
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών (Electronic Governor)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Κωνσταντίνος Τριφίδης

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Παναγιώτης Παλάντζας

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών (Electronic Governor)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Κωνσταντίνος Τριφίδης

ΑΜ : 4494

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελεί την ολοκλήρωση των σπουδών μου στην **ΑΕΝ Μακεδονίας** (Σχολή Μηχανικών) καθώς και την αρχή της συνέχειας των γνώσεων μου ως μηχανικός του Εμπορικού Ναυτικού. Ξεκίνησα σαν μηχανικός αυτοκινήτων στον **ΟΑΕΔ** (3ετη φοίτηση) νυχτερινού Λυκείου Β΄ κύκλου, έκανα ειδικότητα (1,5 έτος) και απέκτησα την επαγγελματική εμπειρία και τη γνώση του επαγγέλματος, σε εξουσιοδοτημένα σεμινάρια μηχανικών της **TOYOTA**, σε συνεργασία της **BOSH** και με άδεια εξασκήσεως του επαγγέλματος.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία περιγράφω τη λειτουργία ενός **συστήματος ρυθμιστή στροφών**.

Στο **1ο κεφάλαιο** αναφέρομαι για την αρχική ιστορία του συστήματος ρύθμισης στροφών σε μια μηχανή και την εξέλιξη της.

Στο **2ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η εισαγωγή γενικά για τους ρυθμιστές στροφών. Περιγράφονται θέματα για τους ρυθμιστές στροφών, ποιος είναι ο ρόλος τους, γιατί υπάρχει ανάγκη ρύθμισης των στροφών σε μια μηχανή, ποια τα είδη, πως γίνεται ο έλεγχος ταχύτητας σε μια ΜΕΚ (μηχανή εσωτερικής καύσης).

Στο **3ο κεφάλαιο**, παρουσιάζεται η γενική περιγραφή των ηλεκτρονικών ρυθμιστών στροφών, οι λειτουργίες του, περιγραφή των μερών, χρήση πάνω στο πλοίο εικόνες και γενικότερες πληροφορίες.

Στο **4ο κεφάλαιο** αναφέρομαι σε άλλα είδη ρυθμιστών στροφών που χρησιμοποιούνται πάνω στο πλοίο, νεότερες μορφές-σύγχρονη τεχνολογία ρυθμιστών, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Abstract

This final degree work is the completion of my studies in AEN (Engineering School) and also is the beginning of my knowledge continuance as engineer of Mercantile marine. I start like car engineer in OAED (3 years studies) of night high school (Circle B'), I specialized (1,5 years) and obtain professional experience and the knowledge of profession in authorized seminars of TOYOTA engineers, in the BOSH workshops and with the license of practice profession. In this final degree work, I describe the operation of system regulator speed.

In the 1st chapter is reported the first history of system governor RPM in a machine

In the 2st chapter is presented the import generally for the regulators of turns, in that is described subjects as what they is the regulator of turns, who his role, because it exists need regulations of turns in a machine, that becomes the control of speed in MEK.

In the 3nd chapter, it is presented the general description of electronic regulators of turns where are analysed his operations, general description of this parts, pictures and subjects for what they is electronic regulator of turns and that use above in the boat.

In the 4rd chapter is reported subjects for other goods of regulators of turns that are used in boat, Newer forms–modern technology of regulators of turns any more they is the types, advantages-disadvantages.

Πρόλογος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Παλάντζα Παναγιώτη κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Τον Κοσμά Χαρπαντίδη για την κατασκευή, επεξεργασία και μοντάρισμα της πτυχιακής στην ηλεκτρονική της μορφή όπως επίσης για τη βοήθεια έρευνας πληροφοριών και την υλοποίηση της. Την Εταιρεία μου [Vrontados Shipping S.A.](#) όπου πραγματοποίησα την πρακτική μου υπηρεσία. Ευχαριστώ τέλος τους φίλους και την οικογένειά μου.

Κεφάλαιο 1

Ιστορικά

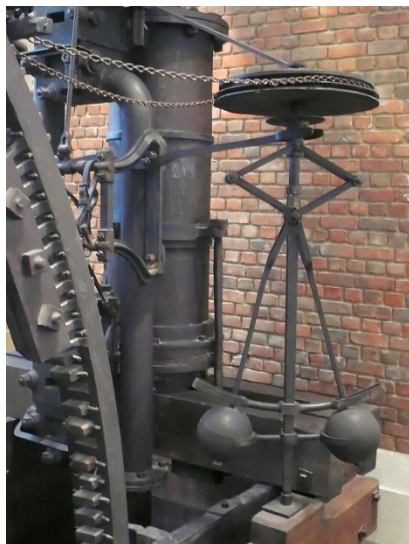
ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Απλός Φυγοκεντρικός ρυθμιστής ταχύτητας.

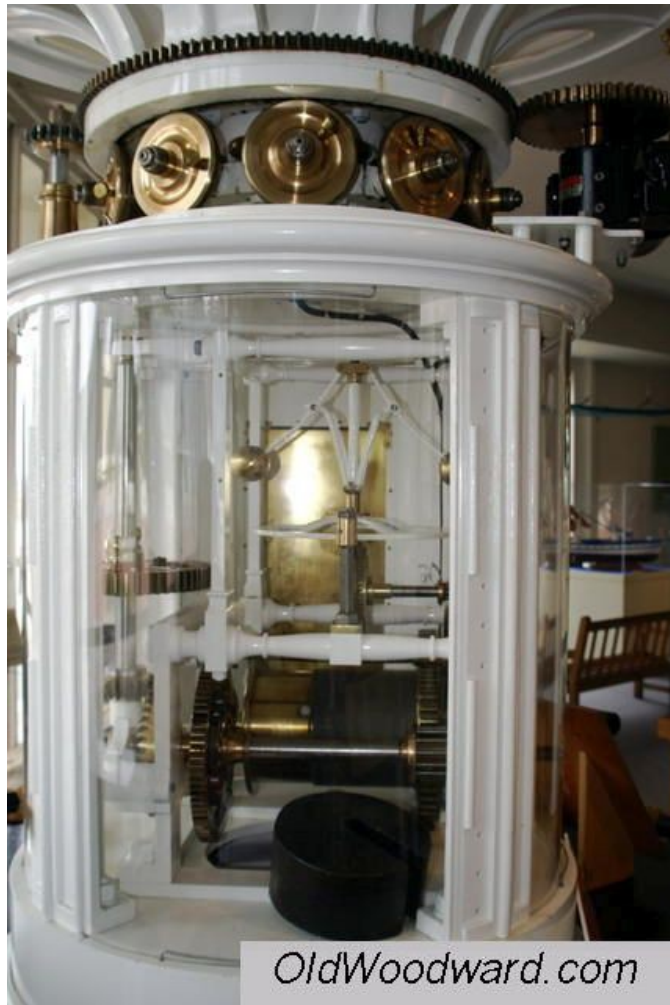
Στην αρχή της μηχανοποίησης, η ισχύς του κινητήρα δόθηκε από τους τροχούς με την κινητήρια δύναμη του νερού, υδρόμυλους και με τον άνεμο στους ανεμόμυλους. Η πραγματικά μεγάλη αλλαγή συνέβη όταν η ατμομηχανή έφτασε στις αρχές του 18ου αιώνα και εξελίχθηκε...

Η ανάπτυξη της ατμομηχανής σε μια χρήσιμη μορφή ήταν ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της Βιομηχανικής Επανάστασης. Εξίσου σημαντική για την επιτυχία της ατμομηχανής ήταν η ανάπτυξη της ιπτάμενης σφαίρας ή φυγοκεντρικός ρυθμιστής ταχύτητας (governor) στα τέλη του 18ου αιώνα. Αποτελεσματικότητα ελέγχου στροφών του κινητήρα, σε συνδυασμό με τις νέες εξελίξεις στην ατμομηχανή, έδωσε μια φυγόκεντρη συσκευή που θα μπορούσε να ρυθμίσει την ταχύτητα με αξιοπιστία. Το έκανε αυτό μέσω μιας βαλβίδας ατμού συνδεδεμένη με ένα ζεύγος περιστρεφόμενων βαριδιών flyweight.

Όσο οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται, αυξάνεται και η φυγόκεντρος δύναμη στα βάρη (περιστροφική κίνηση), με σκοπό να σηκώνει ένα κολάρο για το άξονα του ρυθμιστή. Το κολάρο συνδέεται σε μια βαλβίδα, με έναν τρόπο που μειωμένη ροή ατμού εντός των κυλίνδρων διέρχεται και η ταχύτητα του κινητήρα αυξάνει, αντίθετα αυξάνοντας την ροή του ατμού εντός των κυλίνδρων η ταχύτητα του κινητήρα μειώνεται. Το σχήμα 1 δείχνει μια εικόνα από ένα πολύ απλό φυγόκεντρο ρυθμιστή ταχύτητας.



Σχήμα 1. Bolton & Watt engine of 1788



Σχήμα 2. Φυγόκεντρος ατμομηχανή

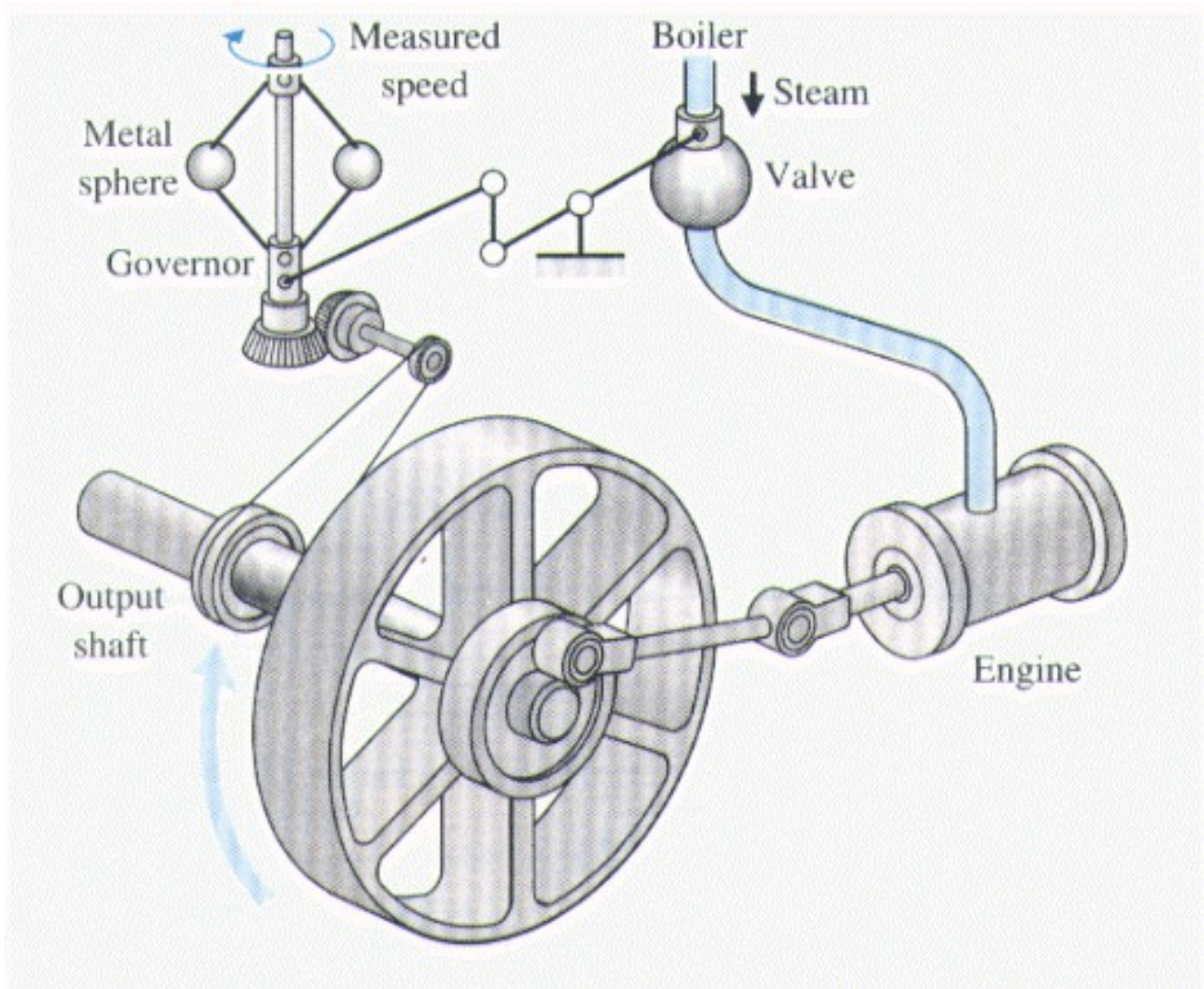
Ο φυγόκεντρος ρυθμιστής ταχύτητας και ο δεσμός με τη βαλβίδα ατμού έδωσε ένα βρόγχο αρνητικής ανάδρασης με τον οποίον θα έχουμε τον έλεγχο της ταχύτητας του κινητήρα.

Ο Watt έδωσε στους ιδιοκτήτες εργοστασίων μύλων ένα αξιόπιστο και πρακτικό τρόπο με τον οποίο θα μπορούν να ρυθμίζουν και να ελέγχουν την ταχύτητα όλων των μορφών περιστροφικών στην αρχή και παλινδρομικών μηχανών στη συνέχεια, καθώς κάθε μηχανή χρησιμοποιεί ελεγκτή ταχύτητας ανεξαρτήτου μεγέθους μηχανής η ιπποδύναμης.

Έτσι κατάφεραν την ανάπτυξη στους φυγοκεντρικούς ρυθμιστές ταχύτητας και ήταν στην πραγματικότητα ένα παράπλευρο της Βιομηχανικής Επανάστασης, μορφές της βιομηχανίας που απαιτούσαν σταθερότητα των συνθηκών λειτουργίας.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα στην αρχαιότητα των συσκευών που θα μπορούσε να ειπωθεί η θεωρία της φυγόκεντρον.

Παρ όλα αυτά, η εφεύρεσή του ακολουθούμενη από μαθηματική ανάλυση βρίσκεται στο επίκεντρο ενός μεγάλου μέρους θεωρίας της μηχανικής ελέγχου του σήμερα!



Σχήμα 3.

Κεφάλαιο 2

Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών

Ο ρυθμιστής στροφών είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής και της ροπής ενός ασύγχρονου επαγωγικού κινητήρα.

Συσκευές ελέγχου και ασφάλειας για τους θαλάσσιους κινητήρες ντίζελ.

Ο Elmer Woodward έκανε πρώτος την εγκατάσταση ενός ρυθμιστή ταχύτητας σε diesel μηχανή, Beloit Wisconsin, το 1933.

Ο κύριος μηχανισμός ελέγχου σε οποιαδήποτε μηχανή είναι ο ρυθμιστής ταχύτητας. Διέπει ή ελέγχει την ταχύτητα του κινητήρα σε κάποια καθορισμένη τιμή.

Αυτό επιτυγχάνεται με τον ρυθμιστή ταχύτητας προσαρμόζοντας αυτόματα τις ρυθμίσεις της αντλίας καυσίμου του κινητήρα για να ανταποκριθεί το επιθυμητό φορτίο στην καθορισμένη ταχύτητα.

Οι διοικητές για τους κινητήρες ντίζελ συνήθως αποτελούνται από δύο συστήματα

α. μια διάταξη ανίχνευσης της ταχύτητας

β. μια υδραυλική μονάδα, η οποία λειτουργεί από τις αντλίες καυσίμων για να αλλάξετε την έξοδο ισχύος του κινητήρα.

Όλα τα θαλάσσια σκάφη που κυμαίνονται από ένα τεράστιο κρουαζιερόπλοιο, μεγάλο πετρελαιοφόρο, σχετικά μικρότερο σκάφος ή ακόμη και ένα μικρό ταχύπλοο θα χρειαστούν κάποιο είδος συστήματος ελέγχου ταχύτητας για να ελέγχει και να ρυθμίζει την ταχύτητα του θαλάσσιου κινητήρα, ντίζελ ή ότι άλλο είδος προώσεως χρησιμοποιείται στο σκάφος σε κάποιου εύρος τιμών set-point.

Το set-point είναι οι ρυθμίσεις που δίνουμε στο ρυθμιστή. Set-point map είναι ο χάρτης επιθυμητών τιμών. Προκύπτει από βελτιστοποίηση παραμέτρων στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας.

Θα ήταν πολύ επικίνδυνο να έχουμε ένα πλοίο ή σκάφος χωρίς μηχανισμό ελέγχου ταχύτητας όπου θα μπορούσε να οδηγήσει σε ατυχήματα όπως σύγκρουση ή προσάραξη.

Ο κύριος ρόλος του ρυθμιστή ταχύτητας δεν είναι να αυξήσετε ή να μειώσετε την ταχύτητα που μπορεί να γίνει μέσω του συστήματος ελέγχου των καυσίμων (παρόμοιο με ένα επιταχυντή στο

αυτοκίνητό σας), αλλά όταν η ταχύτητα του κινητήρα έχει set-up η δουλειά του ρυθμιστή ταχύτητας είναι να διατηρήσει την ταχύτητα, παρά τις μεταβολές του φορτίου.

Με άλλα λόγια, ο ρυθμιστής ταχύτητας ελέγχει τη μεταβολή της ταχύτητας και διατηρεί την ταχύτητα μέσα σε κάποια συγκρατημένα όρια, παρά τις διακυμάνσεις αυτές.

Οι διακυμάνσεις θα μπορούσαν να προκύψουν από πολλούς παράγοντες π.χ. κακοκαιρία.

Ένα τυχαίο πλοίο σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες μπορεί να έρθει προσωρινά σε τέτοια θέση ώστε η θέση της έλικας να βρίσκεται έξω από το νερό. Χωρίς των ρυθμιστή ταχύτητας η ταχύτητα του κινητήρα θα μπορούσε να εκτιναχθεί σε τέτοιο βαθμό που θα μπορούσε να βλάψει τον ίδιο τον κινητήρα (over speed).

Οι ρυθμιστές ταχύτητας αποτελούν μέρος του εξοπλισμού σε βοηθητικούς κινητήρες ντίζελ για το πλοίο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η λειτουργία τους παραμένει η ίδια σε αυτή την κατάσταση.

Η ισχύς που αποδίδει ο εναλλάκτης πρέπει να είναι σταθερή παρά τις διακυμάνσεις του φορτίου και αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του κινητήρα ντίζελ. Η γεννήτρια περιστρέφεται δεδομένου ότι παίρνει την κίνησή της από την κύρια μηχανή (κινητήρα ντίζελ).

Ο έλεγχος της ταχύτητας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που οδηγούνται από κινητήριες μηχανές ντίζελ είναι δύσκολος εξαιτίας της ύπαρξης του νεκρού χρόνου αλλά και των μεταβολών στις παραμέτρους, που συμβάλλουν στην αργή δυναμική του σταθμού.

Οι αυτορρυθμιζόμενοι ελεγκτές που βασίζονται σε έμμεσο υπολογισμό του νεκρού χρόνου οδηγούν σε γρήγορη απόκριση στην έναρξη και ταχεία ανάκαμψη όταν συμβεί κάποια μεταβολή.

Με τη χρήση του έμμεσου υπολογισμού λαμβάνεται μια αναδρομική εκτίμηση των παραμέτρων και του νεκρού χρόνου.

Ένα τυπικό μοντέλο μηχανής ντίζελ περιγράφει το ρυθμό κατανάλωσης καυσίμου ως συνάρτηση της ταχύτητας και της μηχανικής ισχύος στην έξοδο της μηχανής.

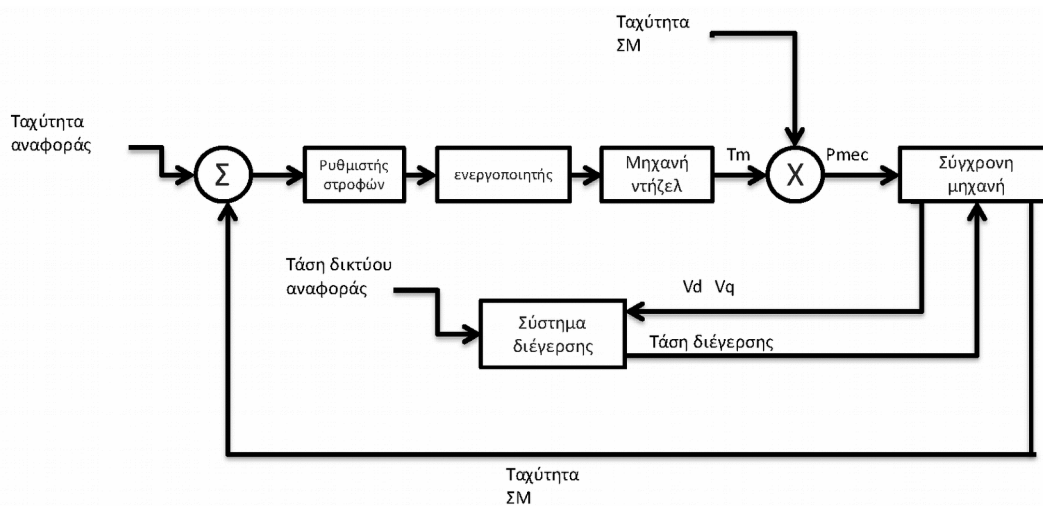
Συνήθως μοντελοποιείται από μια απλή συνάρτηση μεταφοράς πρώτης τάξης που συσχετίζει τη κατανάλωση καυσίμου με την ηλεκτρομηχανική ισχύ.

Το καθήκον του ρυθμιστή στροφών (governor) είναι να ρυθμίζει τη ροή καυσίμου και στη συνέχεια την είσοδο στη γεννήτρια ώστε να προσφέρει την απαιτούμενη ισχύ για να καλύψει μεταβολές στο φορτίο.

Η παρουσία ωστόσο του νεκρού χρόνου μεταξύ του ενεργοποιητή έγχυσης καυσίμου και της παραγωγής μηχανικής ροπής καθώς και οι μεταβολές στις παραμέτρους του συστήματος είναι σημαντικά χαρακτηριστικά της μηχανής ντίζελ, τα οποία συντελούν στην υποβάθμιση της λειτουργίας της .

Μια μηχανή ντίζελ είναι λοιπόν ένα μη γραμμικό σύστημα σε συνδυασμό με ένα μη γραμμικό, χρονικά μεταβαλλόμενο νεκρό χρόνο μεταξύ της έγχυσης καυσίμου και της παραγωγής μηχανικής ροπής .

Ελέγχεται συνήθως με ένα PI ελεγκτή για την αποφυγή σφάλματος σταθερής κατάστασης στη ταχύτητα. Δίνει την ταχύτερη απόκριση ταχύτητας, γρήγορη μεταβολή εντολής ελέγχου.



Σχήμα 4. Μοντέλο μηχανής εσωτερικής καύσης και ρυθμιστή στροφών

Η μηχανή ντίζελ στη συνέχεια παράγει τη ροπή που οδηγεί τη σύγχρονη μηχανή και δημιουργεί την ηλεκτρική ισχύ εξόδου.

Έπειτα, η μετρούμενη ταχύτητα της σύγχρονης μηχανής παρέχεται για σύγκριση με τη τιμή αναφοράς για τον έλεγχο του ρυθμιστή.

Η απόκλιση της ταχύτητας που προκύπτει από τη σύγκριση της σύγχρονης ταχύτητας με τη ταχύτητα αναφοράς που παράγει το σήμα ελέγχου στο ρυθμιστή στροφών, υλοποιείται ως μια συνάρτηση μεταφοράς δεύτερης τάξης .

Το σήμα αυτό πολλαπλασιάζεται με ένα σταθερό κέρδος. Ο ενεργοποιητής υλοποιείται με δυο μπλοκ συναρτήσεων μεταφοράς, ενώ η μηχανή παρουσιάζεται ως μια απλή χρονική καθυστέρηση.

Ανάμεσα στη καθυστέρηση της μηχανής και στον ενεργοποιητή υπάρχει ένας περιοριστής ροπής, καθώς η μηχανή δεν μπορεί να παράγει ροπή πέρα από μια μέγιστη τιμή.

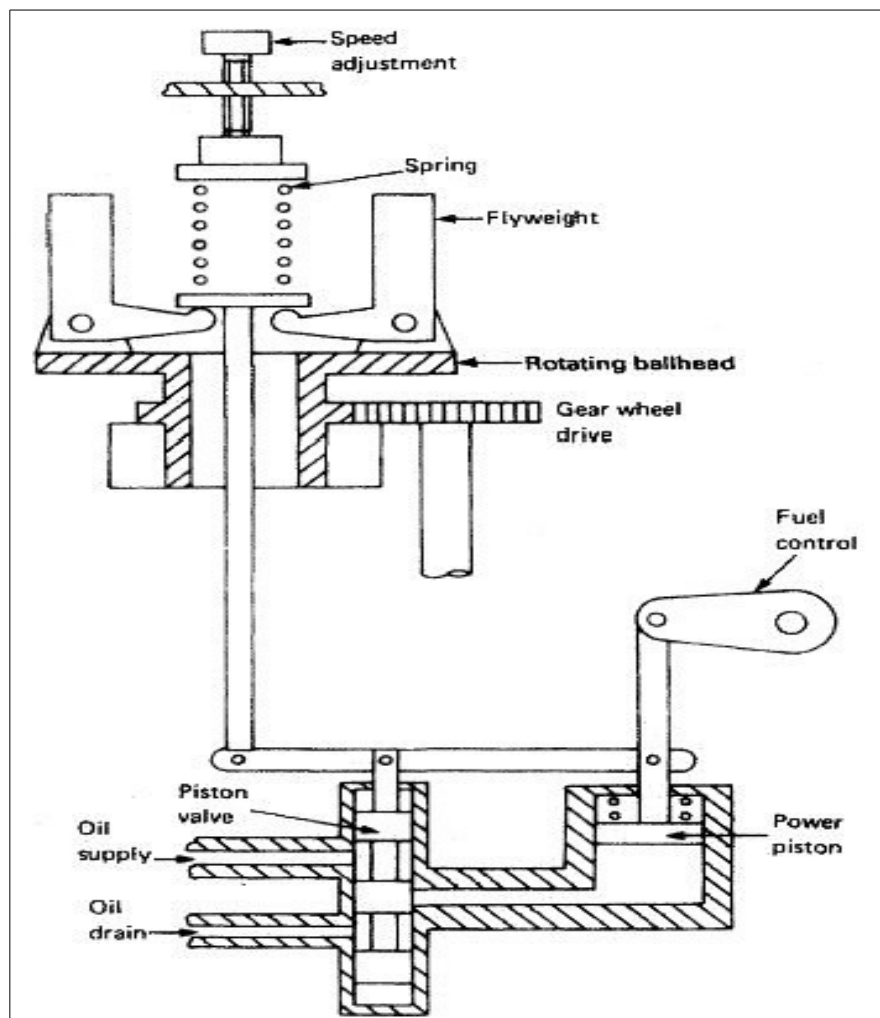
Επομένως η μηχανική ισχύς εξόδου κινείται μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής.

Κατηγορίες ρυθμιστών στροφών

Οι ρυθμιστές στροφών, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους, διακρίνονται σε μηχανικούς, μηχανικούς - υδραυλικούς και ηλεκτρονικούς.

α. μηχανικός ρυθμιστής ταχύτητας

Τμήμα ανιχνεύσεως ταχύτητας: ball head (φορέας, flyweights).



Σχήμα 5. Μηχανικός ρυθμιστής ταχύτητας

Η ενεργοποίηση του τμήματος (άτρακτος ελέγχου, βαλβίδα εμβόλου, ενεργοποίησης έμβολο, πιλοτική βαλβίδα).

Σύνδεση (με σύνδεση στο κανόνα της αντλίας καυσίμου).

Ρύθμιση (εξαρτάται από τη ροπή φορτίου).

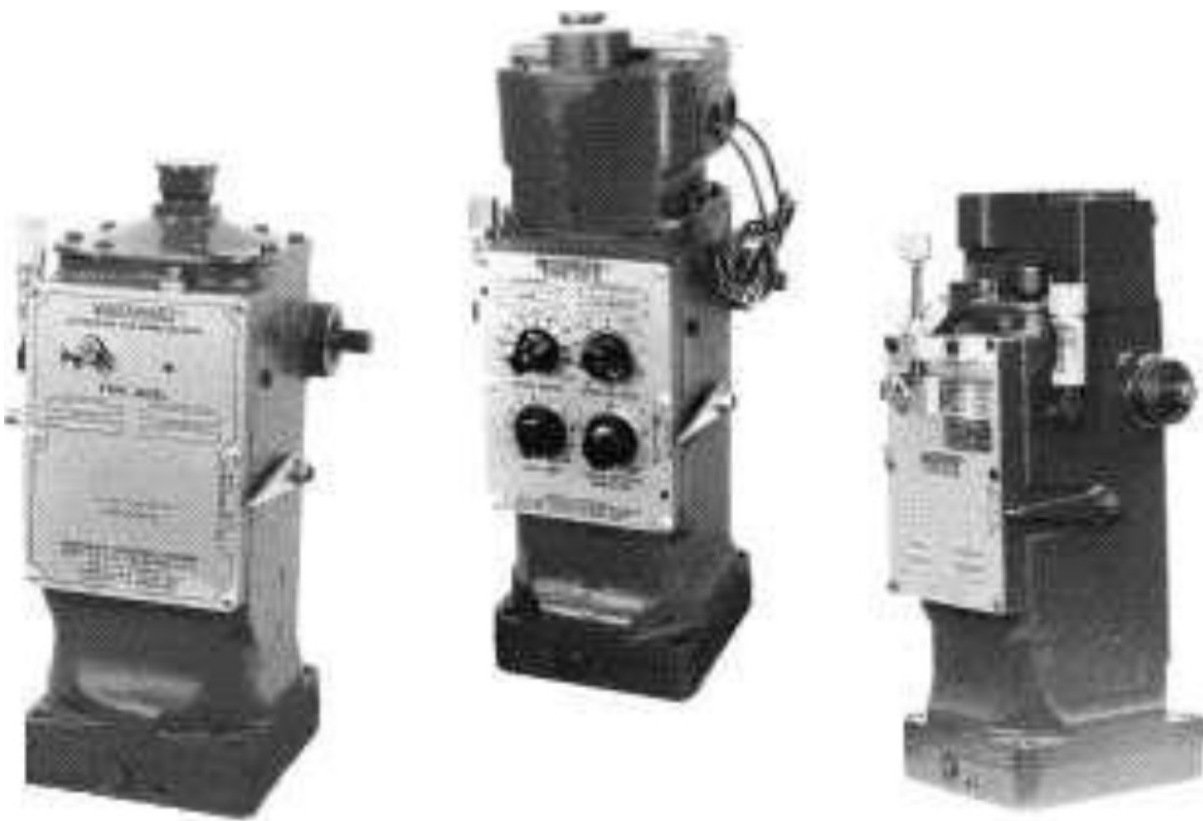
Droop είναι η μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα μετά την αλλαγή του φορτίου.

β. υδραυλικός ρυθμιστής ταχύτητας

Woodward ρυθμιστής ταχύτητας χρησιμοποιείται συνήθως επί του σκάφους.

Ένας υδραυλικός ενισχυτής ενισχύει το σήμα του ρυθμιστή ταχύτητας στην αντλία καυσίμου.

Η υδραυλική πίεση για τον ενισχυτή παραδίδεται από τον εκκεντροφόρο λιπαντικού λαδιού συστήματος.



Σχήμα 6. Εικόνα από μηχανικό - υδραυλικό σύστημα ελέγχου στροφών τύπου Governor UG. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω περιστρεφόμενων διακοπών.

γ. ηλεκτρονικός ρυθμιστής ταχύτητας

Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής ταχύτητας χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό ηλεκτρικών και μηχανικών εξαρτημάτων.

Ταχύτητα ανίχνευσης της συσκευής: μαγνητικό πηνίο λήψης .

Το διορθωμένο σήμα τάσεως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα σήμα με καθορισμένη ταχύτητα για να λειτουργήσει μία υδραυλική μονάδα.

Στη συνέχεια, οι έλεγχοι των καυσίμων προσαρμόζονται στην κατάλληλη κατεύθυνση για να ελέγχει την ταχύτητα του κινητήρα.



Σχήμα 7. Εικόνα από ενεργοποιητή (Actuator) Pro Act Σερβοκινητήρα συστήματος ελέγχου στροφών. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή /HY.

Κεφάλαιο 3

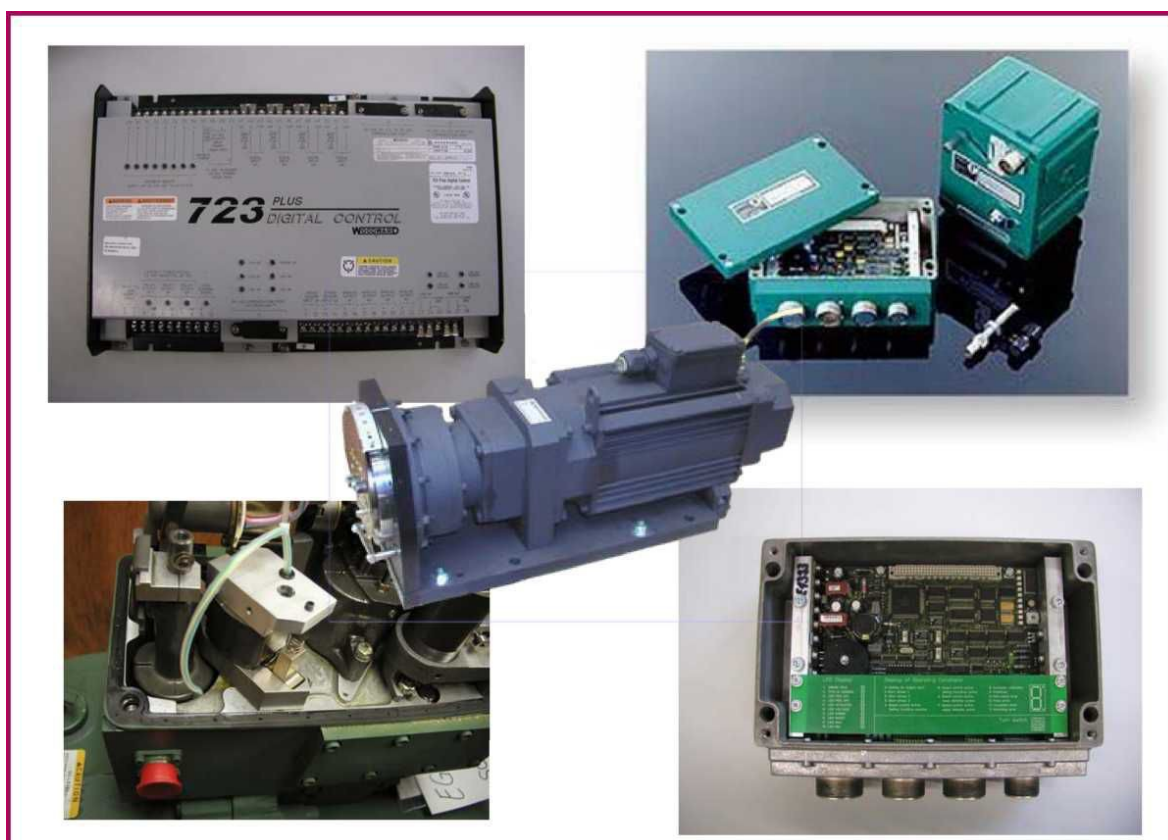
Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών

Στα πλοία συναντάμε συχνά συστήματα, τα οποία για να λειτουργούν αποδοτικά, πρέπει να στρέφονται με σταθερή ταχύτητα ή και να αλλάζουν ταχύτητα σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα.

Πολλά από αυτά τα συστήματα είναι ηλεκτρικά με βασικό συστατικό τους τον ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος παρέχει την κίνηση και αποτελεί μέρος του μηχανισμού ελέγχου.

Χαρακτηριστικό όλων των ηλεκτρονικών οργάνων είναι το γεγονός ότι διαθέτουν πολύ μεγάλο αριθμό παραμέτρων που πολλές φορές μπορεί να φαίνονται ασήμαντες σε μία συγκεκριμένη εφαρμογή.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όλοι οι κατασκευαστές προσπαθούν να προσφέρουν όσο γίνεται περισσότερες δυνατότητες έτσι ώστε να γίνουν αυτά αποδεκτά από το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς.



Σχήμα 8.

Ωστόσο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Η καλή και σωστή λεπτομερής γνώση χρήσης ενός ηλεκτρονικού οργάνου, είναι αυτή η οποία καθορίζει την επιτυχία στο αποτέλεσμα, με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων αυτού στο μέγιστο δυνατό βαθμό και όχι απλώς η χρήση αυτού.

Έτσι παρατηρείται το φαινόμενο, δύο πανομοιότυπες εγκαταστάσεις με τον ίδιο ηλεκτρονικό εξοπλισμό, να έχουν μεγάλες διαφορές στη λειτουργία τους, που ξεκινάνε από απλή διαφορά κατανάλωσης ενέργειας και φτάνουν μέχρι την αποτυχία της μιας να παράγει το επιθυμητό αποτέλεσμα η ακόμα και την βλάβη αυτής από κακή ρύθμιση των παραμέτρων του συστήματος ελέγχου. Είναι λοιπόν υψηλής αν όχι στρατηγικής σημασίας για τον ηλεκτρονικό του σήμερα και του αύριο, η γνώση των βασικών αρχών των ηλεκτρονικών, προκειμένου να είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες που του παρέχονται στη δουλειά του μέσω της ηλεκτρονικής τεχνολογίας και φυσικά η γνώση χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Επικεντρώνοντας στους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές, σε σχέση με τους μηχανικούς παρέχουν άμεση ρύθμιση μεγάλης ακρίβειας που ήταν αδύνατο να επιτευχθεί με τους μηχανικούς ρυθμιστές.

Οι πρώτοι ηλεκτρονικοί ρυθμιστές, προσθέτοντας λίγη μνήμη παραπάνω και αλλάζοντας και το software, εξελίχθηκαν σε ελεγκτές, ελέγχοντας, όχι μόνον την ταχύτητα της μηχανής, αλλά σε σειρά με πολλά αισθητήρια χρονοδιακόπτες και ρελέ, ελέγχουν την παραμικρή μεταβολή φορτίου και ταχύτητας.

Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, όπου εκεί έχει αποθηκευθεί και το πρόγραμμα λειτουργίας του και σε μια σειρά εισόδων είτε ψηφιακών είτε αναλογικών, ή ψηφιακών και αναλογικών, από όπου συλλέγει τις απαιτούμενες πληροφορίες και αφού τις επεξεργασθεί με το πρόγραμμα και τους αλγόριθμους που υπάρχουν στο πρόγραμμα αποφασίζει, τι ενέργειες θα γίνουν από τις εξόδους που μπορεί να είναι ψηφιακές ή αναλογικές ή ψηφιακές και αναλογικές, όπου με την σειρά τους ελέγχουν τα διάφορα μέρη της εγκατάστασης.

Τα ιστορικά δεδομένα τα οποία αποθηκεύονται στον ηλεκτρονικό ρυθμιστή, μας οδηγούν ασφαλώς στις ορθές αποφάσεις για τις ρυθμίσεις ή παραμετροποιήσεις που πρέπει να κάνουμε, ώστε να έχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα.



Σχήμα 9. Πίνακας ελέγχου τύπου Woodward Easy Gen 3000

Συνήθως χρησιμοποιούνται σε πλοία όπου το βήμα της προπέλας θα είναι μεταβλητού βήματος σχήμα 10. Συνεπώς οι απαιτήσεις ενός τέτοιου συστήματος δε θα ταίριαζαν με αυτές του μηχανικού ρυθμιστή στροφών. Κάποια άλλη περίπτωση που συναντούμε ηλεκτρονικό ρυθμιστή είναι σε γεννήτρια ηλεκτρικής πρόωσης πλοίου με σταθερές στροφές έλικας. Χρησιμοποιείται στις ηλεκτρογεννήτριες γιατί πρέπει να έχουμε πάντα σταθερή συχνότητα της γεννήτριας.



Σχήμα 10. Έλिका μεταβλητού βήματος

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος στροφών ηλεκτροκινητήρα

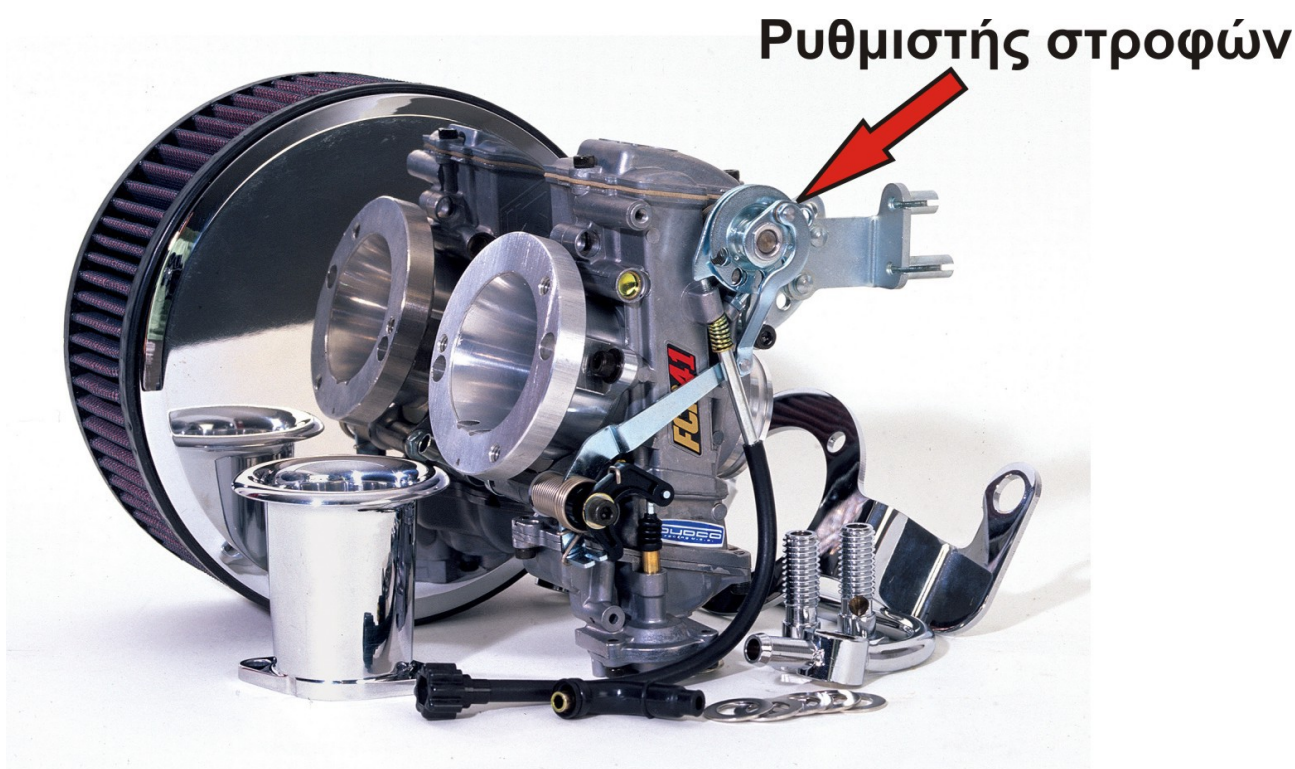
Η ρύθμιση και διατήρηση των στροφών στην επιθυμητή ταχύτητα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ελεγκτή, ο οποίος αντιλαμβάνεται τις διαταραχές στο φορτίο της έλικας και προκαλεί μια κατάλληλη μεταβολή της τάσεως στο επαγωγίμο του κινητήρα. Η γεννήτρια παλμών διεγείρεται από το σήμα στην έξοδο του ελεγκτή, ο οποίος τροφοδοτείται από την απόκλιση μεταξύ δύο ηλεκτρικών τάσεων. Η πρώτη αντιστοιχεί στον επιθυμητό αριθμό στροφών (RPM) του κινητήρα και καθορίζεται από ένα βαθμονομημένο ποτενσιόμετρο. Η δεύτερη αντιστοιχεί στην τρέχουσα πραγματική τιμή των στροφών της μηχανής και παράγεται από διάταξη ταχογεννήτριας, συνδεδεμένη στον άξονα του κινητήρα. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία που συνθέτουν το σύστημα ελέγχου για τον έλεγχο των στροφών χαρακτηρίζονται από τις παραμέτρους: τάση, αντίσταση και χρόνος καθυστέρησης προσαρμογής.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ρυθμίσεως της ταχύτητας του ηλεκτρικού κινητήρα διατηρεί σταθερές τις στροφές της έλικας, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις του φορτίου και τις συνθήκες πλεύσεως. Τα κύρια δυναμικά χαρακτηριστικά του συνδέονται με τις συναρτήσεις μεταφοράς του ηλεκτρικού κινητήρα και της αντιστάσεως που αναπτύσσεται στο σύστημα προώσεως (έλικα) του πλοίου.

Κεφάλαιο 4

Άλλα είδη ρυθμιστών και σύγχρονες μορφές τους

Μια παλιά μορφή ρυθμιστή στροφών μηχανής είναι ένα καρμπιρατέρ. Υπάρχει ρυθμιστική βελόνα (for 42,5) για τη ρύθμιση των στροφών μόνο για το ρελαντί. Κρατάει ανοιχτή την βελόνα jet με σκοπό την ελάχιστη παροχή καύσιμου.



Σχήμα 11.

Σε ένα αυτοκίνητο ή μοτοσυκλέτα καινούργιας τεχνολογίας χρησιμοποιούμε τους ηλεκτρονικούς εγκεφάλους. Όλη η διαδικασία εντολής επεξεργασίας δεδομένων άντλησης ψεκασμού και καύσης γίνονται σε μια πλακέτα.

Είναι και αυτός ένα είδος ηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών.

Τοποθετούνται πάντα σε χώρο όπου δεν υπάρχει μεγάλη θερμοκρασία υγρασία και άμεση επαφή.



Σχήμα 12. ECU σύστημα έλεγχου σε επιβατικά οχήματα

ECU: Ο εγκέφαλος του κινητήρα

Οι ηλεκτρονικές μονάδες οι οποίες διαχειρίζονται αποκλειστικά τον κινητήρα ονομάζονται ECU ή EMS

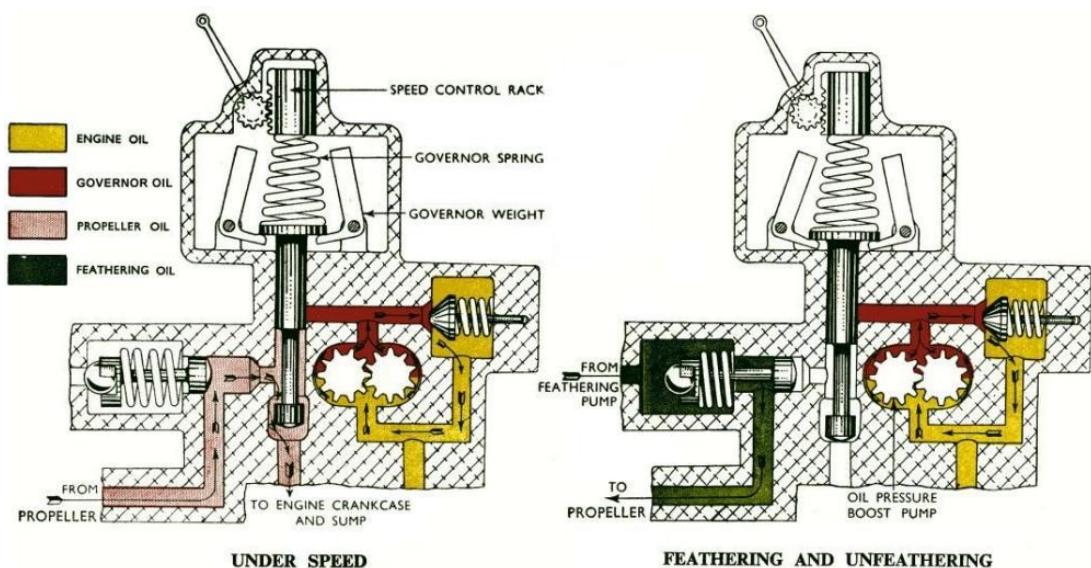
Ο ανθρώπινος εγκέφαλος θα ήταν πρακτικά άχρηστος αν δεν υπήρχαν τα αισθητήρια όργανα του σώματος για να τον τροφοδοτούν συνεχώς με διάφορα ερεθίσματα από το περιβάλλον. Κάπως έτσι λειτουργεί και η ηλεκτρονική μονάδα έλεγχου του κινητήρα η οποία κυριολεκτικά βομβαρδίζεται συνεχώς με δεδομένα τα οποία καταφθάνουν από διάφορους αισθητήρες στην μορφή ηλεκτρικής τάσης.

Την κατάσταση του κινητήρα αντιλαμβάνονται περισσότεροι από πενήντα σένσορες οι οποίοι ενημερώνουν τον εγκέφαλο με διάφορες βασικές παραμέτρους όπως η περιστροφική ταχύτητα του

μοτέρ συγκεκριμένα του στροφαλοφόρου άξονα το φορτίο και κατανάλωση καυσίμου. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα αισθητήρια όργανα τα οποία «διαβάζουν» την θέση της «πεταλούδας», την παροχή και την θερμοκρασία του αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής (ώστε να υπολογισθεί η πυκνότητα του), την θερμοκρασία του σώματος του κινητήρα, την περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο την τάση της μπαταρίας και πολλά άλλα καλούδια.

Μηχανικός ρυθμιστής

Το παρακάτω σχήμα επεξηγεί τη λειτουργία ενός στοιχειώδους ρυθμιστή ταχύτητας άμεσης δράσης. Πρόκειται για μια καθαρά μηχανική συσκευή λειτουργεί βάσει της αρχής της φυγόκεντρης δύναμης που ενεργεί για την περιστροφή / ανακυκλούμενων φορών. Η λειτουργία αυτού του ρυθμιστή ταχύτητας μπορεί να γίνει σαφώς κατανοητή αν δείτε το παρακάτω διάγραμμα πριν από την περαιτέρω ανάγνωση .



Σχήμα 13.

Η άτρακτος (άξονας) ρυθμιστής ταχύτητας περιστρέφεται μέσω ενός μηχανισμού μετάδοσης μέσω του άξονα του κινητήρα.

Υπάρχουν flyweights που περιστρέφονται μαζί με την άτρακτο ρυθμιστή ταχύτητας και ρίχνονται προς τα έξω (όπως φαίνεται από τα βέλη στο διάγραμμα).

Ο βαθμός της προς τα έξω κίνησης τους είναι ανάλογη με την ταχύτητα με την οποία ο άξονας και συνεπώς η άτρακτος περιστρέφεται.

Το ελατήριο είναι τοποθετημένο επί της ατράκτου και σκοπός του είναι να επαναφέρει να επιστρέφει τα flyweights στην αρχική τους θέση.

Καταπολεμά τη φυγόκεντρο δύναμη που ασκούνται στα flyweights.

Το καθαρό αποτέλεσμα όλης αυτής της δράσης είναι ότι η άτρακτος κινείται κατακόρυφα, προς τα πάνω ή προς τα κάτω, ανάλογα με τη θέση των flyweights.

Αυτή η κίνηση μεταδίδεται στο κατάλληλο μηχανισμό που οδηγεί σε πραγματική αλλαγή της ταχύτητας.

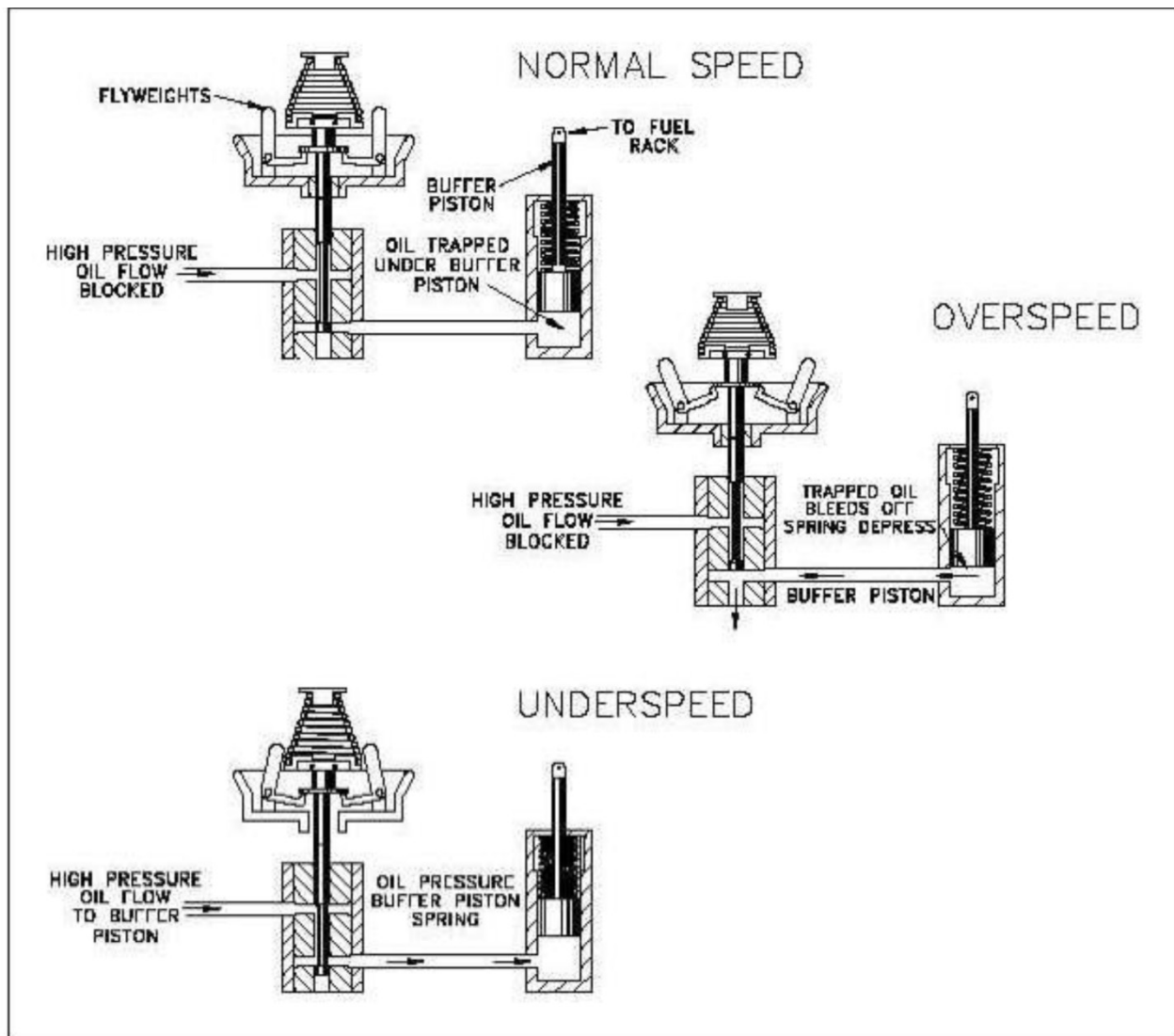
Ένα συγκρότημα flyweight χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της ταχύτητας του κινητήρα. Τα δύο flyweights τοποθετούνται σε μία πλάκα ή ball head η οποία περιστρέφεται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα και οδηγείται από έναν οδοντωτό τροχό. Η δράση της φυγόκεντρης δύναμης ρίχνει τα βάρη προς τα έξω. Αυτό σηκώνει τον κάθετο άξονα και συμπιέζει το ελατήριο μέχρι να επιτευχθεί μια κατάσταση ισορροπίας η θέση ισορροπίας. Αν θέλουμε να ρυθμίσουμε την ταχύτητα set μπορεί να αλλάξει από τον επιλογέα ταχυτήτων (ο οποίος αλλάζει τη συμπίεση του ελατηρίου).

Καθώς η ταχύτητα του κινητήρα αυξάνει τα βάρη κινούνται προς τα έξω. Η άτρακτος είναι αυξημένη προς τα έξω. Η μείωση της ταχύτητας θα μειώσει την άτρακτο. Η υδραυλική μονάδα είναι συνδεδεμένη με τον κατακόρυφο άξονα και λειτουργεί ως πηγή ρεύματος για να κινήσετε τα συστήματα ελέγχου καυσίμων του κινητήρα (αντλίες καυσίμου).

Μία βαλβίδα εμβόλου συνδέεται με τον κατακόρυφο άξονα. Προμήθειες ατράκτου ή αποχετεύσεις του πετρελαίου μετατοπίζονται από το έμβολο ισχύος που μετακινεί τους ελέγχους καυσίμου ανάλογα με την κίνηση των flyweight. Αν η ταχύτητα του κινητήρα αυξάνει τις κατακόρυφες αυξήσεις της ατράκτου, οι αυξήσεις της βαλβίδας εμβόλου και το λάδι αποστραγγίζονται από το έμβολο ισχύος το οποίο οδηγεί σε μια κίνηση ελέγχου του καυσίμου.

Αυτό μειώνει την παροχή καυσίμου στον κινητήρα και επιβραδύνει προς τα κάτω.

Στο σχήμα 14 θα δούμε την κατάσταση του ρυθμιστή σε κανονική ταχύτητα, σε κατάσταση υπερφόρτωσης και με μειωμένη ταχύτητα. Φαίνονται καθαρά η μετατοπίσεις των βαριδιών και της ατράκτου.



Σχήμα 14.

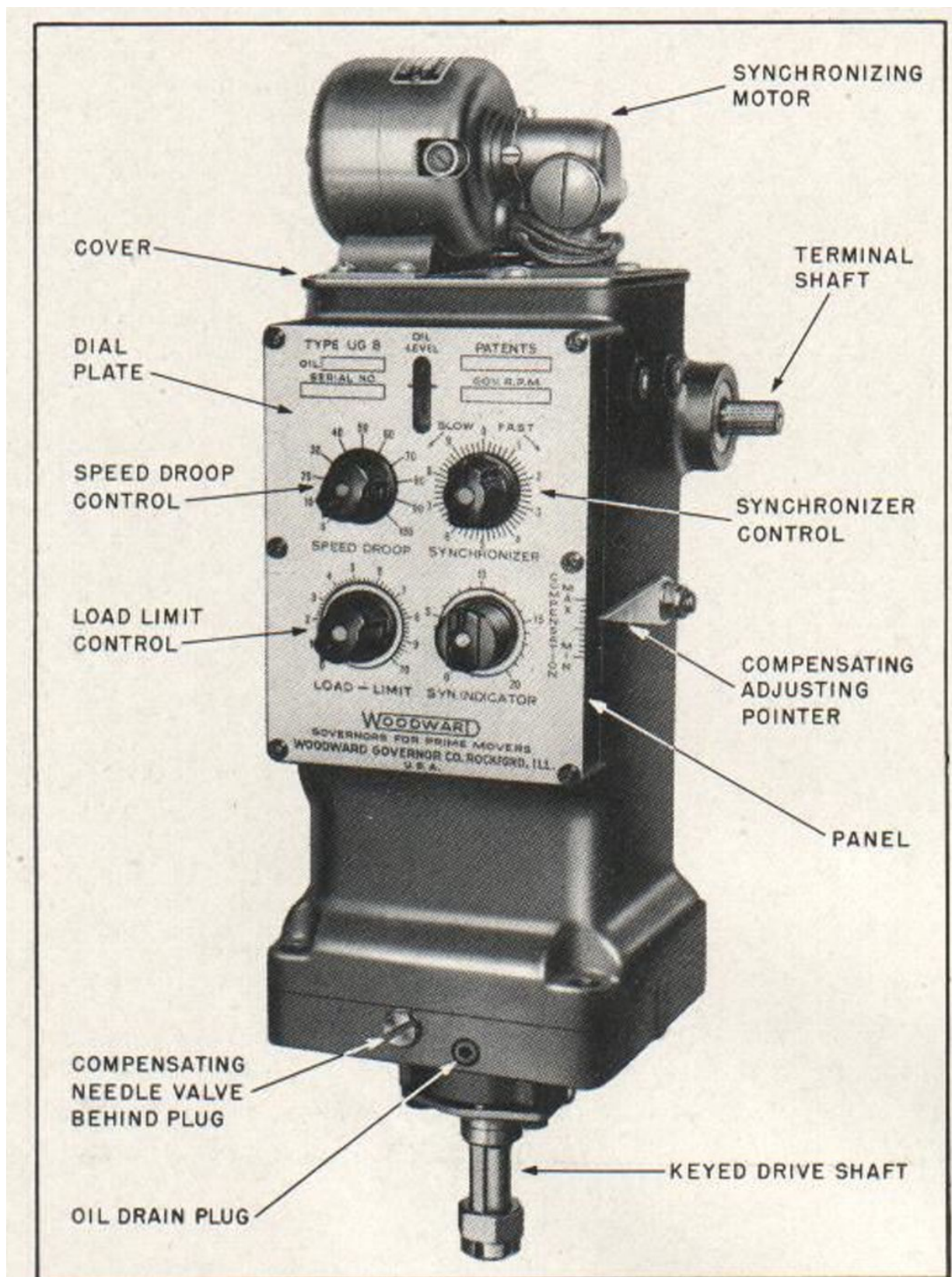
Woodward

Μηχανικοί-υδραυλικοί ρυθμιστές ταχύτητας για τον αξιόπιστο έλεγχο των κινητήρων ντίζελ , φυσικού αερίου, μηχανές διπλού καυσίμου, τουρμπίνες ατμού, υδροστροβίλους , αμοστροβίλους

Η μεγαλύτερη σειρά σε ρυθμιστές στροφών τις Woodward είναι οι UG8 και UG32 ρυθμιστές ταχύτητας. Έχουν το δικό τους αυτόνομο εφοδιασμό παροχής πετρελαίου και οδηγούνται από ένα κατάλληλο σύστημα UG ή από έναν κινητήρα ή στρόβιλο.

Λειτουργούν είτε isochronously ή γέρνουν και έχουν μια ευρεία ποικιλία των προαιρετικών χαρακτηριστικών για χρήση σε γεννήτριες, αντλίες, θαλάσσια προώθηση, και άλλες εφαρμογές.

Οι UG ρυθμιστές ταχύτητας φτάνουν μέγιστη ταχύτητα κίνησης του 1500 - 1600 rpm.



Σχήμα 15.



Σχήμα 16.

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

Το σύστημα ρύθμισης της ταχύτητας UG μας επιτρέπει τη ρύθμιση στροφών με τηλεχειρισμό. Ο τηλεχειρισμός των στροφών του κινητήρα είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε θαλάσσιες εφαρμογές χρησιμοποιώντας ρυθμίσεις σήματα αντί για το πιο παραδοσιακό σήμα την πνευματική πίεση 0.7bar .

Κατά τη λειτουργία, ο τελικός οδηγός συγκρίνει το σήμα εισόδου milliamp με το σήμα τάσης που προέρχεται από το ποτενσιόμετρο ανάδρασης και τρέχει τον βηματικό κινητήρα στη θέση στην οποία το σήμα milliamp αντιστοιχεί με το σήμα ανάδρασης. Αυτό οδηγεί σε μια ρύθμιση ταχύτητα ανάλογη προς το σήμα.

Πρόσθετα χαρακτηριστικά των ρυθμιστών ταχύτητας UG :

Χειροκίνητη ρύθμιση ταχύτητας

Κατά τη διάρκεια της ηλεκτρικής λειτουργίας, η ρύθμιση ταχύτητας ακολουθεί την ηλεκτρική ρύθμιση ταχύτητας.

Με την απώλεια της ηλεκτρικής ενέργειας, το μέγεθος της ταχύτητας του ρυθμιστή ταχύτητας παραμένει στην τελευταία ρύθμιση ταχύτητας και μπορεί να αλλάξει με την ενεργοποίηση της ρύθμισης ταχυτήτων (χειροκίνητα).

Ταχύτητα Droop

Η μειωμένη ταχύτητα επιτρέπει την κατανομή του φορτίου και εξισορρόπηση μεταξύ της κινητήριας δύναμης που λειτουργούν παράλληλα για να οδηγήσουν ένα κοινό άξονα. Η μείωση της ταχύτητας μπορεί να ρυθμιστεί με ένα κουμπί στην πρόσοψη του ρυθμιστή ταχύτητας.

Ανώτατο όριο ταχύτητας

Μια μικρή επαφή συναγερμού (alarm) στο κουτί του οδηγού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό της ρύθμισης της μέγιστης ταχύτητας (για παράδειγμα , στην περίπτωση της χαμηλής πίεσης του λιπαντικού ελαίου ή υψηλή θερμοκρασία ψύξης).

Αυτή η ρύθμιση για μειωμένη ταχύτητα είναι ρυθμιζόμενη με ένα ποτενσιόμετρο στο πρόγραμμα οδήγησης.



Σχήμα 17. Ρυθμιστής στροφών τύπου UG-8

Γενικά: ο τύπος ρυθμιστή ταχύτητας UG-8 είναι υδραυλικός και συνήθως είναι ισόχρονη (θα διατηρεί ίδια ταχύτητα του κινητήρα ανεξάρτητα από αυτή του φορτίου του κινητήρα). Ρύθμιση ταχύτητας (συγχρονισμού). Speed Droop. Έλεγχος για τυχόν πτώση της ταχύτητας και για το όριο φορτίου είναι στάνταρ χαρακτηριστικά.

Συγχρονιστής. Η ρύθμιση της ταχύτητας ελέγχου, χρησιμοποιείται για να αλλάξετε την ταχύτητα του κινητήρα όταν τρέχει μόνη της ή για να αλλάξετε το φορτίο του κινητήρα, όταν ο κινητήρας έχει παραλληλιστεί με άλλες μονάδες.

Ο δείκτης συγχρονισμού που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το συγχρονιστή δείχνει απλώς τον αριθμό των στροφών του κουμπιού συγχρονισμού.

Ένα μοτέρ συγχρονισμού κινητήρα, βλέπε σχήμα 13-14, τοποθετείται σε ένα ειδικό κάλυμμα στο UG-8 ρυθμιστή ταχύτητας για την παροχή εξ αποστάσεως έλεγχου ταχύτητας.

Η χρήση του είναι να μπορεί να ταιριάζει τη συχνότητα του κινητήρα εναλλάκτη με εκείνη των άλλων μονάδων πριν το συγχρονισμό και να αλλάξει η κατανομή του φορτίου μετά το συγχρονισμό.

Ο έλεγχος πτώσης ταχύτητας μπορεί να ρυθμιστεί για τον αυτόματο διαχωρισμό φορτίου και ισοροπίας μεταξύ των κινητήρων.

Το Speed Droop είναι ενσωματωμένο πάνω στο ρυθμιστή ταχύτητας μέσω ενός δεσμού, ο οποίος μεταβάλλει τη συμπίεση του speeder (ρύθμιση ταχύτητας) ελατηρίου ως το τερματικό που περιστρέφεται η άτρακτος.

Αυξημένη κατανάλωση καύσιμου μειώνει τη συμπίεση ελατηρίου, μειώνει τη ρύθμιση της ταχύτητας του ρυθμιστή ταχύτητας αναλόγως, και η μονάδα θα μειώσει σταδιακά την ταχύτητα της καθώς εφαρμόζεται με το φορτίο.

Αυτή η σχέση μεταξύ του φορτίου και της ταχύτητας δρα ως αντίσταση σε αλλαγές φορτίου, όταν η μονάδα διασυνδέεται με άλλες μονάδες είτε μηχανικά είτε ηλεκτρικά.



Σχήμα 18.

Woodward 3161 type Governors Μηχανικός – υδραυλικός έλεγχος της ταχύτητας σε κινητήρες ντίζελ, αερίου και τουρμπίνες ατμού



Σχήμα 19.

Εικόνα από Μηχανικό – ηλεκτρονικό σύστημα έλεγχου στροφών τύπου Governor UG32. Οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω συστήματος ψηφιακού ελεγκτή Η/Υ.

Νεότερες μορφές – σύγχρονη τεχνολογία ρυθμιστών στροφών.

Οι ρυθμιστές στροφών της ABB εγκαθίσταται εύκολα σε υφιστάμενους πίνακες, στη θέση των εκκινητών των κινητήρων.

Υποκαθιστά τα ρελέ μαζί με τη θερμική προστασία και ταυτόχρονα παρέχει όλες τις δυνατότητες ρύθμισης στροφών, ροπής, χρόνου εκκίνησης, πέδησης κλπ. Έχουν μικρό μέγεθος κάτι που τούς καθιστά ιδιαίτερα ευέλικτους.

Η σύνδεσή του είναι εξαιρετικά εύκολη, ακόμα και για χρήστες χωρίς προηγούμενη εμπειρία στους ρυθμιστές στροφών.

Ο προγραμματισμός του (επιλογή ταχύτητας, τρόπος λειτουργίας κλπ.) γίνεται επίσης πολύ εύκολα με μικροδιακόπτες (dip switches).

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ρυθμιστής της γερμανικής εταιρίας ABB. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τον ρυθμιστή στροφών ACS150 για απλές μηχανολογικές εφαρμογές.



Σχήμα 20.

Πλεονεκτήματα

Σε ορισμένες περιπτώσεις με τη χρήση ρυθμιστή στροφών μπορούν να απλοποιηθούν ή και να καταργηθούν εξαρτήματα και κινητά μέρη οι βαλβίδες, τα γρανάζια, οι μάντες, φρένα και το bypass. Επιπλέον παρέχεται δυνατότητα διαστασιολόγησης του ηλεκτρικού δικτύου δηλαδή κυρίως των καλωδίων, με βάση το χαμηλότερο ρεύμα εκκίνησης.

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 του μεγάλου φορτίου και να λειτουργεί οικονομικά.

Όσον αφορά την λειτουργία των μηχανημάτων, το όφελος είναι ότι ανταποκρίνονται και προσαρμόζονται γρήγορα στις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

Λειτουργούν ασφαλέστερα και εντέλει είναι αποδοτικότερα.

Σε ότι αφορά το συνεργείο service, το όφελος είναι ότι εντοπίζει άμεσα το πρόβλημα του μηχανήματος, κερδίζοντας πολύτιμο χρόνο.

Ακόμα και η αντικατάσταση ενός ελαττωματικού ηλεκτρονικού συστήματος γίνεται γρηγορότερα, αφού αλλάζει ολόκληρη πλακέτα ξεκουμπώνοντας και κουμπώνοντας φισάκια.

Τέλος όσον αφορά τους κατασκευαστές, η χρήση ηλεκτρονικών τους έδωσε μεγάλες δυνατότητες με πολύ μικρό κόστος!

Όμως οι κινητήρες της βιομηχανίας για ελάχιστο μόνο χρόνο λειτουργούν στο μέγιστο φορτίο διαστασιολόγησης ενώ συνήθως λειτουργούν υπό μειωμένο φορτίο.

Έτσι “καταναλώνουν” πολύ ακριβή άεργο ισχύ, τόσο στην τελοχρέωσή της (ΔΕΗ) όσο και στην αντιμετώπιση με πυκνωτές (αποθηκευτικά μέσα ηλεκτρικής ενέργειας).

Με τη χρήση ρυθμιστών στροφών οι κινητήρες τείνουν να έχουν σε κάθε συνθήκη φόρτισης βέλτιστο συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα χωρίς την ανάγκη πυκνωτών.

Τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα μάλλον είναι διαφορετικά σε κάθε περίπτωση ρυθμιστή στροφών γιατί πάντα είναι και ανάλογος ο σκοπός και η χρίσεις του!

Σίγουρα κάποιες συσκευές θα είναι πιο αξιόπιστες, άλλες περισσότερο οικονομικές οι πολύπλοκες σίγουρα έχει να κάνει και με τις χρονικές αλλαγές στην τεχνολογία.

Σήμερα όλα κατασκευάζονται απλούστερα, εξελίξιμα, πρακτικά και με το ελάχιστο κόστος κατασκευής!

Επίλογος - Συμπεράσματα

Γενική περιγραφή της πτυχιακής

Ρυθμιστές στροφών είναι ένας σημαντικός παράγοντας πάνω σε μια μηχανή η μηχανήμα η ηλεκτρική συσκευή.

Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως όταν οδηγούμε, εμείς έχουμε τον έλεγχο της ταχύτητας και ανάλογα τις συνθήκες πατάμε η ελαττώνουμε το γκάζι στο επιθυμητό. Εμείς είμαστε ο ρυθμιστής ταχύτητας.

Η διαφορά έχει να κάνει με το χειρισμό της και την απόκριση ακριβείας της εντολής.

Σκέφτομαι πως στην τεχνολογία του αύριο δε θα είναι και μεγάλο πρόβλημα η ρύθμιση μιας μηχανής, θα μπορεί να γίνει πανεύκολα από κάποιο Η/Υ.

Τεχνολογία δορυφόρων αποκρίσεις ταχύτητας γκαζιού.

Για τους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές δε θέλω να πω πολλά πράγματα είναι μια εξέλιξη και αυτή όσον αναφορά τον έλεγχο ταχύτητας σε πιο βελτιωμένη μορφή και χρησιμοποιείται περισσότερο για πιο απαιτητικές μηχανές.

Το βασικότερο πράγμα για εμένα δεν είναι η ρύθμιση των στροφών σε μια μηχανή αλλά η εκμετάλλευση της δωρεάν μορφής πηγών ενέργειας από το περιβάλλον!

Το δύσκολο πράγμα στην υπόθεση αυτή είναι η αποθήκευση αυτής της ενέργειας!

Βιβλιογραφία

1. shipnew.pblogs.gr/fwto-mhhanostasia-ploiwn.html ...
2. http://www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00048.pdf
3. http://www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00034.pdf
4. <http://www.control-systems-principles.co.uk/whitepapers/engine-speed-control.pdf>
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Governor_%28device%29
6. <http://falcon-manufacturing.com/page/how-a-mechanical-governor-works>
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_governor
8. <https://www.google.gr/searchq=governor+steam&rlz?>
9. <http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery>
10. <http://www.tunnel2funnel.com/difference-between-governors-fitted-on.html>
11. <http://www.machineryspaces.com>
12. http://www.oldwoodward.com/gallery/v/Diesel+and+Steam+Turbine+Governors_002
13. www.abb.com
14. http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/eidika-sustemata-elegkhou-ploiou/files/copy2_of_engine_controls.pdf
15. http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/eidika-sustemata-elegkhou-ploiou/files/marine_2012_introduction.pdf
16. <http://www.caroto.gr>
17. <http://www.soldatos.gr/html/automatismoi.html>

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Κεφάλαιο 1: Ιστορικά.....	6
Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών.....	9
Κεφάλαιο 3: Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών.....	15
Κεφάλαιο 4: Άλλα είδη ρυθμιστών και σύγχρονες μορφές τους.....	19
Επίλογος - Συμπεράσματα.....	33
Βιβλιογραφία.....	34