

WOODWARD

Governors



**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΗ
ΣΤΡΟΦΩΝ WOODWARD ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΑ
ΖΕΥΓΗ ΤΩΝ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΓΑΣΠΑΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (4861)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΙΛΙΤΙΔΗΣ

Εισαγωγή

Ο ρυθμιστής στροφών είναι μια βασική μονάδα ελέγχου για κάθε κινητήρα ντίζελ στα ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη ναυτικών εγκαταστάσεων που καθορίζει την ομαλή λειτουργία του κινητήρα. Προκαθορίζει τις στροφές του κινητήρα και αυτό το επιτυγχάνει επεμβαίνοντας στην αντλία καυσίμου. Ανεξάρτητα από τον τύπο του ρυθμιστή, πρέπει να έχουν δύο κύρια χαρακτηριστικά : ακρίβεια λειτουργίας και ευστάθεια. Το πρώτο αναφέρεται στην συνεχή λειτουργία, δηλαδή στην σταθερότητα των στροφών λειτουργίας και το δεύτερο στην μετάβαση των στροφών ώστε να μην υπάρχει αστάθεια. Ο ρυθμιστής έχει σημαντικό ρόλο στον παραλληλισμό των γεννητριών, δηλαδή πρέπει όταν παραλληλίζουμε δύο γεννήτριες οι ρυθμιστές τους να έχουν την ίδια κλίση ταχύτητας ώστε το φορτίο να μοιράρεζεται ίσα. Ο ρυθμιστής κρατάει ίδιες στροφές ανεξάρτητα από το φορτίο και μόνο όταν περνάμε στην μεταβατική λειτουργία τότε έχουμε μια στιγμιαία επιτάχυνση.

Abstract

The governor is a principal control unit on any diesel engine for generating units for nautical facilities which sets the normal operation of the engine. It pre-arranges the revolutions of the engine by intervening to the fuel pump. Regardless of the type of the governor, we must have to maintain characteristics: Accuracy of service and stability. The first refers to the continuing operation, to the stability of the revolutions and the second to the transmission of the revolutions so the engine won't have instability. The governor also has a main part of the parallelism of the generators. So, the governors during the parallelism must have the same tilt speed and sharing the load it would be easy to achieve. Last but not least, the governor keeps the r.p.m. at the same level regardless of the load and only if we pass to the transitional service then we have instant acceleration.

Contents

Εισαγωγή	2
Abstract	3
Κεφάλαιο 1 ^ο : Ρυθμιστές στροφών.	5
Μηχανικός ρυθμιστής στροφών	5
Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών.....	6
Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών	7
Βασική αρχή λειτουργίας ενός ρυθμιστή στροφών.....	8
Φυγόκεντρος ελεγκτής στροφών	12
Μονάδα καθορισμού στροφών	13
Μονάδα πίεσης λαδιού.....	14
Πλεονεκτήματα ρυθμιστών στροφών.....	15
Μονάδα απόσβεσης ταλαντώσεων	16
Επενεργητής στροφών	17
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ο υδραυλικός ρυθμιστής Woodward.	18
Περιγραφή μηχανισμού	19
Λειτουργία.....	22
Τρόπος ρύθμισης.....	23
Κανονισμοί ελαίου για τη λειτουργία του ρυθμιστή.....	25
Η ρύθμιση του μηχανισμού στροφών (Speed Droop)	26
Τα ηλεκτροπαραγάωγα ζεύγη	27
Ναυτική πρόωση	28
Τύποι ρυθμιστών Woodward.....	29
Βιβλιογραφία	31

Κεφάλαιο 1^ο: Ρυθμιστές στροφών.

Ο ρυθμιστής στροφών ή αλλιώς governor, είναι η ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται για την εκκίνηση οποιασδήποτε πετρελαιόμηχανης. Ρυθμίζει τον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής και της ροπής ενός ασύγχρονου επαγωγικού κινητήρα και καθορίζει την παροχή του καυσίμου. Η χρήση του είναι απαραίτητη για την αποφυγή καταστροφής του κινητήρα λόγω συνεχούς επιτάχυνσης. Ο ρυθμιστής στροφών ελέγχει τις στροφές του κινητήρα ανάλογα με το φορτίο. Υπάρχουν τρία είδη ρυθμιστών στροφών :

- **Οι μηχανικοί ρυθμιστές ή αλλιώς αμέσου ρυθμίσεως** οι οποίοι χρησιμοποιούνται όταν οι δυνάμεις που ασκούνται είναι μικρές και έτσι τοποθετούνται κοντά στο σύστημα καυσίμου.
- **Οι υδραυλικοί ή αλλιώς εμμέσου ρυθμίσεως** οι οποίοι χρησιμοποιούνται όταν οι δυνάμεις που ασκούνται είναι μεγάλες και τοποθετούνται σε μακρινή απόσταση από το σύστημα καυσίμου
- **Οι ηλεκτρονικοί ρυθμιστές στροφών** οι οποίοι χρησιμοποιούνται συνδιαστικά με κάποιο υδραυλικό σύστημα.

Μηχανικός ρυθμιστής στροφών

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται σε δύο σφαιρικά, συνήθως, βάρη που συνδέονται με ένα κεντρικό κατακόρυφο άξονα μέσω βραχιόνων. Συνδέονται επίσης μέσω δύο άλλων βραχιόνων με τον κεντρικό δρομέα ο οποίος αλισθαίνει ελεύθερα κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα. Η ύπαρξη του κεντρικού δρομέα ευνοεί τη συμμετρική μετακίνηση βαρών ως ισορροπίας για δεδομένες στροφές περιστροφής, είτε σε επιτάχυνση είτε σε επιβράδυνση. Οι σύγχρονοι μηχανικοί ρυθμιστές στροφών έχουν μια αρκετά πιο σύνθετη δομή. Με την βοήθεια σύνθετων μηχανισμών και ελατηρίων μπορούν να εκτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες ρυθμίσεως όπως μέγιστη ταχύτητα περιστροφής, διατήρηση σταθερής ταχύτητας σε όλο το εύρος των στροφών κλπ. . Για την μείωση το μέγεθος των βαρών, η κεντρομόλος δύναμη που αντιστέκεται στην αδρανειακή φυγόκεντρο δεν οφείλεται στην βαρύτητα αλλά στην χρήση ειδικών ελατηρίων. Με αυτό τον τρόπο, τοποθετούμε τον άξονα περιστροφής σε οριζόντια θέση.

Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών

Ο περιστρεφόμενος μηχανικός ρυθμιστής στροφών δε σχετίζεται με το κανόνα καυσίμου, αλλά ελέγχει μια υδραυλική βαλβίδα. Ανάλογα με την θέση της, επιτρέπει την ροή του υδραυλικού υγρού υπο πίεση στο κύκλωμα. Με την κάθοδο της βαλβίδας επιτρέπεται η είσοδος του υγρού. Έτσι, αυξάνεται η πίεση σε κατάλληλο έμβολο, το οποίο με την σειρά του αυξάνει την παροχή στα καύσιμα. Όταν η βαλβίδα ανεβαίνει ανοίγει η επιστροφή και έχουμε πτώση της πίεσης στο έμβολο οπότε μειώνονται τα καύσιμα. Όταν οι στρόφες αυξάνονται συμβαίνουν διαδοχικά τα παρακάτω: τα αντίβαρα απομακρύνονται, το έμβολο κατέρχεται και τελικά το καύσιμο μειώνεται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν οι στρόφες μειώνονται. Επίσης το σύστημα αυτό έχει ένα σημείο ισορροπίας, στην ενδιάμεση νεκρή σχέση. Η σχέση αυτή αντιστοιχεί σε μία ταχύτητα περιστροφής, η οποία ρυθμίζεται από την τάση του ελατηρίου στον μηχανισμό με τα αντίβαρα. Δυστυχώς είναι ασταθές, λόγω της αρχής αποκρίσεως της μηχανής κατά την αύξηση παροχής καυσίμου. Αν λοιπόν, πέσουν οι στρόφες και αντιδράσει ο ρυθμιστής στο καύσιμο, θα αργήσει να ανταποκριθεί ο κινητήρας και έτσι η μηχανή θα συνεχίσει να επιταχύνει. Σε αυτή την περίπτωση η βαλβίδα μετακινείται απ' την άλλη πλευρά και μειώνει το καύσιμο αλλά εξ' αιτίας της αδράνειας του κινητήρα αργούν να πέσουν οι στρόφες. Για να αφαιρέσουμε αυτό το χαρακτηριστικό, εισάγουμε στον ρυθμιστή χαρακτηριστικά κλίσεως ταχυτητας περιστροφής.



Εικόνα από Μηχανικό-υδραυλικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG-8. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω περιστρεφόμενων Διακοπών.

Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών

Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών στην πιο απλή του μορφή αποτελείται από έναν αισθητήρα, που μετρά τις στροφές του κινητήρα, έναν επενεργητή, ο οποίος μετακινεί το ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που ενισχύει το σήμα προς τον επενεργητή. Το σήμα από τον μετρητή στροφών συγκρίνεται με μία προκαθορισμένη τιμή (για την δεδομένη ταχύτητα περιστροφής, που πρέπει να διατηρηθεί σταθερή). Αν υπάρχει σφάλμα, αυτό ενισχύεται από κατάλληλο ενισχυτή και οδηγείται προς τον επενεργητή, με σκοπό είτε την αύξηση είτε τη μείωση της παροχής καυσίμου. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής είναι πιθανό να συνδυάζεται με κάποιο υδραυλικό σύστημα, το οποίο πολλαπλασιάζει τη δύναμη που επενεργεί στο ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου. Οι ηλεκτροϋδραυλικοί ρυθμιστές αποτελούν το αντίστοιχο του μηχανικού- υδραυλικού ρυθμιστή, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση, στη θέση του μηχανικού ρυθμιστή υπάρχει ηλεκτρονικός ρυθμιστής, ο οποίος κινεί την αντίστοιχη βαλβίδα του υδραυλικού κυκλώματος. Στη σύγχρονη μορφή τους τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν και άλλες μετρήσεις από διάφορα σημεία της μηχανής, επενεργώντας και σε άλλες μεταβλητές, εκτός από τη θέση του ρυθμιστικού κανόνα του καυσίμου.



Εικόνα από Μηχανικό-ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή/ΗΥ.

Βασική αρχή λειτουργίας ενός ρυθμιστή στροφών

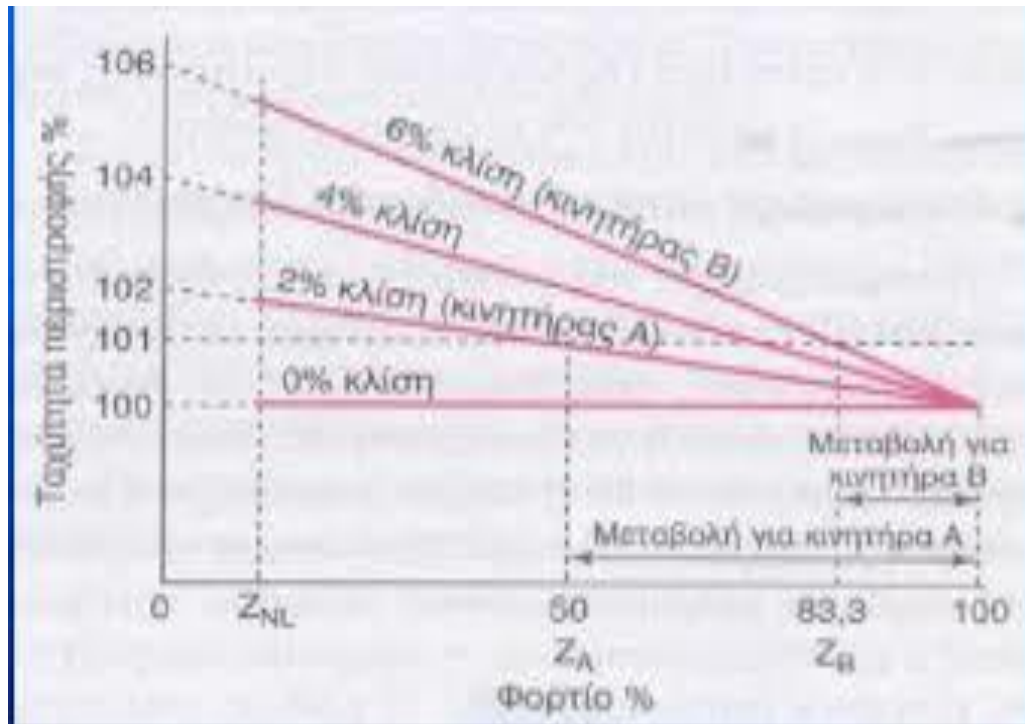
Η αρχή λειτουργίας των ρυθμιστών στροφών βασίζεται στο γεγονός ότι απαιτείται δύναμη για τον εξαναγκασμό μιας μάζας, έτσι ώστε να ακολουθήσει κυκλική τροχιά. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη του τετραγώνου της γωνιακής ταχύτητας και της πρώτης δύναμης της απόστασης της μάζας από τον άξονα περιστροφής ($F=M*\omega^2*r$). Στην πιο γνωστή μορφή της η κεφαλή αποτελείται από ένα ζεύγος βαρών, συνήθως σφαιρικών (αντίβαρα), που βρίσκονται στην άκρη δύο βραχιόνων. Τα βάρη αυτά περιστρέφονται κοντά στον άξονα περιστροφής με τέτοιο τρόπο ώστε τα αντίβαρα να μπορούν να κινούνται ευθύγραμμα στο κενό ενδιάμεσα στον άξονα. Επίσης, οι σύνδεσμοι που έχουν τοποθετηθεί στους βραχίονες μαζί με έναν ιμάντα γύρω από τον άξονα, σχηματίζουν ένα παραλληλόγραμμο. Με αυτόν τον τρόπο τα αντίβαρα κινούνται προς τα έξω και ο ιμάντας κινείται προς τα πάνω. Η φυγόκεντρος δύναμη ασκείται πάντα κάθετα προς τον άξονα περιστροφής και έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μια ροπής γύρω από το κεντρικό σημείο περιστροφής. Η ροπή αυτή είναι ίση με το γινόμενο της δύναμης επί την κάθετη αντίστασης της σφαίρας από το κεντρικό σημείο περιστροφής. Η ροπή βρίσκει αντίσταση και, αν δεν υφίσταται καμιά άλλη δύναμη στη σφαίρα, αυτή πρέπει να ισορροπήσει λόγω της ροπής που δημιουργείται από τις αρνητικές δυνάμεις, που είναι ίση με το βάρος της σφαίρας επί την οριζόντια αντίσταση. Με αυτόν τον τρόπο, όσο η ταχύτητα αυξάνεται και η σφαίρα κινείται προς τα έξω, μειώνεται η κάθετη απόσταση και η ροπή που δημιουργείται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας λόγω βαρύτητας μέχρι επιτευχθεί η τελική ισορροπία των αντιβάρων και του ιμάντα για κάθε ταχύτητα περιστροφής. Ανεξάρτητα από τον τύπο του ρυθμιστή, αυτός πρέπει να διαθέτει δύο κύρια χαρακτηριστικά: Ακρίβεια λειτουργίας και Ευστάθεια. Η ακρίβεια λειτουργίας αναφέρεται σε σταθερές στροφές, ενώ η ευστάθεια στην μεταβατική λειτουργία κατά την αλλαγή στροφών με σκοπό να μην προκαλούνται αστάθειες κατά την μετάβαση. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά συνδέονται με τις παρακάτω ιδιότητες:

- **Κλίση ταχύτητας περιστροφής (speed droop).** Η κλίση ταχύτητας περιστροφής είναι μια ιδιότητα που χαρακτηρίζει κάποιον ρυθμιστή στροφών. Η ιδιότητα αυτή κρίνεται απαραίτητη και για τη περίπτωση της παράλληλης συνδέσεως πετρελαιομηχανών, ώστε το φορτίο να ισοδιανέμεται μεταξύ των μηχανών. Αυτή η σύνδεση μπορεί να είναι είτε μηχανική (δύο μηχανές να δίνουν κίνηση σε κοινό άξονα μέσω μειωτήρα) είτε ηλεκτρική (παράλληλα συνδεδεμένες ηλεκτρογεννήτριες των ηλεκτροπαραγωγικών ζευγών) και υπολογίζεται με την σχέση:

$$\delta=(n_{10}-n_{v0})/n_{v0}*100\% .$$

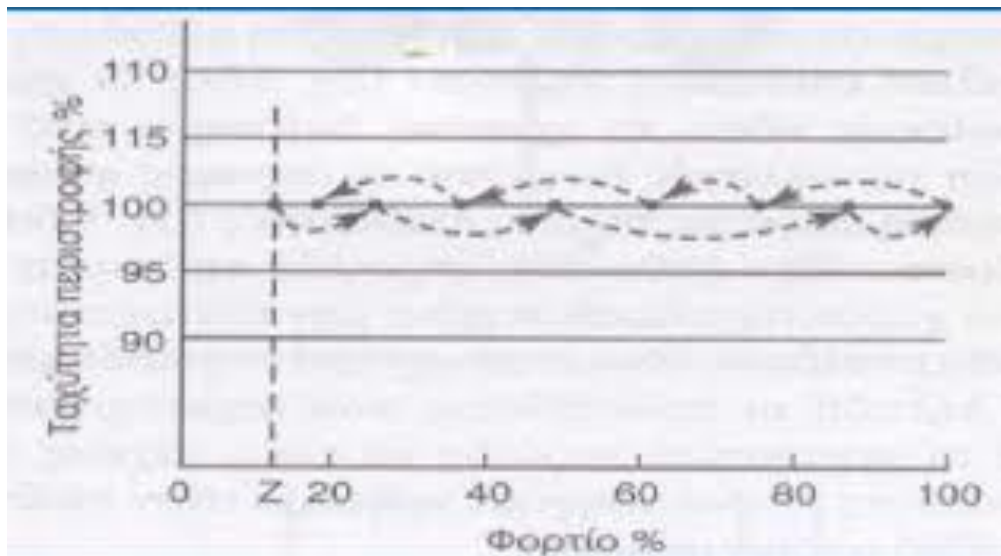
Όπου δ =κλίση της ταχύτητας, n_{v0} =μέγιστη ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο και n_{10} =η μέγιστη ταχύτητα στο ελάχιστο φορτίο.

Το παρακάτω σχεδιάγραμμα δείχνει την συμπεριφορά δύο μηχανών παράλληλα συνδεδεμένων, αλλά ρυθμισμένων με διαφορετική κλίση ταχύτητας.



Μηχανή A (κλίση 2%) και μηχανή B (κλίση 6%). Αρχικά οι μηχανές δουλεύουν σε πλήρες φορτίο(100%), αλλά λόγω πτώσης του φορτίου, η ταχύτητα περιστροφής αυξάνεται η οποία είναι ίδια λόγω της παράλληλης σύνδεσης. Όμως επειδή η κλίση της ταχύτητας είναι διαφορετική, προκύπτει διαφορετικό φορτίο για κάθε μηχανή(50% για την A και 83% για την B).

- **Ισόχρονη λειτουργία (isochronous operation).** Ο ρυθμιστής στροφών διατηρεί σταθερές στροφές του κινητήρα ανεξαρτήτως φορτίου. Στο επόμενο σχεδιάγραμμα εμφανίζονται με διακεκομμένες γραμμές οι καμπύλες που ακολουθεί ο κινητήρας κατά την αλλαγή του φορτίου, καταλήγοντας στην ίδια ταχύτητα περιστροφής με μικρή απόκλιση κατά τη μετάβαση της τάξης του 2%.

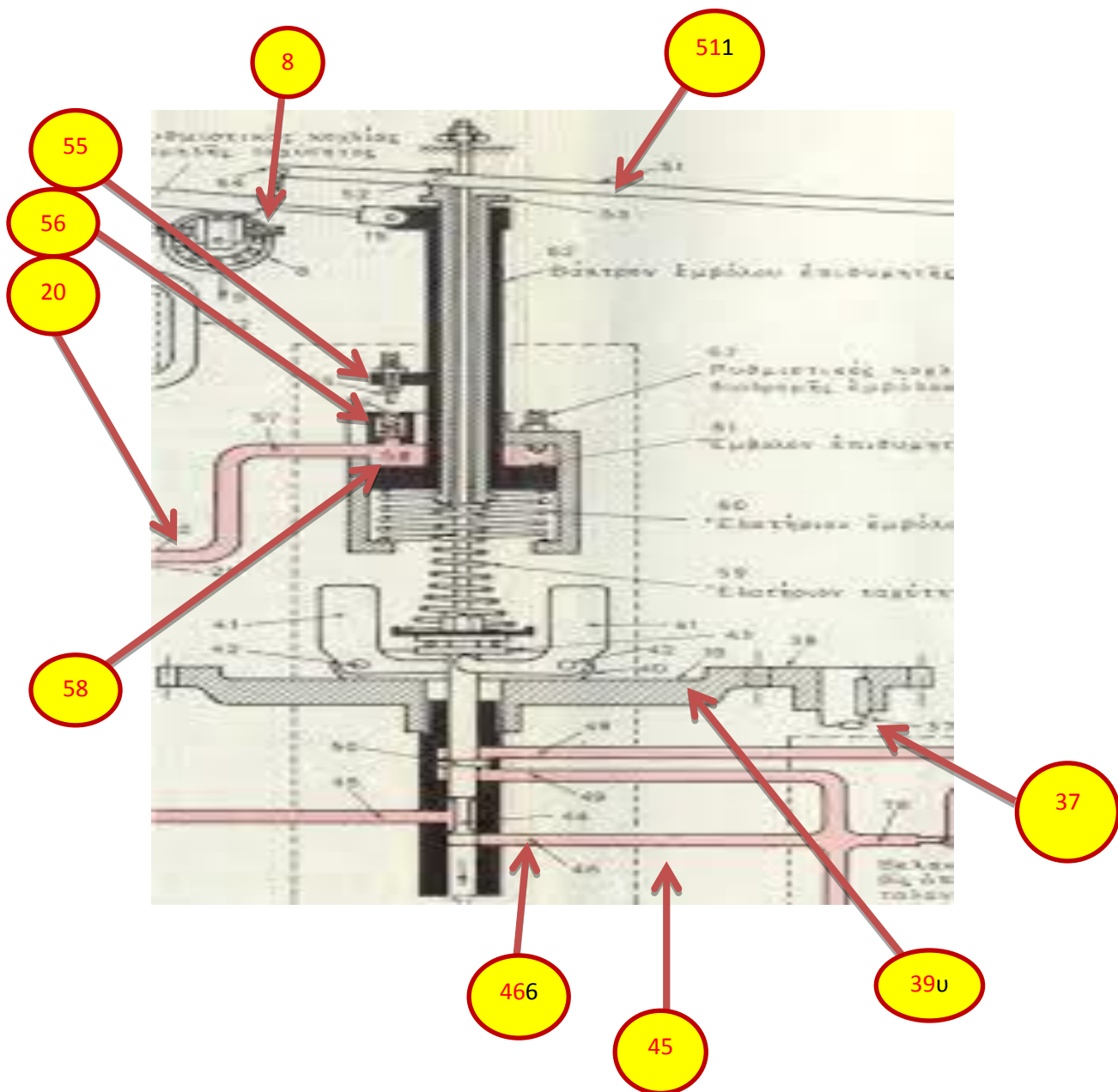


- **Εξομάλυνση ταχύτητας (speed regulation).** Η εξομάλυνση της ταχύτητας εκφράζεται με ίδιο τρόπο με την κλίση της ταχύτητας περιστροφής, αλλά αναφέρεται στην ισχύ του κινητήρα αντί στο φορτίο. Δηλαδή αναφέρεται στην καμπύλη μέγιστης ισχύς του κινητήρα η οποία δίδεται ως το ποσοστό της μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής για την μεταβολή της ισχύος από την ελάχιστη στην μέγιστη ισχύ.
- **Βαθμός ανομοιομορφίας.** Ο βαθμός ανομοιομορφίας εκφράζει τη μέγιστη απόκλιση από τη μέση τιμή της ταχύτητας περιστροφής. Είναι αποτέλεσμα της διακυμάνσεως των στροφών λόγω στιγμιαίων μεταβολών του φορτίου. Εκφράζεται ως εξής : $u = (n_{max} - n) / n * 100\%$ ή $u = (n_{max} - n_{min}) / n * 100\%$.
Όπου: n = μέση τιμή ταχύτητας περιστροφής, n_{max} = μέγιστη και n_{min} = ελάχιστη ταχύτητα.

- **Συμπεριφορά κατά τη μεταβατική λειτουργία.** Η συμπεριφορά αυτή αναφέρεται στις διακυμάνσεις που παρουσιάζουν οι στροφές όταν δίδεται εντολή για μετάβαση από έναν αρχικό αριθμό στροφών σε έναν τελικό. Ο χρόνος ανακτήσεως αναφέρεται στο χρονικό διάστημα από την στιγμή που ξεκινά η αλλαγή των στροφών μέχρι τη χρονική στιγμή που επιτυγχάνεται για πρώτη φορά ένας προδιαγεγραμμένος βαθμός ανομοιομορφίας. Η στιγμιαία επιτάχυνση αναφέρεται στη μέγιστη απόκλιση από την έναρξη της αλλαγής μέχρι οι στροφές να φθάσουν για πρώτη φορά τις τελικές επιθυμητές. Προφανώς ο ρυθμιστής πρέπει να έχει τέτοια χαρακτηριστικά που να μην επιτρέπει την ασταθή μετάβαση από έναν αριθμό στροφών σε άλλον, δηλαδή οι ταλαντώσεις που δημιουργούνται κατά την μεταβατική περίοδο να είναι ταχέως φθίνουσες και να οδηγούν γρήγορα στον επιθυμητό βαθμό ανομοιομορφίας.



Φυγόκεντρος ελεγκτής στροφών

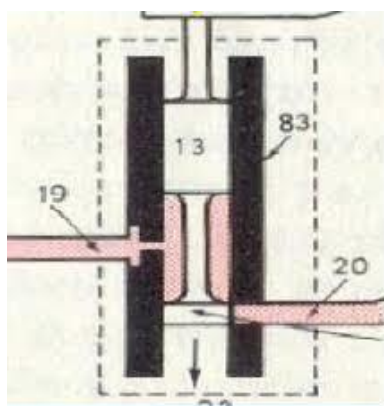


Όταν έχουμε μείωση ή αύξηση των στροφών, τα αντίβαρα, ανοίγουν προς τα έξω ή κλείνουν προς τα μέσα αντίστοιχα. Όταν, αυξάνουν οι στροφές, τα αντίβαρα ανοίγουν προς τα έξω και στη συνέχεια δίνεται εντολή να μειωθούν οι στροφές, δηλαδή να κλείσουν προς τα μέσα. Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η θέση 20 τροφοδοτείται με λάδι μεταβλητής πίεσης από τη μονάδα καθορισμού στροφών και

με λάδι σταθερής πίεση από τη μονάδα πίεσης λαδιού που φαίνεται στη θέση 45. Στην θέση 8 γίνεται ο καθορισμός της ευαισθησίας του P. Επιπρόσθετα, η μονάδα στη θέση 37 παίρνει κίνηση από τον άξονα της μηχανής μέσω των οδοντωτών τροχών στη θέση 39. Στη θέση 46 η προαναφερθείσα μονάδα (θέση 37) στέλνει σήμα πίεσης λαδιού στη μονάδα απόσβεσης ταλαντώσεων Ο ρυθμιστικός κοχλίας στέλνει τα εξής σήματα: Αρχικά στέλνει σήμα στη μονάδα καθορισμού στροφών, στη συνέχεια στο βάκτρο εμβόλου αλλά και σε άλλα σημεία προκειμένου να ενημερωθούν για την εκτέλεση της εντολής καθορισμού των στροφών. Καθώς ο κοχλίας 55 κινείται μαζί με το βάκτρο, προσδιορίζει τη μέγιστη διαδρομή του εμβόλου, άρα και τη μέγιστη ταχύτητα. Όταν φθάσει στη μέγιστη θέση, ο πείρος 55 σπρώχνει τη σφαιρική βαλβίδα 56 και μειώνει την πίεση στον κύλινδρο 58. Κατά αυτόν τον τρόπο, το έμβολο δε μπορεί να κινηθεί παραπάνω. Ο κανόνας στη θέση 51 δέχεται σήμα από τον επενεργητή στροφών, ο οποίος τον πληροφορεί για την εκτέλεση της ρύθμισης των στροφών και από τη μονάδα απόσβεσης ταλαντώσεων, η οποία έχει ως λειτουργία να μειώνει και τελικά να σβήνει τις διακυμάνσεις των στροφών.

Μονάδα καθορισμού στροφών

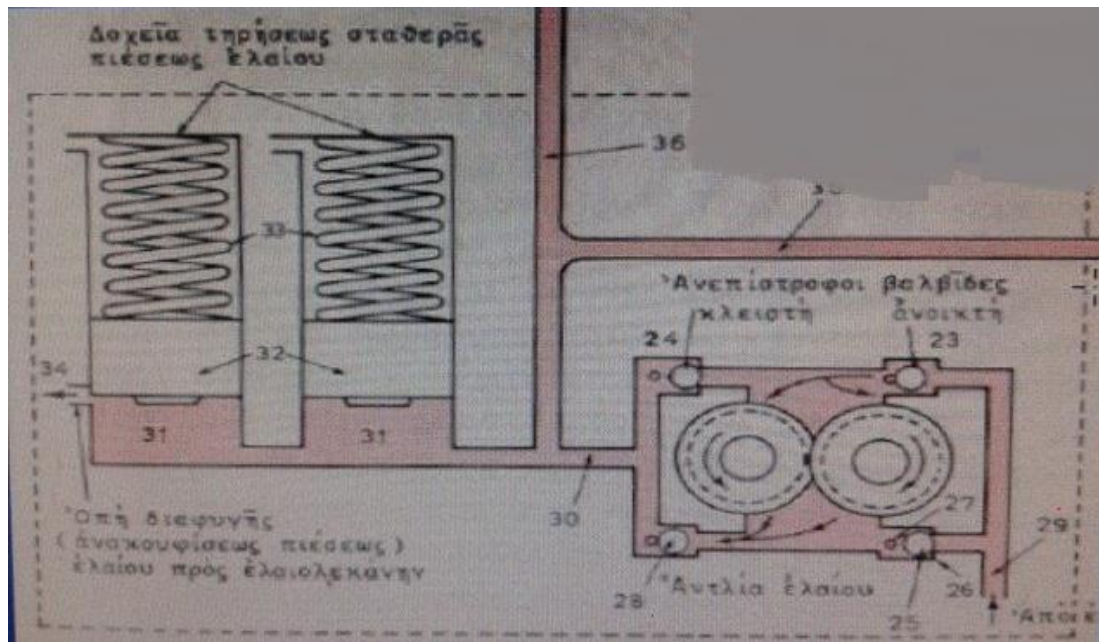
Η μονάδα καθορισμού στροφών ενεργοποιείται είτε χειροκίνητα, είτε από το πνευματικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με λάδι σταθερής πίεσεως που προέρχεται από τη μονάδα πίεσης λαδιού. Στη μονάδα αυτή επιστρέφουν δύο σήματα: ένα από τον επενεργητή και ένα από το φυγοκεντρικό ελεγκτή που ενημερώνουν τη μονάδα για την εκτέλεση της εντολής καθορισμού στροφών. Μία άλλη λειτουργία της μονάδας αυτής είναι η αποστολή ενός σήματος πίεσης του λαδιού στο φυγοκεντρικό ελεγκτή, με το οποίο και καθορίζεται ο επιθυμητός αριθμός στροφών της μηχανής. Όταν, λοιπόν, το έμβολο κατεβαίνει, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το λάδι να κυκλοφορεί από τη θέση 19 στη θέση 20, ενώ αντίθετα, όταν το έμβολο ανεβαίνει το λάδι κυκλοφορεί από τη θέση 20 προς τη θέση της ελαιολεκάνης. Τη στιγμή που η μηχανή αποκτά τις επιθυμητές στροφές, το έμβολο φράσσει την κυκλοφορία του λαδιού από τη θέση 19 στη θέση 20 ή από τη θέση 20 προς την ελαιολεκάνη.



Μονάδα πίεσης λαδιού

Η μονάδα αυτή αποτελείται από μία αντλία λαδιού με γρανάζια, η οποία εξαρτάται από τη μηχανή, έτσι ώστε να διατηρεί σταθερή πίεση. Η αναρρόφηση βρίσκεται στη δεξαμενή λαδιού της μηχανής και η κατάθλιψη οδηγείται προς τη μονάδα καθορισμού στροφών και προς το φυγοκεντρικό ελεγκτή. Επίσης, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, τοποθετούνται τέσσερις βαλβίδες ανεπίστροφες με σκοπό να είναι η αναρρόφηση (θέση 29) και η κατάθλιψη (θέση 30) η ίδια είτε η μηχανή κινείται πρόσω είτε ανάποδα. Έτσι, όταν η μηχανή κινείται πρόσω οι βαλβίδες 23 και 28 ανοίγουν, ενώ οι βαλβίδες 24 και 26 κλείνουν. Στην περίπτωση τώρα που η μηχανή κινείται ανάποδα, πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή οι βαλβίδες 24 και 26 ανοίγουν, ενώ οι βαλβίδες 23 και 28 κλείνουν.

ο ρυθμιστής είναι μια βασική μονάδα ελέγχου για κάθε κινητήρα νίζελ στα ηλεκτροπαραγόνα ζεύγη ναυτικών εγκαταστάσεων που καθορίζει την ομαλή λειτουργία του κινητήρα.



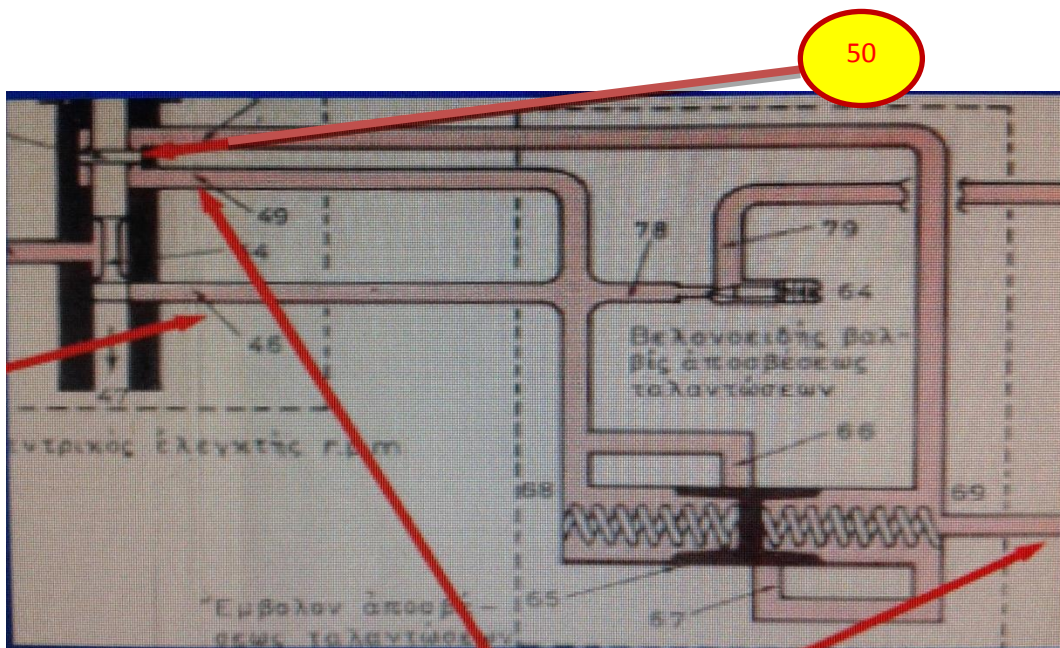
Πλεονεκτήματα ρυθμιστών στροφών

Η χρήση ρυθμιστών στροφών παρουσιάζει εκπληκτικά πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι:

- **Η σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.** Αντί να λειτουργεί συνεχώς ο κινητήρας σε πλήρη ταχύτητα, ο ρυθμιστής στροφών δίνει τη δυνατότητα επιβράδυνσής του ή επιτάχυνσής του, ανάλογα με την απαίτηση του φορτίου. Όταν έχουμε κινητήρες χωρίς ρυθμιστές στροφών συνήθως τους διαστασιολογούμε στη μέγιστη αναγκαία ισχύ. Αποτέλεσμα αυτού είναι όσο ο κινητήρας απορροφά αυτή την ισχύ να έχει μεγάλο συντελεστή ισχύος (συνημίτονο) λόγω μεγάλου φορτίου και να λειτουργεί οικονομικά. Όμως, οι κινητήρες της βιομηχανίας για ελάχιστο μόνο χρόνο λειτουργούν στο μέγιστο φορτίο διαστασιολόγησης ενώ συνήθως λειτουργούν υπό μειωμένο. Έτσι “καταναλώνουν” πολύ ακριβή άεργο ισχύ, τόσο στην τελοχρέωσή της (ΔΕΗ) όσο και στην αντιμετώπιση με πυκνωτές. Με τη χρήση ρυθμιστών στροφών οι κινητήρες τείνουν να έχουν σε κάθε συνθήκη φόρτισης βέλτιστο συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα χωρίς την ανάγκη πυκνωτών.
- **Η βελτίωση παραγωγικότητας.** Χάρη στην ακρίβεια ρύθμισης στροφών και ροπής μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά η διεργασία (process) της παραγωγής, π.χ. να επιταχυνθεί χωρίς προβλήματα στο παραγόμενο προϊόν, άρα να αυξηθεί η παραγωγικότητα.
- **Η προστασία του εξοπλισμού.** Η δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας και της ροπής ενός ηλεκτροκινητήρα έχει σαν συνέπεια τη μειωμένη καταπόνηση και φθορά του κινητήρα αλλά κυρίως και της μηχανής που αυτός κινεί. Για παράδειγμα, αποφεύγεται η απότομη δυναμική φόρτιση που με την πάροδο του χρόνου προκαλεί ζημιά στα μηχανολογικά στοιχεία του συστήματος όπως: γρανάζια, ιμάντες, έδρανα, ρουλεμάν, ράουλα, κρεμαγιέρες, αλυσίδες, άξονες, πείροι, πολύσφηνα, αντλίες, φτερωτές, στροφαλοφόροι, στρόφαλοι, dampers, βάνες, βαλβίδες, αισθητήρια, σωληνώσεις, κλπ. Ο μεγάλος περιορισμός του ρεύματος εκκίνησης επιτρέπει σε πολλές περιπτώσεις, τόσο τη χρήση μικρότερης ισχύος μετασχηματιστών υποσταθμού, όσο και την οδήγηση κινητήρων από μεγάλες αποστάσεις, όπου η πτώση τάσης από το υψηλό ρεύμα εκκίνησης θα προκαλούσε αδυναμία εκκίνησης. Η μη απορρόφηση από τον κινητήρα υψηλού ρεύματος κατά την εκκίνηση σταθεροποιεί το δίκτυο από ενοχλητικές διακυμάνσεις της τάσης. Αυτές στην πιο απλή περίπτωση εντοπίζονται σε ένα παίξιμο του φωτισμού, ενώ στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές συνεπάγονται πολύ βλαβερή πτώση ροπής στη λειτουργία των κινητήρων (η ροπή μεταβάλλεται με το νόμο του τετραγώνου της μεταβολής της τάσης). Αποτέλεσμα είναι η άδηλη φθορά των μηχανικών συστημάτων που αναφέρθηκαν.

- **Η αποδοτική αναβάθμιση του συστήματος.** Σε ορισμένες περιπτώσεις με τη χρήση ρυθμιστή στροφών μπορούν να απλοποιηθούν ή και να καταργηθούν οι βαλβίδες, τα γρανάζια, οι ιμάντες, φρένα και bypass. Επιπλέον παρέχεται δυνατότητα διαστασιολόγησης του ηλεκτρικού δικτύου δηλαδή κυρίως των καλωδίων, με βάση το χαμηλότερο ρεύμα εκκίνησης.

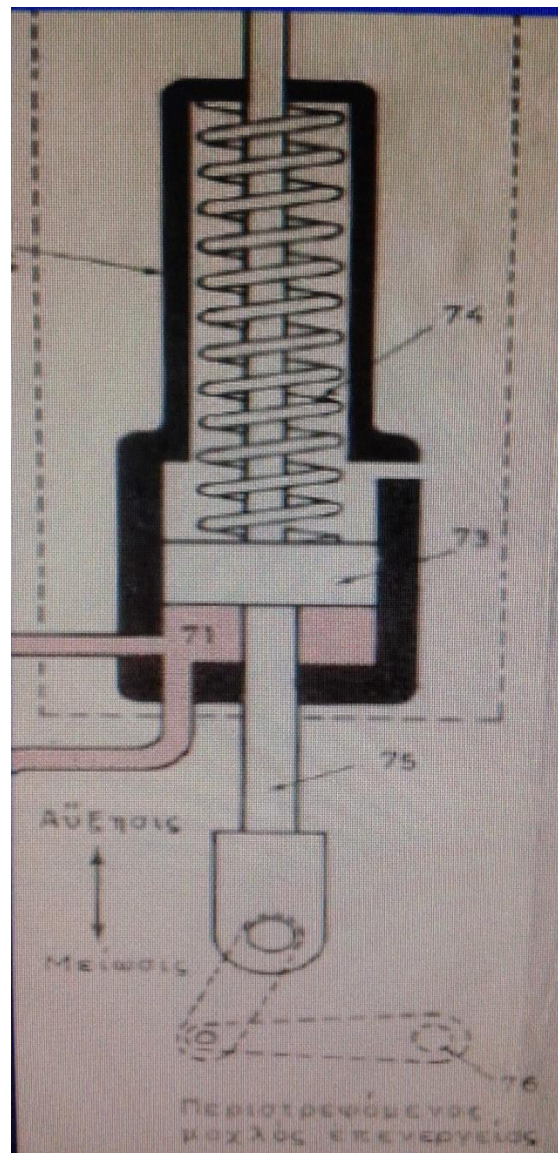
Μονάδα απόσβεσης ταλαντώσεων



Κύριος σκοπός της μονάδας αυτής, όπως υποδηλώνει και η ονομασία της, είναι η απόσβεση των ταλαντώσεων λόγω αδράνειας του φυγοκεντρικού ελεγκτή στην προσπάθεια διατήρησης των στροφών. Η αργή διαφυγή λαδιού επιτυγχάνεται, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, λόγω της βελονοειδούς βελόνας. Έτσι, το λάδι κατευθύνεται με αργούς ρυθμούς από τον σωλήνα 78 προς τον σωλήνα 79 με σκοπό την εξισορρόπηση των πιέσεων στον δακτύλιο 50 του φυγοκεντρικού ελεγκτή. Σε εκείνο το σημείο γίνεται και ο καθορισμός του I . Κατά μήκος του σωλήνα 78 παρατηρούμε ότι στο σημείο 46 δέχεται ένα σήμα από το φυγοκεντρικό ελεγκτή. Οι σωλήνες 66 και 67 χρησιμεύουν στον καθορισμό του μέγιστου και του ελάχιστου ορίου των στροφών. Αν, λοιπόν, η πίεση στο σωλήνα 68 αυξηθεί πέρα από τα επιθυμητά επίπεδα, το έμβολο απόσβεσης στη θέση 65 κινείται τελείως δεξιά. Το λάδι με πίεση περνά από το σωλήνα 68 στο 67 και κατά συνέπεια στο χώρο 69. Δηλαδή η πίεση γίνεται αμφίπλευρα του εμβόλου αποσβέσεως ταλαντώσεων 65. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το έμβολο να επανέλθει στα αριστερά δίνοντας εντολή για λιγότερες στροφές ανά λεπτό. Η ίδια λειτουργία πραγματοποιείται και όταν αυξηθεί υπερβολικά η πίεση στον χώρο 69. Τέλος, στέλνονται δύο σήματα στη θέση 49 και 69, το ένα στον επενεργητή και το άλλο στο φυγόκεντρο ελεγκτή.

Επενεργητής στροφών

Ο επενεργητής στροφών δέχεται σήμα από τη μονάδα απόσβεσης των ταλαντώσεων και στέλνει σήμα προς τη μηχανή σύμφωνα με το οποίο ρυθμίζεται η παροχή πετρελαίου. Αυτή με τη σειρά της στέλνει δύο σήματα προς τη μονάδα καθορισμού στροφών και το φυγόκεντρο ελεγκτή και πληροφορεί τις μονάδες αυτές για την πορεία εκτέλεσης της εντολής.



Κεφάλαιο 2^ο : Ο υδραυλικός ρυθμιστής Woodward.

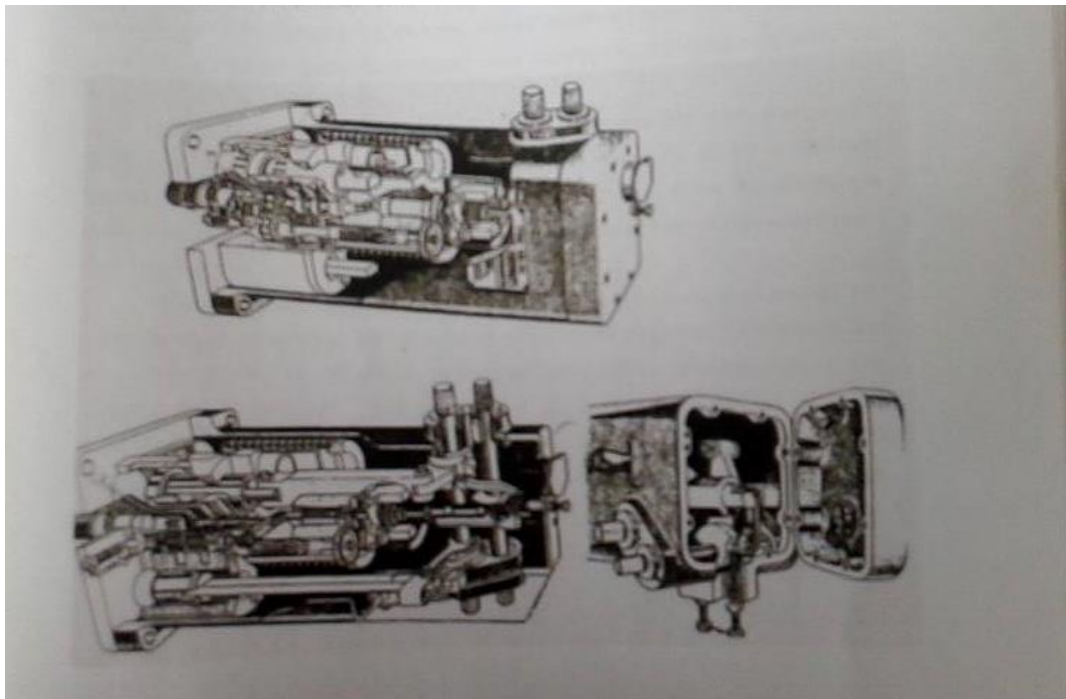
Ιστορικά στοιχεία Η ιστορική αναδρομή ξεκινάει το 1870 στο Rockford του Illinois με την εφεύρεση του Amos Woodward ενός υδροκίνητου μηχανικού ρυθμιστή. Τριάντα χρόνια αργότερα ο γιος του Elmer πατένταρε τον πρώτο επιτυχημένο ρυθμιστή για υδραυλικές τουρμπίνες. Το 1933 η εταιρεία γίνεται πιο ανταγωνιστική μπαίνοντας στον κλάδο των μηχανών diesel και άλλων παλινδρομικών μηχανών όπως και για τουρμπίνες βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Η εταιρεία επωφελήθηκε τότε από την ταχεία εξέλιξη των μηχανών για τρένα και για αεροπλάνα. Η χρήση των ατμοστροβίλων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις προσέφερε στην εταιρεία περισσότερες επιλογές. Η παράλληλη ηλεκτρονική ανάπτυξη της τότε εποχής έδωσε μεγαλύτερη ώθηση και αναγνώριση στην εταιρεία. Το 1933 ο Elmer Governor κατασκευάζει τον πρώτο μηχανισμό για ηλεκτρονικό έλεγχο της προπέλας. Σήμερα το 75% των αεροσκαφών χρησιμοποιούν ρυθμιστές της εταιρείας Woodward. Από το 2007 η εταιρεία αγγίζει την τάξη του 1ος δισεκατομμυρίου δολαρίων με εγκαταστάσεις σε όλο τον πλανήτη. Το 2010 η εταιρεία ανακοινώνει την αλλαγή του ονόματος της από Woodward Governor σε Woodward Inc.

Περιγραφή μηχανισμού

Ο ρυθμιστής ταχύτητας στροφών Woodward έχει ως αποστολή να διατηρεί όσον δυνατόν σταθερή την ταχύτητα της μηχανής. Η ταχύτητα της μηχανής, όπως είναι γνωστό, προσδιορίζεται από χειριστή μηχανικό μέσω του χειροτροχού. Η ποσοτική παροχή καυσίμου ρυθμίζεται ανεξάρτητα από τον ρυθμιστή της ταχύτητας, με τη βοήθεια του μοχλού παροχής καυσίμου και ανάλογα με το φορτίο της μηχανής. Οι διακυμάνσεις φορτίου επιφέρουν αλλαγές στην ταχύτητα της μηχανής. Κάθε αλλαγή της ταχύτητας της μηχανής θέτει αμέσως σε λειτουργία τον ρυθμιστή ταχύτητας. Ο ρυθμιστής ταχύτητας λειτουργεί ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους 34 μηχανισμούς χειρισμών της μηχανής και το σύστημα των μοχλών ελέγχου της παροχής καυσίμου είναι με τέτοιο τρόπο διαμορφωμένο, ώστε ενώ είναι ελεύθερο να αυξομειώνει την παροχή καυσίμου προσπαθώντας πάντα τη διατήρηση της ταχύτητας σε σταθερή τιμή. Παρόλα αυτά, δεν έχει την δυνατότητα να αυξάνει την παροχή καυσίμου πέρα από εκείνη που προσδιορίζεται από την θέση του μοχλού παροχής καυσίμου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να αποφεύγεται η επικίνδυνη υπερτάχυνση της μηχανής, σε περίπτωση μηδενισμού του φορτίου της από οποιαδήποτε αιτία, αφού ο ρυθμιστής είναι ικανός ακόμη και να μηδενίσει την παροχή του καυσίμου. Με αυτόν τον τρόπο ο ρυθμιστής παρέχει μία σημαντική δικλείδα ασφαλείας. Όλα αυτά βέβαια εφόσον ο ρυθμιστής εργάζεται κανονικά για αυτό και απαιτείται μεγάλη προσοχή στην σωστή λειτουργία του. Η σωστή συναρμολόγηση του αλλά και η ποιότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να ανταποκρίνεται πάντοτε στις προδιαγραφές των κατασκευαστών. 35 Τα ελατήρια των αντίβαρων του ρυθμιστή έχουν ορισμένη τάση για κάθε ταχύτητα έτσι ώστε ο ρυθμιστής να ισορροπεί. Στην περίπτωση που ο ρυθμιστής καλείται να διατηρήσει την ταχύτητα της μηχανής σε μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές, η τάση των ελατηρίων, η οποία αντιδρά στις φυγόκεντρες δυνάμεις των αντίβαρων αυξάνεται ή ελαττώνεται με την βοήθεια του χειροτροχού. Βασική λειτουργία του χειροτροχού, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας της μηχανής. Αντίστοιχα, με την νέα τάση των ελατηρίων τα αντίβαρα λαμβάνουν νέα θέση ισορροπίας. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα μία νέα μετατόπιση του σερβοεμβόλου. Η μετατόπιση αυτή κρίνεται απαραίτητη για τη ρύθμιση της παροχής του καυσίμου ως προς τη νέα κατάσταση φορτίου μηχανής. Στη συνέχεια, ο άξονας του ρυθμιστή της ταχύτητας στρέφεται και αυξάνει την τάση του ελατηρίου. Ο χειροτροχός προσδιορισμού της ταχύτητας βρίσκεται στο σταθμό χειρισμών της μηχανής και έχει κλίμακα με υποδιαίρεσεις από 0 έως 10 με τις αντίστοιχες ταχύτητες και φορτία. Η ρυθμιστική γωνία της ταχύτητας του άξονα προσδιορίζεται μέσω τερματικών τομέων, οι θέσεις των οποίων μπορούν να ρυθμιστούν μεταξύ των θέσεων 0 έως 10. Για πιο εύκολη συναρμολόγηση και ρύθμιση, οι τελικές θέσεις 0 και 10 του άξονα ρύθμισης ταχύτητας και του τελικού άξονα έχουν σημαδευτεί αντίστοιχα και στους δύο άξονες με ενδεικτικές πλάκες, οι

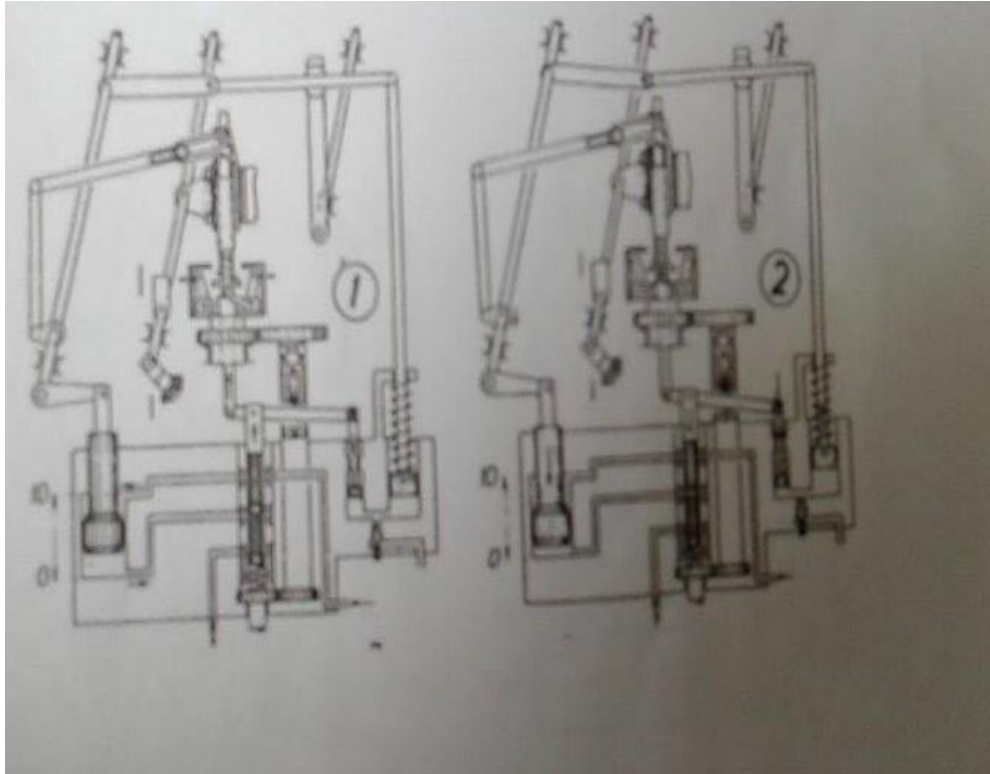
οποίες είναι προσαρμοσμένες στο περίβλημα του ρυθμιστή. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί ότι σε όλες τις διακυμάνσεις του φορτίου θα υπάρχει σταθερός έλεγχος της ταχύτητας από το ρυθμιστή, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με υδραυλικό μηχανισμό που αναφέρεται και σαν σύστημα αντιστάθμισης. Η κίνηση του μηχανισμού ρυθμίζεται μέσω του δείκτη επαναφοράς και της βελονοειδούς βαλβίδας επαναφοράς. Έτσι λοιπόν, η διαδρομή ρυθμίζεται από το δείκτη επαναφοράς και η ταχύτητα επαναφοράς από τη βελονοειδή βαλβίδα. Τα δύο παραπάνω τμήματα βρίσκονται εξωτερικά στο περίβλημα του ρυθμιστή. Οι κινήσεις των αντίβαρων, που έχουν ως στόχο τη ρύθμιση της ταχύτητας μεταφέρονται σε μια μικρή συρταρωτή βαλβίδα χειρισμού, η οποία ρυθμίζει την πίεση κάτω από το σερβοέμβολο. Η ενέργεια που προορίζεται για το σερβοέμβολο αποθηκεύεται στους συλλέκτες και η ικανότητα αποθήκευσης είναι αρκετή για μεγάλο αριθμό ρυθμιστικών κινήσεων ταχείας εναλλαγής. Οι συλλέκτες λειτουργούν με πίεση ελαίου $17,6 \text{ kg/cm}^3$. Η πίεση αυτή διατηρείται μέσω στομίων υπερχειλίσσης στους κυλίνδρους των συλλεκτών, τα οποία όμως δεν είναι ασφαλιστικές βαλβίδες. Υπάρχει επίσης ένα πώμα δοκιμής πίεσης λαδιού για να είναι δυνατός ο έλεγχος. Ο συλλέκτης, ο οποίος φορτίζεται με ελατήριο, ενεργεί στην πάνω επιφάνεια του σερβοεμβόλου και η απαιτούμενη πίεση ελαίου παρέχεται από γριναζωτή αντλία η οποία καταθλίβει στους συλλέκτες. Για να μετατραπεί η παλινδρομική κίνηση του σερβοεμβόλου σε περιστροφική κίνηση του άξονα ρύθμιση χρησιμοποιείται ένα σύστημα μοχλών. Οι τελικές θέσεις 0 έως 10 του σερβοεμβόλου καθορίζονται μέσω του αντίστοιχου κυλίνδρου. Το σύστημα μεταδόσεως του ρυθμιστή καταπονείται συχνά από ανομοιόμορφες στρέψεις, οι οποίες είναι και αναπόφευκτες, αφού δεν είναι δυνατό να αντισταθμιστούν. Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής τύπου Woodward έχει ενσωματωμένα δύο συστήματα απόσβεσης που προσδίδουν κάποιο είδος ασφάλειας. Το πρώτο είναι ένας εύκαμπτος σύνδεσμος της ατράκτου κίνησης μέσα στον ρυθμιστή, ο οποίος αποτελείται από επίπεδα ελατήρια για την απόσβεση υψηλών συχνοτήτων. Αντίθετα, οι ταλαντώσεις χαμηλής συχνότητας που προέρχονται από τη μετάδοση εξαλείφονται με έλαιο στους οδηγούς των αντιβάρων. Στην περίπτωση που ο ρυθμιστής δεν λειτουργεί σωστά, είναι δυνατόν να αποσυνδεθεί από το σύστημα μοχλών ρύθμισης της παροχής καυσίμου με αφαίρεση του εξωτερικού μοχλού ελέγχου. Είναι λογικό δηλαδή χωρίς φορτίο η μηχανή να λειτουργεί ικανοποιητικά και με σταθερή ταχύτητα. Αυτό όμως δεν δηλώνει ότι έχει ρυθμιστεί σωστά για όλες τις ταχύτητες και τις καταστάσεις φορτίων. Όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις και μεταβολές ταχύτητας στο φορτίο για αρκετό χρονικό διάστημα, το σύστημα μεταφοράς, δηλαδή ο δείκτης αντιστάθμισης και η βελονοειδής βαλβίδα, δεν είναι σωστά ρυθμισμένο. Στον κάθε ρυθμιστή μπορούν να παρουσιαστούν μικρά προβλήματα όπως το παραπάνω, μέχρι και να μην λειτουργεί καθόλου. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση πείρου, έτσι ώστε να μπορεί να εξαρμόζεται από τον ρυθμιστή. Βέβαια, ο άξονας όπου είναι συνδεδεμένος εξακολουθεί να βρίσκεται μέσα χωρίς να υπάρχει κάποιος

ιδιαίτερος κίνδυνος ζημιάς. Αν ο ρυθμιστής δεν είναι τοποθετημένος, η μηχανή ελέγχεται μόνο χειροκίνητα από τον χειροκίνητο ρυθμιστή καυσίμου. Σε αυτήν την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθούν κάποιες σοβαρές προφυλάξεις ασφαλείας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μηδενική παροχή καυσίμου οποιαδήποτε στιγμή ζητηθεί μέσω του ελαιοσερβοκινητήρα διακοπής καυσίμου. Ο μηχανικός που θα είναι χειριστής σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας θα πρέπει απαραίτητα να βρίσκεται στον σταθμό χειρισμών μηχανής.



Λειτουργία

Συνοπτικά η μηχανή λειτουργεί με σταθερό φορτίο και ταχύτητα. Γι' αυτόν τον λόγο και θεωρείται ότι η φόρτωση της μηχανής βρίσκεται σε ισορροπία. Κατά αυτήν τη λειτουργική κατάσταση, τα αντίβαρα, ο διορθωτικός μοχλός, η συρταρωτή βαλβίδα ελέγχου και το έμβολο επαναφοράς βρίσκονται στην κανονική τους θέση. Επιπρόσθετα, οι θυρίδες χειρισμών στο αντίστοιχο χιτώνιο καλύπτονται από τις κόψεις ελέγχου της συρταρωτής βαλβίδας. Συν τοις άλλοις, το έμβολο του σερβοκινητήρα και ο τελικός άξονας ρύθμισης παραμένουν σε κατάσταση ακινησίας. Η κατάσταση αυτή προϋποθέτει σταθερότητα στην παροχή καυσίμου. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η αρχή λειτουργίας ενός υδραυλικού ρυθμιστή στροφών είναι ένας περιστρεφόμενος μηχανικός ρυθμιστής όπου δεν συνδέεται με τον ρυθμιστικό κανόνα καυσίμου, αλλά ελέγχει και μια υδραυλική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ανάλογα με την θέση της, επιτρέπει την είσοδο του υδραυλικού υγρού. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται η πίεση στο κατάλληλο έμβολο, το οποίο αυξάνει την παροχή καυσίμου. Με την άνοδο της βαλβίδας, ανοίγει η επιστροφή και έτσι μειώνεται η πίεση στο έμβολο. Τότε, το ελατήριο απομακρύνεται και μειώνεται η παροχή του καυσίμου. Όταν οι στροφές αυξάνονται απομακρύνονται τα αντίβαρα, η βαλβίδα ανέρχεται, το υδραυλικό υγρό διαφεύγει, η πίεση μειώνεται, το έμβολο κατέρχεται και τελικά η παροχή καυσίμου μειώνεται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνονται οι στροφές. Το συγκεκριμένο σύστημα που περιγράφηκε, έχει μοναδικό σημείο ισορροπίας, όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην ενδιάμεση νεκρή θέση η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής. Αυτή ρυθμίζεται από την τάση του ελατηρίου στο μηχανισμό με τα αντίβαρα. Προφανώς αυτό το σύστημα κατέχει την ιδιότητα της ισόχρονης λειτουργίας αλλά και δυστυχώς είναι και ασταθές λόγω της αρχής αποκρίσεως της μηχανής στην αύξηση της παροχής καυσίμου. Γι' αυτόν τον λόγο, αν πέσουν οι στροφές και αντιδράσει ο ρυθμιστής αυξάνοντας την παροχή καυσίμου θα αργήσει να ανταποκριθεί ο κινητήρας οπότε ήδη ο ρυθμιστής καυσίμου θα έχει μετακινηθεί πολύ και η μηχανή θα συνεχίζει να επιταχύνει. Τότε η βαλβίδα μετακινείται από την άλλη πλευρά μειώνεται το καύσιμο αλλά λόγω της αδράνειας του κινητήρα αργούν να πέσουν οι στροφές, οπότε ο ρυθμιστής προκαλεί σημαντική μείωση του καυσίμου. 43 Ένα τελευταίο ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό πρέπει να αναφερθεί, για να έχει ο ρυθμιστής πρακτική εφαρμογή. Αυτό γίνεται εισάγοντας στο ρυθμιστή χαρακτηριστικά κλίσεως ταχύτητας περιστροφής, με χρήση διαφόρων μηχανισμών. Ένας τέτοιος απλός μηχανισμός συνδέει, με την βοήθεια μοχλού, το ελατήριο του μηχανικού ρυθμιστή και το έμβολο. Όταν αυξάνεται το καύσιμο με την άνοδο του εμβόλου, μειώνεται η συμπίεση του ελατηρίου, οπότε η βαλβίδα τείνει να επιστρέψει στην νεκρή θέση. Αντίστοιχα, όταν μειώνεται το καύσιμο με την κάθοδο του εμβόλου μέσω του μοχλού συμπιέζεται το ελατήριο και η βαλβίδα τείνει επίσης να επιστρέψει στην νεκρή θέση, αντισταθμίζοντας την κίνηση του εμβόλου.



Τρόπος ρύθμισης

Η γρاناζωτή αντλία αναρροφά λάδι από την ελαιολεκάνη και το καταθλίβει στους συλλέκτες. Οι συλλέκτες βρίσκονται υπό την ένταση ελατηρίων. Η μέγιστη πίεση λαδιού στους συλλέκτες καθορίζεται από το άνοιγμα υπερχειλίσης. Εάν ληφθεί υπόψη ότι ο ρυθμιστής περιλαμβάνει δύο έμβολα στους αντίστοιχους συλλέκτες, τα οποία είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο δεν είναι επιβεβλημένη η ύπαρξη ασφαλιστικής διάταξης και οι κινήσεις των αντίβαρων μεταδίδονται στην συρτοειδή βαλβίδα ελέγχου. Η βαλβίδα αυτή ρυθμίζει την εισαγωγή και η εξαγωγή λαδιού από την κάτω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Το έμβολο του σερβοκινητήρα είναι διαφορετικής διαμέτρου στα άκρα του, τα οποία και βρίσκονται υπό την επίδραση του πεπιεσμένου λαδιού. Η κάτω επιφάνεια είναι περίπου διπλάσιας διαμέτρου από την πάνω. Στην κάτω επιφάνεια, λοιπόν, επιδρά συνεχώς και χωρίς μεταβολές η πλήρης πίεση λαδιού που παρέχεται προς τους συλλέκτες, ανεξάρτητα από την θέση της συρτοειδούς βαλβίδας ελέγχου. Όταν η συρτοειδής βαλβίδα ελέγχου βρίσκεται στην μέση θέση της διαδρομής της, τότε οι

κόψεις ελέγχου της βαλβίδας συμφωνούν με εκείνες του χιτωνίου. Στην θέση αυτής της βαλβίδας το σερβοέμβολο βρίσκεται σε ισορροπία. Αυτό γίνεται επειδή η επάνω κόψη της βαλβίδας επιτρέπει την εισαγωγή συγκεκριμένης ποσότητας λαδιού προς την κάτω πλευρά του εμβόλου του σερβοκινητήρα, το οποίο δίνει την δυνατότητα ακινησίας του σερβοεμβόλου. Αυτό συμβαίνει λόγω της εξίσωσης της πίεσης του λαδιού και στις δύο επιφάνειές του. Έτσι ο ρυθμιστικός άξονας βρίσκεται σε ακινησία και ως εκ τούτου η παροχή καυσίμου παραμένει αμετάβλητη. Εάν η συρτοειδής βαλβίδα ελέγχου κινηθεί προς τα πάνω, τότε ελευθερώνεται από την πίεση του λαδιού η κάτω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Σε αυτήν την περίπτωση, όλη η πίεση του λαδιού εφαρμόζεται στην πάνω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Το έμβολο κατά αυτόν τον τρόπο πιέζεται προς τα κάτω με αποτέλεσμα και ο άξονας ρυθμιστής να περιστραφεί και ως εκ τούτου να επέλθει και μείωση της παροχής του καυσίμου. Η επαναφορά αυτή είναι άκρως απαραίτητη για την επίτευξη σταθερής ανταπόκρισης του ρυθμιστή σε κάθε περίπτωση. Το ελατήριο κάτω από την βαλβίδα ελέγχου χρησιμεύει μόνο για την στατική εξισορρόπηση των βαρών και έτσι δεν έχει κανένα ρυθμιστικό ρόλο. Επίσης, το ελατήριο πάνω από το έμβολο επαναφοράς ενεργεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποσβεστεί η νεκρή κίνηση των μοχλών επαναφοράς και κατά την κανονική λειτουργία δεν έχει καμία επίδραση.

Κανονισμοί ελαίου για τη λειτουργία του ρυθμιστή

Ο ρυθμιστής στροφών Woodward διαθέτει, ανεξάρτητα από το δίκτυο λίπανσης της μηχανής, ένα σύστημα ελαίου λειτουργίας. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στο να είναι το λάδι του ρυθμιστή καθαρό, αλλιώς μπορεί να προκληθούν σημαντικές ανωμαλίες στην λειτουργία του ρυθμιστή. Για κανονικές συνθήκες λειτουργίας οι κατασκευαστές του ρυθμιστή Woodward συνιστούν έλαιο τύπου SAE 20 ή SEA 30 4 – 9 ENGLER στους 50 0 C. Το έλαιο δεν πρέπει να περιέχει οξέα και δεν πρέπει να αφρίζει ή να αφήνει κατάλοιπα, όταν αναταράσσεται. Επίσης, θα πρέπει να σχηματίζει κολλώδη ιζήματα όταν θερμαίνεται. Εάν το έλαιο περιέχει πρόσθετα καθαριστικά, αυτά δεν πρέπει να προσβάλουν τα χρώματα του εσωτερικού του ρυθμιστή ή να παρουσιάζουν οποιαδήποτε διαβρωτική επιφάνεια. Προσοχή πρέπει να δίνεται στην στάθμη του γυάλινου ενδεικτικού και η συμπλήρωση να γίνεται μόνο με έλαιο απόλυτης καθαρότητας. Το έλαιο αφού συμπληρώσει 3.000 ώρες λειτουργίας θα πρέπει να αντικαθίσταται με έλαιο ίδιου τύπου. Γι' αυτό στο κατώτερο άκρο του ρυθμιστή υπάρχει ένα πώμα εκκένωσης του ελαίου. Όπως είναι λογικό η αλλαγή του ελαίου γίνεται με την μηχανή σε κατάσταση «Κράτει» και πάντα πριν από κάθε επαναπλήρωση με νέο έλαιο θα πρέπει να γίνεται πλύση του ρυθμιστή με καθαρό πετρέλαιο χαμηλούς ιξώδους (Gas Oil). Η πλύση γίνεται με αναστροφή του ρυθμιστή και μετά την επαναπλήρωση και τοποθέτησή Στη θέση αυτή επιβάλλεται ο έλεγχος του για άλλη μια φορά, για τη διασφάλιση ότι τα σημάδια στους άξονες και στους μοχλούς αντιστοιχούν κανονικά. Περιττό δε να τονιστεί ότι ο έλεγχος διακοπής είναι επιβεβλημένος.

Η ρύθμιση του μηχανισμού στροφών (Speed Droop)

Οι ρυθμιστές ταχύτητας της μηχανής Woodward είναι εξοπλισμένοι με ένα ρυθμιζόμενο μοχλό (Speed droop) , ο οποίος ρυθμίζει αυτόματα μια σταθερή αύξηση ή ελάττωση της ταχύτητας της μηχανής, μετά από κάθε μεταβολή φορτίου. Ο έλεγχος της ταχύτητας είναι δυνατόν να ρυθμιστεί μεταξύ του 0 έως 12% της ταχύτητας της μηχανής με ολική απόκλιση 380 του τελικού άξονα. Με μικρότερη γωνία απόκλισης μειώνεται αντίστοιχα η ευαισθησία παρακολούθησης και διόρθωσης της ταχύτητας της μηχανής σε 5%. Σε πλοία με μια μηχανή, ο μηχανισμός speed droop είναι απαραίτητος, για να είναι δυνατή η σταθερή σχέση φορτίου και της ταχύτητας της μηχανής σε όλες τις περιπτώσεις εναλλαγής φορτίου και στροφών. Έτσι, ένας καλά ρυθμισμένος ρυθμιστής στροφών επιτυγχάνει αμέσως την εξισορρόπηση σε όλες τις μεταβολές φορτίου και ταχύτητας. Ο μηχανισμός speed droop είναι πάρα πολύ χρήσιμος για την ρύθμιση της ταχύτητας της μηχανής, μέσω του μοχλού που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου της μηχανής. Εάν ο μηχανισμός αυτός έχει ρυθμιστεί κανονικά, η ελατηριακή ένταση η οποία επενεργεί στα αντίβαρα μεταβάλλεται αυτόματα από το μοχλό του μηχανισμού. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται αμέσως μόλις ο τελικός άξονας του ρυθμιστή αρχίσει να στρέφεται. Κατά τις αυξήσεις φορτίου λόγω των οποίων ο τελικός άξονας κινείται, η ένταση των ελατηρίων των αντίβαρων μειώνεται έτσι ώστε ο ρυθμιστής να ρυθμίζει τη μηχανή σε μικρότερη ταχύτητα μετά την αύξηση του φορτίου της. Κατά 44 την περίοδο ελάττωσης φορτίου, αυξάνεται η τάση των ελατηρίων επί των αντίβαρων με την περιστροφή του άξονα ρύθμισης, με επακόλουθο η μηχανή να εξακολουθεί να λειτουργεί με μεγαλύτερη ταχύτητα. Γενικά, η στιγμιαία αύξηση ή μείωση της ταχύτητας πρέπει να διαχωρίζεται από την σταθερή ρυθμιζόμενη αύξησή του. Η πρώτη παρουσιάζεται προσωρινά κατά την αυξομείωση του φορτίου και μέχρι να ενεργοποιηθεί ο ρυθμιστής.

Τα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη

Τα ανεξάρτητα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη διαθέτουν ρυθμιστές στροφών ισόχρονης λειτουργίας, μικρό βαθμό ανομοιομορφίας και διατάξεις περιορισμού του φορτίου. 49 Τα παράλληλα συνδεδεμένα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη εναλλασσομένου ή συνεχούς ρεύματος διαθέτουν ρυθμιστές με χαρακτηριστικά κλίσεως ταχύτητας, Η τιμή της κλασικής ταχύτητας περιστροφής είναι τέτοια ώστε να επιταχύνεται ισοδιανομή του φορτίου μεταξύ των πετρελαιομηχανών. Στην περίπτωση αυτή η συχνότητα του εναλλασσομένου ρεύματος μπορεί να μεταβάλλεται μαζί με το φορτίο της ταχύτητας κλίσεως. Οι ρυθμιστές των παράλληλων μηχανών πρέπει απαραίτητα να διαθέτουν την ικανότητα ίσης πτώσεως της τάσεως σε όλο το φάσμα του φορτίου. Στην περίπτωση της παράλληλης σύνδεσης με ρυθμιστές κλίσεως ταχύτητας, αν πρέπει να μεταβληθεί η διανομή του φορτίου μεταξύ των πετρελαιομηχανών η μοναδική δυνατότητα είναι να μην αλλάξει την ρύθμιση των στροφών στους ρυθμιστές. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνοντας την τιμή των στροφών σε κάποιο ρυθμιστή, αυξάνεται το φορτίο στη συγκεκριμένη μηχανή και αντίστροφα. Ένας εναλλακτικός τρόπος παράλληλης συνδέσεως, είναι μια μηχανή (master) να εφοδιαστεί με ρυθμιστή ισόχρονης λειτουργίας και οι υπόλοιπες μηχανές (slaves) με ρυθμιστές κλίσεως ταχύτητας περιστροφής. Με τη συγκεκριμένη διάταξη εξασφαλίζεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής, άρα και σταθερής συχνότητας του εναλλασσομένου ρεύματος. Είναι όμως αναγκαίο ο ισόχρονος ρυθμιστής να μπορεί να αποσβήνει τις μεταβολές φορτίου. Σε κάθε περίπτωση, οι κινητήρες των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών εφοδιάζονται και με ρυθμιστή υπερταχύνσεως.

Ναυτική πρόωση

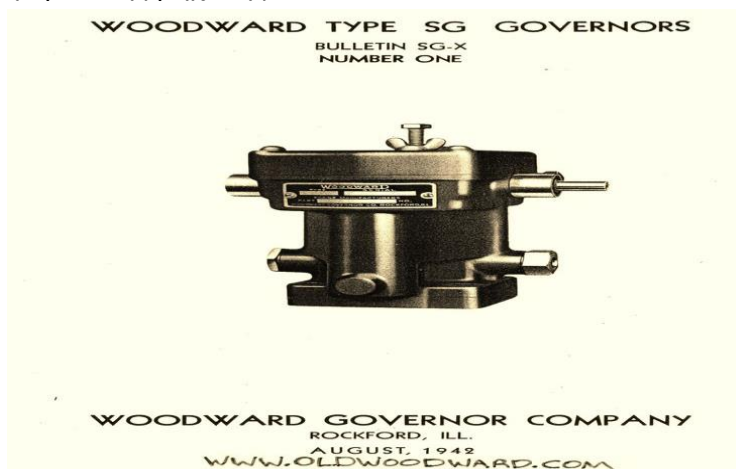
Ο όρος πρόωση πλοίου σημαίνει κίνηση του πλοίου. επικράτησε όμως ν' αναφέρεται μόνο για τα μηχανοκίνητα πλοία, που είναι περισσότερη ελεγχόμενη, έναντι των αλλοτε ιστιοφόρων, (με ιστιοπλοΐα), και κωπήλατων, (με κωπηλασία). 50 Η πρόωση των μηχανοκινήτων πλοίων ξεκίνησε αρχικά με τους πλευρικούς ή πρυμναίο τροχό που ονομάζονταν τροχήλατα. Με την επικράτηση όμως της έλικας πρόωση πλοίου ονομάζεται η κίνηση του πλοίου που επιτυγχάνεται με μία ή περισσότερες έλικες οι οποίες και φέρονται επί αξόνων. Οι άξονες περιστροφής των ελίκων συνδέονται με τις κύριες μηχανές που χρησιμοποιούν ατμό που παρέχεται από τους ατμολέβητες, οι οποίοι και λειτουργούν είτε με καύση, αρχικά, κάρβουνου και εξελικτικά με καύση πετρελαίου, στα λεγόμενα ατμόπλοια, είτε ακόμη και με πυρηνική ενέργεια, όπως στα σύγχρονα πυρηνοκίνητα. Οι ναυτικοί ατμολέβητες που χρησιμοποιούνται για τη πρόωση των πλοίων διακρίνονται σε φλογαυλωτούς και σε υδραυλωτούς. Οι κύριες μηχανές πρόωσης των πλοίων διακρίνονται και αυτές σε παλιδρομικές (μονής, διπλής, τριπλής και τετραπλής εκτόνωσης), σε ατμοστροβίλους κοινώς τουρμπίνες, σε ηλεκτροκινητήρες, σε μηχανές ντήζελ και σε αεροστροβίλους (αεροτουρμπίνες). Οι χώροι που βρίσκονται οι κύριες μηχανές και ατμολέβητες ονομάζονται αντίστοιχα στο πλοίο μηχανοστάσια και λεβητοστάσια. Η πρόωση μικρότερων μηχανοκινήτων σκαφών γίνεται με πετρελαιομηχανές ή βενζινομηχανές χαρακτηριζόμενες ανάλογα εκ της θέσης τους σε εσωλέμβιες, εσω- εξωλέμβιες και εξωλέμβιες μηχανές. Κοινά μέσα πρόωσης των πάσης φύσεως μηχανοκινήτων πλοίων και σκαφών είναι η έλικα και το πηδάλιο, με κάποιες εξαιρέσεις όπως τα αερόστρωμα, κοινώς "χόβερκραφτς" Στην περίπτωση των κύριων ναυτικών πετρελαιομηχανών χρησιμοποιούνται από απλούς ρυθμιστές υπερταχύνσεως έως πολύπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου στο κινητήρα. Λόγω της παρουσίας της έλικας, στην περίπτωση μηχανών με απευθείας σύνδεση με έλικα σταθερού βήματος, το σύστημα είναι ευσταθές, οπότε ο έλεγχος των στροφών μπορεί να γίνει με απλή μετακίνηση του ρυθμιστικού κανόνα των αντλιών καυσίμου του κινητήρα. Υπάρχει βέβαια οπωσδήποτε ρυθμιστής υπερταχύνσεως για την προστασία της μηχανής στην περίπτωση που γίνει υπέρβαση των μέγιστων στροφών, λόγω αποκαλύψεως της έλικας από έντονο κυματισμό. Στην περίπτωση παράλληλης εγκαταστάσεως μηχανών σε κοινό μειωτήρα που οδηγεί σε μοναδική έλικα μέσω σταθερού συνδέσμου, τοποθετείται ρυθμιστής υπερταχύνσεως. Εάν όμως παρεμβάλλεται ελαστικός σύνδεσμος τότε οι ρυθμιστές έχουν μηχανισμό κλίσεως ταχύτητας περιστροφής, με διάταξη περιορισμού του φορτίου προς αποφυγή υπερφορτίσεως, για την περίπτωση που χρησιμοποιούνται λιγότερες μηχανές από αυτές που είναι διαθέσιμες. Επίσης μπορεί να τοποθετηθεί και διάταξη προστασίας από υπέρβαση του μέγιστου φορτίου της μηχανής. Κύριες μηχανές με έλικα μεταβλητού βήματος, ελέγχονται συχνά από έναν μοχλό προκαθορισμένης σχέσεως στροφών-ταχύτητας, με δύο ρυθμιστές, ο ένας από τους οποίους ελέγχει το καύσιμο της μηχανής και ο άλλος το βήμα της έλικας. Στις πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου τα οποία διαθέτουν περισσότερες εναλλακτικές λειτουργίες και ρυθμίσεις από τους κλασικούς ρυθμιστές στροφών, όπως αυτόματη κράτηση της μηχανής σε περίπτωση βλάβης, ρύθμιση υπερταχύνσεως, σταθεροποίηση ταχύτητας περιστροφής, έλεγχος φορτίου μέσω της αλλαγής του βήματος της έλικας, ισοστάθμιση φορτίου.

Τύποι ρυθμιστών Woodward

Οι κατασκευαστές και χρήστες των μηχανών στηρίζονται στην Woodward για αξιοπιστία και την ακρίβεια που παρέχει. Οι υδραυλικοί ρυθμιστές στροφών της Woodward χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενέργειας, σε μηχανές θαλάσσης, σε αντλίες, σε συμπιεστές, και διάφορες εφαρμογές στα οχήματα και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- **Μικροί ρυθμιστές (small governors).** Είναι απόλυτα αξιόπιστοι και εύκολοι στη χρήση τους. Αυτοί οι ρυθμιστές λειτουργούν με το λάδι της ίδιας της μηχανής σε πίεση περίπου στα 25psi. Υπάρχουν δυο τύποι:

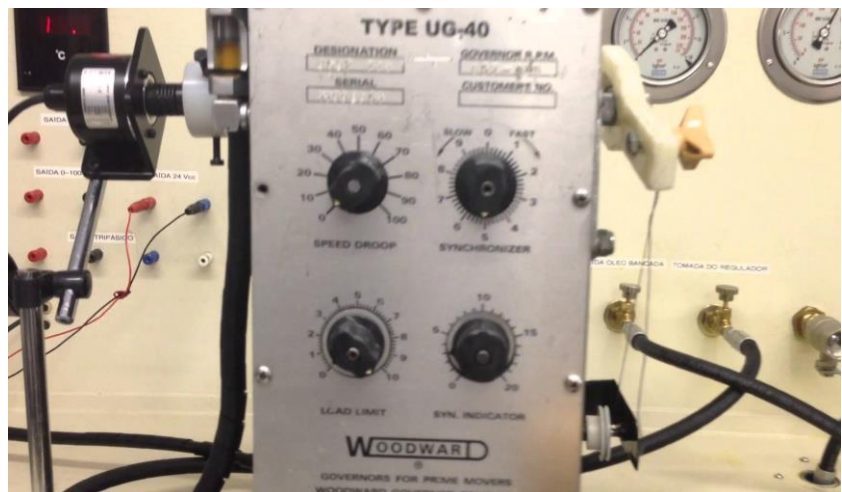
1. Ο **SG GOVERNOR** που είναι σχεδιασμένος για χρήση σε μικρές Diesel μηχανές στις οποίες η ισόχρονη ρύθμιση δεν απαιτείται. Ο SG ρυθμιστής είναι έτσι σχεδιασμένος ώστε να λειτουργεί σε μικρότερη ταχύτητα όταν αυξάνεται το φορτίο της μηχανής.



2. Ο **PSG GOVERNOR** που είναι σχεδιασμένος για χρήση σε μικρές μηχανές και σε μικρούς αεροστροβίλους ή αεροστροβίλους βιομηχανικής χρήσης. Συνηθέστερη είναι η χρήση του σε ηλεκτρογεννήτριες αντλίες ή συμπιεστές.
- **Καθολικοί ρυθμιστές (Universal Governors).** Είναι μηχανικό-υδραυλικοί ρυθμιστές οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε μηχανές diesel gas και dual fuel. Η αποδεδειγμένη αυτή λύση αποτελεί ένα στάνταρ για πολλά χρόνια. Η παγκόσμια αναγνώριση τους παρέχει εύκολη εξυπηρέτηση στα περισσότερα καταστήματα. Οι UG ρυθμιστές έχουν την δική τους παροχή λαδιού ενώ παίρνουν κίνηση από έναν οδηγό που συνδέεται με τη μηχανή ή τον στρόβιλο. Μπορούν να λειτουργήσουν είτε ισόχρονα είτε με φθίνουσα ταχύτητα. Έχουν μια τεράστια επιλογή σε χαρακτηριστικά ανάλογα με την χρήση τους και οι στρόφές τους κυμαίνονται από 1500 έως 1600.
 1. Ο **UG 25+** είναι ένας ρυθμιστής ο οποίος ελέγχεται από μικροεπεξεργαστή και παρέχει βελτιωμένες λειτουργίες έλεγχου. Χρησιμοποιείται σε μηχανές diesel, dual fuel και σε αεροστροβίλους και βοηθά στην καλύτερη χρήση του φορτίου της μηχανής.



2. Ο **UG 40** είναι ρυθμιστής σχεδιασμένος για χρήση σε μεγάλες μηχανές Dual Fuel και σε μεγάλες εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων και αεροστροβίλων. Οι στροφές λειτουργίας κυμαίνονται από 350 έως 1300.



Βιβλιογραφία

- Παρουσίαση του Καθηγητή, Δρ. Ηλ. Μηχ.& Μηχ. Η/Υ κ. Γουργούλη
- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΑΕΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ)
- Βιβλίο Μεκ Ευθ. Α. Βουσούρα
- Manuals woodward governors απο πλοία
- www.woodward.com Επίσημος ιστότοπος
- Μηχανές Sulzer R.N.D και R.T.A
- Μηχανές εσωτερικής καύσης εκδόσεις ΑΕΤΟΣ
- www.marinediesels.co.uk
- Πτυχιακή εργασία Σπύρου Απότα
- Ατμομηχανές Βιβλίο Ιδρύματος Ευγενίδιου
- Ναυτικοί κινητήρες Κύραττος Α' μηχανικός