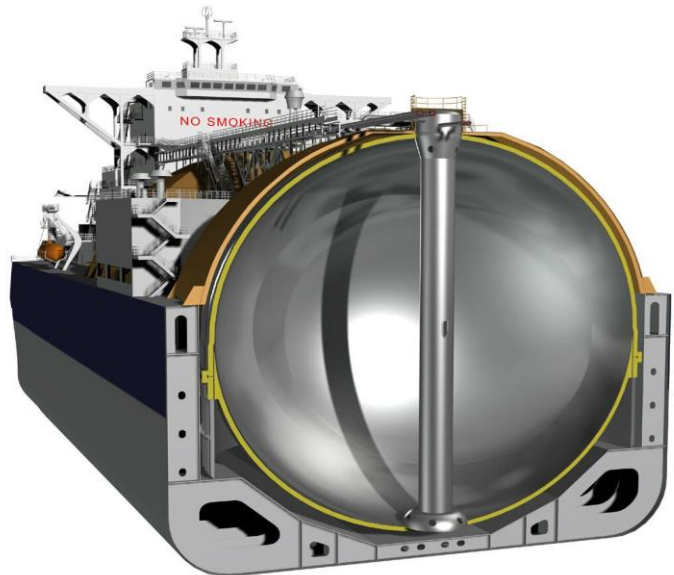
Το φυσικό αέριο δεν αποτελείται από ένα προϊόν αλλά από ένα μείγμα αερίων. Κυρίως αποτελείται από μόρια μεθανίου (CH_4), τα οποία είναι αρκετά σταθερά, μη τοξικά. Το μεθάνιο (CH_4) δεν μπορεί να υγροποιηθεί υπό πίεση μόνο, χρειάζεται να ψυχθεί στη θερμοκρασία βρασμού $-161\text{ }^\circ\text{C}$. Επίσης με αυτό τον τρόπο συμπυκνώνεται ο όγκος του 1/600 έτσι κρατώντας το φορτίο σε εξαιρετικά χαμηλή θερμοκρασία επιτυγχάνουμε τα εξής:



1. μικρό ειδικό βάρος (0.43-0.50)
2. ελάχιστη εφλεκτικότητα
3. πραγματοποιήσιμη η θαλάσσια μεταφορά

1.2 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η μέθοδος υγροποίησης περιλαμβάνει την απομάκρυνση ορισμένων συστατικών, όπως σκόνη, όξινα αέρια, ήλιο, νερό, και τους υδρογονάνθρακες. Η μέγιστη πίεση μεταφοράς ορίζεται σε περίπου 25 kPa. Η μόνωση όσο αποτελεσματική και ας είναι, δεν θα κρατήσει το ΥΦΑ αρκετά κρύο από μόνο του. Με άμεση συνεπεία να επηρεάζει το βασικό σχεδιασμό των αεριοφόρων πλοίων και των προστήριων εγκαταστάσεων τους. Αναπόφευκτα, η διαρροή θερμότητας θα ζεστάνει και θα εξατμίσει το ΥΦΑ. Η πρακτική του κλάδου είναι να αποθηκεύσετε το υγροποιημένο φυσικό αέριο σαν βρασμός



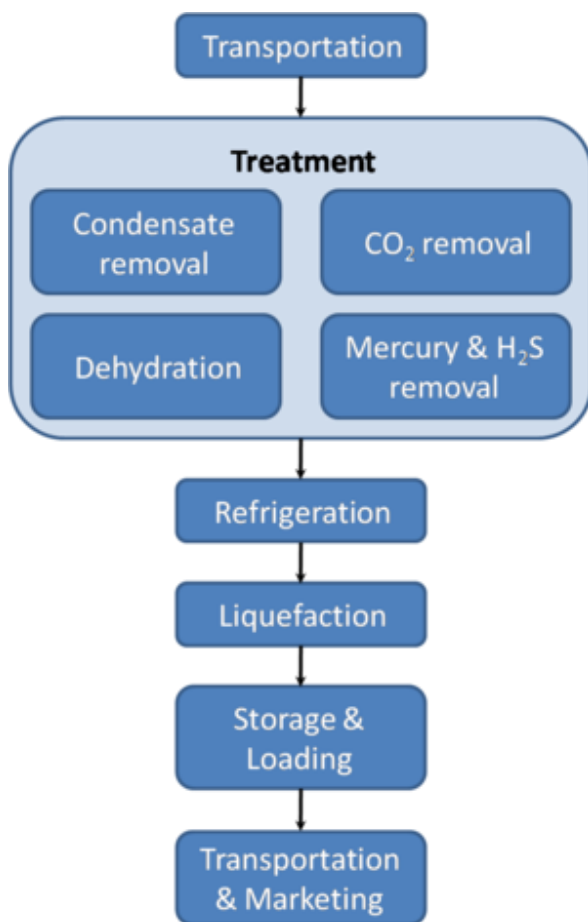
Εικόνα 1.1: Τομή δεξαμενής LNG

του ψυκτικού μέσου. Δηλαδή, το υγρό αποθηκεύεται στο σημείο ζέσεως του για την πίεση στην οποία μπορεί να αποθηκευτεί (ατμοσφαιρική πίεση). Καθώς οι εξατμίσεις boil off, θερμότητα για την αλλαγή φάσης ψύχει το υπόλοιπο υγρό. Επειδή η μόνωση είναι πολύ αποτελεσματική, μόνο μια σχετικά μικρή ποσότητα του βρασμού είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της θερμοκρασίας. Αυτό

το φαινόμενο ονομάζεται επίσης αυτόματη ψύξη . Μερικά πλοία μεταφοράς LNG χρησιμοποιούν Boil off gas για καύσιμο. Την τελευταία δεκαετία γίνεται ένας πραγματικός αγώνας στη δημιουργία αεροφόρων πλοίων με τις μέγιστες προδιαγραφές σε ασφάλεια αποδοτικότητα, αποτελεσματικότητα και οικονομία.

1.3 ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το αέριο εκχυλίζεται πρώτα και μεταφέρεται σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας, όπου αυτή



καθαρίζεται με απομάκρυνση τυχόν συμπυκνωμάτων όπως νερό, πετρέλαιο, λάσπη, καθώς και άλλα αέρια όπως το CO₂ και H₂S. Μία σειρά διαδικασίας υγροποιημένου φυσικού αερίου θα είναι επίσης η αφαίρεση ιχνών υδραργύρου από το ρεύμα αερίου για την πρόληψη amalgamizing υδραργύρου με αλουμίνιο σε κρυογονική εναλλάκτη θερμότητας. Το αέριο στη συνέχεια ψύχεται σταδιακά, μέχρι να υγροποιηθεί. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο τελικά αποθηκεύεται σε δεξαμενές αποθήκευσης που μπορούν να φορτωθούν και να μεταφερθούν .Το υγροποιημένο φυσικό αέριο επιτυγχάνει μεγαλύτερη μείωση σε όγκο από το συμπιεσμένο φυσικό αέριο ,έτσι ώστε η πυκνότητα ενέργειας του υγροποιημένου φυσικού αερίου να είναι 2 με 4 φορές μεγαλύτερη από εκείνη ή 60 τοις εκατό του καυσίμου ντίζελ .Ειδικά σχεδιασμένα πλοία (πλοία μεταφοράς LNG). Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μεταφέρεται σε ειδικά

Σχέδιο 1.1:Στάδια επεξεργασίας

σχεδιασμένα πλοία με διπλό κύτος για την προστασία των συστημάτων ελέγχου φορτίου από βλάβη ή διαρροές. Τα δεξαμενόπλοια κοστίζουν περίπου 200 εκατομμύρια δολάρια το καθένα.

1.4 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα υδρογονανθράκων όπου τα μόρια του μεθανίου υπερτερούν. Το μείγμα αυτό διαφέρει αρκετά και εξαρτάτε από το που έχει βρεθεί και κατά πόσο συνδέεται με το φυσικό πετρέλαιο (crude oil). Παράγοντας σημαντικός, κάνοντας το πλουσιότερο σε ποσοστά αιθανίου (C₂H₆), προπάνιου(C₃H₈), και βουτανίου(C₄H₁₀), τα οποία έχουν μεγαλύτερη θερμική ενέργεια από ότι το μεθάνιο. Επίσης το φυσικό αέριο μπορεί να περιέχει μικρές ποσότητες αζώτου. Το μεθάνιο δεν μπορεί να υγροποιηθεί υπό πίεση από ότι το αιθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο. Γι' αυτό το λόγω πρέπει να ψυχθεί στη θερμοκρασία βρασμού -161 °C σε αυτή την κατάσταση μειώνετε ο όγκος του στο 1/600, επιτυγχάνοντας οικονομική και εφικτή τη θαλάσσια μεταφορά του.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις ιδιότητες των υγροποιημένων αερίων κατά την θαλάσσια μεταφορά τους.

Ιδιότητες	Φυσικό αέριο CH ₄	Αιθάνιο C ₂ H ₆	Προπάνιο C ₃ H ₈	Αμμωνία NH ₃	Βουτάνιο C ₄ H ₁₀
Θερμοκρασία αποθήκευσης (°C)	-161	-104	-43	-34	-1
Πίεση μεταφοράς φορτίου (kg/cm ²)	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Ειδικό βάρος υγρού	0.474	0.570	0.583	0.683	0.602
Θερμοκρασία ανάφλεξης (°C)	595	450	470	652	472
Θερμότητα αεριοποίησης (Kcal/Kg)	124	115	101	326	91

Πίνακας 1.1: Πίνακας θερμοκρασιών μεταφοράς υγροποιημένων αερίων.

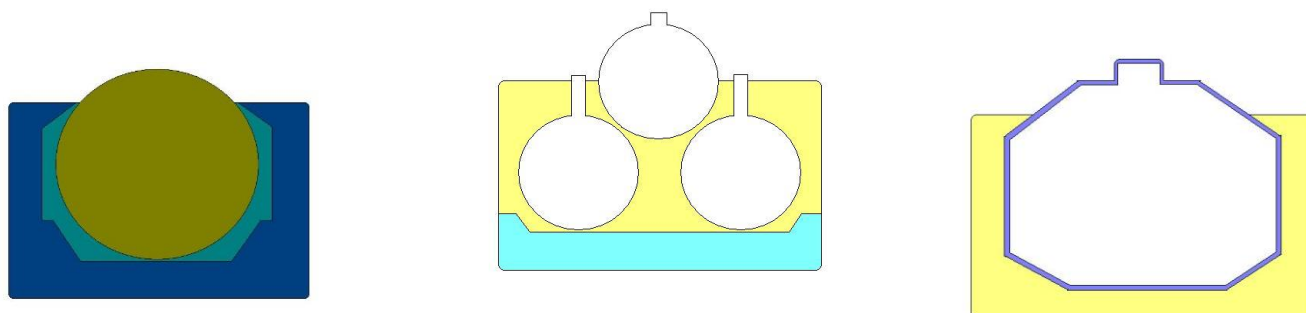
Το φυσικό αέριο είναι άχρωμο, άοσμο και μη τοξικό, με πυκνότητα 460 kg/m³ . έχει σχετικά χαμηλή ταχύτητα φλόγας αλλά μεγάλο ποσοστό αναφλεξιμότητας στον αέρα. Ένα από τα πιο επικίνδυνα χαρακτηριστικά του είναι ο μεγάλος βαθμός αυτανάφλεξης. Τέλος είναι μη διαβρωτικό και πολύ ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα σε θερμοκρασίες υψηλότερες των -110 C° . σε αντίθεση με το αιθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο που είναι βαρύτερα από τον αέρα σε όλες τις θερμοκρασίες.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει μια ποσοστιαία σύσταση φυσικού αερίου.

ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ %	
Μεθάνιο	95.23
Αιθάνιο	4.41
Προπάνιο	0.30
Βουτάνιο	0.04
Ισοβουτάνιο	0.02
N-βουτάνιο	0.00
Ισοπεντάνιο	0.00
Εξάνιο	0.00
Επτάνιο	0.00
Οκτάνιο	0.00
Διοξείδιο του άνθρακα	0.00
Άζωτο	0.00
ΣΥΝΟΛΟ	100.00 %

Πίνακας 1.2: Πίνακας αναλογιών LNG.

1.5 ΤΥΠΟΙ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΦΩΡΩΝ ΠΛΟΙΩΝ



Εικόνα 1.2: Τύποι δεξαμενών μεταφοράς.

Τρεις από τους βασικότερους τύπους δεξαμενών παρουσιάζονται παραπάνω 1. σφαιρικού τύπου 2. κυλινδρικές 3. πρυσματικές



Εικόνα 1.3: Σφαιρικός τύπος δεξαμενής

Από αυτές οι πιο διαδεδομένες είναι οι σφαιρικού τύπου γνωστές και ως Moss Rosenberg Verft (MRV). Ο βασικός

σχεδιασμός τέτοιων δεξαμενών βασίστηκε στη θεωρία ότι το σφαιρικό σχήμα θα ελαχιστοποιούσε τις παραμορφώσεις του πλοίου κατά την ψύξη του φορτίου

καθώς επίσης θα βοηθούσε στην μείωση ευκολότερα της θερμοκρασίας. Στη πράξη οι σφαιρικές δεξαμενές απέδειξαν εκτός των παραπάνω ότι ήταν πλέον προβλεπόμενες και οι τάσεις των δεξαμενών προλαμβάνοντας πιθανές ρωγμές (cracks) και ανεβάζοντας το ποσοστό ασφάλειας. Παραπάνω βλέπουμε σε τομή μια τέτοια δεξαμενή.

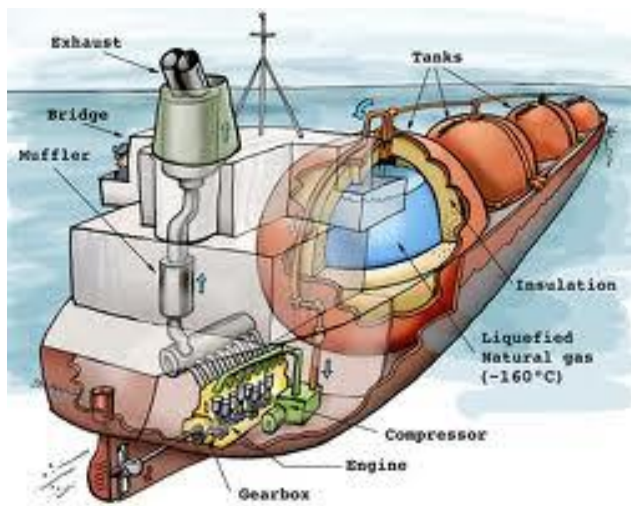
1.6 BOIL OFF GAS ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ

Το κλειδί της επιτυχίας για ένα επιτυχημένο μοντέλο προωστήριας εγκατάστασης αεροφόρου πλοίου είναι η μεγαλύτερη δυνατή απορρόφηση του αεριοποιημένου φορτίου (Boil-Off) από τις δεξαμενές. Από την άλλη μεριά αυτή η αεριοποιημένη ποσότητα αγγίζει το 0,10% του συνολικού φορτίου, μειώνοντας στο ελάχιστο την εξάτμιση του φορτίου καθώς οι δεξαμενές των LNG είναι επενδυμένες με άριστο μονωτικό υλικό.

Δεν επιτρέπεται σε αυτό το αέριο να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα.

Αυτό μας αφήνει τρεις επιλογές :

1. Το αέριο να καεί .
2. Το αέριο να υγροποιηθεί και να επιστρέφεται στις δεξαμενές φορτίου (reliquefaction).
3. Το αέριο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στη μονάδα πρόωσης.



Εικόνα 1.4:Στάδια μόνωσης δεξαμενής

ατμού, επειδή στους κύριους λέβητες μπορούσαν να προσαρμοστούν αρκετά εύκολα στο να καίνε το boil off gas από το φυσικό αέριο και μπορούσαν να αλλάξουν μεταξύ πετρελαίου και φυσικού αερίου εύκολα.

Επιλογή 1. Δεν είναι σωστή επιλογή και χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση ανάγκης, η αν περισσότερο φυσικό αέριο παράγεται από ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην τρίτη επιλογή.

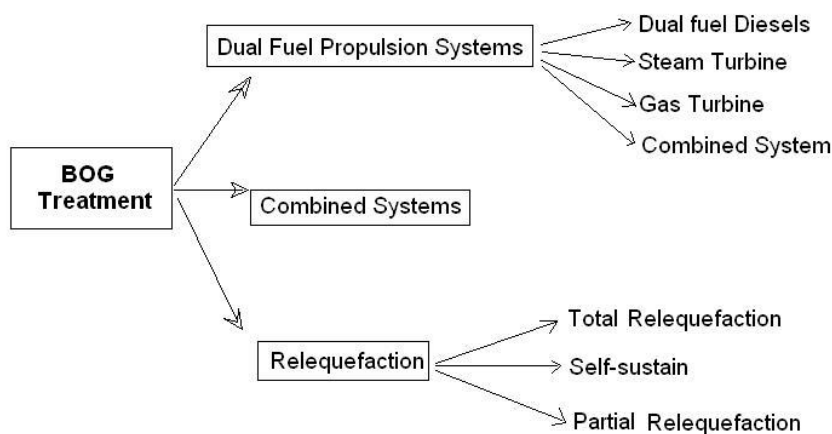
Επιλογή 2.

Είναι μια επιλογή, αλλά έχει μεγάλο κόστος και η κατανάλωση καυσίμου θα αυξηθεί λόγω των απαιτήσεων ισχύος της μονάδας.

Επιλογή 3.

Είναι εκείνη που χρησιμοποιείται γενικά. Μέχρι πρόσφατα, όλα τα πλοία LNG είχαν στροβίλους

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται όλες τις πιθανές προσθήριες εγκαταστάσεις για ένα αεριοφόρο πλοίο με βάση την εκμετάλλευση του αεριοποιημένου φορτίου (Boil-Off Gas



Σχέδιο 1.2: Διαδικασία από το BOIL OFF GAS μέχρι την κατανάλωση

Treatment) κατά την μεταφορά του. Το σύστημα της επαναυδροποίησης είναι μια πολύ ελκυστική λύση καθώς δίνετε έτσι η δυνατότητα μεταφοράς όλου του φορτίου χωρίς μεγάλες απώλειες. Η εγκατάσταση αυτή αρχικά είχε σχεδιαστεί για μια άλλη κατηγορία πλοίων τα LPG (Liquid Petroleum Gas). Στην αγορά είναι μικρός ο αριθμός των LNG που το διαθέτουν ένα τέτοιο σύστημα καθώς είναι αρκετά πολύπλοκο με επιπρόσθετη συντήρηση και με μεγάλο κόστος, τόσο στην εγκατάσταση του όσο και στη λειτουργία του. Έχει υπολογιστεί ότι ένα τέτοιο σύστημα χρειάζεται ενέργεια ίση με την ενέργεια του 20-30% του αεριοποιημένου φορτίου αν αυτό χρησιμοποιείται ως καύσιμο.

A) Σύστημα ολικής επαναυδροποίησης,

B) Αυτοσυντηρούμενο σύστημα επαναυδροποίησης.

1.6.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΛΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΪΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για την εγκατάσταση ολικής επαναυδροποίησης ένας κλειστός κύκλος ψύξης χρησιμοποιείται με άζωτο. Ο κύκλος αυτός ονομάζεται και “Brayton Cycle” και σαν ψυκτικό μέσον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το ήλιο αλλά στα LNG το άζωτο προτιμάτε.

1.6.2 ΑΥΤΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΪΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Το σύστημα αυτό είναι παρόμοιο με το ολικής επαναυδροποίησης και εδώ χρησιμοποιείται το άζωτο ως ψυκτικό μέσων, αλλά το σύστημα είναι τελείως ανεξάρτητο από την παροχή ατμού (αν έχει ατμοστρόβιλο) ή ηλεκτρισμού (αν χρησιμοποιεί Μ.Ε.Κ). Ο συμπιεστής επαναυδροποίησης

κινείται από αεροστρόβιλο ο οποίος καταναλώνει μέρος από το αεριοποιημένο. Το σύστημα είναι τελείως ανεξάρτητο μπορεί να τοποθετηθεί και εκτός μηχανοστασίου. Πολύ σημαντικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί ότι εγκατάσταση του γίνεται όποια χρονική στιγμή στη περίοδο ζωής του πλοίου θέλουμε. Η εγκατάσταση του αεροφόρου πλοίου είναι άμεσα συνδεδεμένη με το σύστημα επαναυγροποίησης (Re-liquefaction Plant) του αερίου που χρησιμοποιεί. Το σύστημα αυτό είναι μια εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της αεριοποίησης του φορτίου όπου καιγόταν αντί αυτού υγροποιείται και επιστρέφει στις δεξαμενές. Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας είναι η συνεχής λειτουργία των προστήριων μηχανημάτων εξαιτίας του πολύ υψηλού κόστους μεταφορά των αεριοποιημένων προϊόντων. Τελευταία θα πρέπει να συμπεριλάβουμε το βαθμό αξιοπιστίας της εγκατάστασης, την αποδοτικότητα της και φυσικά την ασφάλεια της. Συγκαταλέγοντας στα θετικά της το χαμηλό ποσοστό ρύπων, όπως θα δούμε παρακάτω. Συνήθως τα LNG έχουν μεγάλο μέγεθος (137000m³) και υπάρχει τάση να αυξηθεί περισσότερο πάνω από 200000 m³ για τα παραπάνω πλοία η μέση απαιτούμενη ιπποδύναμη κυμαίνεται στα 40000 - 50000shp με μέσω όρο ζωής τα 35 με 40 έτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. IMO

2.1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται σε συνεχή αναζήτηση για τη χρησιμοποίηση νέων μορφών ενέργειας λιγότερο ρυπογόνων για το περιβάλλον. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης φυσικού αερίου για καύσιμο στα πλοία είναι ότι μειώνει σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα ρύπανσης. Επειδή το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) ως καύσιμο έχει την ιδιότητα να μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) περίπου 25-30%, τις εκπομπές οξειδίων του θείου (SO_x) σχεδόν στο μηδέν και τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) περισσότερο από 80%, είναι φανερό ότι εμφανίζει περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με οποιοδήποτε ορυκτό καύσιμο.



Στο πλαίσιο αυτό τα βλέμματα έχουν στραφεί στη χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου στα πλοία. Πρόκειται για ένα από τα θέματα συζήτησης στη ναυτιλία που έχουν με λίγα λόγια προσελκύσει την προσοχή της θαλάσσιας βιομηχανίας. Οι ειδικοί επιμένουν ότι το LNG είναι το καύσιμο του μέλλοντος αν και είχε χρησιμοποιηθεί από ένα μικρό αριθμό πλοίων, τα λεγόμενα gasships, για κάποιο χρονικό διάστημα. Σήμερα όμως υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός προτάσεων για την κατασκευή μηχανών για πλοία που θα μπορούν να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ως καύσιμο. Σε πρώτη φάση το φυσικό αέριο θα χρησιμοποιηθεί στη ναυτιλία μικρών αποστάσεων και στα επιβατηγά πλοία. Σύμφωνα με πληροφορίες οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες, μεταξύ των οποίων και ελληνικών συμφερόντων μελετάνε το θέμα πολύ σοβαρά αφού κοιτάνε να δώσουν νέες παραγγελίες για ναυπηγήσεις πλοίων ώστε να γίνει η εγκατάσταση των ειδικών για LNG μηχανών από την αρχή και να μην χρειαστεί να τις μετατρέψουν στη συνέχεια, κίνηση που θα είναι κοστοβόρος. 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. 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. Η απουσία αυτών των ορίων οδήγησε σε αυξημένα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. 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. 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.» Για το θέμα αυτό έχει ξεσπάσει ένας παγκόσμιος πόλεμος μεταξύ κυβερνήσεων και εφοπλιστικών Ενώσεων και Οργανισμών. Η υπόθεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία βρίσκεται σε πρώτη προτεραιότητα. «Οι εκπομπές της ναυτιλίας που επιδρούν στο παγκόσμιο κλίμα είναι ελάχιστες συγκρινόμενες με άλλων μέσων μεταφοράς με βάση τις παρεχόμενες υπηρεσίες μεταφοράς (2-4% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα)» τονίζουν εφοπλιστικοί κύκλοι. Ο IMO στο πλαίσιο της Δ.Σ. MARPOL VI εφαρμόζει από το 2013 μηχανισμούς, όπως το EEDI (Energy Efficiency Design Index) και SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan), και επεξεργάζεται την καθιέρωση των MBM (Market Based Measures) για να επιτύχει μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) που προέρχονται από τη ναυτιλία, ενώ ήδη εφαρμόζονται σταδιακά οι απαιτήσεις για τον περιορισμό εκπομπών από τα πλοία ως προς SO_x (low sulphur fuel) και NO_x (Tier II & III standards). Εξάλλου και η ευρωπαϊκή ναυτιλιακή πολιτική στοχεύει στη σταδιακή μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των πλοίων για να καταπολεμηθεί η κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τις εκπομπές GHG στα καυσαέρια των πλοίων. Συνεπώς είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον να εξετασθούν οι απαιτήσεις χρήσης του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο πρόωσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο. Η απόφαση MSC.285(86)/2009 του IMO παρέχει διεθνή τυποποίηση στον τομέα προσωρινών οδηγιών ασφαλείας για την εγκατάσταση μηχανών φυσικού αερίου στα πλοία, ενώ η MSC επεξεργάζεται τον Διεθνή Κώδικα καυσίμου φυσικού αερίου (IGF) που θα καλύψει

την έλλειψη κανονιστικών απαιτήσεων, με χρονοδιάγραμμα υιοθέτησης την επόμενη αναθεώρηση της Δ.Σ. SOLAS περί το 2014.

Όσον αφορά τη διεθνή αγορά φυσικού αερίου, αν και η παραγωγή LNG έχει δείξει αυξητικές τάσεις και νέους παίκτες κατά τη δεκαετία του 2000, δηλαδή έχει δώσει ένα ασφαλές μήνυμα διαθεσιμότητας, οι τιμές του φυσικού αερίου προβλέπεται να παραμείνουν εξαρτημένες από τις τιμές του πετρελαίου και αυτό αναμένεται να τις κρατήσει σχετικά υψηλά στο προβλέψιμο μέλλον. Επιπλέον η εξέλιξη του παγκόσμιου δικτύου υφιστάμενων και σχεδιαζόμενων εγκαταστάσεων προμήθειας LNG και η ανάπτυξη του στόλου μεταφοράς LNG παρουσιάζει ενδιαφέρον, διότι για τον ανεφοδιασμό των πλοίων με χρήση LNG διαπιστώθηκε ότι απαιτείται πυκνό δίκτυο, δεδομένης της ευελιξίας ανεφοδιασμού που παρέχεται είτε από τερματικές εγκαταστάσεις υγροποιημένου αερίου είτε από μικρά δεξαμενόπλοια.

Η διερεύνηση των τεχνολογικών εξελίξεων στον τομέα των ναυτικών μηχανών, προκειμένου να προσδιορισθεί η μείωση των εκπομπών καυσαερίων σε περίπτωση χρήσης LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο, κατέδειξε ότι Νηογνώμονες και κατασκευαστές ναυτικών μηχανών έχουν ήδη συγκροτήσει ερευνητικές ομάδες και εκπονούν μελέτες σκοπιμότητας (case studies) για διαφορετικούς τύπους πλοίων (Ro-Ro, cap size bulk carrier, feeder container). Ειδικότερα, τα υβριδικά μοντέλα ναυτικής μηχανής (dual-fuel DF) που παράγουν 80% λιγότερο NOx, 20% λιγότερο CO2 και πρακτικά μηδενικές εκπομπές SOx κατά τη λειτουργία με LNG σε σύγκριση με HFO, αποτελούν βιώσιμες εναλλακτικές εφαρμογές. Επίσης, παρέχουν ευελιξία λόγω της υβριδικής τους φύσης κατά τη διέλευση του πλοίου από περιοχές ECA στα πλαίσια της Δ.Σ. MARPOL.

Προκειμένου να αξιολογηθεί εάν η επένδυση μετασκευής πλοίου ή νέας κατασκευής πλοίου με χρήση LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο είναι αποδοτική, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα κόστη μετατροπής ή εγκατάστασης της μηχανής, το κόστος του δοχείου αποθήκευσης, τα λειτουργικά κόστη, το κόστος συντήρησης και τέλος το περιβαλλοντικό κόστος στα πλαίσια των επερχόμενων MBM (περιβαλλοντική επιβάρυνση ή χρηματιστήριο ανταλλαγής ρύπων). Κατά συνέπεια η ενδεχόμενη επένδυση στη χρήση LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες τιμολόγησης φυσικού αερίου φαίνεται να είναι ελκυστική ιδιαίτερα όταν τα πλοία προορίζονται να ταξιδεύουν σε ειδικά προστατευμένες περιοχές ECA.

2.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ECAs

Emission Control Areas (ECAs) είναι θαλάσσιες περιοχές για τις οποίες έχουν θεσπιστεί αυστηρότεροι έλεγχοι για την ελαχιστοποίηση των ατμοσφαιρικών εκπομπών, (SO_x, NO_x, ODS, VOC) από τα πλοία, όπως ορίζεται στο παράρτημα VI της MARPOL πρωτόκολλο του 1997, το οποίο ήρθε σε ισχύ το Μάιο του 2005. Το παράρτημα VI περιλαμβάνει διατάξεις για δύο ομάδες απαιτήσεων εκπομπών

και ποιότητας καυσίμων που αφορούν SO_x και PM, ή NO_x, μια παγκόσμια απαίτηση και αυστηρότερους ελέγχους σε ειδικές περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECA). Οι κανονισμοί αυτοί προέρχονταν από τις ανησυχίες σχετικά με τη συμβολή της



Εικόνα 2.1: Οι υπάρχουσες περιοχές ECA και οι προβλεπόμενες

ναυτιλίας στην "τοπική και παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση και τα περιβαλλοντικά προβλήματα." Τον Ιούλιο του 2010 επιβλήθηκε ένα αναθεωρημένο αυστηρότερο παράρτημα VI με σημαντικά αυστηρότεροι όρια εκπομπών. Από το 2011 υπήρχαν τέσσερις υφιστάμενες περιοχές ECA που περιλαμβάνουν τη Βαλτική Θάλασσα, τη Βόρεια Θάλασσα, την βορειοαμερικανική περιοχή ECA που περιλαμβάνει τις περισσότερες περιοχές ΗΠΑ / Καναδά και την περιοχή ECA ΗΠΑ Καραϊβικής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι άλλες περιοχές μπορούν να προστεθούν στο μέλλον

πριν από 1 Ιούλη 2010	1,50% m / m
μεταξύ 1η Ιουλίου 2010 και 1 Ιανουαρίου 2015	1,00% m / m
μετά την 1 Ιανουαρίου του 2015	0,10% m / m

μέσω του πρωτοκόλλου ορίζεται στο παράρτημα VI .Βελτιωμένες περιβαλλοντικές επιδόσεις και μειωμένο λειτουργικό κόστος

είναι στην κορυφή των προτεραιοτήτων όλων. Οι κανονισμοί για το θέμα περιεκτικότητας του

πριν από 1 Ιανουαρίου του 2012	4,50% m / m
μεταξύ της 1ης Ιανουαρίου 2012 και 1η Ιανουαρίου του 2020	3,50% m / m
μετά από πρώτης Ιανουαρίου του 2020	0,50% m / m

θείου στα καύσιμα κυμαίνεται σε αυστηρό επίπεδο στο μέλλον. Από

της 1/1/2015, η μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων σε περιοχές ECA θα περιοριστεί σε 0,1% για όλα τα πλοία ενώ έξω από τα όρια ισχύει 3,5% Από της 1/1/2020 η περιεκτικότητα των

καυσίμων σε θείο θα πέσει στο 0,5% πράγμα που σημαίνει ότι η ανάγκη για καύσιμα σε χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο θα είναι μεγάλη. Η αλλαγή του κλίματος και η ταχύτερη αύξηση του κόστους καυσίμων έχει εστιάσει την προσοχή όλων στην ενεργειακή κατανάλωση και αποδοτικότητα, στο σύνολο του ναυτίλιου τομέα .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΕΩΣ

3.1 ΑΤΜΟΤΡΟΒΙΛΟΙ

Τα πρώτα χρόνια οι ατμοστρόβιλοι αποτελούσαν την μόνη λύση για την προστήρια εγκατάσταση, καλύπτοντας με αποτελεσματικότητα τον τομέα της ασφάλεια και την αξιοπιστία της όλης εγκατάστασης.



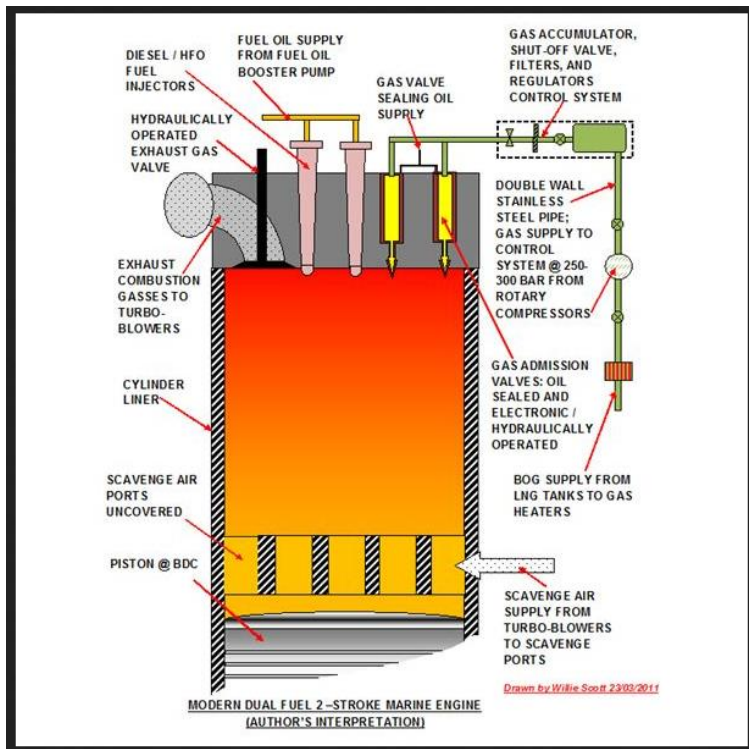
Εικόνα 3.1: Εγκατάσταση ατμοστρόβιλου.

Πρόκειται από τα πλέον διαδεδομένα συστήματα προώσεως των LNG από τότε που η μεταφορά των αερίων καθ'εστη εμπορεύσιμη από την ναυτιλία. Οι ατμοστρόβιλοι έχοντας μια δοκιμασμένη πορεία στη θάλασσα προσέφεραν χαμηλό κόστος συντήρησης, απεριόριστη ισχύ,

αποδεδειγμένη αξιοπιστία και ικανότητα να καταναλώνουν βαριά κλάσματα του πετρελαίου με αποτέλεσμα χαμηλό κόστος πετρέλευσης. Με βάση τα παραπάνω οι ατμοστρόβιλοι κυριάρχησαν αρχικά στις εγκαταστάσεις των LNG. Μια ατμοστρόβιλο εγκατάσταση αποτελείται από δυο στρόβιλους, ένα στρόβιλο υψηλής HP και έναν χαμηλής LP πίεσης. Ένα μειονέκτημα των ατμοστρόβιλων είναι ότι δεν έχουν καλό βαθμό απόδοσης, περίπου 29% για κύρια πρόωση και περίπου 25% για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Από την άλλη πλευρά η μεγάλη κατανάλωση καυσίμου, που εν μέρη ισοσταθμίζονταν με την κατανάλωση αερίου από το φορτίο. Οδήγησε τους κατασκευαστές και τους πλοιοκτήτες να μελετήσουν εναλλακτικά και αποδοτικότερες προωστήριες εγκαταστάσεις.

3.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ LNG

3.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση εξαρτημάτων λέβητα διπλού καυσίμου.

για παραγωγή ατμού.

3.2.2 ΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΔΙΠΛΟ ΚΑΥΣΙΜΟ

Το αέριο χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει τους λέβητες, αυξάνοντας τον υπέρθερμο ατμό προωθώντας τον στην προωστήρια εγκατάσταση για κίνηση του πλοίου. Οι λέβητες στα LNG μπορούν και λειτουργούν χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές καύσιμες ύλες (dual-fuel), έτσι είναι σε θέση να καινέ μόνο πετρέλαιο ή μόνο υγραέριο ή και τα δυο συγχρόνως. Τα περισσότερα LNG χρησιμοποιούν (roof-fired boilers) δηλ. λέβητες όπου ο καυστήρας τοποθετείται στην οροφή του, κατά τα άλλα αυτοί οι λέβητες δεν διαφέρουν από τους συνηθισμένους λέβητες πλοίων. Η κύρια διαφορά τους εντοπίζεται στην εισαγωγή του αέρα όπου μαζί με την καύσιμη ύλη εισάγετε από την οροφή πάνω από τον υπερθερμαντήρα. Ο αερισμός αυτός αποσκοπεί στην καλύτερη δυνατή

Μέσα στην εστία του λέβητα γίνεται η καύση του καυσίμου. Η θερμότητα που αναπτύσσεται ατμοποιεί το νερό και υπερθερμαίνει τον παραγόμενο ατμό, ο οποίος από τον ατμοθάλαμο οδηγείται στον υπερθερμαντήρα. Ο υπέρθερμος ατμός οδηγείται διαμέσου του κυρίου ατμοφράκτη προς τους στροβίλους Υ.Π και Χ.Π όπου εκτονώνεται και παράγει το έργο που παραλαμβάνεται από τον άξονα. Κατόπιν, με τον εξατμιστικό αγωγό οδηγείται ως εξάτμιση προς το συμπυκνωτή όπου συμπυκνώνεται σε νερό και επιστρέφει στον λέβητα όπου χρησιμοποιείται ως τροφοδοτικό νερό

ανάμιξη αέρα-καυσίμου και προς αποφυγή τοπικής υπερθέρμανσης του υδροθαλάμου οδηγώντας σε συσσωρευμένες τάσεις κατά την επανεκκίνηση του λέβητα.

3.4 ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Μετά από έτη ερευνών οι αργόστροφες μηχανές εσωτερικής καύσεως με σύστημα επαναυροποίησης (re-liquefaction plant) και οι dual fuel diesel engines προσέφεραν μεγαλύτερη απόδοση και ευελιξία στο σύστημα προώσεως και παραγωγής ενέργειας. Παρ όλα αυτά οι ατμοστρόβιλοι καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του στόλου των LNG. Η μελέτη αυτή παρουσιάζει εναλλακτικές προωστήριες εγκαταστάσεις για τα σύγχρονα LNG και γίνεται σύγκριση μεταξύ των εγκαταστάσεων αυτών .

Οι κυριότεροι παράμετροι ενός συστήματος προώσεως.

- Αύξηση της ασφάλεια
- Υψηλότερη αξιοπιστία
- Εύκολη / φθηνή συντήρηση
- Εύκολη λειτουργικότητα
- Χαμηλά ποσά ρύπων
- Εξοικονόμηση χώρου εγκατάστασης
- Υψηλή απόδοση σε όλα τα στάδια λειτουργικότητας
- Ευελιξία της όλης εγκατάστασης στα στάδια λειτουργικότητας

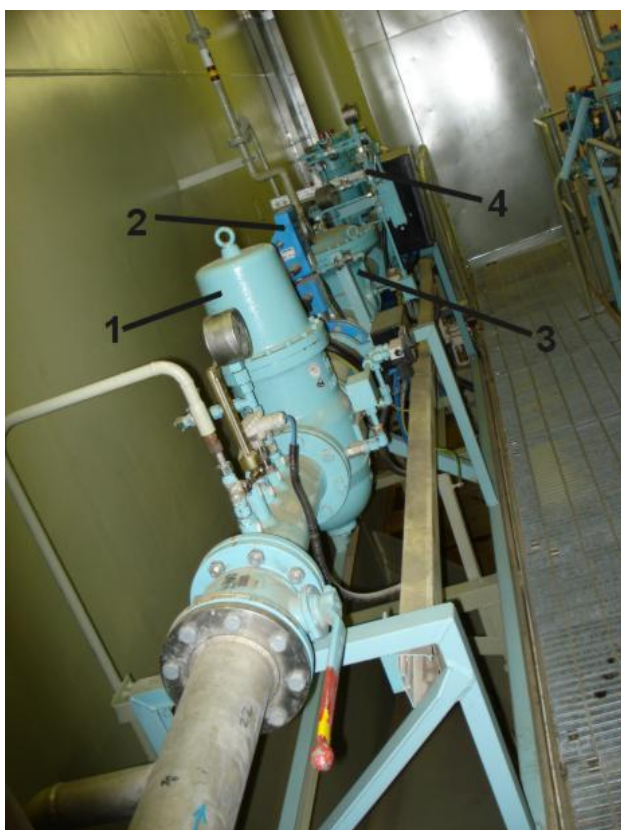
3.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (DUAL FUEL ENGINES).

Όπως γνωρίζουμε οι Μ.Ε.Κ για δεκαετίες κυριαρχούν στον τομέα της ναυτιλίας εκτός των LNG. Έτσι η ευρύ χρήση και αξιοπιστία τους βοήθησε καθοριστικά στην εξέλιξη της τεχνολογίας τους και στον τομέα των LNG. Η εξέλιξη των Dual fuel μηχανών εσωτερικής καύσεως οδήγησε στη λειτουργία τους χρησιμοποιώντας αεριοποιημένο υγραέριο επιτυχώς, εγκαθιδρύοντας έτσι ως προωστήρια εγκατάσταση και στο χώρο των αεροφόρων πλοίων. Οι Dual fuel μηχανές χωρίζονται σε δυο τύπους: α) έγχυση αερίου με υψηλή πίεση και β) συμπίεση του αερίου με χαμηλή πίεση.

3.5.1 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ο κινητήρας λειτουργεί με την αρχή της καύσης φτωχού μίγματος. Αυτό σημαίνει ότι η αναλογία αέρα προς καύσιμο είναι υψηλή. Ένα πλεονέκτημα είναι ότι ο κινητήρας θα παράγει χαμηλές εκπομπές NOx, επειδή η θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται από την καύση του καυσίμου είναι η χρήση για τη θέρμανση αυτού του επιπλέον αέρα, περιορίζοντας τις θερμοκρασίες καύσης. Υπάρχουν δύο συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου. Ο κινητήρας τίθεται σε λειτουργία με τη χρήση του καυσίμου ντίζελ. Όταν η καύση είναι σταθερή, η μηχανή αλλάζει σε προμήθεια φυσικού αερίου. Αυτό διαρκεί περίπου ένα λεπτό, κατά την οποία το καύσιμο πετρέλαιο βαθμιαία θα υποκατασταθεί από το φυσικό αέριο.

Οι φωτογραφίες δείχνουν τη μονάδα ρύθμισης του φυσικού αερίου.



Εικόνα 3.3: Μονάδα ρύθμισης φυσικού αερίου

Η παροχή αερίου διηθείται και στη συνέχεια περνά διαμέσου ενός ρυθμιστή πίεσης, η έξοδος του οποίου εξαρτάται από το φορτίο του κινητήρα και το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου, αλλά είναι ένα μέγιστο 4 bar. Το σύστημα ενσωματώνει επίσης αναγκαίο κλείσιμο και εξαερισμού βαλβίδων για λόγους ασφαλείας. Το αέριο στη συνέχεια διοχετεύεται στον κινητήρα με διπλό τοίχωμα κοινή σιδηροδρομικού συστήματος μεγάλης διαμέτρου με κάθε κύλινδρος έχει ένα άτομο τροφοδοσίας σε μια βαλβίδα εισαγωγής αερίου.

Σε πρώτο πλάνο της απέναντι εικόνα είναι το εγχειρίδιο βαλβίδα απομόνωσης (με την κόκκινη λαβή)

Αριθ. 1 είναι το φίλτρο

Αριθ. 2 είναι το ροόμετρο

Αριθ. 3 είναι η μονάδα ρυθμιστή αερίου

Αριθ. 4 είναι οι βαλβίδες απομόνωσης

Αριθ. 5 είναι μία βαλβίδα εξαέρωσης.



Εικόνα 3.4: Μονάδα ρύθμισης φυσικού αερίου από άλλη μεριά

3.5.2 ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ Μ.Ε.Κ ΚΑΙ DUAL FUEL Μ.Ε.Κ

Βασικά οι Dual fuel μηχανές είναι τροποποιημένες Μ.Ε.Κ ώστε να είναι σε θέση να καίνε όχι μόνο υγρό καύσιμο αλλά υγρό μαζί με αεριοποιημένο καύσιμο. Αρνητικός παράγοντας σε αυτές τις μηχανές είναι η χρήση Diesel . Οι διαφορές αυτές μπορεί να κατηγοριοποιηθούν:

3.5.2.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το αέριο εισέρχεται στον κύλινδρο μέσω μιας βαλβίδας καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω, η οποία βρίσκεται στην εισαγωγή του αέρα πάνω στο καπάκι, έξω από τον χώρο καύσεως. Το αέριο αναμιγνύεται με τον εισερχόμενο αέρα και στην συνέχεια συμπιέζεται κατά την φάση της συμπίεσης. Λίγο πριν το ΑΝΣ μια μικρή ποσότητα πετρελαίου εκχύνεται στο κύλινδρο, από μια Pilot Fuel oil valve ώστε να βοηθήσει το μείγμα να αναφλεγεί. Ο υπόλοιπος κύκλος λειτουργίας μένει ο ίδιος.

3.5.2.2 ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΕΡΑ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Όπως γνωρίζουμε οι Μ.Ε.Κ λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα αναλογία αέρα/πετρελαίου. Στις Dual fuel μηχανές η αναλογία αυτή παραμένει σταθερή ανάλογα με την περιεκτικότητα του αερίου ελέγχοντας τη ροή του αέρα μέσω bypass στην εισαγωγή του αέρα. Επίσης μέσω αυτού του bypass ελέγχετε στα καυσαέρια η αναλογία θερμοκρασίας/ οξυγόνου.

3.5.2.3 PILOT FUEL OIL

Η καύση του μείγματος επιτυγχάνεται από μια μικρή ποσότητα πετρελαίου η οποία εκχύνεται στο κύλινδρο και ανάλογη με το αντίστοιχο μπουζί για τους βενζινοκινητήρες. Αυτή η μικρή ποσότητα είναι αντίστοιχη με το 10% της κανονικής κατανάλωσης για μια ντιζελομηχανής.

3.5.2.4 GAS VALVE

Οι Dual fuel μηχανές διαθέτουν όπως αναφέραμε προηγούμενος, εκτός του συνηθισμένου καυστήρα και μια βαλβίδα οπού χορηγείτε το αέριο στον κύλινδρο. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι εδώ η ροή έκχυσης του αερίου είναι ελεγχόμενη.

3.5.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ DUALFUEL ΜΗΧΑΝΕΣ.

Στην περίπτωση των Dual fuel μηχανών τοποθετούνται τα παρακάτω συστήματα ελέγχου (Firing Control Systems).

- a. Control System of gas feed
- b. Control System of air flow
- c. Changeover system between dual fuel mode and diesel mode.

3.5.3 ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 2-ΧΡΟΝΗΣ ΚΑΙ 4-ΧΡΟΝΗΣ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΔΙΠΛΟ ΚΑΥΣΙΜΟ

3.5.3.1 2-ΧΡΟΝΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ DUAL FUEL

Με την δίχρονη μηχανή το αέριο δεν μπορεί να αναμιχθεί με τον αέρα εισαγωγής, δεδομένου ότι θα μετατρέψει το χώρο της σάρωσης σε μια τεράστια βόμβα.

Υπάρχουν δυο πιθανές μέθοδοι εισαγωγής του αερίου μέσα στον κύλινδρο:



Εικόνα 3.5:2-χρονη μηχανή διπλού καυσίμου

Η πρώτη μέθοδος εισάγει αέριο χαμηλής πίεσης μέσω μιας βαλβίδας εισαγωγής αερίου στην κεφαλή του κυλίνδρου, όταν η βαλβίδα εξαγωγής έχει κλείσει και η πίεση στον κύλινδρο είναι χαμηλή. Το αέριο συμπιέζεται και αναμειγνύεται με τον αέρα και αναφλέγεται με την βοήθεια πιλοτικού εγχυτήρα που ψεκάζει ντίζελ.

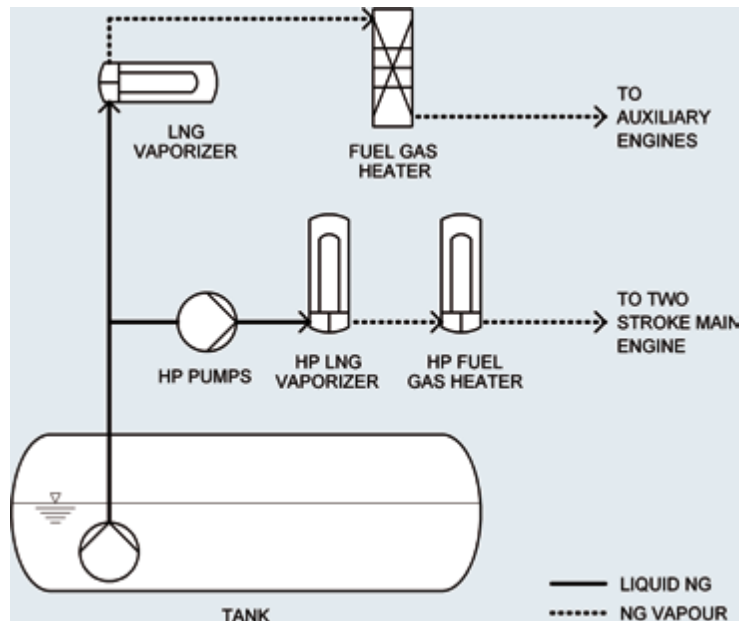
Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι η καύση έχει χαμηλή απόδοση.

Η δεύτερη μέθοδος είναι να συμπιέζει το αέριο σε υψηλή πίεση (250-300 bar)

και να εγχέεται μέσα στον κύλινδρο μέσω ειδικών εγχυτήρων αερίου στο ίδιο χρόνο μαζί με το ντίζελ. Αυτή είναι η μέθοδος που έχει αναπτυχθεί από τη MAN B&W στη μηχανή ME-GI, η οποία είναι ουσιαστικά η καινούργια ηλεκτρονική μηχανή χωρίς εκκεντροφόρο, με τον επιπλέον εξοπλισμό για την έγχυση του αερίου στον κινητήρα. Ο κινητήρας είναι εφοδιασμένος με βαλβίδες έγχυσης αερίου και εγχυτήρες καυσίμου και επειδή είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενη μπορεί να κάνει οποιαδήποτε αναλογία αερίου και καυσίμου με μια προκαθορισμένη ελάχιστη ποσότητα καυσίμου. Το αέριο συμπιέζεται με συμπιεστές από 250 έως 300 bar. Στη συνέχεια ψύχεται και οδηγείται στα μπλοκ βαλβίδων σε κάθε κύλινδρο. Κάθε μπλοκ βαλβίδων ενσωματώνει ένα συσσωρευτή ο οποίος έχει όγκο που αντιστοιχεί σε περίπου 20 φορές το ποσό του αερίου που διοχετεύεται σε λειτουργία με πλήρες φορτίο. Ο σκοπός του συσσωρευτή είναι να ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε πτώση πίεσης κατά τη διάρκεια της έγχυσης αερίου, και να παρακολουθεί την μικρή πτώση πίεσης, δεδομένου ότι αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του συστήματος ασφάλειας κινητήρων. Η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει σε διάφορες λειτουργίες ανάλογα με τις περιστάσεις .

1 . Κανονική “dual fuel” με την οποία εγχέεται το πιλοτικό καυσίμου είναι περίπου 6 % του φορτίου. Εάν η παροχή αερίου είναι περιορισμένη, τότε επιπλέον πετρέλαιο θα πρέπει να εγχέεται για να διατηρηθεί η ισχύ.

2 . Εάν μια περιορισμένη, αλλά σταθερή ποσότητα φυσικού αερίου είναι διαθέσιμη, ο κινητήρας μπορεί να λειτουργήσει σε « συγκεκριμένη κατάσταση αερίου ». Όταν βρίσκεται



σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας, η ίδια ποσότητα αερίου εγχέεται κάθε

Εικόνα 3.6: Δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου από την δεξαμενή στην κατανάλωση ως καύσιμο.

φορά, με το ποσό του πετρελαίου να μεταβάλλεται, ανάλογα με το φορτίο της μηχανής.

3 . Λειτουργία με πετρέλαιο μόνο, για ελιγμούς η όταν δεν είναι διαθέσιμο φυσικού αερίου.

Οι σωλήνες παροχής αερίου είναι διπλού τοιχώματος, με αέρα στεγανοποίησης που παρέχεται ανάμεσα των δυο σωλήνων. Συμπιεσμένο αέρα, που παρέχεται από ανεμιστήρες και παρακολουθείται για τυχόν διαρροή αερίου. Επειδή μια αποτυχία του εσωτερικού σωλήνα αερίου, θα μπορούσε να οδηγήσει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες λόγω της διαρροής του αερίου υψηλής πίεσεως, οι εξωτερικές σωληνώσεις κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα που να αντέξει σ αυτές τις χαμηλές θερμοκρασίες. Η ροή του αερίου μέσα στο αέρα στεγανοποίησης παρακολουθείται. Η έλλειψη της ροής οδηγεί σε κλείσιμο του διακόπτη της παροχής αερίου και καθαρισμός των γραμμών με αδρανές αέριο. Για την αποφυγή διαρροής αερίου στα μπεκ και για να λιπαίνονται τα κινούμενα μέρη, τα μπεκ ψεκασμού αερίου τροφοδοτούνται με λάδι στεγανοποίησης το οποίο συμπιέζεται σε 25 - 50 bar πάνω από την πίεση έγχυσης αερίου. Η μικρή ποσότητα του ελαίου το οποίο διαρρέει μέσα στο αέριο στη συνέχεια καίγεται στον κινητήρα. Η κατανάλωση είναι χαμηλή (περίπου 0.13g/kwh). Το σύστημα στεγανοποίησης αποτελείται από δυο αντλίες για σκοπούς πλεονασμού και ένα συσσωρευτή για να διατηρήσει την πίεση, εάν μια αντλία αποτύχει, τότε η αντλία αναμονής παρέχει την πίεση. Σε περίπτωση που υπάρξει ανοιχτό κόλλημα έγχυσης αερίου τότε μια πτώση της πίεσης στο συσσωρευτή στο μπλοκ βαλβίδων θα εντοπιστεί και το σύστημα θα κλείσει, και οι γραμμές του φυσικού αερίου θα καθαρίζονται με αδρανές αέριο. Σε περίπτωση που δεν ανιχνεύετε η πτώση της πίεσης, η περίσσεια αερίου που εισέρχεται στο κύλινδρο θα συνεχίσει να καίγεται και θα οδηγεί σε μια υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων στον κύλινδρο, με αποτέλεσμα να επιβραδύνει η μηχανή, και την διακοπή της παροχής αερίου.

Στην απίθανη περίπτωση καθυστερημένης ανάφλεξης του αερίου στον οχετό εξαγωγής, που οδηγεί σε ταχεία αύξηση της πίεσης, ο οχετός έχει σχεδιαστεί για να αντέχει πίεση 15 bar. Οποιαδήποτε αποτυχία έγχυσης του πιλοτικού καυστήρα, με αποτέλεσμα να μη καίγεται το αέριο που έχει εισαχθεί θα οδηγήσει στην διακοπή της παροχής αερίου και στο καθαρισμό των γραμμών αερίου με αδρανές αέριο.

3.5.3.2 4-ΧΡΟΝΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ DUAL FUEL

Η απόδοση του κινητήρα ντίζελ στην έννοια διπλού καυσίμου πλησιάζει το 50%. Όταν εγκατασταθεί ως μέρος της ντίζελοηλεκτρικής πρόωσης (με σκοπό την οικονομική, πρακτική και εφεδρεία) η γενική απόδοση είναι περίπου 43% λόγω απωλειών. Ωστόσο, η απόδοση υπερβαίνει κατά πολύ εκείνη της μονάδας αμμοστροβίλου. Το bog συμπιέζεται σε περίπου 5,5 bar από συμπιεστές και στη συνέχεια θερμαίνεται στους περίπου 30°C. Το αέριο στη συνέχεια διοχετεύεται προς τις μηχανές, όπου εγχέεται εντός του οχετού του αέρα εισαγωγής, πριν ο αέρας εισαχθεί στους κυλίνδρους η ανάφλεξης γίνεται με πιλοτική έγχυση καυσίμου ντίζελ.

3.6 MAN B&W ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ο τύπος της Man B&W MC-GI μπορεί να κάνει χρήση και των δυο καυσίμων. Πρόκειται για αργόστροφη, long stroke μηχανή, (τα χαρακτηριστικά της οποίας θα τα δούμε παρακάτω) και είναι σε θέση να χρησιμοποιεί τεχνολογία έκχυσης αερίου υψηλής πίεσης. Η τεχνολογία αυτή βοηθά αποτελεσματικά στην εξάλειψη κρουστικής καύσης (knocking) που είναι περιοριστικός παράγοντας για την μέση πίεση συμπίεσης και κατά επέκταση της ισχύς της μηχανής. Παράλληλα η χρήση υψηλής πίεσης έκχυσης έχει το πλεονέκτημα να καθιστά το αέριο απαθή στη συνολική σύνθεση του, αυτό οδηγεί στην αποδοτική καύση ασθενέστερων συστατικών του αερίου με παραπλήσια θερμαντική αξία. Μια προσθήκη εγκατάσταση εφοδιαζόμενη με μια Man B&W MC-GI πρέπει να διαθέτει κάποια επιπρόσθετα συστήματα τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Αεροσυμπιεστή υψηλής πίεσης (250 bar) λαμβάνονται υπ' όψη και το ψυγείο που πρέπει να διατηρεί θερμοκρασία 40-50 °C
- Buffer tank λαμβάνοντας υπόψη και το συμπυκνωτή του αερίου (περιέχει περίπου 20πλασια ποσότητα εκλυόμενου αερίου ανά κύκλο). Το Buffer tank εξυπηρετεί στα εξής
 - a. Παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα αερίου με μικρή αλλά καθορισμένη πτώση πίεσης
 - b. Είναι μέρος ασφαλιστικής δικλείδας του συστήματος.
- Σύστημα ελέγχου του συμπιεστή

- Συστήματα ασφαλείας, όπως το hydro carbon analyzer για τον συνεχή έλεγχο της συγκέντρωσης υδρογονανθράκων στο μηχανοστάσιο και στο διαμέρισμα όπου βρίσκετε ο αεροσυμπιεστή.

3.7 ΜΕΣΟΣΤΡΟΦΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΖΙΡΟΔ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΪΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Μια τέτοια εγκατάσταση θα πλεονεκτούσε έναντι των υπολοίπων που καθώς οι μεσόστροφες πετρελαιομηχανές σε συνδυασμό με τα AZ iPod είναι αποδοτικότερες προσφέροντας στο πλοίο ευελιξία τόσο στο μηχανοστάσιο όσο και στην πλοήγηση. Με τη σημερινή τεχνολογία η ισχύς μιας τέτοιας εγκατάστασης μπορεί να φθάσει τα 23 MW.

3.8 WÄRTSILÄ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Η Wärtsilä ξεκίνησε εργασίες ανάπτυξης με κινητήρες αερίου δύο καυσίμων το 1987, η πρώτη έννοια είναι το φυσικό αέριο, ντίζελ (GD) κινητήρας με έγχυση αερίου υψηλής πίεσης. Αυτό ακολουθήθηκε από τη δεύτερη γενιά των κινητήρων φυσικού αερίου στις αρχές της δεκαετίας του 1990, όταν η εταιρεία εισήγαγε επιβαλλόμενη ανάφλεξη κινητήρων (SG)

καθαρού αερίου που χρησιμοποιούν αέριο χαμηλής πίεσης. Η πραγματική επανάσταση, όμως, ήρθε όταν η χρήση διπλού-καυσίμου (DF) του κινητήρα εισήχθη από την Wärtsilä το 1995. Η τρίτη γενιά της ανάπτυξης του κινητήρα φυσικού αερίου είχε ως αποτέλεσμα την ικανότητα να συνδυάζει την ευελιξία και την αποδοτικότητα των καυσίμων με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις. Παρ 'όλες τις υποσχέσεις του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου πλοίων, μέχρι σήμερα η χρήση του έχει επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στις μηχανές μέσης ταχύτητας, με Wärtsilä ο κορυφαίος πάροχος του διπλού καυσίμου κινητήρων 4-χρονος από το 2005, πουλώντας περισσότερους από 1.000 κινητήρες που συλλογικά έχουν υπερβεί 7.000.000 επιχειρησιακές ώρες λειτουργίας σε τόσο στις χερσαίες και θαλάσσιες εφαρμογές. Η Wärtsilä στοχεύει τώρα να επεκτείνει τα οφέλη αυτά σε

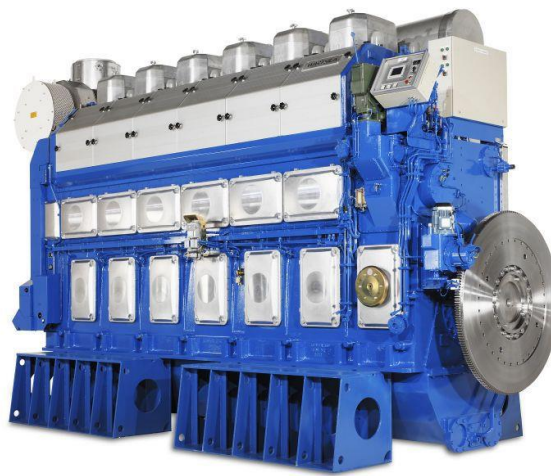
ολόκληρο τον κλάδο, εφαρμόζοντας την εκτεταμένη εμπειρία της σε διπλή δύναμη των καυσίμων για 2-χρονους κινητήρες. Το κατάλληλο για το πλοίο ήθος βρίσκεται στο επίκεντρο της ανάπτυξης και του σχεδιασμού των κινητήρων αυτών. Ως εκ τούτου, τα συστήματα διπλού καυσίμου έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι φιλικά προς το χρήστη, χωρίς να απαιτείται οι μηχανικοί πλοίων να έχουν οποιεσδήποτε ειδικές πρόσθετες δεξιότητες, και να είναι ασφαλές, απλό στην εγκατάσταση παρέχοντας χαμηλό κόστος από την τάξη στην πράξη. Πράγματι, ενώ λειτουργεί με φυσικό αέριο οι κινητήρες διπλού καυσίμου χαμηλής πίεσης Wärtsilä δεν απαιτούν πρόσθετο εξοπλισμό, όπως την μετεπεξεργασία των καυσαερίων, για την κάλυψη Tier III κανονισμούς NOx του ΔΝΟ.

3.8.1 WÄRTSILÄ 46DF ΚΑΙ 50DF

Η Wärtsilä 46DF είναι ένας τετράχρονος κινητήρας διπλού καυσίμου που μπορεί να λειτουργεί με φυσικό αέριο, το μαζούτ (μαζούτ) ή ντίζελ πλοίων πετρελαίου (MDO). Ο κινητήρας μπορεί είναι ομαλής μετάβασης από το καύσιμο αέριο σε λειτουργία μαζούτ / MDO και αντίστροφα, χωρίς απώλεια της εξουσίας ή της ταχύτητας. Ο σχεδιασμός Wärtsilä 46DF βασίζεται στις καλά



Εικόνα 3.7: Wärtsilä 46F



Εικόνα 3.8: Wärtsilä 50DF

δοκιμασμένη και αξιόπιστη Wärtsilä 46F και Wärtsilä 50DF οικογένειες κινητήρων, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην αγορά από τις αρχές της δεκαετίας του 2000. Και οι δύο κινητήρες έχουν μια εξαιρετική πορεία, με περισσότερες από 700 μηχανές σε λειτουργία και πάνω από 9 εκατομμύρια ώρες λειτουργίας εμπειρία χρησιμοποιώντας την κορυφαία τεχνολογία Wärtsilä του DF. Η Wärtsilä 46DF επεκτείνει οικογένεια κινητήρων διπλού καυσίμου Wärtsilä του καλύπτοντας το φάσμα ισχύος από 6,2 MW σε 18,3 MW στα 600 rpm. Ευελιξία καυσίμου. Δοκιμασμένη τεχνολογία διπλού καυσίμου Wärtsilä του επιτρέπει στους ιδιοκτήτες και τους φορείς εκμετάλλευσης να επιλέξουν τόσο του φυσικού αερίου και υγρών καυσίμων, και την εναλλαγή

μεταξύ των δύο ανάλογα με το κόστος, τη διαθεσιμότητα και τοπικούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Ο διακόπτης μεταξύ των διαφόρων τύπων καυσίμων γίνεται χωρίς απώλεια της εξουσίας ή της ταχύτητας. Η αυτοματοποίηση κινητήρα προσαρμόζεται αυτόματα στην κατάλληλη επιλογή των



καυσίμων, τόσο σε κανονικές και έκτακτες καταστάσεις. Στη λειτουργία του φυσικού αερίου, το φυσικό αέριο τροφοδοτείται στον κινητήρα σε χαμηλή πίεση. Αυτό διευκολύνει μια απλούστερη και εξοικονόμηση χώρου κινητήρα διαρρύθμιση του δωματίου, ενώ η ευκολότερη και ταχύτερη δραστηριότητες συντήρησης. Σωλήνες αερίου του κινητήρα είναι διπλά τοιχώματα ως πρότυπο, και το προηγμένο ολοκληρωμένο σύστημα αυτοματισμού επιτρέπει ενισχυμένη ασφάλεια και την τοπική παρακολούθηση. Αυτό οδηγεί σε ασφαλέστερα και πιο αξιόπιστη λειτουργία τους, σύμφωνα με όλες τις όροι. Για ολοκληρώσει ενσωματωμένο αυτοματισμού ελαχιστοποιεί την ανάγκη για εξωτερικούς ελέγχους, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ελέγχου του κινητήρα χώρο του δωματίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το φυσικό αέριο είναι ένα καύσιμο και είναι εύφλεκτη ουσία. Κίνδυνοι περιλαμβάνουν ευφλεκτότητα μετά από εξάτμιση σε αέρια κατάσταση, πάγωμα και ασφυξία. Για να διασφαλιστεί η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία, λαμβάνονται ειδικά μέτρα στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων υγροποιημένου φυσικού αερίου. Σε υγρή κατάσταση, το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν είναι εκρηκτικό και δεν μπορεί να καεί. Για να καεί, θα πρέπει πρώτα να εξατμιστεί, και στη συνέχεια να αναμειχθεί με τον αέρα στις κατάλληλες αναλογίες (το εύφλεκτο εύρος είναι 5 τοις εκατό έως 15 τοις εκατό), και στη συνέχεια να αναφλεγεί. Στην περίπτωση διαρροής, το υγροποιημένο φυσικό αέριο ατμοποιείται γρήγορα, μετατρέπεται σε αέριο (μεθάνιο συν ίχνος αερίων) και αναμειγνύεται με τον αέρα. Αν το μίγμα είναι μέσα στο εύρος ανάφλεξης, υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης η οποία θα μπορούσε να δημιουργήσει φωτιά και θερμική ακτινοβολία. Δεξαμενόπλοια LNG έχουν πλεύσει πάνω από 100 εκατομμύρια μίλια χωρίς ένα πλοίο θανάτου ή ακόμα και σοβαρό ατύχημα.

4.2 ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ, ΥΠΟΔΟΜΗ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ LNG

Η αλυσίδα εφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο πλοίων είναι που απομένει για να ερευνηθεί διεξοδικά και τεκμηριωμένα. Χρησιμοποιώντας LNG ως καύσιμο έχει γίνει μια κοινή



Εικόνα 4.1: Ανεφοδιασμός LNG

τεχνολογία για δεκαετίες σε πλοία μεταφοράς LNG. Το ιστορικό ασφαλείας για φόρτωση / εκφόρτωση των εν λόγω σκαφών, καθώς και για τη λειτουργία των συστημάτων πρόωσης που βασίζεται στην καύση boil-off είναι πολύ καλή. Κατά τα τελευταία 10 χρόνια, η επιχειρησιακή εμπειρία που αποκτήθηκε στη

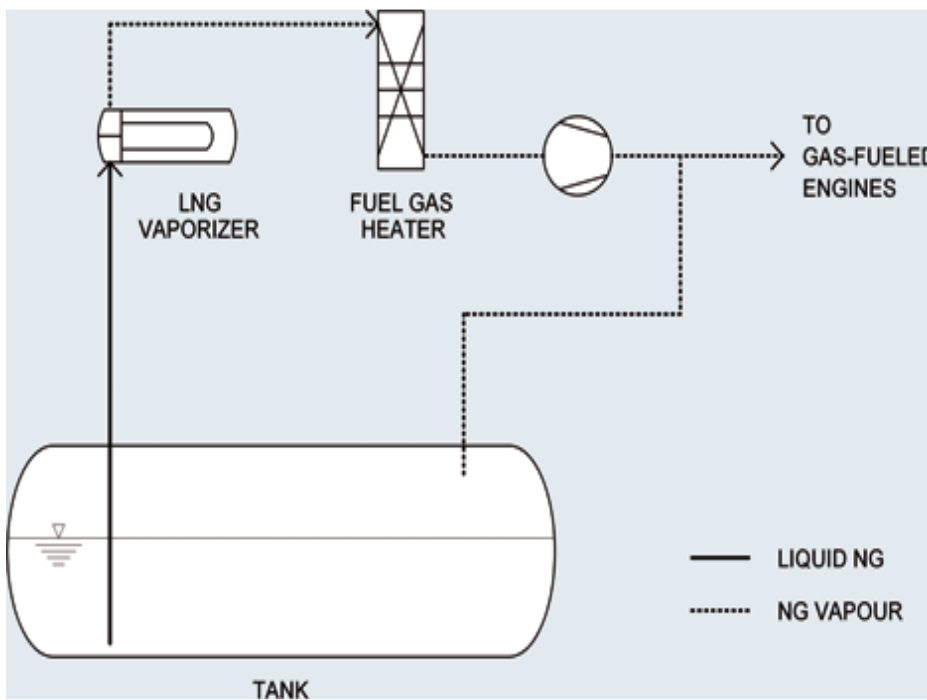
Νορβηγία, όπου μικρά πλοία έχουν εξοπλιστεί με την πρόωση ΥΦΑ, πορθμεία και σκάφη

ανοικτής θαλάσσης. Η δυσκολία κατά την παροχή υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου σε μια ευρύτερη κλίμακα των πλοίων και ναυτιλιακών περιοχών είναι οι υποδομές ανεφοδιασμών για να κάνουν το ΥΦΑ διαθέσιμο όποτε τα πλοία μπορεί να το χρειαστούν . Επομένως, είναι ζωτικής σημασίας για την εισαγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο να έχουν μια υποδομή που θα εξασφαλίζει την ασφαλή, γρήγορη και αξιόπιστη προσβασιμότητας ΥΦΑ . Τα πρώτα βήματα προς την κατεύθυνση μικρής κλίμακας ΥΦΑ στην ναυτιλία ως στοιχείο της υποδομής εφοδιασμού με αέριο καύσιμο έγιναν από το πολύ μικρό LNG carrier Pioneer Knutsen στη Νορβηγία και Shinju Maru στην Ιαπωνία, καθώς και από την Coral Methane, το πρώτο σε συνδυασμό LNG / αιθυλένιο μεταφορέας με διπλού καυσίμου πρόωσης. Σε κάθε περίπτωση, οι εγκαταστάσεις των υφιστάμενων τερματικών σταθμών υγροποιημένου φυσικού αερίου μεγάλης κλίμακας, καθώς και ως πλοίο σε πλοίο μεταφοράς με μεγάλους μεταφορείς φαίνεται να είναι απαραίτητο στην παρούσα φάση της ανάπτυξης, προκειμένου να προμηθεύονται ΥΦΑ από μεγάλης κλίμακας παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού. Επιπλέον, οι υπηρεσίες όπως η αδρανοποίηση δεξαμενών, δεξαμενή προθέρμανσης, εκφόρτωση δεξαμενή πριν σύνδεσης, αεριοποίηση και ψύξη θα μπορούσε να είναι μέρος των καθηκόντων μιας φορτηγίδας καυσίμων. Η τοπική προμήθεια καυσίμων απαιτεί επίσης ειδικές δυνατότητες αποθήκευσης κοντά στις περιοχές πλοίων. Αυτό μπορεί να γίνει με χερσαίες αποθήκες σε δοχεία πίεσης ή δεξαμενές με επίπεδο πυθμένα, αλλά επίσης, από πλωτές αποθήκες. Μια εναλλακτική λύση με φορτηγίδες που θα κουβαλάνε πολύ μεγάλα δοχεία είναι υπό αξιολόγηση . Συνοψίζοντας τις προαναφερόμενες απαιτήσεις σχετικά με την υποδομή ανεφοδιασμού, μπορούμε να δούμε μια απαίτηση για σημαντική επένδυση που ενδεχομένως, δεν μπορεί να υποστηριχθεί από δραστηριότητες ανεφοδιασμού καυσίμων μόνο.

4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ανάλογα με τις παραμέτρους σχεδιασμού όπως το μέγεθος αποθήκευσης, τον αριθμό των δεξαμενών, την κατανάλωση του κινητήρα , απαιτείται ανεφοδιασμός καυσίμων και διάταξη του συστήματος εξαρτημάτων, των οποίων υπάρχουν λύσεις και είναι διαθέσιμες. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι για μεγαλύτερους όγκους αποθήκευσης η επίπτωση στο κόστος στις υψηλές λειτουργικές πιέσεις της δεξαμενής γίνεται σημαντική. Αυτά τα συστήματα θα πρέπει να είναι κατά προτίμηση εξοπλισμένα με μηχανική πίεση (αντλίες, συμπιεστές) αντί της διατήρησης ολόκληρης της δεξαμενής σε επίπεδο πίεσης τροφοδοσίας. Μικρότερες δεξαμενές μπορούν να συμπιέζονται στην απαιτούμενη πίεση παροχής αερίου. Η επίπτωση του κόστους της υψηλότερης πίεσης σχεδιασμού της δεξαμενής είναι αρκετά μικρή και υπάρχει ένα πλεονέκτημα της εύκολης λειτουργίας και μειωμένου αριθμού εξοπλισμού. Κατά τη χρήση δεξαμενών με μόνωση κενού, μια

έξοδος από τον πυθμένα θα τροφοδοτήσει ένα ψεκαστήρα δεξαμενής ωθούμενος από την πυκνότητα. Τυπικά η πίεση λειτουργίας θα είναι περίπου 7 bar. Με τη βοήθεια της πίεσης της δεξαμενής του LNG που ωθείται προς τον εξατμιστή υγροποιημένου φυσικού αερίου. Συνήθως όλες οι συνδέσεις της δεξαμενής και ο ψεκαστήρας της δεξαμενής περικλείονται σε ένα "ψυχρό κιβώτιο", όπως ένα δευτερεύον εμπόδιο. Ένας θερμαντήρας καυσίμου αερίου θα χρησιμοποιηθεί για την παροχή του ατμού σε σωστή θερμοκρασία μέσω του κύριου αερίου καυσίμου στη μονάδα βαλβίδας αερίου. Η μονάδα βαλβίδας αερίου μειώνει την πίεση στην απαιτούμενη τιμή των κινητήρων. Μια επιλογή για αυτό το απλό σύστημα είναι η χρήση μιας μικρής αντλίας στη δεξαμενή για να θρέψει τον ψεκαστήρα της δεξαμενής, αποφεύγοντας έτσι την έξοδο στον



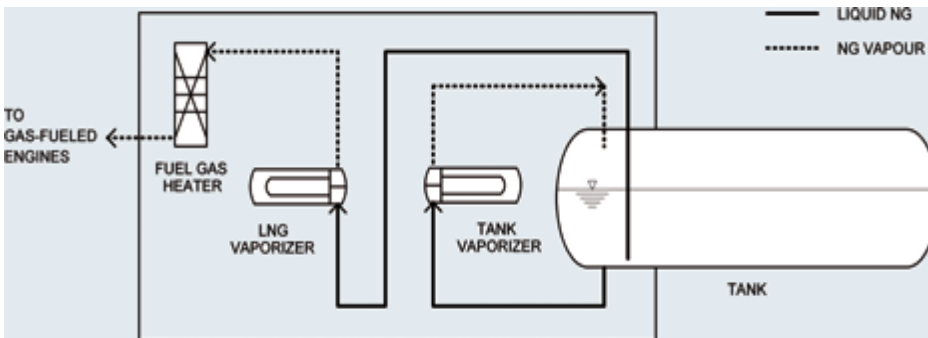
πυθμένα. Ωστόσο, αυτό είναι δυνατό μόνο για εφάπαξ τύπου C φλοιού δεξαμενές με αφρώδεις μονωτικό. Κατά τη χρήση μεγαλύτερων δεξαμενών σε όγκο υψηλής πίεσης σχεδιασμού θα αυξηθεί σημαντικά το κόστος. Συμπεριλαμβανομένης ενός screw συμπιεστή, προκειμένου να πιέσει το

Εικόνα 4.2: Δίκτυο μεταφοράς και διαδικασία προετοιμασίας για καύση.

καύσιμο αερίου είναι μια επιλογή για να μειωθεί η πίεση σχεδιασμού από τυπικά 10 bar έως 4 bar. Η εξάτμιση θα λάβει χώρα σε χαμηλότερο επίπεδο πίεσης, μια μικρή ποσότητα ατμού υπό πίεση επιστρέφει στην δεξαμενή για να ωθήσει το υγρό προς τον εξατμιστήρα. Το σύστημα του συμπιεστή επιτρέπει επίσης και άλλες λειτουργίες όπως η παροχή καυσίμου αερίου από τη δεξαμενή σε αέρια φάση και προθέρμανσης των σωληνώσεων του συστήματος. Τέλος, οι δίχρονοι κινητήρες απαιτούν μια άλλη τροποποίηση του συστήματος λόγω της υψηλής πίεσης στην έγχυση με 300 bar. Σε πλοία μεταφοράς LNG αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση boil-off gas συμπιεστών αλλά και για τα άλλα πλοία, αυτό θα είναι μόνο μια βιώσιμη λύση σε μερικές ειδικές περιπτώσεις. Αντλίες υψηλής πίεσης, εξατμιστήρες υψηλής πίεσεως και θερμαντήρες είναι η προτιμώμενη εναλλακτική λύση, προκειμένου να επιτευχθεί το απαιτούμενο επίπεδο πίεσης. Οι δεξαμενές συνήθως θα να είναι εφοδιασμένες με μικρές αντλίες εσωτερικά των δεξαμενών ή εξατμιστήρες πίεσεως για να τροφοδοτήσουν το σύστημα υψηλής πίεσεως. Η ασφάλεια προκύπτει πάντα από τον καλύτερο συνδυασμό των τεχνικών και διαδικαστικών μέτρων.

4.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ

Όσον αφορά την αποθήκευση, ένα βασικό μειονέκτημα του ΥΦΑ είναι η χαμηλή πυκνότητα του. Το ΥΦΑ λαμβάνει περίπου το διπλάσιο του όγκου των καυσίμων για το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο. Υπάρχουν αρκετοί τύποι συστημάτων συγκράτησης για τα διαθέσιμα LNG αλλά κάποια από αυτά δεν είναι εφικτό για τις δεδομένες συνθήκες στα πλοία που χρησιμοποιούν LNG ως καύσιμο. Η τρέχουσα ρυθμιστική προσέγγιση βασίζεται σε αυτοφερόμενες δεξαμενές, όπως ορίζεται στον κώδικα του IMO IGC. Τύπου A (σχεδιασμένο ως δομές πλοίων) και τύπου B (πρισματικές ή σφαιρικές) δεξαμενές που είναι γενικά εφικτές για αποθήκευση φυσικού αερίου ως καύσιμο, αλλά και την απαίτηση τους για την πίεση συντήρησης εμφανίζεται και δεύτερο πρόβλημα που δεν έχει ακόμα επιλυθεί σε τεχνικό τομέα. Αυτό μπορεί να είναι μια μελλοντική λύση για τα πλοία που μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο. Ως εκ τούτου, το είδος του IMO C δεξαμενές (δοχεία πίεσης) έχει αποδειχθεί η προτιμώμενη λύση



Εικόνα 4.3: Δίκτυο μεταφοράς και επιστροφής από και προς την δεξαμενή αποθήκευσης.

για τις σημερινές τεχνικές. Πρώτον, οι δεξαμενές είναι πολύ ασφαλής και αξιόπιστες, δεύτερον, οι υψηλές τους πιέσεις σχεδιασμού επιτρέπουν υψηλούς ρυθμούς φόρτωσης και

αύξησης της πίεσεως λόγω εξατμίσεων και τέλος είναι εύκολο να κατασκευαστεί και να εγκατασταθεί. Το κύριο μειονέκτημα αυτού του τύπου της δεξαμενής είναι η κατανάλωση χώρου λόγω περιορισμού σε κυλινδρικό και κωνικό σχήμα. Οι δεξαμενές LNG πρέπει να μονώνονται για δύο λόγους: Ο ένας είναι να μειωθεί η εξάτμιση των αναθυμιάσεων με θερμότητα στην είσοδο και ο άλλος είναι για την προστασία των παρακείμενων δομών των πλοίων από πολύ ψυχρές θερμοκρασίες. Για τα πλοία με περισσότερες ή λιγότερες συνεχείς καταναλώσεις του υγροποιημένου φυσικού αερίου η και μόνο για σύντομες περιόδους χαμηλής ή καθόλου ζήτησης, το συμβατικό αφρώδεις μονωτικό θα είναι ο πιο οικονομικός τύπος της μόνωσης. Η κατανάλωση ΥΦΑ των κινητήρων θα κρατήσει την δεξαμενή σε χαμηλή πίεση. Για τα πλοία με μεγαλύτερες περιόδους χαμηλής κατανάλωσης, μπορεί να είναι απαραίτητη η βελτίωση της μόνωσης της δεξαμενής προκειμένου να μειωθεί η αύξηση της πίεσης στις δεξαμενές. Σε σχέση με τις μικρές δεξαμενές, αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μόνωση κενού. Αυτές οι δεξαμενές με μόνωση κενού περιορίζονται σε κυλινδρικό σχήμα και δεν επιτρέπουν σε δεξαμενή επιθεωρήσεις ή τοποθέτηση στη δεξαμενή εξοπλισμό. Για δεξαμενές σαφώς άνω των 500 CBM ή απαιτώντας

κωνικό σχήμα, η χρήση της ειδικής μόνωσης πάνελ προτείνεται να βελτιώσει την απόδοση της μόνωσης.

4.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Ως εκ τούτου, η εκπαίδευση του πληρώματος είναι ένα βασικό στοιχείο της ασφάλειας όσον αφορά την τεχνική πλευρά. Τα ζητήματα ασφάλειας είναι παρόμοια με εκείνα για ένα ατμόπλοιο ΥΦΑ. Μια διαρροή μεθανίου στο μηχανοστάσιο θα μπορούσε να προκαλέσει μια καταστροφική έκρηξη. Υπάρχουν διάφορα συστήματα ασφαλείας σε θέση να επιτρέψουν τον έλεγχο σε κάθε κατάσταση που μπορεί να προκύψει κατά τη λειτουργία του συστήματος. Σε περίπτωση διαρροής αερίου ο κινητήρας θα αλλάξει αυτόματα σε λειτουργία με ντίζελ. Δεκαετής εμπειρία με LNG εργασίες αναφέρονται στα κύρια μέτρα που πρέπει να ακολουθούν και για να εξασφαλίσουν ασφαλή χειρισμό του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Για να αποφευχθεί αυτό, το αέριο οδηγείται μέσω ενός σωλήνα διπλού τοιχώματος εφοδιασμένο με Φλογοπαγίδα στην είσοδο της πολλαπλής τροφοδοσίας, ένα σύστημα εκχύλισης και ανιχνευτή αερίου. Η ανίχνευση αερίων στο σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει ακόμη και μικρές ποσότητες του αερίου που διαφεύγουν από το κλειστό σύστημα. Τα σχετικά μέρη στο σύστημα του καυσίμου αερίου θα κλείσουν το συντομότερο όταν το αέριο ανιχνευτεί. Οι περιοχές όπου μπορεί να συμβούν διαρροές είναι εξοπλισμένες με την τελευταία απόδειξη εξοπλισμού, έτσι ώστε ακόμη και αν η ατμόσφαιρα περιέχει ένα εκρηκτικό μίγμα αερίου και οξυγόνου, εκεί δεν θα υπάρχει σπίθα για την ανάφλεξη. Σωληνώσεις αερίου και σωληνώσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου θα είναι διπλού τοιχώματος ή θα είναι τοποθετημένες μέσα σε ένα αεριζόμενο αγωγό προκειμένου να έχουν ένα διπλό φράγμα σε περίπτωση τυχόν διαρροών. Ανιχνευτές διαρροών και ανοξειδωτα drip trays βρίσκονται οπουδήποτε το ΥΦΑ θα μπορούσε να ξεφύγει και να βλάψει τις δομές του πλοίου από ευθραυστότητα λόγω ψύχους. Τμήματα σωληνώσεων του ανεφοδιασμού που δεν είναι σε χρήση είναι αδρανοποιημένα με άζωτο όταν ο ανεφοδιασμός καυσίμων τελειώσει. Πρέπει να υπάρχει επαρκής ευελιξία στους σωλήνες για την πρόληψη της βλάβης λόγω κόπωσης ή λόγω oscillation του κινητήρα. Το σύστημα αγωγού φυσικού αερίου θα είναι επίσης εφοδιασμένο με ένα σύστημα για την αδρανοποίηση του αζώτου.

Θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις ασφαλείας:

- Μόνο καύσιμο πετρελαίου θα πρέπει να χρησιμοποιείται κατά την εκκίνηση του κινητήρα.
- Μόνο καύσιμο πετρελαίου θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν η λειτουργία του κινητήρα είναι ασταθής, ή και κατά τη διάρκεια ελιγμών και λιμενικών εργασιών.
- Σε περίπτωση διακοπής της παροχής καυσίμου αερίου, οι κινητήρες πρέπει να είναι ικανοί για συνεχή λειτουργία μόνο με καύσιμο πετρελαίου.

- Βαλβίδες εκτόνωσης στροφαλοθαλάμου πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με τον τρόπο του κάθε crank throw. Η πίεση κατασκευής και λειτουργίας των βαλβίδων ανακούφισης πρέπει να καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη εκρήξεις που οφείλονται σε διαρροή αερίου.
- Οι σωλήνες καυσαερίων από μηχανές διπλού καυσίμου δεν θα πρέπει να συνδέονται με τους σωλήνες εξάτμισης άλλων κινητήρων ή συστημάτων.
- Φλογοπαγίδες πρέπει να παρέχονται στην είσοδο της πολλαπλής παροχής αερίου για τον κινητήρα.
Οι ρυθμίσεις πρέπει να γίνουν έτσι ώστε η παροχή αερίου προς τον κινητήρα να μπορεί να κλείσει με το χέρι από την αρχική πλατφόρμα ή οποιαδήποτε άλλη θέση ελέγχου.

4.6 ΕΜΦΑΣΗ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Αυτός είναι ο απώτερος στόχος όλων των μελετών , έρευνας και ανάπτυξης στα έργα για τον ανεφοδιασμό του ΥΦΑ. Η προστασία της ζωής του πληρώματος, το περιβάλλον και τα περιουσιακά στοιχεία είναι υψίστης σημασίας. Ως εκ τούτου, ο Germanischer Lloyd έχει επίσης δώσει προσοχή στους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τον ανεφοδιασμό του φυσικού αερίου. Ο ανεφοδιασμός καυσίμων υγροποιημένου φυσικού αερίου παρουσιάζει έναν αριθμό με θέματα ασφάλειας, λόγω του κρυογονικού χαρακτήρα του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Στο -



Εικόνα 4.4:LNG σε αποβάθρα

εξάτμιστεί. Επιπλέον, αυτή η εξάτμιση θα παράγει ένα εξαιρετικά εύφλεκτο σύννεφο αερίου, στο οποίο κάθε κοντινή πηγή ανάφλεξης θα μπορούσε να προκαλέσει φωτιά. Ο κύριος στόχος της

έρευνας είναι, ως εκ τούτου, σχετικά με τα

μέτρα για τη μείωση και τελικά την αποφυγή τυχόν διαρροής υγροποιημένου φυσικού αερίου κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού καυσίμων. Αυτό περιλαμβάνει τεχνικά μέτρα καθώς και διαδικασίες κατάρτισης για το εμπλεκόμενο προσωπικό. Εντός για το έργο αυτό, ο GL αναλύει τον

ανεφοδιασμό LNG τις διεργασίες στο λιμάνι και τους ναυτικούς κινδύνους για την ασφαλέστερη και πιο αποδοτική ναυτιλία. Η τυχόν διαρροή LNG έχει ταυτοποιηθεί και περαιτέρω εξεταστεί: κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού καυσίμων. Προκαταρκτικά αποτελέσματα μελετών από εμπειρογνώμονες του GL παρέχουν χρήσιμες για τον έλεγχο των κινδύνων επιλογές για τους μεταφορείς. Τα επόμενα βήματα για την Germanischer Lloyd θα περιλαμβάνει τη μέτρηση στις διακυμάνσεις στην ποσότητα των επιπέδων εκπομπών. Μελέτη σχετικά με τα πρότυπα και κανόνες για ανεφοδιασμό φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα πλοία επικεντρώνεται σε μια βαθιά ανάλυση των υφιστάμενων κενών του κανονιστικού πλαισίου ανεφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου, καθώς και ως τις διάφορες κατευθύνσεις του παρόντος υπό ανάπτυξη. Οι κύριοι στόχοι αυτής της μελέτης είναι να παρέχουν μια λεπτομερή ανάλυση στα τρέχοντα ισχύοντα πρότυπα και η συνεχής ανάπτυξη του κανονιστικού πλαισίου για ανεφοδιασμό καυσίμων LNG.

4.6.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΟΙΟ Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Για να αποφευχθούν σοβαρές καταστάσεις κινδύνου κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού του LNG,



Εικόνα 4.5: Διαδικασία μεταφοράς φορτίου από το ένα LNG στο άλλο

υπάρχουν τρεις πτυχές ασφάλειας για πλοίο σε πλοίο ανεφοδιασμός καυσίμου:

- Εξοπλισμός Αγκυροβολίου .

Τα πλοία θα πρέπει να είναι καλά ασφαλισμένα ώστε να αποφεύγονται τυχόν μετακινήσεις που θα μπορούσαν να κάνουν ζημιά στην σύνδεση των σωληνώσεων και στην διαδικασία.

- Διαδικασία της τεχνικής σύνδεσης

Γρήγοροι και απλοί συνδετήρες κάνουν ευκολότερη την διαδικασία για το πλήρωμα, οδηγώντας σε μείωση διαρροών.

- Επικοινωνία

Συστήματα παρακολούθησης (Π.χ. αισθητήρες φυσικού αερίου και της δεξαμενής παρακολούθησης καθώς και συναγερμοί για όρια πίεσης) για να αποφευχθεί οποιαδήποτε διαρροή και για τον εντοπισμό τυχόν διαρροών. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, επιπλέον πρέπει να ληφθούν μέτρα. Μια διακοπή λειτουργίας έκτακτης ανάγκης Το σύστημα θα πρέπει να ενσωματωθεί στις συνδέσεις μεταξύ των δύο πλοίων. Σύνδεσμοι απασφάλισης έκτακτης ανάγκης την απελευθέρωση έκτακτης ανάγκης και αυτόματο κλείσιμο είναι απαραίτητο . Προστατευτικά

μέτρα για την αποθήκευση και την αντιμετώπιση διαρροών LNG (Π.χ. δίσκο συλλογής υγρών με την παρακολούθηση της θερμοκρασίας).

4.6.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΗΡΩΜΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Η πιο προηγμένη τεχνολογία και οι αυστηροί κανονισμοί είναι απαραίτητο να υπάρχουν . Έτσι, το πλήρωμα και το προσωπικό θα πρέπει να εκπαιδευτούν καλά για να μπορούν να χειριστούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο πλοίων. Οι γενικοί κίνδυνοι του ανεφοδιασμού καυσίμων ΥΦΑ, τα μέσα ατομικής προστασίας και οι διαδικασίες έκτακτης ανάγκης πρέπει να συζητηθούν διεξοδικά και να δοκιμαστούν. Τα πρότυπα εκπαίδευσης ,η έκδοση πιστοποιητικών και η τήρησης φυλακών των ναυτικών (STCW) θα πρέπει να ειπωθούν σαν κανονισμός.

4.7 Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ IGC

Πριν το LNG χρησιμοποιηθεί ως κύριο θαλάσσιο καύσιμο μεταφέρεται σε εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού είτε από πλοίο σε πλοίο ή εγκαταστάσεις γης σε ένα πλοίο - μια σειρά από θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια και το περιβάλλον θα πρέπει να εξετάζεται προηγουμένως. Όπως το LNG είναι το καύσιμο επιλογής για τη ναυτιλία, ασφαλή και φιλικό προς το περιβάλλον ?

Ο Διεθνής Κώδικας για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια χύμα (Κώδικα IGC) ισχύει για τα πλοία μεταφοράς αερίου κατασκευασμένα ή και μετά από την 1 Ιουλίου 1986. Πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου που κατασκευάστηκαν πριν από την ημερομηνία αυτή θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του Κώδικα για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν χύδη υγροποιημένα αέρια ή του Κώδικα για τα υπάρχοντα πλοία που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια χύμα. Ο σκοπός αυτού του κώδικα είναι να καθιερώσει ένα διεθνές πρότυπο για την ασφαλή μεταφορά δια θαλάσσης χύμα υγροποιημένων αερίων και ορισμένων άλλων ουσιών, προσδιορίζοντας τις πρότυπα σχεδιασμού και κατασκευής των πλοίων που εμπλέκονται σε τέτοιες μεταφορές και τον εξοπλισμό που πρέπει να φέρουν, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος για το πλοίο, το πλήρωμά του και για το περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των προϊόντων. Η βασική φιλοσοφία είναι ένας από τους τύπους πλοίων σχετικά με την επικινδυνότητα των προϊόντων που καλύπτονται από αυτούς τους κωδικούς, καθένα από τα οποία μπορεί να έχουν μία ή περισσότερες επικίνδυνες ιδιότητες. Ένας ακόμη πιθανόν κίνδυνος μπορεί να προκύψει από τα προϊόντα που μεταφέρονται υπό κρυογονική (ψύξη) ή συνθήκες πίεσης. Σοβαρές συγκρούσεις ή προσαράξεις θα μπορούσε να οδηγήσει σε βλάβη της δεξαμενής φορτίου και ανεξέλεγκτη απελευθέρωση του προϊόντος. Η εν λόγω

απελευθέρωση μπορεί να οδηγήσει σε εξάτμιση και διασπορά του προϊόντος και σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσε να προκαλέσει ψαθυρή θραύση του πλοίου \ κύτους. Οι απαιτήσεις τους κωδικούς που προορίζονται για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων αυτών όσο αυτό είναι εφικτό, με



Εικόνα 4.6: Διαδικασία δεσίματος του πλοίου στην αποβάθρα. (Κώδικας IBC).

βάση τις σημερινές γνώσεις και την τεχνολογία. Ο κώδικας IGC βρίσκεται υπό αναθεώρηση, λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία και την τεχνολογική ανάπτυξη. Η διάταξη αυτού του κώδικα είναι σύμφωνη με τον Διεθνή Κώδικα για την κατασκευή εξοπλισμού των πλοίων που μεταφέρουν χύδην επικίνδυνες ουσίες

4.8 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΤΙΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ

Προμηθευτές LNG αρχίζουν σιγά-σιγά την πεποίθηση ότι αυτή η τεχνολογία θα απογειωθεί, καθώς το LNG θα είναι διαθέσιμο σε ελκυστική τιμή και σε βολικές τοποθεσίες. Ένα εμπόδιο για την υιοθέτηση ΥΦΑ και κρίσιμη πτυχή της ανάπτυξης του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου είναι η έλλειψη ενός καθιερωμένου ανεφοδιασμού υποδομής και την προμήθεια του δικτύου της αλυσίδας για την προμήθεια υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου πλοίων. Αυτό θεωρείται ένα σημαντικό εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου, με τους προμηθευτές των προμηθευτών φυσικού αερίου και των καυσίμων διστάζουν να επενδύσουν στην αναγκαία υποδομή έως ότου υπάρξει επαρκής ζήτηση για την παροχή εμπορικών ΥΦΑ ναυτιλία καυσίμων. Από την άλλη πλευρά, οι ιδιοκτήτες είναι απρόθυμοι να επενδύσουν στην υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο πλοίων, αν και οι παραδόσεις LNG είναι δύσκολο να αποκτηθούν. Για αυτό τον λόγο οι υποδομές σταθμών οι οποίες θα τροφοδοτούν τα πλοία με φυσικό αέριο ως καύσιμο είναι πολύ νωρίς και οι οποίες θα εξεταστούν στο μέλλον όπου οι απαιτήσεις και ως προς το περιβάλλον θα είναι μεγαλύτερες.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να γνωρίσουμε τις προοπτικές χρήσης φυσικού αερίου σαν καύσιμο πλοίων πέραν των αεριοφόρων . Επικεντρωθήκαμε σφαιρικά γύρω από τα σύγχρονα συστήματα προώσεως που μπορούν να χρησιμοποιήσουν το φυσικό αέριο ως καύσιμο καθώς και τα μεγάλα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η μορφή ενέργειας στο περιβάλλον. Δυστυχώς η ελληνική ναυτιλία δεν διαθέτει μεγάλο αριθμό τέτοιων πλοίων αλλά σιγά σιγά τα βλέμματα στρέφονται σε αυτή την μορφή ενέργειας. Σε συνδυασμό με υπάρχουσες ή επερχόμενους κανονισμούς. Η τεχνολογία εξελίσσεται τα συστήματα βελτιώνονται η και αλλάζουν . Προς το παρόν κανένα σύστημα δεν μπορούμε να πούμε ότι είναι τέλειο, απλώς χρησιμοποιείται για να καλύψει όσες περισσότερες ανάγκες η ναυλαγορά απαιτεί. Μπορούμε να πούμε όμως ότι το φυσικό αέριο προϋποθέτει τις μελλοντικές ανάγκες της αγοράς και το σημαντικότερο ότι είναι ένα καύσιμο που είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FLiquefied_natural_gas&ei=91I-VbvQK8axsQH004CoCA&usg=AFQjCNEcJMIhY6nBC4q--K2YI0Uy7FBZ0Q&bvm=bv.91665533,d.bGg
2. http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.lr.org%2Fen%2F_images%2F213-35922_LR_bunkering_study_Final_for_web_tcm155-243482.pdf&ei=G1M-Vcn9I8q6swGp0oDwCw&usg=AFQjCNF50LYrYY41fuwtDiQTBhrYLCx3A&bvm=bv.91665533,d.bGg
3. http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CCwQFjAE&url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FMarine_propulsion&ei=RIM-VerEIsirswHuiIHABw&usg=AFQjCNEKyVCOstjkCCCYctykkSuQo-pJVw&bvm=bv.91665533,d.bGg
4. http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FMarine_LNG_Engine&ei=NIQ-VaeDJMihsgHUs4H4Ag&usg=AFQjCNH2rsdnEoJDwk68TfuaLntu4iSCRg&bvm=bv.91665533,d.bGg
5. <http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.imo.org%2F&ei=C5cNVc2XII2xafuigagP&usg=AFQjCNH6LmxLx3zcijbP1NuM6lNYgwIvPA&bvm=bv.88528373,d.d24&cad=rja>
6. <http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.chebeague.org%2Ffairwinds%2Ffrisks.html&ei=SKINVcKqEYKqafTSgpgH&usg=AFQjCNFY8D0vNS2ao0ym2o3xKLpdTjWYPw&cad=rja>
7. http://www.shipandoffshore.net/fileadmin/user_upload/pdf/www.shipandoffshore.net-issue1-2011.pdf

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
1. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.....	6
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.2 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	6
1.3 ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	7
1.4 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	8
1.5 ΤΥΠΟΙ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΦΩΡΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	9
1.6 BOIL OFF GAS ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ	10
1.6.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΛΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	11
1.6.2 ΑΥΤΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	11
2. ΙΜΟ.....	13
2.1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ	13
2.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ECAs	16
3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΕΩΣ	18
3.1 ΑΤΜΟΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	18
3.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ LNG	19
3.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ.....	19
3.2.2 ΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΔΙΠΛΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	19
3.4 ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ.....	20
3.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (DUAL FUEL ENGINES).....	20
3.5.1 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	21
3.5.2 ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ Μ.Ε.Κ ΚΑΙ DUAL FUEL Μ.Ε.Κ	22
3.5.2.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	22
3.5.2.2 ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΕΡΑ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	22
3.5.2.3 PILOT FUEL OIL.....	22
3.5.2.4 GAS VALVE.....	22
3.5.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ DUALFUEL ΜΗΧΑΝΕΣ.....	22
3.5.3 ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 2-ΧΡΟΝΗΣ ΚΑΙ 4-ΧΡΟΝΗΣ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΔΙΠΛΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	23
3.5.3.1 2-ΧΡΟΝΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ DUAL FUEL	23
3.5.3.2 4-ΧΡΟΝΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ DUAL FUEL	25
3.6 MAN B&W ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	25
3.7 ΜΕΣΟΣΤΡΟΦΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ AZIPOD ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	26
3.8 WÄRTSILÄ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	26

3.8.1 WÄRTSILÄ 46DF ΚΑΙ 50DF	27
4. ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	29
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	29
4.2 ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ, ΥΠΟΔΟΜΗ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ LNG	29
4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	30
4.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	33
4.6 ΕΜΦΑΣΗ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	34
4.6.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΟΙΟ Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ	35
4.6.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΗΡΩΜΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ.....	36
4.7 Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ IGC.....	36
4.8 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΤΙΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ	37
ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	39