

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL, ΦΥΣΙΚΟΥ
ΑΕΡΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΡΠΟΥΖΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΑΝΔΡΟΚΛΗΣ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL, ΦΥΣΙΚΟΥ
ΑΕΡΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΡΠΟΥΖΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΑΜ: 4435

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ: 30-09-2014

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Η βιομηχανία, και πιο συγκεκριμένα η ναυτική βιομηχανία βασίστηκε και βασίζεται στην χρησιμοποίηση του diesel ως καύσιμο, για την ανάπτυξή της. Η τεχνολογική εξέλιξη των πραγμάτων και καταστάσεων όμως, έφεραν στο προσκήνιο και ένα νέο, καθαρότερο καύσιμο, το φυσικό αέριο. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στον χώρο της ναυτιλίας αναπτύχθηκαν και εξελίχθηκαν, πάντα συνάδει των αναγκών καυσίμων του πλανήτη. Ένας κινητήρας, όμως, χρειάζεται την απαραίτητη φροντίδα, επίβλεψη και επιτήρηση για την σωστή και ομαλή λειτουργία του. Γι' αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε αισθητήρες διαφόρων τύπων και για διάφορους σκοπούς, ώστε να ελέγχουμε – διατηρούμε την σωστή λειτουργία του κινητήρα και των βοηθητικών μηχανημάτων που τον αποτελούν. Τέτοιοι αισθητήρες μπορεί να είναι θερμοκρασίας, πίεσης, διακόπτες, φωτοκύτταρα, αναλυτές οξυγόνου κτλ. Για την κατανόησή τους, επιβάλλεται να γνωρίζουμε τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και κάποια κατασκευαστικά στοιχεία τους. Ανάλογα με τον τύπο κινητήρα (diesel, gas, dual fuel), οι αισθητήρες σε κάποιες περιπτώσεις είναι παρόμοιοι, σε κάποιες άλλες μπορεί να διαφέρουν. Οι αισθητήρες, όπως προαναφέρθηκε είναι αναπόσπαστο κομμάτι των κινητήρων. Μία ανωμαλία στην θερμοκρασία, μία απότομη αλλαγή στη πίεση, μία διαρροή υγρού ή αερίου και άλλες παρόμοιες καταστάσεις μπορούν να αποβούν μοιραίες για τον κινητήρα αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις και για τον άνθρωπο. Γι' αυτό, λοιπόν, οι αισθητήρες αναλαμβάνουν αυτό το έργο.

Abstract

Industry, and more specific maritime industry based and is based in the usage of diesel as fuel, for its development. Technological development over the years, however, brought to the surface a new fuel called, natural gas. Engines in maritime industry are developing always in dependence with the fuel needs of our planet. An engine, however, needs the required care, inspection, check, maintenance and overhauling, for its correct and proper operation. Therefore, we use sensors, with a variety of them to be used in marine engines, for many reasons and in many applications, in order to check, inspect and maintain proper and correct operation of the engine and its auxiliary machineries. Such sensors are temperature sensors, pressure sensors, switches, photocells, oxygen analyzers, etc. For us, to understand their function, it is required to acknowledge the working principle of them and some of their manufactured characteristics. Depending on the type of engine (diesel engine, gas engine, dual fuel engine), we have either same sensors, or sometimes different sensors. As we previously mentioned, sensors are a critical part of an engine. An abnormality in temperature, a rapid change in the pressure, liquid or gas leakage and other such-like situations could be disastrous for the engine and sometimes for the human as well. Therefore, sensors take charge of these issues.

Πρόλογος

Η ακόλουθη πτυχιακή εργασία αναφέρεται στον τρόπο λειτουργίας του κινητήρα diesel, και φυσικού αερίου, γενικότερα και πιο ειδικά στα αισθητήρια (αισθητήρες) που χρησιμοποιούνται σ' αυτούς τους δύο τύπους κινητήρων. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αναλυθεί λεπτομερώς η λειτουργία των αισθητήρων στους δύο προαναφερθείς τύπους κινητήρων και να γίνει σχολιασμός αυτών, ανεπτυγμένα μέσα σε τέσσερα (4) κεφάλαια.

Η εργασία αναπτύσσεται ξεκινώντας με ιστορική αναδρομή για κάθε τύπο κινητήρα και στη συνέχεια προχωρά σε ειδικότερη ανάλυση των κινητήρων και των αντίστοιχων αισθητήρων τους.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται ο κινητήρας diesel, σύντομη ιστορική αναδρομή στην προέλευση του και μία σύντομη και αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας του. Στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρονται τα αισθητήρια (αισθητήρες) που χρησιμοποιούνται στον κινητήρα diesel.

Συνεχίζοντας στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύουμε τα προαναφερθέντα αισθητήρια ένα προς ένα, με λεπτομερή περιγραφή της λειτουργίας τους, του σκοπού που εξυπηρετούν, όλα αυτά με τη βοήθεια φωτογραφικού υλικού.

Με την έναρξη του τρίτου κεφαλαίου, ανοίγεται ένα νέο κεφάλαιο. Αυτό του φυσικού αερίου. Όπως και με τον κινητήρα diesel, έτσι και για αυτόν τον κινητήρα γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή πάνω στην προέλευση του κινητήρα και έπειτα περιγράφεται η λειτουργία αυτού. Στο τελευταίο μέρος του κεφαλαίου παραθέτονται τα αισθητήρια (αισθητήρες) του κινητήρα φυσικού αερίου.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα αισθητήρια που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο για τον κινητήρα φυσικού αερίου, το πώς λειτουργούν, σε τι αποσκοπούν, καθώς επίσης παρατίθενται αντίστοιχες φωτογραφίες για την βοήθεια της ανάπτυξης του κειμένου.

Με βάση λοιπόν τις ιστορικές πηγές, τις επιστημονικές πηγές καθώς και την προσωπική εμπειρία και τις προσωπικές γνώσεις που αποκτήθηκαν τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών στην Ακαδημία Εμπορικού Ναυτικού όσο και κατά τη διάρκεια των τριών εκπαιδευτικών ταξιδιών ως μορφή πρακτικής εξάσκησης σε δεξαμενόπλοιο, δημιουργήθηκε η ακόλουθη πτυχιακή εργασία. Ακολουθεί το κύριο μέρος της πτυχιακής εργασίας αναπτυγμένο σε τέσσερα (4) κεφάλαια, καθ' ένα από τα οποία χωρίζεται σε υποενότητες ανάλογα με το θέμα και τις λεπτομέρειες που περιγράφονται

Κεφάλαιο 1

Κινητήρας Diesel – Λειτουργία

Ιστορική αναδρομή

Ο Rudolf Christian Karl Diesel (Εικόνα 1), ήταν Γερμανός εφευρέτης και μηχανολόγος μηχανικός, και διάσημος για την εφεύρεση του κινητήρα diesel. Γεννήθηκε στις 18 Μαρτίου εν έτη 1858 στο Παρίσι της Γαλλίας και απεβίωσε σε ηλικία 55 ετών στις 29 Σεπτεμβρίου του 1913, καθώς διέσχισε το αγγλικό κανάλι. Έπειτα από μακροχρόνιες έρευνες και εφαρμογές, το έτος 1897 ο Diesel κατάφερε να θέσει σε πλήρη λειτουργία και επιτυχώς, για πρώτη φορά, μία από τις μηχανές του. Νωρίτερα, το 1892, ο Diesel κατέθετε με τον κωδικό RP 67207, στο γραφείο κατοχύρωσης ευρεσιτεχνιών, την πατέντα του σχετικά με ένα νέο τύπο θερμικού κινητήρα - αυτανάφλεξης που χρησιμοποιούσε ως καύσιμο το πετρέλαιο. Η λειτουργία των βενζινοκινητήρων ήταν ήδη γνωστή, από το 1886, χάρη στον Nicolas Otto. Ωστόσο, ήταν πολύ νωρίς για να αντιληφθεί κανείς πως οι κινητήρες diesel θα είχαν, αν όχι μεγαλύτερη, ισάξια σημασία καθώς σε αυτές βασίστηκε η βαριά -και όχι μόνο- βιομηχανία.



Εικόνα 1. Rudolf Christian Karl Diesel

Οι πρώτοι πετρελαιοκινητήρες, ήταν σταθερές εφαρμογές με μέγιστο όριο τριακόσιες (300) στροφές ανά λεπτό. Ήταν πολύ βαριές κατασκευές, λόγω της αυξημένης συμπίεσης (35bar). Για κάθε ένα ίππο (1hp), αντιστοιχούν 250 kg του κινητήρα. Αρχικά τοποθετήθηκαν σε πλοία και υποβρύχια, ενώ αργότερα σε αμαξοστοιχίες και φορτηγά.

Μετά τον 1^ο παγκόσμιο πόλεμο οι κινητήρες πετρελαίου γνωρίζουν άνθηση, μικραίνουν σε μέγεθος και γίνονται σαφώς γρηγορότεροι. Το έτος 1923 έρχεται στο προσκήνιο η πρώτη αντλία πετρελαίου, η οποία κατασκευάζεται από την εταιρεία MAN. Το 1924 η MAN και μία άλλη εταιρεία, η Mercedes, παρουσιάζουν φορτηγά στην έκθεση του Βερολίνου. Ένα χρόνο αργότερα, ο Robert Bosch, παρουσιάζει την



Εικόνα 2. Citroen Rosalie

δική του αντλία ψεκασμού πετρελαίου. Την επόμενη δεκαετία, και πιο συγκεκριμένα εν έτη 1933, παρουσιάζεται το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα πετρελαίου, το Citroen Rosalie (Εικόνα 2), αλλά δεν παίρνει έγκριση τύπου.

νουν σε μέγεθος και γίνονται σαφώς γρηγορότεροι. Το έτος 1923 έρχεται στο προσκήνιο η πρώτη αντλία πετρελαίου, η οποία κατασκευάζεται από την εταιρεία MAN. Το 1924 η MAN και μία άλλη εταιρεία, η Mercedes, παρουσιάζουν φορτηγά στην έκθεση του Βερολίνου. Ένα χρόνο αργότερα, ο Robert Bosch, παρουσιάζει την

Αρχή λειτουργίας κινητήρα

Ο πετρελαιοκινητήρας είναι ένας κινητήρας εσωτερικής καύσεως συμπίεσης ανάφλεξης. Σκοπός του κινητήρα αυτού είναι να μετατρέπει την θερμική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια δηλαδή σε κίνηση. Η βασική αρχή λειτουργίας του πετρελαιοκινητήρα είναι όμοια με αυτού που καίει βενζίνη. Το πιστόνι που είναι συνδεδεμένο με το στροφαλοφόρο άξονα πηγαίνει πάνω και κάτω στο θάλαμο καύσης σε τέσσερις φάσεις (όπως και στη βενζίνη) για να κάψει το καύσιμο και να παράξει ενέργεια που θα δώσει ώθηση στο όχημα. Η μεγάλη διαφορά είναι στο τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η ανάφλεξη. Ενώ στη βενζίνη το καύσιμο αναμειγνύεται με τον αέρα (πριν ή μέσα στο θάλαμο καύσης) και η σπίθα για την ανάφλεξη δίνεται από τα μπουζί (αναφλεκτήρες), στον κινητήρα diesel πρώτα συμπιέζεται ο αέρας και μετά, το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας μέσα στο θάλαμο καύσης. Επειδή ο συμπιεσμένος αέρας είναι πολύ καυτός, το καύσιμο αναφλέγεται κατά την επαφή του με αυτόν. Χαρακτηριστικό της διαφοράς λειτουργίας των δύο ειδών κινητήρα είναι τα μεγέθη στις σχέσεις συμπίεσης, με τη βενζίνη να φτάνει το 10:1 και το diesel να φτάνει το 14:1.

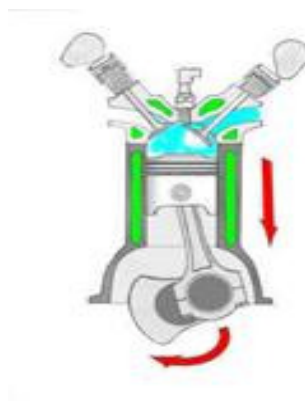
Οι μηχανές αυτές ταξινομούνται με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους. Ανάλογα με τον μέγιστο αριθμό στροφών που αναπτύσσουν ανά λεπτό, διακρίνονται σε αργόστροφες (μέχρι 350 σ.α.λ), μεσόστροφες (μέχρι 1200 σ.α.λ) και σε πολύστροφες που φτάνουν τις 5000 σ.α.λ. Ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν στις κανονικές στροφές λειτουργίας τους, τις διακρίνουμε σε μηχανές μικρής ισχύος (μέχρι 25 ίππους ανά κύλινδρο), σε μηχανές μέσης ισχύος (από 25 έως 200 ίππους ανά κύλινδρο) και σε μηχανές υψηλής ισχύος (πάνω από 200 ίππους ανά κύλινδρο). Ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων, διακρίνονται σε μηχανές μονοκύλινδρες μέχρι και 24κύλινδρες. Τέλος, ανάλογα με τον αριθμό των χρόνων του κύκλου λειτουργίας τους, χωρίζονται σε δίχρονες και τετράχρονες.

Κάθε χρόνος, χαρακτηρίζεται σαν η κίνηση του εμβόλου από το άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) μέχρι το κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ). Τα σημεία αυτά είναι το ανώτατο και το κατώτατο σημείο που μπορεί να φθάσει το έμβολο. Και στους δύο τύπους κινητήρα (δίχρονος – τετράχρονος) έχουμε 4 φάσεις που αποτελούν τον κύκλο λειτουργίας του κινητήρα. Στον τετράχρονο κινητήρα, ο κύκλος λειτουργίας ολοκληρώνεται σε τέσσερις (4) φάσεις, που αντιστοιχούν σε τέσσερις (4) διαδρομές του εμβόλου μεταξύ των νεκρών σημείων, ενώ στον δίχρονο κινητήρα, ο κύκλος λειτουργίας ολοκληρώνεται σε τέσσερις (4), που αντιστοιχούν σε δύο (2) διαδρομές του εμβόλου. Οι φάσεις αυτές είναι : εισαγωγή, συμπίεση, καύση-εκτόνωση, εξαγωγή.

Τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας:

Εισαγωγή

Η εισαγωγή (Εικόνα 3) αποτελεί την πρώτη φάση λειτουργίας της μηχανής. Αρχικά



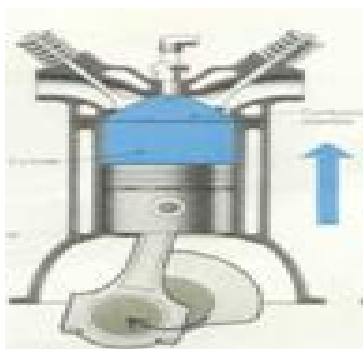
το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής, ενώ αντίστοιχα η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω, αυξάνεται ο όγκος στο εσωτερικό του κυλίνδρου και έχουμε ταυτόχρονη μείωση της πίεσεως. Εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας από την ανοικτή βαλβίδα εισαγωγής στο εσωτερικό του κυλίνδρου λόγω της υψηλότερης εξωτερικής πίεσεως, καταλαμβάνοντας τον όγκο

Εικόνα 3. Φάση Εισαγωγής που ελευθερώνεται από το κατερχόμενο έμβολο. Η κίνηση είναι εξαναγκαστική και απαιτεί μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο, μέσω του στροφαλοφόρου άξονα και του διωστήρα. Όταν το έμβολο φθάσει στο ΚΝΣ, τότε ολοκληρώνεται η φάση της εισαγωγής, κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής και ολοκληρωμένος ο όγκος του

κυλίνδρου είναι γεμάτος με ατμοσφαιρικό αέρα. Η κίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ μέχρι το ΚΝΣ κατά την φάση της εισαγωγής αποτελεί τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα.

Συμπίεση

Η φάση της συμπίεσεως (Εικόνα 4) ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο ΚΝΣ και τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής να είναι κλειστές, ώστε να επιτυγχάνεται στεγανοποίηση του κυλίνδρου. Καθώς το έμβολο κινείται ανοδικά από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ, μειώνει τον όγκο του κυλίνδρου με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση του περιεχόμενου αέρα καθώς επίσης και η θερμοκρασία του. Όταν πλέον το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, ο όγκος του αέρα έχει περιορισθεί στον επιζήμιο όγκο μεταξύ πώματος και εμβόλου. Ο λόγος



Εικόνα 4. Φάση Συμπίεσης

του αρχικού όγκου του κυλίνδρου προς τον τελικό όγκο του κυλίνδρου στη φάση της συμπίεσεως, ονομάζεται βαθμός συμπίεσης της μηχανής. Το έμβολο, όπως και στην προηγούμενη φάση, αντλεί μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο. Η κίνηση του εμβόλου από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, κατά την φάση της συμπίεσης, αποτελεί τον δεύτερο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα.

Καύση-Εκτόνωση

Η τρίτη φάση λειτουργίας ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο ΑΝΣ και τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής να είναι κλειστές. Ο αέρας εντός του επιζήμιου όγκου βρίσκεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία και το πετρέλαιο ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο από τον εγχυτήρα με τη μορφή νέφους μικροσκοπικών σταγονιδίων. Το πετρέλαιο αναμιγνύεται με τον αέρα και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας αυταναφλέγεται. Η καύση του μίγματος αέρα-πετρελαίου απελευθερώνει σημαντικά ποσά θερμότητας, αυξάνοντας την θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον κύλινδρο. Η ιδιαίτερα αυξημένη πίεση των καυσαερίων ωθεί το έμβολο προς το ΚΝΣ. Το έμβολο μεταδίδει την κίνηση στο διωστήρα, ο οποίος, με τη σειρά του κινεί τον στρόφαλο, μετατρέποντας έτσι την ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου, σε περιστροφική. Με την άφιξη του εμβόλου στο ΚΝΣ, τελειώνει η τρίτη φάση της λειτουργίας του κινητήρα, η οποία είναι και η μοναδική ενεργή φάση, δηλαδή η

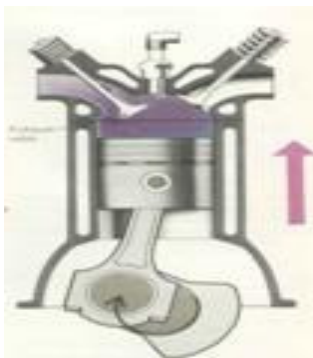
μοναδική περίοδος που παράγεται μηχανικό έργο. Ένα τμήμα του μηχανικού αυτού έργου αποθηκεύεται στο σφόνδυλο με τη μορφή κινητικής ενέργειας, ενώ το υπόλοιπο αποδίδεται προς χρήση. Η κίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ, κατά τη φάση της καύσης-εκτόνωσης, αποτελεί τον τρίτο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα.



Εικόνα 5. Φάση Καύσης- Εκτόνωσης

Εξαγωγή

Η τέταρτη και τελευταία φάση λειτουργίας ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο



Εικόνα 6. Φάση Εξαγωγής

ΚΝΣ. Με την έναρξη της ανόδου του προς το ΑΝΣ, ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής, ενώ η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει κλειστή. Λόγω της υψηλότερης πίεσης που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο (σε σχέση με την εξωτερική πίεση=ατμοσφαιρική) και της εξαναγκασμένης κίνησης του εμβόλου προς το ΑΝΣ, τα καυσαέρια οδηγούνται προς την ατμόσφαιρα, διερχόμενα μέσα

από την ανοικτή βαλβίδα εξαγωγής και τον αγωγό εξαγωγής. Η φάση της εξαγωγής ολοκληρώνεται όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, οπότε και κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής. Και αυτή η φάση λειτουργίας του κινητήρα αντλεί μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο. Η κίνηση του εμβόλου από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ, κατά την φάση της εξαγωγής αποτελεί τον τέταρτο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα, ολοκληρώνοντας έτσι έναν πλήρη (θεωρητικό) κύκλο λειτουργίας τετράχρονης πετρελαιομηχανής.

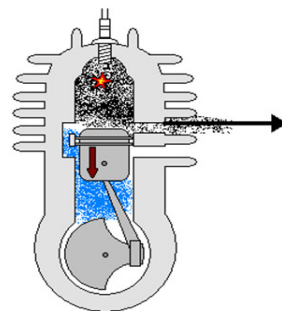
Σε σχέση με τον τετράχρονο πετρελαιοκινητήρα, ο δίχρονος έχει άλλη μια διαφορά. Δεν έχει βαλβίδα εξαγωγής, αλλά αντί αυτής έχει θυρίδες εξαγωγής.

Δίχρονος πετρελαιοκινητήρας:

Η περιγραφή του δίχρονου πετρελαιοκινητήρα διαφέρει από αυτή του τετράχρονου πετρελαιοκινητήρα, γι' αυτόν τον λόγο και η περιγραφή ξεκινάει με την φάση της καύσης-εκτόνωσης, για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του κινητήρα.

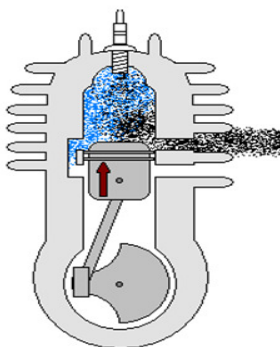
Καύση-Εκτόνωση

Ο πρώτος χρόνος λειτουργίας ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο ΑΝΣ. Ο αέρας εντός του επιζήμιου όγκου βρίσκεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία λόγω της προηγηθείσας συμπίεσης. Το πετρέλαιο ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο από τον εγχυτήρα με τη μορφή νέφους μικροσκοπικών σταγονιδίων. Το πετρέλαιο αναμιγνύεται με τον αέρα και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας αυταναφλέγεται. Η καύση του μείγματος αέρα-πετρελαίου ελευθερώνει σημαντικά ποσά θερμότητας, αυξάνοντας τη θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον κύλινδρο. Η ιδιαίτερα αυξημένη πίεση των καυσαερίων ωθεί το έμβολο προς το ΚΝΣ. Το έμβολο μεταδίδει την κίνηση στον διωστήρα, ο οποίος με τη σειρά του κινεί τον στρόφαλο, μετατρέποντας έτσι την ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική. Καθώς το έμβολο πλησιάζει το ΚΝΣ (Εικόνα 7), αποκαλύπτεται πρώτα η θυρίδα εξαγωγής (στους πιο σύγχρονους κινητήρες έχουμε βαλβίδα εξαγωγής), με αποτέλεσμα την έναρξη της φάσεως της εξαγωγής. Η φάση της εκτόνωσης είναι και η ενεργή φάση του κύκλου, κατά την οποία πραγματοποιείται η παραγωγή του έργου της μηχανής. Ένα τμήμα του έργου αποθηκεύεται στον σφόνδυλο με τη μορφή κινητικής ενέργειας, ενώ το υπόλοιπο μέρος αποδίδεται προς χρήση.



Εικόνα 7. Φάση Καύσης-Εκτόνωσης

Εξαγωγή



Εικόνα 8. Φάση Εξαγωγής

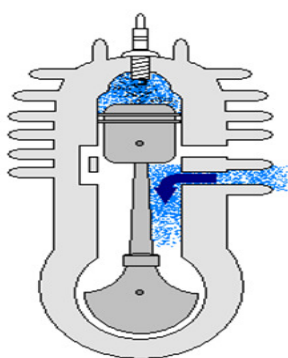
Η δεύτερη φάση λειτουργίας του κινητήρα ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται λίγο πριν το ΚΝΣ, τη στιγμή που αρχίζει να αποκαλύπτει τη θυρίδα εξαγωγής. Η θυρίδα εισαγωγής θα αποκαλυφθεί λίγο αργότερα και ενώ θα έχει πέσει αρκετά η πίεση των καυσαερίων εντός του κυλίνδρου. Λόγω της υψηλότερης πίεσης που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο, τα καυσαέρια ωθούνται προς την ατμόσφαιρα, διερχόμενα μέσα από την ανοικτή θυρίδα εξαγωγής και τον αγωγό των καυσαερίων. Καθώς το κινούμενο, προς το ΚΝΣ, έμβολο αποκαλύπτει σταδιακά την θυρίδα εισαγωγής, αρχίζει

ταυτόχρονα η φάση της εισαγωγής του αέρα. Συνεπώς, για κάποιο χρονικό διάστημα οι φάσεις εξαγωγής και εισαγωγής, πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Παράλληλα, η εκτόνωση των καυσαερίων συνεχίζει να παράγει έργο στο έμβολο μέχρι το ΚΝΣ, επειδή η πίεση μέσα στον κύλινδρο δεν πέφτει ακαριαία με το άνοιγμα των θυρίδων. Κατά την φάση της εξαγωγής (Εικόνα 8), το έμβολο, αφού φθάσει στο ΚΝΣ, αρχίζει την άνοδό του προς το ΑΝΣ και σταδιακά κλείνει πρώτα την θυρίδα εισαγωγής και στη συνέχεια την θυρίδα εξαγωγής, οπότε και ολοκληρώνεται η φάση της εξαγωγής.

Εισαγωγή-σάρωση

Η τρίτη φάση λειτουργίας, ξεκινά με την αποκάλυψη της θυρίδα εισαγωγής-σαρώσεως και τελειώνει με το πλήρες κλείσιμο της κατά την άνοδο του εμβόλου από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ. Για να εισέλθει ο αέρας στον κύλινδρο, πρέπει να έχει πέσει αρκετά η πίεση των καυσαερίων εντός του κυλίνδρου. Έτσι δικαιολογείται το μεγαλύτερο ύψος της θυρίδας εξαγωγής, ώστε αυτή να αποκαλύπτεται νωρίτερα από το έμβολο. Ο εισερχόμενος αέρας καθαρίζει τον χώρο καύσης, σαρώνοντας τον κύλινδρο και ωθώντας τα καυσαέρια προς την εξαγωγή. Ενώ η λειτουργία αυτή θα λήξει με το κλείσιμο της θυρίδας εισαγωγής, η εξαγωγή θα συνεχίσει για ένα μικρό χρονικό διάστημα ακόμη. Η απαραίτητη ενέργεια για την κίνηση του εμβόλου από το ΚΝΣ μέχρι το κλείσιμο της θυρίδας εισαγωγής και της θυρίδας εξαγωγής, παρέχεται από τον σφόνδυλο.

Συμπίεση



Εικόνα 9. Φάση Συμπίεσης

Η φάση της συμπίεσεως (Εικόνα 9), ξεκινά με το έμβολο να κλείνει εντελώς, κατά την άνοδό του προς το ΑΝΣ, την θυρίδα εξαγωγής. Ανερχόμενο το έμβολο, μειώνει τον όγκο του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση του παρεχόμενου αέρα μαζί με τη θερμοκρασία του. Όταν πλέον το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, ο όγκος του αέρα έχει περιορισθεί στον επιζήμιό όγκο μεταξύ πάματος και εμβόλου. Ο λόγος του όγκου του κυλίνδρου τη στιγμή της έναρξης της συμπίεσης προς τον τελικό όγκο του κυλίνδρου ονομάζεται ουσιαστικός βαθμός συμπίεσης δίχρονης πετρελαιομηχανής. Η συμπίεση ολοκληρώνεται χρονικά με το

έμβολο να φτάνει στο ΑΝΣ. Η κίνηση του εμβόλου, κατά την φάση της συμπίεσης, πραγματοποιείται αντλώντας μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο.

Κεφάλαιο 2

Κινητήρας Diesel – Αισθητήρες

Κατηγορίες αισθητήρων

Θερμοκρασίας

Η μέτρηση της θερμοκρασίας, σε εφαρμογές στη ναυτιλία, έχει υψηλές απαιτήσεις από τους αισθητήρες θερμοκρασίας που θα χρησιμοποιηθούν. Οι απλοί αισθητήρες, μη σχεδιασμένοι για χρήση στη ναυτιλία, δεν θα είχαν τον ίδιο χρόνο ζωής σε ένα ανάλογο περιβάλλον εργασίας του αισθητήρα. Ειδικά οι αισθητήρες για τις πετρελαιομηχανές υπόκεινται σε δύσκολες καταστάσεις (δόνηση-vibration, έκθεση σε λάδι ή νερό). Τέτοιους αισθητήρες θερμοκρασίας συναντάμε ενδεικτικά ως αισθητήρα θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων, αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού νερού, αισθητήρα θερμοκρασίας λιπαντικού μέσου (λαδιού).

Πίεσως

Στο χώρο της ναυτιλίας, και σε περιβάλλον εργασίας ανάλογο, επικρατούν συχνά υψηλές πιέσεις στους κινητήρες. Αυτές οι πιέσεις απαιτούν την αντίστοιχη παρακολούθηση για τυχόν ανωμαλίες στη λειτουργία του κινητήρα, διότι μία τέτοια ανωμαλία, με μία σημαντικά υψηλή πίεση, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικά αποτελέσματα. Γι' αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιούνται αισθητήρες πίεσεως, κατάλληλοι για αυτό το περιβάλλον, όπως μανόμετρα ένδειξης πίεσεως, πιεζοηλεκτρικούς μετρητές πίεσεως. Αυτά για διάφορους λόγους (πίεση εγχύσεως καυσίμου, πίεση εντός του κυλίνδρου κτλ.)

Διακόπτες-αισθητήρες παρακολούθησης στάθμης

Για την αποφυγή τυχόν ανωμαλιών, τοποθετούνται συχνά διακόπτες ή αισθητήρες για τον έλεγχο της στάθμης διαφόρων υγρών ή για τον έλεγχο πίεσης, οι λεγόμενοι level switches και level monitoring sensors. Έχουμε διακόπτες υψηλής στάθμης (high level) και χαμηλής στάθμης (low level), καθώς επίσης να επισημανθεί ότι αντίστοιχα alarm (συναγερμοί), ενεργοποιούνται όταν δωθεί σήμα από έναν διακόπτη.

Κατασκευαστικά-Περιγραφή λειτουργίας αισθητήρων

Θερμοκρασίας

Κατασκευαστικά, οι αισθητήρες θερμοκρασίας (Εικόνα 10), έχουν την εξής κατασκευή. Πρόκειται για μία ειδική μηχανική κατασκευή, βελτιστοποιημένη για την χρήση σε ναυτικό κινητήρα. Επιπλέον, το πλαίσιο του θερμομέτρου έχει εσωτερικά ένα υγρό, υψηλό σε ιξώδες, ικανό να απορροφά τους κραδασμούς, το οποίο προστατεύει την κίνηση του εσωτερικού



Εικόνα 10. Αισθητήρας θερμοκρασίας (Θερμόμετρο)

μετρητή από τις δονήσεις και ταυτόχρονα παρέχει λίπανση στα εσωτερικά μέρη του αισθητήρα και βοηθά στην αποφυγή της διάβρωσης. Τέλος, η τριχοειδής γραμμή προστατεύεται από σπειροειδής περίβλημα, κατασκευασμένο από ανοξείδωτο ατσάλι. Οι τιμές που μπορούν να αναδεικνύονται στους αισθητήρες αυ-

τούς κυμαίνονται από 0-100° C μέχρι και 50-650° C. Τα πρότυπα για τα μήκη κυμαίνονται σε διάφορες τιμές που ξεκινούν από τα 100 χιλιοστά και μπορούν να φτάσουν μέχρι και 400 χιλιοστά.

Η λειτουργία των αισθητήρων αυτών έχει ως εξής. Κατ' αρχήν πρόκειται για θερμομέτρα remote reading dial, δηλαδή διαβάζουμε την ένδειξη όχι μόνο τοπικά αλλά και από ένα πίνακα, όπως για παράδειγμα αυτόν του δωματίου ελέγχου του μηχανοστασίου. Ο αισθητήρας διαβάζει αλλαγή στην θερμοκρασία που ελέγχει και το μετατρέπει σε μορφή πίεσης, η οποία δύναμη έπειτα οδηγείται στον δείκτη.

Πίεσης

Για τα μανόμετρα μπορούμε να πούμε ότι κατασκευαστικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε αέριο χρειάζεται ή για κάποιο υγρό χαμηλού ιξώδους, το οποίο δεν διαβρώνει μέρη του μανομέτρου. Η ειδική μηχανική σχεδίαση και κατασκευή τους, καθώς και το περίβλημά τους είναι ιδανικό για χρήση σε ναυτικές εφαρμογές.

Στη συνέχεια, έχουμε τους πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες (Εικόνα 11). Σε αυτούς, ηλεκτρική φόρτιση, αναπτύσσεται από συγκεκριμένους κρυστάλλους όταν υπόκεινται σε μηχανική πίεση. Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες είναι ενεργά ηλεκτρικές συσκευές. Παράγουν ένα ηλεκτρικό σήμα εξόδου μόνο όταν οι κρύσταλλοι διαβάσουν αλλαγή σε μηχανικό φορτίο. Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες είναι η καταλληλότερη επιλογή για περιπτώσεις όπου έχουμε απότομες και μεγάλες αλλαγές πίεσης σε θερμοκρασίες από -196° C έως και 350° C, και απαιτούμε την μέτρηση και καταγραφή όσο το δυνατόν



Εικόνα 11. Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας

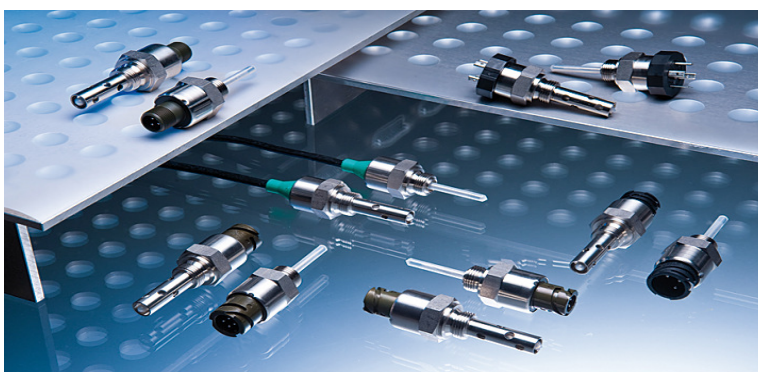
ακριβέστερα. Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες κατηγοριοποιούνται σε δύο είδη. Αυτούς με έξοδο φορτίου (charge output) και αυτούς με έξοδο λειτουργίας (voltage output). Στην πρώτη περίπτωση, το σήμα από τον αισθητήρα έχει πολύ υψηλή αντίσταση και είναι συνδεδεμένο με τον ενισχυτή με ένα ειδικό καλώδιο υψηλής μόνωσης. Αυτό μετατρέπει το σήμα φόρτισης σε χαμηλής αντίστασης σήμα τάσης το οποίο μπορεί να προβληθεί και να κατεργασθεί όπως χρειαστεί. Στους πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες με voltage output, το

σήμα μετατρέπεται σε τάση κατευθείαν εντός του αισθητήρα. Ο αισθητήρας απαιτεί μία κατάλληλη παροχή ρεύματος. Καθώς αυτά τα συστήματα μετρήσεως πίεσης είναι αρκετά αποδοτικά και εύκολα στην εφαρμογή, είναι τα πλέον ιδανικά για βιομηχανική-ναυτιλιακή χρήση.

Τέλος, έχουμε και τους πιεζοαντιστασιακούς αισθητήρες. Αυτοί οι αισθητήρες συνδέονται με διάφορους ενισχυτές, ανάλογα με τις απαιτήσεις. Οι ενισχυτές καθορίζουν το σήμα της ασταθούς γέφυρας στον αισθητήρα και το μεταφέρουν στον δείκτη ή στην μονάδα ανάλυσης. Ένα σύστημα μέτρησης πίεσης, με πιεζοαντιστασιακούς αισθητήρες αποτελείται από τον αισθητήρα, το συνδετικό καλώδιο και τον ενισχυτή. Ο ενδείκτης ή/και αναλυτικότερα ηλεκτρονικά αποτελούνται από παλμοσκόπια, μονάδες απόκτησης δεδομένων ή ένα PLC.

Διακόπτες-αισθητήρες παρακολούθησης στάθμης

Οι αισθητήρες παρακολούθησης στάθμης (Εικόνα 12), χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση στάθμης διαφόρων υγρών. Οι αισθητήρες αυτοί εντοπίζουν τυχόν αλλαγή στη στάθμη του υγρού. Τέτοια υγρά είναι υγρά με βάση το νερό, όπως για παράδειγμα ψυκτικά υγρά, το γλυκό νερό, ακάθαρτο νερό, νερό σεντινών, αλλά και υγρά με βάση το λάδι, όπως για παράδειγμα μηχανέλαια, υδραυλικά λάδια, καύσιμα. Η περιοχή θερμοκρασίας λειτουργίας των αισθητήρων κυμαίνεται από τους -40°C έως και τους 125°C . Οι αισθητήρες θερμοκρασίας συνήθως αντιδρούν καθυστερημένα, επειδή το μέσο της στάθμης για να ελεγχθεί δεν είναι πλέον υπαρκτό. Η άφιξη στην θερμοκρασία επομένως δεν περνάει στον αισθητήρα. Οι αισθητήρες πίεσης και οι διακόπτες πίεσης δεν έχουν ένδειξη όταν το λάδι πέσει σε χαμηλή στάθμη μέχρι να υπάρξει τελείως έλλειψη λαδιού, οπότε και θα είναι πολύ αργά. Ο αισθητήρας στάθμης ήδη δείχνει την κρίσιμη τιμή γεμίματος της στάθμης. Εφόσον δεν περιέχουν καθόλου μηχανικά κινούμενα μέρη, η λειτουργία

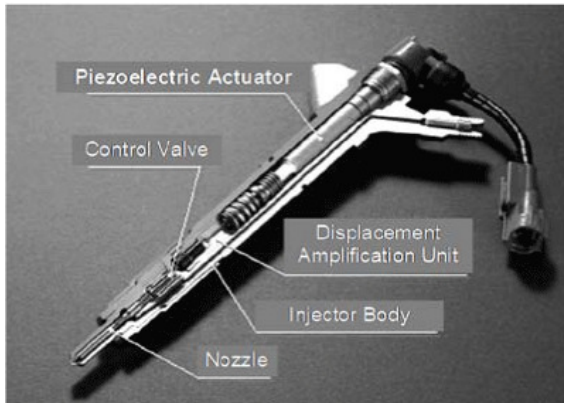


τους δεν επηρεάζεται από

ακάθαρτα σωματίδια και άλλες επιρροές. Επίσης αποφεύγεται η πιθανότητα δημιουργίας ηλεκτρόλυσης καθώς δεν στέλνεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσω ηλεκτροδίου. Η λειτουργία του αισθητήρα βασίζεται στην χωρητική αρχή. Εντοπίζει την αλλαγή στην χωρητικότητα που

Εικόνα 12. Αισθητήρες παρακολούθησης στάθμης

πέρνει μέρος όταν ένα ηλεκτρόδιο, περικυκλωμένο από αέρα, βυθίζεται εντός υγρού. Αυτή η αλλαγή στην χωρητικότητα στο ηλεκτρόδιο του αισθητήρα διεγείρει έναν ταλαντωτή. Αυτό το σήμα επεξεργάζεται από ενός μικροελεγκτή-βασισμένο κύκλωμα αξιολόγησης το οποίο ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί ένα στάδιο εξόδου. Οι αισθητήρες αυτοί σχεδιάζονται για δύο τύπους υγρών. Για ηλεκτρικά αγώγιμα υγρά και για ηλεκτρικά μη αγώγιμα υγρά.



Εικόνα 13. Πιεζοηλεκτρικός ενεργοποιητής ενεργοποιητής, και ιδιαίτερα ένας ενισχυμένος πιεζοηλεκτρικός ενεργοποιητής (amplified piezoelectric actuator), δεν έχει συρόμενα μέρη και γι' αυτόν τον λόγο δεν απαιτεί λίπανση.

Επίσης έχουμε και τους πιεζοηλεκτρικούς ενεργοποιητές (piezoelectric actuator), οι οποίοι βασίζονται στην λειτουργία τους στις ίδιες αρχές λειτουργίας που χρησιμοποιούν και οι υπόλοιποι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες που προαναφέρθηκαν. Ένας πιεζοηλεκτρικός

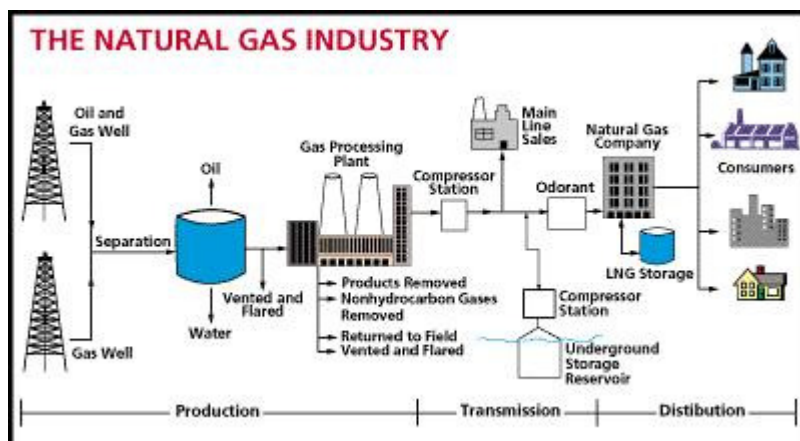
Κεφάλαιο 3

Φυσικό αέριο-Εισαγωγή

Ιστορική αναδρομή

Η άσφαλτος και τα βιτουμένια, τα πιο παλιά γνωστά προϊόντα του πετρελαίου, όπως και ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου πρωτοβρέθηκαν μεταξύ 6000 και 2000 π.Χ. στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν. Η χρήση του φυσικού αερίου αναφέρεται στην Κίνα το 900 π.Χ. περίπου, όπου ανοίχθηκαν γύρω στα 900-1100 φρέατα και το αέριο μεταφερόταν με αγωγούς από μπαμπού.

Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία. Το αέριο από απόσταξη ανθράκων ανακαλύφθηκε το 1670 και άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790, γιατί ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στον φωτισμό δρό-



μων και σπιτιών. Το 1821 η πόλη Φριντόνια (Fredonia) στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτιζόταν με φυσικό αέριο. Αλλά η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολουθούσε να είναι

Εικόνα 14. Βιομηχανία φυσικού αερίου περιορισμένη, γιατί δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης, που βασίστηκε στον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του αερίου. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ακολούθησε μια περίοδος τεράστιας κατανάλωσης, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το 1950 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 14,6% το 1960 και σε 25% το 1980. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ) το φυσικό αέριο θα καλύπτει το 1/4 των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών το 2030 (Εικόνα 14).

Χημική σύσταση-ιδιότητες

Το φυσικό αέριο είναι αέριο μίγμα υδρογονανθράκων. Εξάγεται από υπόγειες κοιλάτες και εξαιτίας των ιδιοτήτων του θεωρείται οικολογικό καύσιμο. Βασικό συστατικό του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο, συνυπάρχουν όμως σε αυτό και σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου και βουτανίου, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και υδρόθειο. Το φυσικό αέριο που είναι απαλλαγμένο από τους υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου, δηλαδή το καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο. Η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνικά ώστε να γίνεται αντιληπτό σε τυχόν διαρροές. Ανήκει στη δεύτερη οικογένεια των αέριων καυσίμων. Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα: έχει ειδικό βάρος ίσο με 0,59.

Η καύση του φυσικού αερίου, σε σχέση με αυτή άλλων καυσίμων όπως ο γαιάνθρακας ή το λάδι, έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον. Παράγει, για παράδειγμα, μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ε-

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH ₄)	70-90
Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	5-15
Προπάνιο (C ₃ H ₈) και Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	<5
CO ₂ , N ₂ , H ₂ S, κτλ.	Μικρότερες ποσότητες

νέργειας. Στον παραπάνω αναλύεται συνοπτικά η χημική σύσταση του φυσικού αερίου.

Χρήση του φυσικού αερίου

Αποτελεί βασική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή υδρογόνου. Καύσιμο οχημάτων (οικολογικά οχήματα). Το 2005, οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό οικολογικών οχημάτων ήταν η Αργεντινή, η Βραζιλία, το Πακιστάν, η Ιταλία, το Ιράν και οι Η.Π.Α.. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο στη ναυτιλία και γίνονται, επίσης, προσπάθειες για χρήση του και στην αεροπορία. Οικιακή χρήση (μαγειρική, θέρμανση κ.α.). Άλλες χρήσεις (παραγωγή γυαλιού, υφασμάτων, ατσαλιού, πλαστικών, ειδών χρωματισμού και άλλων προϊόντων). Τα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου που ευνοούν τη χρήση του στον βιομηχανικό τομέα είναι κυρίως τα εξής: Είναι εφικτή η συνεχής παροχή καυσίμου. Κάτι τέτοιο εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια που σε άλλες περιπτώσεις απαιτούνται για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων. Έχει μειωμένες, σε σχέση με άλλα καύσιμα, εκπομπές ρύπων. Έτσι η χρήση του συμβάλλει στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έχει μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης. Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία. Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου. Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων.

Πλεονεκτήματα έναντι συμβατικών υγρών καυσίμων

Η χημική σύσταση του φυσικού αερίου (και των ομοειδών του), καθώς και η σύσταση των καυσαερίων του, συνιστούν δυο συνθήκες με υψηλό ενδιαφέρον από την σκοπιά της λειτουργίας με υψηλό βαθμό απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας ιδίως στις οικιακές εφαρμογές. Εξαιτίας της απουσίας προσμίξεων επιβαρυντικών για τα μέρη των συσκευών και των εγκαταστάσεων (καυστήρες, θάλαμοι καύσης, απαγωγή καυσαερίων κτλ.), είναι απολύτως εφικτή η διατήρηση σταθερού βαθμού απόδοσης για ιδιαίτερα μεγάλες περιόδους. Επειδή τα προϊόντα της καύσης του φυσικού αερίου αποτελούνται κυρίως από νερό (υδρατμούς), καθίσταται εύκολα δυνατή η αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας των καυσαερίων (διαδικασία συμπύκνωσης), με αποτέλεσμα την αύξηση (πάνω από 20%) της ωφέλιμης θερμότητας που λαμβάνεται από δεδομένη ποσότητα καυσίμου – σημαντικό πλεονέκτημα για τον τελικό καταναλωτή αφού μπορεί να εξυπηρετήσει την εγκατάστασή του με λιγότερο καύσιμο.

Κεφάλαιο 4

Κινητήρας φυσικού αερίου

Αρχή λειτουργίας

Οι μηχανές-κινητήρες που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ως καύσιμο είναι οι λεγόμενες dual-fuel engines, οι οποίες χρησιμοποιούν φυσικό αέριο και μέρος του καυσίμου πετρελευσης, για να μετατρέψουν την χημική ενέργεια σε μηχανική. Λόγω του ότι το φυσικό αέριο είναι ένα καθαρότατο καύσιμο, και έχει τις ανάλογες ιδιότητες, η χρήση του φυσικού αερίου στα εμπορικά πλοία σε εγκαταστάσεις πρόωσης αρχίζει να γίνεται η δημοφιλέστερη επιλογή για τις εταιρείες, οι οποίες πρέπει να συμμορφωθούν με τους κανονισμούς περί περιβάλλοντος που καθορίζουν οι IMO και MARPOL. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε υγρή μορφή και το boil-off gas καίγεται από τους κινητήρες dual fuel. Ο ατμοστρόβιλος είναι η κύρια επιλογή για την πρόωση των πλοίων LNG τις τελευταίες δεκαετίες.

Ο κινητήρας diesel δουλεύει πάνω στην αρχή ανάφλεξης συμπίεσης. Αέρας, αρχικά, εισέρχεται στον κύλινδρο, όπου συμπιέζεται σε υψηλά ποσοστά – πολύ περισσότερο απ' ότι στον πετρελαιοκινητήρα και τον βενζινοκινητήρα. Είναι αυτή η υψηλή σχέση συμπίεσης που κάνει πιο αποδοτικό τον κινητήρα. Καύσιμο diesel εγχέεται μέσα στον κύλινδρο, σε υψηλή πίεση, κοντά στο σημείο της μέγιστης συμπίεσης. Ο συνδυασμός καυσίμου diesel και θερμαινόμενου συμπιεσμένου αέρα μέσα στον κύλινδρο, οδηγεί στην αυτανάφλεξη του μίγματος. Το μίγμα καυσίμου-αέρα καίγεται γρήγορα, αυξάνοντας την πίεση και την θερμοκρασία, και οδηγεί το πιστόνι στο ΚΝΣ του κυλίνδρου με μεγάλη δύναμη.

Τί αλλάζει

Ο κινητήρας dual fuel λειτουργεί τόσο με φυσικό αέριο, όσο και με diesel ταυτόχρο-



να, με τη πλειοψηφία καιόμενου καυσίμου να αποτελεί το φυσικό αέριο. Το diesel ενεργεί ως σπινθηριστής, καθώς αυταναφλέγεται με τις συνθήκες που προαναφέρθηκαν. Το καύσιμο diesel είναι χρήσιμο για τη

Εικόνα 15. Κινητήρας Dual fuel

διατήρηση της σχέσης συμπίεσης, ενώ το φυσικό αέριο συμβάλει στην οικονομία και έχει χαμηλές εκπομπές. Το φυσικό αέριο εισάγεται στον θάλαμο καύσης είτε με μείξη του με τον αέρα είτε με έγχυσή του στον αγωγό/θάλαμο.

Υποκαπνισμός

Κατά την διαδικασία αυτή, το αέριο αναμιγνύεται με τον αέρα και μαζί εισέρχονται στην εισαγωγή, σε σωστή προπορεία., λαμβάνοντας υπόψη ότι στην άμεση έγχυση, το αέριο εισέρχεται μέσα στον κινητήρα λίγο πριν την καύση. Το τελευταίο, είναι μία ακριβή και σύνθετη διαδικασία, ενώ η διαδικασία του υποκαπνισμού όχι. Πιο σημαντικά, το αέριο δεν είναι το κυρίως καύσιμο σε ένα κινητήρα dual fuel και γι' αυτό η διαδικασία του υποκαπνισμού λειτουργεί άψογα, ακόμα και για μεγαλύτερους κινητήρες. Αντίθετα με τους κινητήρες φυσικού αερίου, οι κινητήρες dual fuel δεν αναπτύσσουν τόσο μεγάλες θερμοκρασίες. Αντίθετα, σε κάποιες περιπτώσεις οι κινητήρες μπορεί να λειτουργούν σε μερικούς βαθμούς χαμηλότερα.

Οφέλη

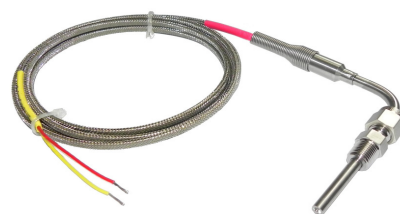
- Ελκυστικώς οικονομική λειτουργία – αντικαθιστά το ακριβό diesel με φθηνό φυσικό αέριο.
- Σημαντικά μειωμένες εκπομπές αερίων.
- Διατήρηση ροπής και δυναμικών χαρακτηριστικών της αρχικής μηχανής diesel.
- Άψογη μακροχρόνια καταγραφή αξιοπιστίας
- Ίδια απόρριψη θερμότητας με το diesel.

Αισθητήρες

Όπως και στους κινητήρες πετρελαίου, έτσι και στους κινητήρες φυσικού αερίου έχουμε αισθητήρες που αποτελούν σημαντικό κομμάτι για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του κινητήρα. Αυτοί οι αισθητήρες ποικίλουν, και έχουν εφαρμογές σε διάφορες καταστάσεις. Θερμόμετρα, μανόμετρα, πιεζοηλεκτρικοί ενεργοποιητές, πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες, αισθητήρες αντίστασης για αέρα εισαγωγής, διακόπτες κτλ. Οι σημαντικότεροι αισθητήρες για έναν κινητήρα φυσικού αερίου περιγράφονται στη συνέχεια.

Θερμοκρασίας

Ένα σημαντικό κομμάτι του κινητήρα είναι τα καυσαέρια. Πρέπει να ελέγχονται για τυχόν ανωμαλίες. Γι' αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων (Εικόνα 16). Είναι σχεδιασμένοι για λειτουργία σε



Εικόνα 16. Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων

σκληρό περιβάλλον, ανθεκτικοί στις δονήσεις και σε περιβάλλον αντίστοιχο αυτού ενός κινητήρα φυσικού αερίου. Μόνωση MgO προστατεύει τον αισθητήρα από την δόνηση, την κρούση και υπερβολική θερμοκρασία (μέχρι και 815° C). Χρησιμοποιούν αναπόσπαστα τοποθετημένες σφραγίδες συμπίεσης, οι οποίες λειτουργούν προληπτικά για την υγρασία και την ακαθαρσία με που δρουν αρνητικά στο στοιχείο του αισθητήρα και προκαλούν σφάλματα στην μέτρηση. Άλλοι τύποι αισθητήρα εξαγωγής καυσαερίων, χρησιμοποιούν εποξικό στεγανοποιητικό (seal), το οποίο όμως στεγνώνει, σχίζεται και είναι ευάλωτο σε θερμικές αλλαγές. Το καλώδιο του αισθητήρα έχει αντίσταση στην υγρασία και μπορεί να πλυθεί.

Άλλη μία σημαντική χρήση των αισθητήρων θερμοκρασίας συναντάμε στους αισθητήρες



Εικόνα 17. Αισθητήρας θερμοκρασίας λαδιού θερμοκρασίας λαδιού, αέρα εισαγωγής, καυσίμου και ψυκτικού μέσου. Αυτοί οι αισθητήρες λειτουργούν σε θερμοκρασίες από -40° C έως τους 120° C (Εικόνα 17). Η κατασκευή τους είναι παρόμοια με αυτή των αισθητήρων θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων, παρόλο που υπάρχουν κάποιες μετατροπές αναλόγως την εφαρμογή. Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούν ένα σχέδιο σφραγίδας συμπίεσης. Τα εξαρτήματα είναι είτε ορειχάλκινα, είτε από ανοξείδωτο ατσάλι, ανάλογα με την πίεση του υγρού.

Τέλος, κύριο μέρος ενός κινητήρα φυσικού αερίου αποτελεί ο ατμοστρόβιλος. Αι-



Εικόνα 18. Αισθητήρας θερμοκρασίας τριβέα

σθητήρες περιβάλουν όπως είναι αναμενόμενο και τον ατμοστρόβιλο. Οι αισθητήρες αυτοί είναι σχεδιασμένοι για να αντέχουν στην δόνηση και σε υψηλές θερμοκρασίες, τις οποίες συναντάμε σε αυτούς τους κινητήρες. Τέτοιος αισθητήρας είναι και ο αισθητήρας θερμοκρασίας τριβέα (Εικόνα 18). Η περιοχή λειτουργίας του κυμαίνεται από τους -40°C έως τους 260°C .

Dual Fuel

Όπως προαναφέρθηκε, ο κινητήρας dual fuel (Εικόνα 19), χρησιμοποιεί τόσο φυσικό αέριο, όσο και diesel για καύσιμο. Οι κινητήρες αυτοί είναι σχεδιασμένοι σύμφωνα με τα πρότυπα του IMO (IMO III) για τις εκπομπές ρύπων κατά την λειτουργία τους σε φυσικό αέριο, εγχύοντας μία μικρή ποσότητα του καυσίμου ανάφλεξης για τον έλεγχο της καύσης. Όταν ο κινητήρας γυρίζει σε λειτουργία diesel, και πάλι συμβαδίζει



Εικόνα 19. Κινητήρας dual fuel

κατά τα πρότυπα του IMO για τις εκπομπές ρύπων (IMO II). Η αλλαγή από φυσικό αέριο σε diesel, γίνεται αυτόματα και χωρίς διακοπή της ισχύος του κινητήρα.

Αισθητήρες

Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως αυτή ενός δεξαμενοπλοίου, έχουμε την ανάγκη να μετράμε την οξυγόνωση του αερίου που εισέρχεται στον κινητήρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε σύστημα



Εικόνα 20. Αναλυτής οξυγόνου

αδρανούς αερίου (Inert Gas System) ή αυτόνομη μονάδα παραγωγής αδρανούς αερίου (Inert Gas Generator). Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε έναν ειδικό μηχανήμα το οποίο ονομάζεται αναλυτής οξυγόνου (Εικόνα 20), και είναι βασικός για την επιτήρηση της καλής λειτουργίας του συστήματος αυτού. Αισθητήρας οξυγόνου χρησιμοποιείται από τον αναλυτή οξυγόνου. Ο αισθητήρας αυτός είναι μία ηλεκτρονική συσκευή, η οποία μετράει την αναλογία του οξυγόνου (O_2), στο αέριο ή υγρό που αναλύεται (στη συγκεκριμένη περίπτωση στο αδρανές αέριο)

Όταν δημιουργείται αδρανής ατμόσφαιρα, δημιουργείται ένα ευρύ φάσμα κινδύνων για την ανθρώπινη ζωή. Παρόλο που οι περισσότερες περιπτώσεις αποτελούν αδρανείς ατμόσφαιρες που είναι υπό έλεγχο, είναι κρίσιμο και σημαντικό οι στάθμες να ελέγχονται καθ' όλη την διάρκεια λειτουργίας ή μη στη συγκεκριμένη περιοχή. Η παραμικρή διαρροή μπορεί να προκαλέσει καταστροφικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και να οδηγήσει σε θάνατο από ασφυξία. Για να προληφθεί και να εξασφαλιστεί, λοιπόν, η ασφάλεια και η διατήρηση της αδρανούς ατμόσφαιρας, είναι σημαντικό να χρησιμοποιούμε όργανα όπως ο αναλυτής οξυγόνου, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για αυτό τον σκοπό. Άλλοι αναλυτές γενικού τύπου, δεν παρέχουν την ανάλογη αξιοπιστία, ασφάλεια και ακρίβεια όπως αυτός.

Υποσύστημα πίεσης κυλίνδρων

Κάθε κύλινδρος είναι εφοδιασμένος με έναν αισθητήρα πίεσεως κυλίνδρου. Οι συνθήκες λειτουργίας του αισθητήρα, ορίζονται σε αρχικό στάδιο στη κεφαλή του κυλίνδρου, για να μεγιστοποιηθεί η αξιοπιστία και ο χρόνος ζωής. Όλοι αισθητήρες είναι ενωμένοι απευθείας με τη μονάδα πίεσης εντός του κυλίνδρου ICPM (In Cylinder Pressure Module). Η αρχιτεκτονική του συστήματος ακολουθεί ένα μοτίβο έξυπνου αισθητήρα, οδηγώντας σε μια καθαρά λειτουργική διαχώριση μεταξύ των συσκευών του κινητήρα. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει:

- Παροχή ρεύματος στον αισθητήρα και έλεγχο αυτού.
- Επεξεργασία του σήματος και υπολογισμό των χαρακτηριστικών καύσης, καθώς και έλεγχο αυτού



Εικόνα 21. Κινητήρας dual fuel με ICPM

- Διαγνωστικό και επισκευαστική διεπαφή.

Επίσης η μονάδα ελέγχου κινητήρα ECM (Engine Control Module) περιλαμβάνει:

- Διαχείριση των παραμέτρων.
- Έλεγχο των αλγορίθμων.
- Χειρισμό των χαρακτηριστικών της καύσης.
- Διαχείριση σφαλμάτων.

Καυστήρας- φωτοκύτταρα

Κύριο και βασικό μέρος (ως βοηθητικό μηχανήμα) στη λειτουργία του κινητήρα είναι ο λέβητας, για να παρέχει ατμό στην εγκατάσταση. Ο λέβητας, αποτελείται από διάφορα εξαρτήματα, σημαντικά το κάθε ένα για διαφορετικό λόγο. Εμείς θα μελετήσουμε τη λειτουργία του καυστήρα, και πιο συγκεκριμένα την λειτουργία, χρήση και σκοπό ενός αισθητήρα που εφαρμόζεται στον καυστήρα, και ονομάζεται φωτοκύτταρο.

Γενικά

Καυστήρα ονομάζουμε τη συσκευή που προσαρμόζεται πάνω στο λέβητα και έχει σαν αποστολή την έναυση και τη διατήρηση της καύσης.

Ανάλογα με το είδος του καυσίμου, διακρίνουμε τους καυστήρες σε:

- Καυστήρες πετρελαίου diesel
- Καυστήρες ακάθαρτου πετρελαίου (μαζούτ)

- Καυστήρες αερίων καυσίμων (φυσικού αερίου, υγραερίου, LPG κτλ.)
- Μικτούς καυστήρες. (που συνδυάζουν παραπάνω από ένα καύσιμα στον ίδιο καυστήρα).

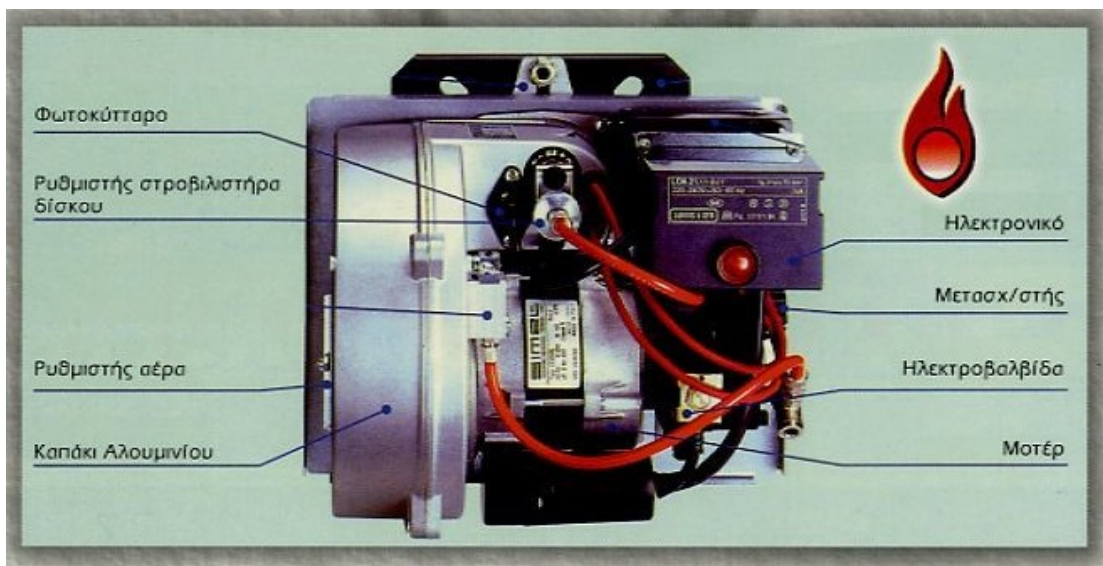
Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του καυσίμου, οι καυστήρες διακρίνονται σε:

- Ατμοσφαιρικούς καυστήρες όπου το καύσιμο αναμειγνύεται με το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται ελεύθερο στην ατμόσφαιρα χωρίς χρήση ανεμιστήρα.
- Καυστήρες διασκορπισμού όπου το καύσιμο διοχετεύεται στο θάλαμο καύσης υπό πίεση και διασκορπίζεται. Όταν η πίεση είναι μικρότερη των 7 bar οι καυστήρες ονομάζονται μη πιεστικοί και όταν η πίεση είναι μεγαλύτερη (10 ~ 20 bar) ονομάζονται πιεστικοί καυστήρες διασκορπισμού.

Για την καύση του ελαφρού πετρελαίου diesel στις εγκαταστάσεις θέρμανσης έχει καθιερωθεί η χρήση πιεστικών καυστήρων διασκορπισμού. Οι καυστήρες αυτοί, μέχρι την ισχύ των 300.000kcal/h λειτουργούν με μονοφασικό ρεύμα, σε μεγαλύτερες ισχύεις με τριφασικό. Σε μεγάλες ισχύεις, οι καυστήρες έχουν δυνατότητα λειτουργίας σε διαφορετικές βαθμίδες συμπίεσης καυσίμου (και κατά συνέπεια διαφορετικές παροχές) και ονομάζονται πολυβάθμιοι, σε αντίθεση με τα μικρότερα μεγέθη που οι καυστήρες λειτουργούν σε σταθερή πίεση και παροχή καυσίμου και ονομάζονται μονοβάθμιοι.

Ικανότητα του καυστήρα ονομάζουμε την μέγιστη παροχή καυσίμου εκπεφρασμένη σε kg/h (κιλά καυσίμου ανά ώρα λειτουργίας) που μπορεί ο καυστήρας να διοχετεύει στο θάλαμο καύσης σε συνεχή λειτουργία. Ισχύς του καυστήρα ονομάζεται η θεωρητική ισχύς που αποδίδεται από το καύσιμο στη μέγιστη παροχή του καυστήρα και εκφράζεται σε kW ή kcal/h.

Παρακάτω (Εικόνα 22), δίνεται ένα σκαρίφημα πιεστικού καυστήρα διασκορπισμού.



Εικόνα 22. Σκαρίφημα Πιεστικού καυστήρα διασκορπισμού

Φωτοκύτταρο

Το φωτοκύτταρο (Εικόνα 23) ή φωτοαντίσταση, είναι το στοιχείο του καυστήρα με το οποίο ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται την ύπαρξη φλόγας.



Εικόνα 23. Φωτοκύτταρο καυστήρα

Η λειτουργία του βασίζεται στην ιδιότητα που έχουν κάποια υλικά να αλλάζουν την ηλεκτρική τους αντίσταση ανάλογα με την έκθεση τους στο φως. Το φωτοκύτταρο είναι

επιτηρητής φλόγας και χρησιμοποιείται από τον εγκέφαλο σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του καυστήρα:

- Πριν την εκκίνηση, αν το φωτοκύτταρο μετρήσει φως (πράγμα που μπορεί να σημαίνει ότι η καυστήρας δεν είναι σωστά τοποθετημένος στη θέση του ή ότι η πόρτα του λέβητα δεν είναι κλειστή, ή ακόμη ότι υπάρχει φλόγα μέσα στο θάλαμο καύσης από κατάλοιπα), ο εγκέφαλος διακόπτει τη διαδικασία έναυσης.
- Κατά την εκκίνηση του καυστήρα, μερικά δευτερόλεπτα μετά το άνοιγμα της ηλεκτρομαγνητικής πετρελαίου αν δεν δει φως το φωτοκύτταρο (η έναυση δεν έγινε με επιτυχία), ο εγκέφαλος θα σταματήσει τη λειτουργία του καυστήρα.
- Αν κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας το φωτοκύτταρο σταματήσει να βλέπει φλόγα, ο εγκέφαλος θα σταματήσει τη λειτουργία του καυστήρα.

Ηλεκτρόδια έναυσης

Τα ηλεκτρόδια ή σπινθηριστές ή αναφλεκτήρες (Εικόνα 24), είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινο σύρμα με μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία. Στηρίζονται σε μόνωση πορσελάνης που πρέπει να διατηρείται καθαρή από αιθάλη που είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Ο κάθε κατασκευαστής σχεδιάζει το ηλεκτρόδια του με τρόπο που, συνεργαζόμενα με τη μπούκα και το στροβιλιστή, να εξυπηρετούν την απρόσκοπτη έναυση του καυσίμου.



Εικόνα 24. Ηλεκτρόδια έναυσης

Διασκορπιστήρας

Ο στροβιλιστής στηρίζεται πάνω στη ράβδο ψεκαστήρα του καυστήρα, βρίσκεται μέσα στην μπούκα και σε μικρή απόσταση μπροστά από τον ψεκαστήρα. Την απόσταση αυτή τη καθορίζει ο



Εικόνα 25. Διασκορπιστήρας

κατασκευαστής του καυστήρα. Οι στροβιλιστές φέρουν λοξές εγκοπές ώστε ο αέρας που περνά απ' αυτές να υφίσταται έντονη περιδίνηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ταχεία ανάμειξη του αέρα με το νέφος του πετρελαίου και την επίτευξη ομοιογενούς μίγματος.

Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (Εικόνα 26) πετρελαίου, διακόπτει την παροχή πετρελαίου όταν ο καυστήρας δεν λειτουργεί. Είναι τοποθετημένη στο σωλήνα πετρελαίου μετά την αντλία πετρελαίου και ελέγχεται από το ηλεκτρονικό καυστήρα.



Εικόνα 26. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Ράβδος μπεκ (σωλήνας πετρελαίου)

Η ράβδος μπεκ (Εικόνα 27), είναι χάλκινος σωλήνας που μεταφέρει το πετρέλαιο από την αντλία πετρελαίου στο μπεκ. Το ένα άκρο της ράβδου είναι διαμορφωμένο με θηλυκό σπείρωμα για να βιδώνει το μπεκ και το άλλο φέρει σπείρωμα (συνήθως 3/8") για τη



σύνδεση του εύκαμπτου σωλήνα από την αντλία. Επάνω στη ράβδο στερεώνονται τα μπεκ και ο διασκορπιστής. Η ράβδος είναι διαμορφωμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε η θέση του διασκορπιστή και των

Εικόνα 27. Ράβδος Μπεκ (σωλήνας πετρελαίου) μπεκ να μπορεί να ρυθμιστεί. Η ράβδος μπεκ, μπορεί να μετακινείται κατά μήκος της μπούκας. Με τη μετακίνηση αυτή ρυθμίζουμε την ποσότητα του αέρα που θα περάσει μέσα από τον διασκορπιστήρα (κεντρικός αέρας) και την ποσότητα που θα περάσει γύρω από αυτόν (περιφερειακός αέρας).

Επίλογος – Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, οι κινητήρες diesel, dual fuel και φυσικού αερίου, απαιτούν την λεπτομερή και αναλυτική επιτήρηση και διατήρηση της ομαλής λειτουργίας τους, με τη χρήση διαφόρων αισθητήρων (θερμοκρασίας, πίεσης, κτλ.). Οι αισθητήρες έχουν αρχή λειτουργίας απλή και κατανοητή για τον χρήστη.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι οι αισθητήρες, παρότι με μια πρώτη ματιά μπορεί να προσθέτουν στην συνολική αξία της εγκατάστασης και να αυξάνουν το κόστος, μακροχρόνια όμως μας ωφελούν οικονομικά από τυχόν ζημιές που θα προκύπταν, εάν δεν τους είχαμε χρησιμοποιήσει, πράγμα βέβαια αδύνατο, καθώς δεν δύναται ένας κινητήρας στη σημερινή εποχή να λειτουργεί με κάποιους στοιχειώδης αισθητήρες.

Βιβλιογραφία

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel
2. <http://www.Sika-usa.com>
3. <http://www.Techno-volt.ro>
4. <http://ww.km.Kongsberg.com>
5. <http://www.Bedia.com>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_natural_gas
7. <http://www.dualfuel.org/dual-fuel-engines/>
8. <http://www.cleanairpower.com/howitworks.html>
9. <http://www.watlow.com/downloads/en/brochures/ricdgt0103.pdf>
10. <http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/4-stroke-project-guides/safety-concept-dual-fuel-engines.pdf?sfvrsn=4>
11. https://marine.cat.com/cda/files/897001/7/Dual_Fuel_Prospekt_2012.pdf

12. http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_sensor
13. <http://www.amio2.com/inert-gas-oxygen-analyzers.html>
14. <http://www.atzonline.com/Article/17575/Dual-fuel-Engine-with-Cylinder-Pressure-Based-Control.html>
15. <http://www.monachos.gr/forum/content.php/378-%CE%A0%CE%B9%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CE%BA%CE%B1%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CF%85-diesel>

Παράρτημα

Ορολογία	Επεξήγηση
ΚΝΣ	Κάτω νεκρό σημείο (κατώτατο σημείο θέσης εμβόλου)
ΑΝΣ	Άνω νεκρό σημείο (ανώτατο σημείο θέσης εμβόλου)
ICPM	In-Cylinder Pressure Module (μονάδα-εγκατάσταση για την μέτρηση πίεσης εντός του κυλίνδρου)
ECM	Engine Control Module

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Κεφάλαιο 1.....	8
Κεφάλαιο 2.....	13
Κεφάλαιο 3.....	17

Κεφάλαιο 4.	21
Επίλογος – Συμπεράσματα.	31
Βιβλιογραφία.	32
Παράρτημα.	33