

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΒΙΚΤΩΡ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ (4350)

ΣΠΥΡΟΣ ΑΠΟΤΑΣ (4419)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΙΛΙΤΙΔΗΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2013

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΒΙΚΤΩΡ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ (4350)

ΣΠΥΡΟΣ ΑΠΟΤΑΣ (4419)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας.

Ο καθηγητής

Περίληψη

Η κύρια μονάδα ελέγχου για κάθε κινητήρα είναι το governor. Προσαρμόζει ή ελέγχει τις στροφές του κινητήρα σε κάποια σταθερή τιμή ενώ η ισχύς εξόδου αλλάζει για να καλύψει τη ζήτηση. Αυτό επιτυγχάνεται από τον governor προσαρμόζοντας αυτόματα τον κινητήρα αντλίας καυσίμου για να πληροί το επιθυμητό φορτίο, τη ρυθμισμένη ταχύτητα. Το governor για κινητήρες ντίζελ συνήθως αποτελείται από δύο συστήματα: η ταχύτητα ρύθμισης ευαισθησίας και μια υδραυλική μονάδα που λειτουργεί με αντλίες καυσίμου για να αλλάζει την απόδοση ισχύος του κινητήρα.

Ένα συγκρότημα βαριδίου χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει τις στροφές του κινητήρα. Δύο αντίβαρα τοποθετούνται σε πλάκα ή ballhead που περιστρέφεται γύρω από ένα κάθετο άξονα και οδηγούνται από ένα γρανάζι. Η δράση της φυγόκεντρης δύναμης ρίχνει το βάρος προς τα έξω, αυτό αίρει τον κάθετο άξονα και συμπιέζει το ελατήριο έως ότου η κατάσταση ισορροπίας επιτυγχάνεται. Η θέση ισορροπίας ή η ρυθμισμένη ταχύτητα, μπορεί να αλλαχθεί με την ταχύτητα ρυθμίσεως που επενργεί στην συμπίεση του ελατηρίου.

Καθώς οι στροφές του κινητήρα αυξάνουν το βάρος μετακινείται προς τα έξω και ανασηκώνεται η άτρακτος, μια μείωση των στροφών θα χαμηλώσει την άτρακτο. Η υδραυλική μονάδα είναι συνδεδεμένη με αυτή την κάθετη άτρακτος και ενεργεί ως πηγή ισχύος για τη μετακίνηση του ελεγκτή καυσίμου.

Abstract

The principal control unit on any engine is the governor. It adjusts or controls the engine speed at some fixed value while power output changes to meet demand. This is achieved by the governor automatically adjusting the engine fuel pump settings to meet the desired load at the set speed. Governors for diesel engines are usually made up of two systems: a speed sensing arrangement and a hydraulic unit which operates on the fuel pumps to change the engine power output.

A flyweight assembly is used to detect engine speed. Two flyweights are fitted to a plate or ballhead which rotates about a vertical axis driven by a gearwheel. The action of centrifugal force throws the weights outwards, this lifts the vertical spindle and compresses the spring until an equilibrium situation is reached. The equilibrium position or set speed may be changed by the speed adjustment which alters the spring compression.

As the engine speed increases the weights move outwards and raise the spindle, a speed decrease will lower the spindle.

The hydraulic unit is connected to this vertical spindle and acts as a power source to move the engine fuel controls.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο : Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών	6
Οι ρυθμιστές στροφών “Governor”	6
Περιγραφή ενός υδραυλικού ρυθμιστή στροφών	7
Βασική αρχή λειτουργίας ενός ρυθμιστή στροφών	8
Είδη ρυθμιστών στροφών	14
1.4.1 Μηχανικός ρυθμιστής στροφών	14
1.4.2 Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών.....	16
1.4.3 Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών.....	18
Χαρακτηριστικά ρυθμιστών στροφών	19
1.5.1 Μονάδα καθορισμού στροφών	19
1.5.2 Μονάδα πίεσης λαδιού	20
1.5.3 Φυγόκεντρος ελεγκτής στροφών	21
1.5.4 Μονάδα απόσβεσης ταλαντώσεων	26
1.5.5 Επενεργητής στροφών	27
1.5.6 Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας των ρυθμιστών στροφών	28
1.6 Πλεονεκτήματα ρυθμιστών στροφών	31
Κεφάλαιο 2ο : Ο υδραυλικός ρυθμιστής Woodward.....	33
2.1 Ιστορικά στοιχεία.....	33
2.2 Βασική περιγραφή του μηχανισμού.....	33
2.3 Η λειτουργία του μηχανισμού.....	40
2.4 Η ρύθμιση του μηχανισμού στροφών (Speed Droop)	43
2.5 Τρόπος ρύθμισης.....	45
2.6 Κανονισμοί ελαίου για τη λειτουργία του ρυθμιστή	48
2.7 Τα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη	48
2.8 Ναυτική πρόωση.....	49
2.9 Τύποι ρυθμιστών Woodward	52
2.9.1 Μικροί ρυθμιστές (small governors)	53
2.9.2 Καθολικοί ρυθμιστές (Universal Governors)	53
2.9.3 Ρυθμιστές στροφών για Ατμοστρόβιλους.....	54
Βιβλιογραφία	56

Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών

Οι ρυθμιστές στροφών “Governor”

Η ανάγκη χρησιμοποίησης ρυθμιστή στροφών είναι άμεση στην εκκίνηση μιας πετρελαιομηχανής. Ο ρόλος του είναι να ρυθμίζει την παροχή του καυσίμου σε συγκεκριμένη και σταθερή τιμή. Αν δεν υπάρχει κάτι τέτοιο, τότε ο κινητήρας θα επιταχύνει συνέχεια και στη συνέχεια θα καταστραφεί. Έτσι, επινοήθηκε ένας μηχανισμός, ο ρυθμιστής στροφών, ο οποίος ελέγχει τις στροφές του κινητήρα ανάλογα με το φορτίο. Αποτελεί επίσης ένα τύπο ασφάλειας για όταν ξεενερίζει ή βυθίζετε η έλικα του πλοίου και αυξάνουν ή μειώνουν οι στροφές υπερβολικά. Αυτή η μεταβολή μπορεί να κόψει τελείως την παροχή καυσίμου στην μηχανή μέχρι να επανέλθουν οι στροφές στα ίδια επίπεδα. Ο εν λόγω μηχανισμός ονομάζεται ρυθμιστής στροφών ενώ διεθνώς καλείται GOVERNOR.

Ανάλογα με τον τρόπο που θα χρησιμοποιήσουμε τους ρυθμιστές στο σύστημα καυσίμου διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Μηχανικούς ή άμεσου ρυθμίσεως
- Υδραυλικούς ή εμμέσου ρυθμίσεως

Οι μηχανικοί ρυθμιστές χρησιμοποιούνται όταν πρέπει να τοποθετηθούν κοντά στο σύστημα καυσίμου και οι δυνάμεις που ασκούνται είναι μικρές

Ενώ, αντίθετα, όταν οι δυνάμεις είναι μεγάλες και πρέπει να τοποθετηθεί σε μακρινή απόσταση, τότε χρησιμοποιούνται οι υδραυλικοί ρυθμιστές στροφών όπως αυτοί που θα εξετάσουμε και θα δούμε παρακάτω.

Περιγραφή ενός υδραυλικού ρυθμιστή στροφών

Οι βασικές μονάδες ενός ρυθμιστή στροφών είναι οι εξής :

- Χειροκίνητη τοπική μονάδα μετάδοσης επιθυμητών στροφών. Σε αυτή τη μονάδα ο χειριστής καλείται να εισάγει τοπικά επί του ρυθμιστή για το κατάλληλο περιστρεφόμενο κομβίο την επιθυμητή τιμή των στροφών ανά λεπτό, με τους οποίους επιθυμεί να εργάζεται η μηχανή. Η επιθυμητή αυτή τιμή rpm μεταδίδεται έπειτα στην μονάδα καθορισμού rpm μηχανικώς με την βοήθεια ενός συστήματος καταλλήλων μοχλών.
- Μονάδα καθορισμού στροφών ανά λεπτό. Η μονάδα αυτή τροφοδοτείται συνεχώς με λάδι υπό πίεση, το οποίο προέρχεται από την μονάδα πίεσεως του λαδιού. Επιπρόσθετα, η μονάδα αυτή, όταν ενεργοποιηθεί από μια από τις προαναφερθείσες μονάδες, στέλνει ένα σήμα υπό μορφή πίεσεως λαδιού στο φυγόκεντρο ελεγκτή rpm μέσω του οποίου και καθορίζεται ο επιθυμητός σταθερός αριθμός rpm. Τέλος, η μονάδα καθορισμού στροφών τροφοδοτείται και από ένα άλλο μηχανικό σήμα (με την βοήθεια συστήματος μοχλών) προερχόμενο από τον επενεργητή rpm και το φυγόκεντρο ελεγκτή, το οποίο και πληροφορεί τη μονάδα ότι η διαταραχθείσα κίνηση εκτελέστηκε και συνεπώς δε χρειάζεται περαιτέρω διορθωτική δράση.
- Μονάδα δημιουργίας πίεσεως λαδιού. Η μονάδα αυτή αποτελείται από μία αντλία εξαρτημένη και από μία κατάλληλη διάταξη σταθερής τήρησης της πίεσης και κατάθλιψης λαδιού που αναρροφάται από την αντλία ελαιολεκάνης. Το καταθλιβόμενο από την αντλία λάδι σταθερής πίεσης οδηγείται στην μονάδα καθορισμού και στη συνέχεια στο φυγόκεντρο ελεγκτή.

- Φυγόκεντρος ελεγκτής στροφών. Η μονάδα αυτή ενεργοποιείται κυρίως από τον άξονα μιας μηχανής από την οποία και λαμβάνει κίνηση. Μέσω κατάλληλων οδοντωτών τροχών, τροφοδοτείται συνεχώς με λάδι υπό πίεση το οποίο προέρχεται από την μονάδα πίεσεως καθορισμού rpm.

Βασική αρχή λειτουργίας ενός ρυθμιστή στροφών

Η αρχή λειτουργίας των διάφορων 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 ($F=M*w^2*r$)

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. Επιπρόσθετα, 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 κ 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.

Σε έναν άμεσο μηχανικό ρυθμιστή ο ιμάντας είναι συνδεδεμένος με τον μηχανισμό ελέγχου ταχύτητας με σκοπό αυτός να κλείνει όταν τα αντίβαρα κινούνται προς τα έξω. Αξιοσημείωτο είναι ότι η μοναδική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ταχύτητα, την θέση των αντιβάρων και του ιμάντα παύει να υφίσταται όταν προστεθεί η αντίσταση στο σύστημα από την θέση ισορροπίας. Αυτό συμβαίνει επειδή, όσο η ταχύτητα αυξάνεται, η ροπή, λόγω της φυγόκεντρου δύναμης, πρέπει να είναι ίση με το άθροισμα της ροπής λόγω βαρύτητας και ροπής λόγω αντίστασης πριν το σύστημα τεθεί σε κίνηση. Παρομοίως σε μειωμένη ταχύτητα η φυγόκεντρη ροπή πρέπει να μειωθεί σε σημείο ίσο με την ροπή βαρύτητας μείον την ροπή λόγω αντίστασης. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία μιας “νεκρής συχνότητας” ή μιας περιοχής μέσα στην οποία η ταχύτητα μπορεί να περιπλανιέται χωρίς να παράγει διορθωτική κίνηση του μηχανισμού ελέγχου ταχύτητας. Οι προσπάθειες για ελαχιστοποίηση αυτού του φαινομένου είχαν σαν άμεσο αποτέλεσμα τη χρήση τεράστιων σιδερένιων αντιβάρων για τους πρώτους μηχανικούς ρυθμιστές στροφών.



Ανεξάρτητα από τον τύπο του ρυθμιστή, αυτός πρέπει να διαθέτει δύο κύρια χαρακτηριστικά:

- Ακρίβεια λειτουργίας
- 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:

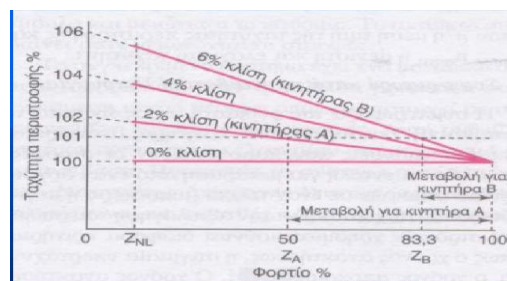
- Κλίση ταχύτητας περιστροφής (speed droop) Η κλίση ταχύτητας περιστροφής είναι μια ιδιότητα που χαρακτηρίζει κάποιον ρυθμιστή στροφών. Αναφέρεται στην καμπύλη της μέγιστης ροπής του κινητήρα σε συνάρτηση με τις στροφές και υπολογίζεται από την σχέση $\delta = (n_{lo} - n_{vo}) / n_{vo} * 100\%$ όπου

δ = η κλίση της ταχύτητας

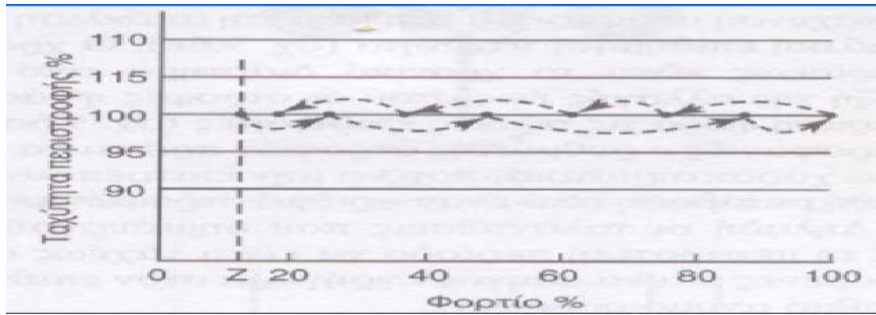
n_{vo} = η μέγιστη ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο

n_{lo} = η μέγιστη ταχύτητα στο ελάχιστο φορτίο.

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)



- Ισόχρονη λειτουργία (isochronous operation). Ο ρυθμιστής στροφών διατηρεί σταθερές στροφές του κινητήρα ανεξαρτήτως φορτίου.



- 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:

$$u = \left(\frac{n_{max} - n}{n} \right) * 100\%$$

Ή

$$u = \left(\frac{(n_{max} - n_{min})}{n} \right) * 100\%$$

Όπου:

n =μέση τιμή ταχύτητας περιστροφής

N_{max}, n_{min} =η μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα



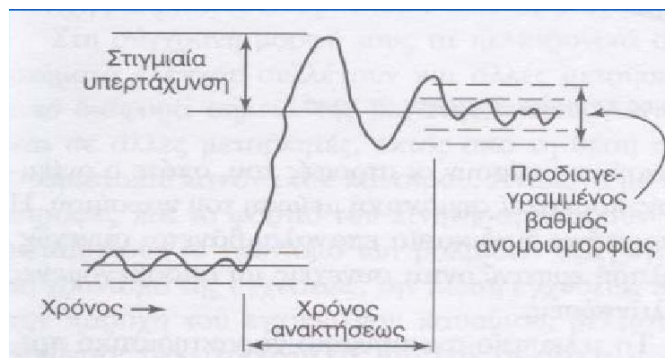
- Συμπεριφορά κατά τη μεταβατική λειτουργία. Η συμπεριφορά αυτή αναφέρεται στις διακυμάνσεις που παρουσιάζουν οι στροφές όταν δίδεται εντολή για μετάβαση από έναν αρχικό αριθμό στροφών σε έναν τελικό (μικρότερο ή μεγαλύτερο του αρχικού).

Για την αξιολόγηση του ρυθμιστή στροφών χρησιμοποιούνται διάφορα κριτήρια όπως ο χρόνος ανακτήσεως, η στιγμιαία υπερτάχυνση, ο χρόνος αποκρίσεως κ.α.

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.



Είδη ρυθμιστών στροφών

1.4.1 Μηχανικός ρυθμιστής στροφών

Η αρχή λειτουργίας του μηχανικού ρυθμιστή στροφών βασίζεται σε δύο σφαιρικά, συνήθως, βάρη που συνδέονται μέσω βραχιόνων με ένα κεντρικό κατακόρυφο άξονα. Μέσω δύο άλλων βραχιόνων, συνδέονται με τον κεντρικό δρομέα ο οποίος ολισθαίνει ελεύθερα κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα που προαναφέρθηκε. Τα βάρη βρίσκονται αντιδιαμετρικά του άξονα και μπορούν να απομακρύνονται από αυτόν χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες αρθρώσεις στα σημεία συνδέσεως των βραχιόνων.

Η ύπαρξη του κεντρικού δρομέα ευνοεί τη συμμετρική μετακίνηση των βαρών ως προς τον κεντρικό άξονα. Ο άξονας έχει την ικανότητα να περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής. Λόγω περιστροφής, η αδρανειακή φυγόκεντρος δύναμη απομακρύνει τα βάρη από τον κεντρικό άξονα, μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο ισορροπίας, το οποίο καθορίζεται από τρεις παράγοντες: από την μάζα τους, την ταχύτητα περιστροφής και τη γωνιακή θέση των βραχιόνων. Σε κάθε σημείο ισορροπίας ισχύει ότι η ροπή του βάρους ως προς την άρθρωση ισούται με τη ροπή της φυγόκεντρης δυνάμεως ως προς την άρθρωση. Έτσι, όσο αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής, τόσο περισσότερο ανυψώνονται τα βάρη, οπότε η διάταξη επιτελεί το ρόλο μετρητή στροφών. Ο δρομέας μπορεί να συνδεθεί με τον ρυθμιστή καυσίμου, ώστε με την άνοδό του να μειώνει την παροχή καυσίμου.

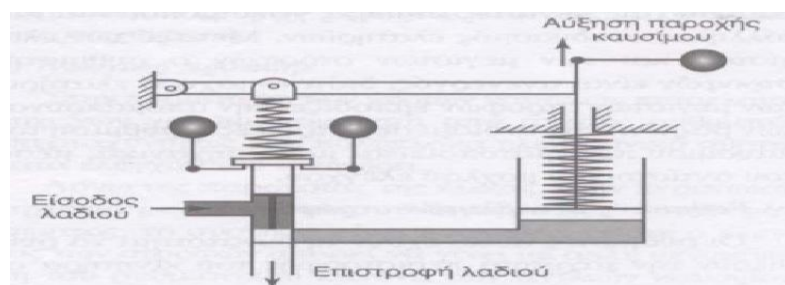
Με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω, μπορεί να επιτευχθεί η ρύθμιση στροφών ώστε μόλις αυτές τείνουν να αυξηθούν με τη μείωση του φορτίου, να μειώνεται αντίστοιχα και η ροπή του κινητήρα, με αποτέλεσμα αυτός να μην επιταχύνει. Στην ιδανική περίπτωση που δεν υπάρχουν τριβές, σε κάθε ταχύτητα περιστροφής αντιστοιχεί ένα μοναδικό σημείο ισορροπίας. Πιο ρεαλιστικά, όμως, η ύπαρξη των τριβών καταργεί αυτή την αντιστοιχία και δημιουργεί ασάφεια στη θέση ισορροπίας για κάθε ταχύτητα περιστροφής. Αυτό συμβαίνει διότι η τριβή αντιστέκεται στην κίνηση, οπότε έχει την ικανότητα να αλλάζει και τη φορά. Έτσι, προκύπτει άλλο σημείο ισορροπίας για δεδομένες στροφές περιστροφής, αν αυτές επιτευχθούν με επιτάχυνση και άλλο αν αυτές επιτευχθούν με επιβράδυνση. Για να μειωθεί αυτή η ασάφεια, στους πρώτους μηχανικούς ρυθμιστές στροφών χρησιμοποιούνταν μεγάλα βάρη, με σκοπό η τριβή που θα δημιουργηθεί να είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις άλλες δυνάμεις του μηχανισμού.

Οι σύγχρονοι μηχανικοί ρυθμιστές στροφών παρουσιάζουν μία αρκετά πιο σύνθετη δομή από αυτή του απλού ρυθμιστή που αναφέρθηκε προηγουμένως. Με την βοήθεια σύνθετων μηχανισμών και ελατηρίων μπορούν να εκτελέσουν ποικίλες λειτουργίες ρυθμίσεως (μέγιστη ταχύτητα περιστροφής, διατήρηση σταθερής ταχύτητας σε όλο το εύρος των στροφών κλπ.) Για να μην υπάρξει περιορισμός ως προς την κατακόρυφη τοποθέτηση του άξονα περιστροφής τους και για να μειωθεί το μέγεθος των βαρών, η κεντρομόλος δύναμη που αντιστέκεται στην αδρανειακή φυγόκεντρο δεν οφείλεται πλέον στη βαρύτητα αλλά στην χρήση κατάλληλων ελατηρίων. Με τον τρόπο αυτό, καθίσταται δυνατή η τοποθέτηση του άξονα περιστροφής σε οριζόντια θέση.

Οι μηχανικοί ρυθμιστές στροφών βρίσκουν εφαρμογή σε όλο το εύρος των πετρελαιομηχανών, από κινητήρες οχημάτων και κινητήρες ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, έως μεγάλους ναυτικούς πετρελαιοκινητήρες.

1.4.2 Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών

Ο περιστρεφόμενος μηχανικός ρυθμιστής δε σχετίζεται με το ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου, αλλά ελέγχει μία υδραυλική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ανάλογα με τη θέση της, επιτρέπει την είσοδο υδραυλικού υγρού υπό πίεση στο κύκλωμα ή την απομάκρυνση του προς την επιστροφή. Με την κάθοδο της βαλβίδας επιτρέπεται η είσοδος υδραυλικού υγρού. Έτσι, αυξάνεται η πίεση σε κατάλληλο έμβολο, το οποίο αυξάνει την παροχή καυσίμου. Με την άνοδο της βαλβίδας ανοίγει η επιστροφή και μειώνεται η πίεση στο έμβολο οπότε το ελατήριο το απομακρύνεται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παροχής καυσίμου. Όταν οι στροφές αυξάνονται συμβαίνουν διαδοχικά τα παρακάτω: τα αντίβαρα απομακρύνονται, η βαλβίδα ανέρχεται, το υδραυλικό υγρό διαφεύγει, η πίεση μειώνεται, το έμβολο κατέρχεται και τελικά το καύσιμο μειώνεται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν οι στροφές μειώνονται.



Το συγκεκριμένο σύστημα έχει ένα μοναδικό σημείο ισορροπίας, όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην ενδιάμεση νεκρή σχέση. Η σχέση αυτή αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής, η οποία ρυθμίζεται από την τάση του ελατηρίου στο μηχανισμό με τα αντίβαρα. Προφανώς το σύστημα αυτό κατέχει την ιδιότητα της ισόχρονης λειτουργίας, αλλά δυστυχώς είναι και ασταθές, λόγω της αρχής αποκρίσεως της μηχανής κατά την αύξηση της παροχής καυσίμου. Αν πέσουν, λοιπόν, οι στροφές και αντιδράσει ο ρυθμιστής αυξάνοντας το καύσιμο, θα αργήσει να ανταποκριθεί ο κινητήρας, οπότε ήδη ο ρυθμιστής καυσίμου θα έχει μετακινηθεί κατά πολύ και η μηχανή θα συνεχίζει να επιταχύνει. Σε αυτήν την περίπτωση η βαλβίδα μετακινείται από την άλλη πλευρά και μειώνει το καύσιμο, αλλά λόγω της

αδράνειας του κινητήρα αργούν να πέσουν οι στροφές του. Ο ρυθμιστής, στη συνέχεια, προκαλεί σημαντική μείωση του καυσίμου. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς δηλαδή εμφανίζονται ταλαντώσεις συνεχείς και μη αποσβενομένες.

Αυτό το ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό πρέπει να αφαιρεθεί, αν θέλουμε να έχει ο ρυθμιστής πρακτική εφαρμογή. Για να διορθωθεί αυτό εισάγουμε στον ρυθμιστή χαρακτηριστικά κλίσεως ταχύτητας περιστροφής, με χρήση διάφορων μηχανισμών, ώστε να αντισταθμίζεται μερικώς η διέγερση που προκαλεί. Ένας τέτοιος απλός μηχανισμός συνδέει, χρησιμοποιώντας ένα μοχλό, το ελατήριο του μηχανικού ρυθμιστή και το έμβολο. Έτσι, πλέον, όταν αυξάνεται το καύσιμο με την άνοδο του εμβόλου, μειώνεται ταυτόχρονα και η συμπίεση του ελατηρίου, οπότε η βαλβίδα τείνει να επιστρέψει στη νεκρή θέση. Αντίστοιχα, όταν μειώνεται το καύσιμο με την κάθοδο του εμβόλου, μέσω του μοχλού, το ελατήριο συμπιέζεται και η βαλβίδα τείνει επίσης να επιστρέψει στη νεκρή θέση, αντισταθμίζοντας την κίνηση του εμβόλου.



1.4.3 Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών

Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών στην πιο απλή του μορφή αποτελείται από έναν αισθητήρα, που μετρά τις στροφές του κινητήρα (ή επιπρόσθετα και το φορτίο), 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 (διαφορά), αυτό ενισχύεται από κατάλληλο ενισχυτή και οδηγείται προς τον επενεργητή, με σκοπό είτε την αύξηση είτε τη μείωση της παροχής καυσίμου, ανάλογα με το πρόσημο του σφάλματος. 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.

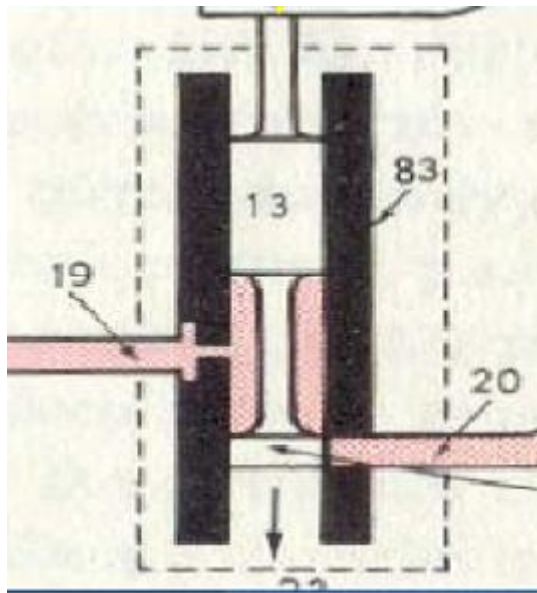
Στη σύγχρονη μορφή τους τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν και άλλες μετρήσεις από διάφορα σημεία της μηχανής, επενεργώντας και σε άλλες μεταβλητές, εκτός από τη θέση του ρυθμιστικού κανόνα του καυσίμου. Ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα, είναι δυνατόν να μεταβάλλουν το χρονισμό των βαλβίδων εξαγωγής, το χρονισμό της εγχύσεως, την πίεση εγχύσεως και την παροχή του εγχυόμενου καυσίμου, αριστοποιώντας τη λειτουργία της μηχανής σε όλα τα φορτία και σε όλο το εύρος των στροφών (ακόμη και κατά τη ανάστροφη λειτουργία).



Χαρακτηριστικά ρυθμιστών στροφών

1.5.1 Μονάδα καθορισμού στροφών

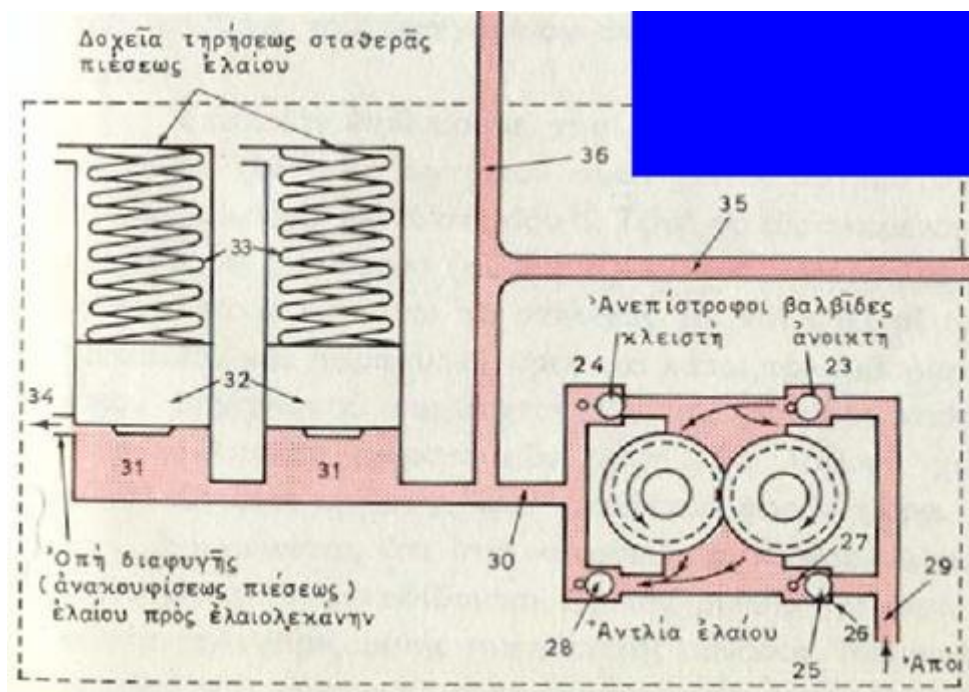
Η μονάδα καθορισμού στροφών ενεργοποιείται είτε από το χειροκίνητο, είτε από το πνευματικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με λάδι σταθερής πίεσεως που προέρχεται από τη μονάδα πίεσης λαδιού. Στη μονάδα αυτή επιστρέφουν δύο σήματα: ένα από τον επενεργητή και ένα από το φυγοκεντρικό ελεγκτή που ενημερώνουν 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.



Παραπάνω παρουσιάζεται σχηματικά η μονάδα καθορισμού στροφών. 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.

1.5.2 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.

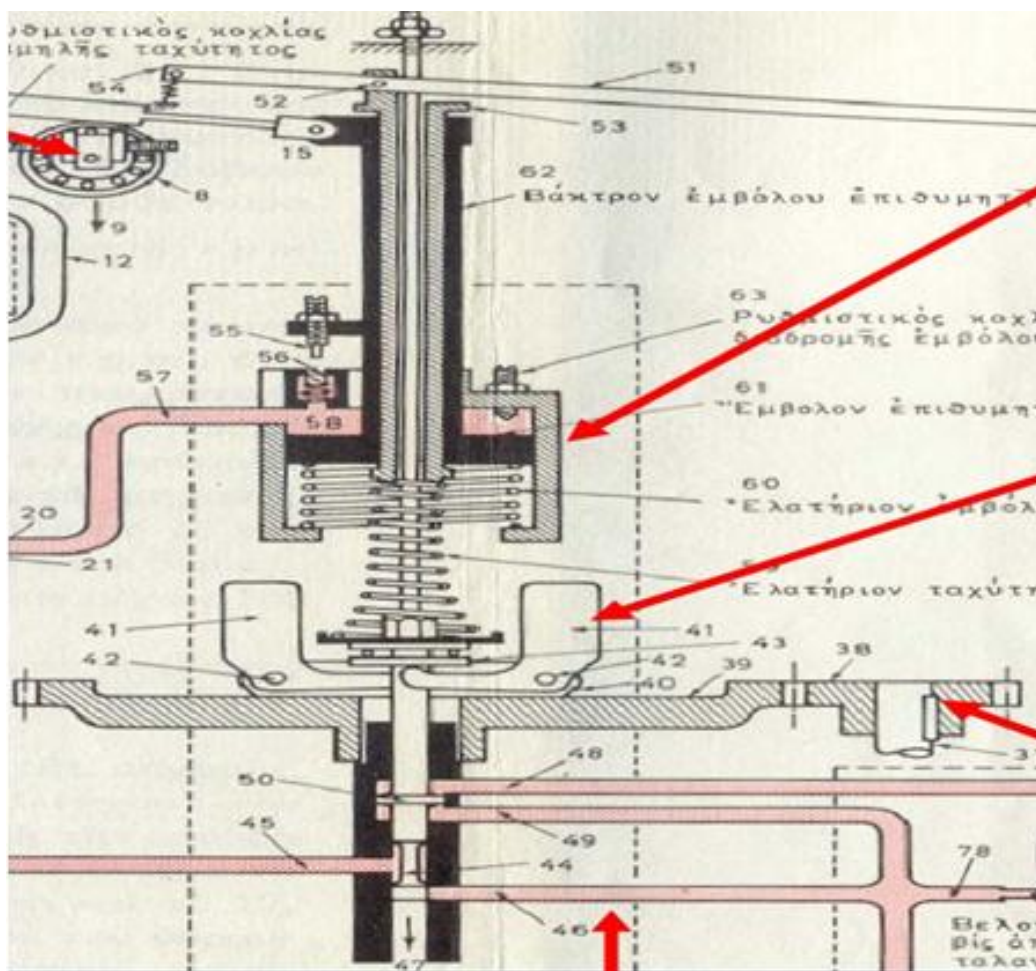


Επίσης, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, τοποθετούνται τέσσερις βαλβίδες ανεπίστροφες με σκοπό να είναι η αναρρόφηση (θέση 29) και η κατάθλιψη (θέση 30) η ίδια είτε η μηχανή κινείται πρόσω είτε ανάποδα.

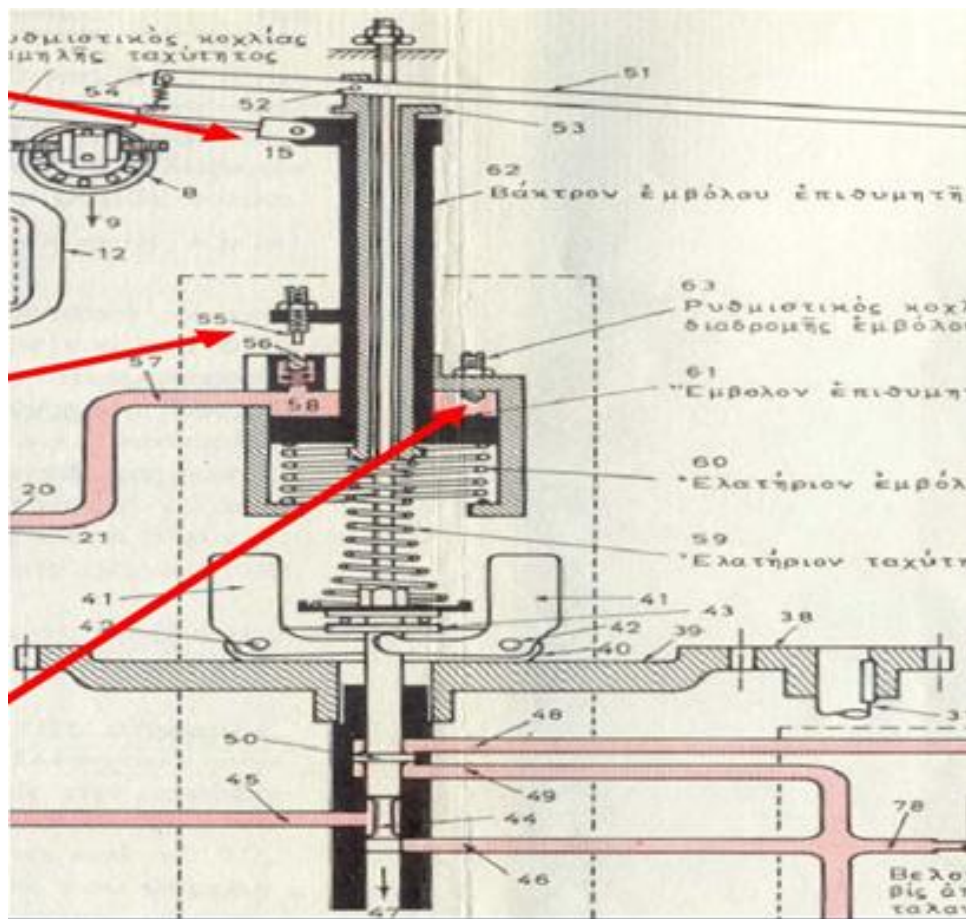
Έτσι, όταν η μηχανή κινείται πρόσω οι βαλβίδες 23 και 28 ανοίγουν, ενώ οι βαλβίδες 24 και 26 κλείνουν. Στην περίπτωση τώρα που η μηχανή κινείται ανάποδα, πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή οι βαλβίδες 24 και 26 ανοίγουν, ενώ οι βαλβίδες 23 και 28 κλείνουν.

1.5.3 Φυγόκεντρος ελεγκτής στροφών

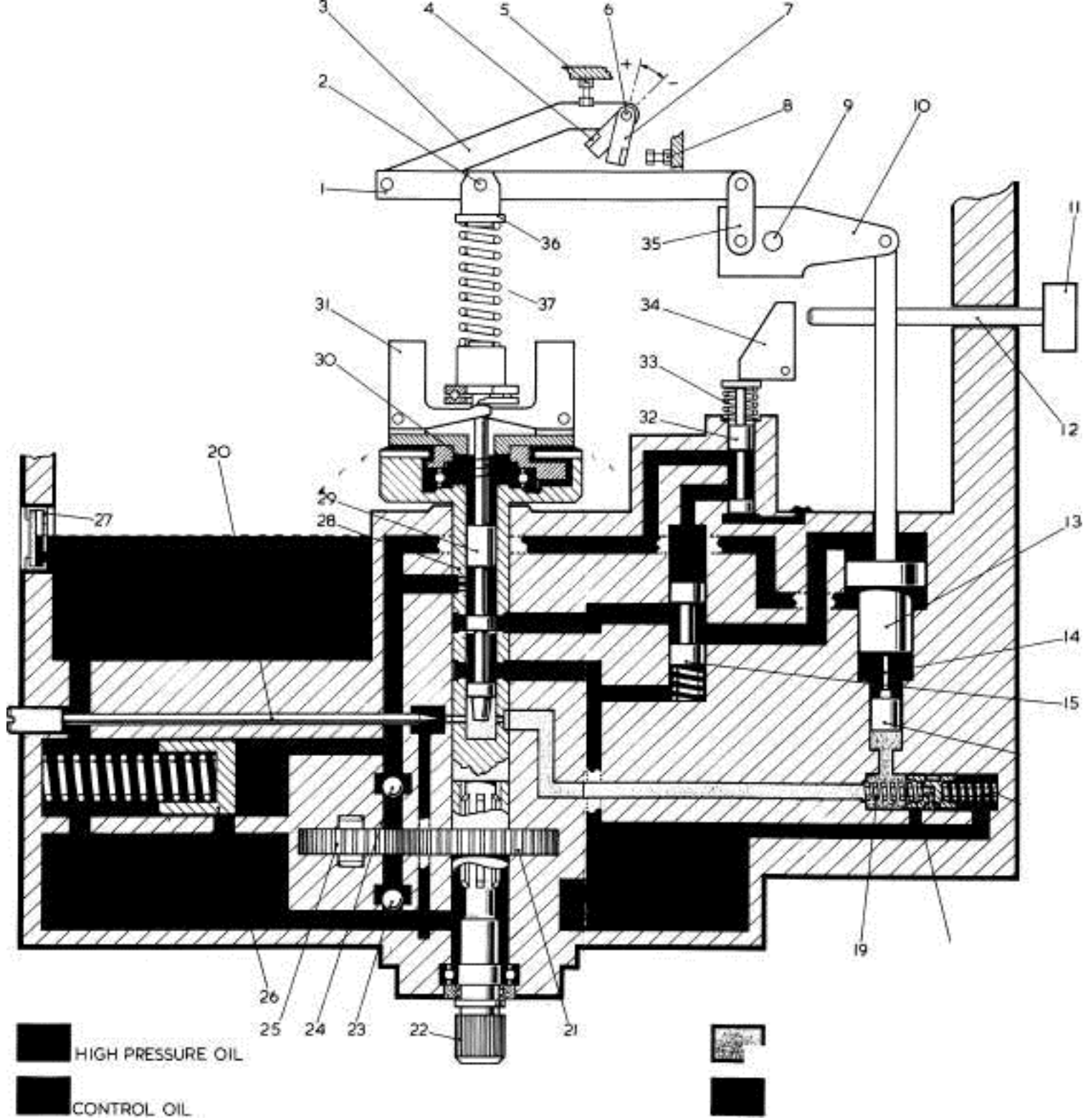
Η λειτουργία του φυγόκεντρου ελεγκτή στροφών περιγράφεται με την παρακάτω διαδικασία. Όταν έχουμε μείωση ή αύξηση των στροφών, τα αντίβαρα, λόγω του εμβόλου επιθυμητής ταχύτητας, ανοίγουν προς τα έξω ή κλείνουν προς τα μέσα αντίστοιχα. Όταν, λοιπόν, αυξάνουν οι στροφές, τα αντίβαρα ανοίγουν προς τα έξω και στη συνέχεια δίνεται εντολή να μειωθούν οι στροφές, δηλαδή να κλείσουν προς τα μέσα.

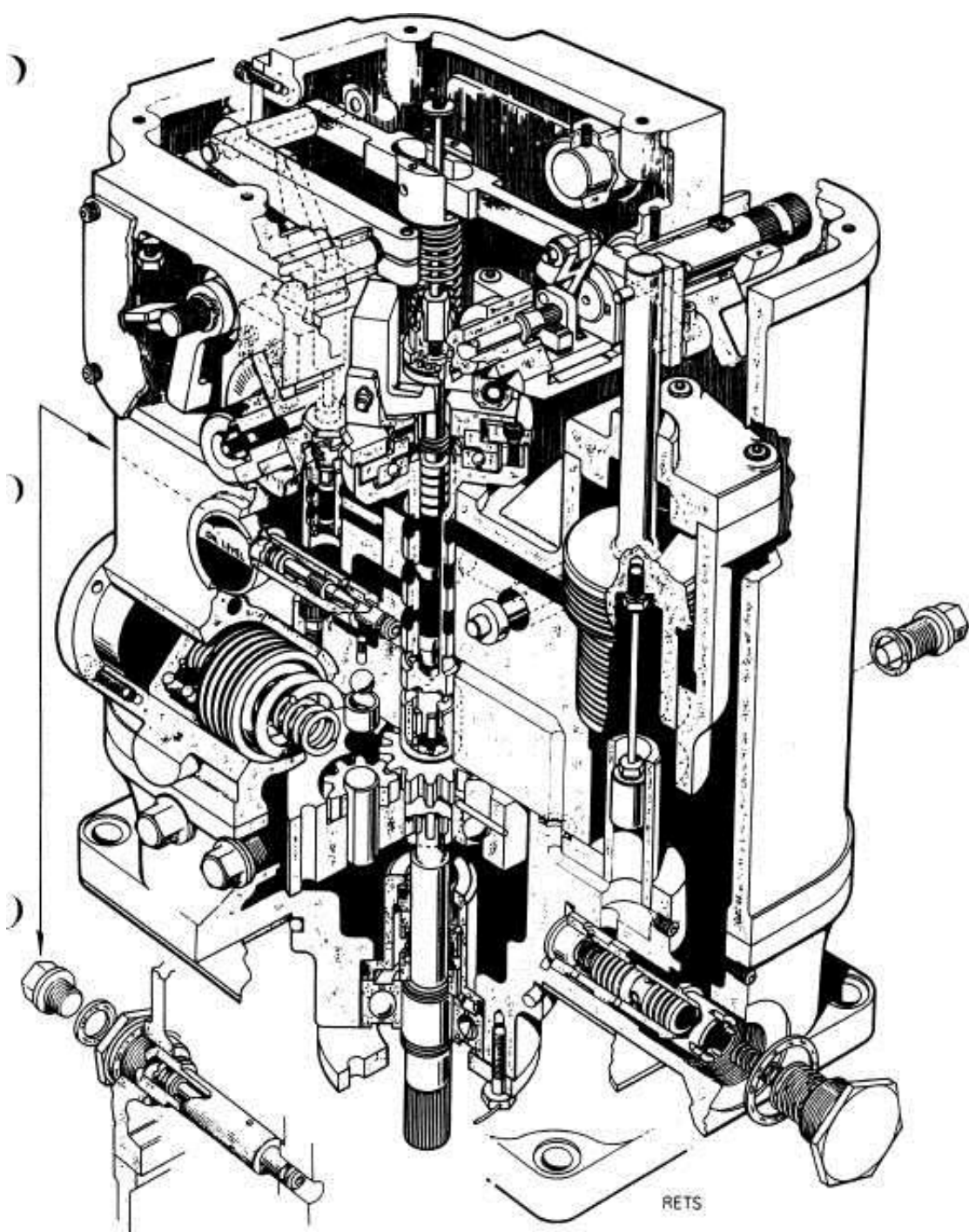


Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η θέση 20 τροφοδοτείται με λάδι μεταβλητής πίεσης από τη μονάδα καθορισμού στροφών και με λάδι σταθερής πίεσης από τη μονάδα πίεσης λαδιού που φαίνεται στη θέση 45. Στην θέση 8 γίνεται ο καθορισμός της ευαισθησίας του P. Επιπρόσθετα, η μονάδα στη θέση 37 παίρνει κίνηση 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.



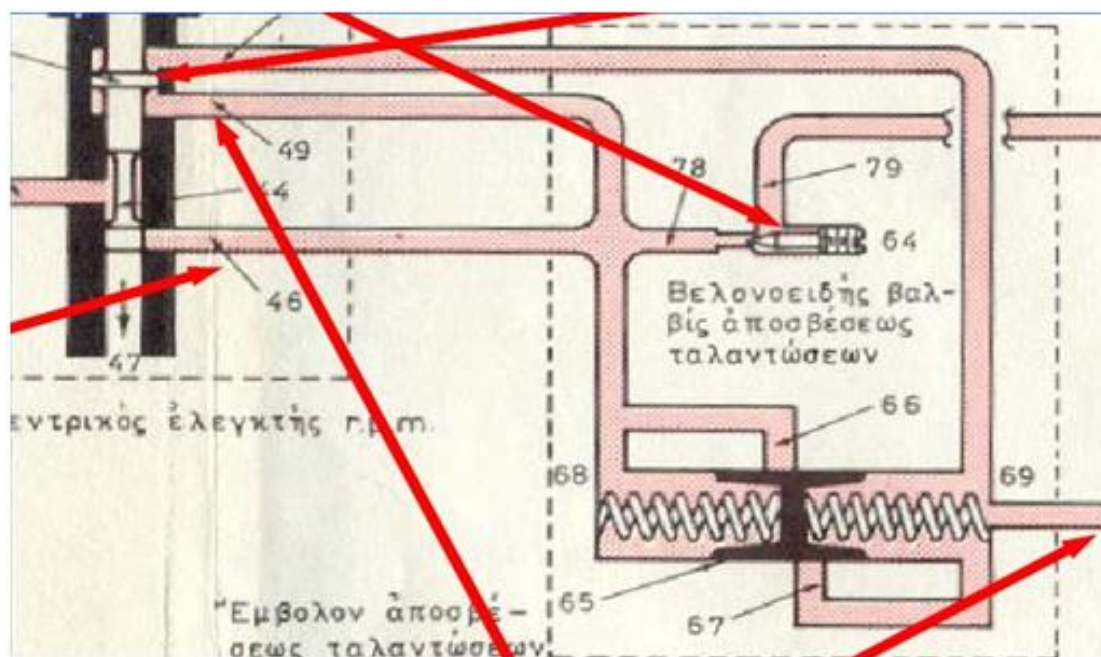
Ο ρυθμιστικός κοχλίας στέλνει τα εξής σήματα: Αρχικά στέλνει σήμα στη μονάδα καθορισμού στροφών, στη συνέχεια στο βάκτρο εμβόλου αλλά και σε άλλα σημεία προκειμένου να ενημερωθούν για την εκτέλεση της εντολής καθορισμού των στροφών. Καθώς ο κοχλίας 55 κινείται μαζί με το βάκτρο, προσδιορίζει τη μέγιστη 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.





1.5.4 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.

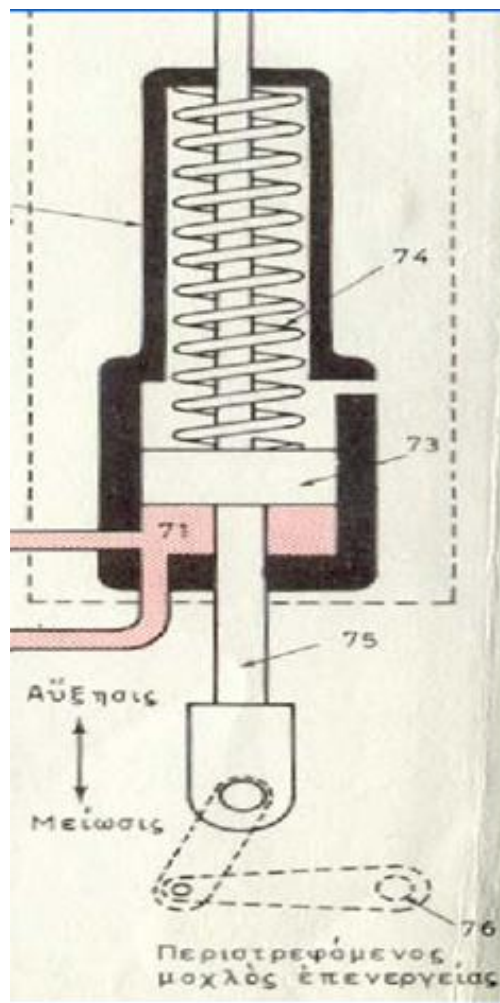


Η αργή διαφυγή λαδιού επιτυγχάνεται, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, λόγω της βελονοειδούς βελόνας. Έτσι, το λάδι κατευθύνεται με αργούς ρυθμούς από τον σωλήνα 78 προς τον σωλήνα 79 με σκοπό την εξισορρόπηση των πιέσεων στον δακτύλιο 50 του φυγοκεντρικού ελεγκτή. Σε εκείνο το σημείο γίνεται και 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

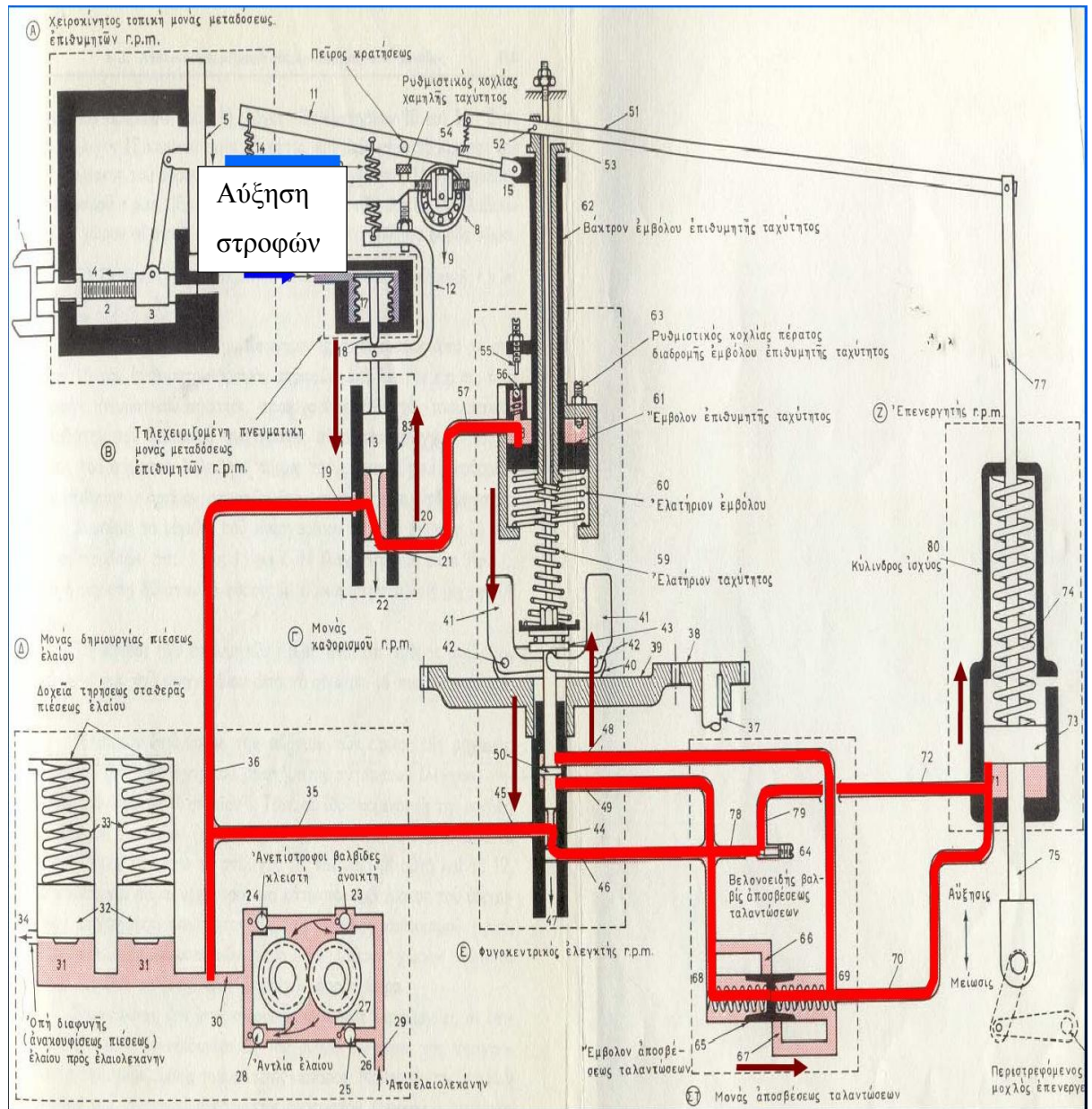
σωλήνα 67 και κατά συνέπεια στο χώρο 69. Δηλαδή η πίεση γίνεται αμφίπλευρα του εμβόλου αποσβέσεως ταλαντώσεων 65. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το έμβολο να επανέλθει στα αριστερά δίνοντας εντολή για λιγότερες στροφές ανά λεπτό. Η ίδια λειτουργία πραγματοποιείται και όταν αυξηθεί υπερβολικά η πίεση στον χώρο 69. Τέλος, στέλνονται δύο σήματα στη θέση 49 και 69, το ένα στον επενεργητή και το άλλο στο φυγόκεντρο ελεγκτή.

1.5.5 Επενεργητής στροφών

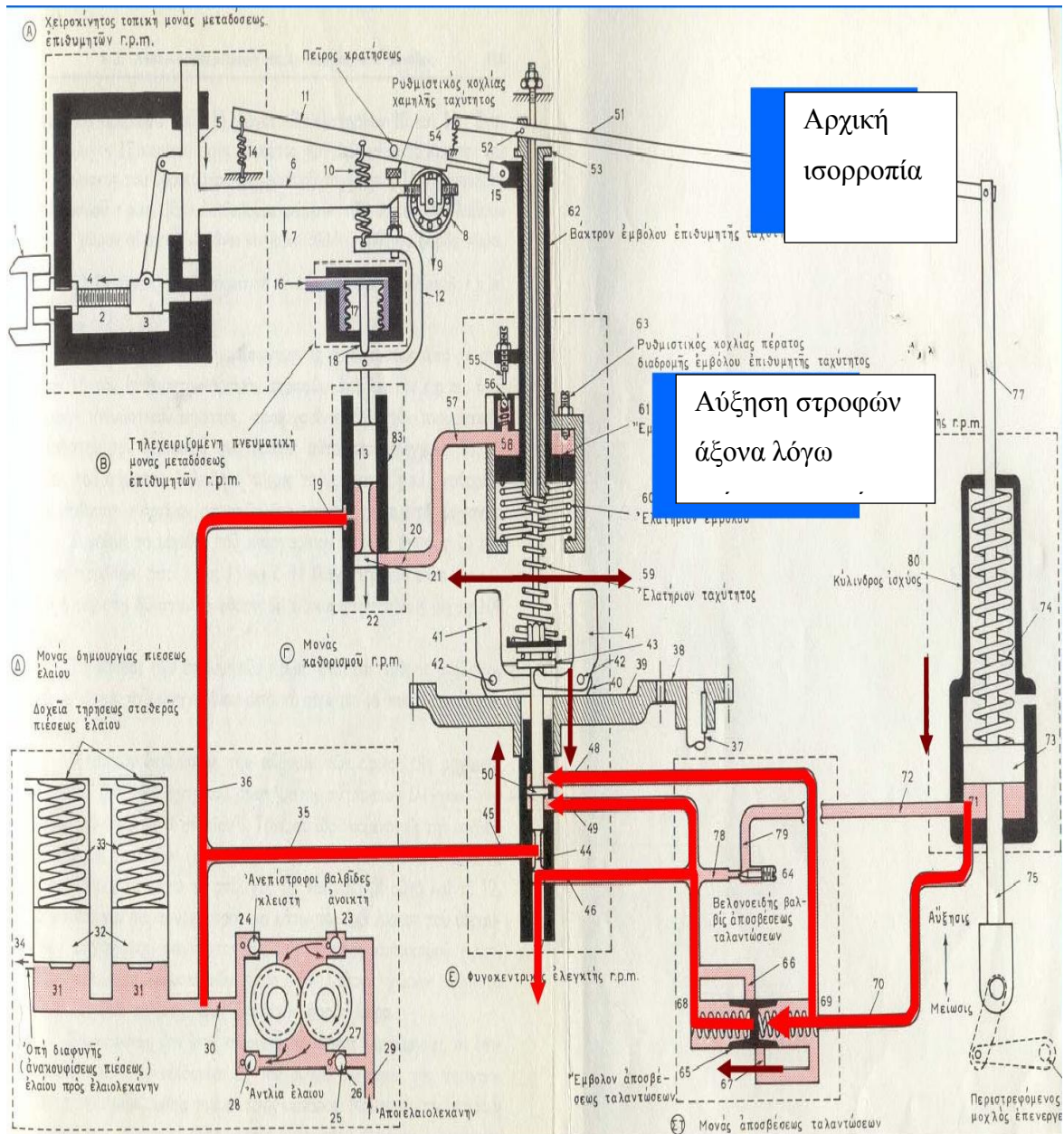
Ο επενεργητής στροφών δέχεται σήμα από τη μονάδα απόσβεσης των ταλαντώσεων και στέλνει σήμα προς τη μηχανή σύμφωνα με το οποίο ρυθμίζεται η παροχή πετρελαίου. Αυτή με τη σειρά της στέλνει δύο σήματα προς τη μονάδα καθορισμού στροφών και το φυγόκεντρο ελεγκτή και πληροφορεί τις μονάδες αυτές για την πορεία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



1.5.6 Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας των ρυθμιστών στροφών



Σχηματική απεικόνιση αύξησης στροφών



Σχηματική απεικόνιση αύξησης στροφών λόγω μείωσης φορτίου

1.6 Πλεονεκτήματα ρυθμιστών στροφών

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

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.



Κεφάλαιο 2^ο : Ο υδραυλικός ρυθμιστής Woodward

2.1 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.

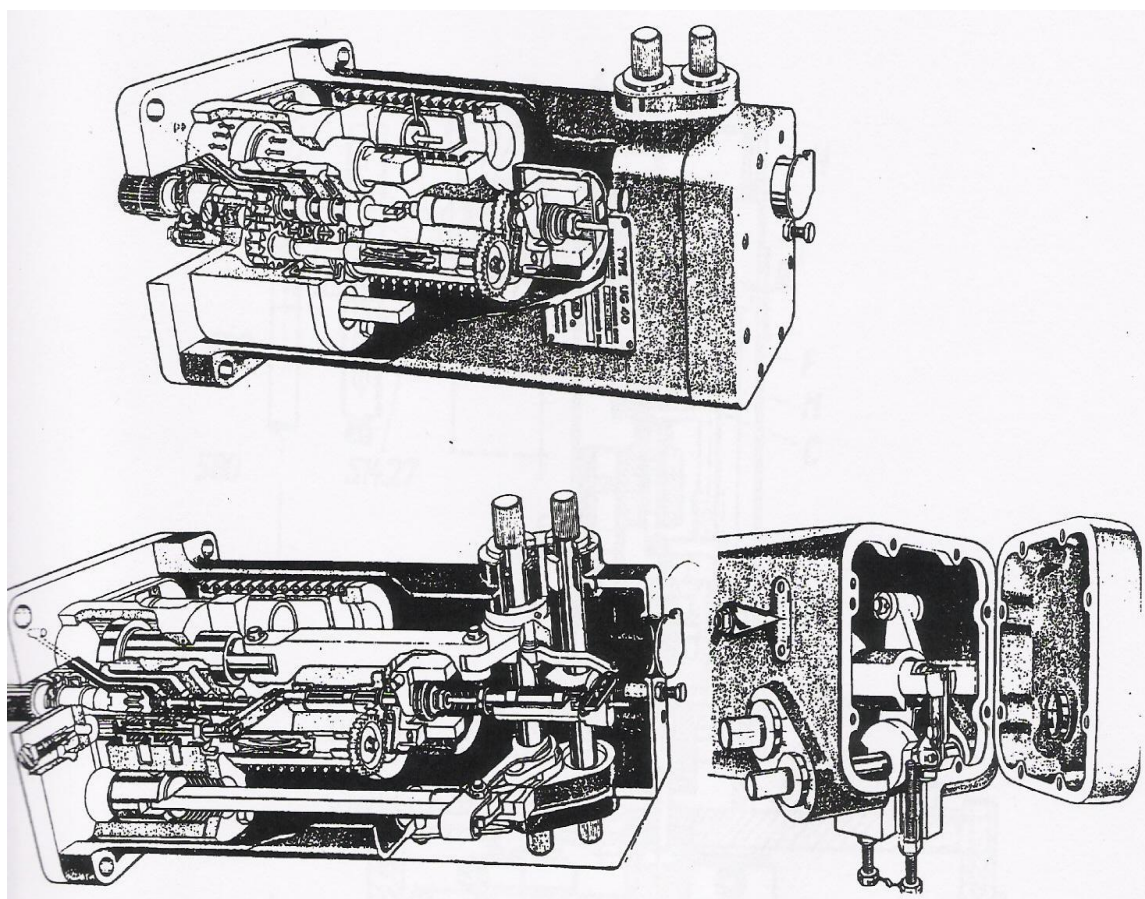
Το 1933 ο Elmer Governor κατασκευάζει τον πρώτο μηχανισμό για ηλεκτρονικό έλεγχο της προπέλας. Σήμερα το 75% των αεροσκαφών χρησιμοποιούν ρυθμιστές της εταιρείας Woodward. Από το 2007 η εταιρεία αγγίζει την τάξη του 1ος δισεκατομμυρίου δολαρίων με εγκαταστάσεις σε όλο τον πλανήτη. Το 2010 η εταιρεία ανακοινώνει την αλλαγή του ονόματος της από Woodward Governor σε Woodward Inc.

2.2 Βασική περιγραφή του 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

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.



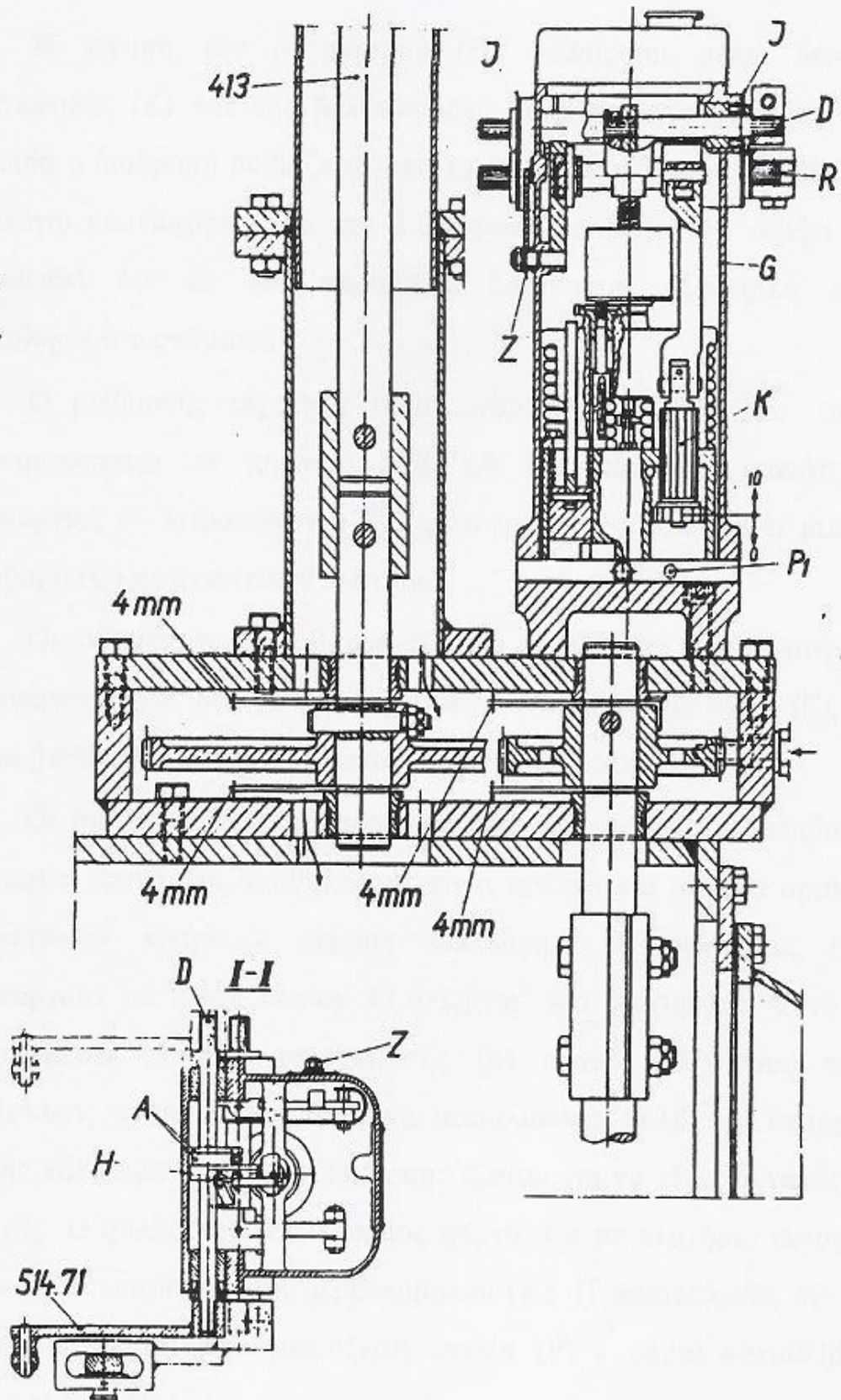
Όλα αυτά βέβαια εφόσον ο ρυθμιστής εργάζεται κανονικά για αυτό και απαιτείται μεγάλη προσοχή στην σωστή λειτουργία του. Η σωστή συναρμολόγηση του αλλά και η ποιότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να ανταποκρίνεται πάντοτε στις προδιαγραφές των κατασκευαστών.

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 υποδιαιρέσεις 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.

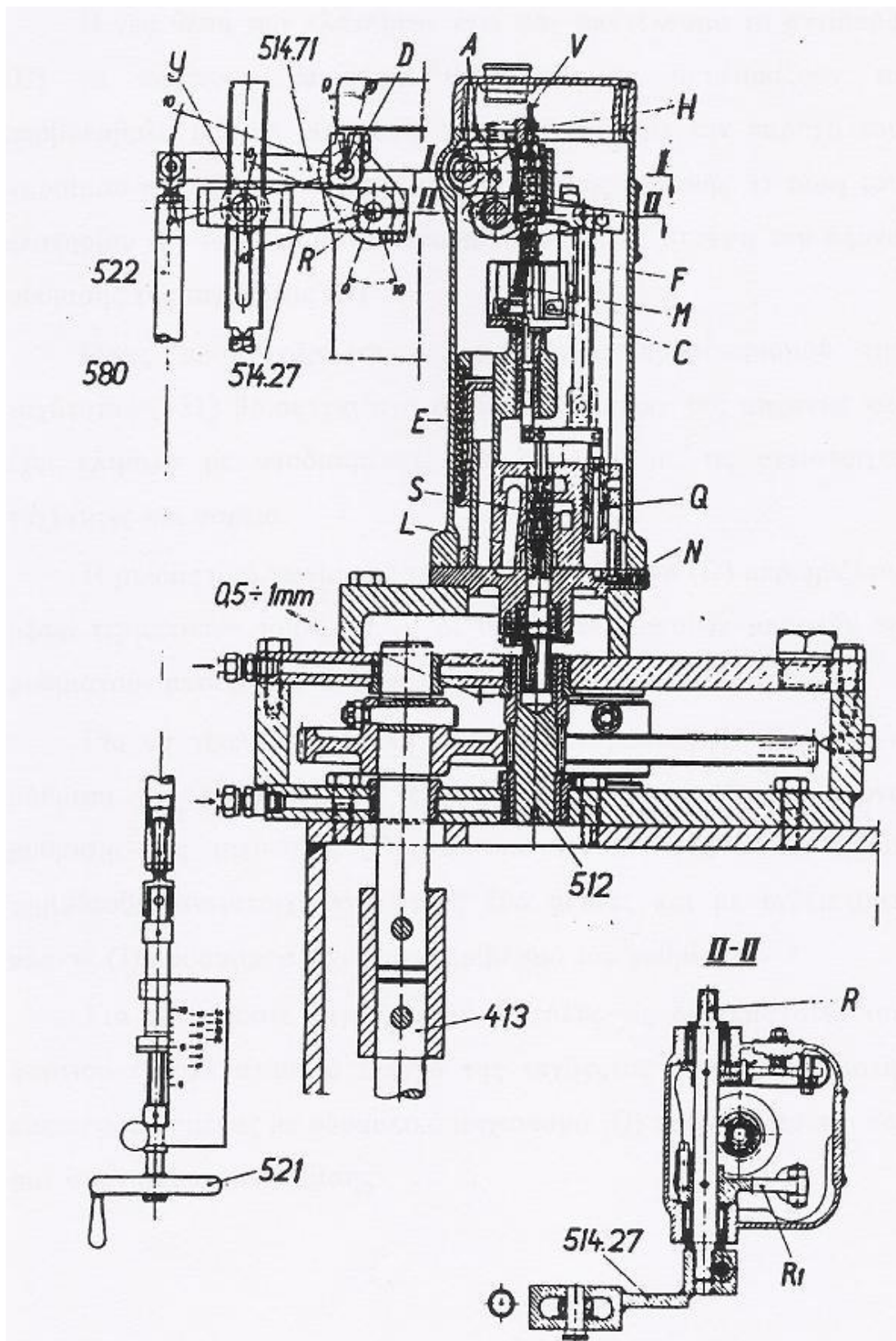
511



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 στομιών υπερχειλίσης 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 γρاناζωτή 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.

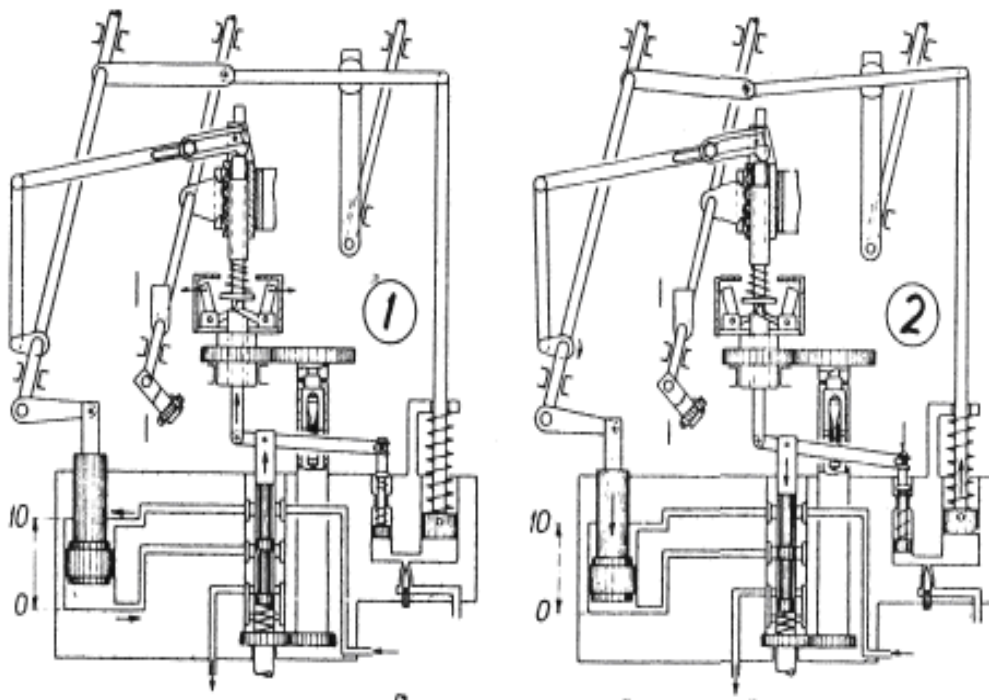
Το σύστημα μεταδόσεως του ρυθμιστή καταπονείται συχνά από ανομοιόμορφες στρέψεις, οι οποίες είναι και αναπόφευκτες, αφού δεν είναι δυνατό να αντισταθμιστούν. Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής τύπου Woodward έχει ενσωματωμένα δύο συστήματα απόσβεσης που προσδίδουν κάποιο είδος ασφάλειας. Το πρώτο είναι ένας εύκαμπτος 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.

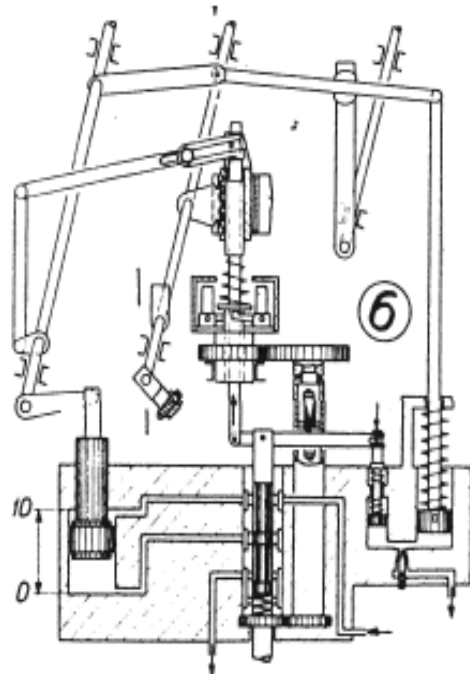
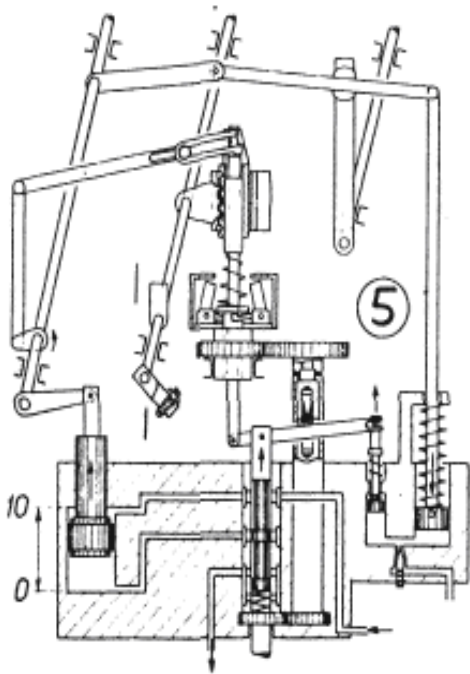
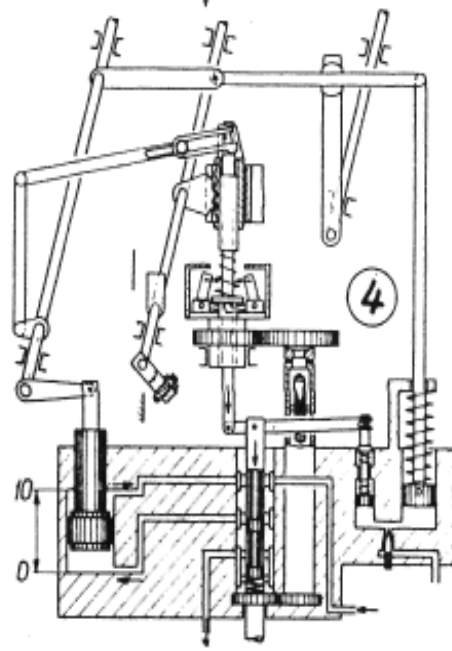
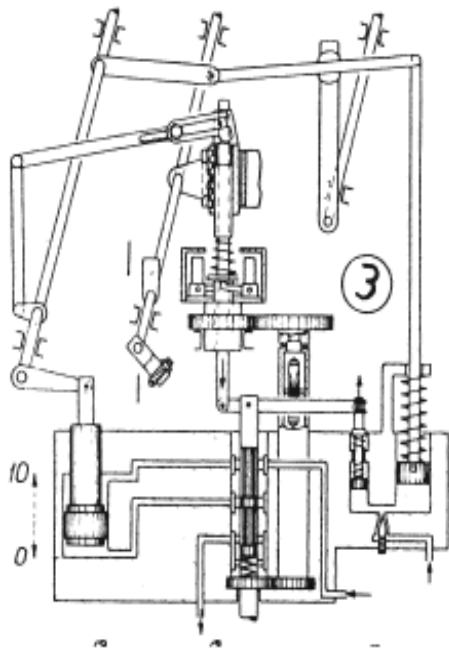
Όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις και μεταβολές ταχύτητας στο φορτίο για αρκετό χρονικό διάστημα, το σύστημα μεταφοράς, δηλαδή ο δείκτης αντιστάθμισης και η βελονοειδής βαλβίδα, δεν είναι σωστά ρυθμισμένο. Στον κάθε ρυθμιστή μπορούν να παρουσιαστούν μικρά προβλήματα όπως το παραπάνω, μέχρι και να μην 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.

2.3 Η λειτουργία του μηχανισμού

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.



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.

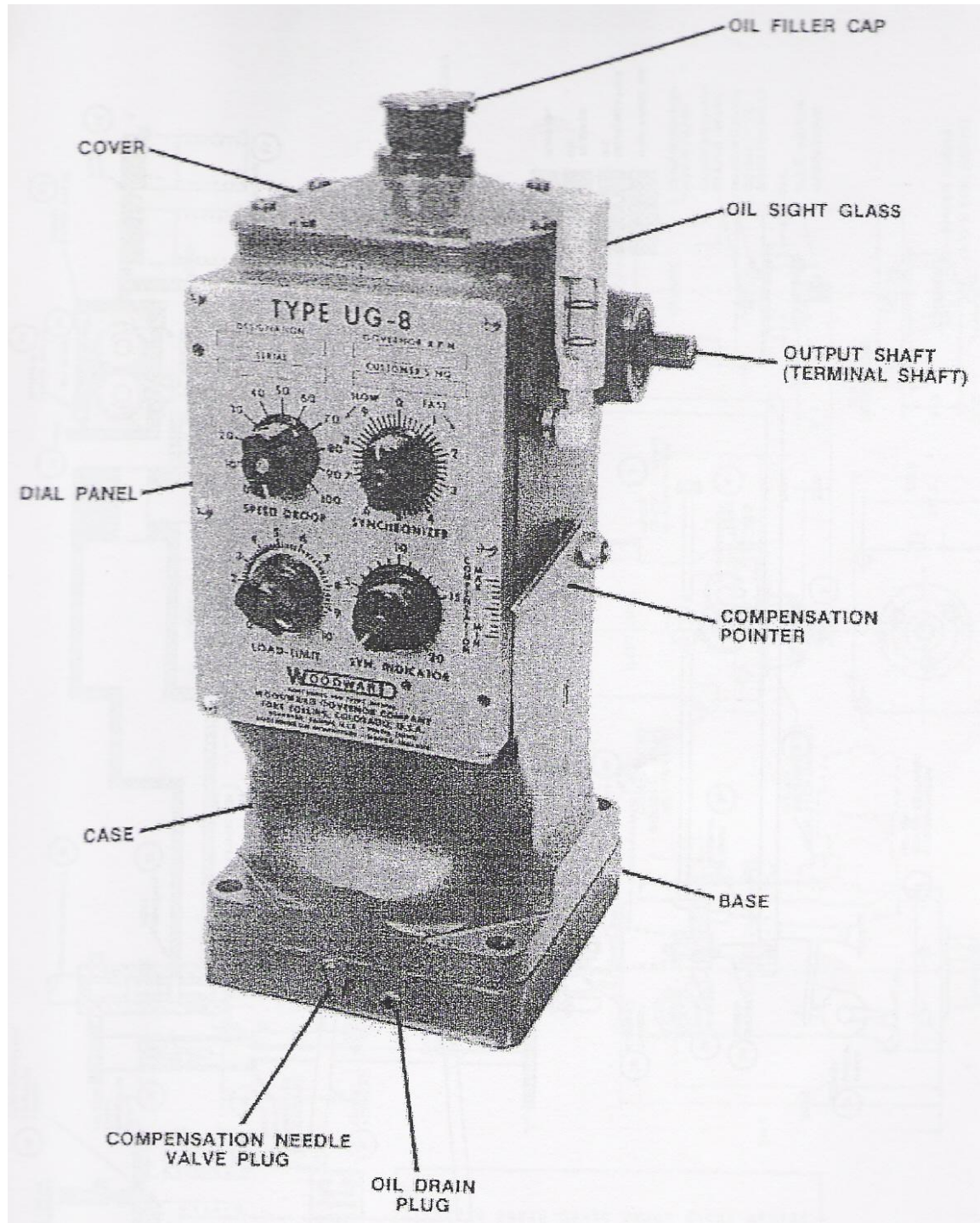
2.4 Η ρύθμιση του μηχανισμού στροφών (Speed Droop)

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 38° 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

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.



2.5 Τρόπος ρύθμισης

Η γραναζωτή 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.





2.6 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 °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 γίνετε 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.

2.7 Τα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη

Τα ανεξάρτητα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη διαθέτουν ρυθμιστές στροφών ισόχρονης λειτουργίας, μικρό βαθμό ανομοιομορφίας και διατάξεις περιορισμού του φορτίου.

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 εναλλασσόμενου 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.

2.8 Ναυτική πρόωση

Γενικά 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).

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 εξελκτικά 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 αερόστρομνα, κοινώς "χόβερκραφτς"

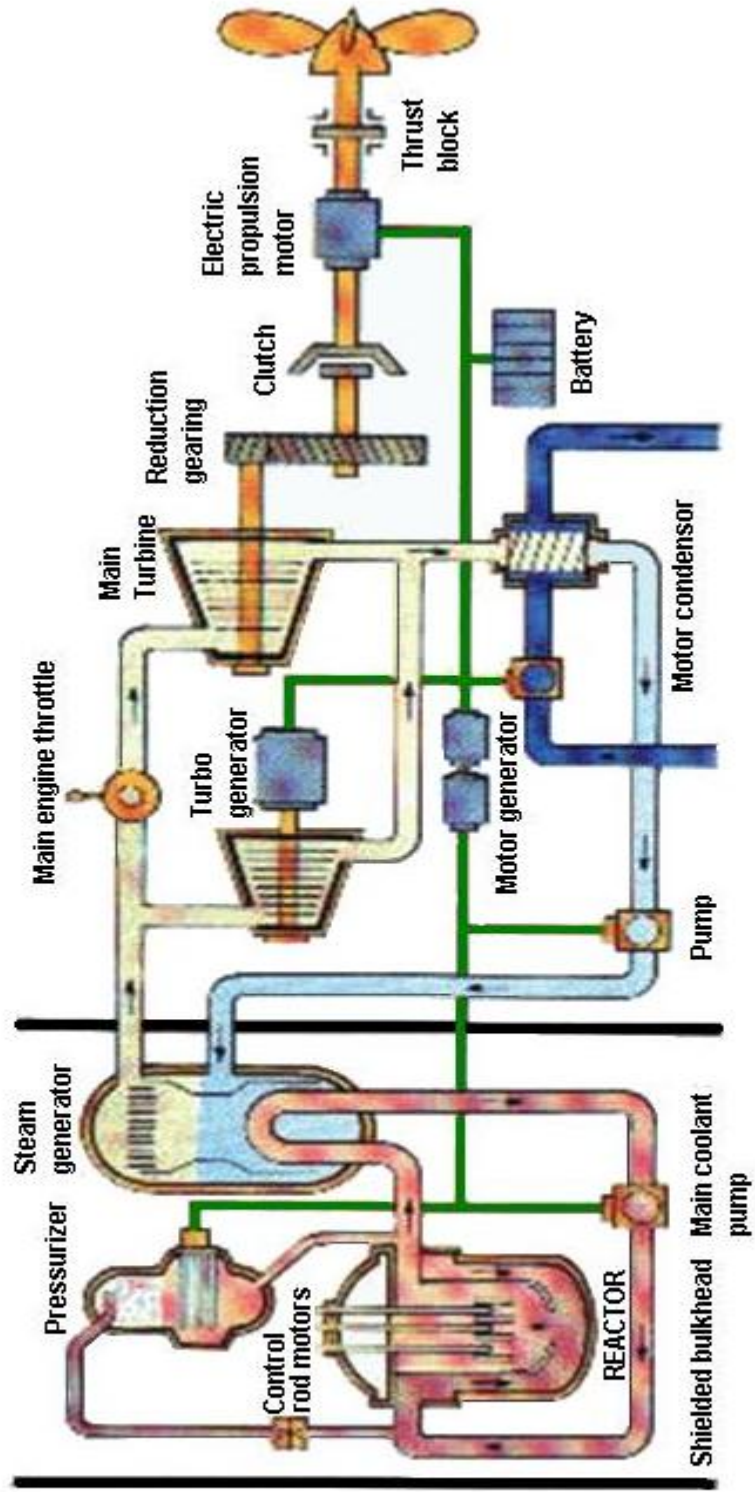
Στην περίπτωση των κύριων ναυτικών πετρελαιομηχανών χρησιμοποιούνται από απλούς ρυθμιστές υπερταχύνσεως έως πολύπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου στο κινητήρα. Λόγω της παρουσίας της έλικας, στην περίπτωση μηχανών με απευθείας σύνδεση με έλικα σταθερού βήματος, το σύστημα είναι ευσταθές, οπότε ο έλεγχος 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.

Pressurized-water Naval Nuclear Propulsion System



2.9 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.

2.9.1 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:

➤ **SG GOVERNOR**

Είναι σχεδιασμένο 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.

➤ **PSG GOVERNORS**

Είναι σχεδιασμένο για χρήση σε μικρές μηχανές και σε μικρούς αεροστροβίλους η αεροστροβίλους βιομηχανικής χρήσης. Συνηθέστερη είναι η χρήση του σε ηλεκτρογεννήτριες αντλίες η συμπιεστές.

2.9.2 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 η τον στρόβιλο. Μπορούν να λειτουργήσουν είτε ισόχρονα είτε με φθίνουσα ταχύτητα. Έχουν μια τεράστια επιλογή σε χαρακτηριστικά ανάλογα με την χρήση τους και οι στροφές τους κυμαίνονται από 1500 έως 1600.

➤ **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.

➤ **UG 40**

Είναι ρυθμιστές σχεδιασμένοι για χρήση σε μεγάλες μηχανές Dual Fuel και σε μεγάλες εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων και αεροστροβίλων. Οι στροφές λειτουργίας κυμαίνονται από 350 έως 1300.

2.9.3 Ρυθμιστές στροφών για Ατμοστρόβιλους

➤ **TG611**

Είναι μηχανικό-υδραυλικοί ρυθμιστές φθίνουσας ταχύτητας σχεδιασμένοι για χρήση σε ατμοκίνητες αντλίες, συμπιεστές ή γεννήτριες. Είναι απευθείας συνδεδεμένοι στον στρόβιλο για τον ακριβή έλεγχο της ταχύτητας. Επίσης συνοδεύονται και από μια συσκευή η οποία βοηθά στον έλεγχο της υπερταχύνσεως.

➤ **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.



Βιβλιογραφία

- Βιβλίο Μεκ Ευθ. Α. Βουσουρα
- Manual woodward governors Απο πλοία
- www.woodward.com Επισημο site της woodward
- Μηχανες εσωτερικης καυσης Καθηγητη Κλιανη Λαζαρου Τ.Ε.Ι Αθηνων
- Μηχανες sulzer R.N.D και R.T.A
- Βιβλίο «εγχυση καυσιμου στις ναυτικες μηχανες» εκδοσεις Σταυτιδακη
- Μηχανες εσωτερικης καυσης εκδοσεις ΑΕΤΟΣ
- Ατμομηχανες βιβλίο Ιδρυμα Ευγενιδου
- Ναυτικοι κινητηρες Κυραττος Α' μηχανικος
- www.marinediesels.co.uk
- Martijn.vanderMeer@woodward.com (Woodward Europe HelpDesk)
- Σημειώσεις του Καθηγητή, Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ Δ.Γουρργούλης
- dpantazi@mas.gr (Woodward Greece Helpdesk)
- Μηχανές Εσωτερικής Κάυσης τόμοι 1,2

