

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΚΥΡΙΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΕΛΕΓΧΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΣΤΑΜΕΛΟΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ-ΕΥΘΥΜΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΡ. ΗΛ.ΜΗΧ ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2015

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΚΥΡΙΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ -
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΣΤΑΜΕΛΟΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ-ΕΥΘΥΜΙΟΣ

ΑΜ : 4744

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής



Macedonia

Merchant Marine Academy



Περίληψη

Η παρούσα εργασία γράφτηκε με ένα γενικότερο θέμα όπως η εγκατάσταση ατμοστροβίλου σε ένα πλοίο, ώστε να γίνει μια αναφορά σε όλα τα μηχανήματα και συστήματα που απαρτίζουν την εγκατάσταση, με σκοπό την κατανόηση για το πώς λειτουργούν και πως συνεργάζονται όλες οι συσκευές και τα δίκτυα μεταξύ τους. Η εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια όπου ξεκινάει με μια γενική αναφορά στον ατμοστροβίλο με κάποια σημαντικά ιστορικά στοιχεία όπως που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά μια εγκατάσταση ατμοστροβίλου και συνεχίζει με τα υπόλοιπα τέσσερα κεφάλαια τα οποία δίνουν μια σφαιρική άποψη, γενικότερα για τις εγκαταστάσεις ατμοστροβίλου των πλοίων. Η εργασία δεν επικεντρώθηκε στα θεωρητικά στοιχεία αλλά περισσότερο στην τεχνογνωσία και το τι υπάρχει σήμερα στα πλοία που διαθέτουν εγκατάσταση ατμοστροβίλου καθώς και κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες.

Abstract

The current dissertation has been written describing the steam plant on a ship, so as to make a reference to all machineries and systems consisting the steam plant, in order to understand the way all machineries and piping systems work and cooperate. This work is divided in five chapters, starting with a general reference to the steam turbine with some important historical information, as for example where a steam plant was first used, and it goes on with the rest four chapters that give us a global vision concerning vessels' steam plants. The assignment hasn't been focused on the theory elements but mostly on the technical knowledge and also on what kind of technology there is nowadays on ships with a steam plant but at the same time it refers to some technical details.

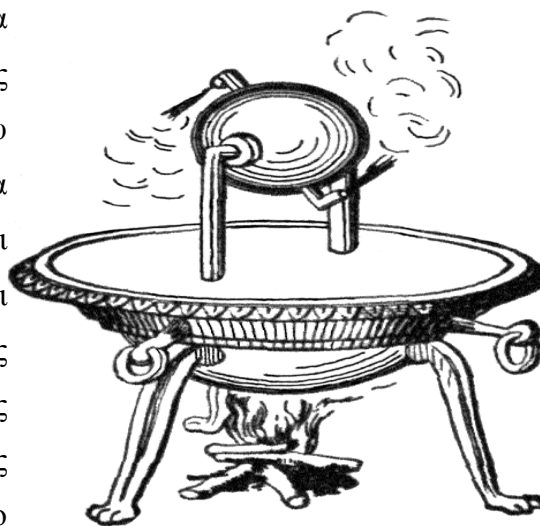
Πρόλογος

Ο ατμοστρόβιλος αν και σε εγκαταστάσεις παραγωγής ρεύματος χρησιμοποιείται κατά κόρον στην στεριά, στη ναυτιλία είχε εκλείψει για αρκετά χρόνια με εξαίρεση κάποια πολεμικά πλοία κινούμενά με πυρηνική ενέργεια καθώς και παλιά πλοία μεταφοράς υγρών φορτίων. Η ανάγκη όμως για ένα καθαρότερο περιβάλλον τις τελευταίες δεκαετίες δημιούργησε μια πολύ εξελισσόμενη και δυνατή αγορά γυρνώντας από το φυσικό αέριο. Έτσι η μεταφορά του εκτός από τους επίγειους αγωγούς, ήρθε και στη ναυτιλία με την μεταφορά του σε υγρή μορφή (LNG). Κατά την μεταφορά του επειδή το σημείο βρασμού του LNG είναι στους $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ και προσπαθούμε να το συντηρήσουμε τόσο στις δεξαμενές. Κατά το ταξίδι του πλοίου το φορτίο βράζει και κάποιο μέρος του ατμοποιείται μετατρέποντας το υγρό σε αέριο όπου ανεβάζει την πίεση στην δεξαμενή και πρέπει κάπου να καεί, έτσι οι κατασκευαστές εσόδιασαν τα πλοία με μηχανές που καίνε φυσικό αέριο. Οι πρώτες εταιρείες που ανταποκρίθηκαν με μια αξιόπιστη λύση ήταν οι εταιρείες λεβήτων διότι η μετασκευή του λέβητα ώστε να καίει και φυσικό αέριο ήταν πολύ ευκολότερη από την μελέτη οικονομικών και σε επαρκή αριθμό μηχανών εσωτερικής καύσεως. Τα πλοία εφοδιάστηκαν με λέβητες και αμέσως δημιουργήθηκε ένα κύμα LNG με πρόωση ατμοστρόβιλου που έφερε στο προσκήνιο και πάλι της ατμοκίνητες εγκαταστάσεις που θα εξεταστούν σε αυτή την εργασία.

Κεφάλαιο 1 : Βασική λειτουργία ατμοστροβίλων

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 Ήρωνα (Έλληνα μηχανικού και γεωμέτρη), 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 Νιούκομεν, 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



Εικόνα 1 : Η πρώτη ατμομηχανή του Ήρωνα



Εικόνα 2 : Στροφέιο στροβίλου του Parsons

σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας και της ναυτιλίας, με την εμφάνιση του ατμόπλοιου, που δεν εξαρτιόταν από τον άνεμο για την κίνησή του, όπως τα ιστιοφόρα, και την καθιέρωση του σιδηροδρόμου ως κύριου τρόπου χερσαίων μεταφορών

στις ανεπτυγμένες χώρες. Σουηδός μηχανικός και εφευρέτης. Το 1878 ο Καρλ ντε Λαβάλ (Carl Gustaf Patrik de Laval, 1845-1913) Σουηδός μηχανικός και εφευρέτης εφεύρε τη φυγοκεντρική μηχανή διαχωρισμού της κρέμας γάλακτος και το 1882 κατασκεύασε τον πρώτο στροβιλοκινητήρα. Το 1893 έθεσε σε λειτουργία μια στοβιλομηχανή για πλοία, που μπορούσε να αναστρέφει τη φορά περιστροφής της. Λίγο αργότερα το 1884 Τσαρλς Πάρσονς (Sir Charles Algernon Parsons, 1854-1931) Βρετανός μηχανικός εφεύρε τον ατμοστρόβιλο που φέρει την επωνυμία του. Οι πρώτοι ατμοστρόβιλοί του κατασκευάστηκαν για να κινήσουν τις ηλεκτρογεννήτριες. Το 1897 κατασκεύασε το *Turbinia*, το πρώτο σκάφος που κινήθηκε με ατμοστοβιλομηχανή.



Εικόνα 3 : Turbinia, το πρώτο σκάφος που κινήθηκε με ατμοστοβιλομηχανή

Βασικά μέρη και αρχές λειτουργίας εγκατάστασης ατμοστρόβιλου

Αν και ο ατμοστρόβιλος είναι σχετικά απλό και μικρό σε μέγεθος για την ισχύ που αποδίδει μηχανήμα, η εγκατάσταση του ατμοστρόβιλου αποτελείται και από αλλά κύρια και βοηθητικά μηχανήματα τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. Ας δούμε όμως

κάποια βασικά μέρη και τις αρχές λειτουργίας τους ώστε να γίνει κατανοητή η εγκατάσταση πριν μπούμε σε λεπτομέρειες. Η εγκατάσταση αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη

Λέβητας

Ο λέβητας παράγει και παρέχει τον ατμό για την κίνηση του στρόβιλου και για οποιαδήποτε άλλη βοηθητική χρήση. Από θερμοδυναμικής σκοπιάς, στο λέβητα είναι το σημείο στο δίκτυο οπου προσδίδουμε ενέργεια με την μορφή θερμότητας.

Στρόβιλος

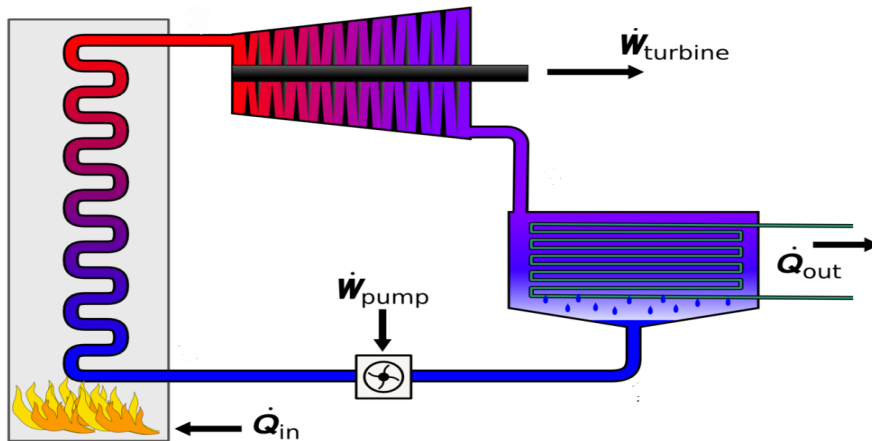
Στο στρόβιλο χρησιμοποιούμε τον ατμό μετατρέποντας την πίεση του σε κινητική ενέργεια μέσω της ταχύτητας που αυξάνεται στα ακροφύσια και ουσιαστικά έχουμε δημιουργία μηχανικού έργου στον άξονα του στρόβιλου, που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σε γεννήτριες για την παραγωγή ρεύματος η όπως στην περίπτωση μας στο πλοίο, σε κίνησης της προπέλας με μείωση στροφών στον μειωτήρα. Εδώ όπως αναφέρθηκε είναι το σημείο οπου λαμβάνουμε και το έργο που παράγεται από την εγκατάσταση.

Κύριο ψυγείο

Αν και πολλές φορές είναι μέρος του στρόβιλου επειδή σε ένα κλειστό τροφοδοτικό σύστημα είναι από τα σημαντικότερα μέρη αναφέρεται ξεχωριστά. Το κύριο ψυγείο είναι ένας συμπυκνωτής ο οποίος παραλαμβάνει τον εξασθενημένο ατμό που προέρχεται από τον στρόβιλο και τον ψύχει μετατρέποντας τον σε υγρή μορφή, συμπύκνωμα ώστε να τροφοδοτηθεί ξανά πίσω στο δίκτυο μας.

Τροφοδοτική αντλία

Η αντλία αυτή έχει ως σκοπό να τροφοδοτεί το λέβητα με το συμπύκνωμα που αναρροφά από τον πυθμένα του ψυγείου ώστε να κλείσει ο κύκλος του νερού - ατμού. Έτσι λειτουργεί ένα κλειστό σύστημα, που επικρατεί στις περισσότερες εγκαταστάσεις ατμοστρόβιλων είτε στη στεριά είτε στις εγκαταστάσεις πρόωσης της θάλασσας.

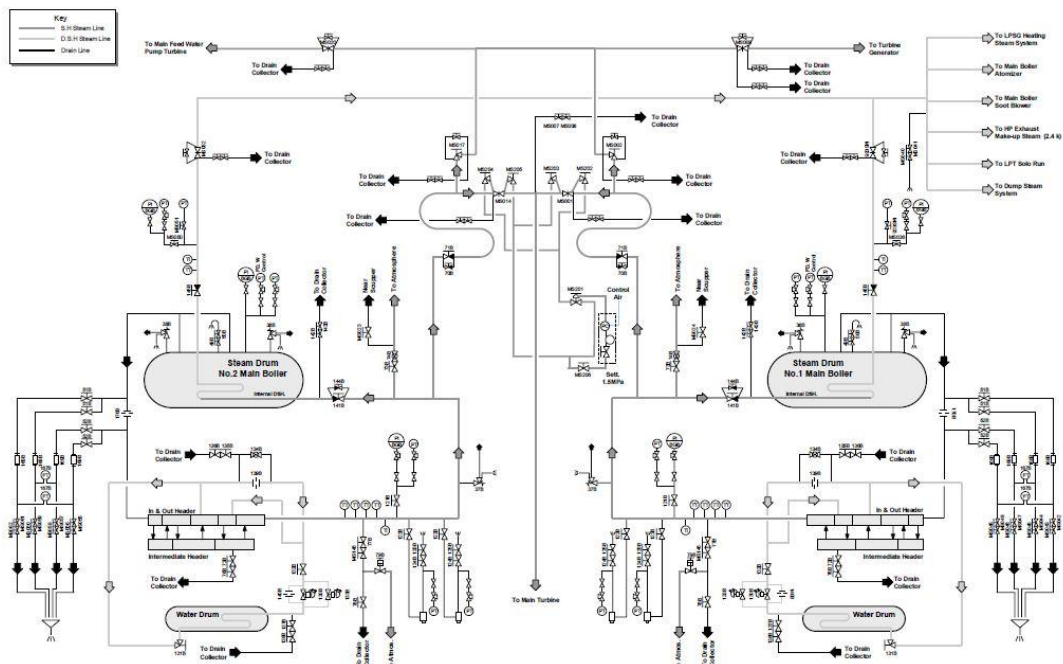


Εικόνα 4 : Κύκλος Rankine με τα βασικά μέρη

Κεφάλαιο 2 : Βασικά Δίκτυα Εγκατάστασης Ατμού

Δίκτυο Ατμού

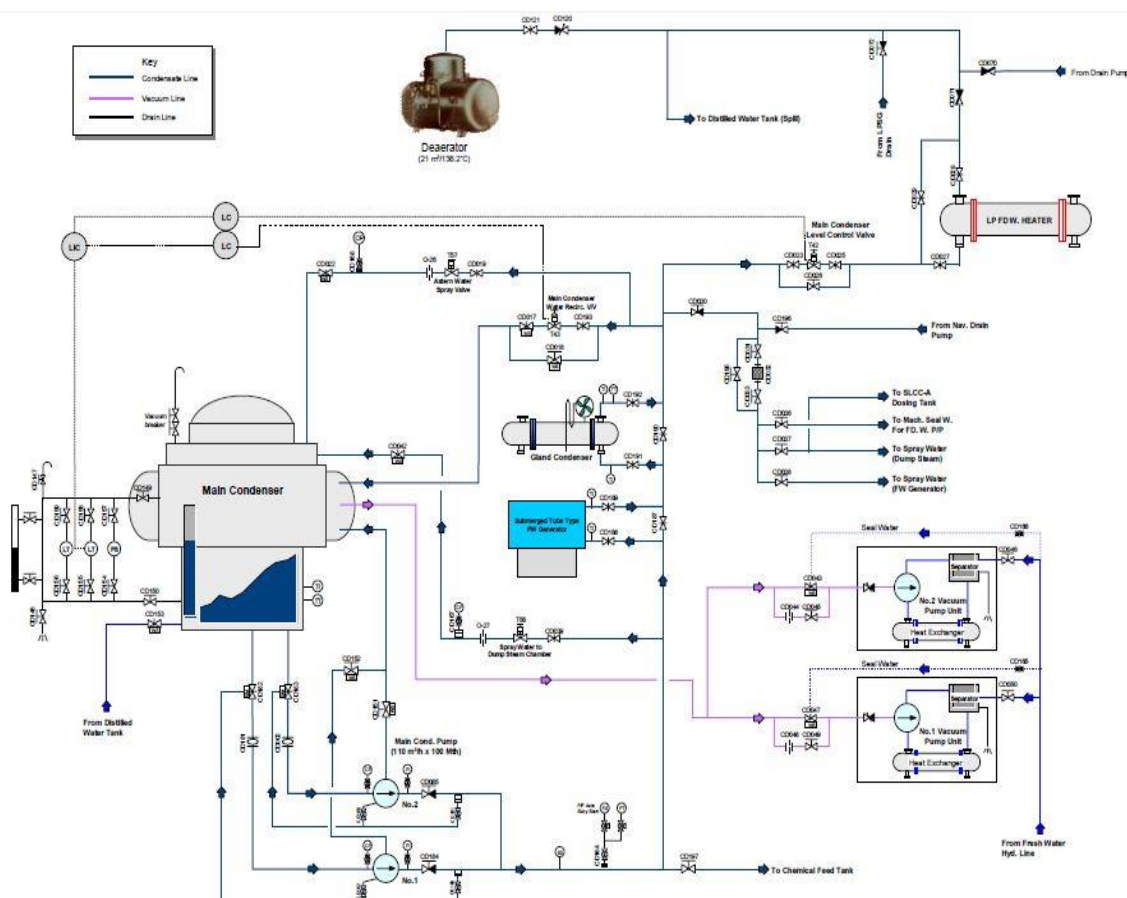
Όλη η απαιτούμενη παραγωγή ατμού γίνεται στους κύριους λέβητες του πλοίου, υπάρχει παραγωγή δυο ατμών με διαφορετικές ιδιότητες ένας υπέρθερμος για χρήση σε κυρια μηχανήματα όπως κύριος στρόβιλος πρόωσης, για τους στροβίλους των γεννητριών καθώς και για τους στροβίλους των αντλιών τροφοδοτικού νερού και ο αφυπέρθεμος ο οποίος χρησιμοποιείται για την λειτουργία ενός μικρότερου λέβητα, τους βραστήρες, το σύστημα στεγανοποίησης των στροβίλων και στο δίκτυο εκτόνωσης του ατμού για διατήρηση σωστής πίεσης στους λέβητες



Εικόνα 5 : Δίκτυο ατμού

Δίκτυο συμπυκνώματος

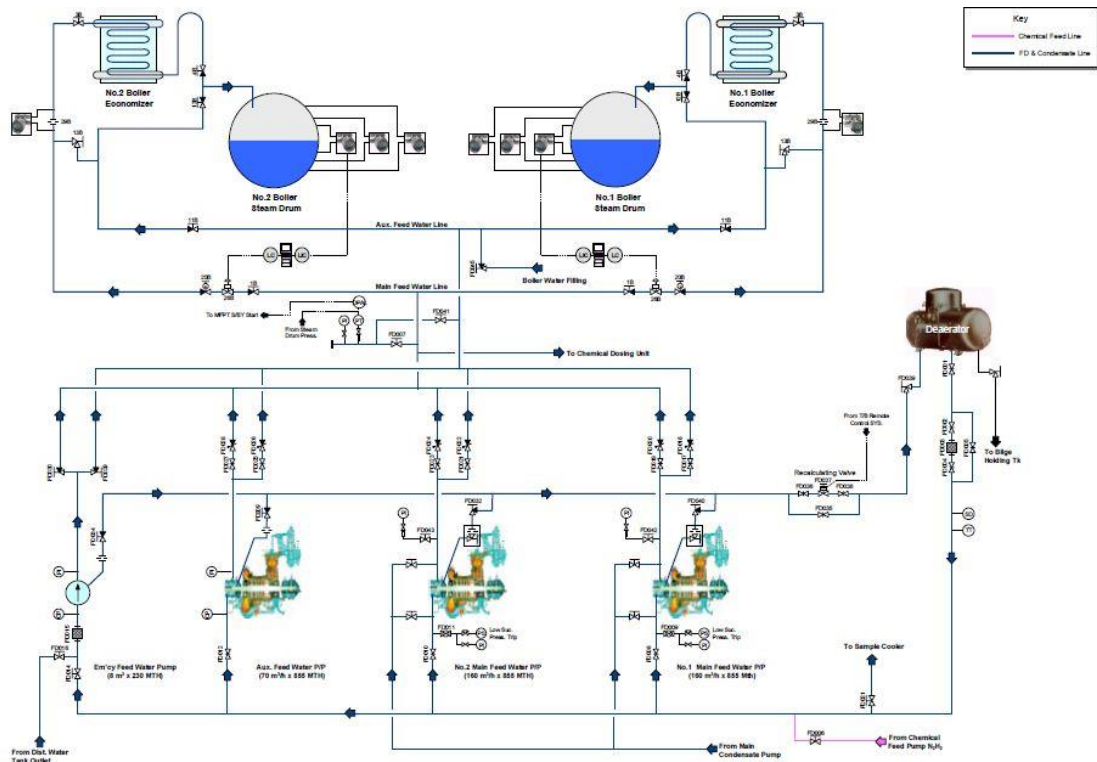
Στις σημερινές εγκαταστάσεις αυτό που επικρατεί είναι ένα κλειστό σύστημα τροφοδοτικού νερού για οικονομία και καλύτερη απόδοση, οπότε οι εξατμίσεις από τον κύριο στρόβιλο, τις στροβιλογεννήτριες, το δίκτυο εκτόνωσης ατμού καταλήγουν για ψύξη στο κύριο ψυγείο (Main condenser) που βρίσκεται υπο κενό και οι εξατμίσεις από άλλα βοηθητικά μηχανήματα καταλήγουν στη δεξαμενή αποστράγγισης τροφοδοτικού νερού (Feed water drain tank) . Το νερό στο κύριο ψυγείο ψύχεται γύρω στους 33 °C (ανάλογα την θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου) και από εκεί με τις αντλίες συμπυκνώματος οδηγούνται μέσα από τον βραστήρα, το ψυγείο του ατμού στεγνότητας, τον χαμηλής πίεσης εναλλάκτης θερμότητας στην εξαεριστική δεξαμενή έχοντας παραλάβει θερμότητα και φτάνοντας στην θερμοκρασία των 140 °C .Το νερό στη δεξαμενή αποστράγγισης είναι γύρω στους 60 °C και τροφοδοτείτε με τις αντλίες για μίξη μαζί με το νερό από τις αντλίες συμπυκνώματος ώστε να οδηγηθούν μαζί στην εξαεριστική δεξαμενή.



Εικόνα 6 : Δίκτυο Συμπυκνώματος

Τροφοδοτικό νερό

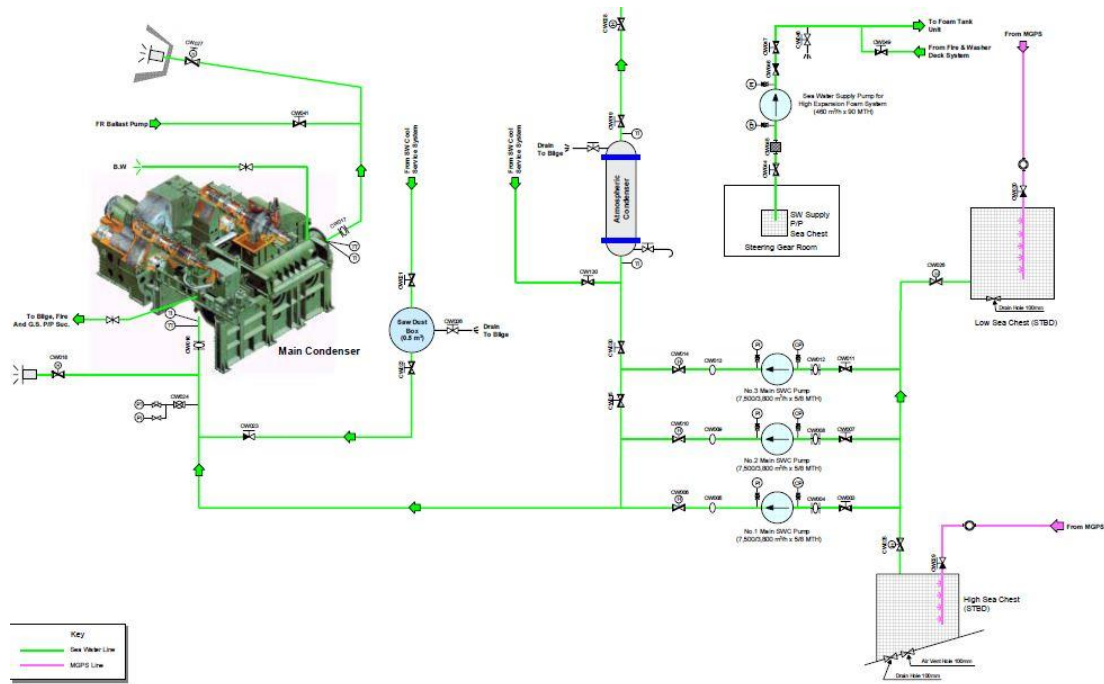
Το τροφοδοτικό νερό βρίσκεται στην εξαεριστική δεξαμενή το οποίο περνώντας μέσα από ένα φίλτρο καταλήγει στην αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας η οποία του ανεβάζει την πίεση γύρω στα 75 bar καταθλίβοντας το προς τον οικονομητήρα καυσαερίων του λέβητα και στη συνέχεια στον ατμοδροθάλαμο.



Εικόνα 7 : Δίκτυο τροφοδοτικού νερού

Δίκτυο ψύξης

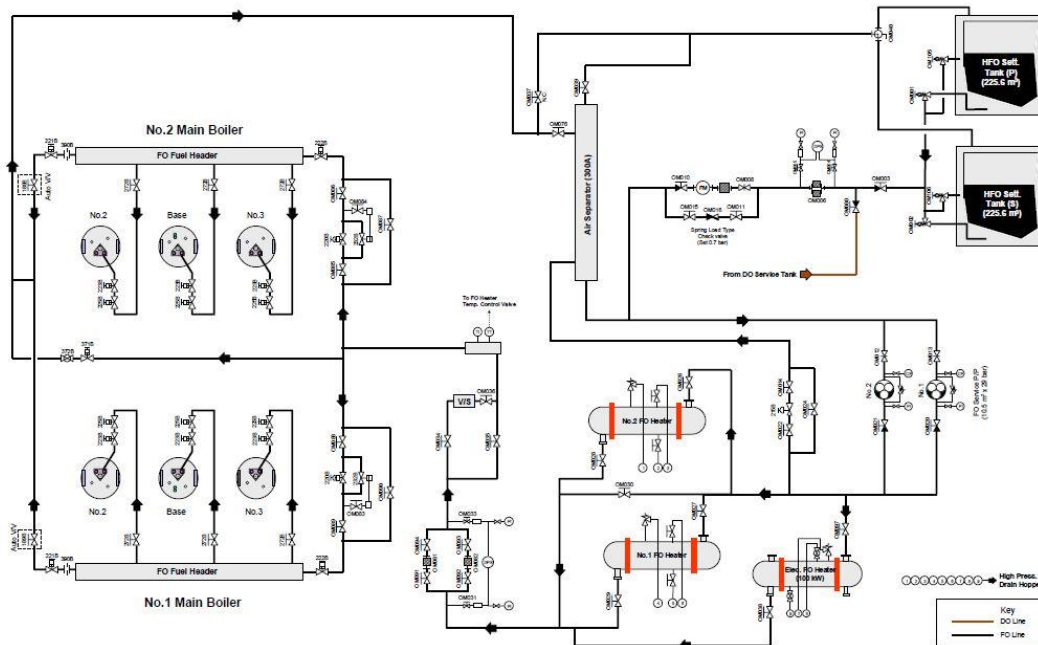
Το ψυκτικό μέσον της εγκατάστασης είναι θαλασσινό νερό, αφού εισέλθει στον κύριο αγωγό από εκεί οι κύριες αντλίες ψύξεως κυρίου ψυγείου το στέλνουν στο κύριο ψυγείο για να παραλάβει την θερμότητα των ατμών και εξέρχεται ξανά στη θάλασσα. Σε ένα δεύτερο αγωγό όπου αναρροφούν οι αντλίες ψύξεως βοηθητικών ψυγείων καταθλίβουν σε βοηθητικά ψυγεία για να παραλάβουν την θερμότητα από το νερό του κλειστού συστήματος ψύξης και εξέρχεται στη θάλασσα.



Εικόνα 8 : Δίκτυο Θαλασσης για το κύριο ψυγείο

Δίκτυο καυσίμων

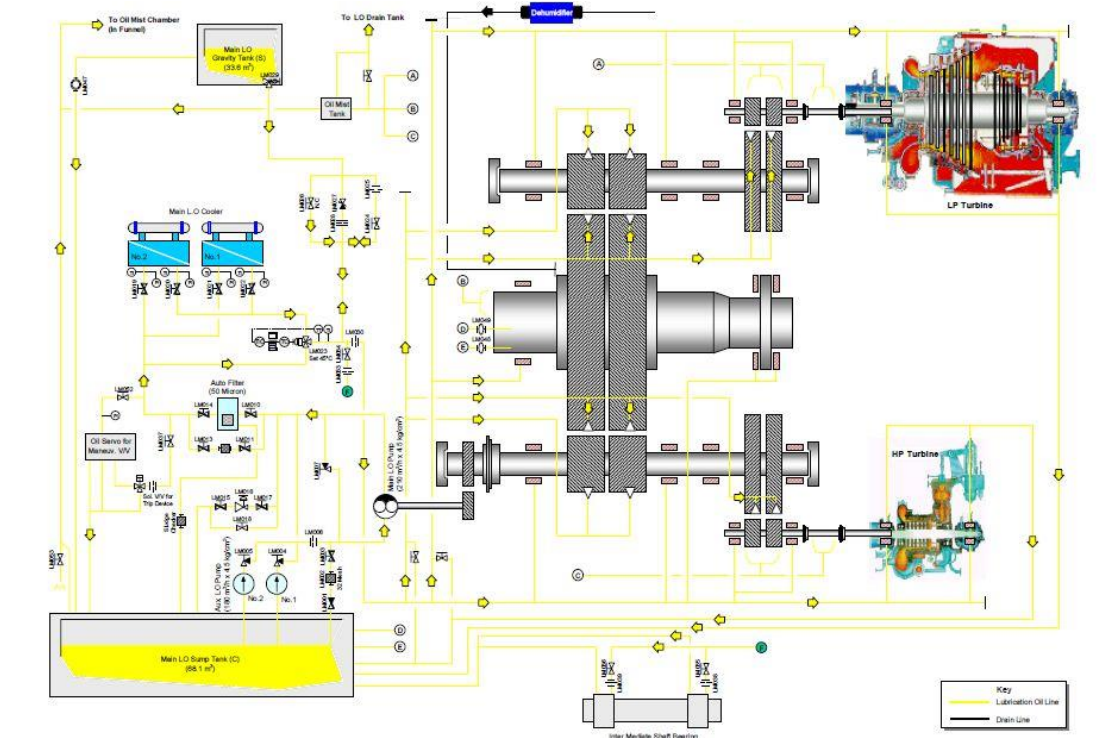
Το δίκτυο αυτό έχει σκοπό την τροφοδοσία καυσίμου στους κύριους λέβητες, αποτελείται απο δεξαμενές αποθήκευσης φίλτρα εναλλάκτες θερμότητας και αντλίες οι οποίες καταθλίζουν το καύσιμο στους καυτήρες του λέβητα.



Εικόνα 9 : Δίκτυο τροφοδοσίας πετρελαίου του λέβητα

Δίκτυο λίπανσης

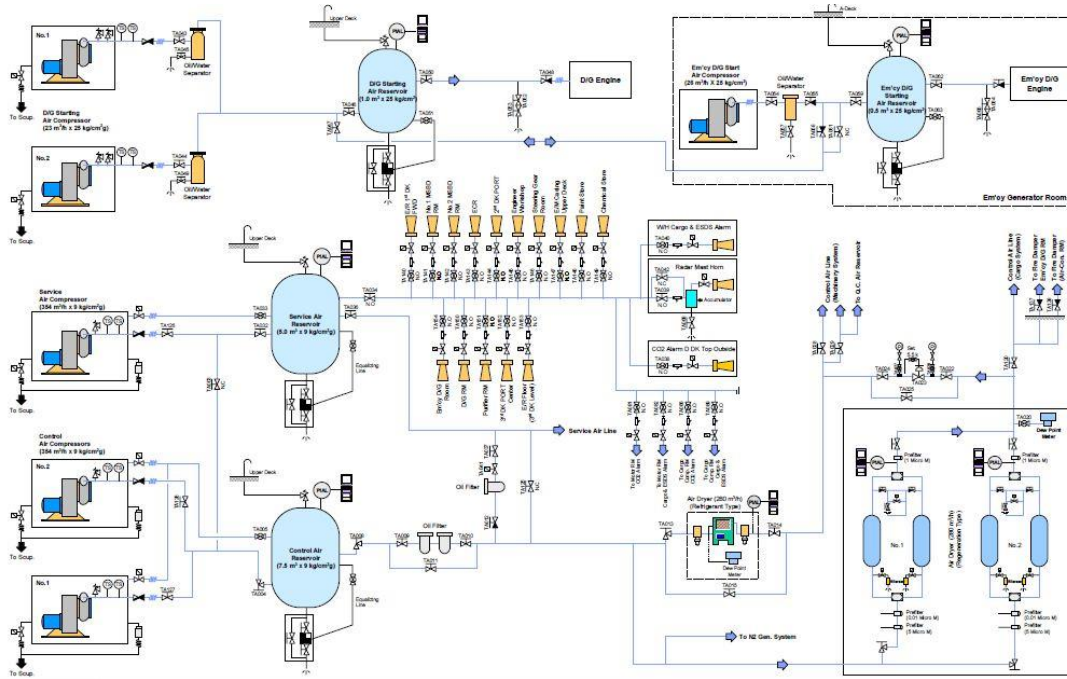
Το δίκτυο λίπανσης έχει σκοπό την αποθήκευση και τροφοδοσία ελαίου λιπάνσεως στα κύρια και βοηθητικά μηχανήματα, αποτελείται από δεξαμενές φίλτρα εναλλάκτες θερμότητας και αντλίες.



Εικόνα 10 : Δίκτυο λίπανσης κύριου στροβίλου

Δίκτυο αέρα

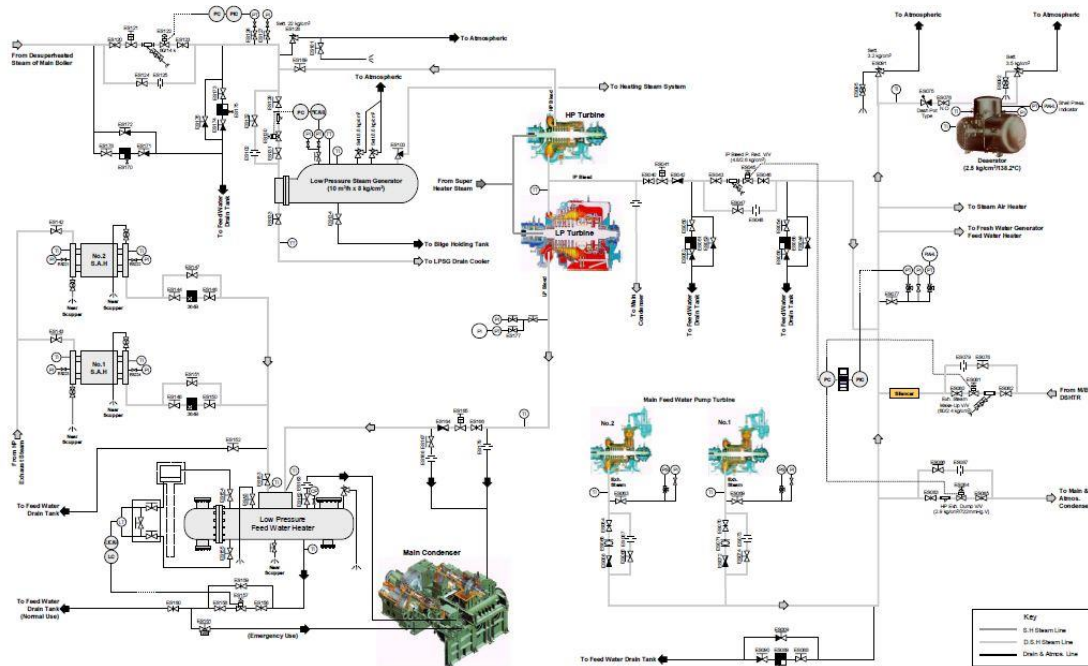
Το δίκτυο αέρα έχει σκοπό την παραγωγή συμπιεσμένου αέρα από τους αεροσυμπιεστές, την αφυγρανσή του και αποθήκευση ώστε να χρησιμοποιηθεί είτε ως αέρας χρήσης για διάφορα μηχανήματα ή ως αέρας ελέγχου ο οποίος διοχετεύεται σε αυτοματισμούς της κύριας μηχανής και βοηθητικών μηχανήματων για τον έλεγχο πνευματικών επιστομίων.



Εικόνα 11 : Δίκτυο Αέρα

Δίκτυο απομαστεύσεων

Το δίκτυο απομαστεύσεων είναι ένα δίκτυο το οποίο παραλαμβάνει ένα ποσοστό ατμού από τον κύριο στρόβιλο για βοηθητικές χρήσεις όπως προθερμάνσεις τροφοδοτικού νερού ή σε εναλλάκτες του βραστήρα διότι έχει παρατηρηθεί μετά από μελέτες ότι έτσι ανεβαίνει ο βαθμός απόδοσης ολόκληρης της ατμοπαραγωγικής εγκατάστασης.



Εικόνα 12 : Δίκτυο απομαστεύσεων

Κεφάλαιο 3 : Κυρια μηχανήματα πρόωσης ατμοστροβίλου

3.1 Ατμοστρόβιλος

Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη συσκευή ατμοστροβίλου κατατάσσεται στους στροβίλους αντιδράσεως ήταν μικρού μεγέθους και κατασκευάστηκε τον πρώτο αιώνα από τον μαθηματικό Ηρων.

Φημολογείται ότι είχε φτιαχτεί για να παράγει κίνηση η οποία μέσω τροχών θα μεταδιδόταν για το άνοιγμα και κλείσιμο θυρών του παλατιού. Αρκετά χρόνια αργότερα ο ιταλός Giovanni Branca (1629) και ο John Wilkins (1648) στην Αγγλία ασχολήθηκαν ξανά με αυτού του είδους κινητήριας μηχανής χωρίς κάποια ιδιαίτερη εφαρμογή. Η σύγχρονη μορφή η οποία είχε και βιομηχανική εφαρμογή ήταν η προσπάθεια του Charles Parsons το 1884 στον οποίο ατμοστρόβιλος αντιδράσεως είχε συνδεθεί μια γεννήτρια και είχε παραγωγή 7.5 kw ηλεκτρικής ισχύος. Η πατέντα του Parsons πήρε βιομηχανική εφαρμογή από τον Αμερικανό George Westinghouse και ο Parsons γρηγορά είδε τον ατμοστρόβιλο του να φτάνει σε ισχείς ως και 50000 kw. Η μεγαλύτερη αλλαγή που δέχτηκαν εκείνη την εποχή οι ατμοστρόβιλοι έγινε από τον Gustaf de Laval ο οποίος επιτάχυνε τον ατμό εκτονώνοντας τον μόνο πριν το κινούμενο πτερύγιο. Έτσι δημιούργησε τον στρόβιλο δράσεως ο οποίος ήταν απλούστερος φθηνότερος και μπορούσε να χρησιμοποιήσει διάφορες πιέσεις ατμού αν και είχε μικρότερη απόδοση. Στις αρχές του 1900 ο Auguste Rateau σχεδίασε πάνω στον στρόβιλο του de Laval ένα μικρού μεγέθους ατμοστρόβιλο δράσεως ο οποίος έδωσε κίνηση σε μια γαλλική τορπιλάκατο. Ένας από τους ιδρυτές της μοντέρνας θεωρίας για ατμοστροβίλους ήταν ο Aurel Stodola Σλοβάκος φυσικός, μηχανικός και καθηγητής στο πολυτεχνικό ινστιτούτο της Ελβετίας στη Ζυρίχη ο οποίος έγραψε το <<The Steam Turbine and its prospective use as a Mechanical Engine>> και δημοσίευσε το 1903 καθώς και το <<Steam and Gas Turbines>> που δημοσιεύθηκε το 1922.



Εικόνα 13 : Ατμοστρόβιλος με γεννήτρια 250 Kw

Ισχείς, βασικά εξαρτήματα

Οι ατμοστρόβιλοι φτιάχνονται σε μεγάλο εύρος παροχής ισχύος από αρκετά μικρούς της τάξεως του 1 hp για οδήγηση σε μικρές αντλίες μέχρι και σε τεράστια ποσά ισχύος της τάξεως του 1.500.000 kw για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ενώ στις σημερινές εγκαταστάσεις ατμοστροβίλου σε πλοία για πρόωση κυμαίνονται από 30.000-60.000 kw.

Ο ατμοστρόβιλος αποτελείται από έναν άξονα πάνω στον οποίο υπάρχουν τροχοί με πτερύγια (blades) που ονομάζεται ρότορας όπως και σταθερά πτερύγια για την εκτόνωση του ατμού (nozzles) τα οποία είναι στερεωμένα στο κέλυφος του ατμοστροβίλου.

Βασική λειτουργία

Ο ατμοστρόβιλος είναι μια θερμική μηχανή εξωτερικής καύσεως δηλαδή χρησιμοποιεί τον ατμό που παράγει ο λέβητας για την παραγωγή κινητικής ενέργειας.

Η βασική αρχή λειτουργίας έχει ως εξής, ο ατμός προερχόμενος από τον λέβητα εισέρχεται στον στρόβιλο υψηλής πίεσης και αφού προσδώσει την ενέργεια του εξέρχεται από αυτόν με χαμηλότερη ενέργεια για να οδηγηθεί στον στρόβιλο χαμηλής πίεσης (ανάλογα την εγκατάσταση μπορεί να υπάρχει και στρόβιλος μέσης πίεσης). Στον στρόβιλο χαμηλής διαπερνά όλες τις βαθμίδες μέχρι την τελευταία, όπου οδηγείται στο ψυγείο για να συμπυκνωθεί και να επιστέψει στο λέβητα και πάλι για την ατμοποίηση του.

Όπως γνωρίζουμε από την θερμοδυναμική το έργο του ατμού μέσα σε μια ατμομηχανή είναι γενικά περισσότερη και η απόδοση της αντιστοιχία όσο μεγαλύτερη είναι διάφορα εισαγωγής και εξαγωγές του ατμού μέσα από τον ατμοστρόβιλο.

Η θερμοκρασία όμως του ατμού εξαρτάται από την πίεση και την υπερθέρμανση του. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι για να έχουμε υψηλή απόδοση της ατμομηχανής, πρέπει να χρησιμοποιούμε ατμό με υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες κατά την είσοδο του στη μηχανή. Παράλληλα μέσα στο ψυγείο πρέπει να επικρατεί πολύ χαμηλή πίεση (δηλαδή υψηλό κενό) ώστε να υπάρχει πολύ μεγαλύτερη εκτόνωση του ατμού, οπότε

αυτός εξερχόμενος από την μηχανή θα έχει πολύ χαμηλή πίεση αρα και με την χρήση κενού το σημείο συμπύκνωσης θα έχει γίνει πολύ χαμηλότερο από τους 100 °C έτσι που θα μας επιτρέπει να έχουμε εκμεταλλευτεί τον ατμό στο έπακρο.

Η μεγάλη εκτόνωση όμως δημιουργεί πολύ μεγάλη ταχύτητα στον ατμό όταν αυτός εξέρχεται από τα προφύσια που κατ' επέκταση προκαλεί πολύ μεγάλη ταχύτητα περιστροφής του στροφείου (μέχρι 25.000 rpm) που για τεχνικούς λόγους είναι ακατάλληλη στην πράξη και έτσι παρουσιάστηκε η ανάγκη διαβαθμίσεως στους στροβίλους.

Με τον οροί διαβάθμιση εννοούμε την κλιμακωτή εκμετάλλευση μέσα στους στροβίλους της ταχύτητας του ατμού η της εκτονώσεως του η και τον δυο σε σε περισσότερες από μια βαθμίδες.

Είδη στροβίλων

Η διαβάθμιση στους στροβίλους έχει ως εξής

1) Στρόβιλοι δράσεως

Από τη φυσική είναι γνωστό το αξίωμα της δράσεως - αντιδράσεως , κατά το οποίο για κάθε δράση ή δύναμη, υπάρχει πάντα μια ίση και αντίθετη δύναμη η οποία ονομάζεται αντίδραση. Με τον όρο δράση εννοούμε την ώθηση που ασκεί ο ατμός όταν προσβάλλει με μεγάλη ταχύτητα τα πτερύγια ενός περιστρεφόμενου τροχού. Αυτή την ταχύτητα την έχει αποκτήσει ο ατμός κατά την εκτόνωση της πίεσεως του, σε στόμια που ονομάζονται προφύσια η ακροφύσια.

α) Διαβάθμιση ταχύτητας με διαδοχική εκμετάλλευση της ταχύτητας έξοδου του ατμού σε περισσότερες από μια σειρές κινητών πτερυγίων. Στην περίπτωση αυτή ο ατμός διέρχεται διαδοχικά από τις κινητές πτερυγώσεις και η ταχύτητα του ελαττώνεται βαθμιαία στην κάθε μια. Η εκτόνωση γίνεται αρχικά στα προφύσια οπού οδηγείται στα κινητά πτερύγια, από εκεί οδηγείται σε σταθερά που ονομάζονται οδηγητικά οπού απλά του αλλάζουν την κατεύθυνση χωρίς να υπάρχει εκτόνωση. Έτσι η σχέση μεταξύ ταχύτητας ατμού και ταχύτητας περιστροφής του στροφείου είναι πολύ χαμηλότερη από

εκείνη που θα ήταν αντίστοιχα αν μετά από την εκτόνωση εκμεταλλευόμασταν όλη την ταχύτητα του σε μια πτερύγωση. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στο στρόβιλο η Curtis που λέγεται και στρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση ταχύτητας.

β) Διαβάθμιση πίεσεως με διαδοχική εκτόνωση του ατμού κλιμακωτά σε περισσότερες από μια σειρά ακροφυσίων, που η κάθε μια ακολουθείται από μια σειρά πτερυγίων οπότε έχουμε διαβάθμιση πίεσεως. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στον στρόβιλο Rateau στον οποίο εκτονώνεται διαδοχικά μέσα σε κάθε σειρά ακροφυσίων ο ατμός και η ταχύτητα που αποκτά κάθε φορά κατά την έξοδο του αποδίδεται στην επόμενη σειρά κινητών πτερυγίων και προφανώς αυτή η ταχύτητα είναι πολύ μικρότερη απ' όσο αν θα είχε εκτονωθεί μόνο από μια σειρά ακροφυσίων. Εδώ ο ατμός εισέρχεται εκτονώνεται αρχικά και οδηγείται στα κινητά για να τους προδώσει ταχύτητα περιστροφής, από εκεί οδηγείται σε σταθερά τα οποία όμως είναι εκτονωτικά (σε αντίθεση με του Curtis που είναι μόνο οδηγητικά) και τον εκτονώνουν συνεπώς σε κάθε βαθμίδα.

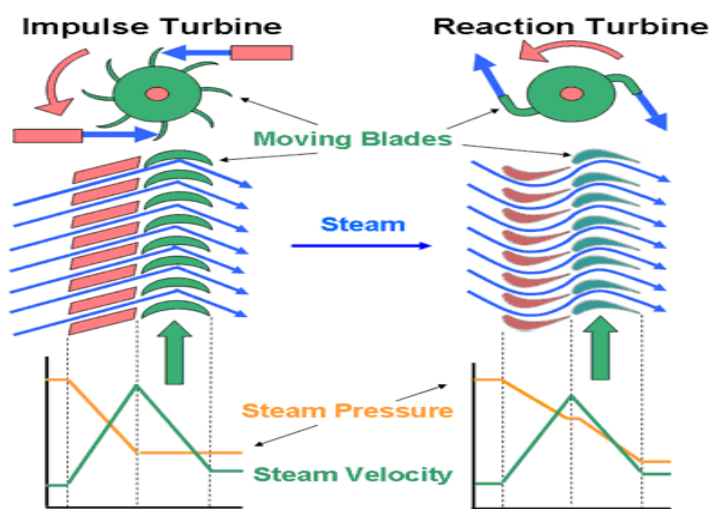
Σαν συνολικές μονάδες αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν και σύνθετοι ατμοστρόβιλοι με διαβάθμιση πίεσεως - ταχύτητας, όπου υπάρχουν ένα η δυο σιάδια ως συνήθως Curtis (διαβάθμιση ταχύτητας) στην εισαγωγή με μεγάλη πτώση πίεσης κατά την εκτόνωση και ακολουθείται από ένα στρόβιλο Rateau (διαβάθμιση πίεσης).

2) Στρόβιλοι αντιδράσεως

Με τον οροί δράση- αντίδραση εννοούμε τον τρόπο που το κινητό μέρος του στροβίλου λαμβάνει το έργο. Στους στροβίλους αντιδράσεως εκτός από την κίνηση του στροφείου λόγω προσβολής από ατμό που έχει εκτονωθεί και έχει αναπτύξει ταχύτητα μέσα στο κινητό μέρος, υπάρχει και επιμέρους εκτόνωση

μέσα στον κινητό τροχό για να αναπτύξει και πάλι ταχύτητα κατά την εξοδο του από το κινητό μέρος. Αυτή η επιμέρους ταχύτητα που αναπτύσσεται μεταφράζεται σε περιστροφή λόγω αντιδράσεως.

Ενας στρόβιλος αντιδράσεως είναι ο στρόβιλος Parson's και χαρακτηρίζεται ως στρόβιλος αντιδράσεως με διαβάθμιση πίεσεως αφού όπως είπαμε σε κάθε βαθμίδα ο ατμός εκτονώνεται δυο φορές, μια στο σταθερό πτερυγιο και μια προς το τέλος του κινητού πτερυγίου που θυμίζει ακροφύσιο.



Εικόνα 14 : Αρχή λειτουργίας στροβίλου δράσεως και αντιδράσεως

Σύγχρονοι Ατμοστρόβιλοι σε στροβιλοκίνητες εγκαταστάσεις

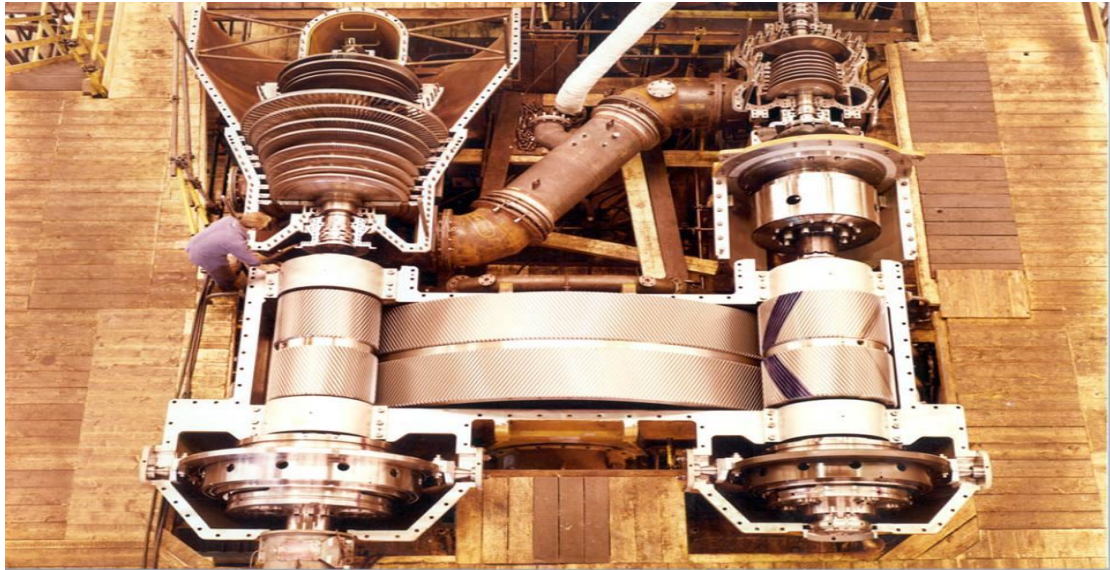
Περιγραφή

Στις σύγχρονες ατμομηχανικές εγκαταστάσεις, ο ατμοστρόβιλος είναι χωρισμένος σε τμήματα υψηλής και χαμηλής πίεσης (δεν υπάρχει μέσης) με διαφορετικούς άξονες, που προσδίδουν την κίνηση στον ελικοφόρο άξονα μέσω μειωτήρα.

Ανάλυση στροβίλου, μηχανήματων και συσκευών

Ο στρόβιλος

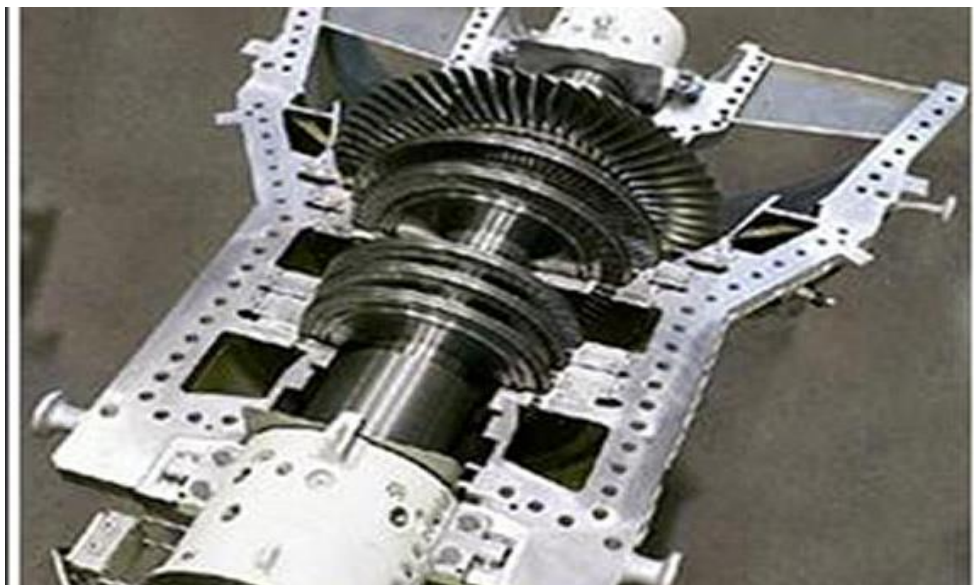
Η μονάδα του στροβίλου είναι συνθέτη με ένα στρόβιλο υψηλής πίεσης δέκα (10) σταδίων δράσεως, ένα στρόβιλο χαμηλής πίεσεως οχτώ (8) σταδίων δράσεως - αντιδράσεως και έναν στρόβιλο αναπόδησης πάνω στον ίδιο άξονα με τον χαμηλής.



Εικόνα 15 : Στρόβιλος πλοίου με βαθμίδες Υψηλής - Χαμηλής

Πλαίσιο (Casing)

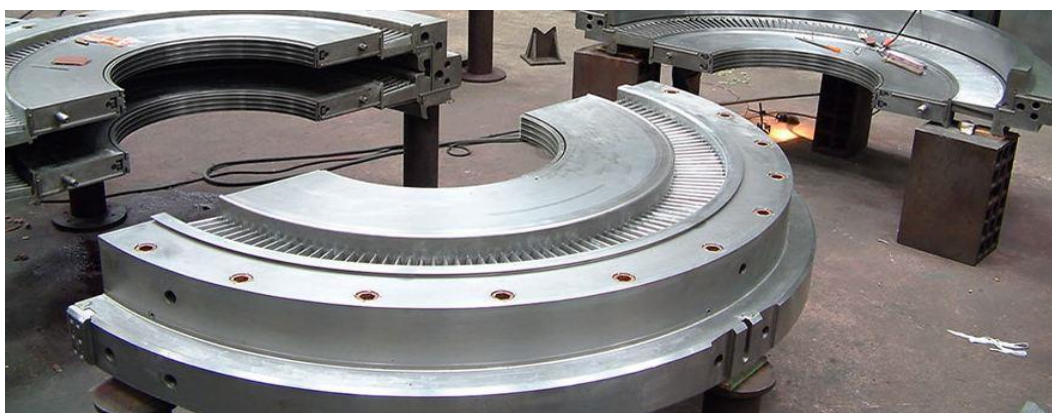
Ο στρόβιλος διαθέτει πλαίσιο που είναι χωρισμένο σε δυο μέρη το άνω και το κάτω και ενώνονται μεταξύ τους μέσω κοχλιών σύσφιξης και σε μια οριζόντια φλάντζα. Το κιβώτιο ατμού (steam chest) βρίσκεται στην πλευρά του στροβίλου υψηλής πίεσης κατά την εισαγωγή του ατμού. Διαθέτει επίσης και αμοφράκτη χειρισμών για τον έλεγχο του ατμού κατά την διαδικασία ελιγμών καθώς και για τον έλεγχο των στροφών, το οποίο διοχετεύει την ποσότητα ατμού που χρειάζεται ο στρόβιλος σε διαφορετικούς αγωγούς αν πρόκειται για κίνηση πρόσω η κίνηση ανάποδα.



Εικόνα 16 : Πλαίσιο ατμοστρόβιλου με τοποθετημένο το στροφέιο

Ακροφύσια και διαφράγματα (Nozzles and Diaphragms)

Τα ακροφύσια εκτόνωσης στο πρώτο στάδιο της υψηλής και στο στον στρόβιλο για το ανάποδα είναι συγκολλημένα πάνω στα διαφράγματα. Το πρώτο στάδιο ακροφυσίων βρίσκεται στο κάτω μέρος, εκεί που βρίσκεται και το κιβώτιο ατμού, ενώ στο στρόβιλο χαμηλής πίεσεως τα ακροφύσια βρίσκονται στερεωμένα στα διαφράγματα. Κάθε διάφραγμα - βαθμίδα του στροβίλου διαθέτει δακτύλιο λαβυρίνθου από κράμα νικελίου - μόλυβδου για μικρότερες απώλειες ατμού από τον άξονα, κατά το πέρασμα του ατμού. Ολόκληρα τα διαφράγματα αλλά και οι συσκευές στεγνότητας - λαβύρινθοι είναι χωρισμένοι σε οριζόντιο άξονα σε δυο ημικελύφη .



Εικόνα 17 : Διαφράγματα υπο κατασκευή, πρώτου τοποθετηθούν στο πλαίσιο

Συσκευές στεγανότητας (Gland Packings)

Στα άκρα κάθε άξονα του στροβίλου μπορεί να παρατηρηθούν τα εξής δυο φαινόμενα:

- α) να βγαίνει ατμός από το εσωτερικό του στροβίλου προς τα έξω, όταν η πίεση του ατμού μέσα στο στρόβιλο είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρικά
- β) Να εισέρχεται αέρας μέσα στο στρόβιλο , όταν η ατμοσφαιρικά πίεση είναι μεγαλύτερη όπως συμβαίνει στον χαμηλής πίεσεως η όταν ο στρόβιλος είναι σταματημένος.

Για να αποφεύγουμε αυτά τα φαινόμενα πρέπει να εμποδίσουμε την διέλευση ατμού προς τα έξω, αλλά αυτό δεν είναι εφικτό και για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιούνται λαβύρινθοι αναγκάζοντας τον ατμό να περάσει από πολύ μικρά διάκενα και να στραγγαλίζεται ώστε να μην χάνεται στο περιβάλλον. Ταυτόχρονα σε αυτό το σύστημα λειτουργεί και ατμός στεγανοποίησης (Gland steam) οπού στέλνεται σε μια

περιοχή του λαβυρίνθου με μικρή πίεση και οδηγείται στο απέναντι μέρος του λαβυρίνθου (από το πάνω προς το κάτω ημικέλυφος του λαβυρίνθου) από το οποίο υπάρχει διέξοδος για να οδηγηθεί σε ένα ψυγείο χαμηλής πίεσεως. Με αυτόν τον τρόπο παρεμποδίζεται η είσοδος αέρα στον στρόβιλο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από δοχεία που ελέγχονται με πνευματικά επιστόμια και δημιουργούν σταθερά πίεση με τον ατμό στα σημάια που θέλουμε να στεγανοποιήσουμε.



Εικόνα 18 : Το κάτω διάφραγμα των λαβυρίνθων και η διαμόρφωση του άξονα

Ρότορες και πτερύγια στρόβιλου (Turbine Rotors and Blades)

Και οι δυο ρότορες υψηλής και χαμηλής πίεσεως έχουν συγκολλημένους τους δίσκους με τις υποδοχές για τα πτερύγια καθώς επίσης και τα κολάρα για τους τρίβεις ισορροπήσεως, γυρνώντας αναπόσπαστα όλα μαζί με τον άξονα. Τα πτερύγια στην άκρη διαθέτουν στεφάνη για την καλύτερη συγκράτηση τους.



Εικόνα 19 : Ρότορας με τοποθετημένα τα πτερύγια

Τρίβεις (Bearings)

Ο στρόβιλος υψηλής και χαμηλής πίεσης διαθέτει ημικελυφοειδής κυλινδρικούς τρίβεις. Οι τρίβεις εφαρμόζουν σε ειδικούς διαμορφωμένους χώρους που διαθέτει η κατασκευή για την τοποθέτηση του και λιπαίνεται με το λάδι που εισέρχεται από τις οπές που διαθέτει το κέλυφος του τριβέα.



Εικόνα 20 : Τρίβεις ατμοστροβίλου οπού διακρίνονται οι οπές του λαδιού

Ωστικοί τριβείς (Thrust Bearings)

Οι ωστικοί τρίβεις βρίσκονται στην μπροστινή πλευρά των στρόβιλων και της υψηλής και της χαμηλής πίεσεως. Η χρήση του ωστικού τριβέα είναι να συγκρατεί και να παραλαμβάνει τις ώσεις που δημιουργεί ο ατμός καθώς εισέρχεται και έχει την τάση να θέλει να παρασύρει μαζί του και το στροφέιο. Ο ωστικός τριβέας ως

συνήθως είναι τύπου Mitchell που αποτελείται από ένα ωστικό δακτύλιο, ο οποίος όπως προαναφέραμε είναι κομμάτι του άξονα, καθώς και από πλινθία με αυτορρυθμιζόμενη κλίση γύρω από ένα πόλο και μπορεί να μεταφέρει αξονική ώση. Στον τριβέα καταθλίβεται λάδι για την δημιουργία λιπαντικές σφήνας και την παραλαβή της ώσης.



Εικόνα 21 : Ωστικός τριβέας

Σύστημα σωληνώσεων (Main extraction piping system)

Ο ατμός στο πρόσωπο υπο φυσιολογική λειτουργία ακολουθεί την εξής πορεία :

Κύριος ατμοφράκτης ατμού χειρισμών – Στρόβιλος υψηλής πίεσης – Σωλήνας παροχής- Στρόβιλος χαμηλής πίεσης- Κύριο ψυγείο

Ο ατμός στο ανάποδα υπο φυσιολογική λειτουργία :

Κύριος ατμοφράκτης χειρισμών – Ατμοφράκτης προστασίας ανάποδα- Στρόβιλος ανάποδα- Κύριο ψυγείο

Ο ατμός για τις απομαστεύσεις

Απομάστευση υψηλής πίεσης : απο πέμπτο στάδιο στροβίλου υψηλής πίεσης

Απομάστευση μέσης πίεσης : Από το σωλήνα παροχής μεταξύ υψηλής και χαμηλής (αν και δεν υπάρχει στρόβιλος μέσης πίεσης, υπάρχει απομάστευση μέσης πίεσης)

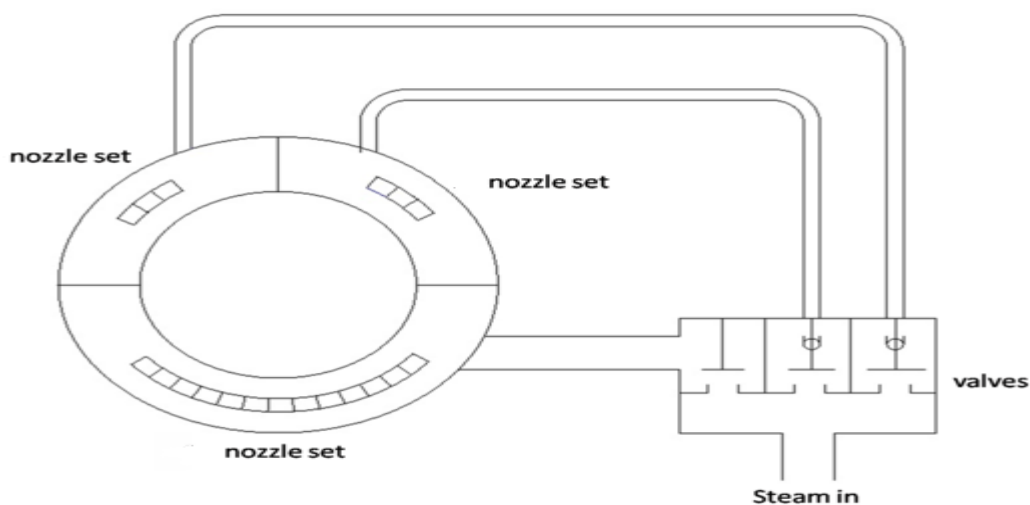
Απομάστευση χαμηλής πίεσης : από το τρίτο στάδιο του στροβίλου χαμηλής πίεσης

Υγροποιήσεις στρόβιλου

Ένα μικρό δίκτυο σωληνώσεων πάνω στον στρόβιλο, οδηγεί υγροποιημένο ατμό από τον κύριο ατμοφράκτη χειρισμών, το ατμοκιβώτιο του στρόβιλου υψηλής, και το δεύτερο στάδιο υψηλής σε δοχεία (drain rockets) και από εκεί οδηγούνται στο κύριο ψυγείο.

Επιστόμιο ελέγχου ακροφυσίων

Εκτός από την βασική ομάδα ακροφυσίων που τροφοδοτείται απευθείας, υπάρχουν δυο επιστόμια για τον έλεγχο μιας ομάδας ακροφυσίων ώστε να ρυθμίζονται το πόσες ομάδες ακροφυσίων θα λειτουργούν, ανάλογα με την ισχύ που θέλουμε να έχει ο στρόβιλος και τις απαιτήσεις κάθε περίπτωσης.



Εικόνα 22 : Διαγραμματικό σχέδιο με τον έλεγχο των ακροφυσίων

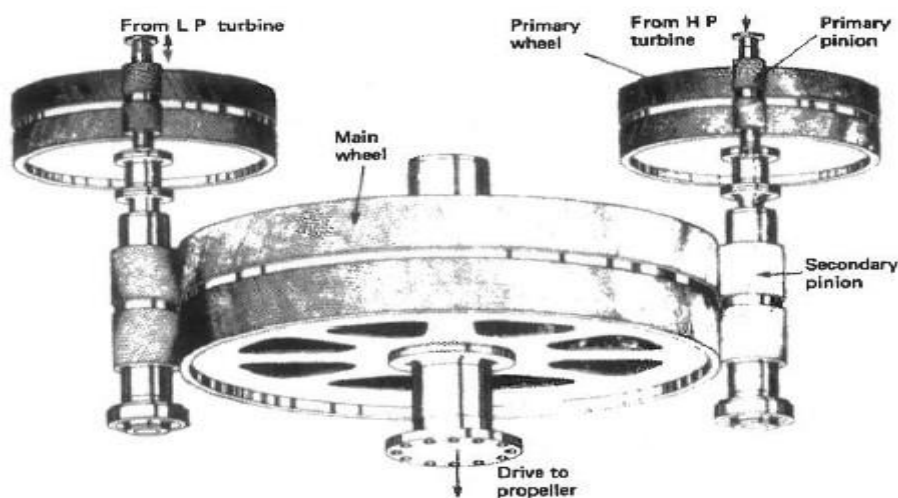
Μειωτήρας στροφών (Reduction gear)

Στις εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων γνωρίζουμε ότι η απόδοση του στροβίλου είναι μεγαλύτερη, σε εάν μεγάλο αριθμό στροφών. Αντίθετα η απόδοση της έλικας είναι μεγαλύτερη σε μικρό αριθμό στροφών. Για το λογού αυτό είναι αναγκαία η παρεμβολή συστήματος μείωσης των στροφών μεταξύ των αξόνων του στροβίλου και του ελικοφόρου ώστε η απόδοση και των δυο να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα.

Στην απλούστερη μορφή το σύστημα αποτελείται από ένα οδοντωτό τροχό με μικρή διάμετρο, προσαρμοσμένο στον άξονα του στροβίλου και ένα μεγάλη διάμετρο, προσαρμοσμένο στον ελικοφόρο άξονα. Ο μικρός τροχός στρέφει με τις στροφές του στροβίλου, ονομάζεται πηνίο και μεταδίδει την κίνηση στο μεγαλύτερο ο οποίος καλείται κύριος τροχός και όλα αυτά βρίσκονται τοποθετημένα μέσα σε ένα ιδιαίτερο κιβώτιο το λεγόμενο κιβώτιο μειωτήρα (reduction gear casing).

Το σύστημα αυτό ονομάζεται απλής μείωσης και έχει ένα όριο ως τον λόγο μεταδόσεως, επειδή όμως η μείωση που πρέπει να γίνει είναι μεγάλη θα χρειαστούμε σύστημα διπλής μείωσης δηλαδή ο άξονας του στροβίλου να μεταδίδει στο πρώτο πηνίο οπού αυτό με την σειρά του μεταδίδει στο δεύτερο πηνίο και από εκεί στον κύριο τροχό.

Η μετάδοση γίνεται με αρθρωτή διάταξη και διπλή ελικοειδή οδόντωση (ψαροκόκαλο)



Εικόνα 23 : Μειωτήρας με διπλή μείωση, δυο πηνία και μετάδοση στον κύριο τροχό

Εξαρτημένη αντλία λαδιού

Η εξαρτημένη αντλία λαδιού βρίσκεται τοποθετημένη στο πίσω μέρος του στροβίλου και παίρνει κίνηση από ένα ελικοειδές γρανάζι το οποίο βρίσκεται πάνω στο δεύτερο πηνίο του στροβίλου υψηλής πίεσης. Όταν ο στροβίλος έχει αρκετές στροφές για να καταφέρει η εξαρτημένη να κρατάει την πίεση που έχει ορίσει ο κατασκευαστής λειτουργεί μονή της, όταν αντίθετα οι στροφές πέσουν τότε μπαίνουν σε λειτουργία οι ηλεκτροκίνητες αντλίες.

3.2 Λέβητας

Εισαγωγή στους ναυτικούς ατμολέβητες

Ναυτικοί ατμολέβητες ονομάζονται οι ατμολέβητες των πλοών με πρόωση ατμοστροβίλου, οι οποίοι και αποτελούν ιδιαίτερης σημασίας τμήμα των κυρίων εγκαταστάσεων πρόωσής των. Με τέτοιους ατμολέβητες είναι επίσης εφοδιασμένα και τα νηζελοκίνητα πλοία.

Λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών λειτουργίας και της ανάγκης ικανοποιητικής ανταπόκρισης αυτών στις εγκαταστάσεις των πλοίων, θα πρέπει αυτοί να παρουσιάζουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. Ελάχιστο δυνατό όγκο και βάρος. Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της ταχύτητας κυκλοφορίας του νερού, της ταχύτητας των καυσαερίων, της θερμαινόμενης επιφάνειας και του βαθμού καύσης, (που αυξάνεται με την εφαρμογή κυρίως τεχνητού ελκυσμού και της "υπό πίεση" καύσης).
2. Μέγιστη απόδοση ορίων ατμοπαραγωγής. Αυτή επιτυγχάνεται με την ορθή κατανομή της απορρόφησης θερμότητας μέσα στο λέβητα, του οικονομητήρα, του προθερμαντήρα αέρος και του υπερθερμαντήρα.
3. Ικανότητα παροχής ατμού με ευρεία όρια μεταβολής της ατμοπαραγωγής. Αυτή επιτυγχάνεται με ορθό υπολογισμό και σχεδίαση του υπερθερμαντήρα με τη χρήση κατάλληλων οργάνων ελέγχου της θερμοκρασίας του υπερθέρμου.
4. Μέγιστη ικανότητα προσαρμογής σε αυξομείωση ατμοπαραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται με τον απαραίτητο μεγάλο όγκο ατμοθαλάμου που ενεργεί στη προκειμένη περίπτωση ως συσσωρευτής ατμού.

5. Μικρό χρόνο ατμοποίησης. Αυτό εξαρτάται από τη σχέση θερμαινόμενης επιφάνειας ως προς τον όγκο του περιεχομένου νερού.
6. Μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας. Αυτή εξαρτάται από τη σχεδίαση και καταλληλότητα των υλικών κατασκευής.
7. Μικρή απώλεια ακτινοβολίας στο χώρο εγκατάστασης. Επιτυγχάνεται με χρήση κατάλληλων αντιπυρικών και αντιθερμικών μονωτικών υλών στη κατασκευή των εστιών και στους υδροτοίχους και αγωγούς.
8. Μεγάλη ευχέρεια επιθεώρησης, καθαρισμού και επισκευής. Αυτή εξαρτάται κυρίως από τη εργοστασιακή σχεδίαση και τον υπάρχοντα χώρο της εγκατάστασης στα πλοία.
9. Επαρκή, (ικανοποιητική), εγκατάσταση απαραίτητων οργάνων ελέγχου και λειτουργίας.

Όλες οι παραπάνω προϋποθέσεις μαζί με την πείρα των κατασκευαστών χρησίμευσαν ως οδηγός τόσο στη θερμοδυναμική όσο και στη κατασκευαστική μελέτη των ναυτικών ατμολεβήτων κατά την εξέλιξη αυτών στο πέρασμα των χρόνων μέχρι του σημείου που σήμερα να έχουν αυτοί τελειοποιηθεί

Ιστορικά

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 τη 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 αμοστροβίλου διαπιστώθηκε ότι οι φλογαυλωτοί παρά τις βελτιώσεις τους ήταν πλέον ανεπαρκείς. Έτσι κατέστη ανάγκη κατασκευής των υδραυλωτών ατμολεβήτων που αποδείχθηκαν τελικά ικανότεροι στη ταχεία παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης και με διαστάσεις και βάρος μικρότερα των ισοδύναμων φλογαυλωτών.

Η κατασκευή των υδραυλωτών σημείωσε αλματώδη εξέλιξη στον 20ο αιώνα. Κύριος ανασταλτικός παράγοντας στην αρχή της ανάπτυξης των ήταν η εναπόθεση καθαλατώσεων, (άλατος), στο εσωτερικό των αυλών που επέφεραν τη καταστροφή τους. Τέτοιο βεβαίως πρόβλημα 'παρουσίαζαν και οι φλογαυλωτοί που όμως σ' 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 τη 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-Γουϊλκόξ" (Babcock-Wilcox), ενώ στην Αγγλία εμφανίζονται οι υδραυλωτοί "ταχείας κυκλοφορίας" τύπου Α, όπως οι Γιάροου (Yarrow), Θόρνυκροφτ (Thornycroft), Γουάϊτ-Φόστερ (White-Foster) κ.ά.

Στα τελευταία χρόνια εξ όλων των παραπάνω η κατασκευή υδραυλωτών λεβήτων "ταχείας κυκλοφορίας" υπήρξε αλματώδης 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 των. 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 εμφανίσθηκε η κατασκευή των ατμογεννητριών

υψίστης πίεσης που επέβαλε η ανάγκη χρήσης ακόμη υψηλότερης πίεσης ατμού. Η κατασκευή των ατμογεννητριών* βασίστηκε σε νέες αρχές που κάποιες εξ αυτών είχαν εφαρμοστεί περιορισμένα στους κλασικούς λέβητες.

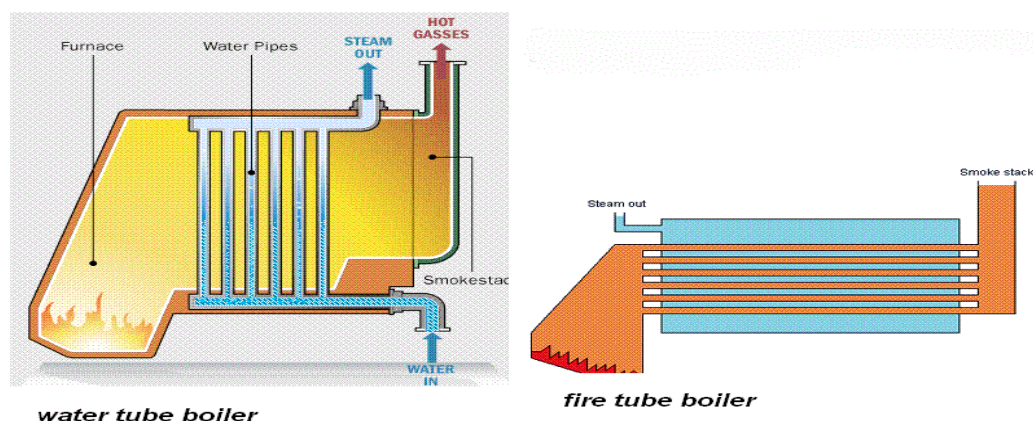
Τέλος μέγα και αποφασιστικό βήμα στην εξέλιξη των ατμολεβήτων στη σύγχρονη εποχή θα μπορούσε να θεωρηθεί η χρήση της ατομικής ή πυρηνικής ενέργειας στο πλαίσιο της ατμοπαραγωγικής εγκατάστασης.

Τύποι Ναυτικών ατμολεβήτων

Οι ναυτικοί ατμολέβητες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: α) ανάλογα με τη θέση του θαλάμου καύσης και του υδροθαλάμου, και β) ανάλογα του τρόπου κυκλοφορίας του νερού. Με βάση αυτών οι λέβητες διακρίνονται σε:

- Λέβητες εσωτερικής εστίας, που καλούνται και φλογαβλωτοί λέβητες.
- Λέβητες εξωτερικής εστίας, που καλούνται και υδραυλωτοί λέβητες.
- Λέβητες φυσικής κυκλοφορίας, και
- Λέβητες τεχνητής κυκλοφορίας ή βεβιασμένης κυκλοφορίας.

Οι λέβητες εσωτερικής εστίας ή φλογαυλωτοί περιβάλλονται από τον υδροθάλαμο, ενώ οι εξωτερικής εστίας ή υδραυλωτοί είναι εκτός υδροθαλάμου. Το χαρακτηριστικό των φλογαυλωτών είναι ότι εσωτερικά των αυλών διέρχονται φλόγες και καυσαέρια ενώ εξωτερικά περιβάλλονται από νερό. Στους υδραυλωτούς συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο.



Εικόνα 24 : Βασική λειτουργία υδραυλωτού και φλογαυλωτού λέβητα

Κύριες λειτουργίες

Οι κύριες λειτουργίες που παρατηρούνται σ' ένα ναυτικό ατμολέβητα είναι βασικά τρεις:

α) η καύση του καυσίμου, δια της οποίας η χημική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.

β) η μετάδοση της εκλυόμενης θερμότητας, στο νερό του υδροθαλάμου, και

γ) η μετατροπή του νερού σε ατμό, (ατμοποίηση).

Λέβητες στις σύγχρονες εγκαταστάσεις ατμοστρόβιλου

Στα σύγχρονα πλοία με πρόωση ατμοστρόβιλου χρησιμοποιούνται υδραυλωτοί λέβητες οι οποίοι πετυχαίνουν υψηλή ατμοπαραγωγή και πίεση ατμού για να λειτουργήσουν τα κυρια και τα βοηθητικά μηχανήματα του πλοίου. Οι ατμολέβητες της ναυτιλίας είναι πολύπλοκες θερμοϋδραυλικές εγκαταστάσεις που επιτυγχάνουν προθέρμανση του νερού, εξάτμιση, υπερθέρμανση, αναθέρμανση και ρύθμιση της τελικής θερμοκρασίας του ατμού για τροφοδοσία στον ατμοστρόβιλο και σε άλλα κυρια μηχανήματα. Βασικός στόχος του σχεδιασμού είναι η μεγιστοποίηση του βαθμού απόδοσής. το μεγαλύτερο ποσοστό στις σημερινές εγκαταστάσεις χρησιμοποιεί λέβητες τύπου "D" και αυτοί θα αναλυθούν παρακάτω.

Περιγραφή λέβητα τυπου D

Οι λέβητες αυτοί είναι υδραυλωτοί φυσικής ροής και σχεδιάστηκαν για να καλύψουν απαιτήσεις ατμοπαραγωγής από 4500 kg/h κορεσμένου ατμού μέχρι και 100000 kg/h υπέρθερμου ατμού πίεσεως 60 bar και θερμοκρασίας 500 °C ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Όσοι από αυτούς τους λέβητες χρησιμοποιούνται για την πρόωση πλοίου έχουν συνήθως τα εξής στοιχεία λειτουργίας πίεση ατμού 60 bar, θερμοκρασία 500-515 °C και ποσότητας ατμού για την κάλυψη όλων των αναγκών περίπου 110 ton/h που παρέχονται από δυο λέβητες ως συνήθως αν και τα νούμερα ποικίλουν ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε πλοίου . Το όνομα του προήλθε από την διάταξη του που μοιάζει με το λατινικό γράμμα "D". Όλοι οι λέβητες αυτής

της κατηγορίας αποτελούνται από δυο θαλάμους με μια κυρία δέσμη αυλών, κατακόρυφων η σχεδόν κατακόρυφων, που ενδιάμεσα της τοποθετείται ο υπερθερμαντήρας. Η εστία περιβάλλεται από υδροτοιχώματα στην πλευρά και την οροφή της και οι αυλοί του πλευρικού υδροτοιχώματος τροφοδοτούνται με νερό από ένα κατώτερο υδροσυλλέκτη, ο οποίος συγκοινωνεί και τροφοδοτείται με νερό από τους αυλούς κάθετης κυκλοφορίας (downcomers). Το δάπεδο της εστίας και το εμπρόσθιο τοίχωμα είναι επενδυμένα με πυρίμαχο υλικό και υπάρχουν καυτήρες στο πάνω μέρος του λέβητα όπως και εκκαπνιστήρες ατμού για τον εκκαπνισμό των αυλών τους. Επίσης είναι άξιο αναφοράς ότι επειδή η χρήση τα τελευταία χρόνια γίνεται ως συνήθως σε πλοία LNG (υγροποιημένου φυσικού αερίου) είναι σχεδιασμένοι οι λέβητες να χρησιμοποιούν ως καύσιμο και τις εξατμίσεις του φορτίου ώστε να σταθεροποιείται η πίεση στις δεξαμενές. Αυτός άλλωστε ήταν ο κύριος λόγος που εμφανίστηκαν αρκετά πλοία με πρόωση αμοστροβίλου την τελευταία δεκαετία.



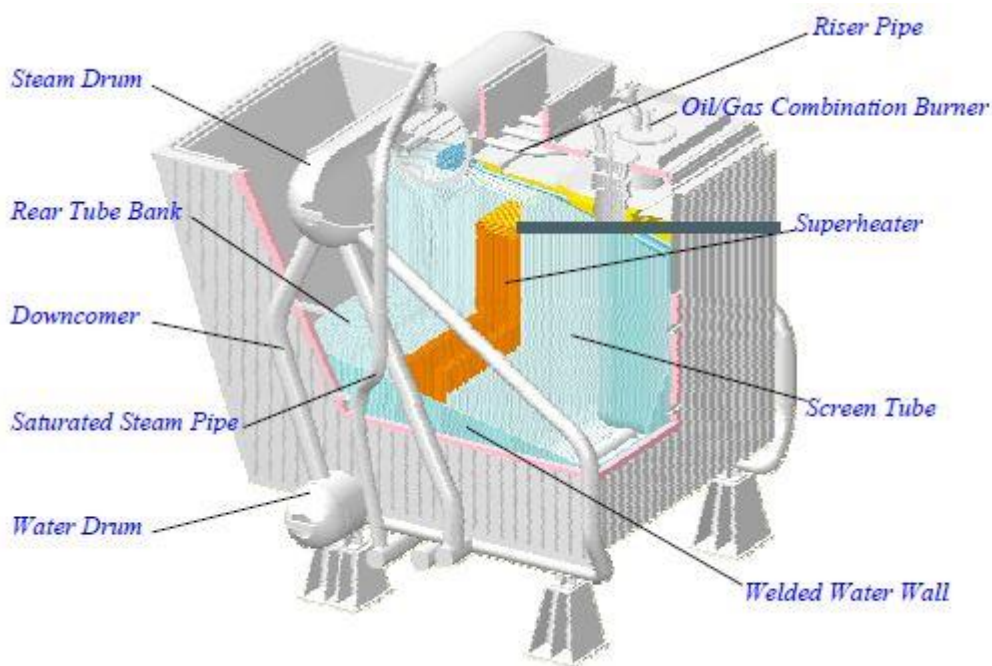
Εικόνα 25 : Λέβητας τύπου D πριν την εγκατάσταση του

Περιγραφή βασικής λειτουργίας

Ο λέβητας θα χωριστεί σε δυο τμήματα για την κατανόηση της λειτουργίας του στο τμήμα της καύσης και στο τμήμα του νερού. Το τμήμα της καύσης αποτελείται από το δίκτυο πετρελαίου και το δίκτυο του αερίου τα οποία εισέρχονται μετά από προθέρμανση στην κατάλληλη θερμοκρασία και τροφοδοτούνται στον καυστήρα διπλού καυσίμου ώστε να έχουμε την κατάλληλη παραγωγή θερμότητας μέσα στην εστία όπου τελείται η καύση. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του λέβητα ρυθμίζεται η

ποσότητα καυσίμου και αέρα μέσα σε αυτόν από ηλεκτρονικά συστήματα κάνοντας συνεχώς ρυθμίσεις για να έχουμε μια σωστή καύση. Από την καύση αυτή οι φλόγες και τα παραγόμενα καυσαέρια μεταφέρουν την θερμότητα τους στο νερό που ρέει μέσα από τους αυλούς, με τους οποίους έρχονται και σε επαφή.

Από το δεύτερο τμήμα, δηλαδή αυτό του νερού το οποίο τροφοδοτείται στον λέβητα μέσω της τροφοδοτικής αντλίας στον ατμοδροθάλαμο έχοντας περάσει από προθερμαντήρα εκμετάλλευσης καυσαερίων και οδηγείται μέσω των αυλών κάθετης κυκλοφορίας (downcomers) οι οποίοι βρίσκονται εκτός του λέβητα στον υδροθάλαμο, δηλαδή στο κάτω μέρος του λέβητα λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς και γι' αυτό χαρακτηρίζονται λέβητες φυσικής κυκλοφορίας. Το νερό στον υδροθάλαμο οδηγείται από τους ατμογόνους αυλούς πάλι προς τον ατμοδροθάλαμο, δηλαδή στο πάνω μέρος του λέβητα όπου έχουν λάβει την κατάλληλη θερμική ενέργεια από τα καυσαέρια για να ατμοποιηθεί. Πάνω σε αυτή την βασική λειτουργία στηρίζεται ο λέβητας οποίος βεβαίως έχει εξελιχθεί έχοντας πλέον συσκευές όπως προθερμαντήρες, υπερθερμαντήρας και διατάξεις όπου θα αναλυθούν.



Εικόνα 26 : Βασικά μέρη του λέβητα

Βασικά εξαρτήματα λέβητα

Τα βασικά εξαρτήματα αποτελούνται από δυο δοχεία (υδροθάλαμο, ατμοδροθάλαμο), ένα δοχείο του υπερθερμαντήρα, τέσσερα δοχεία των υδρότοιχων, τους αυλούς (water wall, generating tubes) και τους αυλούς κάθετης ροής

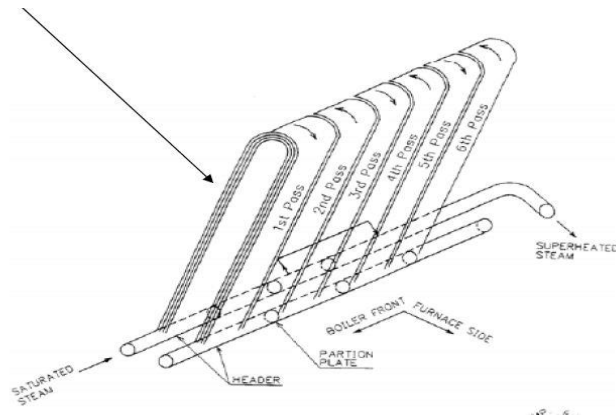
(downcomers). Κάθε δοχείο διαθέτει οπές οπού έχουν συγκολληθεί οι αυλοί. Οι τάσεις που δημιουργήθηκαν διορθώνονται με θέρμανση σε εστία σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες και ελέγχονται με ακτίνες X για τυχόν προβλήματα. Ο ατμοδροθάλαμος εσωτερικά διαθέτει στην εξαγωγή του ατμού αποχωριστήρα υγρασίας (dry box), το πλέγμα στη μέση του θαλάμου με κατάλληλες οπές για να αποχωρίζεται το νερό από τα μόρια ατμού και το σωλήνα τροφοδοτικού νερού. Όλα οι αυλοί είναι από χάλυβα (carbon steel).

Εξωτερική κατασκευή και μόνωση

Η εστία είναι κατασκευασμένη με συγκολλημένους αυλούς σχηματίζοντας ένα υδρότοιχο ώστε να υπάρχει πλήρη εκμετάλλευση των καυσαερίων και να μην υπάρχουν θερμικές απώλειες. Για να περιοριστούν και άλλο οι θερμικές απώλειες του λέβητα υπάρχουν μετά τον υδρότοιχο γαλβανισμένες πλάκες σιδηρού και μονωτικό υλικό πριν το τελικό περίβλημα. Ο λέβητας στηρίζεται σε τέσσερις βάσεις από τις οποίες οι τρεις μπορούν να κινηθούν μέσα σε κάποια όρια ελευθερίας και η μια είναι πακτωμένη, έτσι με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αντιμετωπίσουμε την διαστολή του λέβητα που είναι ανάλογη κάθε φορά με τα φορτία του και την θερμότητα που παράγει.

Υπερθερμαντήρας

Ο υπερθερμαντήρας είναι κάθετος, μεταφοράς και ακτινοβολίας και διαθέτει δέσμες αυλών σε σχήμα U οπού συνδέονται στα δυο δοχεία υπερθερμαντήρων (superheater drums). 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 κορεσμένος ατμός και αυξάνεται η θερμοκρασία γύρω στους 500 °C, με την βοήθεια των καυσαερίων που διέρχονται εξωτερικά των αυλών. Ο λόγος χρήσης υπέρθερμου ατμού προέκυψε από την διαπίστωση ότι η αύξηση θερμοκρασίας του ατμού που παρέχεται στον στρόβιλο αυξάνει και τον βαθμό απόδοσης του και επομένως τον συνολικό βαθμό απόδοσης όλης της εγκατάστασης.



Εικόνα 27 : Υπερθερμαντήρας τύπου U

Αφυπερθερμαντήρας ελέγχου

Ο αφυπερθερμαντήρας ελέγχου είναι εγκαταστημένος μέσα στο υδροθάλαμο (water drum) μέσα από τον οποίο, περνάει κάποια ποσότητα ατμού από το τέταρτο στάδιο του υπερθερμαντήρα ώστε να συναντηθεί με την υπόλοιπη ποσότητα και ανάλογα την θερμοκρασία που ελέγχεται στην έξοδο του ατμού ρυθμίζεται και η ανάμιξη πρώτου εισέλθουν στο πέμπτο στάδιο του υπερθερμαντήρα και οδηγηθούν προς την έξοδο για κατανάλωση.



Εικόνα 28 : Αφυπερθερμαντήρας ελέγχου και παραγωγής

Αφυπερθερμαντήρας παραγωγής ατμού

Ο αφυπερθερμαντήρας παραγωγής ατμού είναι εγκατεστημένος στο κάτω μέρος του ατμοδροθαλάμου δηλαδή περιβάλλεται από νερό το οποίο εισέρχεται προς ατμοποίηση ενώ εσωτερικά κυκλοφορεί ένα μέρος του υπέρθερμου ατμού που προέρχεται από τη έξοδο του υπερθερμαντήρα. Έτσι το νερό που εισέρχεται παραλαμβάνει την θερμότητα του υπέρθερμου ατμού και αντίστοιχα ο υπέρθερμος

ατμός μετατρέπεται σε αφυπέρθερμο ατμό 290 °C και πίεσης 60 bar.

Οικονομητήρας

Κάθε λέβητας είναι εξοπλισμένος με ένα οικονομητήρα ο οποίος είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας. Ο οικονομητήρας διαθέτει στοιχεία τα οποία βρίσκονται συγκολλημένα στα δυο άκρα και διαθέτουν μεγάλη αντίσταση στην διάβρωση από υψηλή θερμοκρασία. Εσωτερικά των αυλών κυκλοφορεί το τροφοδοτικό νερό του λέβητα και εξωτερικά διέρχονται τα καυσαέρια που οδηγούνται προς την έξοδο στην ατμόσφαιρα. Επίσης ο οικονομητήρας διαθέτει και εκκαπνιστήρες ατμού για να καθαρίζεται από τις επικαθίσεις διαφόρων σωματιδίων των καυσαερίων.

Προθερμαντήρας καυσιγόνου αέρα

Κάθε λέβητας διαθέτει αυλωτό προθερμαντήρα καυσιγόνου αέρα ώστε να προθερμανθεί ο αέρας που εισέρχεται από τους ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού πρώτου εισέλθει στον αεροθάλαμο του λέβητα (wind box). Η ανάγκη για προθέρμανση του αέρα πηγάζει από κάποια πλεονεκτήματα όπως το ότι κρατάμε υψηλά την θερμοκρασία της εστίας για να μην έχουμε μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές στα σημεία εισαγωγής και για την καλύτερη καύση του καυσίμου.



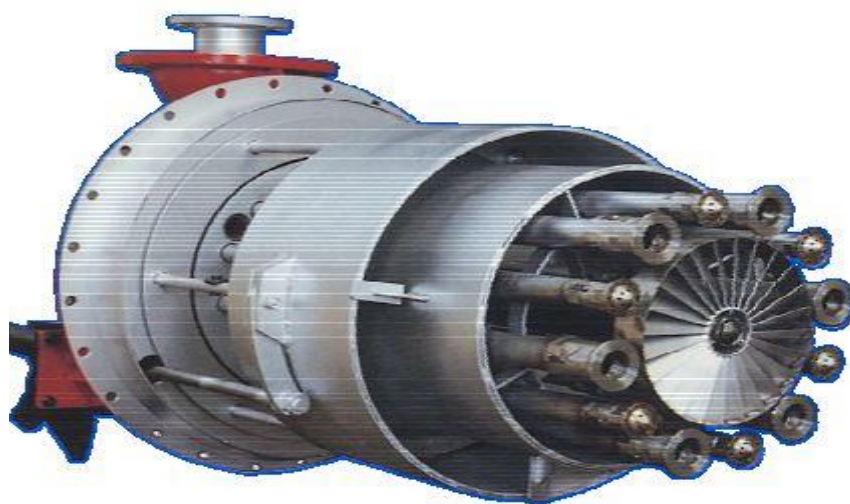
Εικόνα 29 : Προθερμαντήρας καυσιγόνου αερα

Καυστήρες διπλού καυσίμου (Oil & Lng Burner)

Κάθε λέβητας εξοπλίζεται με τρεις καυστήρες στην οροφή της εστίας του λέβητα.

Ο καυστήρας διπλού καυσίμου είναι συνδυαστικού τύπου αερίου και πετρελαίου και η λειτουργία του μπορεί να είναι η μόνο πετρέλαιο η μόνο αέριο η παράλληλα και τα δυο καύσιμα ανάλογα με τις οδηγίες της εταιρείας και του ταξιδιού.

Ο καυστήρας για το πετρέλαιο διασκορπάζει σε μορφή νέφους το πετρέλαιο διαθέτοντας πολυπροστόμιο και ατμό (atomizer) και γύρω γύρω τους καυστήρες αερίου, μαζί με διαχύτη ώστε να διασκορπίζονται με τον αέρα, για την καλύτερη καύση. Επίσης κάθε καυστήρας είναι εφοδιασμένος με σπινθηριστή και δυο ανιχνευτές φωτιάς οι οποίοι δίνουν σήμα σε τυχόν σφάλμα της φλόγας για να αποκοπεί άμεσα το καύσιμο. Η αναλογία αέρα - καυσίμου στο πετρέλαιο είναι 15:1 και στο αέριο 7:1.



Εικόνα 30 : Καυστήρας διπλού καυσίμου

Εκκαπνιστήρες ατμού (Sootblowers)

Κάθε λέβητας είναι εξοπλισμένος με οχτώ εκκαπνιστήρες. Οι εκκαπνιστήρες είναι οι εξής : δυο στον χώρο αυλών του λέβητα τέσσερις στον οικονομητήρα ακίνητοι κατά τους άξονες αλλά περιστροφικοί και δυο τηλεσκοπικοί στο χώρο του υπερθμαντήρα. Ο σκοπός τους είναι να εκτοξεύουν ατμό πάνω στις δέσμες των αυλών ώστε να γίνεται καθημερινά ο καθαρισμός από την αιθάλη που δημιουργείται κατά την καύση μέσα στην εστία και χρησιμοποιούν ατμό 60 bar. Όλοι οι εκκαπνιστήρες είναι στο κέλυφος του λέβητα και του οικονομητήρα και στεγανοί για να μην έχουμε απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον του μηχανοστασίου.



Εικόνα 31 : Περιστροφικός εκκαπνιστήρας

Κεφάλαιο 4 : Βοηθητικά μηχανήματα

Κύριο Ψυγείο (Main Condenser)

Το κύριο ψυγείο ή συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας με σκοπό την συμπύκνωση του ατμού εξαγωγής των στροβίλων υπό κενό. Το κενό δημιουργείται από την ίδια την συμπύκνωση δηλαδή την εναλλαγή φάσης από αέριο σε υγρό και με την βοήθεια των αντλιών κενού οι οποίες αντλούν οτιδήποτε αέριο δεν έχει συμπυκνωθεί ώστε να διατηρούμε υψηλό κενό. Το κύριο ψυγείο είναι εγκατεστημένο στο ίδιο πλαίσιο μαζί με τον κύριο στρόβιλο ώστε ο ατμός από το τελευταίο στάδιο του να εισέρχεται για ψύξη μέσα σε αυτό. Το ψυγείο είναι με αυλούς από τους οποίους περνάει το ψυκτικό μέσον (θαλασσινό νερό) και εξέρχεται στη θάλασσα ενώ από την άλλη πλευρά ο ατμός περνώντας από τις επιφάνειες ψύξης συμπυκνώνεται υπό κενό, δηλαδή χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής πίεσης ώστε η αρχική θερμοκρασία ατμού με την τελική να έχει όσο μεγαλύτερη διαφορά γίνεται, όπου αυτό είναι προς όφελος της απόδοσης και της οικονομίας για να καταλήξει στο κατώτερο μέρος του ψυγείου (hotwell). Το ψυγείο διαθέτει θύρες από τις οποίες μπορούμε να καθαρίσουμε και να επιθεωρήσουμε εσωτερικά το χώρο που περνάει το θαλασσινό νερό ενώ ως συνήθως έχει ένα λεπτό στρώμα αντιδιαβρωτικού υλικού για προστασία (3 χιλιοστά νεοπραν)

.Επίσης σε όλα τα σημεία που ατμός μπορεί να έχει μεγάλη ταχύτητα υπάρχουν

μεταλλικά ελάσματα με οπές για την ελάττωση της ταχύτητας του. Μέσα στο ψυγείο στα σημεία εισαγωγής και εξαγωγής του θαλασσινού νερού υπάρχουν πλάκες απο ατσάλι, για την προστασία του ψυγείου απο την διάβρωση.



Εικόνα 32 : Κύριο ψυγείο πριν την εγκατάσταση του

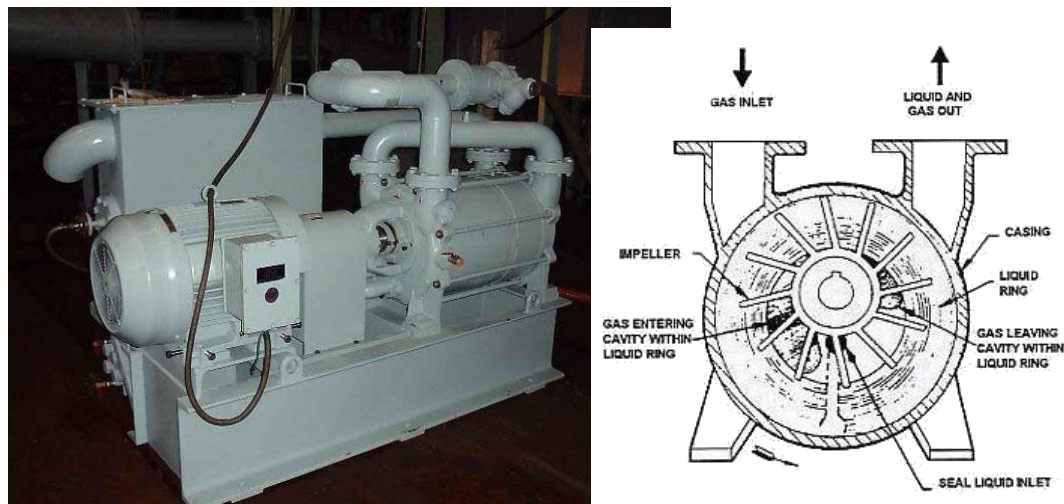
Αντλία συμπυκνώματος (Condensate pump)

Ο σκοπός της αντλίας συμπυκνώματος είναι να αναρροφά το συμπύκνωμα απο το κύριο ψυγείο για να το καταθλιβεί διαμέσου διαφόρων εναλλακτών θερμότητας προς την εξαιρεστική δεξαμενή για χρήση στον στον λέβητα. Αυτές οι αντλίες είναι κατά κανόνα φυγόκεντρικές αντλίες περισσότερων της μια βαθμίδας που στις περισσότερες σημερινές εγκαταστάσεις κινούνται απο ηλεκτροκινητήρα. Η μονή διαφορά που έχουν απο μια άλλη φυγόκεντρη αντλία είναι κάποιοι σωλήνες απο το κύριο ψυγείο που συνδέονται με την αναρρόφηση της αντλίας για την εξισορρόπηση του κενού ώστε να μην υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την αναρρόφηση.

Αντλίες κενού (Vacuum pump)

Οι αντλίες κενού στην εγκατάσταση ατμοστροβίλου αποσκοπούν στο να απάγονται οι εξατμίσεις που δεν έχουν συμπυκνωθεί και κυρίως ο αέρας που μπορεί να εισέρχεται στο ψυγείο με διαφόρους τρόπους ώστε να διατηρηθεί η μικρότερη πίεση απο την ατμοσφαιρική η οποία δημιουργήθηκε απο την διαδικασία της συμπύκνωσης. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις είναι υγρού εμβόλου (liquid ring pump), παίρνουν κίνηση απο ηλεκτροκινητήρα. Το κυκλικό περυγωτό στροφείο της αντλίας περιστρέφεται μέσα στο εκκεντρικό κέλυφος της. Το κέλυφος γεμίζει εν μέρει με νερό, το οποίο περιστρέφεται μαζί με το στροφείο και λόγω της φυγόκεντρης

δυνάμει , απωθείται προς την περίμετρο του στροφείου και σχηματίζει έτσι ένα υγρό δακτύλιο ή υγρό έμβολο. Το υγρό του κελύφους απομακρύνεται από το στροφείο ή εισχωρεί μέσα σε αυτό εναλλάξ, έτσι επενεργεί ως έμβολο και μια αναρροφή και μια συμπιέζει τον αέρα.



Εικόνα 33 : Αντλία κενού

Εξαεριστική τροφοδοτική δεξαμενή (Dearator feed tank)

Δεξαμενή με κατάλληλη διαμόρφωση, όπου αυτή βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του μηχανοστασίου σε ένα πλοίο διότι το νερό μετά από την εξαεριστική δεξαμενή οδηγείται στην τροφοδοτική αντλία η οποία χρειάζεται θετική αναρρόφηση. Το τροφοδοτικό νερό καταθλίβεται από την αντλία συμπυκνώματος και προθερμαίνεται αναμιγνύόμενο με ατμό και ταυτόχρονα αποχωρίζεται και απάγεται ο αέρας και τα λοιπά αέρια ($\text{NH}_3/\text{N}_2/\text{CO}_2/\text{O}_2$) που αντιδρούν με το νερό και διαλύονται μέσα του. Ειδικότερα το O_2 που μπορεί να γίνει 5-10 φορές πιο διαβρωτικό από το CO_2 και μπορεί να δημιουργήσει πολύ σημαντικά προβλήματα στα μέταλλα των λεβήτων. Όλη η διαδικασία για τη διάλυση και την απαγωγή των αερίων από το τροφοδοτικό νερό γίνεται με την βοήθεια της ανάλογης πίεσης και θερμοκρασίας που εξηγείται από τον νόμο διαλυτότητας των αερίων (νόμος του Henry). Η στάθμη μέσα στην εξαεριστική δεξαμενή παραμένει σχεδόν σταθερή. Αυτό οφείλεται σε ρυθμιστική διάταξη πλωτήρων και στη σύνδεση με το δίκτυο συμπληρώσεως τροφοδοτικού νερού. Στα σύγχρονα στροβιλοκίνητα πλοία η κατάθλιψη της αντλίας συμπυκνώματος, πρώτου εισέλθει στην εξαεριστική δεξαμενή, διέρχεται πρώτα από προθερμαντήρα. Εκεί προθερμαίνεται από τον ατμό εξατμίσεων ή ατμό που απάγεται από το σύστημα των λαβυρίθων, από τον βραστήρα παραγωγής νερού καθώς και

από χαμηλής πίεσης προθερμαντήρα και τέλος με την κατάλληλη θερμοκρασία καταλήγει στην εξαεριστική τροφοδοτική δεξαμενή.

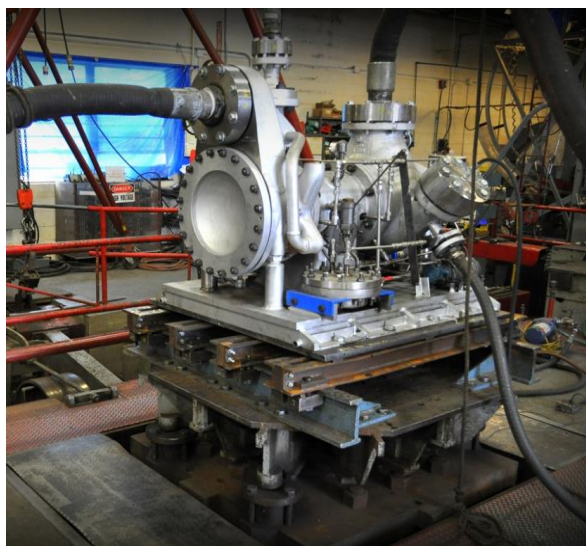
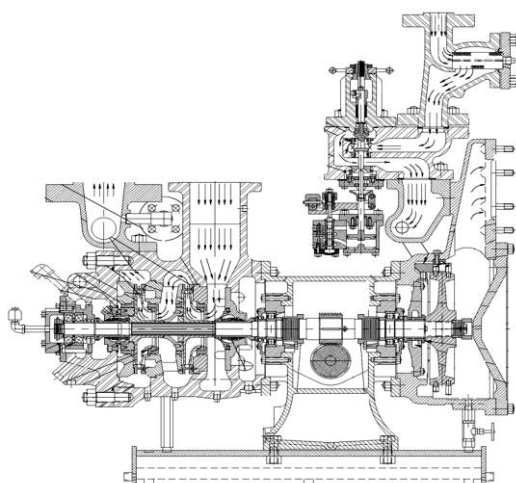


Εικόνα 34 : Εξαεριστική τροφοδοτική δεξαμενή με εξοπλισμό ελέγχου

Τροφοδοτική αντλία (Feed water pump)

Στροβιλοκίνητη η ηλεκτροκίνητη αντλία, που αναρροφά θερμό τροφοδοτικό νερό από την εξαεριστική δεξαμενή και το καταθλιβεί με ικανή πίεση στο λέβητα μέσω ενός η περισσοτέρων προθερμαντήρων σε σειρά. Για λόγους ασφάλειας υπάρχουν δυο στροβιλοκίνητες αντλίες τύπου Coffin και μια ηλεκτροκίνητη, στα περισσότερα σύγχρονα πλοία. Η τροφοδοτική αντλία τύπου Coffin αποτελείται από ένα μονοβάθμιο στρόβιλο, αξονικής ροής κατάλληλο για ατμό υψηλής θερμοκρασίας γύρω στους 500 °C και ταχύτητας 8500 rpm. Για αυτό η κατανάλωση ατμού είναι αισθητά χαμηλή, ενώ ταυτόχρονα όλο το συγκρότημα στροβίλου αντλίας αποτελεί μια ελαφριά μονάδα σε ενιαία βάση. Ο στρόβιλος και το στροφείο της αντλίας είναι σε κοινό συμπαγή άξονα και ο τροχός του στροφείου της αντλίας φέρει οπές ισορροπήσεως της υδραυλικής ώσεως. Η υψηλή ταχύτητα του νερού μετατρέπεται από τον τροχό σε πίεση μέσα στο διαχυτήρα με αποτέλεσμα η ταχύτητα του μέσα στο ελικόφραγμα να είναι σχετικά μικρή. Υπάρχει επίσης στην αντλία ένα ακροφύσιο βραχυκυκλώσεως στη σωλήνωση καταθλίψεως ώστε να επιτρέπει την απαιτούμενη επανακυκλοφορία σε περιπτώσεις χαμηλού φορτίου ή κρατήσεως της αντλίας. Οι κύριοι τρίβεις της αντλίας είναι τύπου κυλινδροτριβέων υψηλής φορτίσεως με

μέγιστη ακρίβεια σχεδιασμένοι για υψηλές ταχύτητες. Ο ωστικός τριβέας τύπου διπλού ένσφαιρου τριβέα τοποθετείται στο εξωτερικό άκρο του κελύφους της αντλίας η διάταξη αυτή επιτρέπει την αυτόματη ρύθμιση της αξονικής θέσεως όλων των κινητών μερών της αντλίας χωρίς τη χρήση προσηκών η άλλων ρυθμιστικών μέσων. Η λίπανση της αντλίας πραγματοποιείται με γραναζωτή αντλία που κινείται μέσω ατέρμονα απο τον κύριο άξονα, το δίκτυο λιπάνσεως είναι εφοδιασμένο με αυτόματη ρυθμιστική και ασφαλιστική βαλβίδα σταθερής πίεσεως του λαδιού ανεξάρτητα απο τη μεταβολή της ταχύτητας του φορτίου της μονάδας.

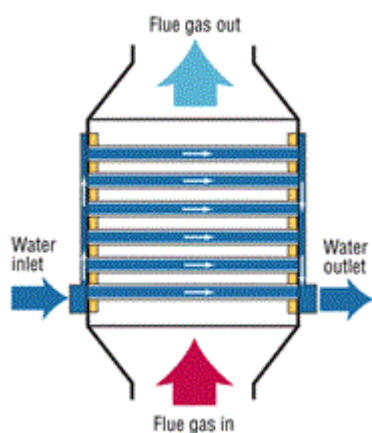


Εικόνα 35 : Τροφοδοτική αντλία Coffin

Προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού (Economizer)

Εναλλάκτης θερμότητας, με τον οποίο, καθώς διέρχεται το ήδη ζεστό τροφοδοτικό νερό απο τον εξαεριστή θερμαίνεται ακόμη περισσότερο, πρώτου καταθλιβεί στο λέβητα. Στο δίκτυο βέβαια πριν φτάσει στην εξαεριστική δεξαμενή το νερό προθερμαίνεται στον βραστήρα, και σε εναλλάκτη που χρησιμοποιεί απομάστευση του κύριου στροβίλου. Σε κάθε περίπτωση όμως το νερό πρώτου εισέλθει στο λέβητα, διέρχεται απο τους αυλούς του οικονομητήρα, οπού θερμαίνεται απο τα καυσαέρια του ιδίου του λέβητα στην τελική θερμοκρασία. Ο κύριος προθερμαντήρας νερού (economizer) αποτελείται απο ειδικά διαμορφωμένους αυλούς, οπού διέρχεται απο μέσα το τροφοδοτικό νερό, με ιδιαίτερο σχήμα και μεγαλύτερη επιφάνεια για να απάγουν όση περισσότερη θερμότητα μπορούν απο τα καυσαέρια του λέβητα. Απο την εξωτερική πλευρά των αυλών διέρχεται κάθετα και

ανεβαίνουν τα καυσαέρια του λέβητα για να βγουν από την τσιμινιέρα στην ατμόσφαιρα. Το νερό εισέρχεται στον οικονομητήρα 140 °C περίπου και εξέρχεται 270 °C υπάρχουν δυο λόγοι που καθιστούν τον οικονομητήρα ως μια αναντικατάστατη συσκευή του δικτύου και του λέβητα, ότι εκμεταλλευόμαστε την θερμική ενέργεια των καυσαερίων στο έπακρο και ότι το νερό φτάνει σε μια θερμοκρασία όπου δεν θα έχει μεγάλη διαφορά από τις θερμοκρασίες που επικρατούν στον αμμοδροθάλαμο ώστε να δημιουργηθούν μεγάλες καταπονήσεις στα μέταλλα λόγω διαφόρων θερμοκρασίας στα σημεία εισαγωγής του τροφοδοτικού νερού.



Εικόνα 36 : Προθερμαντήρας νερού εκμετάλλευσης καυσαερίων

Αντλία κυκλοφορίας θαλασσινού νερού (Main circulate water pump)

Αντλία στροβιλοκίνητη, αλλά συνηθέστερα ηλεκτροκίνητη αντλία παροχής θαλασσινού νερού, το οποίο χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο του κύριου ψυγείου. Υπάρχει διακλάδωση ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει με νερό και το ατμοσφαιρικό ψυγείο. Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις το σύστημα αποτελείται από τρεις αντλίες, κάθετες, φυγοκεντρικές με παροχή που φτάνει και τα 7500 m³/h ώστε να τροφοδοτείται επαρκώς το κύριο ψυγείο. Η αναρρόφηση γίνεται από αναρρόφηση που υπάρχει στο πλοίο, ξεχωριστά μόνο για τις αντλίες αυτές χωρίς φίλτρο ώστε να μην υπάρξει κάποιο πρόβλημα με την παροχή που είναι πολύ μεγάλη.

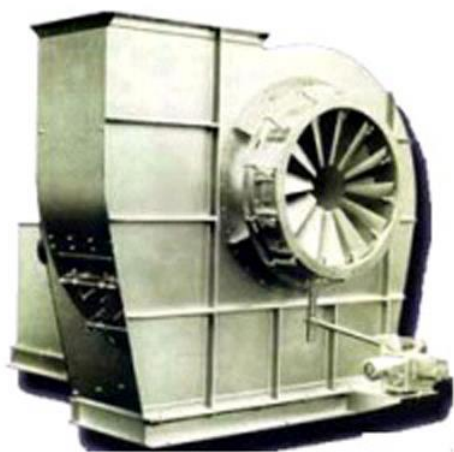
Ατμοσφαιρικό ψυγείο (Atmospheric condenser)

Το ατμοσφαιρικό ψυγείο είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος λειτουργεί στο πλοίο μόνο για τους αμμοστροβίλους που κινούν τις γεννήτριες και τα υπόλοιπα βοηθητικά μηχανήματα αλλά όχι για τον κύριο στρόβιλο. Η κατασκευή του είναι με οριζόντιους αυλούς όπου διέρχεται εσωτερικά η θάλασσα και εξωτερικά ο χώρος

συμπύκνωσης ο οποίος βρίσκεται υπο ατμοσφαιρική πίεση και γίνεται η μετατροπή των εξατμίσεων ατμού σε νερό για την ανατροφοδότηση του λέβητα. Η χρήση του είναι βοηθητική στην όλη εγκατάσταση όπως βλάβης του κύριου ψυγείου η σε περιπτώσεις συντήρησης του.

Ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού (Forced draft fan)

Ηλεκτροκίνητοι περιστροφικοί ανεμιστήρες για την εξασφάλιση της αναγκαίας κάθε φορά ποσότητας καυσιγόνου αέρα στους λέβητες υπο την κατάλληλη ένταση τεχνητού ελκυσμού. Υπάρχουν τρεις ανεμιστήρες ένας για κάθε λέβητα και ένας για ασφάλεια. Επειδή οι στρόφες των ηλεκτροκινητήρων παραμένουν σταθερές κατά την λειτουργία, η ρύθμιση της ποσότητας του αέρα γίνεται με επιστόμιο πτερυγίων (vanes) στην εισαγωγή του ανεμιστήρα ώστε να υπάρχει άμεση απόκριση της παροχής αέρα στα ανάλογα φορτία των λεβήτων.



Εικόνα 37 : Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας τεχνητού ελκυσμού

Προθερμαντήρας αέρα (Steam air heater)

Προθερμαντήρας αέρα (steam air heater) είναι εναλλάκτης θερμότητας, με τον οποίο ο καυσιγόνος αέρας προθερμαίνεται στην κατάλληλη θερμοκρασία. Είναι μια απλή συσκευή με αυλούς όπου διέρχεται εσωτερικά ως θερμαντικό μέσο ατμός χαμηλής πίεσης συνήθως απο μια απομάστευση του κύριου στροβίλου και εξωτερικά διέρχεται ο καυσιγόνος αέρας που παρέχεται απο τους ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού πρώτου εισέλθει στον λέβητα.



Εικόνα 38 : Προθερμαντήρας καυσιγόνου αέρα με ατμό

Αποστακτήρας (Fresh water generator)

Ένα από τα σημαντικότερα πράγματα σε μια εγκατάσταση αμοστροβίλου, είναι να επαρκεί και να διαθέτει την κατάλληλη ποιότητα το νερό των ατμολεβήτων. Ο αποστακτήρας ή βραστήρας είναι εγκατάσταση παραγωγής αποσταγμένου νερού για την αναπλήρωση απωλειών ή δημιουργία αποθέματος τροφοδοτικού νερού ή και ποσίμου. Οι αποστακτήρες των σύγχρονων στροβιλοκίνητων πλοίων ανήκουν στην κατηγορία αποτάξεως υπό κενό δυο ή περισσοτέρων φάσεων, αστραπιαίας εξατμίσεως ή βυθιζόμενου τύπου. Πιο συγκεκριμένα η εγκατάσταση στα περισσότερα σύγχρονα πλοία διαθέτει δυο αποστακτήρες με ολική παραγωγή 120 m³/day (σχεδόν τετραπλάσια από ένα πλοίο που δεν διαθέτει αμοστροβίλο πρόωσης). Ο ένας αποστακτήρας είναι όπως είπαμε τύπου αστραπιαίας εξατμίσεως υπό κενό, ο οποίος προθερμαίνει το νερό πριν μπει μέσα στο χώρο εξατμίσεως με την βοήθεια απομάστευση και αφυπέρθερμου ατμού από τους κύριους λέβητες, εφόσον το νερό έχει φτάσει σε θερμοκρασία 80-90 °C όσο είναι ακόμα στις σωληνώσεις με πίεση ανώτερη της ατμοσφαιρικής, από την αντλία τροφοδοσίας του αποστακτήρα είναι ακόμα σε γύρη μορφή, μόλις όμως εισέλθει στον χώρο εξατμίσεως όπου βρίσκεται υπό κενό, αστραπιαία (αστραπιαίας εξατμίσεως flash evaporator) μετατρέπεται σε αέρια μορφή και περνώντας από κάποια φίλτρα υπάρχει ψύξη ώστε να συμπυκνωθεί σε απεσταγμένο νερό το οποίο στέλνεται με μια αντλία προς τις δεξαμενές αποθήκευσης είτε ποσίμου είτε τροφοδοτικού νερού λεβήτων είτε γενικής χρήσης.



Εικόνα 39 : Αποστακτήρας

Αντλίες λαδιού λιπάνσεως (Lub oil pump)

Ηλεκτροκίνητες η εξαρτημένες αντλίες απο τον κύριο στρόβιλο, για την κατάθλιψη του λιπαντικού λαδιού σε τρίβεις μειωτήρες και ωστικό τριβέα. Στο δίκτυο λιπάνσεως παρεμβάλλονται φίλτρα λαδιού (κοινά και μεταλλικά) για τη διήθηση και τον καθαρισμό του.

Εναλλάκτες θερμότητας (Coolers)

Εναλλάκτες θερμότητας, όπου υποβιβάζεται η θερμοκρασία των ρευστών (λάδι, νερό) με αφαίρεση μέρους της θερμότητας και χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσον το θαλασσινό η γλυκό νερό. Στα σύγχρονα πλοία υπάρχει κεντρική ψύξη, δηλαδή το θαλασσινό νερό περνάει και παραλαμβάνει την θερμότητα του μέσου, που κυκλοφορεί σε ολο το πλοίο και είναι το γλυκό νερό, και έπειτα καταθλίβεται στη θάλασσα και πάλι.

Το ψυγεία είναι τύπου επιφανείας με επίπεδες ψυκτικές πλάκες. Το γλυκό νερό που έχει ψυχθεί που είναι ενα κλειστό σύστημα που ψύχει με την σειρά του όλα τα

βοηθητικά μηχανήματα (αεροσυμπιεστές ,ψυκτικές κτλ.) καθώς και τα ψυγεία λαδιού της κύριας μηχανής τα οποία είναι και αυτά τύπου επιφανείας με επίπεδες ψυκτικές πλάκες, όπου από την μια επιφάνεια διέρχεται το ψυκτικό μέσο (γλυκό νερό) και από την άλλη διέρχεται το λάδι λιπάνσεως το οποίο έχει αυξήσει την θερμοκρασία του κατά την λίπανση των εδράνων και όλων των κινούμενων μερών του κύριου στροβίλου.

Στροβιλογεννήτρια (Turbo Generator)

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τα σημαντικότερα θέματα σε μια εγκατάσταση ατμοστρόβιλου εφόσον το μεγαλύτερο ποσοστό των βοηθητικών μηχανημάτων κινούνται από ηλεκτροκινητήρες, όπως επίσης και τα μηχανήματα φόρτωσης εκφόρτωσης.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα σύγχρονα πλοία χρησιμοποιούνται στροβιλογεννήτριες οι οποίες καταναλώνουν υπέρθερμο ατμό (515 °C 60 bar) για να περιστραφεί ένας ατμοστρόβιλος δράσεως, μονής ροής, πολυβάθμιος και με την σειρά του μέσω διάταξης οδοντωτών τροχών (μειωτήρα) να κινήσει την γεννήτρια της διάταξης.

Ο στρόβιλος είναι εφοδιασμένος με ρυθμιστή στροφών ώστε να μπορεί, με μικρές αποκλίσεις, να κρατάει σταθερές τις στροφές. Επίσης διαθέτει δικό του ανεξάρτητο σύστημα λιπάνσεως με μια εξαρτημένη και μια ηλεκτροκίνητη αντλία, εναλλάκτη θερμότητας και σύστημα ελέγχου με λάδι το οποίο επενεργεί στο κεντρικό επιστόμιο ατμού σε περίπτωση εκτατής ανάγκης κράτησης του ατμοστρόβιλου.



Εικόνα 40 : Στροβιλοκίνητη γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Λέβητας παραγωγής χαμηλής πίεσης ατμού

Το σύστημα της στροβιλοκίνητης εγκατάστασης είναι εφοδιασμένο με ένα σύστημα παραγωγής ατμού χαμηλής πίεσεως (8 bar) για την παροχή ατμού σε βοηθητικά

μηχανήματα και προθερμάνσεις. Το σύστημα είναι πλήρως απομονωμένο από το κεντρικό δίκτυο ατμού των κυρίων λεβήτων ώστε να προληφθεί οποιαδήποτε μόλυνση από καύσιμα ή θαλασσινό νερό στο κύριο δίκτυο ατμού που θα μπορούσε να αποβεί μοιραία για τα κυρία μηχανήματα. Το σύστημα αποτελείται από ένα μικρό λέβητα με αυλούς όπου από μέσα διέρχεται ατμός απομάστευση του κύριου στροβίλου ή όταν δεν επαρκεί η απομάστευση στις χαμηλότερες στροφές τροφοδοτείται με αφυπέρθερο ατμό από τον κύριο λέβητα, αντλίες τροφοδοσίας του νερού, συμπυκνωτές και δεξαμενή γενικής χρήσης - απαέρωσης όπου καταλήγουν οι συμπυκνώσεις για να αναρροφηθούν από τις αντλίες τροφοδοσίας και να σταλούν προς ατμοποίηση και πάλι στον λέβητα.



Εικόνα 41 : Λέβητας παραγωγής ατμού χαμηλής πίεσης

Κεφάλαιο 5 : Σύστημα ελέγχου του ατμοστροβίλου

Σύστημα ελέγχου και συσκευές

Το κύριο σύστημα ελέγχου του στροβίλου σχεδιάστηκε για να διευκολύνει το χειρισμό στον αριθμό των στροφών του στροβίλου από τα φτερά της γέφυρας, τη γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου της μηχανής μέσω των τηλέγραφων που υπάρχουν στα παραπάνω μέρη, καθώς και από τον απευθείας έλεγχο στην πλευρά της μηχανής μέσα στο μηχανοστάσιο, για τον καλύτερο έλεγχο και την πηδαλιούχηση του πλοίου. Το σύστημα απαρτίζεται από κάποια βασικά μέρη που θα αναφερθούν για την καλύτερη κατανόηση του συστήματος

- 1) Κιβώτιο παροχής ατμού
- 2) Κύριος ατμοφράκτης χειρισμού
- 3) Σερβομηχανισμοί ελέγχου χειριστηρίων
- 4) Βαλβίδες ομάδων προφυσίων
- 5) Επιστόμια απομαστεύσεων.
- 6) Βαλβίδες υγρών

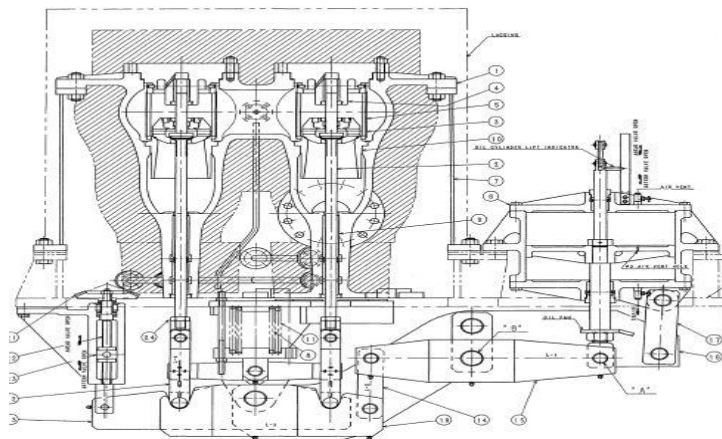
- 7) Επιστόμια παροχής ατμού στους στυπιοθλίπτες.
- 8) Ατμοπαγίδες
- 9) Μειωτήρες ατμού.
- 10) Ασφαλιστικά επιστόμια και βαλβίδες προειδοποίησης
- 11) Θλιβόμετρα.
- 12) Θερμομετρία
- 13) Στροφόμετρα.
- 14) Αυτοματοι ρυθμιστές στροφών υπερταχυνσεως κτλ.

Κιβώτιο παροχής ατμού

Αποτελεί διάταξη ελέγχου του ατμού που παρέχεται στο στρόβιλο και ρυθμίσεως της ισχύος που αποδίδει και αποσκοπεί στην καλύτερη εκμετάλλευση του ατμού και στην υψηλή απόδοση του στροβίλου.

Κύριος ατμοφράκτης χειρισμού

Είναι ένα επιστόμιο με το οποίο ρυθμίζεται η παροχή του ατμού με μεταβολή του ανοίγματος της βαλβίδας του. Όταν αυτό το άνοιγμα ελαττώνεται, τότε ο εξερχόμενος ατμός στραγγαλίζεται. Ο στραγγαλισμός όπως γνωρίζουμε ελαττώνει την πίεση του ατμού ενώ αφήνει σταθερή την ενθαλπία. Αυτό στα περισσότερα σύγχρονα πλοία αποτελείται από ένα επιστόμιο δυο δρόμων με έμβολα τα οποία είναι συνδεδεμένα έτσι ώστε το ένα να είναι κλειστό και το άλλο ανοιχτό αναλόγως την κίνηση που γίνεται. Από την μια ο ατμός διοχετεύεται στον αμοστρόβιλο για κίνηση πρόσω και στο άλλο για κίνηση ανάποδα. Η λειτουργία του είναι απλή και χρησιμοποιεί την υδραυλική πίεση από το δίκτυο λαδιού του κύριου στροβίλου για την ανύψωση του κάθε εμβόλου με την βοήθεια ρύθμισης η οποία γίνεται από σερβοκινητήρες που θα αναφερθούν αργότερα στην εξήγηση για την ρύθμιση των στροφών.

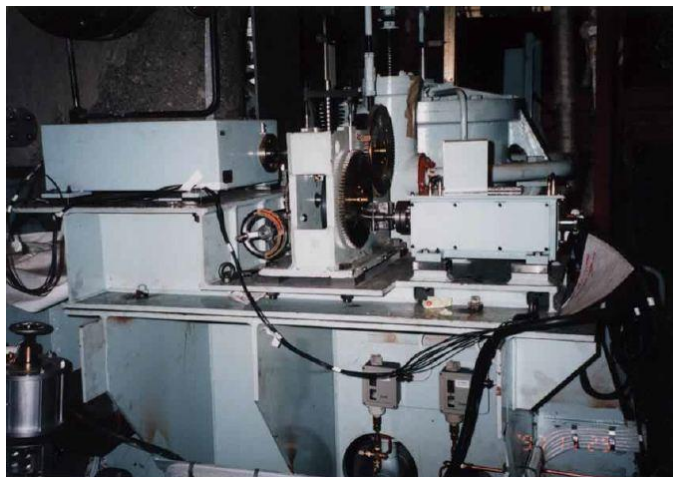


Εικόνα 42 : Σχέδιο κύριου επιστομίου χειρισμών και ελαιοδυναμικό έμβολο

Σερβομηχανισμοί ελέγχου χειριστηρίων.

Κάθε σερβοκινητήρας έχει μια βαλβίδα οδηγό και ένα χιτώνιο επανατροφοδότησης. Το χιτώνιο συνδέεται σε ένα μοχλό επανατροφοδοτήσεως. Τα εξαρτήματα αυτά είναι απαραίτητα για να επιτευχθεί κατάλληλη σχέση μεταξύ του αριθμού στροφών του

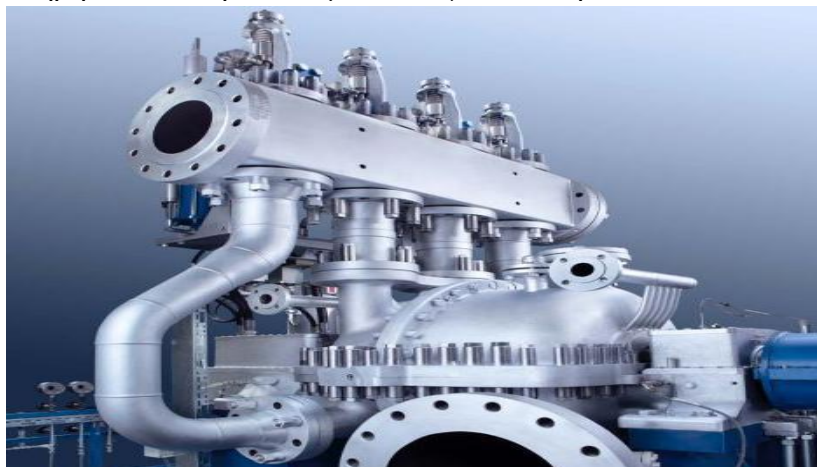
κινητήρα και της ροής ατμού. Όταν δοθεί στο μηχανισμό ρυθμίσεως στροφών σήμα να ανοίξει η βαλβίδα τότε ο κινητήρας ρυθμίσεως στροφών ανυψώνει τη βαλβίδα οδηγό με τη βοήθεια βελόνας και κνώδακα. Έτσι επιτρέπεται η ροή λαδιού προς τη μια επιφάνεια του εμβολοχιτωνίου του εμβόλου, το λάδι κινεί το έμβολο και το επιστόμιο ανοίγει. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και κατά το κλείσιμο καθώς και στο επιστόμιο του ανάποδα.



Εικόνα 43 : Σερβομηχανισμοί και αισθητήρες θέσεως της εγκατάστασης

Βαλβίδες καταμερισμού της παροχής στα κατά ομάδες προφύσια.

Κάθε ομάδα προφυσίων εκτός από την πρώτη, περιέχεται σε κιβώτιο στο οποίο εισέρχεται ατμός μόνο όταν το αντίστοιχο επιστόμιο είναι ανοικτό. Η πρώτη ομάδα προφυσίων τροφοδοτείται απευθείας από τον ατμοφράκτη. Με τη διάταξη αυτή μπορεί να ρυθμισθεί η παροχή ατμού με την πλήρη πίεση του με χρησιμοποίηση των απαιτούμενων μόνο προφυσίων για κάθε φορτίο. Έτσι αποφεύγεται το μειονέκτημα του στραγγαλισμού του ατμού και τα ακροφύσια που λειτουργούν εργάζονται με την πλήρη πίεση ατμού για την οποία είναι σχεδιασμένα.



Εικόνα 44 : Επιστομια καταμερισμού ατμού στις προφύσια

Επιστόμια απομαστεύσεων.

Είναι κοινά επιστόμια πνευματικά προσαρμοσμένα στο κέλυφος τα οποία ανάλογα τις στροφές του αμοστρόβιλου, άρα και την ροή – ποσότητα ατμού, ανοίγουν η κλείνουν αναλόγως τις ρυθμίσεις του κατασκευαστή. Παραλαμβάνουν ατμό από ενδιάμεσες βαθμίδες του στρόβιλου και τον οδηγούν σε αντίστοιχους εναλλάκτες προθερμάνσεως η άλλες βοηθητικές χρήσεις. Η διαδικασία απομαστεύσεων και το θερμοδυναμική κέρδος που προκύπτει από αυτήν αναπτύχθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 45 : Πνευματικό επιστόμιο ελεγχόμενο εκ απόστασως

Βαλβίδες υγρών

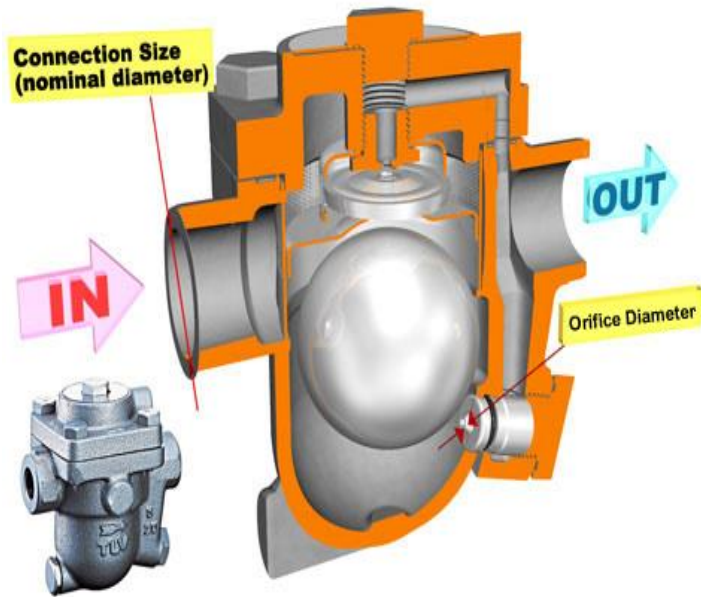
Είναι πνευματικά κοινά επιστόμια τα οποία όταν ο αμοστρόβιλος είναι σταματημένος, μόνο με προθέρμανση η σε χαμηλές στροφές είναι ανοιχτά ώστε να υπάρχει η ροή των υγρών που δημιουργούνται σε αυτές τις περιπτώσεις.

Επιστόμιο παροχής ατμού στις συσκευές στεγανότητας (λαβύρινθους)

Αυτό παρέχει ατμό στις συσκευές στεγανότητας που έχουν αναφερθεί. Ο ατμός παρέχεται αφού πρώτα διέλθει από μειωτήρα πίεσεως.

Ατμοπαγίδες

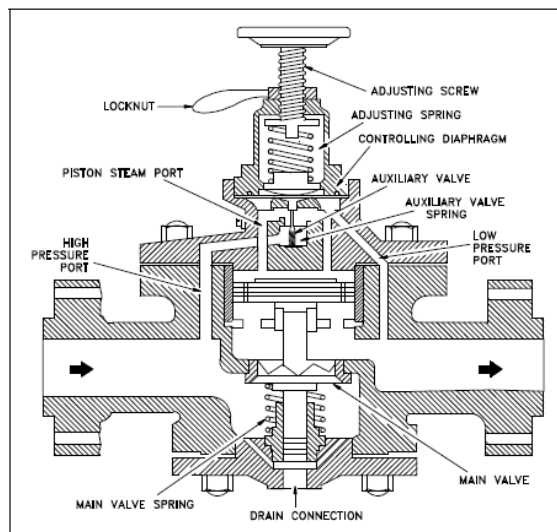
Είναι όργανα που τοποθετούνται στο δίκτυο των υγρών και αποσκοπούν στο να επιτρέπουν τη ροή του υγροποιημένου μόνο ατμού προς αυτό.



Εικόνα 46 : Ατμοπαγίδα

Μειωτήρες ατμού

Είναι εξαρτήματα με τα οποία μειώνεται η πίεση του ατμού που παράγει ο λέβητας, ώστε να παρέχεται για την λειτουργία βοηθητικών μηχανημάτων η και για άλλες βοηθητικές χρήσεις. Η λειτουργία τους βασίζεται στη μείωση της πίεσεως με στραγγαλισμό του ατμού μέσω βαλβίδας με αυτόματα ρυθμιζόμενο άνοιγμα, ώστε ο εξερχόμενος ατμός να έχει την επιθυμητή πίεση. Αν ο ατμός, που παρέχεται στους μειωτήρες έχει πίεση ίση η μικρότερη από όση ρυθμίζει ο μειωτήρας, τότε αυτός παραμένει ανοικτός επιτρέποντας τη διέλευση ατμού.



Εικόνα 47 : Μειωτήρας ατμού

Ασφαλιστικά επιστόμια και οι βαλβίδες προειδοποίησης

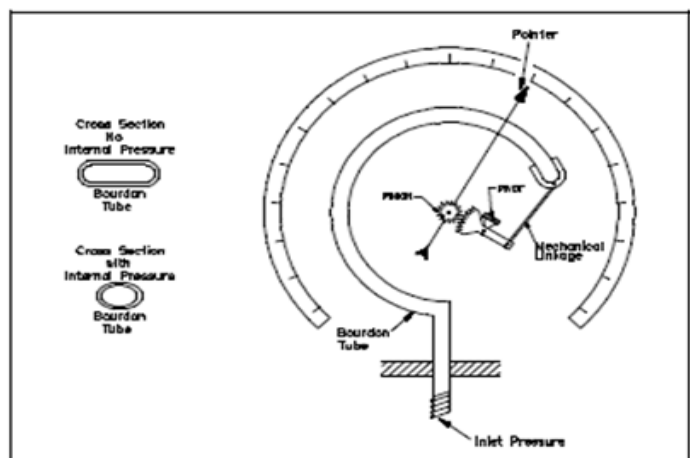
Τα ασφαλιστικά επιστόμια χρησιμεύουν για να ανοίγουν σε περιπτώσεις που η πίεση ατμού υπερβεί κάποιο από τα επιτρεπτά ανωτέρα όρια που προκαθορίζονται. Τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις του κελύφους του ατμοστροβίλου. Κατά κανόνα αποτελούνται από βαλβίδες φορτιζόμενες με ελατήριο ρυθμιζόμενης εντάσεως. Όταν η πίεση που ασκείται από την κάτω όψη της βαλβίδας του ρευστού υψωθεί τόσο, ώστε πολλαπλασιαζόμενη επί την ενεργή επιφάνεια της βαλβίδας, να παράγει δύναμη ίση ή μεγαλύτερη από τη δύναμη του ελατηρίου τότε η βαλβίδα ανοίγει και επιτρέπει την διέλευση ατμού προς το περιβάλλον.



Εικόνα 48: Ασφαλιστικό επιστόμιο

Θλιβόμετρα

Χρησιμεύουν για την παρακολούθηση των πιέσεων ατμού, λαδιού κτλ. Και προσαρμόζονται στις κατάλληλες θέσεις του κελύφους ή του δικτύου λιπάνσεως.



Εικόνα 49: Θλιβόμετρο υψηλής πίεσης και αρχή λειτουργίας σωλήνα Bourdon

Θερμόμετρα

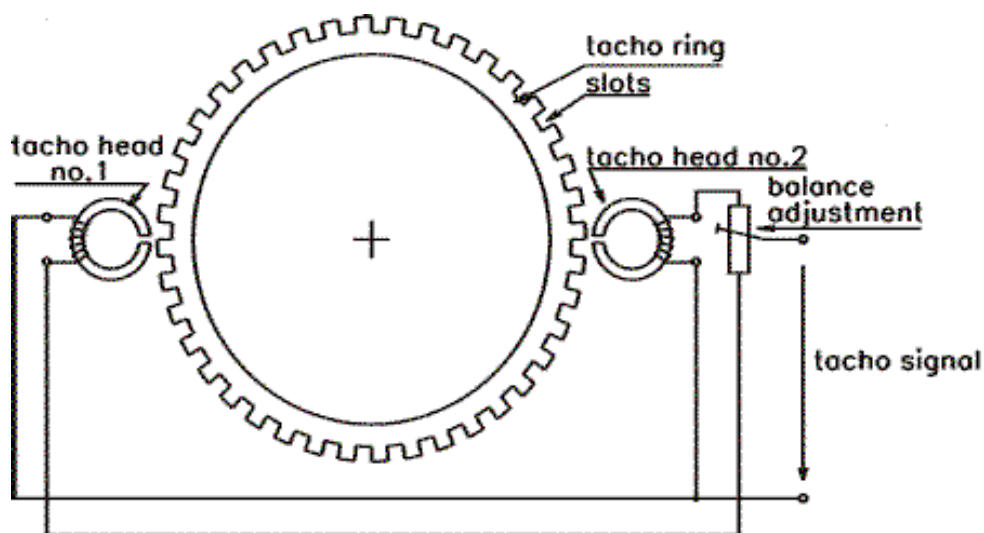
Με αυτά παρακολουθούμε τις θερμοκρασίες ατμού, λαδιού κτλ. Τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις μέσα σε ειδικές υποδοχές. Τα θερμόμετρα ελέγχου θερμοκρασίας του λαδιού συνήθως τοποθετούνται στην έξοδο του λαδιού από τον τριβέα, όπου τοποθετείται και γυάλινος ελαιοδείκτης για τον οπτικό έλεγχο της ροής του λαδιού.



Εικόνα 50 : Θερμόμετρο τοπικού ελέγχου

Στροφόμετρα

Δείχνουν με πόσες στροφές στο λεπτό περιστρέφεται ο άξονας του στροβίλου ή ο ελικοφόρος άξονας. Αυτά είναι κυρίως ηλεκτρικά όργανα. Φέρουν μικρή γεννήτρια, που κινείται από τον άξονα και ένα βολτόμετρο. Η τάση που αναπτύσσει η γεννήτρια είναι ανάλογη με τον αριθμό στροφών της ανα λεπτό και διαβάζεται στο βολτόμετρο το οποίο είναι βαθμολογημένο σε στροφές ανα λεπτό και όχι σε βολτ.



Εικόνα 51 : Κύκλωμα ταχογεννήτριας

Έλεγχος στροφών του κύριου στροβίλου

Ο αυτόματος ρυθμιστής στροφών είναι ένας μηχανισμός με τον οποίο ελέγχεται η παροχή ατμού στο στρόβιλο, ώστε αυτός να στρέφει με σταθερό αριθμό στροφών για οποιοδήποτε φορτίο. Στους κυρίους στροβίλους προώσεως ο αυτόματος ρυθμιστής εντάσσεται στο όλο σύστημα αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας εγκατάστασης. Στους στροβίλους γεννητριών είναι απαραίτητος ο ρυθμιστής στροφών για να διατηρείται η συχνότητα και η τάση του ρεύματος σταθερή ανεξάρτητα από το φορτίο. Όλοι όμως οι στρόβιλοι διαθέτουν ένα μηχανισμό που καλείται αυτόματος διακόπτης υπερταχύνσεως. Ο μηχανισμός αυτός διακόπτει αυτόματα την εισαγωγή ατμού και σταματά το στρόβιλο, όταν οι στροφές για οποιοδήποτε λόγο υπερβούν ορισμένο όριο, ώστε να μην δημιουργηθεί κάποια βλάβη στο στρόβιλο.

Οι μονάδες για την ρύθμιση των στροφών αποτελούνται από τα εξής μέρη

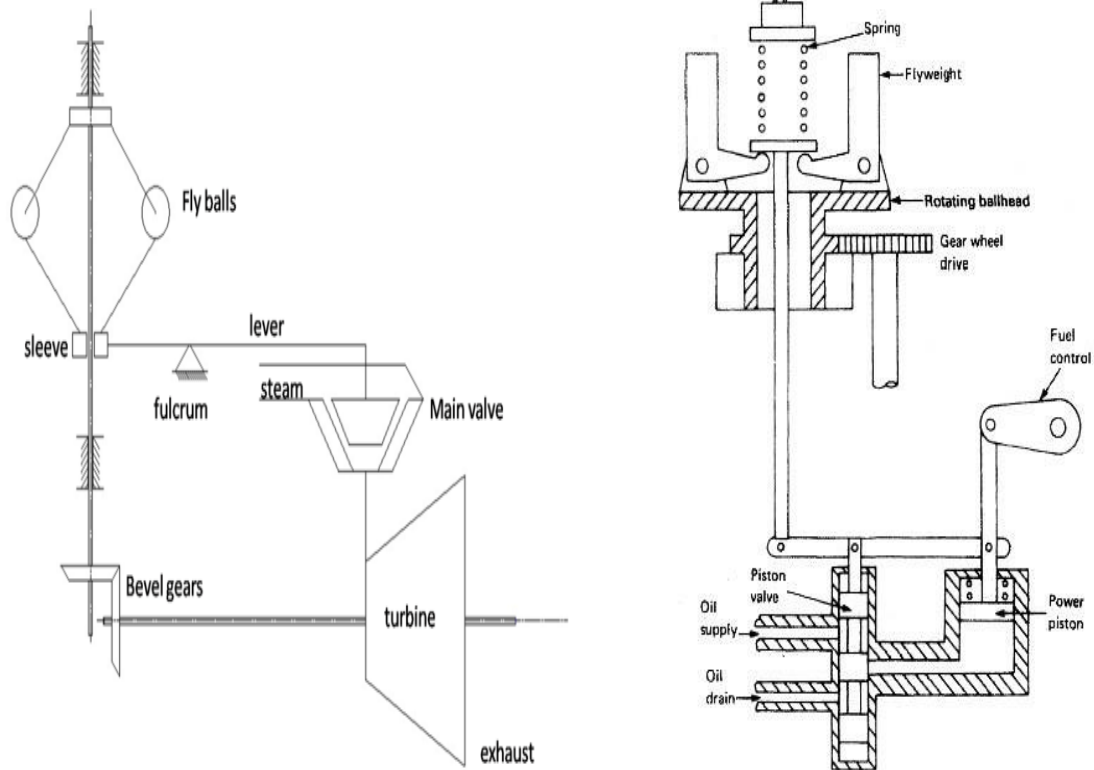
- 1) Τον κυρίως ρυθμιστή, που κινείται από τον άξονα της μηχανής
- 2) Το μηχανισμό με τον οποίο ο ρυθμιστής επιδρά στη βαλβίδα εισαγωγής ατμού
- 3) Τη βαλβίδα εισαγωγής του ατμού

Σε όλους τους στροβίλους πάντως, πριν από τον ρυθμιστή υπάρχει ένας χειροκίνητος ατμοφράκτης από τον οποίο πρώτα θα περάσει ο ατμός. Κατόπιν θα περάσει από τη βαλβίδα του ρυθμιστή και τελικά θα μπει στο στρόβιλο.

Οι ρυθμιστές στροφών των στροβίλων διακρίνονται σε δυο κατηγορίες

- 1) Άμεσης μετάδοσης ή μηχανικοί που ενεργούν απευθείας στη βαλβίδα του ατμοφράκτη του στροβίλου μεταβάλλοντας το άνοιγμα της.
- 2) Έμμεσης μετάδοσης ή ελαιοδυναμικοί που ενεργούν στις βαλβίδες των ομάδων προφυσίων μέσω ενός υδραυλικού συστήματος με κύλινδρο ελαιοδυναμικής λειτουργίας

Και οι δυο κατηγορίες βασίζονται στη φυγόκεντρη δύναμη, που επενεργεί σε δυο αντίβαρα του ρυθμιστή που περιστρέφονται από το στρόβιλο και τα αναγκάζει να απομακρύνονται ή να πλησιάζουν μεταξύ τους. Η κίνηση των αντίβαρων αυτών στους ρυθμιστές άμεσης μετάδοσης μεταδίδεται με μοχλούς στη βαλβίδα του ατμοφράκτη, ενώ στους ρυθμιστές έμμεσης μετάδοσης ενεργοποιεί ένα υπηρετικό ελαιοκύλινδρο, που επιδρά μέσω ενός διανομέα στη βαλβίδα του ατμοφράκτη ή στις βαλβίδες των προφυσίων.



Εικόνα 52 : Ρυθμιστής άμεσης μεταδόσεως και δεξιά Ρυθμιστής έμμεσης μετάδοσης και η δίοδος του λαδιού που επηρεάζει το έμβολο ενεργείας

Εκτός από τα παραπάνω συστήματα θα εξετάσουμε και ένα σύστημα χωρίς μηχανικοί ρυθμιστή στροφών ο οποίος χρησιμοποιείται σε πολλά σύγχρονα πλοία με πρόωση ατμοστροβίλου. Το σύστημα ρύθμισης στροφών αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη :

- 1) Δυο ηλεκτρονικούς ελεγκτές στροφών στον άξονα της προπέλας οι οποίοι παράγουν μια τάση και αυτό μετατρέπεται σε στροφές ανα λεπτό
- 2) Δυο ελεγκτές αναγνώρισης της θέσης του κύριου ατμοφράκτη χειρισμών
- 3) Το δίκτυο λαδιού της κύριας μηχανής
- 4) Κύριος ατμοφράκτης χειρισμών ο οποίος διαθέτει έμβολα οπού με την κατάλληλη τροφοδότηση λαδιού από συγκεκριμένες διόδους, ανοίγει πρόσω η ανάποδα σε κατάλληλη θέση ανάλογα την ποσότητα ατμού που χρειάζεται εκείνη την στιγμή ο στρόβιλος
- 5) Σερβοκινητήρας επενεργητής οπού η μετατόπιση συγκεκριμένων εξαρτημάτων δημιουργεί τις κατάλληλες διόδους για το λάδι ώστε να επενεργήσουν στα έμβολα του κύριου ατμοφράκτη
- 6) Μικρό - υπολογιστής

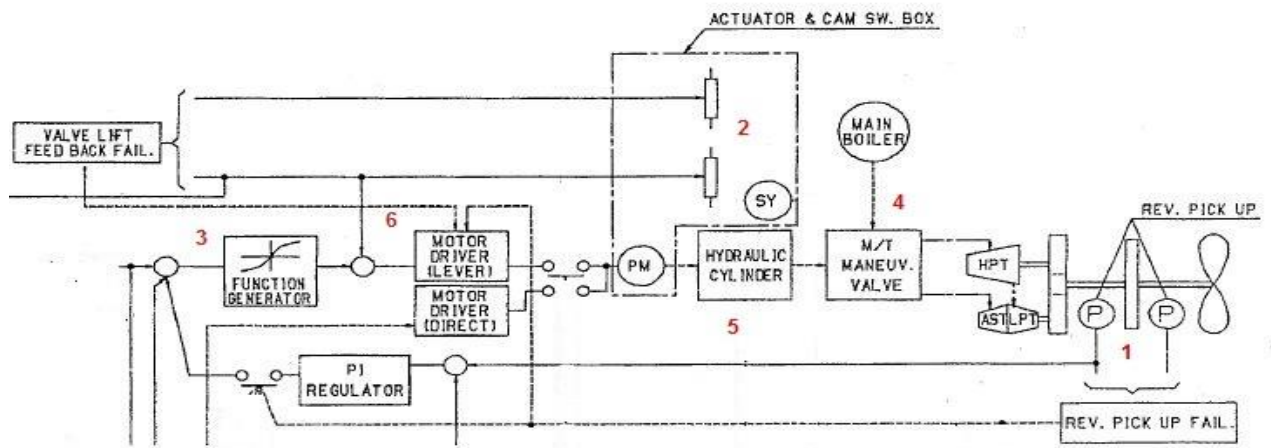
Σε αυτό το σύστημα υπάρχουν δυο είδη ελέγχου για τον έλεγχο της ταχύτητας του πλοίου.

Έλεγχος με ανάδραση στροφών ανα λεπτό

Το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου είναι εφοδιασμένο με δυο αισθητήρες ταχύτητας, το σήμα του ενός χρησιμοποιείται για ανάδραση στο σύστημα όταν έχουμε διαλέξει αυτή τη λειτουργία, η οποία είναι καταλληλότερη όταν είμαστε σε κατάσταση ελιγμών. Όταν το χειριστήριο δίνει εντολή για συγκεκριμένες στροφές τότε ο μικροϋπολογιστής επεξεργάζεται αυτό το σήμα και με τη βοήθεια του σερβοκινητήρα διοχετεύει την κατάλληλη ποσότητα και πίεση λαδιού, ώστε να ανοίξει περισσότερο τον ατμοφράκτη χειρισμών. Η ποσότητα ατμού που περνάει πλέον στο στρόβιλο είναι μεγαλύτερη αρα η ισχύς και οι στροφές αν θεωρήσουμε σταθερές τις εξωτερικές συνθήκες θα ανέβουν. Αφού ο αισθητήρας στροφών θα δει την αύξηση θα στείλει διαφορετικό σήμα στον μικροϋπολογιστή οπού με τη σειρά του θα επενεργήσει με την βοήθεια του σερβοκινητήρα στον ατμοφράκτη για την περεταιίρω αύξηση του ατμού. Όταν οι στροφές φτάσουν στο επιθυμητό σημείο που έχουμε επιλέξει με το χειριστήριο τότε το σήμα που θα λάβει ο μικροϋπολογιστής θα μεταφραστεί και θα σταλεί στον σερβοκινητήρα ώστε να σταθεροποιήσει την ποσότητα ατμού για να σταθεροποιηθούν και οι στροφές στο σημείο που τις ορίσαμε. Με αυτό το σύστημα έχουμε πάρα πολύ καλό έλεγχο των στροφών και η μηχανή έχει άμεση απόκριση ακόμα και στις μικρές αλλαγές των στροφών.

Ο έλεγχος μπορεί να γίνει και με ένα δεύτερο σύστημα όπως αναφέρθηκε πιο πάνω το οποίο είναι έλεγχος με ανάδραση θέσεως του κύριου ατμοφράκτη χειρισμών.

Κατά τον έλεγχο με ανάδραση της θέσεως του ατμοφράκτη χειρισμών, όταν δοθεί η εντολή για την αύξηση στροφών από τα χειριστήρια, τότε αναλόγως τις στροφές που δηλώσαμε ο μικροϋπολογιστής πάλι με την βοήθεια του σερβοκινητήρα θα ανοίξει τον ατμοφράκτη όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, μόνο που με την διαφορά ότι τώρα η ανάδραση θα έρθει από την θέση του ατμοφράκτη και όχι από τις στροφές. Στο σύστημα είναι υπολογισμένο από τον κατασκευαστή για τις φυσιολογικές συνθήκες ταξιδιού ενός πλοίου για κάποιες στροφές που δηλώνουμε εμείς, το ποσό πρέπει να ανοίξει ο ατμοφράκτης και έτσι ελέγχοντας συνέχεια τη θέση αναλόγως τις στροφές που θέλουμε θα αφήνει περισσότερο η λιγότερο ατμό να περνάει στον ατμοστρόβιλο. Αυτός ο τρόπος ελέγχου επιλέγεται ως συνήθως εν πλω που δεν επιζητούμε μεγάλη ακρίβεια στις στροφές διότι προσφέρει ικανοποιητική προσέγγιση αλλά όχι όπως η ανάδραση των στροφών.



Εικόνα 53 : 1) Αισθητήρες στροφών 2) Αισθητήρες ανύψωσης ατμοφράκτη χειρισμών 3) Μικρουπολογιστής 4) Ατμοφράκτης χειρισμών και παροχή ατμου απο το λέβητα 5) Υδραυλικός κύλινδρος για το ανοιγμα του ατμοφράκτη 6) Σερβοκινητήρες

Έλεγχος για κίνηση πρόσω - ανάποδα.

Ακόμα ένα βασικό μέρος του ελέγχου του ατμοστρόβιλου είναι η λειτουργία πρόσω - ανάποδα. Εδώ ο έλεγχος γίνεται με ένα απλο σύστημα αφού το μόνο διαφορετικό στη λειτουργία είναι ότι ο μικροϋπολογιστής με την βοήθεια του σερβοκινητήρας ανοίγει τον κύριο ατμοφράκτη χειρισμών στη θέση ανάποδα και κλείνει την πρόσω. Έτσι ατμός από σωλήνωση, διοχετεύεται στον στρόβιλο ανάποδα ο οποίος είναι στο τέλος του στρόβιλου χαμηλής πίεσης και έτσι με την διαφορετική διεύθυνσης του ατμού επιτυγχάνεται η αναπόδηση της προπέλας. Κατά την κίνηση ανάποδα ανοίγει και ένα αυτόματο επιστόμιο μετά τον κύριο ατμοφράκτη το οποίο είναι για προστασία και δεν ανοίγει παρά μόνο στην εντολή ανάποδα και σε καμία άλλη περίπτωση, ώστε αν υπάρχει μια διαρροή από τον ατμοφράκτη προς το ανάποδα ενώ ο στρόβιλος λειτουργεί στο πρόσω να μην περάσει και δημιουργηθούν αντίθετες δυνάμεις με καταστρεπτικά αποτελέσματα.

Αυτόματοι διακοπές υπερταχύνσεως (Overspeed trip)

Όπως είναι γνωστό όλα τα μηχανήματα που περιστρέφονται έχουν κάποια όρια στην ταχύτητα περιστροφής από τον κατασκευαστή τους, ως προς την αντοχή των υλικών τους έτσι και ο ατμοστρόβιλος δεν πρέπει να ξεπερνάει αυτά τα όρια και γι' αυτό υπάρχει ο ρυθμιστής στροφών που αναφέρθηκε πιο πάνω. Επειδή όμως είναι θέμα ασφάλειας οι κατασκευαστές εγκατέστησαν στο στρόβιλο ένας διακοπή υπερταχύνσεως για την προφύλαξη απο μεγάλης εκτάσεως ζημίες στο μηχανήμα καθώς και στο προσωπικό που εργάζεται εκεί. Έτσι λοιπόν ο διακόπτης υπερταχύνσεως είναι αυτός ο οποίος όταν ο ατμοστρόβιλος ξεπεράσει ένα όριο στροφών, τότε θα επέμβει στο επιστόμιο παροχής ατμού και θα το κλείσει ώστε να

πέσουν και οι στροφές του στροβίλου.



Εικόνα 54 : Εκτεταμένες ζημιές σε εγκατάσταση ατμοστροβίλου μετά απο υπερτάχυση

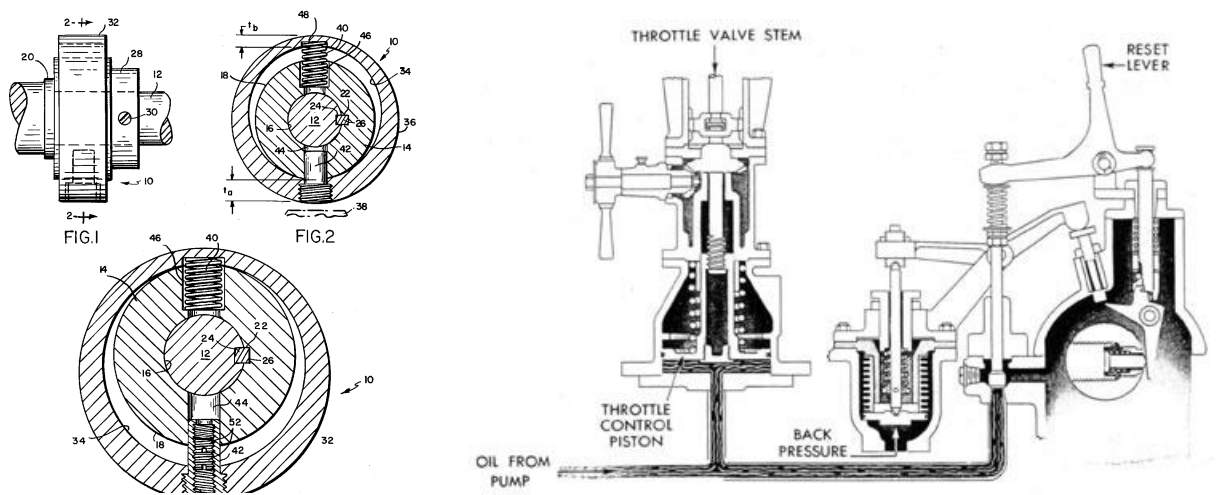
Οι αυτόματοι διακόπτες διακρίνονται σε μηχανικούς και ελαιοδυναμικούς :

α) Οι μηχανικοί διακόπτες διακρίνονται σε δυο συνήθεις τύπους εκκεντρικού δακτυλίου και ολισθαίνοντα πείρου

β) Οι ελαιοδυναμικοί διακόπτες υπερταχύνσεως οι οποίοι λειτουργούν με τους ίδιους τρόπους μόνο που επενεργούν πάνω στις βαλβίδες με την βοήθεια της υδραυλικής πίεσης του λαδιού και όχι με μηχανικό τρόπο

Οι μηχανικοί διακόπτες είναι για μικρότερους ατμοστροβίλους ενώ αυτοί που χρησιμοποιούνται ως συνήθως είναι οι ελαιοδυναμικοί και συνεργάζονται με το δίκτυο του λαδιού και το επιστόμιο χειρισμών. Ο διακόπτης υπερταχύνσεως αποτελείται από κάποια βασικά μέρη όπως δυο δακτύλιοι με διαφορετικές μάζες, ένα ελατήριο και ένα διακοπή που αν κινηθεί θα επηρεάσει την δίοδο του λαδιού και έτσι η πίεση θα πέσει στο δίκτυο και ο κύριος ατμοφράκτης χειρισμών θα κλείσει. Πάνω στον άξονα του στροβίλου υπάρχει ο δακτύλιος ο οποίος εσωτερικά έχει παράκεντρη τρύπα, ώστε προς το ένα άκρο του να έχει πολλή μάζα και προς το άλλο λίγη. Η εξωτερική όμως περιφέρεια του δακτυλίου, όταν ο άξονας περιστρέφεται μέχρι ορισμένες στροφές, ρυθμίζεται με την βοήθεια του ελατήριου ώστε να είναι ομόκεντρος με τον άξονα. Όταν οι στροφές του άξονα υπερβούν το 115% περίπου, τότε η φυγόκεντρη δύναμη υπερνικά την ένταση του ελατήριου, οπότε η μάζα απομακρύνεται από τον άξονα και σπρώχνει προς τα έξω το δακτύλιο. Έτσι επειδή ο διακόπτης είναι σε σταθερή θέση, πιέζεται και με την σειρά τους επενεργεί στο δίκτυο λαδιού κλείνοντας μια δίοδο και έτσι καθώς θα πέφτει η πίεση θα κλείνει και ο ατμοφράκτης. Στον διακοπή υπερταχύνσεως ολισθαίνοντα πείρου επικρατεί η ίδια λογική, μόνο που στα εξαρτήματα υπάρχει μόνο ένας δακτύλιος με ένα πείρο συγκρατημένο από ένα ελατήριο μέσα στο εσωτερικό του. Όταν η φυγόκεντρος δύναμη υπερβεί του ελατήριου θα αρχίσει να εξέρχεται από το τον δακτύλιο, άρα θα δημιουργηθεί μια προεξοχή οπού θα μετακινήσει και πάλι τον διακοπή που

αναφέρθηκε πιο πάνω.



Εικόνα 55 : Δίσκος εκκεντρικού δακτυλίου και γενική λειτουργία

Επίλογος - Συμπεράσματα

Το θέμα που αναλύθηκε στην παραπάνω πτυχιακή εργασία είχε σκοπό δείξει την γενική εικόνα μιας εγκατάστασης ατμοστροβίλου, είτε σε πλοίο είτε στη στεριά ώστε αναλυθούν τα μηχανήματα που την απαρτίζουν, γι' αυτό και δεν στάθηκε σε κάτι συγκεκριμένο που θα χρειαζόταν αρκετή ανάλυση. Τα συμπεράσματα αυτής της εργασίας είναι ότι η εγκατάσταση αν και φαίνεται απλή στη βασική λειτουργία της, απαρτίζεται από πολλά βοηθητικά μηχανήματα και όσο μεγαλύτερης ισχύος είναι τότε υπάρχουν αρκετά δίκτυα και υποσυστήματα ώστε να δουλέψει με ασφάλεια και με μεγάλο βαθμό απόδοσης. Στα πλοία η επιστροφή της εγκατάστασης όπως αναφέρθηκε έγινε για τα πλοία LNG αν και πλέον όλες οι παραγγελίες γίνονται για πλοία με ηλεκτροπρόωση για λόγους οικονομίας καυσίμου και τεχνογνωσίας του προσωπικού που εργάζεται. Στη στεριά οι μεγάλες εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων υπερισχύουν λόγω της εύκολης συνεργασίας με αεριοστροβίλους και την άμεση εναλλαγή καυσίμου που μπορεί να γίνει στους λέβητες καθώς και στις πυρηνικές εφαρμογές που είναι η μοναδική λύση για εκμετάλλευση της ενέργειας μέσω του ατμού. Τα μηχανήματα, που εξηγήθηκε η λειτουργία τους είναι τα πλέον διαδεδομένα στα σημερινά πλοία και γι' αυτό επιλέχθηκαν προς ανάλυση. Συνοψίζοντας, τα θετικά της εγκατάστασης είναι η αξιοπιστία αφού η εγκατάσταση με μια τυπική συντήρηση στα βασικά μέρη της έχει ελάχιστα προβλήματα, η υποδύναμη με μικρό μέγεθος διότι ο λέβητας έτσι και αλλιώς είναι αναπόσπαστο μηχανήμα ενός πλοίου έστω και σε μικρότερο μέγεθος και τα λιγιστά εξαρτήματα που χρειάζονται αλλαγή αλλά αντισταθμίζονται με το μεγάλο μειονέκτημα της εγκατάστασης που ειδικότερα στις υποδυνάμεις που χρειαζόμαστε στα πλοία έχουν μεγάλη κατανάλωση και χρειάζονται πιο εξειδικευμένες γνώσεις αν αναλογιστούμε ότι οι περισσότεροι μηχανικοί εμπορικού ναυτικού ταξιδεύουν σε πλοία με μηχανές εσωτερικής καύσεως. Έτσι όπως φαίνεται στο μέλλον οι εγκαταστάσεις θα περάσουν στην ιστορία μέχρι ίσως την στιγμή που να υπάρχει αρκετή τεχνογνωσία στην πυρηνική ενέργεια ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια σε οποιοδήποτε τύπο πλοίου.

Βιβλιογραφία

Βιβλία

ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ Δανιήλ Γ.-Μιμηκόπουλος Κ. 1982

ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΕΣ Δανιήλ Γ.-Μιμηκόπουλος Κ. 1983

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ Δανιήλ Γ.-Μιμηκόπουλος Κ. 1974

Internet

<http://www.marineinsight.com>

<https://www.mhi-global.com/>

<http://global.kawasaki.com/en/index.html>

Εγχειρίδια κατασκευαστή

Maran Gas machinery operating manual

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	4
Abstract	5
Πρόλογος	6
Κεφαλαίο 1 : Βασική λειτουργία ατμοστροβίλων	7
Ιστορική αναδρομή	7
Βασικά μέρη και αρχές λειτουργίας εγκατάστασης ατμοστροβίλου	8
Λέβητας	9
Στρόβιλος	9
Κύριο ψυγείο	9
Τροφοδοτική αντλία	9
Κεφαλαίο 2 : Βασικά Δίκτυα Εγκατάστασης Ατμού	10
Δίκτυο Ατμού	10
Δίκτυο συμπυκνώματος	11
Τροφοδοτικό νερό	12
Δίκτυο ψύξης	12
Δίκτυο καυσίμων	13
Δίκτυο λίπανσης	14
Δίκτυο αέρα	14
Δίκτυο απομαστεύσεων	15
Κεφαλαίο 3 : Κυρία μηχανήματα πρόωσης ατμοστροβίλου	16
3.1 Ατμοστρόβιλος	16
Ιστορική αναδρομή	16
Ισχύεις, βασικά εξαρτήματα	17
Βασική λειτουργία	17
Είδη στροβίλων	18
Σύγχρονοι Ατμοστρόβιλοι σε στροβιλοκίνητες εγκαταστάσεις	20

Περιγραφή.....	20
Ο στρόβιλος.....	20
Πλαίσιο (Casing).....	21
Συσκευές στεγανότητας (Gland Packings)	22
Ρότορες και πτερύγια στροβίλου (Turbine Rotors and Blades).....	23
Τρίβεις (Bearings)	24
Ωστικοί τριβείς (Thrust Bearings).....	24
Σύστημα σωληνώσεων (Main extraction piping system)	25
Υγροποιήσεις στροβίλου.....	26
Επιστόμιο ελέγχου ακροφυσίων	26
Μειωτήρας στροφών (Reduction gear)	27
Εξαρτημένη αντλία λαδιού	28
3.2 Λέβητας.....	28
Εισαγωγή στους ναυτικούς ατμολέβητες.....	28
Ιστορικά.....	29
Τύποι Ναυτικών ατμολεβήτων.....	31
Κύριες λειτουργίες	32
Περιγραφή λέβητα τυπου D	32
Περιγραφή βασικής λειτουργίας	33
Βασικά εξαρτήματα λέβητα	34
Εξωτερική κατασκευή και μόνωση.....	35
Υπερθερμαντήρας	35
Αφυπερθερμαντήρας ελέγχου	36
Αφυπερθερμαντήρας παραγωγής ατμού	36
Οικονομητήρας	37
Προθερμαντήρας καυσιγόνου αέρα	37
Καυστήρες διπλού καυσίμου (Oil & Lng Burner).....	38

Εκκαπνιστήρες ατμού (Sootblowers).....	38
Κεφαλαίο 4 : Βοηθητικά μηχανήματα.....	39
Κύριο Ψυγείο (Main Condenser)	39
Αντλία συμπυκνώματος (Condensate pump).....	40
Αντλίες κενού (Vaccum pump).....	40
Εξαεριστική τροφοδοτική δεξαμενή (Dearator feed tank).....	41
Τροφοδοτική αντλία (Feed water pump)	42
Προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού (Economizer)	43
Αντλία κυκλοφορίας θαλασσινού νερού (Main circulate water pump).....	44
Ατμοσφαιρικό ψυγείο (Atmospheric condenser).....	44
Ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού (Forced draft fan)	45
Προθερμαντήρας αέρα (Steam air heater)	45
Αποστακτήρας (Fresh water generator)	46
Αντλίες λαδιού λιπάνσεως (Lub oil pump).....	47
Εναλλάκτες θερμότητας (Coolers).....	47
Στροβιλογεννήτρια (Turbo Generator)	48
Λέβητας παραγωγής χαμηλής πίεσης ατμού.....	48
Κεφαλαίο 5 : Σύστημα ελέγχου του αμοστροβίλου.....	49
Σύστημα ελέγχου και συσκευές.....	49
Κιβώτιο παροχής ατμού	50
Κύριος αμοφράκτης χειρισμού.....	50
Σερβομηχανισμοί ελέγχου χειριστηρίων.....	50
Βαλβίδες καταμερισμού της παροχής στα κατά ομάδες προφύσια.	51
Επιστόμια απομαστέυσεων.	52
Βαλβίδες υγρών.....	52
Επιστόμιο παροχής ατμού στις συσκευές στεγανότητας (λαβύρινθους).....	52
Ατμοπαγίδες	52

Μειωτήρες ατμού	53
Ασφαλιστικά επιστόμια και οι βαλβίδες προειδοποίησης	54
Θλιβόμετρα	54
Θερμόμετρα.....	55
Στροφόμετρα.....	55
Έλεγχος στροφών του κύριου στροβίλου	56
Έλεγχος για κίνηση πρόσω - ανάποδα.....	59
Αυτόματοι διακοπές υπερταχύνσεως (Overspeed trip)	59
Επίλογος - Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	62