

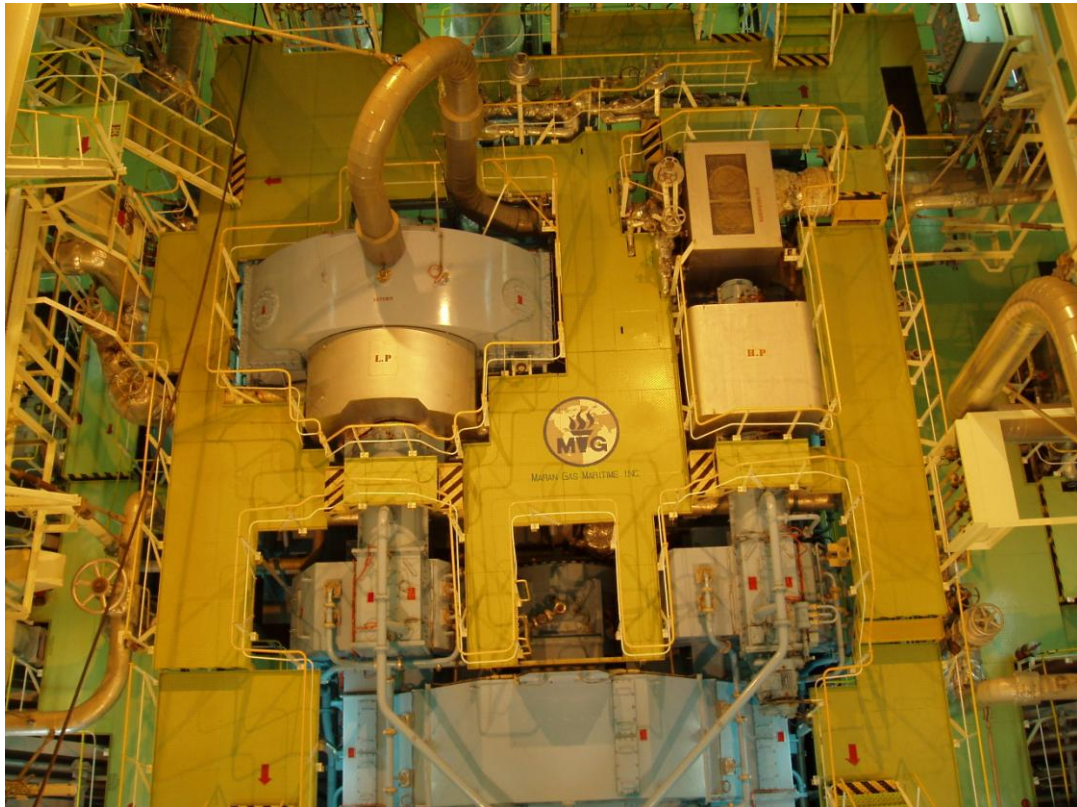
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΠΛΟΙΟ LNG



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΥΣΑΝΘΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΧΙΛΙΤΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΠΛΟΙΟ LNG

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΥΣΑΝΘΟΣ

ΑΜ : 4573

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσει την λειτουργία των μηχανημάτων μιας ατμομηχανικής εγκατάστασης σε πλοίο LNG. Οι κατασκευαστές εκμεταλλεύτηκαν την ιδιότητα του φυσικού αερίου δηλαδή ότι είναι ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και δημιουργούνται αναθυμιάσεις του στις δεξαμενές όπου αποθηκεύεται για την μεταφορά του. Οπότε δημιούργησαν μια εγκατάσταση που να χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο ως καύσιμη ύλη. Τα πλοία με αυτές τις εγκαταστάσεις είναι αρκετά σύγχρονα και γι αυτό το λόγο ελέγχονται και λειτουργούνται κυρίως από αυτοματισμούς οι οποίοι βρίσκονται στο δωμάτιο ελέγχου μηχανοστασίου. Τα σημαντικότερα μηχανήματα που θα περιγραφούν είναι αρχικά ο λέβητας και ο στρόβιλος ενός πλοίου LNG και στην συνέχεια θα ακολουθήσουν όλα τα βοηθητικά μηχανήματα και συσκευές που αποσκοπούν για την λειτουργία και πρόωση ενός πλοίου που μεταφέρει φυσικό αέριο. Το κεφάλαιο 1 θα περιέχει πληροφορίες για το λέβητα και τα μηχανήματα που συντελούν στην λειτουργία του το κεφάλαιο 2 θα περιέχει πληροφορίες για τον στρόβιλο και τα μηχανήματα που συντελούν στην λειτουργία του και τέλος το κεφάλαιο 3 θα περιέχει τα βοηθητικά μηχανήματα και δίκτυα που συντελούν για την λειτουργία της εγκατάστασης.

Abstract

The purpose of this dissertation is to present the function of the machines for a steam plant to a LNG ship. The manufacturers took advantage of the capacity of the natural gas that it is lighter than air and generated vapors in the tanks where it is stored for transportation. So they created a facility that uses natural gas as fuel . Ships with these facilities are very modern and for this reason are controlled and operated primarily by automation which are in the engine control room . The most important equipment will be initially described the boiler and the turbine an LNG ship and then follow all auxiliary equipment and devices designed for function and propulsion of a vessel carrying gas. Chapter 1 contains information on the boiler and machinery contributing to the operation Chapter 2 contains information on the turbine and machines that help in the operation and finally Chapter 3 contains auxiliary equipment and piping that contribute to operation of the steam plant.

Πρόλογος

Η ατμομηχανική εγκατάσταση χρησιμοποιείται σε πλοία που μεταφέρουν φυσικό αέριο διότι χρησιμοποιούν το φορτίο για καύσιμο στους λέβητες ώστε να παραχθεί ατμός μέσω της εργαζόμενης ουσίας που είναι το νερό και να κινήσει τον στρόβιλο ή τους στροβίλους για την πρόωση του πλοίου. Επίσης έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν και βαρύ πετρέλαιο (heavy fuel oil) , πετρέλαιο (diesel) , χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο πετρέλαιο (low sulphur diesel) η υπάρχει και η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα βαρύ πετρέλαιο και φυσικό αέριο ανάλογα με τις ανάγκες του πλοίου και πολλές φορές τις οδηγίες της ναυλώτριας εταιρίας. Η εγκατάσταση αυτή δεν απαιτεί μεγάλη συντήρηση όπως απαιτείται στις εμβολοφόρες διότι χρησιμοποιεί ατμό για την κίνηση του στροβίλου και συνεπώς είναι πιο φιλική στο περιβάλλον με χαμηλότερους ρύπους και λιγότερα παραγόμενα κατάλοιπα (sludge) είναι όμως μια ακριβή εγκατάσταση.

Κεφάλαιο 1: Λέβητας (Boiler)

1.1 Ιστορική αναδρομή

Πρώτοι υπήρξαν οι φλογαυλωτοί λέβητες που κατασκευάστηκαν σε δύο τύπους, τους κυλινδρικούς λεγόμενοι και "ευθείας φλόγας" ή "λέβητες Αγγλικού Ναυαρχείου", και στους επίσης κυλινδρικούς "επιστρεφόμενης φλόγας" απλής ή διπλής πρόσοψης. Οι πρώτοι φέρουν τους αυλούς σε προέκταση του κλιβάνου έτσι ώστε φλόγες και καυσαέρια να οδεύουν εξ αυτών κατ' ευθείαν προς την καπνοδόχο. Οι δεύτεροι φέρουν τους αυλούς πάνω και παράλληλα από τους κλιβάνους έτσι ώστε φλόγες και καυσαέρια ν' αναστρέφουν και να εισέρχονται στους αυλούς οδεύοντας μέσω αυτών στη καπνοδόχο. Από τους φλογαυλωτούς λέβητες ο επιστρεφόμενης φλόγας που ονομάζονταν και "Σκωτικός" ή "Σκοτσέζικος λέβητας" (Scotch boiler) ήταν εκείνος που χρησιμοποιήθηκε εντονότερα κατά τον προηγούμενο αιώνα μέχρι τις αρχές του 20ου, λόγω των περισσότερων πλεονεκτημάτων του. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιήθηκε ως γαιανθρακολέβητας και ως πετρελαιολέβητας με πολλές κατά καιρούς βελτιώσεις. Στα τέλη του 19ου αιώνα με την εισαγωγή στα πλοία της παλινδρομικής μηχανής τριπλής εκτόνωσης και στη συνέχεια (1894) του ατμοστροβίλου διαπιστώθηκε ότι οι φλογαυλωτοί παρά τις βελτιώσεις τους ήταν πλέον ανεπαρκής. Έτσι κατέστη ανάγκη κατασκευής των υδραυλωτών ατμολεβήτων που αποδείχθηκαν τελικά ικανότεροι στη ταχεία παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης και με διαστάσεις και βάρους μικρότερα των ισοδύναμων φλογαυλωτών.

Η κατασκευή των υδραυλωτών σημείωσε αλματώδη εξέλιξη στον 20ο αιώνα. Κύριος ανασταλτικός παράγοντας στην αρχή της ανάπτυξής τους ήταν η εναπόθεση καθαλατώσεων, (άλατος), στο εσωτερικό των αυλών που επέφεραν την καταστροφή τους. Τέτοιο βεβαίως πρόβλημα παρουσίαζαν και οι φλογαυλωτοί που όμως σε εκείνους ήταν λιγότερες οι συνέπειες λόγω του μεγάλου όγκου νερού, της χαμηλής πίεσης και του μικρού σχετικά βαθμού ατμοποίησης. Το εμπόδιο αυτό τελικά ξεπεράστηκε με χρησιμοποίηση αποσταγμένου νερού με χημική επεξεργασία (αφαλάτωση). Έτσι ξεπερνώντας το πρόβλημα άρχισαν να κατασκευάζονται με την πάροδο του χρόνου οι λέβητες "περιορισμένης κυκλοφορίας", όπως οι τύπου "Belleville", στη Γαλλία, και παράλληλα οι "ελεύθερης κυκλοφορίας" που αναπτύχθηκαν στην Αμερική, όπως οι πολλοί γνωστοί στο χώρο, "Μπαμπκόκ-Γουίλκόξ" (Babcock-Wilcox), ενώ στην Αγγλία εμφανίζονται οι υδραυλωτοί "ταχείας κυκλοφορίας" τύπου Α, όπως οι Γιάροου (Yarrow), Θόρνυκροφτ (Thornycroft), Γουάιτ-Φόστερ (White-Foster) κ.ά.

Στα τελευταία χρόνια εξ όλων των παραπάνω η κατασκευή υδραυλωτών λεβήτων "ταχείας κυκλοφορίας" υπήρξε αλματώδεις σε πλείστους τύπους. Σήμερα οι λέβητες αυτοί εφοδιάζονται επιπρόσθετα και με άλλες απαραίτητες συσκευές όπως οικονομητήρες, υπερθερμαντήρες, προθερμαντήρες αέρος καθώς και με τα πλέον εξελιγμένα εξαρτήματα ελέγχου της λειτουργίας τους. Σήμερα τα μεγαλύτερα εργοστάσια κατασκευής ναυτικών λεβήτων είναι των εταιρειών Babcock-Wilcox Co, Foster-Wheeler Co και Combustion Engineering Co. Ανεξάρτητα όμως των παραπάνω και σήμερα ακόμη συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται φλογαυλωτοί λέβητες κατακόρυφου ή οριζόντιου τύπου, περισσότερο όμως ως βοηθητικοί λέβητες.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο εμφανίστηκε η κατασκευή των ατμογεννητριών υψηλής πίεσης που επέβαλε η ανάγκη χρήσης ακόμη υψηλότερης πίεσης ατμού. Οι ατμογεννήτριες χαρακτηρίζονται ως ατμολέβητες "υψηλής πίεσης αναγκαστικής κυκλοφορίας". Αντιπροσωπευτικοί τύποι αυτών είναι οι τύποι: Μπένσον (Benson), Λαμόντ (Lamont), Σούλτσερ (Soulzer), Σμινθ Χάρτμαν (Smidth-Hartman), κ.ά (η χρήση αυτών σε πλοία ήταν μάλλον περιορισμένη). Η κατασκευή των ατμογεννητριών βασίστηκε σε νέες αρχές που κάποιες εξ αυτών είχαν εφαρμοστεί περιορισμένα στους κλασικούς λέβητες. Τέλος μέγα και αποφασιστικό βήμα στην εξέλιξη των ατμολεβήτων στη σύγχρονη εποχή θα μπορούσε να θεωρηθεί η χρήση της ατομικής ή πυρηνικής ενέργειας στο πλαίσιο της ατμοπαραγωγικής εγκατάστασης.

1.2 Λειτουργία λέβητα στα σύγχρονα πλοία LNG

Οι ναυτικοί ατμολέβητες είναι το σημαντικότερο τμήμα των εγκαταστάσεων προώσεως των ατμοκίνητων πλοίων. Αλλά και στα ντιζελοκίνητα πλοία υπάρχουν ατμολέβητες, που τροφοδοτούνται με καυσαέρια των κύριων μηχανών πρόωσης ή με πετρέλαιο ή και τα δυο, για την κάλυψη των αναγκών σε ατμό των πλοίων, για βοηθητικές χρήσεις ζωτικής σημασίας και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για περισσότερη οικονομία και λιγότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα οδήγησε τους κατασκευαστές λεβήτων σε χρήση διαφορετικών καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο. Τέτοιοι τύποι λεβήτων τοποθετήθηκαν κυρίως σε πλοία τα οποία μεταφέρουν φυσικό αέριο (L.N.G). Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οι λέβητες μπορούν να λειτουργήσουν καίγοντας φυσικό αέριο, αργό πετρέλαιο ή και τα δυο μαζί σε συνδυασμό και να παρουσιάσει την εγκατάσταση του λέβητα στο πλοίο και τα δίκτυα που τον συνοδεύουν. Ο λέβητας που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο αποτελείται από υπερθερμαντήρα, οικονομητήρα, αφυπερθερμαντήρα ελέγχου, εσωτερικό αφυπερθερμαντήρα για βοηθητικό ατμό, τρεις

καυστήρες διπλού καυσίμου, προθερμαντήρα αέρα με ατμό, εκκαπνιστήρες, ανεμιστήρα βεβιασμένης ενίσχυσης του αέρα, προθερμαντήρα πετρελαίου, αντλίες πετρελαίου, εξοπλισμό συμπλήρωσης χημικού και διάφορα άλλα εξαρτήματα. Το κάθε εξάρτημα παίζει και τον δικό του ρόλο για την σωστή λειτουργία του λέβητα και όλα πρέπει να λειτουργούν σωστά και να συντηρούνται ώστε να μην παρουσιάζει προβλήματα ο κύριος λέβητας. Στην εγκατάσταση του λέβητα παρουσιάζεται το σύστημα καυσίμου πετρελαίου του λέβητα το οποίο τροφοδοτείται σε αυτόν από τις δεξαμενές του πετρελαίου μέσω των αντλιών τροφοδοσίας πετρελαίου. Το πετρέλαιο πριν οδηγηθεί στον λέβητα για να καεί περνάει από προθερμαντήρα και από φίλτρα ώστε να καθαριστεί και να αποκτήσει την κατάλληλη θερμοκρασία για την σωστή καύση του. Το νερό του λέβητα τροφοδοτείται σε αυτόν από τις αντλίες τροφοδοσίας νερού οι οποίες αναρροφούν από την δεξαμενή αποθήκευσης του αποσταγμένου νερού. Η κυκλοφορία του νερού μέσα στον λέβητα γίνεται με φυσικό τρόπο μέσω των αυλών κυκλοφορίας. Η είσοδος του νερού στον λέβητα γίνεται στον ατμοϋδροθάλαμο και στην συνέχεια το νερό με φυσική κυκλοφορία καταλήγει στον υδροθάλαμο του λέβητα. Το νερό θα ατμοποιηθεί στους ατμογώνους αυλούς και θα βγει προς την κατανάλωση από τον ατμοϋδροθάλαμο μέσω του κύριου ατμοφράκτη. Οι λέβητες αυτού του τύπου είναι αρκετά σύγχρονοι και για αυτό τον λόγο ελέγχονται και λειτουργούνται κυρίως από αυτοματισμούς οι οποίοι βρίσκονται στο δωμάτιο ελέγχου μηχανοστασίου.

1.3 Υπερθερμαντήρας (Superheater)

Ο υπερθερμαντήρας ατμού έχει ως σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας του κορεσμένου ατμού που έρχεται από το σύστημα ατμοποίησης. Αποτελείται από δέσμες αυλών που εσωτερικά διέρχεται ο κορεσμένος ατμός του λέβητα και αυξάνεται η θερμοκρασία του στους 500°C περίπου σε σύγχρονες εγκαταστάσεις πλοίων LNG με τη βοήθεια των καυσαερίων που διέρχονται εξωτερικά από τους αυλούς. Αυτή η ανάγκη υπερθέρμανσης του ατμού προέκυψε από τη διαπίστωση ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης του ατμού που παρέχεται προς τον στρόβιλο αυξάνει τον βαθμό απόδοσης του και κατ' επέκταση το γενικό βαθμό απόδοσης όλου του συστήματος.



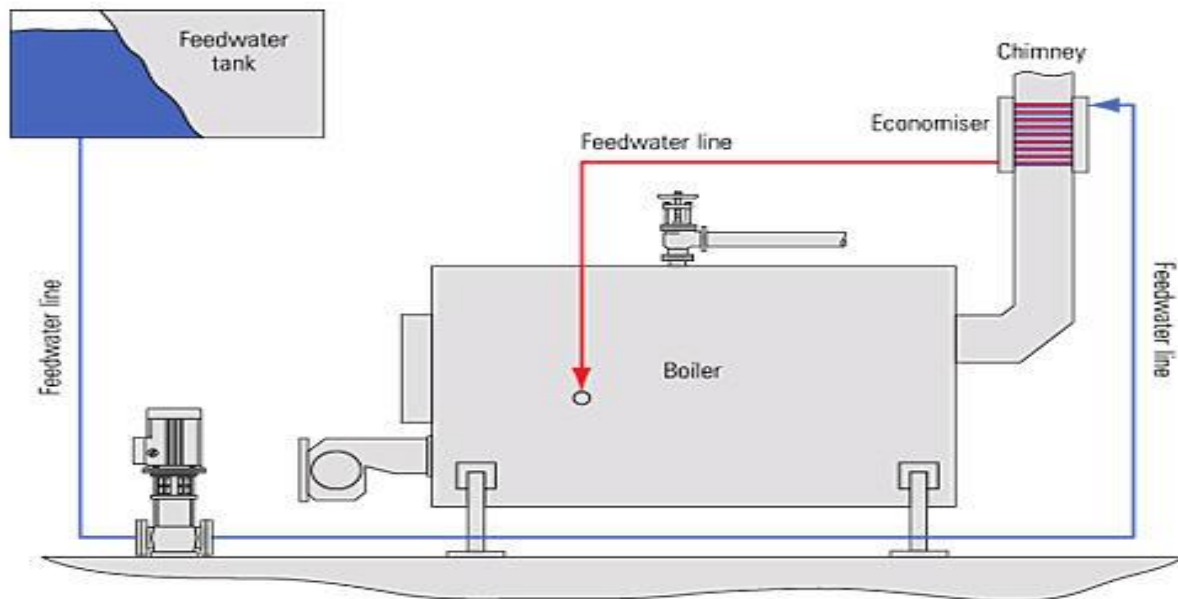
Εικόνα 1: Υπερθερμαντήρας u-tube

1.4 Αφυπερθερμαντήρας ελέγχου (Control Desuperheater)

Ο αφυπερθερμαντήρας ελέγχου θερμοκρασίας εγκαθίσταται στον υδροθάλαμο και να αποτελείται από κατάλληλο αριθμό στοιχείων. Κάποια ποσότητα ατμού από το τέταρτο στάδιο του υπερθερμαντήρα ρέει μέσα στον αφυπερθερμαντήρα ελέγχου θερμοκρασίας έτσι ώστε να ελέγχεται η θερμοκρασία του ατμού που θα εξέρχεται από τον υπερθερμαντήρα.

1.5 Εσωτερικός αφυπερθερμαντήρας για ατμό βοηθητικής χρήσης (Internal Desuperheater For Auxiliary Steam)

Αυτός ο αφυπερθερμαντήρας εγκαθίσταται μέσα στο χώρο του νερού του ατμουδροθαλάμου και να αποτελείται από κατάλληλο αριθμό στοιχείων. Η μέγιστη ροή ατμού του αφυπερθερμαντήρα θα πρέπει να είναι 40.000 kg/h για κάθε λέβητα. Ο ατμός για αφυπερθέρμανση οδηγείται από την έξοδο του υπερθερμαντήρα στην είσοδο του αφυπερθέρμαντηρα όπου χάνει την υπερθέρμανση του μεταδίδοντας την θερμότητα του στο νερό το οποίο βρίσκεται στην θερμοκρασία κορεσμού. Έτσι φεύγει με θερμοκρασία κορεσμένου και εισέρχεται στο δίκτυο του αφυπέρθερμου ατμού.



Εικόνα 2: Λειτουργία οικονομητήρα στο σύστημα

1.6 Οικονομητήρας (Economizer)

Ο οικονομητήρας (economizer) είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που προθερμαίνει το τροφοδοτικό νερό για παροχή στο λέβητα απορροφώντας μέρος από τις θερμίδες των καυσαερίων του λέβητα. Αποτελείται από σύστημα αυλών στο οποίο εσωτερικά κυκλοφορεί το νερό που προορίζεται για ατμοποίηση στο λέβητα και εξωτερικά τα καυσαέρια που οδηγούνται προς την ατμόσφαιρα. Με αυτό τον τρόπο γίνεται η μετάδοση της θερμότητας των καυσαερίων μέσω των αυλών στο νερό και η θερμοκρασία νερού αυξάνεται στους 270°C.

1.7 Προθερμαντήρας αέρα με ατμό (Steam Air Heater)

Κάθε λέβητας εξοπλίζεται με αυλωτού εκτεταμένου επιφανείας τύπου προθερμαντήρα αέρα με ατμό, για να ανεβάσει την θερμοκρασία (στους 120°C) του αέρα που ελκύεται πριν μπει στον αεροθάλαμο (wind box). Με την προθέρμανση του καυσιγόνου αέρα πετυχαίνονται τα εξής πλεονεκτήματα: Μικρότερη περίσσεια αέρα, τελειότερη καύση καυσίμου και μεγαλύτερη θερμοκρασία της εστίας.



Εικόνα 3: Προθερμαντήρας αέρα με ατμό

1.8 Καυστήρες διπλού καυσίμου (πετρελαίου-φυσικού αερίου) (Dual Burners)

Οι λέβητες που χρησιμοποιούνται σήμερα στην ναυτιλία εξοπλίζονται με τρεις καυστήρες διπλού καυσίμου τοποθετημένους στο τοίχωμα οροφής της εστίας. Ο καυστήρας διπλού καυσίμου είναι συνδυαστικού τύπου υγραερίου και πετρελαίου και είναι ικανός να κάψει το πετρέλαιο μόνο ή το αέριο που ατμοποιείται μόνο ή και τα δυο καύσιμα ταυτόχρονα. Τα προστόμια του υγραερίου πρέπει να είναι τοποθετημένα κατάλληλα ώστε να επιτυγχάνεται ανάφλεξη από την φλόγα του πετρελαίου. Ο καυστήρας διπλού καυσίμου πρέπει να είναι συνδυασμός πετρελαίου και αερίου, τύπου νεφελωποίησης με ατμό για τον καυστήρα πετρελαίου και πολυπροστομοιακού τύπου για τον καυστήρα αερίου, διαθέτοντας διασκορπιστήρα (atomizer gun) για το πετρέλαιο και προστόμιο για το αέριο. Το πετρέλαιο και το αέριο διανέμονται στον κάθε καυστήρα από την αντίστοιχη πολλαπλή εισαγωγής του πετρελαίου και του αερίου από διακλαδιζόμενους σωλήνες. Κάθε καυστήρας είναι εφοδιασμένος με έναν σπινθηριστή. Επίσης κάθε καυστήρας πρέπει να είναι εφοδιασμένος με δυο ανιχνευτές φωτιάς οι οποίοι δίνουν σήμα ανίχνευσης αποτυχίας φλόγας και αποκόβουν και τα δυο καύσιμα στον καυστήρα. Δυο ανιχνευτές φωτιάς τύπου CdS ή τύπου IR για πετρέλαιο και ανίχνευση διπλής φλόγας και οι άλλοι δυο ανιχνευτές φωτιάς είναι τύπου UV για ανίχνευση φωτιάς αερίου. Η αναλογία αέρα-καυσίμου για τον καυστήρα του πετρελαίου πρέπει να είναι 15:1 και η αναλογία αέρα-καυσίμου για τον καυστήρα του αερίου πρέπει να είναι 7:1.



Εικόνα 4: Καυστήρας φυσικού αερίου



Εικόνα 5: Καυστήρας πετρελαίου

1.9 Εκκαπνιστήρες (Soot Blower)

Κάθε λέβητας είναι εξοπλισμένος με δυο τύπους εκκαπνιστήρων. Ο τύπος και ο αριθμός των εκκαπνιστήρων συνήθως είναι ο παρακάτω:

Θέση	Ποσότητα	Τύπος
Υπερθερμαντήρας	Δύο (2)	Μακρύς τηλεσκοπικός
Χώρος αυλών του λέβητα	Δύο (2)	Ακίνητος περιστροφικός
Οικονομητήρας	Τέσσερις (4)	Ακίνητος περιστροφικός

Σκοπός των εκκαπνιστήρων είναι να προβάλλουν ατμό πάνω στις δέσμες των αυλών ώστε να γίνεται καθημερινά καθαρισμός τους από την αιθάλη που επικάθεται κατά την λειτουργία του λέβητα ώστε η θερμότητα από την εστία να μεταφέρεται καλύτερα στο νερό για ατμοποίηση και το μέσο σημείο λειτουργίας όλων αυτών των εκκαπνιστήρων είναι 60 kg/cm^2 αφυπέρθερου ατμού. Οι δυο τύποι εκκαπνιστήρων κινούνται από ηλεκτρικό κινητήρα. Όλοι οι εκκαπνιστήρες είναι προσαρτημένοι στο κέλυφος του λέβητα και είναι στεγανοί για να μην διαφεύγουν τα καυσαέρια. Επίσης είναι εξοπλισμένοι με σύστημα αέρα σάρωσης το οποίο θα παρέχεται από το ναυπηγείο. Όλοι οι εκκαπνιστήρες θα πρέπει να χειρίζονται με τη σειρά από τον πίνακα ελέγχου εκκαπνιστήρων στο χώρο ελέγχου της μηχανής.



Εικόνα 6: Εκκαπνιστήρας

1.10 Ανεμιστήρας βεβιασμένης ενίσχυσης αέρα (Force Draft Fan)

Ο ανεμιστήρας αυτός επιτυγχάνει την είσοδο μεγάλης ποσότητας καυσιγόνου αέρα υπό πίεση προς την εστία με κατάλληλη ένταση και ποσότητα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού καύσεως του λέβητα.

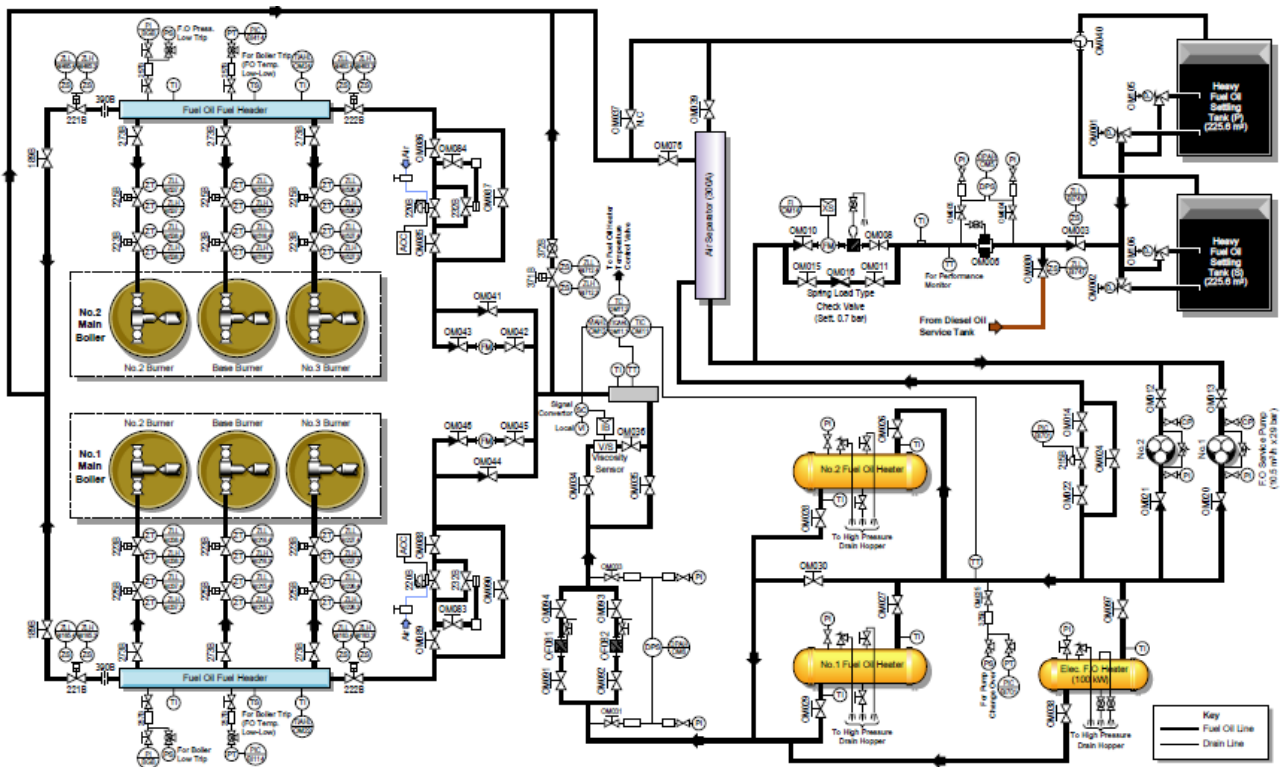


Εικόνα 7: Ανεμιστήρας βεβιασμένης ενίσχυσης

1.11 Σύστημα παραλαβής και τροφοδοτήσεως πετρελαίου στους λέβητες

Σε πλοία LNG υπάρχει μία δεξαμενή αποθηκείσεως στην πλώρη χωρητικότητας 3.500m^3 (H.F.O deep tank), 2 δεξαμενές πετρελαίου στο μηχανοστάσιο (H.F.O tank port,starboard) και 2 δεξαμενές κατακαθίσεως (H.F.O settling tank). Όλες οι παραπάνω έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύσουν πετρέλαιο απευθείας από την γραμμή πετρέλευσης στο κατάστρωμα. Οι λέβητες τροφοδοτούνται με βαρύ πετρέλαιο από τις δεξαμενές κατακαθίσεως στις οποίες με τη βοήθεια της βαρύτητας και επειδή το πετρέλαιο το νερό και οι στερεές ακαθαρσίες έχουν γενικά διαφορετικά ειδικά βάρη διαχωρίζονται σε στρώματα από τα οποία το κατώτερο περιλαμβάνει στερεές ύλες αμέσως μετά νερό και το ανώτερο είναι το πετρέλαιο , οπότε μια πρώτη κατεργασία πραγματοποιείται στις δεξαμενές αυτές ώστε να απομακρυνθούν όλες οι βλαβερές ουσίες και το νερό που μπορεί να βλάψουν την λειτουργία των λεβήτων. Συνήθως στις πετρελεύσεις το βαρύ πετρέλαιο αποθηκεύεται στη δεξαμενή που βρίσκεται στην πλώρη. Για να μεταφερθεί στις δεξαμενές κατακαθίσεως χρησιμοποιείται αντλία μεταφοράς πετρελαίου (transfer pump) η οποία το καταθλίβει σε μια από τις δύο δεξαμενές πετρελαίου στο μηχανοστάσιο (H.F.O tank). Από τις δεξαμενές αποθηκείσεως υπάρχει μια άλλη αντλία που τροφοδοτεί τις δεξαμενές κατακαθίσεως με αυτόματη λειτουργία δηλαδή η αντλία ξεκινάει να τροφοδοτεί με πετρέλαιο μόλις η δεξαμενή κατακαθίσεως φτάσει σε χαμηλή στάθμη και σταματάει όταν φτάσει σε επιθυμητή στάθμη.

Η διαδρομή του πετρελαίου (H.F.O.) προς τους λέβητες ξεκινάει από την δεξαμενή κατακαθίσεως που έχει επιλέξει ο πρώτος μηχανικός να χρησιμοποιεί, από αυτή την δεξαμενή λοιπόν η αντλία πετρελαίου αναρροφά, πριν την αναρρόφηση της αντλίας υπάρχουν φίλτρα τα οποία ονομάζονται κρύα φίλτρα όπου συγκρατούν βλαβερά σωματίδια και ακαθαρσίες του πετρελαίου στην συνέχεια μετά την κατάθλιψη της αντλίας υπάρχουν δύο προθερμαντήρες πετρελαίου (σε λειτουργία βρίσκεται μόνο ένας προθερμαντήρας) όπου το πετρέλαιο από τους 70°C προθερμαίνεται στους 125°C περίπου, ύστερα υπάρχουν δύο φίλτρα που ονομάζονται θερμά και συγκρατούν τυχόν ακαθαρσίες που έχουν απομείνει. Τέλος το πετρέλαιο κατευθύνεται για καύση προς τους λέβητες από όπου μια γραμμή (header) τροφοδοτεί τους τρεις καυστήρες κάθε λέβητα.



Εικόνα 8: Δίκτυο πετρελαίου σε σύγχρονο πλοίο LNG

1.12 Αντλίες πετρελαίου (F.O Pump)

Σκοπός των αντλιών πετρελαίου είναι να αναρροφούν το πετρέλαιο από τις δεξαμενές κατακαθίσεως και να το καταθλίβουν στους καυστήρες του λέβητα. (το πετρέλαιο στην διαδρομή αυτή περνάει από φίλτρα και προθερμαντήρες πετρελαίου)

1.13 Προθερμαντήρας πετρελαίου (F.O Heater)

Για να ελαττωθεί το ιξώδες του πετρελαίου και να γίνει πιο λεπτόρρευστο για ικανοποιητικό ψεκασμό από τον καυστήρα είναι απαραίτητο να έχει ορισμένη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτή κυμαίνεται από 70 °C με 120 °C. Για το σκοπό αυτό αλλά και ευκολότερη άντληση του από τις δεξαμενές γίνεται μια πρώτη προθέρμανση με οφιοειδή στοιχεία που είναι εγκατεστημένα μέσα στις δεξαμενές στα οποία κυκλοφορεί ατμός που παράγει ο βοηθητικός γεννήτρια ατμού. Η σημαντικότερη προθέρμανση του πετρελαίου γίνεται μέσα στους προθερμαντήρες οι οποίοι βρίσκονται μεταξύ της αντλίας πετρελαίου και των καυστήρων. Οι προθερμαντήρες πετρελαίου είναι εναλλακτικές επιφανείας στους οποίους ως θερμαντική πηγή χρησιμοποιείται ο ατμός. Πιο συγκεκριμένα ατμός χαμηλής πίεσης εισάγεται εξωτερικά των αυλών ενώ εσωτερικά εισέρχεται το πετρέλαιο έτσι η θερμότητα από τον ατμό αυξάνει την θερμοκρασία του πετρελαίου στους 125 °C περίπου.



Εικόνα 9: Προθερμαντήρας πετρελαίου

1.14 Έλεγχος τροφοδοτικού νερού των λεβήτων και προσθήκη χημικών

Στις υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις εντός των λεβήτων το νερό εμφανίζει διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες από αυτές που εμφανίζονται σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση. Χημικές ουσίες μπορεί να προστεθούν για να διατηρηθεί το pH σε χαμηλά επίπεδα μειώνοντας έτσι τη διαλυτότητα των υλικών των λεβήτων στο νερό, ενώ επιτρέπει και την

αποτελεσματική δράση άλλων χημικών ουσιών που προστίθενται για την αποφυγή αφρισμού και την απομάκρυνση ιζημάτων από την περιοχή των επιφανειών παραγωγής ατμού. Στους λέβητες πραγματοποιούνται οι εξής μετρήσεις: α) μέτρηση αλατότητας (χλωριούχων και φωσφάτων), β) μέτρηση σκληρότητας, γ) διαπίστωση παρουσίας ελαιωδών ουσιών, δ) μέτρηση αλκαλικότητας, ε) μέτρηση διαλυμένου οξυγόνου και στ) διαπίστωση αιωρούμενων ουσιών (αγωγιμότητας, πυριτίου, χαλκού). Οι μετρήσεις αυτές είναι απαραίτητες για την καλή λειτουργία των λεβήτων και αποσκοπούν στην ανίχνευση του είδους της μόλυνσεως που έχουν. Με βάση τα αποτελέσματα της κάθε μετρήσεως παίρνονται και τα ανάλογα μέτρα για την αντιμετώπισή της, η αντιμετώπιση γίνεται κυρίως με χημικά πρόσθετα και σε περίπτωση αφρισμού ή ακαθαρσιών που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού του λέβητα πραγματοποιείται εξάφριση (surface blowdown), επίσης σε περίπτωση ακαθαρσιών στα κάτω μέρη του λέβητα πραγματοποιείται στιγμιαία εξαγωγή από τον πυθμένα (bottom blowdown).

1.15 Διάφορα εξαρτήματα

Κάθε λέβητας πρέπει να έχει εξαρτήματα επαρκή για κανονική λειτουργία και συντήρηση όπως ασφαλιστικά, μετρητές στάθμης, κύριο ατμοφράκτη, βαλβίδα ανακοπής του τροφοδοτικού νερού, ανεπίστροφο επιστόμιο τροφοδοτικού νερού κλπ. Δυο ασφαλιστικά πρέπει να είναι τοποθετημένα στον ατμοθάλαμο και ένα στην εξαγωγή του υπερθερμαντήρα. Οι υδροδείκτες πρέπει να είναι διαφανής με γρήγορης απόκρισης βαλβίδες αποκοπής, με σύστημα συρμάτων και τροχαλιών για τον χειρισμό τους από το επίπεδο του λέβητα.

1.16 Γεννήτριες αζώτου (N2 Generators)

Σκοπός της γεννήτριας αυτής είναι η παραγωγή αζώτου και η αποθήκευση του σε μια κυλινδρική δεξαμενή (buffer tank). Από αυτή τη δεξαμενή τροφοδοτούνται οι γραμμές που εισέρχεται το φυσικό αέριο στο λέβητα για αδρανοποίηση του όταν αλλάζει η επιλογή καύσης δηλαδή όταν οι λέβητες καίνε φυσικό αέριο και αλλάζουν ώστε να καίνε πετρέλαιο τότε οι αγωγοί του φυσικού αερίου γεμίζουν με άζωτο αυτόματα.

1.17 Δίκτυο εκτόνωσης ατμού για μείωση των παραγόμενων αερίων στις δεξαμενές (steam dump)

Οι δύο κύριοι λέβητες χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη το φορτίο όταν το έχει επιλέξει ο πρώτος μηχανικός και ο ναυλωτής δηλαδή τους ατμούς φυσικού αερίου (boil off gas) που σχηματίζονται στις δεξαμενές του πλοίου. Εάν οι ατμοί αυτοί είναι περισσότεροι από όσο χρειάζονται οι λέβητες για καύση αυξάνεται η πίεση η οποία πρέπει να κρατείται μέχρι 1 bar τότε μέσω του υπολογιστή στο κέντρο ελέγχου (control room) αυξάνουμε την παραγωγή ατμού στους λέβητες και αυτός ο παραγόμενος ατμός κατευθύνεται στο κύριο ψυγείο μέσω της γραμμής του steam dump desuperheater. Επίσης εκεί γίνεται ψεκασμός (spray) για την μείωση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται.

1.18 L.P.S.G. Βοηθητικός λέβητας χαμηλής πίεσεως (Low Pressure Steam Generator)

Ο βοηθητικός λέβητας είναι μια γεννήτρια ατμού χαμηλής πίεσεως. Χρησιμοποιεί αφυπέρθερμο ατμό 16 bar από την παραγωγή ατμού των κύριων λεβήτων για να παράγει ατμό χαμηλής πίεσης 8 bar περίπου. Ο ατμός που παράγει ο βοηθητικός λέβητας χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει βοηθητικά μηχανήματα, προθερμάνσεις δεξαμενών πετρελαίου και καταλοίπων για την ομαλότερη άντληση τους, τη συσκευή καθαρισμού των καυστήρων (burners) των λεβήτων, επίσης τροφοδοτεί με ατμό για τη διαχείριση του φορτίου τους εξής προθερμαντήρες και συσκευές: το Low Duty Heater, το High Duty Heater, το Lng Vaporiser, Forcing Vaporiser, Glycol Heating Steam, Lo Heater for Compressor.

Επίσης όταν το πλοίο είναι εν πλω ο βοηθητικός λέβητας χρησιμοποιεί την απομάστευση του στροβίλου υψηλής πίεσης (HP Bleeder), με αυτό τον τρόπο οι κατασκευαστές αυξάνουν το βαθμό απόδοσης της συνολικής εγκατάστασης, για την παραγωγή ατμού. Πιο συγκεκριμένα νερό εισάγεται από τις δεξαμενές αποσταγμένου νερού σε μία δεξαμενή με χωρητικότητα 2,5 m³ αυτόματα (όταν πέφτει η στάθμη υπάρχει αυτόματο επιστόμιο που συμπληρώνει νερό για να κρατείται σε συγκεκριμένη στάθμη) και από εκεί αναρροφά μια αντλία (L.P.S.G Feed Water Pump)

και τροφοδοτεί τον βοηθητικό λέβητα εσωτερικά των αυλών περνάει το νερό και εξωτερικά ο ατμός των 16 bar με σκοπό την θέρμανση και ατμοποίηση του σε πίεση 8 bar. Ο αφυπέρθερμος ατμός των 16 bar έχει πλέον χάσει θερμοκρασία και είναι ήδη σε μια ενδιάμεση κατάσταση υγρού ατμού, στη συνέχεια συλλέγεται σε μια δεξαμενή όπου ονομάζεται L.P.S.G Drain Tank και κατευθύνεται στο Drain Cooler για να γίνει νερό και στη συνέχεια οδηγείται στην εξαεριστική δεξαμενή (deaerator).

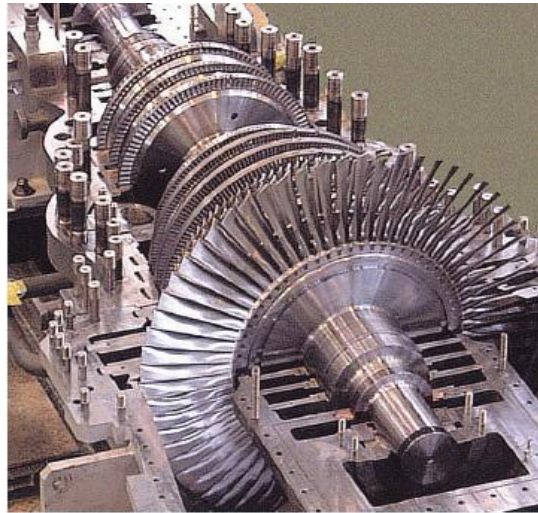
Κεφάλαιο 2: Ατμοστρόβιλος

2.1 Ιστορική αναδρομή

Αν και απλές ατμομηχανές είχαν κατασκευαστεί ήδη από την αρχαιότητα με γνωστότερο παράδειγμα την αιολόσφαιρα ή ατμοστρόβιλος η πρώτη ατμομηχανή στην ιστορία του Έθνος ωστόσο ποτέ δεν βρήκαν πρακτική εφαρμογή καθώς οι τότε κοινωνίες χρησιμοποιούσαν κυρίως την απλή μυϊκή δύναμη. Η ατμομηχανή που κατασκεύασε ο Τόμας Σείβερι το 1698 για την άντληση νερού είναι η πρώτη μηχανή του είδους που κατασκευάστηκε για πρακτικές εφαρμογές. Επόμενος σημαντικός σταθμός ήταν η μηχανή του Τόμας Νιουκόμεν το 1712 την οποία βελτίωσε ο Τζέιμς βατ. Έκτοτε οι ατμομηχανές συνέχισαν να βελτιώνονται και να εξελίσσονται συνεχώς παίζοντας το βασικό ρόλο στην πραγματοποίηση της Βιομηχανικής επανάστασης και επομένως τη μετάβαση από τον χειρωνακτικό τρόπο εργασίας και παραγωγής στον μηχανοποιημένο. Επίσης έπαιξαν σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας και της ναυτιλίας με την εμφάνιση του ατιμόπλοιου που δεν εξαρτιόταν από τον άνεμο για την κίνηση του όπως τα ιστιοφόρα και την καθιέρωση του σιδηρόδρομου ως κύριου τρόπου χερσαίων μεταφορών στις ανεπτυγμένες χώρες. Τον εικοστό αιώνα οι ατμομηχανές εκτοπίστηκαν σε μεγάλο βαθμό από τους κινητήρες ντίζελ τους ηλεκτροκινητήρες και άλλα είδη κινητήρων εσωτερικής καύσεως μια και αυτοί ήταν τρόποι παραγωγής ενέργειας που έκαναν την εμφάνιση τους στο προσκήνιο εκείνη την εποχή (19ος αιώνας).

2.2 Λειτουργία ατμοστρόβιλου σε σύγχρονα πλοία LNG

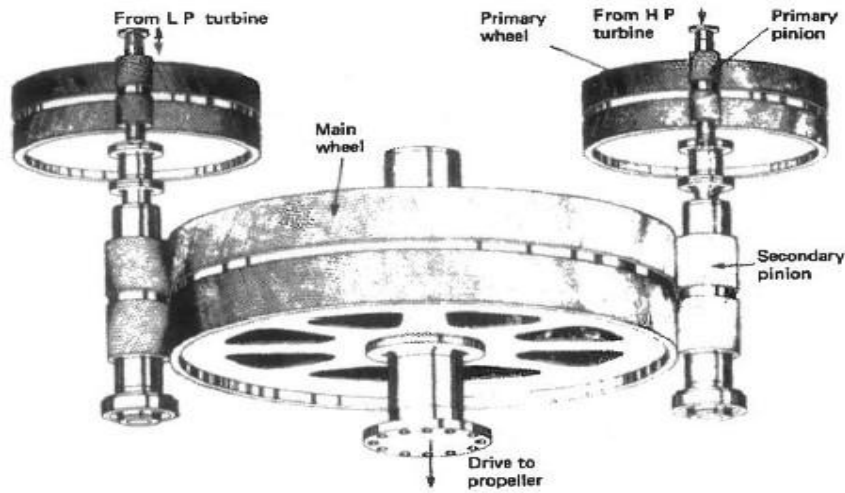
Ο ατμοστρόβιλος είναι μια θερμική μηχανή εξωτερικής καύσεως δηλαδή χρησιμοποιεί τον ατμό που παράγει ο λέβητας για την παραγωγή κινητικής ενέργειας. Αποτελείται από ένα ρότορα ο οποίος είναι ένα περιστρεφόμενο στροφέιο και φέρει πτερύγια. Σ' αυτά τα πτερύγια προσκρούει ο υπέρθερμος ατμός όπου και εκτονώνεται στρέφοντας τον άξονα του στροβίλου. Η εκτόνωση αυτή γίνεται σταδιακά σε πολλές βαθμίδες για την καλύτερη εκμετάλλευση της πίεσης και της ενέργειας του ατμού. Οι βαθμίδες αποτελούνται από μια στεφάνη σταθερών και μια στεφάνη κινητών πτερυγίων, το κέλυφος φέρει τα σταθερά πτερύγια που αυξάνουν την ταχύτητα του ατμού και τον οδηγούν στα κινητά πτερύγια που είναι στερεωμένα στον άξονα του στροβίλου πραγματοποιώντας την περιστροφή του. Υπάρχουν τριών ειδών στρόβιλοι στη ναυτιλία, στρόβιλοι υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσεως. Στα σύγχρονα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου συναντάμε υψηλής και χαμηλής πίεσεως στροβίλους. Η λειτουργία τους πραγματοποιείται ως εξής: Αρχικά ο υπέρθερμος ατμός που παράγεται από τον ατμολέβητα (60 bar, 510°C) εισέρχεται στον στρόβιλο υψηλής πίεσεως και αφού διαπεράσει από όλα τα πτερύγια του εξέρχεται με χαμηλή πλέον πίεση και εισέρχεται στον επόμενο στρόβιλο που είναι χαμηλής πίεσης ώστε η ενέργεια του ατμού να εκμεταλλευτεί πλήρως αυξάνοντας το βαθμό απόδοσης του συστήματος παράλληλα, στην συνέχεια ο ατμός κατευθύνεται στο κύριο ψυγείο όπου επικρατεί κενό. Επίσης υπάρχει και ένας στρόβιλος αναποδήσεως που χρησιμοποιείται για την κίνηση ανάποδα, έχει αντίθετες πτερυγώσεις από τους άλλους στροβίλους και τοποθετείται στον άξονα του στροβίλου χαμηλής πίεσεως. Έτσι όταν ζητηθεί η κίνηση ανάποδα σταματάει η πορεία του ατμού προς τους στροβίλους του πρόσω με έναν αυτόματο ατμοφράκτη και κατευθύνεται προς τον στρόβιλο αναποδήσεως συνεπώς όλο το σύστημα των στροβίλων κινείται αντίστροφα με αποτέλεσμα και την αντίστροφη περιστροφή της προπέλας.



Εικόνα 10: Στροφείο ατμοστροβίλου

2.3 Μετάδοση της κινήσεως στην έλικα (μειωτήρας) (reduction gear)

Στις εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων η απόδοση του στροβίλου είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός περιστροφών του ανά λεπτό. Η απόδοση της έλικας είναι τόσο μεγαλύτερη όσο λιγότερες είναι οι στροφές της ανά λεπτό. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η παρεμβολή συστήματος μείωσης των στροφών μεταξύ του άξονα στροβίλου και ελικοφόρου, ώστε η απόδοση και των δύο, δηλαδή και του στροβίλου και της έλικας να παραμένει υψηλή. Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν οδοντωτό τροχό με μικρή διάμετρο, προσαρμοσμένο στον άξονα του στροβίλου και ένα με μεγάλη διάμετρο, προσαρμοσμένο στον ελικοφόρο άξονα. Ο μικρός τροχός στρέφει με τις στροφές του στροβίλου και ονομάζεται κινητήριος τροχός (driving gear) ή πηνίο (pinion) και μεταδίδει την κίνησή του στο μεγάλο ο οποίος καλείται κινούμενος (driven gear) ή κύριος τροχός (main gear). Το όλο συγκρότημα τοποθετείται μέσα σε ιδιαίτερο κιβώτιο, το λεγόμενο κιβώτιο μειωτήρων (reduction gear casing). Η σχέση αριθμού στροφών άξονα στροβίλου προς τον αριθμό στροφών του ελικοφόρου ονομάζεται λόγος μεταδόσεως ή λόγος μείωσης. Σε LNG πλοία χρησιμοποιείται συνήθως διπλή μείωση δηλαδή σε δύο στάδια. Στην περίπτωση αυτή ο άξονας του κύριου τροχού από την πρώτη μείωση συνδέεται προς το πηνίο της δεύτερης μεταδόσεως και αυτό στη συνέχεια προς τον κύριο τροχό που κινεί τον ελικοφόρο άξονα



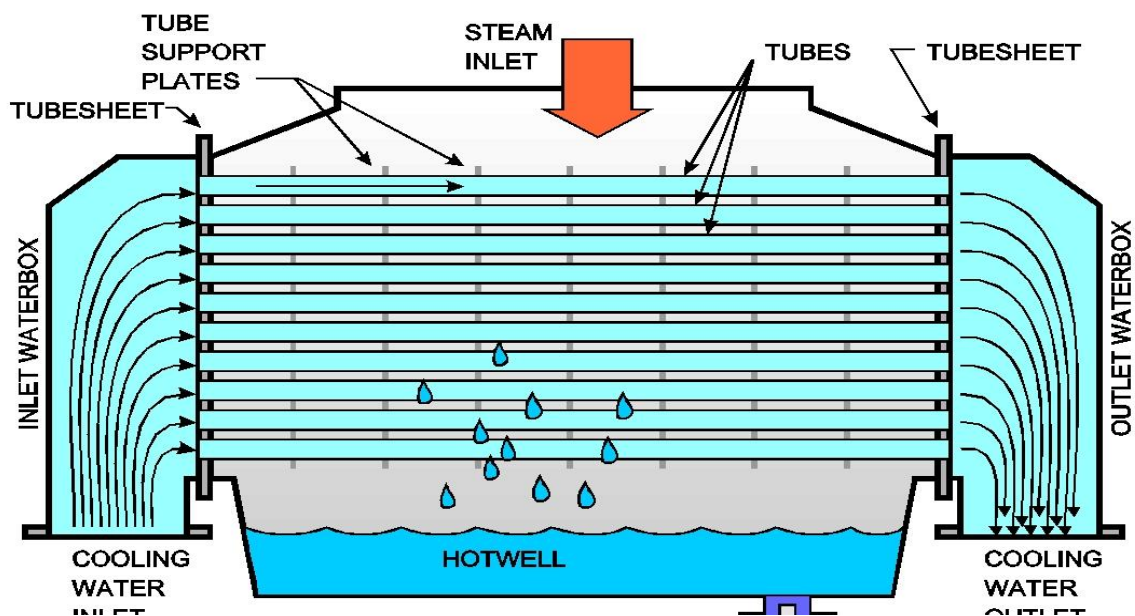
Εικόνα 11: Μειωτήρας διπλής μείωσης

2.4 Ωστικός τριβέας (thrust bearing)

Η αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία του ωστικού τριβέα είναι η εξής : Η ωστική άτρακτος φέρει ένα ολόσωμο δακτύλιο του οποίου το επίπεδο είναι κάθετο στον άξονα της ατράκτου. Το κιβώτιο ή πλαίσιο του ωστικού τριβέα που προσαρμόζεται στο πλοίο φέρει αντίστοιχα δακτυλιοειδής αυλάκες μέσα στις οποίες εφαρμόζουν με ελάχιστη ελευθερία οι δακτύλιοι του ωστικού τριβέα. Όταν ο άξονας περιστρέφεται από την μηχανή περιστρέφει την έλικα. Η προχώρηση της έλικας ανακόπτεται στον ωστικό τριβέα λόγω των δακτυλίων και των αυλάκων του και μεταδίδεται ως δύναμη ώσεως στο κιβώτιο του ωστικού τριβέα και από αυτό στο πλοίο το οποίο έτσι κινείται προς πλώρα ή προς πρύμνη δηλαδή πρόσω η ανάποδα ανάλογα με τη φορά περιστροφής της έλικας. Οι εσωτερικές επιφάνειες των αυλάκων στις οποίες προστρίβονται οι δακτύλιοι επιστρώνονται με λευκό μέταλλο αντιτριβής και λιπαίνονται κατά την λειτουργία για να διατηρείται σταθερή θερμοκρασία και να μην υπερθερμανθεί.

2.5 Κύριο ψυγείο ή Συμπυκνωτής (Main Condenser)

Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας με σκοπό τη συμπύκνωση του ατμού των εξατμίσεων των στροβίλων σε πίεση χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής. Ο ατμός των στροβίλων εισέρχεται στο κύριο ψυγείο και συναντάει ένα συγκρότημα αυλών μέσα από τους οποίους ρέει θαλασσινό νερό, στην συνέχεια ο ατμός γίνεται συμπύκνωμα και αυτή η αλλαγή από αέριο σε υγρό δημιουργεί κενό μέσα στον συμπυκνωτή. Επίσης υπάρχουν και δύο αντλίες κενού οι οποίες έχουν ως σκοπό την αφαίρεση των υδρατμών που δεν έχουν συμπυκνωθεί ώστε το κενό που δημιουργείται να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο. Αφού ο ατμός έχει συμπυκνωθεί δημιουργείται συμπύκνωμα ατμού δηλαδή καθαρό νερό το οποίο επαναχρησιμοποιείται για νερό τροφοδοσίας λεβήτων.



Εικόνα 12: Κύριο ψυγείο

2.6 Ατμοστρόβιλος αντλίας τροφοδοτήσεως λέβητων

Η συγκεκριμένη αντλία τροφοδοτήσεως νερού στο λέβητα χρησιμοποιείται σε σύγχρονες εγκαταστάσεις ατμομηχανικών εγκαταστάσεων και ο σκοπός της είναι η τροφοδοσία νερού στο λέβητα για ατμοποίηση. Πιο συγκεκριμένα αντλεί νερό από τον απαερωτή το καταθλίβει προς τον οικονομητήρα όπου προθερμαίνεται στους 270°C και στην συνέχεια καταθλίβεται στον λέβητα με πίεση περίπου 65 bar ώστε να υπερνικήσει την πίεση του λέβητα (60 bar) και να εισαχθεί. Ο στρόβιλος της αντλίας είναι κατάλληλος για θερμοκρασίες πάνω από 510°C και είναι υψηλής ταχύτητας 8500rpm. Ο στρόβιλος και η αντλία αποτελεί ενιαία μονάδα με ελαφριά κατασκευή σε μια βάση. Το στροφείο του στροβίλου και ο τροχός της αντλίας είναι σε κοινό άξονα με αυτό τον τρόπο ανταποκρίνονται στις απαιτητικές ανάγκες υψηλής πίεσης νερού, ιδίως των υπηρεσιών τροφοδοσίας του λέβητα. Η απλότητα στο σχεδιασμό και η ευκολία συντήρησης είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της με μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας.

2.7 Εξαεριστική δεξαμενή (deaerator tank)

Η εξαεριστική δεξαμενή σε ατμομηχανική εγκατάσταση σε πλοίο LNG βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του μηχανοστασίου και ο λόγος είναι επειδή η τροφοδοτική αντλία αντλεί νερό από την εξαεριστική δεξαμενή πρέπει να έχει θετική πίεση αναρροφήσεως. Ο σκοπός του απαερωτή (deaerator) είναι η πλήρης απαλλαγή του οξυγόνου από το νερό τροφοδοσίας διότι έχει καταστρεπτική ενέργεια στους ατμολέβητες. Η λειτουργία έχει ως εξής : Το συμπύκνωμα που προέρχεται από τις αντλίες συμπυκνώματος (condesate pump) περνά διαμέσου ακροφυσίων τα οποία προκαλούν τον διασκορπισμό του νερού σε λεπτότατα σταγονίδια τα οποία λόγω του βάρους τους πέφτουν στο κάτω μέρος ενός συλλέκτη αφού πρώτα διαπεράσουν διάτρητα ελάσματα. Από τον συλλέκτη περνούν οι εξατμίσεις της τροφοδοτικής αντλίας coffin (exhaust steam) και η ενδιάμεση απομάστευση των στροβίλων υψηλής και χαμηλής πίεσεως. Το νερό έτσι φθάνει σε θερμοκρασία βρασμού όπου η ικανότητα του για διάλυση αέρα μηδενίζεται και απαλλάσσεται τελείως από τον αέρα και τα υπόλοιπα αέρια επίσης τα αέρια που δεν συμπυκνώθηκαν απάγονται προς τη ατμόσφαιρα. Επιπλέον το νερό με την επεξεργασία αυτή θερμαίνεται και φτάνει σε

θερμοκρασία περίπου 100°C άρα επειδή το νερό προθερμίνεται κατά συνέπεια αυξάνεται και η συνολική απόδοση του συστήματος.

2.8 Δίκτυο απομαστεύσεως

Το δίκτυο αυτό αποτελείται από τους αγωγούς με τους οποίους απάγεται μέρος του ατμού από τις διάφορες βαθμίδες των στροβίλων και χρησιμοποιούνται για διάφορες χρήσεις. Συνήθως υπάρχουν τρεις απομαστεύσεις. Είναι η HP bleeder η IP bleeder και η LP bleeder. Η απομάστευση HP bleeder είναι ένας αγωγός που απάγει ατμό από το 6ο στάδιο του στρόβιλου και τροφοδοτεί την βοηθητική γεννήτρια ατμού. Η απομάστευση IP bleeder είναι ένας αγωγός που απάγει ατμό ενδιάμεσα των στροβίλων υψηλής και χαμηλής πίεσης και τροφοδοτεί την γραμμή του αφυπέρθεμου ατμού. Η απομάστευση LP bleeder είναι ένας αγωγός που απάγει ατμό από τον στρόβιλο χαμηλής πίεσεως και τροφοδοτεί LP feed water heater το οποίο είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που προθερμαίνει το νερό που οδηγείται στον εξαεριστική δεξαμενή (deaerator). Σε χαμηλές στροφές ανά λεπτό οι αποστεώσεις δεν λειτουργούν, αρχίζουν να τροφοδοτούν με ατμό στις 70 στροφές λειτουργίας των στροβίλων.

2.9 Εγκατάσταση παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική εγκατάσταση σε ένα πλοίο LNG αποσκοπεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την τροφοδότηση για τη λειτουργία μηχανημάτων, συσκευών και το φωτισμό του πλοίου. Από αυτή εξαρτώνται το μεγαλύτερο μέρος των λειτουργιών του πλοίου που σχετίζονται με την ασφάλεια, τον χειρισμό του πλοίου και του φορτίου. Αποτελείται από δύο στροβιλογεννήτριες (turbo generators) μία εσωτερικής καύσεως (diesel generator) και μία έκτακτης ανάγκης πάλι εσωτερικής καύσεως (emergency generator). Στις στροβιλογεννήτριες οι αμοστρόβιλοι είναι συνήθως στρόβιλοι δράσεως με 5-7 διαβαθμίσεις υψηλής ταχύτητας περιστροφής περίπου 1000 rpm, λειτουργεί με υπέρθερμο ατμό απευθείας απ' το λέβητα πίεσεως 60 bar και θερμοκρασίας 510°C με ρυθμιστή στροφών τύπου woodward. Η ταχύτητα περιστροφής γεννήτριας είναι 1800 rpm με παραγωγή 3500 KW η καθεμία. Η λειτουργία πιο συγκεκριμένα έχει ως εξής: Ο ατμός που

παράγεται στον ατμολέβητα διοχετεύεται στον ατμοστρόβιλο όπου προσκρούει με μεγάλη ταχύτητα στα πτερύγια του στροφείου του ατμοστροβίλου. Ο ατμός εκτονώνεται μέσω των σταδίων υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσεως που μετατρέπουν έτσι τη θερμική του ενέργεια σε κινητική περιστρέφοντας τον ατμοστρόβιλο με 1000 στροφές το λεπτό. Ο ατμός μετά την εκτόνωσή του στο στρόβιλο, υγροποιείται στο συμπυκνωτή και διοχετεύεται ξανά στον ατμολέβητα για να επαναληφθεί ο κύκλος. Ο άξονας του στροφέα του ατμοστροβίλου είναι ζευγμένος κατευθείαν στον άξονα του στροφέα της ηλεκτρογεννήτριας και συνεπώς περιστρέφει μέσω μειωτήρα με ταχύτητα 1800 rpm με αποτέλεσμα να δημιουργείται τάση ύψους 6600 V στους ακροδέκτες του στάτορα της γεννήτριας.

Η ηλεκτρογεννήτρια με κινητήρια μηχανή εσωτερικής καύσεως είναι συνήθως 8 κυλίνδρων με παραγωγή 3664 KW στις 720 rpm. Η γεννήτρια αυτή υπάρχει για βοηθητική χρήση, όπως όταν πραγματοποιούνται επισκευές στους λέβητες, όπου και η λειτουργία τους διακόπτεται με αποτέλεσμα να μην παράγεται ατμός ώστε να κινεί τις δύο στροβιλογεννήτριες, επίσης σε περίπτωση συσκότισης (black out) ξεκινάει σε 10 δευτερόλεπτα για να τροφοδοτήσει όλα τα μηχανήματα, συσκευές και φωτισμό του πλοίου. Η ηλεκτρογεννήτρια κινδύνου με κινητήρια μηχανή εσωτερικής καύσεως με παραγωγή 500 KW, στα 450 V, 60 Hz είναι V-12 με υπερσυμπιεστή με ταχύτητα λειτουργίας 1800 rpm. Η μηχανή αυτή έχει σύστημα εκκίνησης αέρα με το πάτημα ενός κουμπιού υδραυλικό, χειροκίνητο σύστημα εκκίνησης και αυτόματα εκκίνηση σε περίπτωση κινδύνου, δηλαδή αν για κάποιο λόγο σταματήσει η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τις κύριες γεννήτριες. Η ύπαρξη αυτής της γεννήτριας προβλέπεται και απαιτείται από τους Διεθνείς Κανονισμούς Νηογνομόνων και από τη Διεθνείς Σύμβαση Ασφάλειας της ζωής εν θαλάσση (SOLAS).

Από την ηλεκτρογεννήτρια κινδύνου τροφοδοτούνται τα ζωτικά και ουσιώδη μόνο κυκλώματα του πλοίου, όπως πλοϊκοί φανοί, το ηλεκτροκίνητο πηδάλιο, ο φωτισμός κινδύνου, τα ηχητικά σήματα, οι διάφοροι ενδείκτες κλπ. Επίσης η τοποθέτηση της γεννήτριας κινδύνου γίνεται σε μέρος του πλοίου πάνω από το κύριο κατάστρωμα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι η πυρκαϊά ή άλλη ζημιά μέσα στο μηχανοστάσιο δε θα επιδρά στην τροφοδότηση ή τη διανομή της.

2.10 Συσκευές στεγανότητας του κελύφους των στροβίλων (Gland Packing and Leak Off System)

Οι συσκευές στεγανότητας στους κύριους και βοηθητικούς στροβίλους είναι πολύ σημαντικές. Οι άξονες από τους στροβίλους εξέρχονται από το κέλυφος για να συνδεθούν με μειωτήρες ή με αντλίες. Εάν δεν υπήρχε κάποια συσκευή στεγανότητας σε αυτά τα σημεία ο ατμός από το εσωτερικό των στροβίλων θα έβγαινε προς τα έξω όταν η πίεση του ατμού μέσα στο στρόβιλο θα ήταν μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική ή ο αέρας θα εισέρχονταν μέσα στο στρόβιλο όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι μεγαλύτερη δηλαδή στον στρόβιλο χαμηλής πίεσης, οπότε η απόδοση των στροβίλων θα έπεφτε και μπορεί να υπήρχαν ακόμη και καταστρεπτικές συνέπειες. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου ο άξονας θα έπρεπε να κατασκευάζεται τελείως εφαρμοστός όμως ο μεγάλος αριθμός στροφών που περιστρέφεται ο άξονας και η θερμότητα που θα παραγόταν θα καταστρέφονταν και ο άξονας και το κέλυφος. Αυτό το φαινόμενο περιορίστηκε με την τοποθέτηση διάκενων ώστε η ροή του ατμού να εμποδίζεται προς τα έξω. Αυτό το σύστημα ονομάζεται λαβύρινθος. Με αυτόν τον τρόπο η ροή του ατμού προς τα έξω περιορίστηκε οπότε πρέπει να προστεθεί και η εισαγωγή αέρα προς τον στρόβιλο αυτό επιτυγχάνεται στέλνοντας αφυπέρθερο ατμό 16bar σε μια περιοχή του λαβύρινθου ο οποίος οδηγείται σε ψυγείο (gland condenser) το οποίο με την βοήθεια του νερού συμπυκνώματος από το κύριο ψυγείο ψύχει τον ατμό αυτό και τον μετατρέπει σε νερό όπου και καταλήγει στο feed water drain tank.

Επιπλέον οι λαβύρινθοι κατασκευάζονται από νικελιούχο μπρούντζο που έχει μικρότερη σκληρότητα από το υλικό του στροφείου ώστε αν υπάρξει επαφή λαβυρίνθου και άξονα λόγω πτώσης των τριβέων να φθαρεί ο λαβύρινθος και όχι ο άξονας.

2.11 Οι τριβείς των ατμοστροβίλων

Οι τριβείς των ατμοστροβίλων χαρακτηρίζονται ως τριβείς εδράσεως και τριβείς ισορροπήσεως. Το κιβώτιο υποδοχής τους κατασκευάζεται ενιαίο με το κέλυφος ή τη βάση του στροβίλου. Οι τριβείς εδράσεως χρησιμεύουν για την έδραση του άξονα και του στροφείου, φέρουν το βάρος και εξασφαλίζουν την κατακόρυφη ή ακτινική θέση του στροφείου μέσα στα όρια του ακτινικού διακένου τους. Οι τριβείς ισορροπήσεως χρησιμεύουν στο να παραλαμβάνουν τις αξονικές ώσεις ή

δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία του στροβίλου και να εξασφαλίζουν την αξονική θέση του στροφείου μέσα στα όρια του αξονικού διακένου τους.

2.12 Δίκτυο λιπάνσεως των στροβίλων και του μειωτήρα

Για την λίπανση των στροβίλων και του μειωτήρα υπάρχουν δύο αντλίες ελαίου και μια εξαρτημένη αντλία στον άξονα του στροβίλου. Σε χαμηλές στροφές ανά λεπτό χρησιμοποιείται μια αντλία ελαίου και η άλλη είναι σε κατάσταση ετοιμότητας (stand by). Σε υψηλές στροφές η λειτουργία της διακόπτεται αυτόματα διότι λιπαίνει η εξαρτημένη αντλία. Σε περίπτωση full away και πάνω από 90% των στροφών ανά λεπτό λειτουργεί και η εξαρτημένη αντλία αλλά και η αντλία λιπάνσεως. Οι αντλίες αυτές αναρροφούν έλαιο από μια δεξαμενή που φέρει την ονομασία sump tank και καταθλίζουν στα τριβόμενα μέρη του στροβίλου δηλαδή στους τριβείς εδράσεως και ισοροπήσεως και στον μειωτήρα. Στην διαδρομή αυτή το έλαιο περνάει από ψυγείο λαδιού όπου η θερμοκρασία εξόδου κρατείται στους 40 °C. Επίσης στην αναρρόφηση των αντλιών υπάρχει φίλτρο με μαγνήτη ώστε να συγκρατούνται τυχόν ακαθαρσίες.

Σε περίπτωση βλάβης των αντλιών ή για κάποιο άλλο λόγο δεν υπάρχει πίεση στο δίκτυο λαδιού για να μην διακοπεί η λίπανση των στροβίλων και των μειωτήρων υπάρχει δεξαμενή βαρύτητας όπου μπορεί να τροφοδοτήσει για περίπου μισή ώρα με έλαιο όλα τα τριβόμενα μέρη.

Κεφάλαιο 3: Βοηθητικά μηχανήματα και δίκτυα που συντελούν για την λειτουργία της εγκατάστασης

3.1 Καθαρισμός του ελαίου του δικτύου λιπάνσεως

Ο καθαρισμός του ελαίου πραγματοποιείται με φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες. Ο φυγοκεντρικός διαχωριστήρας είναι ένα περιστροφικό μηχάνημα με τα οποία και με τη βοήθεια της φυγόκεντρης δύναμews επιτυγχάνεται ο καθαρισμός του λαδιού από το νερό και ξένες ύλες που περιέχουν. Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες βασίζονται στην ίδια αρχή με τις δεξαμενές κατακαθήσεως με τη

διαφορά ότι η ενέργεια τους είναι πολύ ταχύτερη. Αυτό οφείλεται στο ότι η ενέργεια τους είναι κατά πολύ ταχύτερη. Αυτό οφείλεται στο ότι το δυναμικό πεδίο της φυγόκεντρης δύναμews που ενεργεί κατά ορθές γωνίες προς τη διεύθυνση της βαρύτητας και η οποία αναπτύσσεται όταν αυτά περιστρέφονται περί κατακόρυφο άξονα με ταχύτητες μέχρι και 15000 στροφές ανά λεπτό είναι κατά πολύ ισχυρότερο από τη γήινη βαρύτητα. Έτσι το μίγμα μέσα στη συσκευή διαμορφώνεται σε τρία περιμετρικά στρώματα , από ιζήματα και στερεές ύλες που επειδή έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος εκτοξεύονται και προσκολλούνται στην εσωτερική επιφάνεια του αποχωριστή.

3.2 Αποστακτήρας

Αποστακτήρας η βραστήρας ονομάζεται η εγκατάσταση η το συγκρότημα συσκευών και μηχανημάτων με τα οποία επιτυγχάνεται η μετατροπή του θαλασσινού νερού σε αποσταγμένο με τη βοήθεια της θερμότητας. Η διαδικασία της μετατροπής αυτής πραγματοποιείται με δύο εναλλακτικές θερμότητας. Ο ένας καλείται βραστήρας και μέσα σε αυτόν θερμαίνεται το νερό με ατμό βράζει και εξατμίζεται. Ο άλλος καλείται συμπυκνωτής και μέσα σε αυτόν ο παραγόμενος ατμός ψύχεται με θαλασσινό νερό και συμπυκνώνεται σε αποσταγμένο νερό. Μέσα στο βραστήρα το ατμοποιούμενο θαλασσινό νερό αποχωρίζεται από τα άλατα και άλλες ξένες ουσίες που περιέχει. Έτσι ίχνη αμμωνίας από μολυσμένα νερά μπορεί να παρουσιασθούν στο αποσταγμένο νερό επίσης δεν αφαιρούνται όλα τα μικρόβια η βακτηρίδια που μπορεί να περιέχονται σε αυτό. Το αποσταγμένο νερό που παράγει ο αποστακτήρας χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των λεβήτων και την χρήση από το πλήρωμα ακόμα και για πόσιμο. Συνήθως σε πλοία LNG υπάρχουν δύο αποστακτήρες με παραγωγή νερού 60 τόνους τη μέρα ο καθένας και σε λειτουργία βρίσκεται ένας από τους δύο. Χρησιμοποιούν ατμό για θερμαντικό μέσο και αποστάζουν το θαλασσινό νερό υπό πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής ώστε να συντελείται η μικρή δυνατή εναπόθεση καθυαλώσεων και ο βρασμός να επιτυγχάνεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Οι αποστακτήρες αυτοί είναι δύο σταδίων και γι αυτό ονομάζονται και πολυσταδιακοί και κατασκευάζονται σε ένα κέλυφος. Η γενική αρχή λειτουργίας είναι ότι τροφοδοτείται με ατμό από τις εξατμίσεις της τροφοδοτικής αντλίας, μια αντλία εισάγει θαλασσινό νερό το οποίο λόγω κενού που επικρατεί βράζει σε θερμοκρασία περίπου 40°C οπότε οι ατμοί από τον βρασμό ανεβαίνουν και περνάνε δια μέσου φίλτρων τα οποία συγκρατούν τυχόν άλατα που έχουν απομείνει. Οι εξατμίσεις αυτές οδηγούνται λοιπόν στο δεύτερο στάδιο όπου και εξατμίζουν το θαλασσινό νερό στο 2ο στάδιο. Οι εξατμίσεις από το δεύτερο στάδιο συμπυκνώνονται μέσω αυλών, εσωτερικά των οποίων περνάει νερό από το κύριο ψυγείο και συλλέγονται στο κάτω μέρος από όπου αναρροφά μια αντλία η οποία

καταθλίβει το νερό αυτό σε δεξαμενή που έχουμε επιλέξει. Η δεξαμενή αυτή μπορεί να είναι δεξαμενή νερού ποσίμου, δεξαμενή για χρήση από το πλήρωμα, η για τροφοδότηση των κύριων λεβήτων. Αυτός ο αποστακτήρας επίσης συντελεί στην αύξηση του βαθμού απόδοσης διότι θερμαίνει το νερό που έρχεται από το κύριο ψυγείο και καταλήγει στην εξαεριστική δεξαμενή (deaerator)

3.3 Δίκτυο πεπιεσμένου αέρα

Το δίκτυο πεπιεσμένου αέρα είναι πολύ σημαντικό σε μια εγκατάσταση ατμομηχανικής εγκατάστασης. Αποτελείται από αεροσυμπιεστές που παράγουν τον πεπιεσμένο αέρα, αναρροφούν αέρα από το περιβάλλον και τον συμπιέζουν σε πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική και τον καταθλίβουν συμπιεσμένο για αποθήκευση σε αεροφυλάκια από τα οποία οι διάφοροι αυτοματισμοί τροφοδοτούνται. Επίσης τροφοδοτούνται όλα τα αυτόματα επιστόμια που συντελούν στη λειτουργία της συνολικής εγκατάστασης.

3.4 Δίκτυο γλυκού νερού ψύξεως

Το σύστημα ψύξης με γλυκό νερό είναι ένα κλειστό σύστημα που παρέχει νερό σε όλη την έκταση του μηχανοστασίου. Υπάρχουν δύο αντλίες γλυκού νερού με ονομασία (fresh water cooling pumps) οι οποίες αναρροφούν από το τέλος του κύκλου του συστήματος και υπάρχει η δυνατότητα συμπλήρωσης νερού στη δεξαμενή διαστολής (expansion tank) όπου βρίσκεται σε ψηλό σημείο στο μηχανοστάσιο. Η ψύξη του γλυκού νερού πραγματοποιείται με τη χρήση ψυγείων με ψυκτικό μέσο θαλασσινό νερό. Οποιαδήποτε αποβολή νερού από το σύστημα συμπληρώνεται μέσω της γραμμής νερού. Η αντλία γλυκού νερού που βρίσκεται σε χρήση τροφοδοτεί τις εξής συσκευές : air condition, ψυγεία λαδιού διάφορων μηχανημάτων τις γεννήτριες αζώτου κ.α .

3.5 Δίκτυο ψύξης με θαλασσινό νερό

Το δίκτυο με θαλασσινό νερό αποτελείται από δύο αντλίες που φέρουν την ονομασία (cooling sea water pump) αυτές λοιπόν αντλούν θαλασσινό νερό και τροφοδοτούν τα ψυγεία ψύξης γλυκού νερού τις αντλίες κενού του κύριου ψυγείου και το σύστημα ανοδίων (M.G.P.S).

3.6 Κύριο δίκτυο θαλασσινού νερού

Το κύριο δίκτυο θάλασσας αποτελείται από τρεις αντλίες οι οποίες αντλούν νερό από τις αναρροφήσεις του πλοίου (high,low sea chest) και καταθλίβουν στο κύριο ψυγείο εσωτερικά των αυλών.

3.7 Σύστημα για την αποφυγή πολλαπλασιασμού μικροοργανισμών(Marine Growth Preventing System)

Σκοπός αυτού του συστήματος είναι να εμποδίσει τον πολλαπλασιασμό μικροβίων εσωτερικά των επιφανειών του κύριου αγωγού της θάλασσας.

3.8 Επιπλέον μηχανήματα

Μηχανήματα όπως ο κλίβανος (incinerator) , διαχωριστής καταλοίπων λαδιού από το νερό των σεντινών (oily water separator), δεξαμενή εξάτμισης καταλοίπων λαδιού με χρήση ατμού (incinerator waste oil tank) χρησιμοποιούνται για την διαχείριση των καταλοίπων του πλοίου.

Επίλογος-Συμπεράσματα

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η κατανόηση της λειτουργίας της ατμομηχανικής εγκατάστασης σε πλοία LNG, παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες για την λειτουργία των κύριων και βοηθητικών μηχανημάτων. Έτσι συμπεραίνουμε ότι για την καλή λειτουργία της εγκατάστασης απαιτείται γνώση των δικτύων του μηχανοστασίου ώστε σε περίπτωση βλαβών να βρεθεί τρόπος για την επίλυση τους, αν και η εγκατάσταση αυτή έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία από άλλα πλοία που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσεως. Επίσης μια τέτοια εγκατάσταση είναι φιλική στο περιβάλλον διότι υπάρχει χαμηλή παραγωγή σε κατάλοιπα επειδή η κύρια μηχανή χρησιμοποιεί ατμό για την πρόωση. Τέλος με την δυνατότητα καύσης φυσικού αερίου στους λέβητες δεν παράγονται οξείδια του θείου και του αζώτου και τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι μικρότερα σε σχέση με τους ρύπους που εκπέμπονται με την καύση από τα συνήθη καύσιμα.

Βιβλιογραφία

1. Ναυτικοί Ατμολέβητες. Γ. Φ. Δανιήλ - Κων. Ηρ. Μιμηκόπουλος. Ίδρυμα Ευγενίδου.
2. Ατμομηχανές Γ. Φ. Δανιήλ - Κων. Ηρ. Μιμηκόπουλος. Ίδρυμα Ευγενίδου.
3. Βοηθητικά μηχανήματα πλοίων Γ. Φ. Δανιήλ - Κων. Ηρ. Μιμηκόπουλος. Ίδρυμα Ευγενίδου.
4. <http://el.wikipedia.org/>
5. Machinery operating manual Maran Gas
6. www.google.com

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract	4
Πρόλογος	5
Κεφάλαιο 1: Λέβητες.....	6
1.1 Ιστορική αναδρομή	6
1.2 Λειτουργία λεβήτων στα σύγχρονα πλοία Lng.....	7
1.3 Υπερθερμαντήρας	8
1.4 Αφυπερθερμαντήρας ελέγχου	9
1.5 Εσωτερικός αφυπερθερμαντήρας για ατμό βοηθητικής χρήσης	9
1.6 Οικονομητήρας	10
1.7 Προθερμαντήρας αέρα με ατμό	10
1.8 Καυστήρες διπλού καυσίμου	11
1.9 Εκκαπνιστήρες	12
1.10 Ανεμιστήρας βεβιασμένης ενίσχυσης αέρα	13
1.11 Σύστημα παραλαβής και τροφοδοτήσεως στους λέβητες.....	14
1.12 Αντλίες πετρελαίου	15
1.13 Προθερμαντήρας πετρελαίου.....	16
1.14 Έλεγχος τροφοδοτικού νερού λεβήτων και προσθήκη χημικών	16
1.15 Διάφορα εξαρτήματα	17
1.16 Γεννήτριες αζώτου	17
1.17 Δίκτυο εκτόνωσης ατμού για μείωση των παραγόμενων αερίων στις δεξαμενές	18
1.18 Βοηθητικός λέβητας χαμηλής πίεσεως	18
Κεφάλαιο 2: Ατμοστρόβιλος	19
2.1 Ιστορική αναδρομή	19
2.2 Λειτουργία στροβίλου σε σύγχρονα πλοία LNG.....	20
2.3 Μετάδοση της κινήσεως στην έλικα.....	21
2.4 Ωστικός τριβέας	22
2.5 Κύριο ψυγείο.....	23
2.6 Ατμοστρόβιλος αντλίας τροφοδοτήσεως.....	24
2.7 Εξαεριστική δεξαμενή	24
2.8 Δίκτυο απομαστεύσεως.....	25
2.9 Εγκατάσταση παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας	25

2.10 Συσκευές στεγανότητας	27
2.11 Οι τριβείς.....	27
2.12 Δίκτυο λιπάνσεως του στροβίλου και του μειωτήρα	28
Κεφάλαιο 3: Βοηθητικά μηχανήματα	28
3.1 Καθαρισμός του ελαίου	28
3.2 Αποστακτήρας	29
3.3 Δίκτυο πεπιεσμένου αέρα	30
3.4 Δίκτυο γλυκού νερού ψύξεως	30
3.5 Δίκτυο ψύξης με θαλασσινό νερό	31
3.6 Κύριο δίκτυο θαλασσινού νερού	31
3.7 Σύστημα για την αποφυγή πολλαπλασιασμού μικροοργανισμών	31
3.8 Επιπλέον μηχανήματα.....	31
Επίλογος – Συμπεράσματα	32
Βιβλιογραφία.....	33