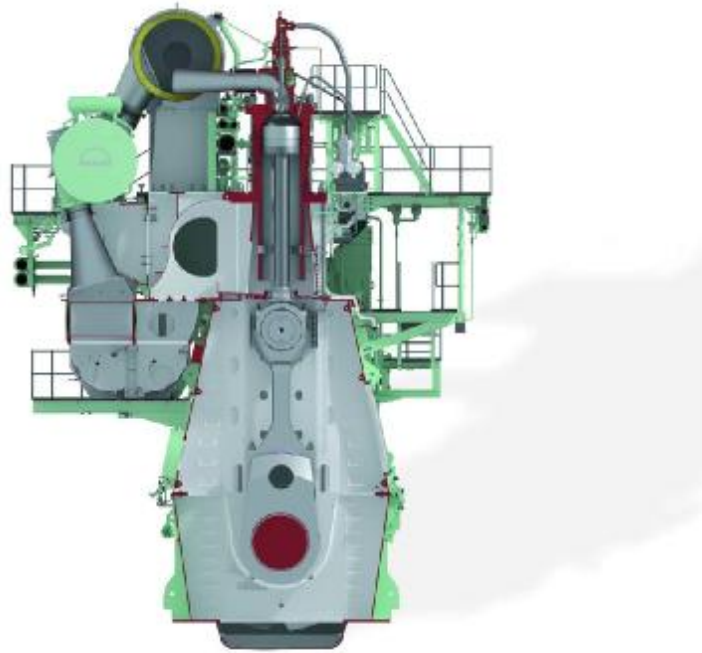


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ ΣΕ ΜΗΧΑΝΕΣ DIESEL ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :

ΝΑΝΝΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (ΑΜ: 6165)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

**ΚΑΛΑΡΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγγραφή της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, σηματοδοτεί και την αποφοίτηση μου από το Τμήμα Μηχανολογίας, της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΤΕΙ Πάτρας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που μου προσέφεραν την τόσο σημαντική βοήθεια τους.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Αλέξανδρο Καλαράκη, αφού χωρίς την βοήθεια και την συμβουλή του η ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής μου εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους και συνάδελφους για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε όλα αυτά τα χρόνια.

Και τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την οικονομική και την ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Νάννος Ιωάννης,
Ιούλιος, 2015

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, έχω δε αναφέρει στην βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες και δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο η κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσής.

Ο σπουδαστής
ΙΩΑΝΝΗΣ ΝΑΝΝΟΣ

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής μου εργασίας είναι η ανάλυση της τεχνολογίας και της λειτουργίας των συστημάτων έγχυσης στις μηχανές diesel βαρέως τύπου, που συναντώνται κυρίως σε ναυτικές εγκαταστάσεις πρόωσης.

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή νέων τεχνολογιών τα τελευταία έτη στις ναυτικές μηχανές, καθώς και η απασχόληση μου κατά τη διάρκεια της πρακτικής εργασίας μου σε πλοίο μιας από τις κορυφαίες εταιρείες του κλάδου (TSAKOS COLUMBIA SHIPMANAGEMENT), ήταν η αφορμή για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν, θα αναλύσουμε και θα παρουσιάσουμε, τα συστήματα έγχυσης σε τέτοιου τύπου μηχανές.

- 1) Ιστορική αναδρομή συστημάτων ψέκασης καυσίμου. Από την μηχανή που καίει σκόνη άνθρακα ως την μηχανή που καίει πετρέλαιο.
- 2) Περιγραφή αντλίας τύπου BOSCH.
- 3) Περιγραφή αντλίας τύπου BOSCH με VIT για διάφορους τύπους μηχανών.
- 4) Περιγραφή λειτουργίας συστήματος μεταβλητού χρόνου έγχυσης (VIT).
- 5) Πλεονεκτήματα από την χρήση του συστήματος VIT.
- 6) Περιγραφή αντλίας τύπου SULZER.
- 7) Εφαρμογή συστήματος VIT σε αντλία τύπου SULZER.
- 8) Συστήματα ψεκασμού κοινής σωλήνωσης μηχανής SULZER τύπου RT Flex.
- 9) Συστήματα ψεκασμού κοινής σωλήνωσης μηχανής MAN-B&W τύπου MC-E.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	v
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΕΚΑΣΗΣ

1.1 Κατασκευή της μηχανής του Diesel.....	2
1.2 Έγχυση με αέρα.....	3
1.3 Συμπαγείς Έγχυση.....	4
1.4 Έγχυση με σύστημα κοινής σωλήνωσης.....	5
1.5 Αντλίες τύπου εμβόλου.....	6
1.6 Αντλίες εγχύσεως.....	6
1.7 Μετρητικές μέθοδοι.....	7
1.8 Αντλίες διανομής.....	9
1.9 Βαλβίδες κατάθλιψης.....	9
1.10 Ακροφύσια ψεκασμού καυσίμου.....	11
1.11 Βαλβίδα ανοιγόμενη προς τα έξω (Poppet).....	11
1.12 Βαλβίδα ανοιγόμενη προς τα μέσα.....	12
1.13 Διαφορική βαλβίδα.....	12
1.14 Βελονοειδής βαλβίδα.....	13
1.15 Ακροφύσιο τύπου συσσωρευτή.....	13
1.16 Λειτουργία ακροφυσίου με ηλεκτρο-μαγνητισμό.....	15
1.17 Αυτόνομοι εγχυτήρες.....	15
1.18 Εμπορικός εξοπλισμός έγχυσης.....	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ

2.1 Εγχυτήρες και περιγραφή των τμημάτων τους.....	19
2.2 Γενικές αρχές έγχυσης και απαιτήσεις για αποδοτική έγχυση.....	20
2.3 Βλάβες και έλεγχος εγχυτήρων.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΤΛΙΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

3.1 Αντλία πετρελαίου τύπου Bosch.....	25
3.2 Αντλία πετρελαίου τύπου Bosch με VIT.....	27
3.2.1 Σύστημα VIT για μηχανή Wartsila.....	27
3.2.2 Σύστημα VIT για μηχανή MAN-B&W.....	28
3.2.2.α Περιγραφή αντλίας.....	28
3.2.2.β Περιγραφή συστήματος μεταβαλλόμενου χρόνου έγχυσης (VIT)	31
3.3 Σημαντικότεροι λόγοι για χρήση συστήματος VIT.....	32
3.4 Πώς μεταβάλλεται ο χρόνος έγχυσης (VIT).....	34
3.4.1 Μηχανο-πνευματικό : Παλαιό Σύστημα.....	34
3.4.2 Ηλεκτρο-πνευματικό : Νεότερες Μηχανές.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΤΛΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ SULZER

4.1 Παρουσίαση και περιγραφή λειτουργίας αντλίας τύπου SULZER.....	38
4.2 Παρουσίαση αντλίας τύπου SULZER με VIT και FQS.....	42
4.3 Αρχή λειτουργίας αντλίας τύπου SULZER με VIT και FQS.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΟΙΝΗΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (COMMON RAIL)

5.1 Γενικές αρχές συστημάτων ψεκασμού κοινής σωλήνωσης (Common Rail).....	45
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΟΙΝΗΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ ΤΥΠΟΥ SULZER RT-Flex

6.1 Παρουσίαση και περιγραφή λειτουργίας συστήματος ψεκασμού τύπου κοινής σωλήνωσης SULZER.....	47
6.2 Μεγέθη της μηχανής RT-Flex.....	50
6.3 Μονάδα Τροφοδοσίας.....	50
6.4 Λάδι Servo.....	53
6.5 Λάδι Ελέγχου.....	53
6.6 Μονάδα.....	55
6.7 Μονάδα ελέγχου έγχυσης - Injection control unit (ICU).....	56
6.8 Έλεγχος βαλβίδας εξαγωγής - Exhaust valve control.....	57
6.9 Πιέσεις λειτουργίας και ενέργεια του συστήματος.....	58
6.10 Ηλεκτρονικός έλεγχος.....	59
6.11 Αξιοπιστία και ασφάλεια.....	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΟΙΝΗΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ ΤΥΠΟΥ MAN – B&W ME-E

7.1 Παρουσίαση και περιγραφή λειτουργίας υποσυστημάτων ψεκασμού τύπου κοινής σωλήνωσης MAN – B&W.....	62
---	----

7.2	Μονάδα φιλτραρίσματος.....	63
7.3	Ηλεκτροκίνητες αντλίες.....	64
7.4	Εξαρτημένες Υδραυλικές αντλίες.....	64
7.5	Ασφάλεια και συστοιχία Υδραυλικών συσσωρευτών.....	65
7.6	Σωληνώσεις υψηλής πίεσης.....	65
7.7	Αισθητήρες θέσης στροφαλοφόρου.....	66
7.8	Μονάδα υδραυλικού κυλίνδρου και ενισχυτής πίεσης ελαίου.....	67
7.9	Ηλεκτρονικά ελεγχόμενη έγχυση πετρελαίου.....	68
7.10	Μονάδα εγχυτήρα.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ

8.1	Ανταλλακτικά Συμβατικών Μηχανών MAN-B&W τύπου MC.....	73
8.2	Ανταλλακτικά Μηχανών MAN-B&W τύπου ME (Common Rail).....	80

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
--------------------------	-----------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	89
--------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	91
-----------------------	-----------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ.....	93
---------------------------------------	-----------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία της λέξης έγχυση είναι το να ρίξει κάποιος μία υγρή ουσία μέσα σε ένα δοχείο, με σκοπό το υγρό να δράσει γρήγορα.

Η έγχυση καυσίμου γίνεται με ένα σύστημα κατά το οποίο, καύσιμο αναμιγνύεται με αέρα μέσα στον θάλαμο καύσης και στη συνέχεια αυτό το μείγμα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας αναφλέγεται. Αρχικά το σύστημα αυτό χρησιμοποιούταν συνήθως μόνο στους πετρελαιοκινητήρες, αλλά μετά από καιρό εφαρμόστηκε με επιτυχία και στους βενζινοκινητήρες.

Κάθε σύστημα έγχυσης χρειάζεται ένα συγκεκριμένο τύπο καυσίμου, βάσει του σχεδιασμού του. Για την λειτουργία ενός συστήματος έγχυσης χρειάζονται τα εξής:

Μία αντλία υψηλής πίεσης (high pressure pump).

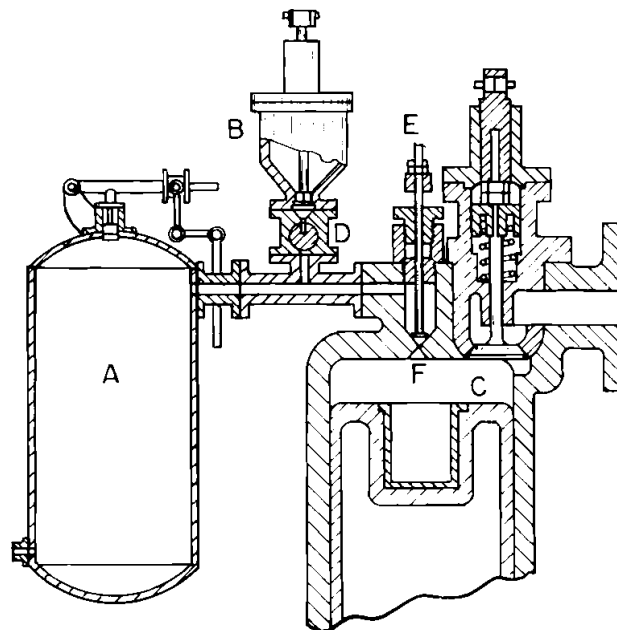
Ένας ή παραπάνω εγχυτήρες (injectors).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΕΚΑΣΗΣ

1.1 Κατασκευή της μηχανής του Diesel.

Όταν ο Rudolph Diesel υπόγραψε σύμβαση με την εταιρία Augsburg και Krupp της Γερμανίας το 1893 ώστε να αναπτύξουν μια πιο αποτελεσματική μηχανή εσωτερικής καύσης, ένας από τους στόχους ήταν να χρησιμοποιούν ως καύσιμο, τους σωρούς από σκόνη άνθρακα, η οποία είχε συσσωρευτεί σε όλη την ύπαιθρο.

Η πρώτη πειραματική μηχανή που καίει σκόνη άνθρακα, κατασκευάστηκε το ίδιο έτος, χρησιμοποιώντας αέρα για να φουσήξει το καύσιμο μέσα στο θάλαμο καύσης. Το μέθοδός του απεικονίζεται σχηματικά στην Εικ. 1, που αναπαράχθηκε από την ευρεσιτεχνία των ΗΠΑ με αριθ. 542846, που χορηγήθηκε το 1895.



Εικόνα 1. Τομή πειραματικής μηχανής σκόνης άνθρακα.

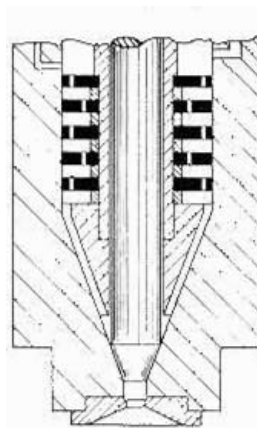
Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά, πιθανώς λόγω του αργού εξοπλισμού έγχυσης με μεγάλο ανενεργό όγκο καυσίμου, έτσι ο Δρ Diesel κατέφυγε στη χρήση του εξοπλισμού πεπιεσμένου αέρα που διατίθεται από τα πειράματά του με την σκόνη άνθρακα. Οι πρώτες δοκιμές με τον ψεκασμό αέρα αποδείχθηκαν τόσο επιτυχείς ώστε αυτό έγινε η αποδεκτή μέθοδος ψεκασμού για πολλά χρόνια. Έτσι, νωρίς στην ανάπτυξη αυτού του νέου κινητήρα, τονίστηκε η σημασία της διαδικασίας ψεκασμού του καυσίμου κατά την καύση του κινητήρα, ώστε η μετέπειτα πρόοδος στην ανάπτυξη του κινητήρα ντίζελ, να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη βελτίωση του ψεκασμού του καυσίμου.

1.2 Έγχυση με αέρα

Η αρχή λειτουργίας στα περισσότερα συστήματα έγχυσης με αέρα είναι παρόμοια με εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Rudolph Diesel. Η καταμέτρηση και η κατάθλιψη του καυσίμου προς τον ψεκαστήρα γίνεται με μια αντλία, η οποία ήταν σε επικοινωνία με μια δεξαμενή αποθήκευσης αέρα υψηλής πίεσης, που παρέχεται από ένα συμπιεστή αέρα, και ο ψεκασμός γίνεται, όταν η βαλβίδα έγχυσης ανοίγεται από έναν μηχανισμό ενεργοποιούμενο από έναν κνώδακα. Υψηλής πίεσης αέρας μπαίνει έπειτα στον κύλινδρο του κινητήρα μεταφέροντας μαζί με αυτόν, το καταμετρημένο καύσιμο ως ένα λεπτόκοκκο ψεκασμό.

Η κατασκευή του ψεκαστήρα καυσίμου του Diesel δεν έχει εγκατασταθεί πλήρως, αλλά τα περισσότερα από τα πρώτα σχέδια των ψεκαστήρων είχε μια σειρά από οπές διαμέτρου 18 ιντσών, μέσω των οποίων ο αέρας και το καύσιμο περνούσαν πριν εισέλθουν στον θάλαμο καύσης. Ο ψεκαστήρα με διάτρητο δίσκο, που φαίνεται στην Εικ. 2, τέθηκε σε χρήση περίπου το έτος 1900.

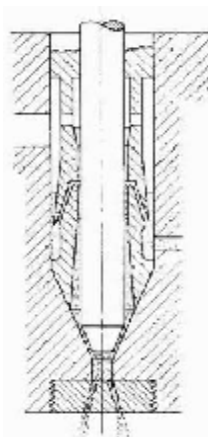


Εικόνα 2. Ψεκαστήρας με διάτρητο δίσκο

Αυτό αποτελείται από μία μηχανική βαλβίδα που περιβάλλεται από μια σειρά διάτρητων δίσκων, ή κονιοποιημένα δαχτυλίδια, στα οποία το πετρέλαιο κατατίθεται και στη συνέχεια διοχετεύεται με πεπιεσμένο αέρα στον κύλινδρο του κινητήρα κατά τη διάρκεια της έγχυσης.

Το 1908 ο Knut Hesselmanof από την Σουηδία αποκάλυψε έναν εγχυτήρα με αναρροφητική βαλβίδα, που έγινε δημοφιλής για μικρές μηχανές ψεκασμού με αέρα.

Όπως φαίνεται στην Εικ.3, το καταμετρημένο καύσιμο κατατίθεται σε ένα δακτυλιοειδές διάστημα πάνω από την έδρα της βαλβίδας, και όταν η βαλβίδα ανασηκώνεται, μια αναρροφητική επίδραση δημιουργείται στο πετρέλαιο ώστε να το καταθλίψει, μαζί με τον αέρα που ρέει προς τον θάλαμο καύσης. Πολλές άλλες παραλλαγές προσπαθήθηκαν στα σχέδια του ψεκαστήρα, αλλά με μικρή ή και καμία εμπορική επιτυχία.



Εικόνα 3. Αναρροφητική βαλβίδα

Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

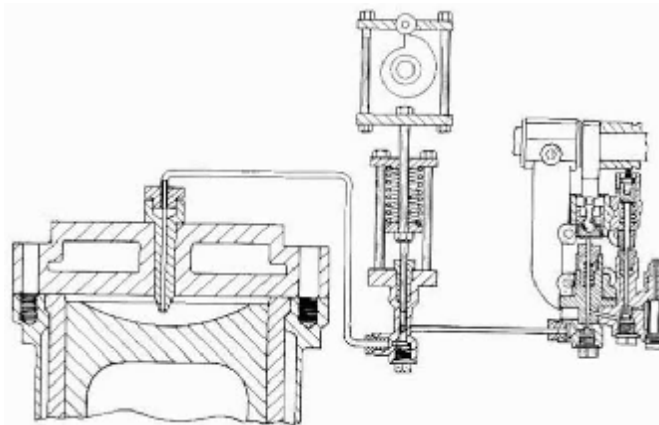
Οι πρώτες μηχανές Krupp χρησιμοποιούν μονοβάθμιος αεροσυμπιεστές, και δεν ήταν μέχρι, μετά από τη αλλαγή του αιώνα, που τριβάθμιοι αεροσυμπιεστές χρησιμοποιήθηκαν στις μηχανές που κατασκευάστηκαν από την εταιρεία κινητήρων Diesel της Αμερικής.

Ατμός για έγχυση καυσίμου επιχειρήθηκε από τον Άγγλο Thornycroft το 1903, αλλά το σύστημα απέτυχε, επειδή οι θερμοκρασίες εξαγωγής δεν ήταν

αρκετά υψηλές για την ανάπτυξη της πίεσης ατμού που απαιτείται για τον ψεκασμό με λέβητα εξαγωγής καυσαερίων.

1.3 Συμπαγείς Έγχυση

Ένα από τα πρώτα συστήματα ικανοποιητικού ψεκασμού χωρίς τη χρήση πεπιεσμένου αέρα εφαρμόστηκε σε μια μηχανή το 1910 από τον James McKechnie της εταιρίας Vickers, Ltd. της Αγγλίας. Όπως φαίνεται στην Εικ.4, πετρέλαιο παραδίδεται από μια μετρητική αντλία σε ένα εμβολοχιτώνιο συμπιεζόμενο με ελατήριο, το οποίο ανυψώνεται - για την φόρτιση του ελατηρίου - από έναν κνώδακα.



Εικόνα 4. Τομή μετρητικής αντλίας

Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Ενεργοποίηση του κνώδακα επιτρέπει το καύσιμο να εγχυθεί στον κύλινδρο του κινητήρα, καθώς το ελατήριο επιστρέφει το έμβολο στην κατώτερη θέση του.

1.4 Έγχυση με σύστημα κοινής σωλήνωσης

Το 1913 η εταιρία Vickers, Ltd. ανέπτυξε το σύστημα κοινής σωλήνωσης, το οποίο έγινε πολύ δημοφιλές. Μία πολυ-έμβολη αντλία καταθλίβει καύσιμο σε ένα συσσωρευτή καυσίμου μεγάλης χωρητικότητας με την πίεση του καυσίμου να διατηρείται περίπου στα 5000 psi από μια ανακουφιστική βαλβίδα και το

καύσιμο ψεκάζεται στους κυλίνδρους της μηχανής μέσω μηχανικών ακροφυσίων έγχυσης.

Τροφοδότηση του καυσίμου ελέγχεται μεταβάλλοντας την περίοδο του ανοίγματος των βαλβίδων εγχύσεως. Ο πρώτος αμερικανικός κινητήρας με σύστημα ψεκασμού κοινής σωλήνωσης κατασκευάστηκε από την εταιρεία Atlas Imperial Diesel του Όκλαντ, Καλιφόρνια το 1919.

1.5 Αντλίες τύπου εμβόλου

Ο δημιουργός της αντλίας τύπου εμβόλου, που δυναμικά αναγκάζει μια μετρημένη ποσότητα καυσίμου να εισαχθεί με υψηλή πίεση μέσα στους κυλίνδρους της μηχανής, είναι δύσκολο να εντοπιστεί. Η εταιρεία Richard Hornsby & Sons της Αγγλίας, χρησιμοποίησε αντλίες τέτοιου τύπου το 1891 και η εταιρεία Ruston, Proctor & Co., επίσης της Αγγλίας, χρησιμοποιείται μια παρόμοιου τύπου αντλία το 1909.

Το 1914 η εταιρεία De La Vergne της Φιλαδέλφειας, χρησιμοποιεί μια αντλία τύπου εμβόλου που καταθλίβει καύσιμο με ένα πολύ υψηλό ρυθμό (πλήρες φορτίο κατάθλιψης καυσίμου για περίπου 12 μοίρες γωνίας στροφάλου) σε δύο, απλής οπής, ακροφύσια τύπου στροβιλισμού, που βρίσκονται σε αντίθετες θέσεις μέσα στον θάλαμο καύσης.

1.6 Αντλίες εγχύσεως

Το ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που είναι κοινά σε όλες τις αντλίες εγχύσεως, από τις προγενέστερες έως τις πιο σύγχρονες, είναι η χρήση του εμβολο-χιτωνίου για να δημιουργήσουν την απαιτούμενη πίεση εγχύσεως. Οι προγενέστερες αντλίες βασίζονταν σε κατάλληλα διαμορφωμένα στεγανοποιητικά συστήματα με ειδικά παρεμβύσματα (σαλαμάστρες), για την ελαχιστοποίηση της διαρροής του υψηλής πίεσης καυσίμου που περνά από το έμβολο.

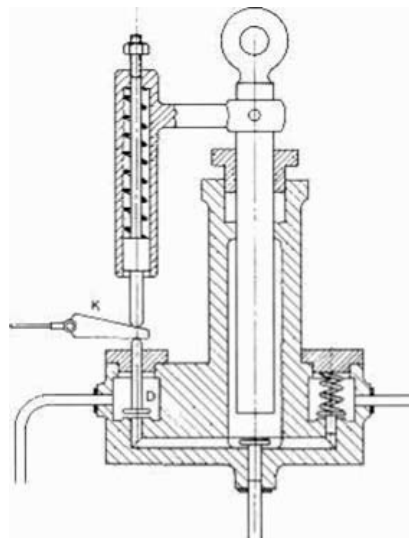
Η παλαιότερη αναφορά στην στενή εφαρμογή του εμβόλου με το χιτώνιο, για τον περιορισμό των συστημάτων με παρεμβύσματα, εμφανίζεται σε ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που κατατέθηκε το 1912 από τον Otto F. Persson στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το 1919 ο Philip L. Scott, επίσης Αμερικανός, περιγράφει

μια μέθοδο εφαρμογής του εμβόλου με το χιτόνιο με εκτιμώμενη ελευθερία 0.0001 ίντσες.

1.7 Μετρητικές μέθοδοι

Η παλαιότερη γνωστή μέθοδος για τη μεταβολή της ποσότητας του καυσίμου που παραδίδεται από μια αντλία ήταν να μεταβάλουν τη διαδρομή του εμβόλου. Ο Αμερικανός, John F. Holland, απέκτησε το 1886 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμό 337.000, για μια διάταξη, ολίσθησης ενός εκκεντροφόρου με κωνικά έκκεντρα, που μεταβάλλουν την διαδρομή της αντλίας.

Μια άλλη πρόωρη μέθοδος μέτρησης ελέγχου ήταν μέσω μιας βαλβίδας διαφυγής. Το 1900 στις ΗΠΑ, χορηγήθηκε σε Rudolph Diesel η ευρεσιτεχνία αριθμό 654.140, για μια αντλία πετρελαίου με βαλβίδα διαφυγής που ελέγχεται με μία σφήνα, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.

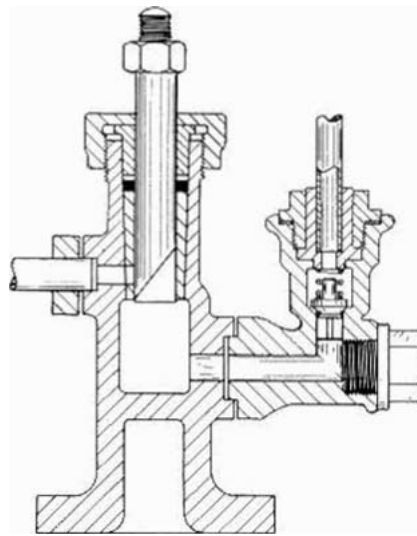


Εικόνα 5. Εγκάρσια διατομή βαλβίδας διαφυγής.
Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Η διάρκεια του εμβολισμού, κατά τον οποίο η βαλβίδα διαφυγής/παράκαμψης D παρέμενε κλειστή, επιμηκύνεται ή μειώνεται, μετακινώντας την σφήνα K προς τα μέσα ή έξω, και έτσι αυξάνει ή μειώνει την ποσότητα του καυσίμου που παραδίδονται από την αντλία.

Ο έλεγχος της μέτρησης των καυσίμων μέσω μιας ελικοτομής στο έμβολο, παρουσιάστηκε από τον Γερμανό Carl Pieper το 1892. Σύμφωνα με το Γερμανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του, με αριθ. 66.057 και όπως φαίνεται στη εικόνα 6, μια θυρίδα αναρρόφησης ελέγχεται από ένα λοξοτομημένο έμβολο τοποθετημένο στην κορυφή, έτσι ώστε περιστρέφοντας το έμβολο, μια εναλλαγή του χρόνου κλεισίματος της θυρίδας, διενεργεί ώστε να αλλάξει την ποσότητα του καυσίμου που καταθλίβεται από την αντλία.

Η Αγγλική ευρεσιτεχνία με αριθμό 9403 χορηγήθηκε στον William H. Scott το 1895, για ένα σύστημα με διπλή θυρίδα και ελικοτομή ελέγχου, που μεταβάλλει τόσο την αρχή, όσο και το τέλος της έγχυσης.



Εικόνα 6.Σύστημα με διπλή θυρίδα και ελικοτομή ελέγχου
Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

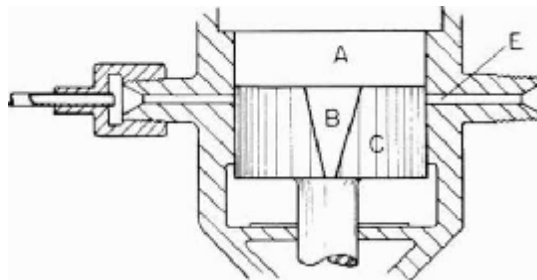
Ο έλεγχος της ποσότητας καυσίμου από χρονισμό των βαλβίδων αναρρόφησης, ήταν αρκετά δημοφιλής στις πρώτες αντλίες εγχύσεως. Παρουσιάστηκε από τον Γερμανό Imanuel Lanster το 1902. Σύμφωνα με το δικό του δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμό 729,613 που εκδόθηκε στις ΗΠΑ το 1903, ένας ρυθμιστής ελέγχου σε σύνδεση με το έμβολο της άντλησης, θα κρατήσει, την φορτισμένη με ελατήριο βαλβίδα αναρρόφησης ανοιχτή, για μεγαλύτερη ή μικρότερη χρονική διάρκεια, ώστε να μειωθεί ή να αυξηθεί η ποσότητα του εγχέομένου καυσίμου.

1.8 Αντλίες διανομής

Το 1914 το βρετανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμό 15,962 χορηγήθηκε στον Βέλγο Francois Feyens, για ένα σύστημα έγχυσης που χρησιμοποιεί έναν περιστροφικό διανομέα για να καταθλίψει δοσιμετρημένες ποσότητες καυσίμου στους διάφορους κυλίνδρους μιας πολυ-κύλινδρης μηχανής.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 7, καύσιμο με ρυθμισμένη υψηλή πίεση, καταθλίβεται στο θάλαμο A από τον οποίο θα διοχετευθεί στην κωνική υποδοχή B του κυλινδρικού διανομέα C. Όπως ο διανομέας περιστρέφεται, σε συγχρονισμό με το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής, το καύσιμο διανεμήθηκε στις διάφορες εξόδους D, μέσω της υποδοχής B που αποκαλύπτει τους αγωγούς E. Η ποσότητα του καυσίμου αυξάνεται ή μειώνεται με χαμήλωμα ή ανέβασμα του διανομέα ώστε να μεταβάλλεται το ενεργό πλάτος της υποδοχής B.

Το βρετανικό μηχανοκίνητο πλοίο "Selandia," που ναυπηγήθηκε το 1913, χρησιμοποίησε ένα σύστημα έγχυσης τύπου διανομέα, κατά το πρώτο ταξίδι του στην Άπω Ανατολή.



Εικόνα 7. Εγκάρσια διατομή αντλίας διανομής
Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

1.9 Βαλβίδες κατάθλιψης

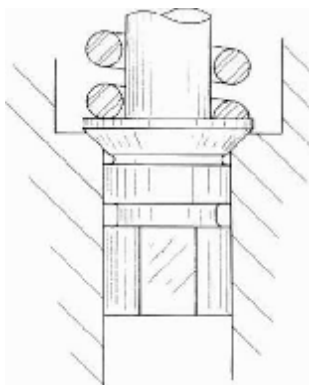
Ένα από τα προβλήματα που αντιμετώπισαν τα πρώτα συστήματα ψεκασμού με εμβολοφόρο αντλία έγχυσης, ήταν το στάλαγμα ή μετα-έγχυση καυσίμου, που ακολουθούσε μετά την κύρια έγχυση. Δεδομένου ότι αυτό οδήγησε σε δημιουργία καπνού, σε αυξημένη κατανάλωση, και σε

εξανθράκωση στο ακροστόμιο του καυστήρα, έγιναν πολυάριθμες προσπάθειες ώστε να εξαιρεστεί η σωλήνωση της κατάθλιψης, μεταξύ των εγχύσεων. Το 1910, ο Αμερικανός, Herbert Kempton, πρότεινε μια βαλβίδα κατάθλιψης, έχοντας μια τρύπα σε αυτήν, μέσω της οποίας το υψηλής πίεσης καύσιμο ανακουφίζεται, όταν το έμβολο επιστρέφει στον προς τα κάτω εμβολισμό.

Η πρώτη πρόταση του να χρησιμοποιείται ένα περιλαίμιο στη βαλβίδα κατάθλιψης, ώστε να αποσύρει ένα μέρος του καυσίμου από τη σωλήνωση κατάθλιψης, έγινε από τον Karl Steinbecker στη Γερμανία το 1913, και γι' αυτό του χορηγήθηκε στις ΗΠΑ το 1917 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμ. 1,235,611. Το 1920 ο Ολλανδός Van Amstell περιγράφει μια ανεπίστροφη βαλβίδα, έχοντας ένα κυλινδρικό έμβολο ακριβώς κάτω από την έδρα της βαλβίδας, ώστε να εκτοπίζει ένα μέρος του υγρού πριν από την έδραση της βαλβίδας.

Το 1924 ο Axel Danielson της εταιρείας Atlas Diesel Company της Σουηδίας, παρουσίασε μια βαλβίδα κατάθλιψης τύπου ανάκλησης για την οποία του χορηγήθηκε στις ΗΠΑ το 1926, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμ. 1,589,515. Αυτή ενσωμάτωνε το ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που είχαν προσπαθήσει οι προκάτοχοι του: αυτόματη ελάττωση της πίεσης στη σωλήνα κατάθλιψης, αμέσως μετά το τέλος της κατάθλιψης της αντλίας, κάτω από όλες τις συνθήκες.

Όπως φαίνεται στην εικ. 8 (βλέπε παρακάτω), η βαλβίδα είχε ένα με ακρίβεια εφαρμοστό έμβολο, τοποθετημένο κάτω από την έδρα της, έτσι ώστε το κατώτερο άκρο του εμβόλου, να εξασφαλίζει την στεγανότητα, καθώς εισερχόταν στην τρύπα του κυλίνδρου, κατά το επανακλείσιμο της βαλβίδας. Η αποτελεσματική ανάκληση ήταν ο όγκος που μετατοπίζεται από το κατώτερο άκρο του εμβόλου στο κωνικό κάθισμα της βαλβίδας.



Εικόνα 8.Βαλβίδακατάθλιψης

Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Η βαλβίδα κατάθλιψης παροχής διπλής όψης προτάθηκε αρχικά από τον Γάλλο Eugene Tartrais, το 1921, και του χορηγήθηκε γι' αυτό, το Αμερικάνικο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθ. 1,492,111 το 1924. Την αποτελούσαν μια μικρή βαλβίδα στο εσωτερικό της κύριας βαλβίδας, και άνοιγαν προς αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι, όταν η παροχή καυσίμου από την αντλία σταματούσε και η κύρια βαλβίδα έκλεινε, η υψηλή πίεση στη σωλήνωση ανακουφιζόταν μέσω της μικρότερης βαλβίδας, έως ότου έφθανε την πίεση κλεισίματος της.

Η βαλβίδα κατάθλιψης μεταβλητή ανάκλησης, αναπτύχθηκε το 1934 από τους Hans Heinrich και Max Hurst του Robert Bosch στη Γερμανία και το 1937 τους χορηγήθηκε γι' αυτό στις ΗΠΑ ευρεσιτεχνία με αριθμ., 2,090,351. Το χαρακτηριστικό της μεταβλητής ανάκλησης, αποτελούνταν από κωνικές αυλακώσεις, αυξανόμενες σε πλάτος από πάνω προς τα κάτω, στον κυλινδρικό οδηγό της βαλβίδας.

1.10 Ακροφύσια ψεκασμού καυσίμου

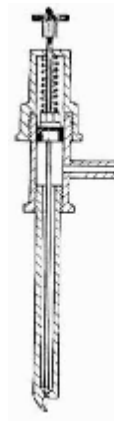
Ο ψεκασμός των καυσίμων χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε μηχανές κύκλου otto, πριν από την εφεύρεση της μηχανής Diesel. Ο στόχος ήταν να αποκτήσουν καλύτερη διάσπαση των ατόμων του υπό πίεση καυσίμου, μέσα από ακροφύσια ψεκασμού, από ότι ήταν δυνατό με το αργό καρμπυρατέρ της εποχής εκείνης.

1.11 Βαλβίδα ανοιγόμενη προς τα έξω (Poppet)

Το 1886 χορηγείται στον Αμερικανό, John P. Holland, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ αριθ. 537,000 για ένα εξάρτημα του κινητήρα, που συμπεριλάμβανε ένα ακροφύσιο με βαλβίδα ανοιγόμενη προς τα έξω (poppet), που κατά δήλωσή του θα καίει κηροζίνη και βαριά πετρέλαια, καθώς και ελαφρύτερες νάφθες, που συνήθως χρησιμοποιούνται σαν καύσιμα σε έναν εξατμιστή, στον οποίο ανακατευόταν με τον εισερχόμενο αέρα, πριν εισέλθουν στον θάλαμο καύσης. Το 1900 οι ΗΠΑ χορηγούν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθ. 650,583 στον A. H. Goldingham για ένα poppet ακροφύσιο με μια πλάκα που έχει στόμιο, κάτω από αυτό.

1.12 Βαλβίδα ανοιγόμενη προς τα μέσα

Στον Άγγλο James Hargreaves το 1890, χορηγήθηκε ευρεσιτεχνία ΗΠΑ αριθ. 431.581, για το πρώτο ακροφύσιο αυτού του τύπου. Όπως φαίνεται στην εικ. 9, η βαλβίδα ανασηκώνεται από την έδρα της, από την πίεση του πετρελαίου που ενεργεί στο έμβολο αντίθετα με την ένταση του ελατηρίου. Σε σχέση με άλλα προγενέστερα σχέδια, αυτό ήταν ένα ακροφύσιο χαμηλής πίεσης. Ένα χείλος προβολής προστέθηκε κάτω από το στόμιο, έτσι ώστε στο καύσιμο που προσκρούεται πάνω σ' αυτό, να επιτυγχάνεται καλύτερη διάσπαση.



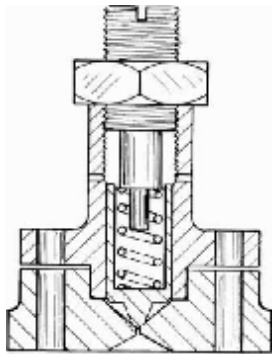
Εικόνα 9. Βαλβίδα ανοιγόμενη προς τα μέσα.

Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

1.13 Διαφορική βαλβίδα

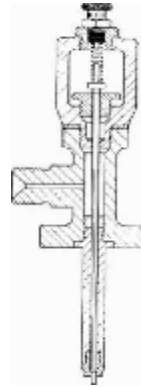
Το προς τα μέσα ανοιγόμενο, τύπου διαφορικής βαλβίδας ακροφύσιο, το οποίο είναι το πιο δημοφιλές ακροφύσιο σήμερα, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Άγγλο Thornycroft το 1908.

Η Εικ. 10, δείχνει την κατασκευή αυτού του ακροφυσίου. Το 1910, χορηγήθηκε στον Άγγλο Frederick H. Livens, Αγγλική ευρεσιτεχνία με αριθ. 20,582 για ένα παρόμοιο ακροφύσιο με εφαπτόμενα κανάλια καυσίμου, ώστε το καύσιμο που εισέρχεται στην έδρα, να παράγει ένα διασκορπισμένο ψεκασμό.



Εικόνα 10. Διαφορική βαλβίδα

Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.



Εικόνα 11. Βελονοειδής βαλβίδα.

1.14 Βελονοειδής βαλβίδα

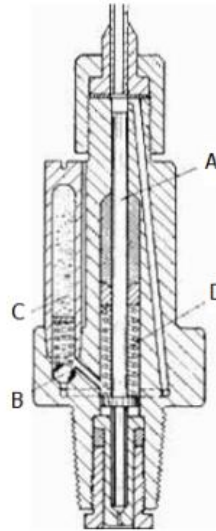
Το 1910, ο Δανός Peter Bowman, έκανε αίτηση για ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στην Αγγλία, για το τι μπορεί να είναι η παλαιότερη μορφή, του προς τα μέσα ανοιγόμενου, ακροφυσίου με βελόνα.

Όπως φαίνεται στην Εικ. 11, η βελόνα ή επέκταση της βαλβίδας, προεξείχαν μέσα από την τρύπα του ψεκασμού, και σχημάτιζαν ένα δακτυλιοειδή στόμιο, και η έδρα της επίπεδης βαλβίδας ήταν κοντά στο στόμιο, έτσι ώστε το ακροφύσιο είχε διαφορική δράση. Στον Γερμανό Hans Heinrich του Robert Bosch, χορηγήθηκε το 1935, ευρεσιτεχνία ΗΠΑ με αριθ. 2,017,028 για το δημοφιλές ρυθμιζόμενο ακροφύσιο με βελόνα.

1.15 Ακροφύσιο τύπου συσσωρευτή

Το 1926, χορηγήθηκε στον Αμερικανό, Guy Bell, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθ. 1,585,277 για ένα ακροφύσιο τύπου συσσωρευτή, που ψεκάζει στο τέλος του εμβολισμού της αντλίας, και όχι κατά τη διάρκεια του.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 12, καύσιμο από την αντλία παραδόθηκε σε έναν χώρο πάνω από τη βαλβίδα Α και μέσα από περάσματα και την ανεπίστροφη βαλβίδα Β στον συσσωρευτή C που επικοινωνεί με το θάλαμο D, που βρίσκεται γύρω από τη βαλβίδα.



Εικόνα 12. Ακροφύσιο τύπου συσσωρευτή.

Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Κατά τη διάρκεια της παροχής καυσίμου από την αντλία, η βαλβίδα του ακροφυσίου παραμένει κλειστή, επειδή η πίεση των εισερχόμενου καυσίμου, ενεργεί επάνω ακριβώς από την βαλβίδα. Όταν οι αντλίες *pilled* στο τέλος της ενεργής διαδρομής, το υψηλής πίεσης καύσιμο που βρίσκεται πάνω από τη βαλβίδα, χαμηλώνει σε καύσιμο χαμηλής πίεσης, και η πίεση του καυσίμου που είναι αποθηκευμένο στο συσσωρευτή αλλά και γύρω από τη βαλβίδα, ενεργεί στη συνέχεια στη διαφορετική επιφάνεια της βαλβίδας, για να το σηκώσει υπερνικώντας το ελατήριο. Το αποθηκευμένο καύσιμο, καταθλίβεται στη συνέχεια μέσω του στομίου του καυστήρα (μπεκ), μέχρις ότου η πίεσή του χαμηλώσει έως την πίεση κλεισίματος της βαλβίδας του ακροφυσίου.

Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ με αριθ. 1,701,089 χορηγήθηκε το 1929 στον Ελβετό Edward Von Salis, για ένα ακροφύσιο με ένα έμβολο-συσσωρευτή κινούμενο από ελατήριο, και άλλες τροποποιήσεις που έγιναν αργότερα από τους Robert Broegein το 1931 και Gustav Eichelberg το 1939.

1.16 Λειτουργία ακροφυσίου με ηλεκτρο-μαγνητισμό

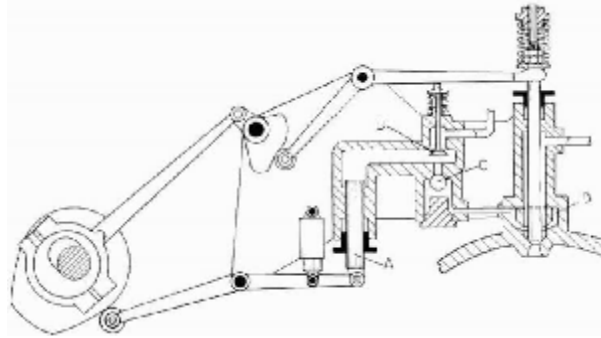
Η ιδέα της ανύψωσης της βαλβίδας του ακροφυσίου με ηλεκτρο-μαγνητισμό προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικανό, Thomas T. Gaff που απέκτησε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ με αριθ. 1,059,604 πάνω σε αυτό, το 1913. Πρότεινε λοιπόν, ένα τέτοιο ακροφύσιο για κάθε κύλινδρο του κινητήρα, με καύσιμο που παρέχεται από έναν συσσωρευτή σταθερής πίεσης, που τροφοδοτείται από μια αντλία υψηλής πίεσης και ρυθμίζεται από μια ανακουφιστική βαλβίδα.

Στον Harry E. Kennedy χορηγήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ με αριθ. 1,092,956 για μια νέα κατασκευή από μία Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ακροφυσίου, το 1933, και η εταιρεία Atlas-Imperial Diesel Engine Company της Καλιφόρνια, σχεδόν εκείνη την εποχή ανακοίνωσε ένα εμπορικό σύστημα εγχύσεων με αυτού του τύπου το ακροφύσιο.

1.17 Αυτόνομοι εγχυτήρες

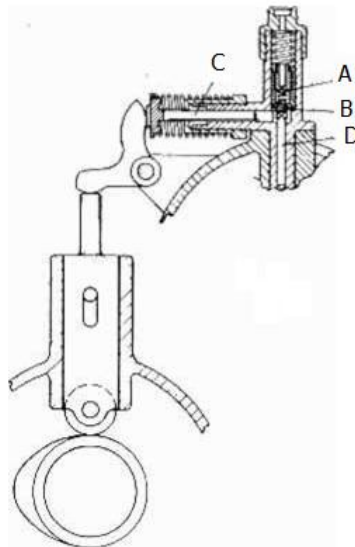
Από τις πρώτες μέρες της μηχανής diesel, παρουσιάστηκαν προβλήματα με τις σωλήνες κατάθλιψης του καυσίμου, που συνδέει την αντλία εγχύσεως και τα ακροφύσια. Μια λύση ήταν να εξαιλειφτεί η σωλήνωση συνδυάζοντας την αντλία και τον καυστήρα (μπεκ).

Η πρώτη μορφή αυτής της διαμόρφωσης, φαίνεται στην εικ. 13 από αναπαραγωγή του γερμανικού διπλώματος ευρεσιτεχνίας με αριθ. 175,932 που χορηγήθηκε στον Carl Weidman το 1905, για ένα σύστημα εγχύσεως αέρα.



Εικόνα 13. Αυτόνομος εγχυτήρας του Weidman 1905.
Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Κατά την λειτουργία, η ποσότητα καυσίμου που καταθλίβεται από το έμβολο A και ελέγχεται από την περίοδο ανοίγματος της βαλβίδας αναρρόφησης B, πέρασε μέσω της ανεπίστροφης βαλβίδας C στο αυλάκι του εγχυτήρα D. Εκεί αναμιγνύεται με έγχυση αέρα, πριν από την έγχυση μέσω του στομίου του καυστήρα (μπεκ). Το 1911 βρετανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθ. 1517 εκδόθηκε στον Frederick Lamplough για έναν αυτόνομο εγχυτήρα που μοιάζει με εκείνους που χρησιμοποιούνται και σήμερα.



Εικόνα 14. Αυτόνομος εγχυτήρας του Lamplough 1911.
Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.

Όπως φαίνεται στην εικ. 14, ήταν απλής κατασκευής. Το εισαγόμενο καύσιμο, εισέρχεται μέσω της κορυφής και περνά μέσα από φορτισμένο με ελατήριο σφαιροειδή βαλβίδα A και εισόδους B, στον χώρο πάνω από το έμβολο C κατά τη φάση της αναρρόφησης. Όταν ο στρόφαλος πιέζει το έμβολο προς τα μέσα, η διαφορική βαλβίδα D υψώνεται από την πίεση του καυσίμου και το καύσιμο εκχύνεται από το ακροφύσιο. Η ποσότητα του καυσίμου ελέγχεται μεταβάλλοντας τον εμβολισμό με το περιστρεφόμενο κωνικό έκκεντρο.

Η εμπορική αποδοχή των αυτόνομων εγχυτήρων στις Ηνωμένες Πολιτείες ξεκίνησε το 1931 στις μηχανές Winton με ένα σχέδιο από τον C.D. Salisbury. Το 1934 χορηγήθηκε στον Arthur Fielden δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ με αριθ. 1,981,913 για το μεμονωμένο εγχυτήρα που σχεδιάστηκε για τη δίχρονη μηχανή diesel της General Motors.

1.18 Εμπορικός εξοπλισμός έγχυσης

Από την πρώτη επιτυχημένη μηχανή diesel το 1926, κάθε κατασκευαστής κινητήρων σχεδιάζει και κατασκευάζει το δικό του εξοπλισμό έγχυσης. Δεδομένου ότι αυτοί οι κατασκευαστές κινητήρων δεν ήταν εξοικειωμένοι με το να κατασκευάσουν μικρά κομμάτια, ακριβείας τα οποία απαιτούν πολύ μικρές ανοχές ορίων, το σύστημα καθαρότερης έγχυσης με αέρα καθώς και το σύστημα κοινής σωλήνωσης έγχυσης καυσίμου, χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά στις μάλλον μεγαλύτερες μηχανές αυτής της περιόδου. Η μικρότερες μηχανές, ιδιαίτερα αυτές των αυτοκινήτων, δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής, κυρίως λόγω της έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού έγχυσης καυσίμου.

Το Δεκέμβριο του 1922, η εταιρεία του Robert Bosch στη Στουτγάρδη της Γερμανίας, αποφάσισε να κατασκευάσει εξοπλισμό έγχυσης καυσίμου και μετά από χρόνια ανάπτυξης, την δημοφιλή, εμβολοφόρα αντλία με ελικοτομή ελέγχου (για την οποία χορηγήθηκε στις ΗΠΑ δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθ. 1,831,649 στον Ottmar Bauer το 1931), που παρουσιάστηκε το 1927 σε δύο τύπους, απλού και πολλαπλού εμβόλου. Σχεδόν την ίδια χρονική περίοδο, παρουσιάστηκαν ακροφύσια ακριβείας του τύπου περόνης με τρύπα, και στη συνέχεια άλλα κομμάτια, όπως αντλίες παροχής, ρυθμιστές στροφών, και φίλτρα άρχισαν να παρουσιάζονται στην αγορά.

Με τη διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού έγχυσης, ξεκίνησε την ύπαρξη της, η μηχανή diesel υψηλού αριθμού στροφών. Σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, άλλες εταιρείες ξεκίνησαν την κατασκευή τυποποιημένων ειδών εξοπλισμού για την έγχυση του καυσίμου, για όλους τους τύπους των μηχανών και η πρόοδος στην ανάπτυξη των πετρελαιοκινητήρων κύλισε με υψηλούς ρυθμούς.

Η εξέλιξη των μηχανών οδήγησε σε δύο βασικούς τύπους αντλιών έγχυσης πετρελαίου που εφαρμόζονται στις μηχανές Ντήζελ βαρέως τύπου:

1. Αντλίες με ελικοτομή ελέγχου (τύπου **Bosch**), που είναι απλής κατασκευής, χαμηλού κόστους. Αυτές οι αντλίες παρουσιάζουν έντονα τα φαινόμενα της σπηλαίωσης και της διάβρωσης, που μπορεί να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά της αντλίας.
2. Αντλίες με βαλβίδα ελέγχου (τύπου **Sulzer**), που είναι πιο σύνθετες και υψηλότερου κόστους. Σ' αυτές τις αντλίες τα έμβολα είναι λιγότερο ευαίσθητα σε φθορές, ενώ επιπλέον οι βαλβίδες μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ

2.1 Εγχυτήρες και περιγραφή των τμημάτων τους

Οι εγχυτήρες στις μηχανές πετρελαίου είναι το τελευταίο τμήμα στο σύστημα της έγχυσης. Βρίσκονται στην κεφαλή των κυλίνδρων της μηχανής εξαιτίας αυτής της θέσης τους στους θαλάμους καύσης των κυλίνδρων, καταβάλλονται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας και από μεγάλες πιέσεις.

Σκοπός τους είναι η έγχυση αλλά και ο διασκορπισμός μίας ποσότητας πετρελαίου στον αέρα που βρίσκεται μέσα στους θαλάμους καύσης της μηχανής. Η ομαλή καύση του πετρελαίου αλλά και η υψηλή απόδοση της μηχανής εξαρτάται από την ακρίβεια της έγχυσης μέσα στον χρόνο του κύκλου λειτουργίας. Επιπλέον στο σημείο που βρίσκονται πετυχαίνουν την στεγανοποίηση του θαλάμου καύσης και βοηθούν στην ρύθμιση της κατάλληλης ποσότητας καυσίμου.

Ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο της μηχανής που έχουμε υπάρχουν και οι αντίστοιχοι τύποι εγχυτήρων. Κυρίως όμως αποτελούνται από τα εξής τρία μέρη:

- 1) Το σώμα.
- 2) Την βελόνα με το ελατήριο επαναφοράς της.
- 3) Το συγκρότημα του ακροφυσίου.

Το σώμα είναι κυλινδρικού σχήματος και μέσα του τοποθετούνται όλα τα υπόλοιπα τμήματα του εγχυτήρα. Τις περισσότερες φορές στο περίβλημα του υπάρχει σπείρωμα για την κατάλληλη τοποθέτηση του στο αντίστοιχο σπείρωμα που υπάρχει στην κεφαλή των εμβόλων. Διαφορετικά η τοποθέτηση του μπορεί να γίνει με μία ειδική διαμόρφωση και να στερεωθεί με κοχλίες στην κεφαλή των κυλίνδρων. Το πάνω τμήμα του σώματος έχει κοχλία ο οποίος ρυθμίζει την τάση του ελατηρίου επαναφοράς της βελόνας. Και στο κάτω μέρος του σώματος τοποθετούμε το ακροφύσιο.

Στο εσωτερικό του σώματος υπάρχει ένας αγωγός στον οποίο τοποθετείται η βελόνα και το ελατήριο της. Μέσα σε αυτόν τον αγωγό γίνεται και η έξοδος του παραπανίσιου καυσίμου προς τον αγωγό επιστροφής. Επιπλέον υπάρχει και ο αγωγός προσαγωγής του καυσίμου στη βελόνα από τον σωλήνα της υψηλής πίεσης.

Το συγκρότημα του ακροφυσίου τοποθετείται με σπείρωμα στο κάτω μέρος του σώματος. Έχει μία ή παραπάνω οπές, όπου μέσα απ' αυτές ρέει το καύσιμο και γίνεται ο διασκορπισμός του υπό την μορφή νέφους σταγονιδίων. Το εσωτερικό του σχηματίζει κοιλότητα η οποία ονομάζεται θάλαμος πίεσεως. Και καταλήγει σε μία έδρα κωνικού σχήματος. Στο ίδιο ακριβώς σημείο καταλήγει και η βελόνα απ' τον εγχυτήρα.

Όταν ο εγχυτήρας βρίσκεται σε ηρεμία το κωνικό άκρο της βελόνας εφάπτεται τέλεια με το κωνικό άκρο του συγκροτήματος του ακροφυσίου. Όταν τώρα αυτά τα δύο κωνικά άκρα εφάπτονται σχηματίζουν την λεγόμενη βελόνα του ακροφυσίου. Σε αυτό το κωνικό τμήμα εφαρμόζεται η πίεση του καυσίμου για να ανοίξει η βαλβίδα. Και στο σημείο εκείνο από το οποίο η βελόνα περνά από τον θάλαμο πίεσης, η διάμετρος της μειώνεται με την κατάλληλη κωνικότητα.

2.2 Γενικές αρχές έγχυσης και απαιτήσεις για αποδοτική έγχυση

Η έγχυση στους κινητήρες πετρελαίου ξεκινάει λίγο πριν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο, όταν μέσα στον θάλαμο καύσης υπάρχουν πάρα πολύ μεγάλες πιέσεις. Για να γίνει σωστή μείξη του καυσίμου με τον αέρα, θα πρέπει το καύσιμο κατά την διάρκεια της έγχυσης του να διεισδύσει μέσα στον συμπιεσμένο αέρα, να διασπασθεί υπό την μορφή νέφους, να γίνει ομοιόμορφη ανάμειξη όλης της μάζας του νέφους με τον αέρα και να εξατμισθεί το καύσιμο εντελώς.

Στο τέλος της φάσης της συμπίεσης μέσα στον κύλινδρο, ο αέρας που βρίσκεται εγκλωβισμένος έχει πολύ μεγάλη πίεση, που μπορεί να ξεπερνάει και τα 180 bar. Επομένως για να διασπαστεί το καύσιμο στην μορφή νέφους και να γεμίσει όλο τον θάλαμο καύσης και να μπει μέσα στην μάζα του αέρα θα πρέπει το καύσιμο να φτάσει εκεί με μία πίεση αρκετά πιο μεγάλη.

Η μέγιστη πίεση έγχυσης σε σημερινές ναυτικές μηχανές πετρελαίου μεσαίων στροφών είναι μεταξύ των 1200 και των 2300 bar. Η πίεση στην αρχή της έγχυσης είναι τις περισσότερες φορές μεταξύ των 200 και των 300 bar, αλλά

μπορεί να είναι και μεγαλύτερη. Η μεγάλη πίεση χρειάζεται για την δυνατή επιτάχυνση της δέσμης του καυσίμου μέσα στο ακροφύσιο.

Χρειαζόμαστε μεγάλη ταχύτητα για μόνο δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι για να πετύχουμε μεγάλη ορμή από την δέσμη του καυσίμου και να μπει στην μάζα του συμπιεσμένου αέρα. Υψηλή ορμή μπορούμε να πετύχουμε ή με μεγάλα σταγονίδια καυσίμου ή με μικρότερα σταγονίδια, όμως μεγαλύτερης ταχύτητας. Δεν θέλουμε μεγάλα σταγονίδια, διότι με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε αργή καύση καυσίμου. Ενώ με τα μικρά σταγονίδια μεγαλύτερης ταχύτητας πετυχαίνουμε την διείσδυση του καυσίμου στην μάζα του συμπιεσμένου αέρα σε έναν πάρα πολύ ικανοποιητικό βαθμό. Το να έχουμε μεγάλη ταχύτητα στην δέσμη του καυσίμου, είναι για την επίτευξη της τυρβώδους ροής. Με την τυρβώδη ροή το καύσιμο διασπάται πιο εύκολα σε πιο μικρά σωματίδια, και έτσι γίνεται πιο εύκολη η εξάτμιση και η ανάφλεξη τους.

Εξάτμιση των σταγονιδίων του καυσίμου μπορούμε να πετύχουμε μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του συμπιεσμένου αέρα που βρίσκεται εντός του θαλάμου καύσης, ενώ ο διασκορπισμός στον χώρο υποβοηθείται από τον στροβιλισμό του αέρα μέσα στον κύλινδρο κατά την χρονική διάρκεια της συμπίεσης.

Πιο παλιά λόγω της περιορισμένης τεχνολογίας, ο συμπιεσμένος αέρας χρησιμοποιούταν για να διασκορπιστεί το καύσιμο μέσα στον κύλινδρο. Αυτά τα συστήματα χρειαζόντουσαν πολύ μεγάλη ακρίβεια κατασκευασίας, διότι καταπονούνταν σε αρκετά μεγάλες φορτίσεις και ήταν αρκετά πολύπλοκα. Με την πάροδο των χρόνων και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών επιτεύχθηκαν οι αρκετά υψηλές πιέσεις από τις αντλίες έγχυσης και με αυτό τον τρόπο η χρήση συμπιεσμένου αέρα ήταν περιττή.

Το καύσιμο οδηγείται στις αντλίες υψηλής πίεσης, που βρίσκονται πάνω στον κινητήρα μέσω του δικτύου πετρελαίου. Αυτές αυξάνουν αρκετά την πίεση του καυσίμου, αλλά παράλληλα ρυθμίζουν και την ποσότητα του καυσίμου που θα πάει στους εγχυτήρες, σε συνάρτηση με το φορτίο και τις στροφές του κινητήρα.

Ανάλογα με το σύστημα έγχυσης που διαθέτει η μηχανή μπορεί να έχει ανεξάρτητη παλινδρομική εμβολοφόρα αντλία για κάθε κύλινδρο ή μία αντλία υψηλής πίεσης, η οποία θα τροφοδοτεί με καύσιμο συνέχεια ένα κοινό συλλέκτη μεγάλης πίεσης, από τον οποίο θα τροφοδοτούνται όλοι οι εγχυτήρες. Η ρύθμιση της ποσότητας που θα εγχυθεί αλλά και του χρονισμού της έγχυσης γίνεται με την βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων, οι οποίες ελέγχονται ηλεκτρονικά.

Για να έχουμε υψηλή απόδοση στην λειτουργία της μηχανής και για να γίνεται σωστή έγχυση του καυσίμου, πρέπει να πραγματοποιούνται οι παρακάτω απαιτήσεις:

- 1) Η πίεση της έγχυσης του καυσίμου θα πρέπει να είναι πολύ υψηλή, με ανάλογες τιμές με τον τύπο της μηχανής και τον τύπο του συστήματος έγχυσης και να συμφωνούν προπαντός με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Η πίεση θα πρέπει να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα σε όλο το εύρος του φορτίου.
- 2) Η κατασκευή διαφόρων υποσυστημάτων του συστήματος έγχυσης θα πρέπει να έχει εξαιρετική ποιότητα επιφάνειας, θα πρέπει να έχει πολύ μικρές ανοχές και να είναι ιδιαίτερα στιβαρή.
- 3) Η ποσότητα καυσίμου η οποία βρίσκεται εγκλωβισμένη εντός του συγκροτήματος του ακροφυσίου θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή για να μειωθεί η παραγωγή των ρύπων και η υπερθέρμανση της κεφαλής του εμβόλου μετά από μετάσταξη καυσίμου.
- 4) Η φόρτιση του εκκεντροφόρου άξονα από τις αντλίες υψηλής πίεσης θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή, γιατί ο θόρυβος αλλά και οι τάσεις οι οποίες αναπτύσσονται πρέπει να διατηρούνται σε αποδεκτά επίπεδα.
- 5) Το μήκος των αγωγών υψηλής πίεσης θα πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό, ενώ επίσης θα πρέπει να έχουν έναν μεγάλο βαθμό ακαμψίας για να ελαχιστοποιηθεί η απόσβεση των κυμάτων πίεσης στο εσωτερικό τους. Σε κινητήρες οι οποίοι διαθέτουν περισσότερους από έναν εγχυτήρες σ' έναν κύλινδρο, τα μήκη των αγωγών υψηλής πίεσης θα πρέπει να είναι ίσα μεταξύ τους, έτσι ώστε να γίνεται ομοιόμορφη και ταυτόχρονη έγχυση από όλους τους εγχυτήρες.
- 6) Η επιφάνεια του συγκροτήματος του ακροφυσίου θα πρέπει να είναι σε σύγκριση με την διατομή του κυλίνδρου όσο το δυνατόν μικρότερη για να γίνεται καλή καύση σε μερικό φορτίο της μηχανής.
- 7) Η συνολική διάρκεια της έγχυσης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τις 20° γωνίας στροφάλου, έτσι ώστε σε συνδυασμό με τον υψηλό λόγο συμπίεσεως να προκύψει χαμηλή παραγωγή ρύπων. Αυτό

σημαίνει ότι σε διάρκεια 0,004 μέχρι 0,01 δευτερολέπτων, ανάλογα όμως με τις στροφές της μηχανής.

2.3 Βλάβες και έλεγχος εγχυτήρων

Φθορές στους εγχυτήρες μπορούμε να εντοπίσουμε κυρίως στις οπές των ακροφυσίων, στον οδηγό της βελόνας, στο ελατήριο αλλά και στη βάση της βελόνας.

Μπορούμε να εντοπίσουμε διάφορες φθορές στην βάση της βελόνας εξαιτίας διαφόρων στερεών μικροσωματιδίων, τα οποία βρίσκονται μέσα στο καύσιμο. Τα μικροσωματίδια δημιουργούνται από χημική προσβολή από διάφορες διαβρωτικές ουσίες οι οποίες περιέχονται, εξαιτίας της κρουστικής επαφής της βελόνας στο τέλος της έγχυσης και εξαιτίας του φαινομένου της σπηλαιώσης από την ροή του καυσίμου. Λόγω της διάβρωσης δημιουργείται κακή στεγανοποίηση στην βαλβίδα του εγχυτήρα, μειώνοντας έτσι την ωφέλιμη ζωή του. Σαν αποτέλεσμα της κακής στεγανοποίησης έχουμε την μείωση της ποιότητας του ψεκασμού του καυσίμου και το στάξιμο του εγχυτήρα.

Στο άκρο του εγχυτήρα η θερμοκρασία παίζει καθοριστικό ρόλο για την διατήρηση των καθαρών οπών των ακροφυσίων. Συγκεκριμένα καθοριστικός είναι ο ρόλος της στους ναυτικούς δίχρονους κινητήρες πετρελαίου, οι οποίοι έχουν μία αρκετά μεγάλη θα λέγαμε τυφλή κοιλότητα στο εσωτερικό του συγκροτήματος των ακροφυσίων. Μετά το τέλος της έγχυσης σε εκείνο ακριβώς το σημείο μαζεύεται μία αρκετή ποσότητα καυσίμου.

Οι συγκεκριμένες μηχανές χρησιμοποιούν βαρύ καύσιμο, το οποίο για να μειωθεί το ιξώδες του, έχει θερμανθεί κοντά στο σημείο βρασμού του, για να μπορέσει να γίνει δυνατή η έγχυση του. Επιπλέον αυτά τα καύσιμα κατά την καύση τους έχουν την τάση να αυξάνουν ακόμα περισσότερο την θερμοκρασία μέσα στον θάλαμο καύσης, σε σύγκριση με τα ελαφρύτερα καύσιμα.

Η ποσότητα του καυσίμου η οποία έχει μείνει μέσα στην κοιλότητα του συγκροτήματος των ακροφυσίων, με την άνοδο της θερμοκρασίας αρχίζει να βράζει και να στάζει από τις οπές των ακροφυσίων. Επειδή όμως η συγκεκριμένη διαρροή συμβαίνει στο τέλος του σταδίου της καύσης, δεν γίνεται πλήρης καύση, επομένως δημιουργούνται εναποθέσεις εξανθρακωμάτων γύρω από τις οπές των ακροφυσίων, μειώνοντας σε ένα αρκετά μεγάλο βαθμό την ποιότητα της έγχυσης, ή ακόμα και φράζοντας τις οπές. Στους εγχυτήρες μίας οπής η συσσώρευση εξανθρακωμάτων μπορεί να δημιουργήσει το κόλλημα της βελόνας μέσα στο σώμα του ακροφυσίου.

Στην περιοχή του συγκροτήματος του ακροφυσίου η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να είναι επίσης χαμηλή εξαιτίας του στροβιλισμού του εισερχόμενου αέρα. Σε αυτή ακριβώς την περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί σημείο δρόσου στην επιφάνεια του συγκροτήματος του ακροφυσίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υγροποιηθεί ο υδρατμός που υπάρχει μέσα στον θάλαμο καύσης, ο οποίος αντιδρά με τα οξείδια του θείου τα οποία περιέχονται μέσα στο καύσιμο και δημιουργεί το θειικό οξύ. Το θειικό οξύ προσβάλλει την εξωτερική επιφάνεια του σώματος των ακροφυσίων, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διάμετρος των οπών. Η αύξηση της διαμέτρου των οπών μπορεί να δημιουργηθεί και από τα στερεά σωματίδια που βρίσκονται μέσα στο καύσιμο, και προκαλούν ένα φαινόμενο το οποίο ονομάζεται μηχανική διάβρωση.

Στην περίπτωση που υπάρχει νερό μέσα στο καύσιμο αυτό δημιουργεί κι άλλες διαβρώσεις στον εγχυτήρα. Στην περίπτωση που δούμε φαιοπράσινες γραμμές πάνω στις επιφάνειες οι οποίες βρέχονται από το καύσιμο, αυτό τότε σημαίνει ότι το νερό βρίσκεται σε θερμοκρασία μικρότερη από την θερμοκρασία βρασμού του. Ενώ στην περίπτωση που δούμε ότι στα σημεία ροής τα οποία έχουν χαμηλές πιέσεις υπάρχει ατμοποίηση νερού, τότε αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία του καυσίμου υπερβαίνει τη θερμοκρασία βρασμού του νερού. Η επιφανειακή οξείδωση στις μεταλλικές επιφάνειες δημιουργείται από τον διαβρωτικό ατμό. Η οξείδωση αυτή απλώνεται γρήγορα και καταστρέφει την στεγανότητα στις επιφάνειες οι οποίες πλέον επικοινωνούν μεταξύ τους, βάζοντας τέλος λοιπόν στην ωφέλιμη ζωή αυτών των κομματιών του εγχυτήρα.

Το ελατήριο του εγχυτήρα φορτίζεται με αρκετά μεγάλες τάσεις, και όταν δεχθεί απότομες αλλαγές στην πίεση του, δεν μπορεί να την δεχθεί λόγω της υψηλής σκληρότητας του. Τώρα στην περίπτωση που η πίεση που δίνει η αντλία καυσίμου αλλάξει αρκετά, τότε υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να σπάσει το ελατήριο. Στην περίπτωση που το ελατήριο δουλεύει ασταμάτητα τότε προκαλείται πτώση στην τάση του, πράγμα το οποίο επιφέρει σαν αποτέλεσμα, το να χρειάζεται επαναρύθμιση η πίεση έγχυσης, χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο κοχλία στο επάνω μέρος του εγχυτήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΤΛΙΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

3.1 Αντλία πετρελαίου τύπου Bosch

Οι τετράχρονοι κινητήρες μεσαίας ταχύτητας είναι εξοπλισμένοι με αντλίες καυσίμου τύπου εμβόλου, μία για κάθε κύλινδρο. Το έμβολο ωθούμενο από ένα έκκεντρο, παλινδρομεί μέσα σε ένα βαρέλι (χιτώνιο).

Το έμβολο έχει πάνω του χαραγμένο ένα ελικοειδές αυλάκι, καθώς επίσης έχει σχηματισμένα ένα κάθετο και ένα δακτυλιοειδή αυλάκι στη βάση του έλικα. Το βαρέλι βρίσκεται στο σώμα αντλίας, και διαθέτει θύρες έγχυσης, που συνδέονται με την πλευρά αναρρόφησης της αντλίας, και είναι διάτρητο ώστε να είναι επάνω από την κορυφή της διαδρομής του εμβόλου, όταν το έκκεντρο είναι ανενεργό. Το έμβολο είναι σφηνωμένο σε ένα δακτυλίδι το οποίο έχει χαραγμένο ένα οδοντωτό τροχό (γρανάζι) σε αυτό. Το γρανάζι εμπλέκεται με την οδοντωτή ράβδο, η οποία μπορεί να περιστρέφει το έμβολο σε σχέση με το βαρέλι (χιτώνιο). Η οδοντωτή ράβδος συνεχεία συνδέεται με τον μηχανισμό ελέγχου φορτίου της μηχανής.



Εικόνα 15. Έμβολο αντλίας υψηλής πίεσης.
Λήψη κατά την διάρκεια επισκευής συστήματος έγχυσης μηχανής πλοίου.

Καθώς το έμβολο κινείται προς τα πάνω μέσα στο βαρέλι (χιτώνιο), η έγχυση θα αρχίσει μόλις το έμβολο έχει κλείσει τις θύρες πλήρωσης και η πίεση αυξάνεται. Μόλις το ελικοειδές αυλάκι περάσει από τις θυρίδες έγχυσης, η πίεση πάνω από το έμβολο θα μειωθεί αμέσως, ακόμα κι αν το έμβολο συνεχίζει να κινείται ακόμα προς τα πάνω.

Είναι επομένως προφανές ότι η ποσότητα του καυσίμου που εγχύεται στον κύλινδρο εξαρτάται από τη θέση του ελικοειδούς αυλακιού σε σχέση με τις θύρες πλήρωσης. Όταν το κάθετο αυλάκι έχει ευθυγραμμιστεί με τη θύρα πλήρωσης, τότε καμία έγχυση δεν θα λάβει μέρος και ο κινητήρας θα σταματήσει.

Πιο συνηθισμένες είναι οι αντλίες με δύο ελικοειδή αυλάκια (και κατά συνέπεια με δύο αυλάκια μηδενικού φορτίου) διαμετρικά απέναντι το ένα απ' το άλλο. Αυτό μας δίνει ένα ισοροπημένο έμβολο (όπως φαίνεται παραπάνω).

Το έμβολο έχει κατασκευαστεί με πολύ μικρές ανοχές, όπως είναι και το αντίστοιχο βαρέλι (χιτώνιο) μέσα στο οποίο παλινδρομεί. Φθορά λόγω μικροσκοπικών σωματιδίων τα οποία μπορεί να περιέχονται στο καύσιμο, σημαίνει ότι η αντλία θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο για τη δημιουργία της πίεσης εγχύσεως που απαιτείται. Φθορά λόγω διάβρωσης μπορεί επίσης να συμβαίνει στο επάνω άκρο του εμβόλου και στην άκρη της ελικοειδούς τομής και στις θυρίδες πλήρωσης. Αυτό, σε συνδυασμό με τη φθορά στο έμβολο και το βαρέλι (χιτώνιο), θα οδηγήσει σε καθυστέρηση (βραδυπορία) του χρόνου έγχυσης, για την οποία μπορεί να χρειαστεί να γίνει ρύθμιση.



Εικόνα 16. Έμβολο και χιτώνιο αντλίας υψηλής πίεσης.
Λήψη κατά την διάρκεια επισκευής συστήματος έγχυσης μηχανής πλοίου.

Στην κυλιόμενη ή ελικοειδή αντλία, αν και το τέλος της έγχυσης μπορεί να μεταβάλλεται, η έναρξη της έγχυσης (δηλαδή όταν η κορυφή του εμβόλου καλύπτει τις θυρίδες πλήρωσης) είναι καθορισμένη. Καύσιμα διαφορετικών ποιοτήτων μπορεί να απαιτούν την πρόωρη ή την καθυστερημένη έναρξη της έγχυσης, επιπρόσθετα αν η χρονική στιγμή της έγχυσης είναι πρόωρη- όταν ο κινητήρας λειτουργεί με φορτίο κάτω από την μέγιστη συνεχή ισχύ - τότε μπορεί να επιτευχθεί οικονομία στην κατανάλωση του καυσίμου.

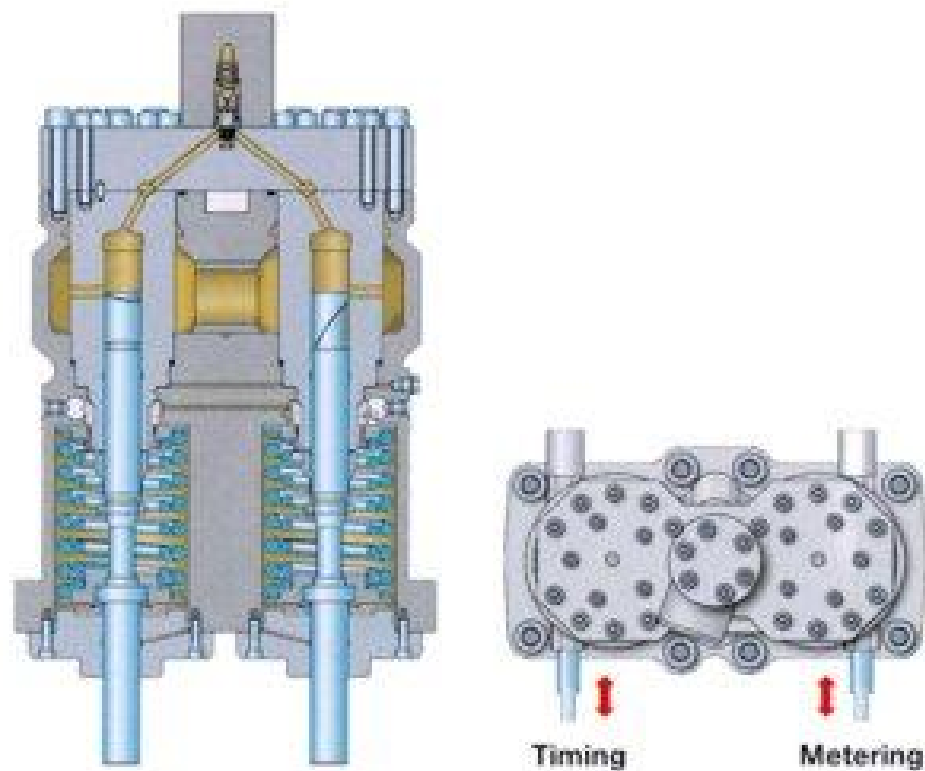
Διάφοροι κατασκευαστές μηχανών επιτυγχάνουν αυτή την μεταβλητού χρονισμού έγχυσης (VIT) χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους.

3.2 Αντλία πετρελαίου τύπου Bosch με VIT

3.2.1 Σύστημα VIT για μηχανή Wartsila

Η μηχανή Wartsila 64 χρησιμοποιεί μια αντλία καυσίμου με δύο έμβολα και δύο βαρέλια (χιτώνια) με κοινή γραμμή αναρρόφησης και κατάθλιψης. Το έμβολο για τον έλεγχο της έναρξης της έγχυσης (χρονισμός) έχει μια ελικοτομή στην κορυφή του εμβόλου, ενώ το έμβολο για τον έλεγχο του τέλους της έγχυσης (καταμέτρηση) είναι ένα συμβατικού τύπου έμβολο αντλίας καυσίμου.

Και τα δύο έμβολα ενεργοποιούνται από το ίδιο έκκεντρο. Καθώς κινούνται προς τα πάνω στα αντίστοιχα βαρέλια (χιτώνια), η έγχυση τους δεν θα ξεκινήσει μέχρι η ελικοτομή στο έμβολο του χρονισμού να έχει καλύψει τη θυρίδα πλήρωσης. Αυτό το σημείο ελέγχεται περιστρέφοντας το έμβολο μέσα στο βαρέλι (χιτώνιο), χρησιμοποιώντας μια οδοντωτή ράβδο και ένα οδοντωτό τροχό. Το τέλος της έγχυσης ελέγχεται με τον κανονικό τρόπο, όταν η ελικοτομή του εμβόλου της καταμέτρησης αποκαλύπτει τις θυρίδες πλήρωσης.

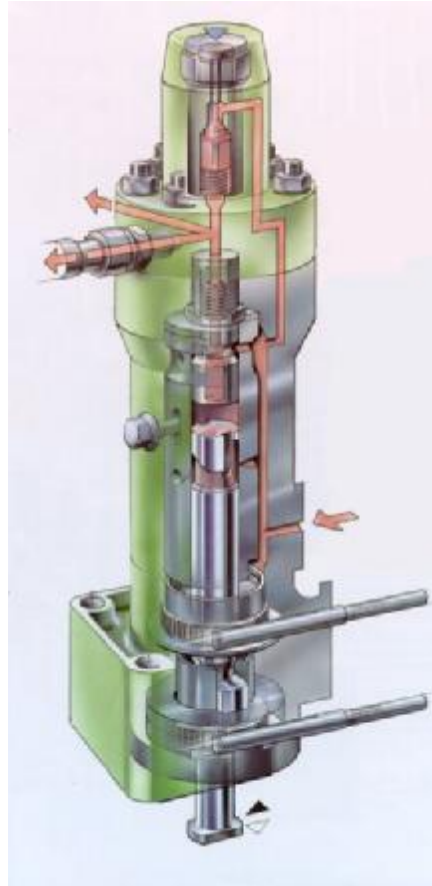


Εικόνα 17. Αντλία πετρελαίου με δύο έμβολα και δύο χιτώνια
www.marinediesels

3.2.2 Σύστημα VIT για μηχανή MAN-B&W

3.2.2.α Περιγραφή αντλίας

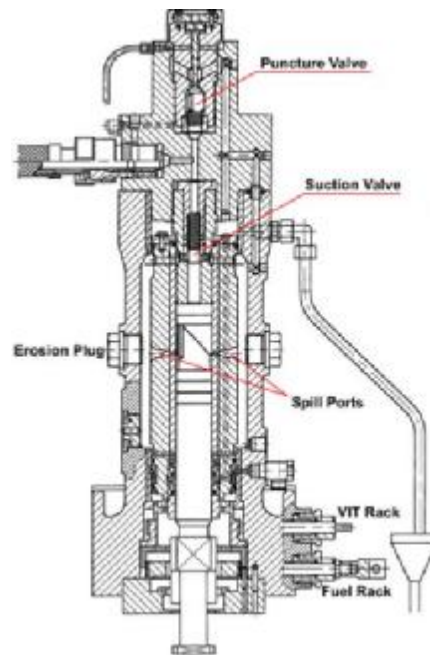
Η αντλία είναι βασικά εμβολοφόρα με τίναγμα, με ένα έμβολο τοποίό κινείται σε ένα ταιριασμένο βαρέλι (χιτώνιο), χρησιμοποιώντας δύο ελικοειδή αυλάκιατα οποία είναι χαραγμένα στο έμβολο, για τον έλεγχο του τέλους της έγχυσης με την αποκάλυψη των θυρίδων πλήρωσης και προκαλώντας την πίεση κατάθλιψη να πέφτει γρήγορα, προκαλώντας έτσι τη βελονοειδή βαλβίδα στον εγχυτήρα να κλείσει.



Εικόνα 18. Αντλία υψηλής πίεσης με VIT
www.marinediesels

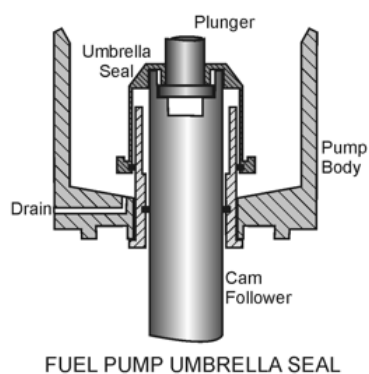
Το πετρέλαιο παρέχεται στο βαρέλι μέσω των θυρίδων πλήρωσης και μίας βαλβίδας αναρρόφησης. Η βαλβίδα αναρρόφησης, που βρίσκεται στην κορυφή του βαρελιού (χιτωνίου), ανοίγει όταν η πίεση στο βαρέλι πέφτει κάτω από την πίεση της αντλίας παροχής, δηλαδή κατά τη διάρκεια της προς τα κάτω διαδρομής του εμβόλου, και ενώ οι θυρίδες πλήρωσης καλύπτονται από το έμβολο.

Αναλώσιμες τσάπες διάβρωσης είναι τοποθετημένες στο περίβλημα της αντλίας απέναντι από τις θυρίδες πλήρωσης. Το πετρέλαιο υψηλής πίεσης, επανακυκλοφορεί, καθώς η άκρη του ελικοειδούς αυλακιού του αποκαλύπτει τις θυρίδες πλήρωσης στο τέλος της έγχυσης, χτυπά στις τσάπες, οι οποίες αποτρέπουν βλάβη στο περίβλημα της αντλίας.



Εικόνα 19. Τομή αντλίας υψηλής πίεσης με VIT
Internal Combustion Engine Fundamentals

Μια βαλβίδα διαφυγής (puncture) είναι τοποθετημένη πάνω στο καπάκι της αντλίας. Ανοίγει όταν πεπιεσμένος αέρας από το σύστημα ελέγχου αέρα, εξασκηθεί πάνω από ένα έμβολο που τοποθετείται επάνω στο καπάκι. Καύσιμο από την πλευρά της κατάθλιψης στη συνέχεια επιστρέφει στην πλευρά αναρρόφησης της αντλίας και έτσι δεν πραγματοποιείται καμία έγχυση. Η βαλβίδα διαφυγής (puncture), λειτουργεί σε περίπτωση ενεργοποίησης του συστήματος κλεισίματος (σε όλες τις αντλίες), κατά τη διάρκεια της εκκίνησης της μηχανής με αέρα ή όταν υπερβολική διαρροή ανιχνεύεται από τις διπλώντοιχωμάτων σωλήνες καυσίμων.

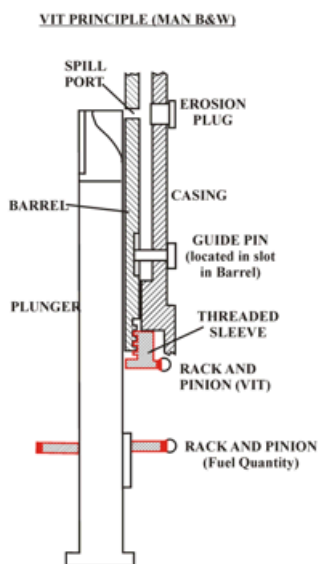


FUEL PUMP UMBRELLA SEAL

Εικόνα 20. Σύστημα στεγανοποίησης αντλίας υψηλής πίεσης
Internal Combustion Engine Fundamentals

Διαρροή καυσίμου περνάει από το έμβολο προς το περίβλημα του εκκεντροφόρου, αποτρέπεται με τη χρήση ενός τύπου στεγανοποίησης τύπου ομπρέλας.

3.2.2.β Περιγραφή συστήματος μεταβαλλόμενου χρόνου έγχυσης (VIT)



Εικόνα 21. Αρχή λειτουργίας συστήματος VIT.
Internal Combustion Engine Fundamentals

Η αντλία είναι κατάλληλη για έγχυση μεταβλητού χρονισμού (Variable Injection Timing - VIT). Αυτό ξεπερνά το μειονέκτημα της βασικής αντλίας τινάγματος, όπου αν και το τέλος της έγχυσης είναι απείρως μεταβλητό, η έναρξη της έγχυσης καθορίζεται από τη θέση των θυρίδων πλήρωσης, ώστε η έγχυση αρχίζει λίγο μετά αφού οι θυρίδες πλήρωσης έχουν καλυφθεί πλήρως από το επάνω άκρο του εμβόλου.

Για να ελέγξουμε την ποσότητα του καυσίμου -χρειάζονται μία ντίζα και ένας οδηγός που περιστρέφει το έμβολο μέσα στο βαρέλι (χιτώνιο) - η αντλία καυσίμου είναι εξοπλισμένη με ένα ρυθμιζόμενο βαρέλι (χιτώνιο), το οποίο έχει ένα μεγάλων διαστάσεων σπείρωμα κατασκευασμένο στο κάτω μέρος. Το κοχλιοειδές βαρέλι, βρίσκεται μέσα σε ένα επίσης κοχλιοειδές περίβλημα, που κινείται και περιστρέφεται από έναν δεύτερο οδηγό. Καθώς το περίβλημα δεν μπορεί να κινηθεί αξονικά, και το βαρέλι αποτρέπεται από περιστροφή, στη συνέχεια, καθώς το περίβλημα περιστρέφεται, το βαρέλι κινείται πάνω-κάτω, έτσι αλλάζει τη θέση των θυρών διαρροής σε σχέση με το έμβολο και με τον τρόπο αυτό μεταβάλλει την έναρξη της έγχυσης.

3.3 Σημαντικότεροι λόγοι για χρήση συστήματος VIT

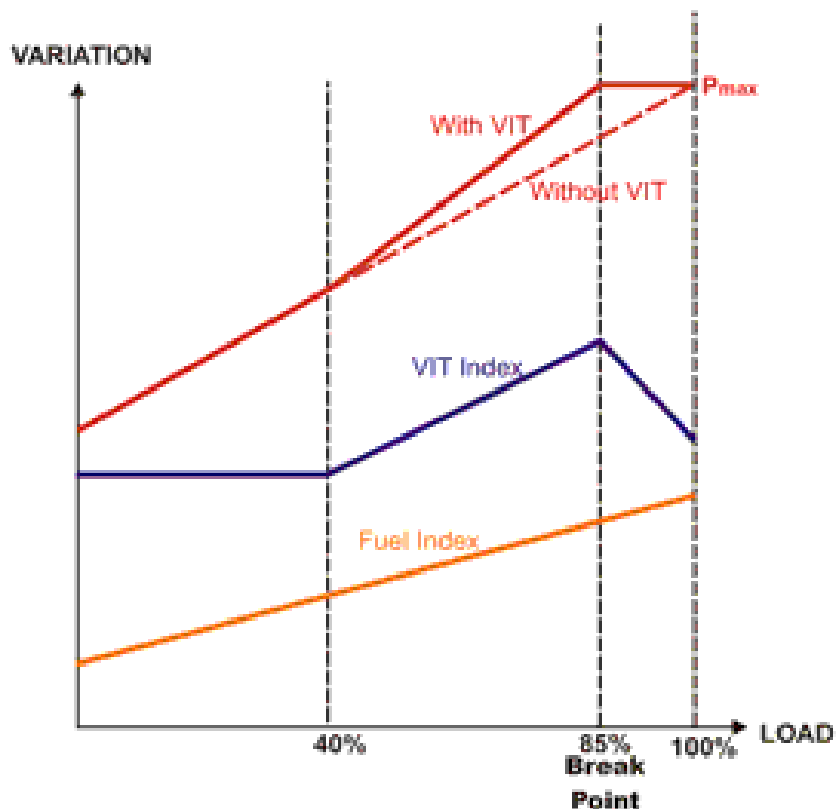
Ο λόγος για τη χρήση VIT είναι να επιτευχθεί μία μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου. Αυτό επιτυγχάνεται με την προωθημένη έγχυση έτσι ώστε στο χρονοδιάγραμμα να επιτυγχάνεται η μέγιστη πίεση καύσης (p_{max}) σε περίπου 85% MCR (μέγιστη συνεχής ισχύ).

Το σύστημα έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία αλλαγή στο χρόνο της έγχυσης σε χαμηλά φορτία (40% MCR). Αυτό γίνεται για να αποφευχθούν οι συχνές αλλαγές προπορείας της αντλίας κατά τη διάρκεια ελιγμών (μεταβολών των στροφών της μηχανής).

Καθώς το φορτίο του κινητήρα αρχίζει να αυξάνεται πάνω από 40%, η έναρξη της έγχυσης προχωράει. Όταν ο κινητήρας φθάσει περίπου το 85% της μέγιστης συνεχούς ισχύος (MCR), κατά την οποία ο κινητήρας έχει σχεδιαστεί, για να έχει φτάσει την μέγιστη πίεση καύσης (P_{max}) τα σέρβια καθυστερούν τον χρόνο έγχυσης, έτσι ώστε η μέγιστη πίεση καύσης να παραμένει σταθερή μεταξύ 85% και 100% MCR.

Στο 90% MCR μία εξοικονόμηση καυσίμων 4-5g/h.p.hour φέρεται να έχει επιτευχθεί.

Ο μεταβλητός χρονισμός έγχυσης επιτρέπει επίσης να γίνουν μικρές προσαρμογές στον χρονισμό της αντλίας καυσίμου, ώστε να καταστούν κατάλληλες για καύσιμα με ποικίλες ιδιότητες ανάφλεξης. Φθοράστις αντλίες καυσίμου μπορεί επίσης να αντισταθμιστεί από την αλλαγή του χρονισμού του εκκεντροφόρου λόγω επιμήκυνσης της αλυσίδας (έως 2 μοίρες).



Διάγραμμα 1. Διάγραμμα που δείχνει την επίδραση του VIT στην μέγιστη πίεση καύσης P_{max} .

Internal Combustion Engine Fundamentals

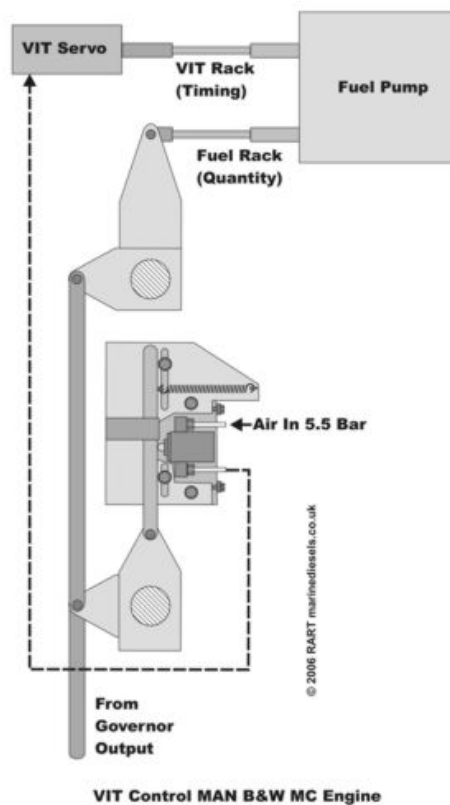
3.4 Πώς μεταβάλλεται ο χρόνος έγχυσης(VIT)

3.4.1 Μηχανο-πνευματικό: Παλαιό Σύστημα

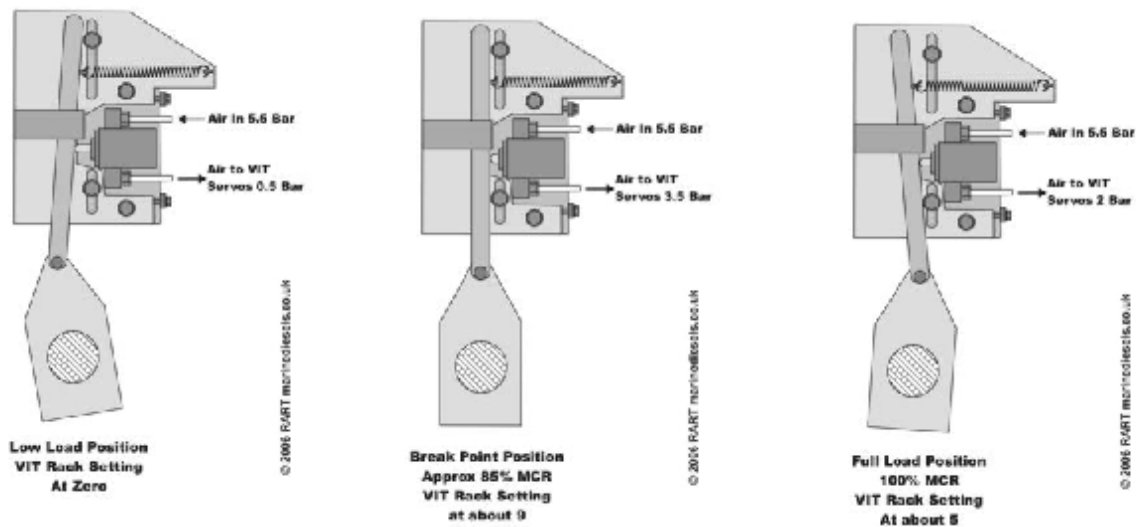
Αέρας με χαμηλή πίεση τροφοδοτεί τη βαλβίδα ελέγχου πίεσης, η έξοδος του οποίου τροφοδοτεί τα servos του VIT πάνω στις αντλίες καυσίμου. Μια σύνδεση από το σύστημα ελέγχου του κινητήρα (ή ο χειροκίνητος μηχανισμός ελέγχου της αντλίας καυσίμου) στρέφει μία οριζόντια ράβδο, της οποίας η θέση καθορίζει την έξοδο της βαλβίδας ελέγχου πίεσης.

Η θέση της βαλβίδας ελέγχου είναι ρυθμιζόμενη, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύσιμα διαφόρων ποιοτήτων ανάφλεξης καθώς επίσης και για αλλαγές στο χρονισμό του εκκεντροφόρου λόγω της επιμήκυνσης της αλυσίδας.

Οι άξονες είναι επίσης ρυθμιζόμενοι για την αρχική εγκατάσταση του VIT και την προσαρμογή της θέσης του σημείου διακοπής.



Εικόνα 22. Άρθρωση σύνδεσης ποσότητας καυσίμου και VIT
Wartsila Service Bulletin 12.06.2001

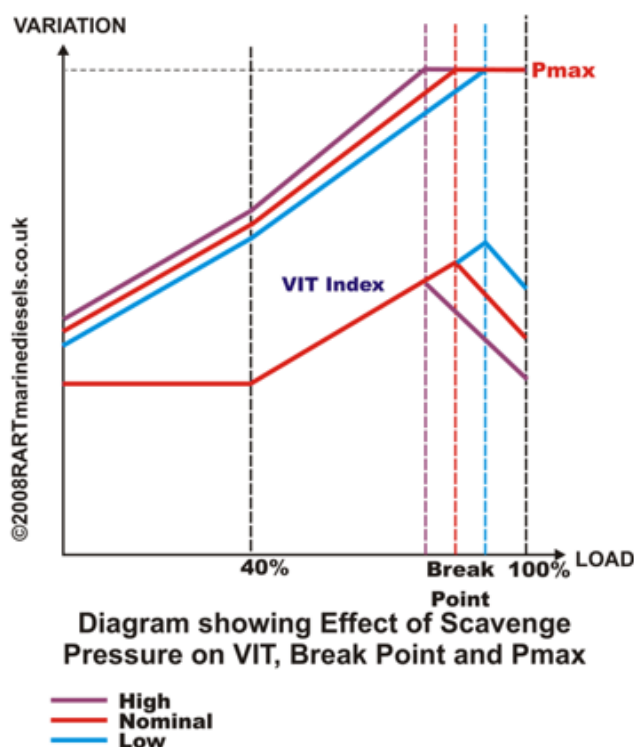


Εικόνα 23. Θέσεις του ελεγκτή VIT σε διάφορα φορτία της μηχανής.
Wartsila Service Bulletin 12.06.2001

3.4.2 Ηλεκτρο-πνευματικό: Νεότερες Μηχανές

Το σήμα του αέρα στους ενεργοποιητές της αντλίας καυσίμου VIT που λειτουργούν τους VIT οδηγούς, υλοποιείται εντός του ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου του κινητήρα ως ένα ηλεκτρικό σήμα μεταξύ 4 και 20 milliamps. Αυτό το σήμα αποστέλλεται σε ένα IP μετατροπέα που παράγει το σήμα του πνευματικού ελέγχου μεταξύ 0,5 bar (min VIT ρύθμιση) και 5 bar (Max VIT ρύθμιση).

Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ του μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού συστήματος είναι η χρήση του σημείου διακοπής και πώς ελέγχεται η αύξηση της πίεσης. Με το μηχανικό σύστημα καθορίζεται ακριβώς το σημείο διακοπής, ενώ με το ηλεκτρικό σύστημα VIT, το σημείο διακοπής είναι μεταβλητό και καθορίζεται ανάλογα με την πίεση σάρωσης.



Διάγραμμα 2. Διάγραμμα που δείχνει την επίδραση της πίεσης σάρωσης στο VIT, στο σημείο διακοπής και στην μέγιστη πίεση καύσης Pmax.
Internal Combustion Engine Fundamentals

Αν η πίεση σάρωσης είναι υψηλή, τότε η προκύπτουσα πίεση συμπίεσης εντός του κυλίνδρου θα είναι υψηλότερη. Αυτό σημαίνει ότι αν δεν γίνουν προσαρμογές, η μέγιστη πίεση μέσα στον κύλινδρο θα μπορούσε να αυξηθεί πάνω από το σημείο σχεδιασμού. Μεταβάλλοντας το σημείο διακοπής σε ένα χαμηλότερο ποσοστιαίο σημείο του φορτίου του κινητήρα, το Pmax έχει επιτευχτεί νωρίτερα και συντηρείται σε εκείνο το σημείο, μέχρι το 100% του φορτίου. Ομοίως, αν η πίεση σάρωσης είναι χαμηλή, τότε το σημείο διακοπής, κινείται πιο κοντά στο 100% του φορτίου της μηχανής, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ακόμη το Pmax.

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος στα πλοία ενεργοποιείται μόνο όταν η μηχανή λειτουργεί πρόσωκα και η μηχανή είναι σε έλεγχο από την γέφυρα ή έλεγχο από το δωμάτιο ελέγχου μηχανοστασίου (ECR). Όταν η μηχανή εκτελεί αναπόδιση (δηλαδή λειτουργεί ανάποδα) ή ελέγχεται τοπικά, το σύστημα ελιγμών παρέχει μια προκαθορισμένη πίεση στους ενεργοποιητές VIT.

Οι προσαρμογές κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα είναι απλούστερες, καθώς διορθωτικές τιμές πληκτρολογούνται απευθείας μέσα στον σύστημα ελέγχου του κινητήρα. Αλλαγή στην ποιότητα των καυσίμων ή φθορά

στις αντλίες καυσίμου μπορεί να καταστήσουν αναγκαίο να ρυθμιστεί το VIT.

Η σωστή μέθοδος για να γίνει αυτό είναι η εξής:

- Πάρτε ένα πακέτο με κάρτες δεικτών(διαγράμματα) με το φορτίο του κινητήρα, ακριβώς πάνω από το σημείο διακοπής.
- Ρυθμίστε το Pmax μεταβάλλοντας την τιμή Poffset του κυβερνήτη. (αυτή είναι η τιμή με την οποία το Pmax μπορεί να αυξάνεται ή να χαμηλώνεται)
- Πάρτε ένα συμπληρωματικό πακέτο με κάρτες δεικτών(διαγράμματα) για να επαληθεύσετε τις ρυθμίσεις.

Στην περίπτωση των πολύ φθαρμένων βαρελιών (χιτωνίων) δίνοντας κακή συμπίεση, ή υπερβολικά φθαρμένες αντλίες καυσίμων, συνιστάται η λειτουργία VIT να είναι απενεργοποιημένημέσα από το πρόγραμμα των ρυθμίσεων του συστήματος ελέγχου του κινητήρα.

Σημείωση

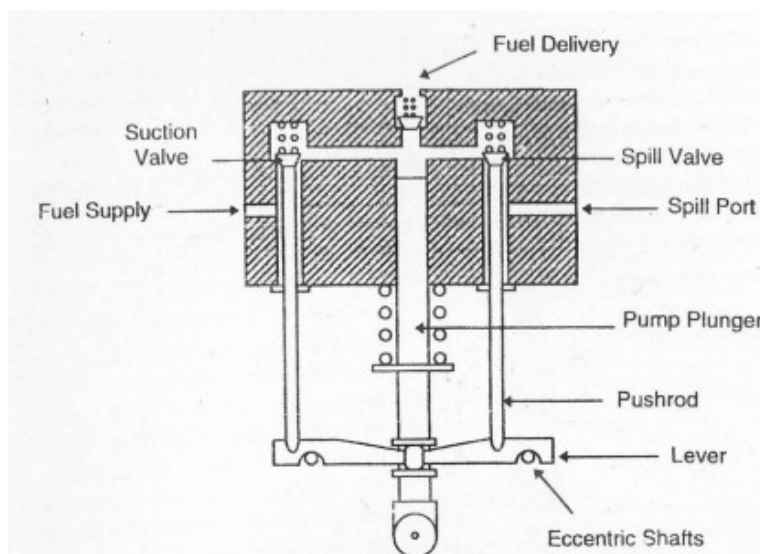
Οι αντλίες πετρελαίου που είναι αρμοσμένες σε μικρότερες μηχανές τύπου MC, δεν είναι εξοπλισμένες με μηχανισμό μεταβλητού χρονισμού έγχυσης(Variable Injection Timing VIT).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΤΛΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ SULZER

4.1 Παρουσίαση και περιγραφή λειτουργίας αντλίας τύπου SULZER.

Μια βαλβίδα αναρρόφησης είναι ανασηκωμένη από την έδρα της, όταν το έμβολο είναι στο κάτω νεκρό σημείο. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα πάνω η βαλβίδα αναρρόφησης θα καθίσει επάνω στην έδρα της δίπλα στο μοχλό. Η θυρίδα πλήρωσης παραμένει κλειστή. Αυτό είναι το σημείο της αρχής της έγχυσης καυσίμου. Το έμβολο συνεχίζει να ανεβαίνει μέχρι να φτάσει σε ένα σημείο όπου η θυρίδα πλήρωσης ανοίγει. Καύσιμα διαρρέουν προς τα πίσω από την πλευρά της αναρρόφησης της αντλίας επισημαίνοντας έτσι το τέλος της έγχυσης.

Καθώς το έμβολο κινείται προς την κάτω διαδρομή, η διαφορά πίεσης σε όλη τη βαλβίδα αναρρόφησης, την αναγκάζει να σηκωθεί από την έδρα της και έτσι επιτρέπει να περάσει καύσιμο στο βαρέλι (χιτώνιο) της αντλίας. Επιπλέον κάτω από τη διαδρομή η βαλβίδα αναρρόφησης σηκώνεται μηχανικά μέσω της ωστηρίου ράβδου και του μοχλού. Ο όγκος των καυσίμων που παραδίδει, ελέγχεται από τη θέση της βαλβίδας διαρροής του έκκεντρου άξονα. Αυτή η βαλβίδα είναι



συνδεδεμένη μέσω ενός μοχλού, με το σύστημα ελέγχου καυσίμου.

Εικόνα 24. Αντλία τύπου SULZER
Operations Manual Sulzer RND

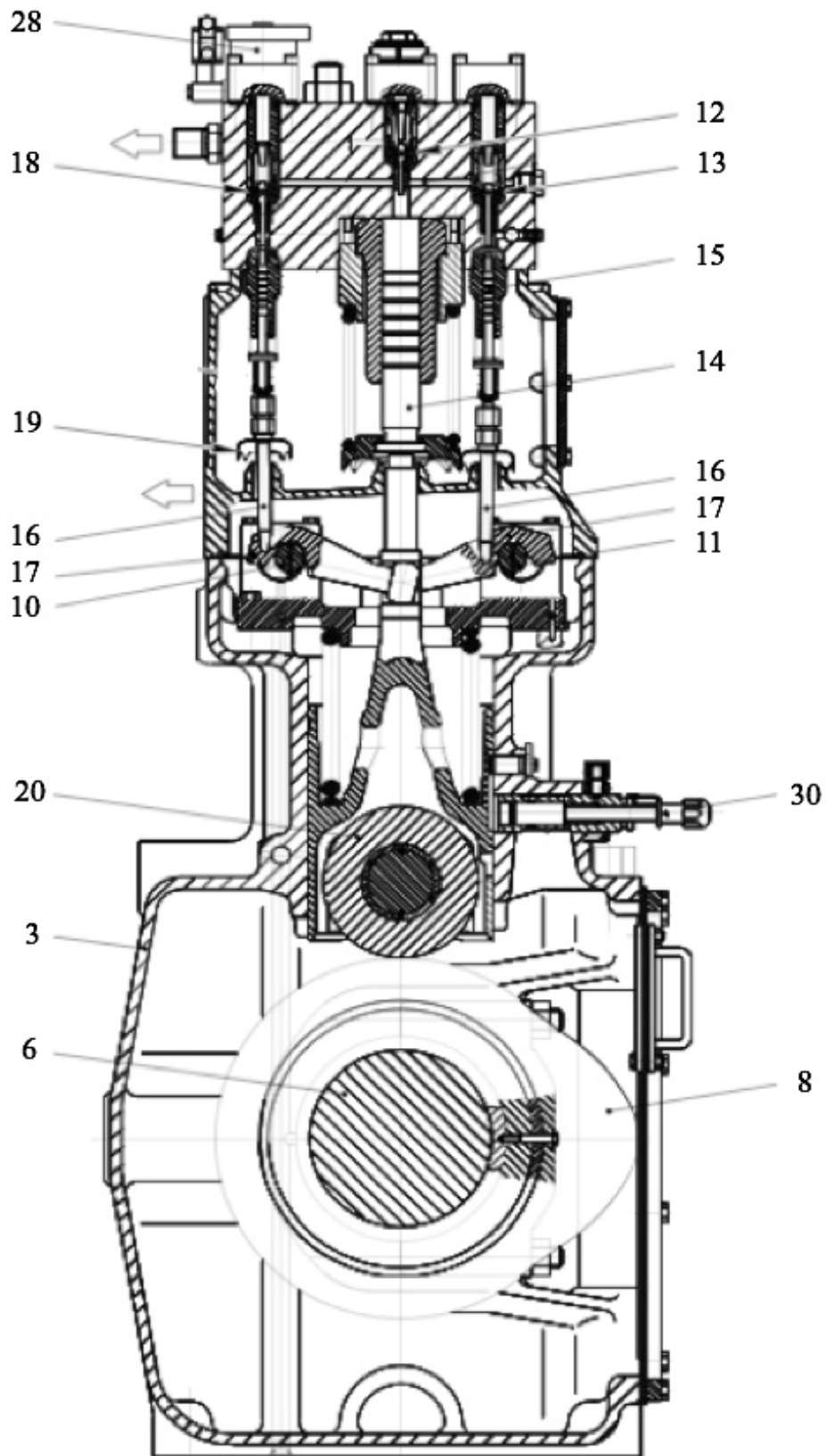
Η Εικ. 24 δείχνει μια εγκάρσια τομή της αντλίας εγχύσεως τύπου Sulzer. Το έκκεντρο καυσίμων (8) σε οπισθοπορία του σερβοκινητήρα, προσδίδει μια κίνηση με σταθερή διαδρομή στο έμβολο(14) μέσω της κίνησης του κυλίνδρου. Όπως ο κύλινδρος (20) του οδηγού κυλίνδρου,κυλά από το έκκεντρο κύκλο στον κύκλο της βάσης, το κατερχόμενο έμβολο ρουφάει καύσιμομέσα στο χώρο της αντλίας μέσω της βαλβίδας διαρροής ή/και της βαλβίδας αναρρόφησης. Καθώς η βαλβίδα αναρρόφησης (18)ωθείται μηχανικά στην χαμηλότερη διαδρομή προς την ανοικτή θέση από τον μοχλό ελέγχου (17), το ρυθμιστικόωστήριο(16) και το ωστήριο τηςβαλβίδας(15), μπορεί να ανασηκωθείπαράπάνω, μόνο από την πίεση της αναρρόφησης.

Όταν το έμβολο (14) ωθείται προς τα πάνω, από τονκνώδακα του καυσίμου (8), η βαλβίδα αναρρόφησης (18) κλείνει, μετά από συγκεκριμένη διαδρομή του εμβόλου, ανάλογα με τη θέση του έκκεντρου άξονα (10). Μέχρι αυτή τη στιγμή δεν έχει τροφοδοτηθεί καύσιμο στους εγχυτήρες. Αυτό το μέρος της διαδρομήςονομάζεται «άεργοςδιαδρομή». Η χρονική στιγμή που κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης καλείται «αρχή κατάθλιψης».

Μετά το κλείσιμοτης βαλβίδας αναρρόφησης, το καύσιμο καταθλίβεται,με υψηλή πίεση από το έμβολο (14), το οποίο ακόμα κινείται προς τα επάνω, μέσω της βαλβίδας κατάθλιψης(12),στους εγχυτήρες από όπου και εγχύεται στο χώρο καύσης του κυλίνδρου που λειτουργεί. Η διαδρομή την οποία το έμβολο διανύει κατά τη διάρκεια της περιόδου έγχυσης,ονομάζεται «διαδρομήκατάθλιψης».

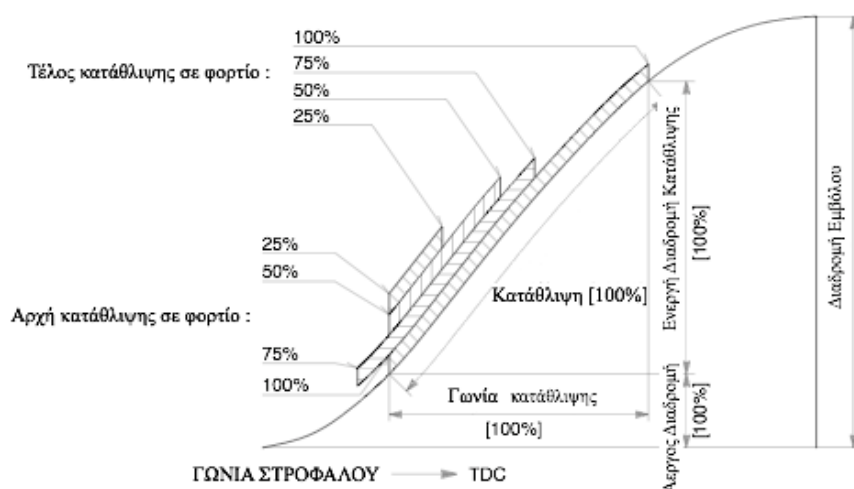
Ανάλογα με τη θέση του έκκεντρου άξονα (11), η θυρίδα πλήρωσης(13), ανοίγεται από το μοχλό ελέγχου (17), μέσω του ρυθμιστικούωστηρίου(16), και του ωστηρίου τηςβαλβίδας(15),αφού το έμβολο έχει ολοκληρώσει ένα συγκεκριμένο μέρος της διαδρομής του. Το σημείο αυτό ονομάζεται «τέλος κατάθλιψης».

Το υπόλοιπο καύσιμο που παραμένει μέσα στο εμβολοχιτώνιο, καταθλίβεται από το έμβολο μέσω της ανοιχτήςθυρίδας πλήρωσης(14), πίσω στο σύστημα πετρελαίου, μέχρι το ράουλο του ωστηρίου να ακουμπήσει στην κορυφή του κνώδακα.



Εικόνα 25. Εγκάρσια πλήρης τομή της αντλίας εγχύσεως τύπου Sulzer
Operations Manual Sulzer RND

Καμπύλη Κατάθλιψης



Εικόνα 26. Καμπύλη κατάθλιψης αντλίας εγχύσεως τύπου Sulzer
Operations Manual Sulzer RND

Η βαλβίδα παροχής 12 (δρώντας σαν μια βαλβίδα ανεπιστροφής) εμποδίζει το καύσιμο να ρέει πίσω από το σωλήνα υψηλής πίεσης στο μπλοκ των αντλιών έγχυσης (δείτε επίσης: σχηματικό διάγραμμα, στην ομάδα 0720-1).

Έμβολα (14), βαλβίδες ωστήριων ράβδων(15) και ρυθμιστικήβαλβίδα(16) λιπαίνονται με βαρύ πετρέλαιο που διαφεύγει μεταξύ του εμβόλου των ωστηρίων ράβδωνκαι των οδηγών, με την μορφή της διαρροής καυσίμου. Κατά τη λειτουργία, είναι σημαντικό να ελέγχετε περιοδικά ότι πάρα πολύ διαρροή καυσίμων δεν συσσωρεύεται στο ενδιάμεσο χώρο «ZR» (η δίοδος διαφυγής της διαρροής καυσίμων «LA» θα πρέπει να είναι ανοιχτή) και οι προστατευτικές ασπίδες (19) δεν είναι φθαρμένες. Σε αντίθετη περίπτωση, καύσιμο μπορεί να ρυπάνειτο σύστημα λίπανσης των τριβέων.

Σε περίπτωση διαρροής στεγανωτικής επιφάνειας μεταξύ χιτωνίου του εμβόλου και του σώματος της αντλίας πετρελαίου, το πετρέλαιο περνάει μέσω της τρύπας ελέγχου "KB".

Μειώνοντας την κατάθλιψη από μεμονωμένες αντλίες πετρελαίου εγχύσεων, θα είναι αναγκαίο να περιοριστεί η ισχύςσε μεμονωμένους κυλίνδρους (π.χ. κατά το στρώσιμοτωννέωνεξαρτημάτων του κινητήρα), τότε ένα ειδικά χρωματισμένο κόκκινο δαχτυλίδιμπορεί να τοποθετηθεί κάτω από την βαλβίδα αναρρόφησης (18). Αυτό το μέτρο ελαττώνει την απόδοση του χρόνου κατάθλιψης χωρίς καμία αλλαγή στις ρυθμίσεις της αντλίας πετρελαίου.

Αφού επαναφέρουμε τις φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας, το δαχτυλίδι μπορεί να αφαιρεθεί, χωρίς καμία καθυστέρηση.

4.2 Παρουσίαση αντλίας τύπου SULZER με VIT και FQS.

Κατά την δεκαετία του '70, όπου η κατανάλωση καυσίμου αποδείχθηκε μεγάλης σπουδαιότητας, η Sulzer, παρουσίασε το σύστημα μεταβλητού χρόνου έγχυσης (Variable Injection Timing), που το τοποθέτησε στις αργόστροφες δίχρονες πετρελαιομηχανές της.

Το σύστημα μεταβλητού χρόνου έγχυσης, χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με ένα σύστημα καθορισμού της ποιότητας του καυσίμου (Fuel Quality Setting) και πετυχαίνει δύο κύριους στόχους. Το πρώτο τμήμα, αυτό του μεταβλητού χρόνου έγχυσης, είναι αυτόματης λειτουργίας, που ελέγχει την αρχή της έγχυσης με βάση το πραγματικό φορτίο της μηχανής και συμβάλλει στην βέλτιστη κατανάλωση του καυσίμου. Το δεύτερο τμήμα, αυτό του καθορισμού της ποιότητας του καυσίμου, είναι χειροκίνητης ρύθμισης και χρησιμοποιείται ώστε να ταιριάζει το χρόνο έγχυσης με την ποιότητα του πετρελαίου που χρησιμοποιείται.

Τα δύο παραπάνω συστήματα, χρησιμοποιήθηκαν στις μηχανές RTA πρώτα σε μια μηχανική έκδοση, ενώ αργότερα σε μια ηλεκτρονική έκδοση. Η δεύτερη, είναι αυτή η μορφή που επεκράτησε στους μεταγενέστερους και τους σύγχρονους τύπου μηχανών RTA.

Μια καθυστέρηση στην έγχυση είναι ένα από τα μέτρα που χρησιμοποιήθηκαν στις μηχανές Sulzer RTA, ώστε να συμμορφωθούν με τους κανόνες εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Η εφαρμογή της καθυστέρησης της έγχυσης, εξαρτάται από τον τύπο της μηχανής και την ιπποδύναμη, και καθιερώθηκε μέσω του συστήματος DENIS, σαν παράμετρος ανεξάρτητη απ'το φορτίο της μηχανής. Έτσι το σύστημα VIT κέρδισε την σπουδαιότητα που του αντιστοιχεί με την σύσταση της ρύθμισης της μηχανής που συμμορφώνεται με τους κανόνες εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), στις μηχανές Sulzer RTA.

Χάρη στον βελτιστοποιητικό χαρακτήρα της VIT λειτουργίας, μία μηχανή μπορεί να λειτουργεί και με και χωρίς την VIT και την FQS λειτουργία χωρίς την παραμικρή απώλεια στην λειτουργικότητα της. Ωστόσο, λόγω του αποδεδειγμένου ευεργετικού αποτελέσματος στην κατανάλωση του καυσίμου, και ειδικά σε μικρότερα φορτία, συνιστάται να έχουν τα συστήματα VIT και FQS πάντα σε λειτουργία κατά την διάρκεια που η μηχανή δουλεύει. Όλες οι RTA μηχανές έχουν σχεδιαστεί για ταυτόχρονη λειτουργία του VIT και FQS π.χ. η χρήση του VIT και FQS κρατάει καλά τις παραμέτρους της μηχανής μέσα σε ασφαλή όρια. Σύμφωνα με τα τελευταία σχέδια των RTA μηχανών που συμμορφώνονται με κανονισμούς του IMO για εκπομπές NOx, η ρύθμιση του εύρους του FQS είναι περιορισμένη, ώστε τα όρια των κανονισμών NOx να είναι εξασφαλισμένα με όποια ρύθμιση του FQS.

4.3 Αρχή λειτουργίας αντλίας τύπου SULZER με VIT και FQS.

Με την αύξηση της μέγιστης πίεσης καύσης με μερικό φορτίο, η οποία είναι το κυρίαρχο φάσμα λειτουργίας του κινητήρα, μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου. Δεδομένου ότι υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ της αρχής της έγχυσης και της μέγιστης πίεσης καύσης, η έναρξη της κατάθλιψης της αντλίας έγχυσης καυσίμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σήμα ελέγχου για την καύση. Η προπορεία έγχυσης δημιουργεί μία αύξησιμη μέγιστη πίεση.

Με χειροκίνητη ρύθμιση για την ποιότητα των καυσίμων, ο χειριστής του κινητήρα μπορεί να ταιριάξει το συγχρονισμό εγχύσεων με την ποιότητα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται. Οι ιδιότητες της ανάφλεξης του βαρέως πετρελαίου μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από το ένα πετρέλαιο στο άλλο. Καύσιμα με κακές ιδιότητες ανάφλεξης έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες πιέσεις ανάφλεξης στην ίδια αρχή έγχυσης. Με μια μεγαλύτερη καθυστέρηση ανάφλεξης θα μειωθεί η μέγιστη πίεση και αυτό θα έχει αρνητικές επιπτώσεις για την κατανάλωση του συγκεκριμένου καυσίμου πετρελαίου. Η διαφορά στην καθυστέρηση ανάφλεξης μπορεί να αντισταθμιστεί με την εφαρμογή μιας μετατόπισης ανεξάρτητου φορτίου στην αρχή της κατάθλιψης.

Αλλάζοντας τη ρύθμιση της ποιότητας καυσίμων σε προηγμένη, δηλαδή η έγχυση να ξεκινάει νωρίτερα, η μέγιστη πίεση μπορεί να αυξηθεί στο σωστό επίπεδο και θα μειωθεί η συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμων. Καύσιμα με μια καλύτερη ποιότητα ανάφλεξης, δηλαδή λιγότερη καθυστέρηση ανάφλεξης, έχουν ως αποτέλεσμα μία υψηλότερη μέγιστη πίεση ανάφλεξης και κατά συνέπεια το FQS πρέπει να προσαρμοστεί στην κατεύθυνση

καθυστερήσης(κάτω/αρνητική τιμή FQS), δηλαδή μεταγενέστερη έναρξη της έγχυσης για να αποφευχθεί η πολύ υψηλή πίεση ανάφλεξης.

Η προσαρμογή πρέπει να γίνει από τον μηχανικό, κάθε φορά που έχουν χρησιμοποιηθεί νέα καύσιμα. Οιδιότητες της καύσης πρέπει να ελέγχονται με τη βοήθεια διαγραμμάτων δεικτών, όποτε έχει αλλάξει η προσαρμογή των ρυθμίσεων της ποιότητας καυσίμων, για να εξασφαλιστεί ότι η μέγιστη πίεση και η αναλογία ανάφλεξης διατηρούνται εντός των ορίων του σχεδιασμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΟΙΝΗΣΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (COMMON RAIL)

5.1 Γενικές αρχές συστημάτων ψεκασμού κοινής σωλήνωσης (Common Rail)

Έχοντας κάνει μία πρώτη αναφορά στα διάφορα συστήματα έγχυσης. Έχουμε φτάσει στο σημείο το οποίο πρέπει να κάνουμε λεπτομερή αναφορά στα σύγχρονα συστήματα έγχυσης κοινού συλλέκτη, που απ' ό,τι φαίνεται είναι και τα συστήματα τα οποία θα έχουν μεγάλη εξέλιξη και θα παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο μέλλον.

Το πρώτο σύστημα έγχυσης κοινού συλλέκτη κατασκευάστηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Τότε βέβαια ο έλεγχος της έγχυσης ήταν μηχανικός. Η ιλιγγιώδης ανάπτυξη του ήρθε την δεκαετία του 1990 αφού είχαν κατασκευαστεί κάποια πολύ αξιόπιστα συστήματα ελέγχου, και αφού τα υλικά και οι διαδικασίες κατασκευής επέτρεψαν την παραγωγή συστημάτων τα οποία θα αντέχουν τις απαραίτητες υψηλές πιέσεις άνω των 1500 bar που χρειάζονται για να λειτουργήσουν.

Στο σύστημα του κοινού συλλέκτη, η διαδικασία της έγχυσης και η διαδικασία της ανύψωσης της πίεσης είναι δύο διαδικασίες εντελώς ανεξάρτητες η μία απ' την άλλη. Η πιο απλή μορφή του συστήματος αποτελείται από μία αντλία υψηλής πίεσης, τους εγχυτήρες καυσίμου με ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, έναν συλλέκτη καυσίμου αλλά και τους αγωγούς υψηλής πίεσης οι οποίοι συνδέουν τους εγχυτήρες με τον συλλέκτη.

Η αντλία και οι αντλίες υψηλής πίεσης καταθλίβουν το καύσιμο μέσα στον κοινό συλλέκτη, όπου εκείνος με την σειρά του τροφοδοτεί με καύσιμο όλους τους εγχυτήρες καυσίμου. Οι εγχυτήρες καυσίμου συνδέονται με τον συλλέκτη με αγωγούς μικρού μήκους. Ο συλλέκτης είναι σαν αγωγός μεγαλύτερης διαμέτρου σε σύγκριση με τους αγωγούς τροφοδοσίας των εγχυτήρων καυσίμου. Ο μεγάλος όγκος του κοινού συλλέκτη του δίνει την δυνατότητα να λειτουργεί και ως δοχείο πίεσης. Για να κάνουν απόσβεση τα κύματα πίεσης από την αντλία υψηλής πίεσης και να μπορέσει η πίεση να διατηρηθεί όσον το δυνατόν πιο σταθερή γίνεται. Ταυτόχρονα αφήνει να διατηρηθεί η πίεση σταθερή, παρά την ενεργοποίηση των εγχυτήρων καυσίμου

οι οποίοι τείνουν να χαμηλώσουν την πίεση μέσα στον συλλέκτη. Η έγχυση του καυσίμου ελέγχεται από μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα η οποία είναι τοποθετημένη μέσα σε κάθε εγχυτήρα. Με αυτόν λοιπόν τον τρόπο γίνεται η μεταβολή του χρονισμού αλλά και η διάρκεια της έγχυσης, μέσω του ελέγχου των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων από το κατάλληλο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΟΙΝΗΣΣΩΛΗΝΩΣΗΣ ΤΥΠΟΥ SULZER RT- Flex

6.1 Παρουσίαση και περιγραφή λειτουργίας συστήματος ψεκασμού τύπου κοινής σωλήνωσης SULZER.

Η ηλεκτρονικά ελεγχόμενη έγχυση πετρελαίου είναι ένα σημαντικό κεφάλαιο των μηχανών εσωτερικής καύσης πετρελαίου ντίζελ, που εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσει απλά και με σαφήνεια τη λειτουργία του πιο γνωστού συστήματος σε αυτόν τον τομέα, το σύστημα ψεκασμού με κοινή σωλήνωση (Common Rail).

Η αναγκαιότητα για την μείωση των εκπομπών αερίων, την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και για ακόμα χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, πιέζουν τους κατασκευαστές των θαλάσσιων μηχανών ντίζελ για τη βελτίωση των συστημάτων διαχείρισης. Για να επιτύχει ο κινητήρας αυτά τα επίπεδα της λειτουργίας, τα καύσιμα πρέπει να ψεκαστούν με υψηλή πίεση στο θάλαμο καύσης και η διασπορά να είναι τόσο λεπτή ώστε η ανάφλεξη να επιτευχθεί κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Παράλληλα, τα καύσιμα πρέπει να έχουν μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια, η καμπύλη εκκένωσης καύσης πρέπει να έχει ένα συγκεκριμένο σχήμα και η προ-έγχυση και οι επαναλήψεις του ψεκασμού, στο μέτρο του δυνατού, να μεταβάλλονται ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος. Το μόνο σύστημα έγχυσης που μπορεί να αντιμετωπίσει αυτές τις δυσκολίες είναι το Common Rail.

Αν και η έγχυση καυσίμου κοινής γραμμής σίγουρα δεν είναι μια νέα ιδέα, μόνο τα τελευταία χρόνια έχει γίνει πραγματικά πρακτική, με τη χρήση του πλήρως ολοκληρωμένου ηλεκτρονικού ελέγχου- βάση υπολογιστών υψηλής απόδοσης - που επιτρέπει την καλύτερη δυνατή χρήση ώστε το σύστημα να έχει ευελιξία με τον τρόπο ψεκασμού κοινής γραμμής.

Ο παραδοσιακός εκκεντροφόρος έχει ένα σημαντικό περιορισμό των σταθερών χρονισμών όπου δίνεται μηχανικά από τα έκκεντρα. Αν και οι Sulzer είναι αργόστροφες μηχανές είχαν από καιρό τα οφέλη των ελεγχόμενων αντλιών

διπλής βαλβίδας έγχυσης καυσίμου με (VIT), καθώς και ένα βαθμό μεταβλητής χρονικής στιγμής της βαλβίδας εξαγωγής που επιτυγχάνεται υδραυλικά στο σύστημα VEC, η μεταβολή στην χρονική στιγμή που λαμβάνεται έτσι είναι πολύ περιορισμένη.

Αντίθετα το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα κοινής γραμμής, έχει υιοθετηθεί στις νέες μηχανές Sulzer RT-flex για να δίνει τον πλήρη έλεγχο του χρονισμού. Το ποσοστό, η πίεση ψεκασμού καυσίμου και η λειτουργία των βαλβίδων εξαγωγής, επιτρέπει συνθήκες λειτουργίας που δεν μπορούν να επιτευχθούν με καθαρά μηχανικά συστήματα.

Αντί για «ηλεκτρονικά ελεγχόμενη», θα ήταν ορθότερο να περιγράψουμε τις Sulzer RT-flex μηχανές σαν ελεγχόμενες από υπολογιστές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο σύστημα RT-flex, οι μηχανικές λειτουργίες είναι πλήρως προγραμματιζόμενες, ίσως να περιορίζονται μόνο από τη φαντασία των σχεδιαστών και των νόμων της φύσης. Η πρόκληση είναι να χρησιμοποιήσει αυτήν την ελευθερία για να δημιουργήσει πρακτικά οφέλη για τους χρήστες των μηχανών.

Η έννοια της κοινής γραμμής (common rail) υιοθετήθηκε επίσης επειδή έχει το πλεονέκτημα ότι οι λειτουργίες της άντλησης και ο έλεγχος της έγχυσης είναι ξεχωριστές. Αυτό επιτρέπει μια απλή προσέγγιση για τις μηχανικές και τις υδραυλικές πτυχές του σχεδιασμού, με μια σταθερή γενιά του εφοδιασμού με πετρέλαιο καυσίμων στην επιθυμητή πίεση έτοιμη για έγχυση. Η έννοια της κοινής γραμμής (common rail) επίσης, έχει το μοναδικό πλεονέκτημα που επιτρέπει τις βαλβίδες έγχυσης καυσίμου να είναι αυτόνομες. Συνήθως, υπάρχουν τρεις βαλβίδες έγχυσης καυσίμου σε κάθε καπάκι κυλίνδρου, και στις μηχανές Sulzer RT-flex λειτουργούν ως επί το πλείστον από κοινού, αλλά υπό ορισμένες συνθήκες λειτουργούν ξεχωριστά για την βέλτιστη απόδοση καύσης.

Κατά συνέπεια, η έννοια της κοινής γραμμής (common rail) παρέχει την ιδανική βάση για την εφαρμογή ενός πλήρως ολοκληρωμένου ηλεκτρονικού ελέγχου. Η συνδυασμένες ευελιξίες του Common Rail και του ηλεκτρονικού ελέγχου παρέχουν βελτιωμένη λειτουργία χαμηλής ταχύτητας, επιτάχυνσης του κινητήρα, ισορροπία μεταξύ κυλίνδρων, έλεγχο φορτίου, και μεγαλύτερους χρόνους μεταξύ των επισκευών. Επίσης, εξασφαλίζουν καλύτερη καύση σε όλες τις ταχύτητες λειτουργίας και σε όλα τα φορτία, δίνοντας οφέλη στη χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, στην μείωση των εκπομπών καυσαερίων από την άποψη τόσο άκαπνων λειτουργιών σε όλες τις ταχύτητες λειτουργίας και λιγότερες εκπομπές NOx, και επίσης καθαρότερους κινητήρες εσωτερικά με λιγότερες εναποθέσεις των υπολειμμάτων καύσης. Η διάγνωση του κινητήρα είναι ενσωματωμένη στο σύστημα, βελτίωση της παρακολούθησης, αξιοπιστία και διαθεσιμότητα του κινητήρα.

Όπως το common rail σύστημα έχει κατασκευαστεί ειδικά για αξιόπιστη λειτουργία σε πετρέλαιο, δεν υστερεί σε τίποτα από τους καθιερωμένους οικονομικά κινητήρες χαμηλής ταχύτητας αλλά μάλλον ανοίγει νέες δυνατότητες για ακόμη καλύτερη οικονομία, ευκολία στη λειτουργία, αξιοπιστία, χρόνους μεταξύ επισκευών και χαμηλώνει τις εκπομπές καυσαερίων.

Είναι περισσότερο από δέκα χρόνια από τότε που άρχισε η ανάπτυξη του συστήματος common rail Sulzer RT-flex και περισσότερα από 20 χρόνια από τις πρώτες δοκιμές που έγιναν με την ηλεκτρονικά ελεγχόμενη έγχυση καυσίμου στο Winterthur της Ελβετίας.

Τα πρόωρα χωρίς κνωδακοφόρο συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για κινητήρες Sulzer βασίζονται σε ένα αναπόσπαστο ηλεκτρονικό έλεγχο αλλά χρησιμοποιούνται ξεχωριστά οι αντλίες εγχύσεως καυσίμου, οι οποίες λειτουργούν υδραυλικά. Ωστόσο η αλλαγή στην έννοια της έγχυσης από τις μεμονωμένες αντλίες έγχυσης καυσίμου οι οποίες λειτουργούν υδραυλικά σε ένα σύστημα κοινής γραμμής (common rail) το 1993, έγινε επειδή το σύστημα με ξεχωριστές αντλίες δεν προσφέρει δυναμικό για περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη, παρά το γεγονός ότι έχουν αναπόσπαστο ηλεκτρονικό έλεγχο. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος διαπιστώθηκε ότι είναι ανεπαρκής από μόνος του και μια νέα έννοια της έγχυσης καυσίμου αναγνωρίστηκε ως απαραίτητη.

Το Common Rail θεωρήθηκε ως ο δρόμος προς το μέλλον, και εφαρμόζεται στις μηχανές Sulzer RT-flex. Οι Sulzer RT-flex μηχανές διαφέρουν κατά συνέπεια κυρίως από άλλες ηλεκτρονικά ελεγχόμενες χαμηλής ταχύτητας μηχανές diesel. Σήμερα οι μηχανές Sulzer RT-flex είναι μοναδικές και συνδυάζουν τα οφέλη του ηλεκτρονικού ελέγχου και του συστήματος common rail.

Οι μηχανές Sulzer RT-flex είναι ουσιαστικά τυπικές Sulzer RTA χαμηλής ταχύτητας δίχρονοι κινητήρες εκτός από το ότι, αντί για το συνηθισμένο εκκεντροφόρο, την κίνηση των γραναζιών, τις αντλίες έγχυσης καυσίμου, τον ενεργοποιητή της βαλβίδας εξαγωγής, τους σερβοκινητήρες αναπόδισης, και όλα τα εργαλεία τους που σχετίζονται με τον μηχανικό έλεγχο, είναι εξοπλισμένες με σύστημα έγχυσης καυσίμου common rail, σύστημα ώθησης της βαλβίδαξεξαγωγής, και πλήρη ηλεκτρονικό έλεγχο των λειτουργιών της μηχανής.

Υπάρχουν τέσσερα κύρια στοιχεία του συστήματος common rail Sulzer RT-flex: η μονάδα συλλέκτη κατά μήκος της πλευράς των κυλίνδρων, η μονάδα τροφοδοσίας από την πλευρά της μηχανής, μια μονάδα φίλτρου για το λάδι του σέρβο, και το ενσωματωμένο σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου, συμπεριλαμβανομένου και του αισθητήρα γωνίας της πλήρης περιστροφής στροφάλου.

Οι RT-flex μηχανές είναι εφοδιασμένες με σύστημα common rail για:

- θερμαινόμενο πετρέλαιο καύσιμο σε πιέσεις μέχρι 1000 bar,
- πετρέλαιο για σέρβο σε πίεση μέχρι του ορίου των 200 bar,
- έλεγχος του πετρελαίου σε σταθερή πίεση 200 bar,
- σύστημα αέρα εκκίνησης μηχανής.

6.2 Μεγέθη της μηχανής RT-Flex

Το λογισμικό στους RT-flex αναπτύσσεται σε τέσσερα κύρια μεγέθη για έξι τύπους μηχανής επί του παρόντος στο πρόγραμμα. Οι έξι τύποι μηχανών RT-flex καλύπτουν ένα φάσμα ισχύος 8100 μέχρι 80,080 kW (11.000 σε 108,920 ίππους). Αυτό δείχνει ένα από τα πλεονεκτήματα του συστήματος common rail, δεδομένου ότι το υλικό είναι τυποποιημένο για τις ομάδες των τύπων μηχανών, όχι μόνο για τους διάφορους αριθμούς κυλίνδρων.

6.3 Μονάδα Τροφοδοσίας

Καύσιμο και λάδι για σέρβο παρέχονται για το σύστημα common rail, από την μονάδα τροφοδοσίας που οδηγείται μέσω οδοντωτών τροχών από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής.

Σεμερικούς από τις πρώτους κινητήρες RT-flex, η μονάδα τροφοδοσίας βρίσκεται στην πλευρά της εξαγωγής καυσαερίων της μηχανής έτσι ώστε θα μπορούσε να χαμηλωθεί περισσότερο, χωρίς να παρεμβαίνει στις θύρες πρόσβασης του στροφαλοθαλάμου. Ωστόσο, για όλες τις επακόλουθες μηχανές, η θέση της μονάδας παροχής έκτοτε έχει τοποθετηθεί στο μπροστινό μέρος της μηχανής (στην ίδια πλευρά όπως η μονάδα Rail) και περίπου στα μέσα του ύψους. Αυτό κρατά το μέγεθος της μηχανής μικρό, έτσι ώστε οι μηχανές να μπορούν να βρίσκονται πολύ πίσω στα πλοία με στενό κατασκευαστικά τελείωμα του σκάφους (γάστρας).

Η μονάδα τροφοδοσίας είναι, φυσικά στη θέση του γραναζιού κίνησης: στο τέλος της μηχανής για πέντε μέχρι επτά-κύλινδρες μηχανές, ενώ και στα μέσα του γραναζιού κίνησης για μεγαλύτερους αριθμούς κυλίνδρων.

Η μονάδα τροφοδοσίας έχει ένα άκαμπτο περίβλημα από κονδυλώδη χυτοσίδηρο GGG-βαθμού. Οι αντλίες εφοδιασμού καυσίμων είναι τοποθετημένες στη μία πλευρά του γραναζιού κίνησης και οι αντλίες υδραυλικού σερβο-λαδιού είναι στην άλλη πλευρά. Η διεύθυνση αυτή της αντλίας επιτρέπει μια πολύ σύντομη, συμπαγή μπάλαστ με λογική πρόσβαση επισκευής. Οι αριθμοί, το μέγεθος και η διάταξη των αντλιών προσαρμόζονται στον τύπο της μηχανής και στον αριθμό των κυλίνδρων της μηχανής.

Για μεγέθη RT-flex I και IV, η μονάδα τροφοδοσίας είναι εξοπλισμένη με μεταξύ τεσσάρων και οκτώ αντλιών εφοδιασμού των καυσίμων διατεταγμένα σε Vee-μορφή. Το μέγεθος της 0 μονάδας τροφοδοσίας, ωστόσο, έχει μόνο δύο ή τρεις αντλίες εφοδιασμού σε γραμμή.

Δύο μεγέθη των αντλιών καυσίμων χρησιμοποιούνται για όλους τους κινητήρες RT-flex, με βάση των καλά αποδεδειγμένων αντλιών εγχύσεων που χρησιμοποιούνται σε τύπου Z Sulzer μέσης ταχύτητας τετράχρονες (four-stroke) μηχανές, αν και με ορισμένες προσαρμογές ανάλογα με τη λειτουργία τους ως αντλίες τροφοδοσίας και για να αυξήσει τους ογκομετρική τους αποδοτικότητα μέχρι έναν πολύ υψηλό βαθμό. Για μεγέθη 0 και I, τα στοιχεία της αντλίας καυσίμων βασίζονται σε στοιχεία αντλιών έγχυσης μηχανών Sulzer ZA40S, ενώ οι αντλίες μεγέθους IV βασίζονται σε στοιχεία αντλιών έγχυσης μηχανής τύπου Sulzer ZA50S.

Οι αντλίες τροφοδοσίας καυσίμων κινούνται μέσω ενός εκκεντροφόρου με τρεις-λοβούς. Αυτός ο εκκεντροφόρος δεν μπορεί να συγκριθεί με το παραδοσιακό εκκεντροφόρο της μηχανής. Είναι πολύ κοντός και πολύ μικρότερης διαμέτρου, και είναι αρκετά διαφορετικά φορτισμένος. Δεν υπάρχει

κανένα αιφνίδιο, τράνταγμα όπως στις αντλίες έγχυσης καυσίμων, αλλά μάλλον τα έμβολα της αντλίαςεκτελούν σταθερή παλινδρομική κίνηση. Με τουςτρεϊςλοβούς δοντιών και την αυξανόμενη ταχύτητα του γραναζιού κίνησης, κάθε αντλία παροχής καυσίμου δέχεται αρκετά χτυπήματα κατά τη διάρκεια κάθε περιστροφής των στροφάλων του άξονα. Το αποτέλεσμα είναι μία συμπαγής μονάδα τροφοδοσίας.

Απασχολούνται τα δύο σχέδια του εκκεντροφόρου. Για μέγεθος I κατασκευάζεται σε ένα κομμάτι. Για μέγεθος IV, ο εκκεντροφόρος έχει συναρμολογηθεί από ένανευθύ άξονα, στον οποίο το τρι-λοβό δοντιών είναι τοποθετημένο υδραυλικά. Αυτή η τελευταία μορφή της κατασκευής έχει χρησιμοποιηθεί για δεκαετίες στις μηχανές τύπου Z Sulzer. Είναι εξαιρετικά βολικό στην επισκευή και ελαχιστοποιεί το κόστος συντήρησης. Οι τριβείς (κουζινέτα) του εκκεντροφόρου έχουν έναστρώμα επικάλυψης αλουμινίου.

Ο όγκος της παράδοσης καυσίμου και η πίεση Rail ρυθμίζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μηχανής μέσω ελέγχου αναρρόφησης με ελεγχόμενη έλικα πλήρωσης κανονισμού όγκου των αντλιών παροχής καυσίμων. Ο έλεγχος αναρρόφησηςεπιλέχθηκε για την χαμηλής ισχύος κατανάλωση, όπως η βενζίνη που δεν είναι υπό πίεση.

Οι οδηγοί των αντλιών των κυλίνδρων περιέχουν τους τριβείςτύπου floating-bush για τους κυλίνδρους, όπως χρησιμοποιούνται για όλες τις μηχανές Sulzer τύπου RTA και Z. Λόγω των μετρίων επιταχύνσεων που παρέχει η μορφή τρί-λοβων έκκεντρων, τα συγκεκριμένα φορτία των ρουλεμάν και των πείρων στήριξης τους, καθώς και την σημειακή πίεση μεταξύ έκκεντρου και κυλίνδρου του ωστηρίου είναι λιγότερα από ότι για την αρχική αντλία σε ZA40S και ZA50S μηχανές.

Για κάθε επιμέρους αντλία καυσίμου της μονάδας παροχής, ο κύλινδρος μπορεί να ανασηκωθεί από το έκκεντρο, να αποκλειστεί με το χέρι και να τεθεί εκτός λειτουργίας σε περίπτωση δυσκολιών.

Οι αντλίες καυσίμων καταθλίβουν την πίεση καυσίμων σε ένα παρακείμενο συλλέκτη από όπου δύο ανεξάρτητοι, διπλού-τοιχώματος σωλήνες κατάθλιψησ οδηγούν προς τα πάνω στουςεγχυτήρες καυσίμων. Κάθε σωλήναςκατάθλιψης είναι διαστασιολογημένος για πλήρη ροή καυσίμων. Ο συλλέκτης είναι εξοπλισμένος με μια βαλβίδα εκτόνωσης ασφαλείας που έχει οριστεί στα 1250 bar.

Μια ισοδύναμη ρύθμιση του συλλέκτη και διπλοί ανεξάρτητοι, διπλού τοιχώματοςσωλήνες κατάθλιψηστοποθετούνται για την τροφοδοσίααλαδιού σέρβο.

6.4 Λάδι Servo

Το λάδι των σέρβο χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση και τον έλεγχο της βαλβίδας εξαγωγής. Παρέχεται από τύπου swashplate -με αξονικό έμβολο - υδραυλική αντλία όπου είναι τοποθετημένη στη μονάδα παροχής. Οι αντλίες είναι ενόσδιαίτερου σχεδιασμού και κινούνται με κατάλληλη ταχύτητα μέσα από ένα κλιμακωτόγρανάζι (step-up gear). Η πίεση της λειτουργίας είναι ελέγξιμη, για να επιτρέψει στην αντλία μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας. Η ονομαστική πίεση λειτουργίας πρέπει να είναι μέχρι 200 bar. Ο αριθμός και το μέγεθος των σέρβο αντλιών πετρελαίου στη μονάδα εφοδιασμού, εξαρτάται από την απόδοση της μηχανής ή τον αριθμό των κυλίνδρων της μηχανής. Υπάρχουν μεταξύ τριών και έξι αντλιών πετρελαίου σέρβο.

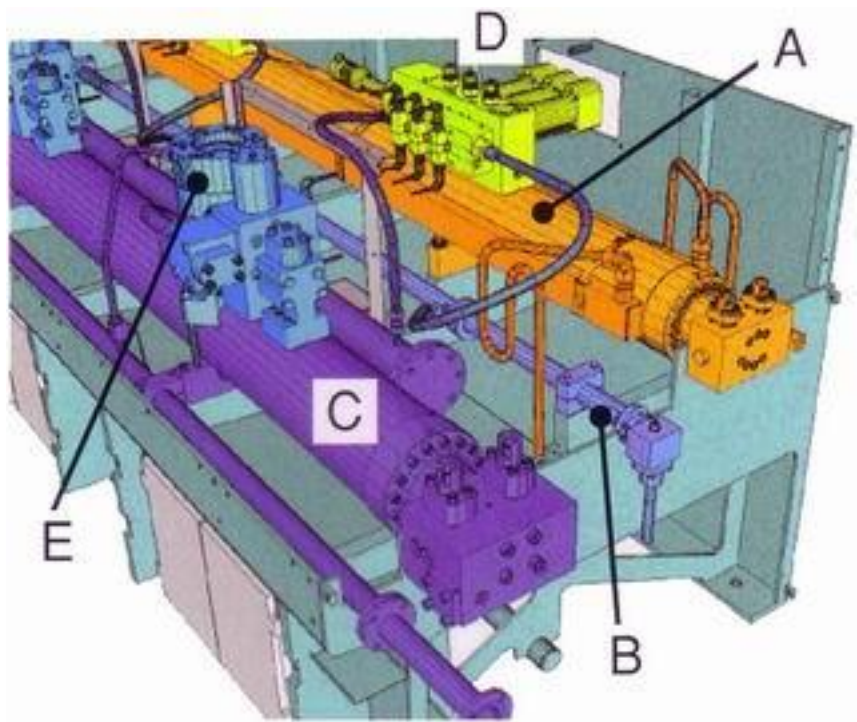
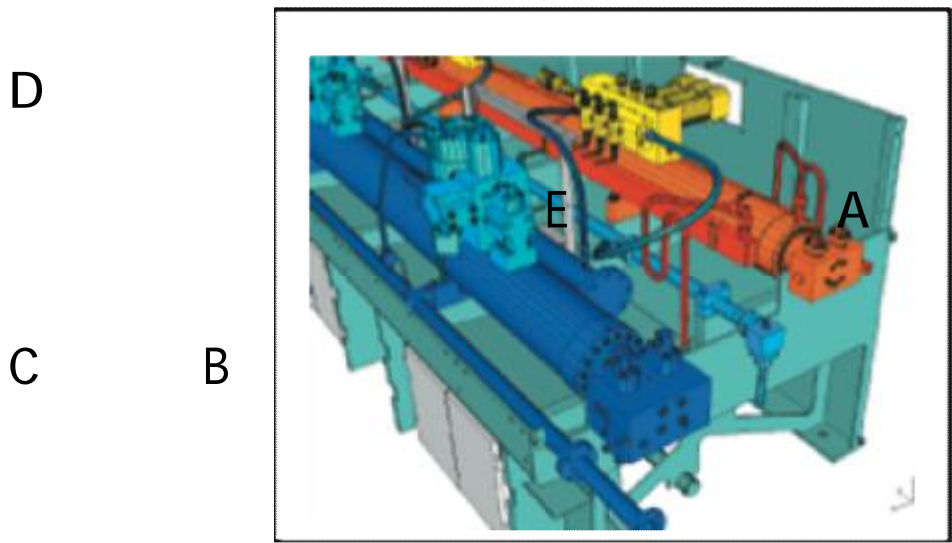
Το λάδι που χρησιμοποιείται στα συστήματα ελέγχου και σέρβο, είναι απλό λάδισυστήματοςλίπανσης μηχανών, και παρέχεται απλά από την κατάθλιψη του συστήματος λίπανσης της μηχανής.

Το λάδι οδηγείται μέσα από έναπολύ ψιλό (6-micron) αυτο-καθαριζόμενο φίλτρο για την ελαχιστοποίηση της φθοράς στις αντλίες σέρβο και να παρατείνει τη ζωή του εξαρτημάτων.Μετά το ψιλό φίλτρο, η ροή του πετρελαίου χωρίζεται έτσι ώστε ένας κλάδος να παρέχεται στις αντλίεςσέρβο ενώ ο άλλος στις αντλίες ελέγχου.

6.5 Λάδι Ελέγχου

Το λάδι ελέγχου, παρέχεται σε μια σταθερή πίεση 200 bar,σε όλεςτις στροφές λειτουργίας της μηχανής, από δύο ηλεκτροκίνητεςαντλίες ελαίου, μία ενεργή και μία άλλη σε κατάσταση αναμονής. Κάθε αντλία έχει τη δική της βαλβίδα ρύθμισηςπίεσης και μία ανακουφιστική βαλβίδα ασφαλείας.

Το σύστημα ελαίου ελέγχου,περιλαμβάνει μόνο μια μικρή ποσότητα του καλά φιλτραρισμένου ελαίου. Το λάδι ελέγχου χρησιμεύει ως κινητήριο μέσο για όλες τις βαλβίδεςγραμμής των μονάδων ελέγχου έγχυσης (ICU). Η πίεση λειτουργίας του ελαίου ελέγχου, διατηρείται σταθερή για να εξασφαλιστεί οακριβής χρονισμός στηνμονάδα ελέγχου έγχυσης (ICU). Χρησιμοποιείται επίσης στην προλίπανση ελαίου σέρβο γραμμής, κατά την περίοδο ακινησίας της μηχανής, επιτρέποντας έτσητηγρήγορη εκκίνηση της μηχανής.



Σχέδιο 1. Το παραπάνω τρισδιάστατο σχέδιο από το εσωτερικό μιας μονάδας γραμμής για RT-flex96C μηχανή, μας δείχνει την γραμμή καυσίμων (A), τη γραμμή ελαίου ελέγχου (B) και το λάδι της γραμμής σέρβο (Γ) με τις μονάδες ελέγχου για έγχυση (D) και την ώθηση της βαλβίδας εξαγωγής (E) πάνω από τις αντίστοιχες γραμμές. Άλλες πολλαπλές σωλήνες παρέχονται για την επιστροφή ελαίου, για επιστροφή διαρροής καυσίμων, και για το σύστημα τροφοδοσίας ελαίου για τις μονάδες βαλβίδων εξαγωγής.

Operation manual SulZER RT-flex

6.6 Μονάδα

Η μονάδα γραμμής (Rail) βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο της μηχανής, ακριβώς κάτω από το επίπεδο των καπακιών των κυλίνδρων της μηχανής. Επεκτείνεται σε όλο το μήκος της μηχανής. Είναι πλήρως κλειστό αλλά διαθέτει καλή πρόσβαση για τη συντήρηση και την επισκευή της, τόσο από πάνω όσο και από την μπροστινή πλευρά. Η μονάδα γραμμής (Rail), περιέχει τους σωλήνες γραμμής (Rail) και το συνδεδεμένο εξοπλισμό για τα καύσιμα, τα συστήματα του λαδιού σέρβο και του λαδιού ελέγχου. Το σύστημα εκκίνησης αέρα δεν περιλαμβάνεται στη μονάδα γραμμής (Rail).

Για μηχανές με έως και οκτώ (8) κυλίνδρους, η μονάδα Rail συναρμολογείται ως μία ενιαία μονάδα. Για μεγαλύτερο αριθμό κυλίνδρων, στην μέση των μηχανών υπάρχει μια συστοιχία κίνησης οδοντωτών τροχών (γρاناζιών) και η μονάδα Rail κατασκευάζεται σε δύο τμήματα ανάλογα με τη θέση της μονάδας οδοντωτών τροχών (γρاناζιών) μέσα στη μηχανή.

Η κοινή γραμμή καυσίμου, παρέχει χώρο αποθήκευσης για το καύσιμο, και έχει πρόβλεψη για την απόσβεση ωστικών κυμάτων. Δεν υπάρχει καμία ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας κάτω από την πίεση αερίου. Ο όγκος του συστήματος κοινής γραμμής (common rail) και η ποσότητα τροφοδότησης από τις αντλίες τροφοδότησης καυσίμων, είναι τέτοια ώστε η πίεση της γραμμής να είναι πολύ σταθερή, με μια ελάχιστη πτώση της πίεσης μετά από κάθε έγχυση.

Στις μηχανές RT-flex I, η σωλήνα υψηλής πίεσης της γραμμής καυσίμου, είναι αρθρωτή με τμήματα για τον κάθε κύλινδρο και αρμοσμένη με κάθε μονάδα ελέγχου έγχυσης για κάθε κύλινδρο.

Με το μέγεθος IV, η γραμμή καυσίμου υψηλής πίεσης, άλλαξε σε μία μονοκόμματη σωλήνα γραμμής, για να συντόμευση χρόνος συναρμολόγησης και να απλοποιηθεί η κατασκευή. Ένα μόνο μήκος της σωλήνας γραμμής, εγκαθίσταται σε κάθε τμήμα της μονάδας γραμμής. Οι μοναδικές φλάντζες στις σωλήνες υψηλής πίεσης των μηχανών μεγέθους IV, βρίσκονται στα πλαϊνά καπάκια.

Το σύστημα κοινής γραμμής έχει σχεδιαστεί με πολύ υψηλή περιθώρια ασφάλειας ως προς την κόπωση του υλικού. Ο σωλήνας γραμμής καυσίμου, για παράδειγμα, έχει ένα πολύ ειδικό εσωτερικό σχήμα ώστε να κρατάει το εύρος της κόπωσης στις διασταυρούμενες οπές εντυπωσιακά χαμηλά. Το γεγονός ότι, εξ ορισμού, η κοινή γραμμή έχει σχεδόν σταθερά επίπεδα πίεσης, αυξάνει

περαιτέρω την ασφάλεια ενάντια στο ράγισμα από κόπωση υψηλούφορτίου λειτουργίας, σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα έγχυσης καθώς και τα συστήματα ώθησης και ενεργοποίησης, με λειτουργία υπό υψηλή πίεση.

Το υψηλής πίεσης Rail, θερμαίνεται μέσω λεπτού δικτύου σωλήνος (tracing) από το σύστημα θέρμανσης του πλοίου, χρησιμοποιώντας είτε ατμό ή θερμαντικό λάδι. Η απλούστευση της γραμμής καυσίμων στο μέγεθος IV, χωρίς ενδιάμεσες φλάντζες, σε σχέση με το μέγεθος I, επιτρέπει το λεπτό δίκτυο σωληνώσεων θέρμανσης, επίσης να απλοποιηθεί. Το λεπτό δίκτυο θέρμανσης και οι μονώσεις του, είναι και τα δύο πιο αδύνατα, ώστε να διευκολύνουν την πρόσβαση για συντήρηση στο εσωτερικό της μονάδας Rail.

6.7 Μονάδα ελέγχου έγχυσης - Injection control unit (ICU)

Καύσιμο διοχετεύεται από την κοινή γραμμή στις βαλβίδες έγχυσης μέσω μιας ξεχωριστής μονάδας ελέγχου έγχυσης (ICU) για τον κάθε κύλινδρο της μηχανής. Η μονάδα ελέγχου έγχυσης (ICU), ρυθμίζει με ακρίβεια τη χρονική στιγμή της έγχυσης καυσίμου, ελέγχει επακριβώς τον όγκο του καυσίμου της έγχυσης, και ορίζει τη μορφή του προτύπου έγχυσης. Η μονάδα ελέγχου έγχυσης, έχει μια βαλβίδα ελέγχου έγχυσης και μία ηλεκτρο-υδραυλική βαλβίδα γραμμής Sulzer για κάθε βαλβίδα έγχυσης καυσίμου (καυστήρα). Οι βαλβίδες γραμμής λαμβάνουν σήματα ελέγχου για την αρχή και το τέλος της έγχυσης από την αντίστοιχη ηλεκτρονική μονάδα του συστήματος ελέγχου μηχανής (WECS - Wärtsilä Engine Control System).

Υπάρχουν τρεις βαλβίδες έγχυσης καυσίμου (καυστήρες) σε κάθε κύλινδρο της μηχανής εκτός από την RT-flex50 η οποία έχει δύο. Οι βαλβίδες έγχυσης καυσίμου είναι οι ίδιες με αυτές που ήδη υπάρχουν στις μηχανές RTA, και λειτουργούν υδραυλικά με το συνηθισμένο τρόπο με το πετρέλαιο υψηλής πίεσης. Κάθε βαλβίδα έγχυσης καυσίμου (καυστήρας) σε ένα καπάκι του κυλίνδρου, ελέγχεται ανεξάρτητα από τη μονάδα ελέγχου έγχυσης (ICU) για τον αντίστοιχο κύλινδρο, έτσι ώστε, αν και όλες οι βαλβίδες έγχυσης σε έναν επιμέρους κύλινδρο δρουν από κοινού, οι ίδιες μπορούν επίσης να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν καθεμιά ξεχωριστά ανάλογα με τις ανάγκες.

Για το μέγεθος I, η κάθε επιμέρους μονάδα ελέγχου έγχυσης (ICU) είναι τοποθετημένη μεταξύ των τμημάτων των σωλήνων γραμμής, αλλά για το μέγεθος IV οι επιμέρους μονάδες ελέγχου έγχυσης (ICU) τοποθετούνται απευθείας στη σωλήνα γραμμής. Η μονάδα ελέγχου έγχυσης (ICU) για μέγεθος

IV υιοθετήθηκε από αυτήν του μεγέθους I, με τις ίδιες αρχές λειτουργίας για ολοκληρωμένο ροή όγκου έγχυσης, αλλά και για να προσαρμόζεται ανάλογα με τον μεγαλύτερο όγκο ροής όπου απαιτείται.

Το σύστημα common-rail είναι σκόπιμα κατασκευασμένο για λειτουργία σε ίδιας ποιότητας βαρέως πετρελαίου, όπως ήδη χρησιμοποιείται για μηχανές Sulzer σειράς RTA. Για το λόγο αυτό, το σύστημα RT-flex ενσωματώνει ορισμένα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, που δεν συναντώνται σε άλλες μηχανές common rail, που χρησιμοποιούν μεσαία αποστάγματα πετρελαίου ντίζελ. Το βασικό σημείο είναι ότι, στη μονάδα ελέγχου έγχυσης, το θερμαινόμενο πετρέλαιο είναι απομονωμένο από τις βαλβίδες ακριβείας της γραμμής.

Οι βαλβίδες γραμμής της Sulzer είναι διπλής-σταθερότητας ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες με χρόνο ενεργοποίησης εξαιρετικά μικρό. Για να επιτύχει τη μεγαλύτερη δυνατή διάρκεια ζωής, οι βαλβίδες Rail δεν ενεργοποιούνται για περισσότερο από 4 ms. Αυτός ο χρόνος δειγματομετρείται, παρακολουθείται και περιορίζεται από την αντίστοιχη ηλεκτρονική μονάδα του συστήματος ελέγχου μηχανής (WECS - Wärtsilä Engine Control System). Οι βαλβίδες διπλής-σταθερότητας επιτρέπουν η θέση και η κατάσταση τους να ελέγχονται με αξιόπιστο τρόπο.

6.8 Έλεγχος βαλβίδας εξαγωγής - Exhaust valve control

Οι βαλβίδες εξαγωγής χειρίζονται από ένα υδραυλικό ωστήριο, και ανοίγουν από την πίεση υδραυλικού λαδιού ενώ κλείνουν από ένα ελατήριο αέρα, όπως και οι μηχανές Sulzer RTA που έχουν και μηχανικούς εκκεντροφόρους. Αλλά για τις μηχανές RT-flex, η ενέργεια ενεργοποίησης έρχεται τώρα από τις γραμμές ελαίου σέρβο. Υπάρχει ένας ενεργοποιητής βαλβίδων εξαγωγής (επίσης γνωστή ως η επιμέρους συσκευή) για κάθε κύλινδρο.

Στους ενεργοποιητές βαλβίδων εξαγωγής, το καλά φιλτραρισμένο λάδι σέρβο, δρα στην κάτω πλευρά του ελεύθερα κινούμενου εμβόλου του ενεργοποιητή, με το σύστημα του πετρελαίου να βρίσκεται πάνω από το έμβολο του ενεργοποιητή για την ώθηση της βαλβίδας. Το κλείστρο δίπλα στον υδραυλικό ελεγκτή, ενεργοποιείται με ακρίβεια από μια βαλβίδα γραμμής Sulzer και ελέγχει τη ροή του ελαίου σέρβο προς το έμβολο του ενεργοποιητή, έτσι ώστε η βαλβίδα εξαγωγής να ανοίγει και να κλείνει ακριβώς τη σωστή στιγμή με την κατάλληλη απόσβεση. Ο ενεργοποιητής των βαλβίδων εξαγωγής απασχολεί τις ίδιες βαλβίδες γραμμής Sulzer που χρησιμοποιούνται για τις μονάδες ελέγχου έγχυσης (ICU).

Η μονάδα ενεργοποίησης της βαλβίδας εξαγωγής, στην κορυφή της ατράκτου της βαλβίδας, είναι εξοπλισμένη με δύο αναλογικούς αισθητήρες θέσης, έτσι ώστε να παρέχει μία αναπληροφόρηση για την λειτουργία της βαλβίδας στην ηλεκτρονική μονάδα του συστήματος ελέγχου μηχανής (WECS - Wärtsilä Engine Control System).

Η ηλεκτρονικά ελεγχόμενη μονάδα ενεργοποίησης για κάθε κύλινδρο δίνει πλήρη ευελιξία για το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής. Την ίδια στιγμή, η μονάδα ενεργοποίησης παρέχει σαφή διαχωρισμό του καθαρού λαδιού σέρβο από το σύστημα ελαίου λίπανσης της μηχανής. Έτσι, τα υδραυλικά της βαλβίδας εξαγωγής μπορούν να συντηρούνται χωρίς να διαταραχθεί το κύκλωμα του καθαρού ελαίου σέρβο.

6.9 Πιέσεις λειτουργίας και ενέργεια του συστήματος

Η κανονική πίεση λειτουργίας για τη γραμμή καυσίμων κυμαίνεται γύρω στα 1000 bar. Αυτή ελαύνεται για καλύτερο συμβιβασμό μεταξύ της ειδικής κατανάλωσης καυσίμων (BSFC) και τις εκπομπές NOx σύμφωνα με το αντίστοιχο φορτίο της μηχανής και για να κρατήσει την παρασιτική ενεργειακή ζήτηση χαμηλή.

Διαπιστώθηκε πριν από χρόνια σε δοκιμές μηχανών στο Winterthur της Ελβετίας ότι, υπό συνθήκες σταθερού φορτίου, η επιρροή της πίεσης ψεκασμού καυσίμου στην συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμου στις αργόστροφες μηχανές μειώνεται με την αυξανόμενη πίεση έγχυσης. Έτσι, οι υψηλότερες πιέσεις έγχυσης καυσίμων - απ' ό, τι επί του παρόντος χρησιμοποιούνται σε μεγάλες αργόστροφες δίχρονες μηχανές - δεν έχουν κανένα πραγματικό όφελος. Αν μία αύξηση καταστεί αναγκαία στο μέλλον, για παράδειγμα σε συνδυασμό με άλλα μέτρα μείωσης των εκπομπών NOx, το RT-flex σύστημα είναι ιδανικό για να το αντιμετωπίσει.

Το επιπλέον, παρασιτικό σύστημα ενέργειας θα ήταν πολύ περιορισμένο, καθώς η αύξηση είναι σχετική με την αύξηση της πίεσης.

Η ενεργοποίηση της βαλβίδας εξαγωγής απαιτεί έναν υψηλό όγκο ροής ελαίου. Με ένα κατάλληλα τοποθετημένου διαμέτρου υδραυλικό έμβολο, στην άτρακτο της βαλβίδας εξαγωγής, θα μπορούσε να επιτευχθεί τόσο κατάλληλη κίνηση βαλβίδας όσο και χαμηλή παρασιτική ισχύς την ίδια στιγμή. Επιπλέον, το λάδι σέρβο με ονομαστική πίεση 200 bar είναι μεταβλητά

προσαρμοσμένο στην ελάχιστη απαίτηση του φορτίου της μηχανής, ώστε να διασφαλίσει σωστή λειτουργία και ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις.

6.10 Ηλεκτρονικός έλεγχος

Όλες οι λειτουργίες στο σύστημα Sulzer RT-flex είναι ελεγχόμενες και παρακολουθούνται μέσω του συστήματος ελέγχου μηχανής Wärtsilä (WECS). Αυτό είναι ένα αρθρωτό σύστημα ηλεκτρονικών με ξεχωριστούς μικροεπεξεργαστές ελέγχου μονάδων για κάθε κύλινδρο, και συνολικό έλεγχο και εποπτεία από διπλό μικροεπεξεργαστή μονάδων ελέγχου. Τα τελευταία θα παρέχουν το συνηθισμένο διαχωρισμό για το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου και τα συστήματα τηλεχειρισμού ελέγχου και προειδοποίησης συναγερμού. Οι μονάδες ελέγχου μικροεπεξεργαστή ή μονάδες ηλεκτρονικού ελέγχου, τοποθετούνται απευθείας στην μηχανή, είτε στο μπροστινό μέρος της μονάδας γραμμής ή δίπλα σε αυτή.

Ένα σημαντικό σήμα εισόδου για το WECS είναι η γωνία σφηνώσεως του στροφάλου της μηχανής. Αυτό μετράται με μεγάλη ακρίβεια από δύο αισθητήρες που οδηγούνται από ένα στελεχιαίο άξονα προσαρμοσμένο στο ελεύθερο άκρο του στροφαλοφόρου άξονα. Οι δύο αισθητήρες οδηγούνται από οδοντωτούς μάντες, έτσι ώστε οι αξονικές και οι ακτινικές κινήσεις του στροφαλοφόρου άξονα να μην μεταβιβάζονται στους αισθητήρες. Οι αισθητήρες είναι ικανοί να δώσουν τη ναπόλυτη θέση της πλήρους περιστροφής του στροφάλου αμέσως με την εφαρμογή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρχικά οι μηχανές RT-flex διέθεταν το σύστημα ελέγχου WECS-9500. Ωστόσο, αυτό αντικαταστάθηκε το 2005 από το σύστημα ελέγχου WECS-9520. Το νέο αυτό σύστημα, παρέχει απλούστερη επικοινωνία με το σύστημα αυτοματισμού του πλοίου και ευκολότερη καλωδίωση για τον κατασκευαστή. Μόνο μία ηλεκτρονική μονάδα χρησιμοποιείται σε όλο το νέο σύστημα, και υπάρχουν επίσης λιγότερα κουτιά εξοπλισμού που είναι επίσης απλού, τυπικού σχεδιασμού. Η λειτουργικότητα του WECS-9520 είναι η ίδια με αυτή του συστήματος WECS-9500.

Οι μηχανές Sulzer RTA και οι RT-flex, έχουν τυποποιημένους διαχωριστές για τον τηλεχειρισμό και τα συστήματα ασφαλείας. Το τηλεχειριστήριο και τα συστήματα ασφαλείας τοποθετούνται στο πλοίο από μια ποικιλία εγκεκριμένων παρασκευαστών και το DENIS (Diesel Engine Interface Specification) καθορίζει τις συνθήκες διαχωρισμού εντολών μεταξύ του εξοπλισμού που είναι τοποθετημένος στην μηχανή όσο και των συστημάτων τηλεκίνησης και ασφαλείας του πλοίου.

Με τις RT-flex μηχανές, το τηλεχειριστήριο στέλνει τις εντολές χειρισμού της μηχανής στο WECS. Το τηλεχειριστήριο επεξεργάζεται τα σήματα των εντολών στροφών από τον τηλεγράφο της μηχανής, σύμφωνα με ένα προδιαγεγραμμένο πρόγραμμα φορτίου της μηχανής και τους περιορισμούς καυσίμου, και παράγει ένα σήμα αναφοράς καυσίμων για το σύστημα WECS σύμφωνα με τις προδιαγραφές της συνδεσμολογίας των συστημάτων.

Η λειτουργία του συστήματος ασφάλειας στις μηχανές RT-flex είναι βασικά η ίδια όπως και στις συμβατικές μηχανές RTA, εκτός από το ότι αυτό έχει επιπλέον εισόδους για μείωση στροφών (slowdown) της WECS καθώς επίσης και για κλείσιμο στροφών (shutdown) της WECS, καθώς και για ορισμένες εξόδους στο σύστημα WECS.

6.11 Αξιοπιστία και ασφάλεια

Η αξιοπιστία και η ασφάλεια έχει την απόλυτη προτεραιότητα στο σύστημα RT-flex. Αν και δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αξιοπιστία μεμονωμένων στοιχείων του εξοπλισμού στο σύστημα RT-flex, η έννοια της κοινής γραμμής (common rail) επιτρέπει την αυξημένη αξιοπιστία και ασφάλεια μέσω του εγγενούς πλεονασμού.

Οι σωλήνες παροχής υψηλής πίεσης καυσίμου και ελαίου σέρβο, οι ηλεκτρικά ελεγχόμενες αντλίες πετρελαίου, και βασικά μέρη των ηλεκτρονικών συστημάτων, τοποθετούνται διπλά για κατάσταση ανάγκης (εφεδρεία). Οι διπλές υψηλής πίεσης σωλήνες κατάθλιψη έχουν βαλβίδες αποκοπής στα δύο άκρα για να απομονώνεται κάθε ελαττωματική σωλήνα. Κάθε τμήμα σωλήνα είναι επαρκής για τον πλήρη εφοδιασμό. Όλες οι σωλήνες υψηλής πίεσης είναι διπλού τοιχώματος για ασφάλεια.

Με μια πιο παραδοσιακή εγκατάσταση έγχυσης με μία αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου για κάθε κύλινδρο, ένα ελάττωμα της μίας αντλίας οδηγεί στην απώλεια αυτού του κυλίνδρου και η ανισοροπία στη ροπή της μηχανής απαιτεί δραστική διακοπή ισχύος. Αντίθετα, με το RT-flex σύστημα στο οποίο όλες οι αντλίες παροχής υψηλής πίεσης είναι ομαδοποιημένες μαζί, και παρέχουν από κοινού σε όλους τους κυλίνδρους, η τυχόν απώλεια οποιασδήποτε αντλίας έχει πολύ λιγότερη επίδραση. Πράγματι στις μεγαλύτερες RT-flex μηχανές έχοντας αρκετές αντλίες καυσίμου και αρκετές αντλίες σέρβο, μπορεί να υπάρχει επάρκεια εφεδρείας για τη μηχανή ώστε να λειτουργεί σε πλήρη ισχύ, με τουλάχιστον μία αντλία καυσίμου και μία αντλία λαδιού σέρβο εκτός

λειτουργίας Σε περίπτωση που περαιτέρω αντλίες τεθούν εκτός λειτουργίας, θα υπάρξει μόνο αναλογική μείωση στην ισχύ.

Κάθε προστόμιο έγχυσης παρακολουθείται ανεξάρτητα και ελέγχεται από το WECS. Σε περίπτωση ανωμαλίας, όπως μία σπασμένη υψηλής πίεσης γραμμή ή μια δυσλειτουργία εγχυτήρα, οεπηρεασμένοςεγχυτήρας, μπορεί να περιοριστεί ανεξάρτητα χωρίς να χαθεί ολόκληρος ο κύλινδρος.

Η μονάδα ελέγχου εγχύσεων (ICU) αποκλείει υδραυλικά την έγχυση μιας ανεξέλεγκτης ποσότητας καυσίμου. Κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου εργασίας του κυλίνδρου μέτρησης, δεν υπάρχει ποτέ μια άμεση υδραυλική σύνδεση μεταξύ των γραμμών καυσίμου και των εγχυτήρων. Η μέγιστη ποσότητα έγχυσης περιορίζεται στο περιεχόμενο του κυλίνδρου καταμέτρησης, καθώς το εμβόλου μέτρησης παρακολουθείται. Αν η διαδρομή του εμβόλου μέτρησης, μετρηθεί και βρεθεί εκτός ορίων, η επακόλουθη έγχυση της μονάδας ελέγχου εγχύσεων, θα είναι συμπιεσμένη και θα ενεργοποιηθεί μια μείωση (slow-down) των στροφών της μηχανής.

Το σύστημα ελέγχου έγχυσης (ICU) χρησιμεύει επίσης ως μια αντίσταση ροής: αν το έμβολο της μέτρησης φτάσει στο φυσικό του όριο, αυτό δεν μπορεί να επιστρέψει υδραυλικά και καμία περαιτέρω έγχυση δεν θα ήταν δυνατή έως ότου επανα-ρυθμιστεί.

Εάν ο αισθητήρας μέτρησης των εμβολισμών αποτύχει, το σύστημα WECS αλλάζει τη μονάδα ελέγχου έγχυσης (ICU) σε έναν έλεγχο καθαρού χρονισμού και ενεργοποιεί το σήμα με βάση το χρονισμό των γειτονικών κυλίνδρων.

Δύο αισθητήρες γωνίας στροφάλου, μετρούν την απόλυτη θέση της γωνίας στροφάλου, η οποία αξιολογείται μέσω WECS. Το WECS είναι σε θέση να αποφασίσει ποιον αισθητήρα να ακολουθήσουν σε περίπτωση ασυμφωνίας.

Ο κύριος ελεγκτής του συστήματος ελέγχου μηχανής Wärtsilä (WECS) και η ουσιαστική επικοινωνία όλων των διασυνδέσεων, είναι διπλές τόσο για ασφάλεια όσο και για εφεδρεία. Το σύστημα ελέγχου μηχανής (WECS), παρακολουθεί τη στιγμιαία θέση της κάθε βαλβίδας γραμμής, για τη σωστή λειτουργία του κάθε κύκλου πριν από την έναρξη του επόμενου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ7: ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΟΙΝΗΣΣΩΛΗΝΩΣΗΣ ΤΥΠΟΥ MAN – B&W ME-E

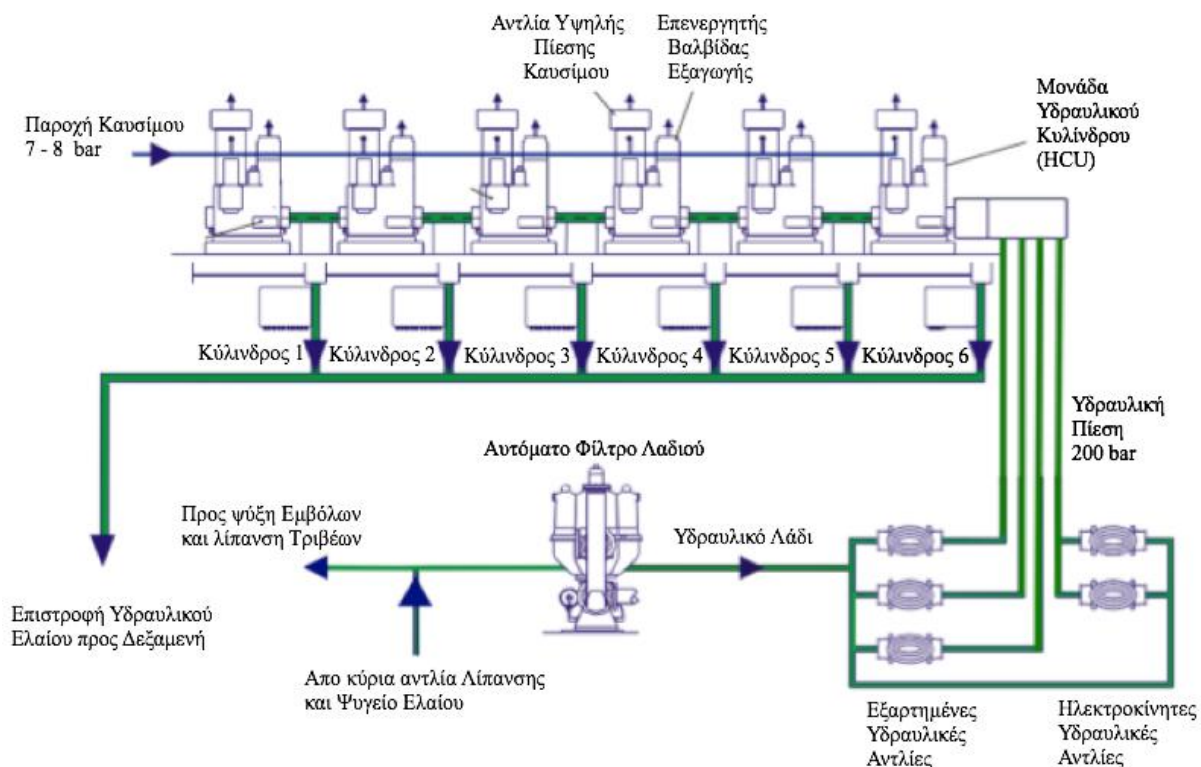
7.1 Παρουσίαση και περιγραφή λειτουργίας υποσυστημάτων ψεκασμού τύπου κοινής σωλήνωσης MAN – B&W.

Μηχανισμός ελέγχου

Η έννοια του ελέγχου στις μηχανές τύπου ME, αφορά κυρίως τη χρήση ενός μηχανικού συστήματος υδραυλικών, για να ενεργοποιήσει τις αντλίες εγχύσεως καυσίμου και τις βαλβίδες εξαγωγής, τα οποία ελέγχονται ηλεκτρονικά από ένα σύστημα ελέγχου του συστήματος μέσω ενός υπολογιστή. Επίσης το σύστημα του αέρα εκκίνησης, ελέγχεται ηλεκτρονικά από το σύστημα ελέγχου της μηχανής.

Το υδραυλικό σύστημα ενεργοποίησης της έγχυσης καυσίμου και της βαλβίδας εξαγωγής, απαιτεί την τροφοδοσία του συστήματος με υδραυλική ισχύ.

Το λιπαντικό λίπανσης της μηχανής, χρησιμοποιείται ως υδραυλικό μέσο. Το λάδι καθαρίζεται από μια μονάδα φιλτραρίσματος, στην κατάλληλη καθαρότητα για να χρησιμοποιηθεί σε ένα υδραυλικό σύστημα. Το λάδι τότε πιέζεται είτε από εξαρτημένες μηχανοκίνητες αντλίες όταν η μηχανή λειτουργεί, είτε από ηλεκτροκίνητες αντλίες όταν η μηχανή είναι σταματημένη. Σε ένα σύστημα «ασφάλειας και συσσώρευσης», το συμπιεσμένο λάδι συσσωρεύεται ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερή παροχή του στις «μονάδες υδραυλικών κυλίνδρων».



Εικόνα 27.Κύκλωμα Υδραυλικού ελαίου μηχανήςMAN-B&W τύπου ME-E
Introduction to ME Engine - MAN

7.2 Μονάδα φιλτραρίσματος

Το κύριο φίλτρο στο σύστημα υδραυλικής ισχύος, είναι πολλών στοιχείων, αυτο-καθαριζόμενου τύπου, με αυτόματο αντίστροφο ξέπλυμα των στοιχείων.

Το αυτόματο αντίστροφο ξέπλυμα των στοιχείων, γίνεται με πεπιεσμένο αέρα σε τακτικά χρονικά διαστήματα, αλλά επίσης ενεργοποιείται εάν η πτώση πίεσης μέσα από το φίλτρο υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή.

Ένα βοηθητικό φίλτρο τοποθετείται παράλληλα με το κύριο φίλτρο και χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια επισκευής του κύριου φίλτρου. Η αλλαγή στο βοηθητικό φίλτρο και πάλι πίσω γίνεται χειροκίνητα χωρίς να διακοπή η ροή του λαδιού προς τις αντλίες.

7.3 Ηλεκτροκίνητες αντλίες

Ο σκοπός των Ηλεκτροκίνητων αντλιών είναι να εξασφαλίσουν επαρκή υδραυλική πίεση στο σύστημα, σε καταστάσεις όπου η κύρια μηχανή δεν λειτουργεί και κατά συνέπεια δεν κινεί τις εξαρτημένες από αυτήν αντλίες.

Οι ηλεκτροκίνητες αντλίες λειτουργούν όταν δεν υπάρχει απαίτηση για μεγάλη παροχή υδραυλικού λαδιού. Ως εκ τούτου, χρειάζεται μόνο μια μικρή παροχή και οι αντλίες έτσι είναι σχετικά μικρές σε σύγκριση με τις εξαρτημένες αντλίες.

Οι ηλεκτροκίνητες αντλίες είναι τύπου σταθερής μετατόπισης. Είναι τοποθετημένες σε δύο μονάδες, που καθεμιά οδηγείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα. Κάθε μονάδα αποτελείται από μια αντλία υψηλής πίεσης για την παροχή του υδραυλικού λαδιού και μια χαμηλής πίεσης αντλία για την πλήρωση και συμπλήρωση των «υδραυλικών ωστηρίων» των βαλβίδων εξαγωγής.

7.4 Εξαρτημένες Υδραυλικές αντλίες

Οι μηχανικά κινούμενες -εξαρτημένες από την μηχανή- υδραυλικές αντλίες, είναι χωριστά συνδεδεμένες στο πίσω μέρος της μηχανής και κινούνται από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω δύο βαθμίδων γραναζιών μετάδοσης.

Τα γρανάζια είναι τύπου οδοντωτού τροχού. Οδηγούνται από τον στροφαλοφόρο άξονα και είναι μόνιμα συνδεδεμένα με τις μηχανικά κινούμενες αντλίες (εξαρτημένες αντλίες).

Τα γρανάζια μετάδοσης λιπαίνονται από το σύστημα λίπανσης της κύριας μηχανής.

Όλες οι μηχανικά κινούμενες -εξαρτημένες από την μηχανή- υδραυλικές αντλίες, είναι τύπου μεταβλητής μετατόπισης και είναι του ίδιου μεγέθους. Η μετατόπιση ελέγχεται ηλεκτρονικά από το σύστημα ελέγχου μηχανής –ECS- μέσω μιας βαλβίδας ελέγχου τοποθετημένης πάνω στις αντλίες. Η ροή καθορίζεται από την πραγματική μετατόπιση και την ταχύτητα περιστροφής.

Οι αντλίες έχουν σχεδιαστεί ώστε να έχουν δύο κατευθύνσεις περιστροφής και δύο κατευθύνσεις ροής. Αυτό είναι απαραίτητο, καθώς οι περισσότερες μηχανές είναι αναστρέψιμες. Κατά την αναστροφή της μηχανής, ο έλεγχος της μετατόπισης του συστήματος ελέγχου της μηχανής –ECS- πρέπει να αλλάξει την αντλία προς την αντίθετη κατεύθυνση ροής.

7.5 Ασφάλεια και συστοιχία Υδραυλικών συσσωρευτών

Οι προ-φορτισμένοι συσσωρευτές της «συσκευής ασφάλειας και συσώρευσης» περιέχουν υψηλής πίεσης λάδι, εξασφαλίζοντας μια σταθερή, χωρίς διακυμάνσεις, παροχή στους κυλίνδρους.

Η συσκευή περιλαμβάνει επίσης τρεις βαλβίδες εκτόνωσης, για την προστασία του συστήματος υψηλής πίεσης, από την υπερβολική πίεση.

7.6 Σωληνώσεις υψηλής πίεσης

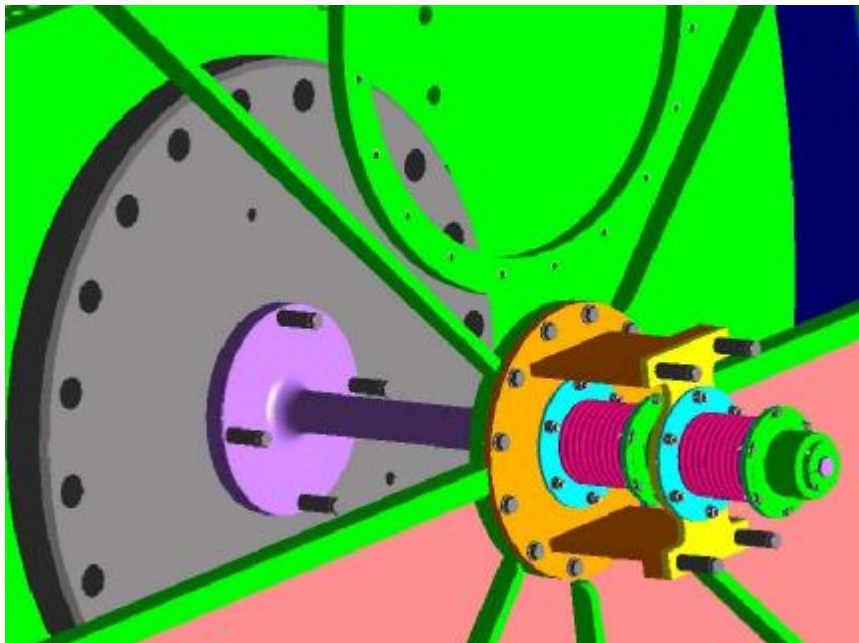
Οι υδραυλικές σωλήνες μεταξύ της μονάδας Εφοδιασμού Υδραυλικής Ισχύος (HPS) και τις μονάδες Υδραυλικών Κυλίνδρων (HCU), αποτελούνται από σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων. Σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων χρησιμοποιούνται επίσης για τις υψηλής πίεσης σωλήνες μεταξύ των επιμέρους μονάδων Υδραυλικών Κυλίνδρων (HCU). Οι εσωτερικές και εξωτερικές διατομές των διπλών σωληνώσεων, συνδέονται με ξεχωριστές γραμμές στο κουτί διανομής.

Η εξωτερική σωλήνα, συνδέεται με μια γραμμή διαρροής στην οποία είναι τοποθετημένοι, ένας περιοριστής ροής και μια βαλβίδα ελεγχόμενης πίεσης. Σε περίπτωση μιας μικρής διαρροής από τον εσωτερικό σωλήνα, ο μεταδότης ροής θα ενεργοποιήσει τον συναγερμό. Σε περίπτωση σοβαρής διαρροής, ο περιοριστής ροής, θα οδηγήσει την απώλεια πίεσης, να προκαλέσει μια αυξημένη πίεση στη γραμμή διαρροής και στον εξωτερικό σωλήνα. Αυτή η αύξηση της πίεσης, κλείνει μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης, και η πίεση του συστήματος τώρα διατηρείται στον εξωτερικό σωλήνα. Ο μεταδότης πίεσης ενεργοποιεί έναν συναγερμό που δείχνει ότι ο εξωτερικός σωλήνας είναι τώρα υπό πίεση.

Η σωλήνωση έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εξασφαλίσει την ασφάλεια του προσωπικού καθώς επίσης και να διασφαλίσει ότι μια απλή βλάβη, π.χ. μια διαρροή από τον εσωτερικό σωλήνα, δεν θα επηρεάσει την λειτουργία της μηχανής.

7.7 Αισθητήρες θέσης στροφαλοφόρου

Οι αισθητήρες θέσης του στροφαλοφόρου άξονα, με τον ειδικό οπτικό αισθητήρα και τα δαχτυλίδια ένδειξης που αντιλαμβάνονται, είναι τα μηχανικά μέρη του συστήματος ταχομέτρησης (tacho). Το σύστημα ταχομέτρησης (tacho), χρησιμοποιείται για την μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας και το συγχρονισμό των φάσεων του ελέγχου σε σχέση με τη θέση του στροφάλου. Ο οπτικός αισθητήρας και τα δαχτυλίδια ένδειξης είναι τοποθετημένα στο βολάν της μηχανής.

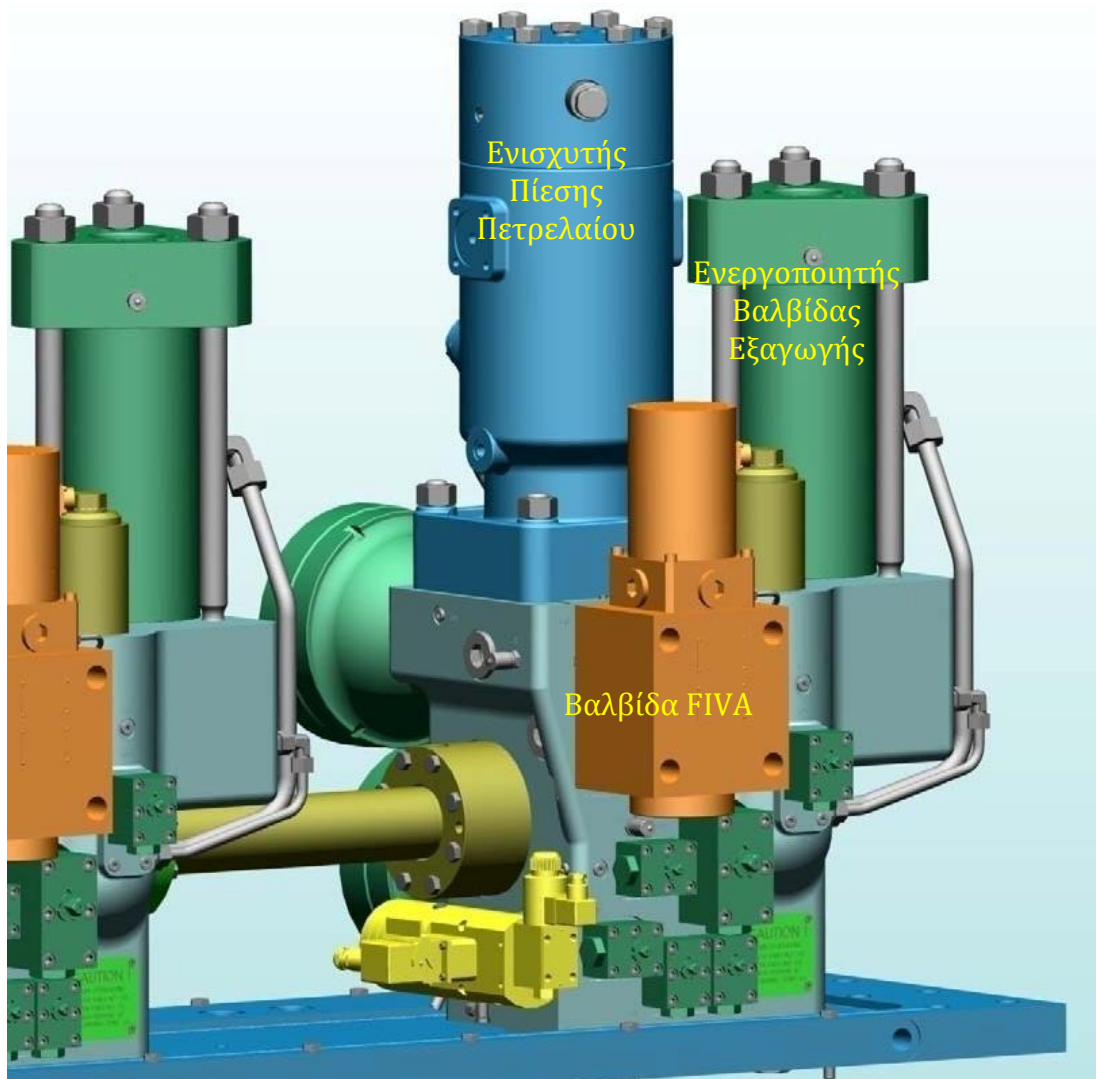


Εικόνα 28. Αισθητήρας θέσης στροφαλοφόρου μηχανής τύπου ME-E.
Introduction to ME Engine - MAN

7.8 Μονάδα υδραυλικού κυλίνδρου και ενισχυτής πίεσης ελαίου

Υδραυλική μονάδα κυλίνδρου και αντλία καυσίμου

Κάθε κύλινδρος της μηχανής είναι εξοπλισμένος με τη δική του αντλία καυσίμου, η οποία τοποθετείται αντίστοιχα στην υδραυλική μονάδα κυλίνδρου στον εν λόγω κύλινδρο. Το περίβλημα της αντλίας είναι συνδεδεμένο με μποζόνια και παξιμάδια. Η Υδραυλική μονάδα κυλίνδρου (μία ανά κύλινδρο) αποτελείται από ένα κουτί διανομής, το σύστημα ηλεκτρονικά ελεγχόμενου ψεκασμού καυσίμου και την ηλεκτρονικά ελεγχόμενη ώθηση της βαλβίδας εξαγωγής.



Εικόνα 29. Υδραυλική μονάδα κυλίνδρου και αντλία καυσίμου

Το κουτί διανομής, εξυπηρετεί ως μηχανική υποστήριξη για την υδραυλικά ενεργοποιούμενη αντλία καυσίμου και τον ενεργοποιητή της βαλβίδας εξαγωγής, καθένα με την ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα ελέγχου τους, το ELFI και ELVA, αντίστοιχα.

Η λειτουργία του μπλοκ διανομέα είναι, όπως υποδηλώνει το όνομά του, να διανείμει το υδραυλικό λάδι στις βαλβίδες έλεγχου ELFI (για τον ψεκασμό του καυσίμου) και ELVA (για την ενεργοποίηση της βαλβίδας εξαγωγής) που είναι τοποθετημένα στο σώμα του διανομέα. Τοποθετημένοι στο σώμα του διανομέα, βρίσκονται υδραυλικοί συσσωρευτές, που είναι φορτισμένοι με άζωτο. Η λειτουργία τους είναι να διασφαλίσουν ότι η αναγκαία μέγιστη ροή υδραυλικού ελαίου είναι διαθέσιμη για τον ψεκασμό του καυσίμου και την λειτουργία/ενεργοποίηση της βαλβίδας εξαγωγής.

Κοντά στις βαλβίδες ELFI και ELVA, βρίσκονται δύο χειροκίνητες βαλβίδες. Η μία βαλβίδα συνδέει την πλευρά εισαγωγής υψηλής πίεσης, ενώ η άλλη συνδέει τον συσσωρευτή με την ελαιολεκάνη της μηχανής (γραμμή διαρροής/εκκένωσης).

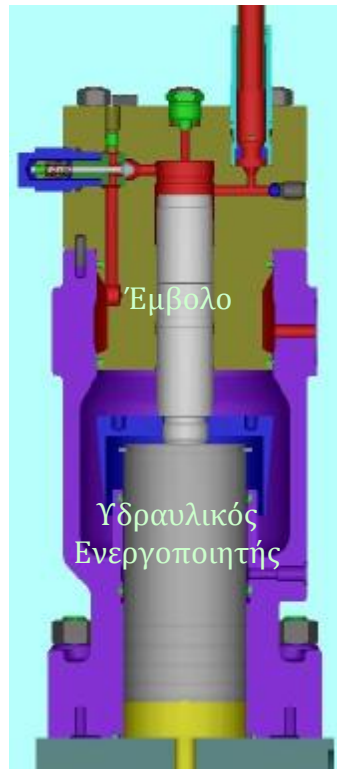
Αυτές οι χειροκίνητες βαλβίδες που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των επιμέρους μονάδων υδραυλικών κυλίνδρων, κατά τη διάρκεια της επισκευής τους, η οποία είναι επίσης δυνατή με την μηχανή εν λειτουργία. Μια χειροκίνητη βαλβίδα συνδέει το ωστήριο του πετρελαίου με την παροχή. Αυτή η βαλβίδα πρέπει να κλείνει κατά τη διάρκεια της επισκευής, της βαλβίδας εξαγωγής.

7.9 Ηλεκτρονικά ελεγχόμενη έγχυση πετρελαίου

Το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα έγχυσης καυσίμου αποτελείται από υδραυλικά ενεργοποιούμενο ενισχυτή της πίεσης του πετρελαίου, τη βαλβίδα ελέγχου του, δηλαδή την βαλβίδα FIVA, και τις βαλβίδες έγχυσης καυσίμου.

Η βαλβίδα FIVA (που ελέγχεται από το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου - ECS) εξασφαλίζει γρήγορο και ακριβή έλεγχο της ροής πετρελαίου προς τον ενισχυτή πίεσης πετρελαίου. Η ροή του πετρελαίου ωθεί το υδραυλικό έμβολο και το έμβολο εγχύσεως καυσίμου, δημιουργώντας έτσι την πίεση έγχυσης καυσίμου και συνεπώς την έγχυση.

Μετά την ολοκλήρωση της έγχυσης, το έμβολο έγχυσης και το υδραυλικό έμβολο επιστρέφουν στις αρχικές θέσεις τους, ενώ το υδραυλικό έμβολο συνδέεται με μία γραμμή εκκένωσης και αφήνει την πίεση της παροχής καυσίμου να οδηγήσει το έμβολο έγχυσης πίσω στην αρχική του θέση. Ο ενισχυτής της πίεσης του πετρελαίου στη συνέχεια γεμίζει και είναι έτοιμος για την επόμενη σειρά εγχύσεως.



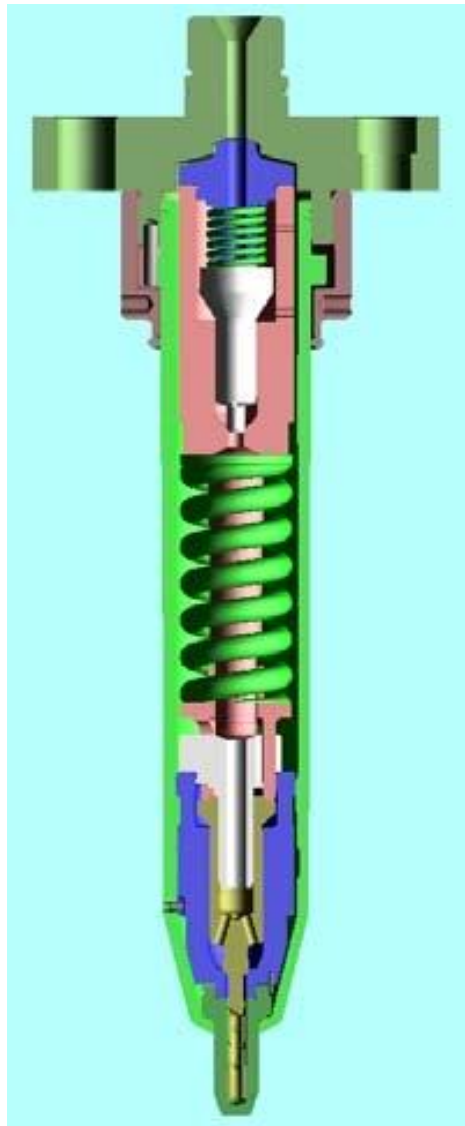
Εικόνα 30.

Ενισχυτής Πίεσης (Αντλία Υψηλής πίεσης) πετρελαίου μηχανής τύπου ME-E
Introduction to ME Engine - MAN

Το σύστημα καυσίμου επιτρέπει τη συνεχή κυκλοφορία του θερμαινόμενου βαρέως πετρελαίου μέσω του ενισχυτή πίεσης και των καυστήρων, για να κρατήσει το σύστημα θερμό κατά τη διάρκεια της ακινησίας της μηχανής.

7.10 Μονάδα εγχυτήρα

Ο εγχυτήρας αποτελείται από το προστόμιο και από το σώμα του εγχυτήρα. Τοποθετημένα μέσα στο σώμα του εγχυτήρα είναι μια ανεπίστροφη βαλβίδα και μια άτρακτος και ένας οδηγός με ένα ελατήριο πίεσης και ένα ακροφύσιο. Η άτρακτος μπορεί να εφοδιάζεται με μία αξονική βαλβίδα αποκοπής. Όταν η βαλβίδα καυσίμου είναι τοποθετημένη στο καπάκι του κυλίνδρου, τα τμήματα της βαλβίδας σφίγγονται μεταξύ τους από την πίεση των περικοχλίων (παξιμαδιών) σύσφιξης.



Εικόνα 31. Εγχυτήρας πετρελαίου μηχανής MAN-B&W τύπου ME-E

Introduction to ME Engine - MAN

Η λειτουργία του εγχυτήρα (βαλβίδας καυσίμου) είναι ως εξής:

Η ηλεκτρική αντλία πλήρωσης καυσίμου, κυκλοφορεί προθερμασμένο πετρέλαιο μέσα από το σύστημα πίεσης πετρελαίου και τον εγχυτήρα καυσίμου. Το πετρέλαιο περνά μέσα από τον εγχυτήρα καυσίμου, ενώ φεύγει μέσω μιας οπής κυκλοφορίας και της σωλήνας επιστροφής πετρελαίου στην πάνω πλευρά του καυστήρα.

Όταν η πίεση κατά την έναρξη της διαδρομής παροχής του πετρελαίου έχει φτάσει την προκαθορισμένη πίεση, οι οπές επανακυκλοφορίας είναι κλειστές. Όταν η πίεση έχει φθάσει την προκαθορισμένη τιμή για το άνοιγμα της βαλβίδας καυσίμου, η άτρακτος θα ανασηκωθεί και καύσιμο εγχύεται μέσω του ακροφυσίου εντός του κυλίνδρου της μηχανής.

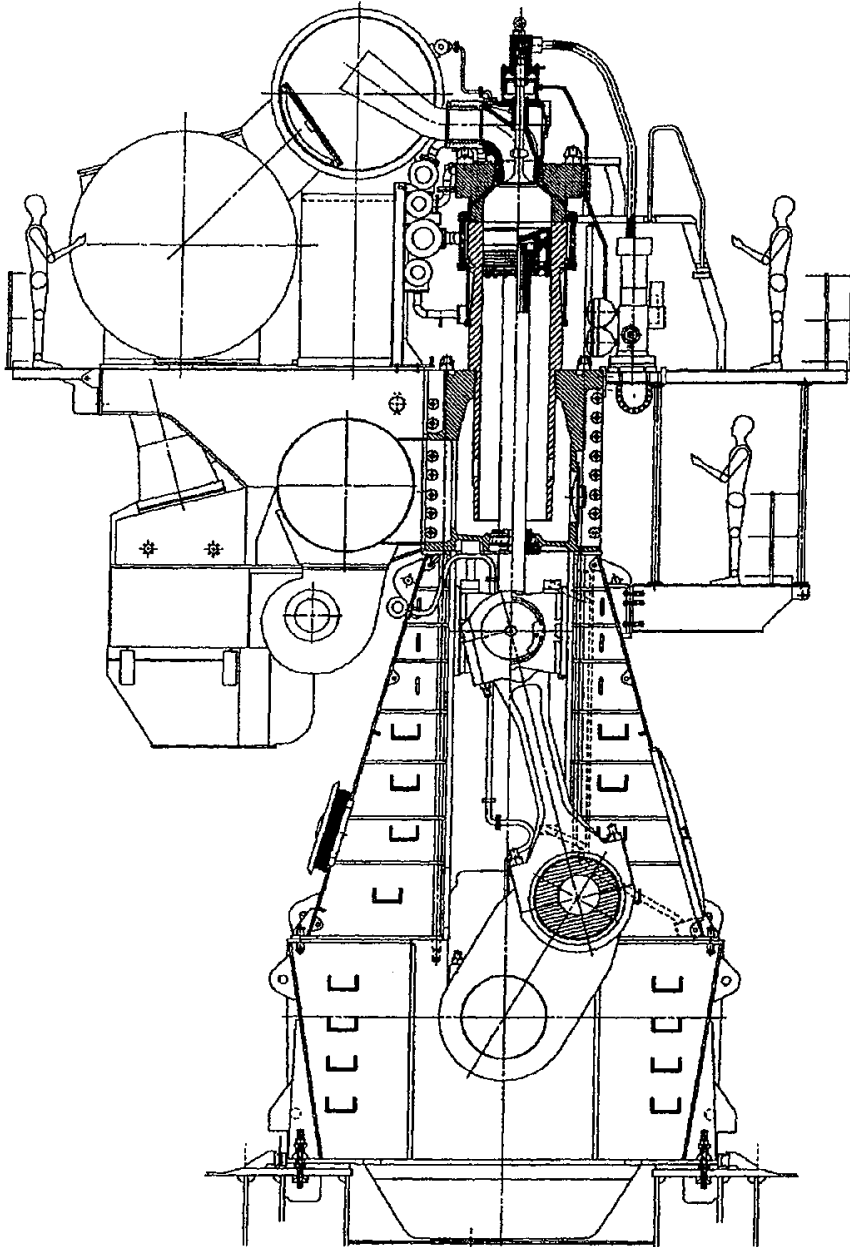
Με την ολοκλήρωση του χρόνου κατάθλιψης της πίεσης καυσίμου, η άτρακτος της βαλβίδας πιέζεται επάνω στην έδρα της και η έγχυση του καυσίμου τώρα σταματάει. Τότε η οπή επανακυκλοφορίας είναι ακάλυπτη και πετρέλαιο αρχίζει να επανακυκλοφορεί μέσω του εγχυτήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ.

Λόγω της μεγάλης υπερίσχυσης των μηχανών MAN, έναντι των μηχανών άλλων κατασκευαστών, παραθέτω τους συνήθεις πίνακες ανταλλακτικών τα οποία χρησιμοποιούνται στο σύστημα έγχυσης στις μηχανές MAN.

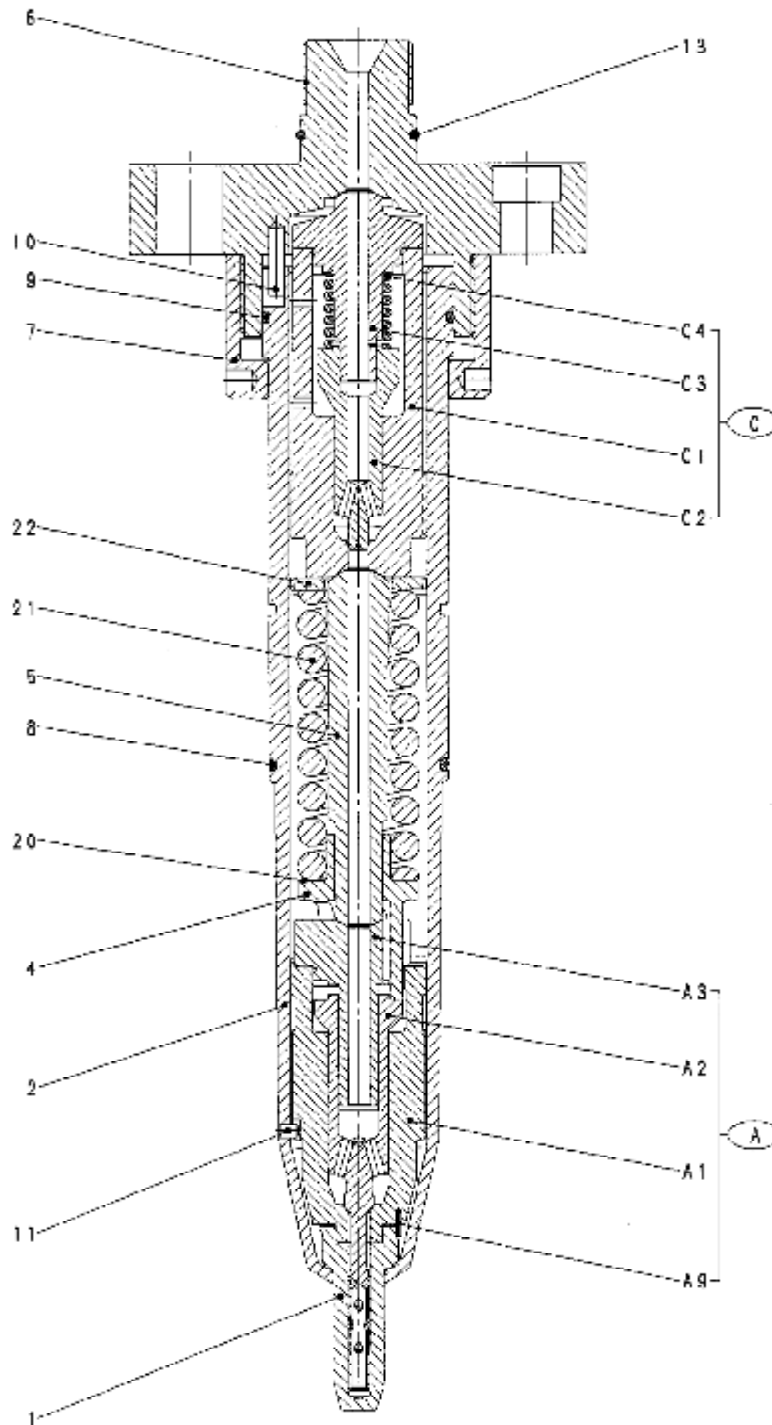
8.1 Ανταλλακτικά Συμβατικών Μηχανών MAN-B&W τύπου MC

Εγκάρσια τομή της μηχανής ME-C



Εικόνα 32. Εγκάρσια τομή της μηχανής ME-C
INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1. CODE BOOK.

Εγγυτήρας (FUEL VALVE)

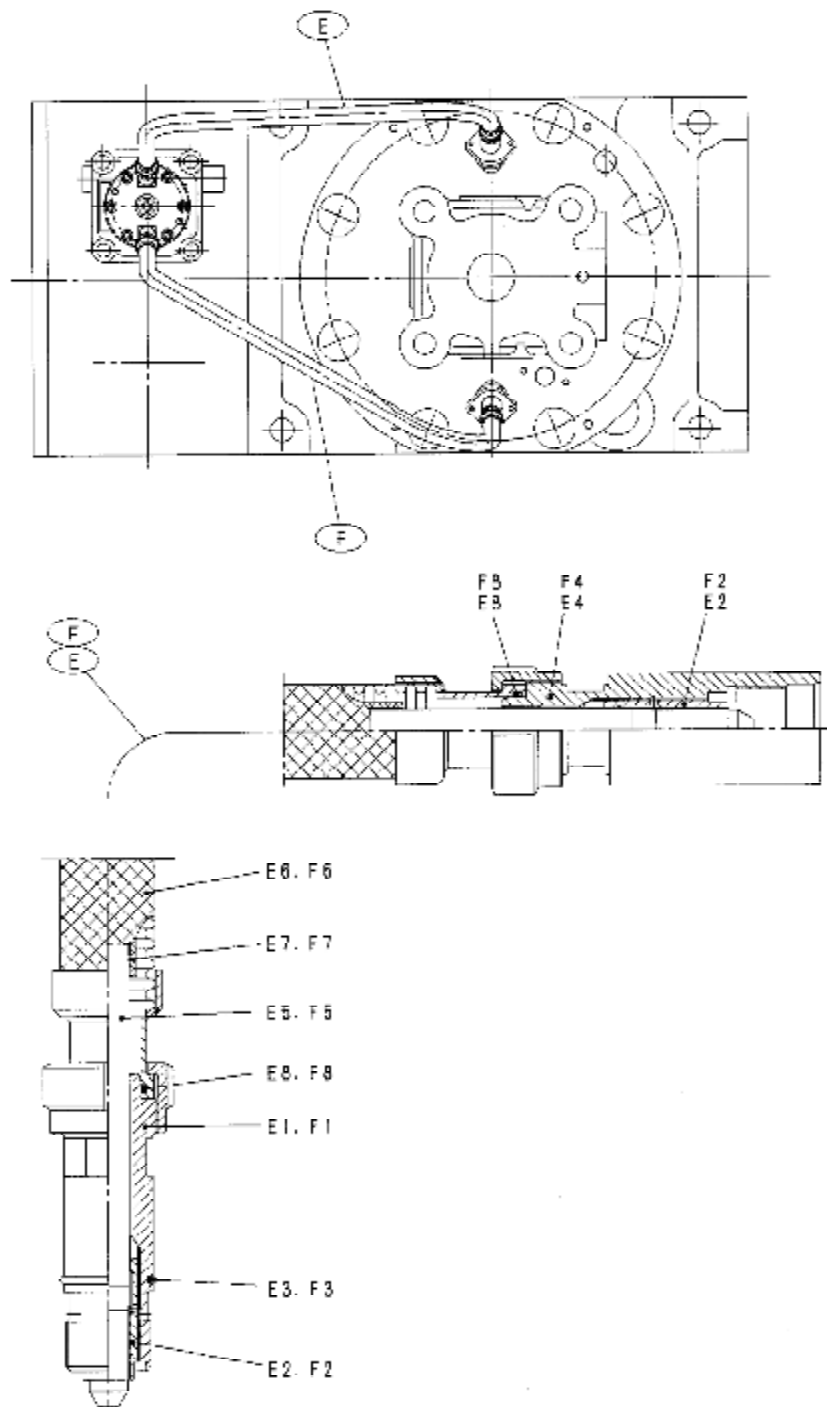


Εικόνα 33. Εγγυτήρας (FUEL VALVE)

INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

FUEL VALVE	
REG NO.	PART NAME
A	SPINDLE GUIDE COMPL.
A 1	SPINDLE GUIDE
A 2	SPINDLE
A 3	THRUST PIECE
A 9	SPRING PIN
C	NON-RETURN VALVE ASS.
C 1	HOUSING
C 2	SLIDE VALVE
C 3	THRUST PIECE
C 4	SPRING
1	ATOMIZER
2	HOLDER
4	FOOT PIECE
5	THRUST SPINDLE
6	VALVE HEAD
7	COUPLING NUT
8	O-RING
9	O-RING
10	PIN
11	PIN
13	O-RING
20	WASHER
21	SPRING
22	WASHER

Σωλήνες υψηλής πίεσης.

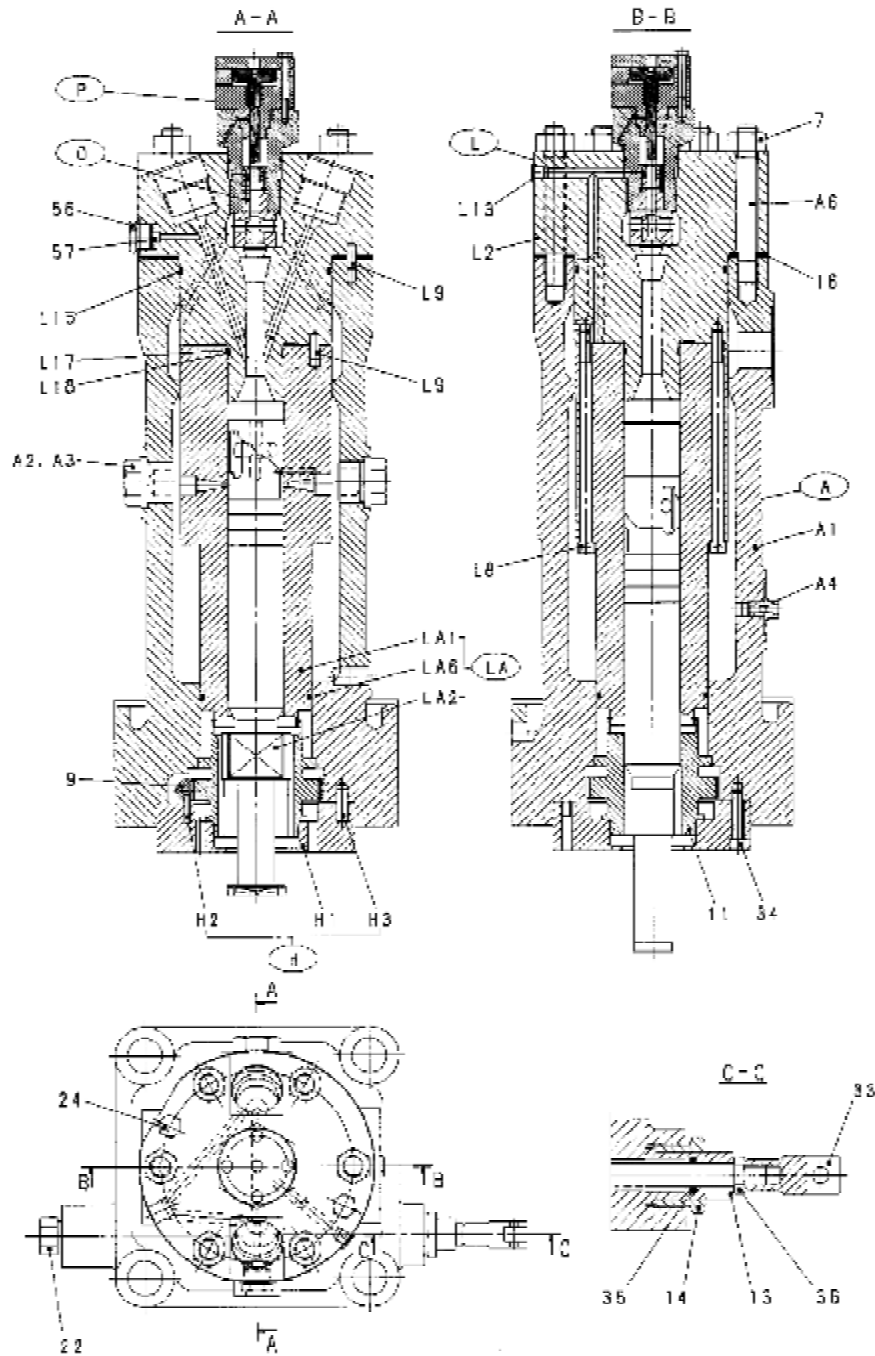


Εικόνα 34. Σωλήνες υψηλής πίεσης.

INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

F.O. HIGH PRESSURE PIPE	
REG NO.	PART NAME
E	HIGH PRESSURE PIPE COMPL.
E 1	SCREW CAP
E 2	THRUST PIECE
E 3	O-RING
E 4	SCREW CAP
E 5	HIGH PRESSURE PIPE
E 6	PROTECTING PIPE
E 7	RUBBER HOSE
E 8	O-RING
F	HIGH PRESSURE PIPE COMPL.
F 1	SCREW CAP
F 2	THRUST PIECE
F 3	O-RING
F 4	SCREW CAP
F 5	HIGH PRESSURE PIPE
F 6	PROTECTING PIPE
F 7	RUBBER HOSE
F 8	O-RING

Αντλία καυσίμου.



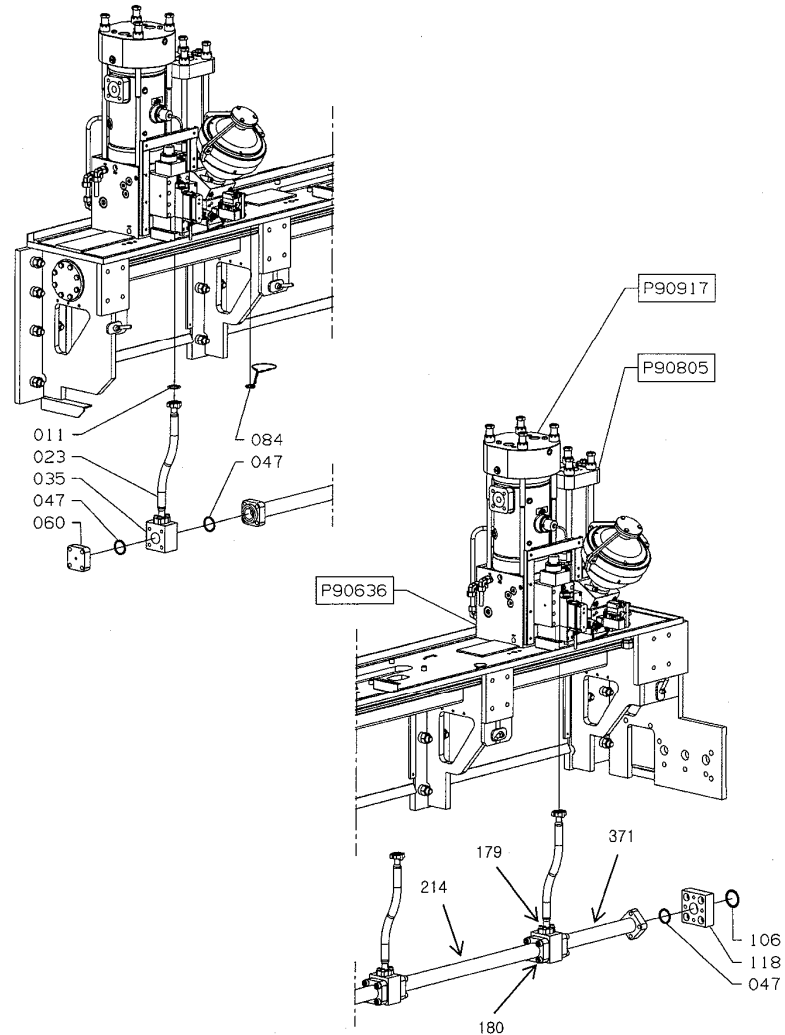
Εικόνα 35. Αντλία καυσίμου.

INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1. CODE BOOK.

FUEL PUMP	
REG NO.	PART NAME
A	PUMP HOUSING COMPL.
A 1	PUMP HOUSING
A 2	PLUG SCREW
A 3	GASKET
A 4	ORIFICE
A 6	STUD
H	GUIDE BUSH ASS.
H 1	GUIDE BUSH
H 2	PIN
H 3	PIN
L	CYLINDER & TOP COVER ASS.
LA	FUEL PUMP CYLINDER ASS.
LA 1	CYLINDER
LA 2	PLUNGER
LA 6	O-RING
L 2	TOP COVER
L 8	SCREW
L 9	PIN
L 13	PLUG SCREW
L 15	O-RING
L 17	O-RING
L 16	BACK-UP RING
O	SUCTION VALVE ASS.
O 1	CASING
O 2	SPINDLE
O 3	SPRING
O 4	CONE PIECE
O 5	CON CAL RING
P	PUNCTURE VALVE ASS.
P 1	CASING
P 3	PISTON
P 4	SEAL RING
P 5	SEAL RING
P 6	SPRING
P 7	CASING
P 8	PLUG
P 10	SCREW
P 11	O-RING
P 12	GASKET
P 13	O-RING
7	NUT
9	RACK
11	PLUNGER GUIDE
13	POINTER
14	UNION
16	SHIM
22	PLUG SCREW
24	SCREW
33	RACK HEAD
34	SCREW
35	FELT RING
36	NUT
56	PLUG SCREW
57	DISTANCE PIECE

8.2 Ανταλλακτικά Μηχανών MAN-B&W τύπου ME (Common Rail)

Υδραυλική μονάδα κυλίνδρου.

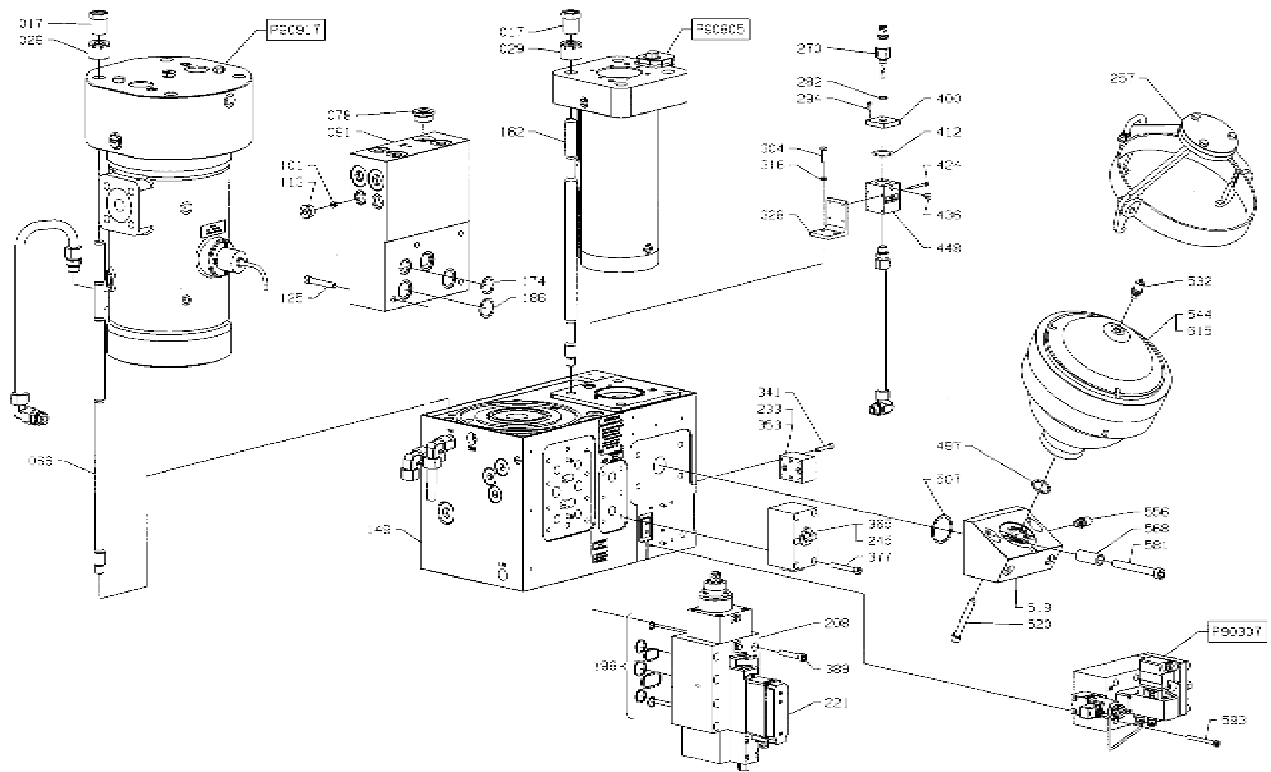


Εικόνα 36. Υδραυλική μονάδα κυλίνδρου.

INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

Item No.	Item Description
011	O-ring
023	Hose with 2 couplings
035	Flange
047	Gasket
060	Flange
084	Filter screen
106	Gasket
118	Flange
179	Socket head bolt
180	Socket head bolt
214	High pressure pipe
371	High pressure pipe

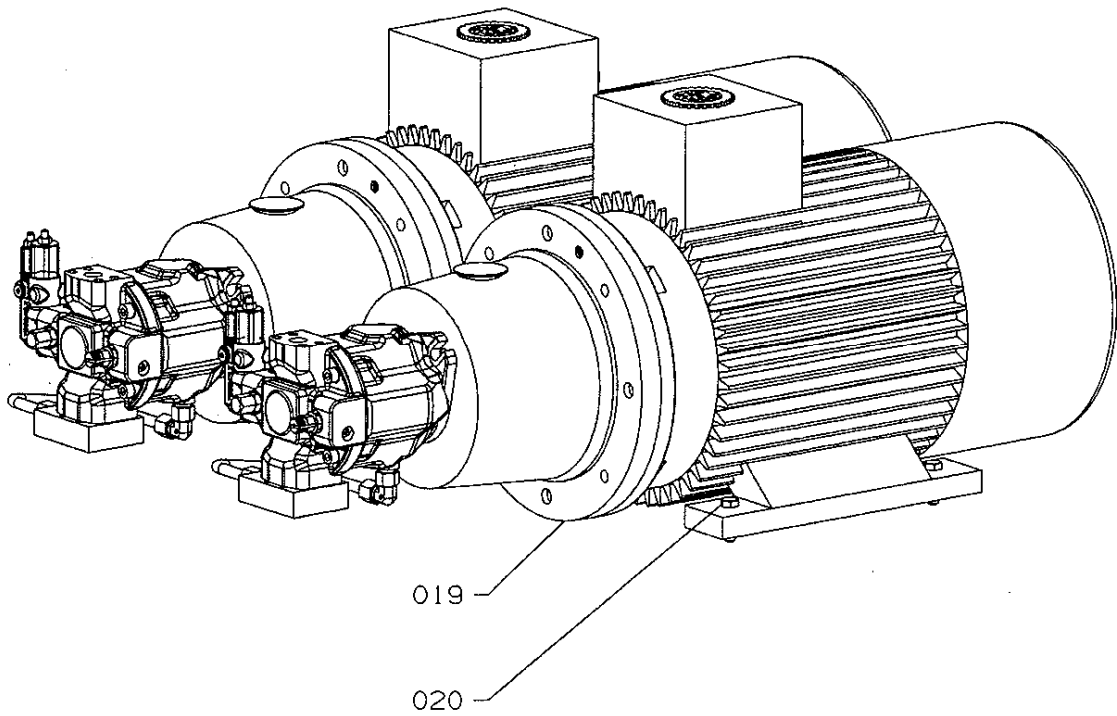
Λεπτομέρειες υδραυλικής μονάδας κυλίνδρου.



Εικόνα 37. Λεπτομέρειες υδραυλικής μονάδας κυλίνδρου.
INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

Item No.	Item Description
017	Nut, special
029	Nut
066	Stud
078	Plug screw
091	Return oil standpipe
101	Plug screw
113	Plug screw
125	Screw
149	Distributor block
162	Stud
174	Sealing ring
186	Sealing ring
198	Repair kit
208	Multi-way valve, complete*
221	Control valve*
233	O-ring
245	O-ring
270	Level switch
282	Packing ring
294	Screw
304	Screw
316	Washer
328	Sectional iron
341	Screw
353	Ball valve
365	Ball valve
377	Screw
389	Screw
400	Plate
412	Sealing ring
424	Screw
436	Plug screw
448	Plate
497	Sealing ring
507	Sealing ring
519	Flange
520	Screw
532	Quick coupling, minimess
544	Membrane accumulator
556	Quick coupling, minimess
568	Distance pipe
581	Screw
593	Screw
615	Repair kit
	<p>Note:</p> <p>* When ordering spare parts for this item, please state manufacturer's part no.</p>

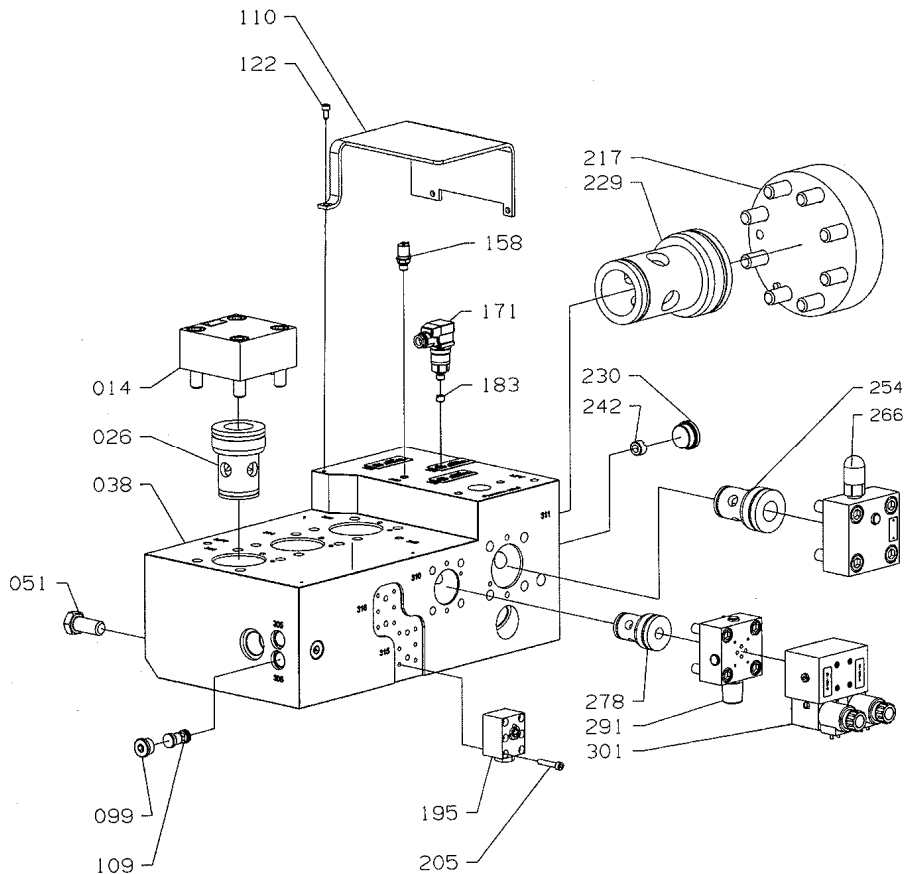
Τμήματα αντλιών υδραυλικής παροχής ισχύος.



Εικόνα 38. Τμήματα αντλιών υδραυλικής παροχής ισχύος.
INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

Item No.	Item Description
019	Hydraulic pump station
020	Screw

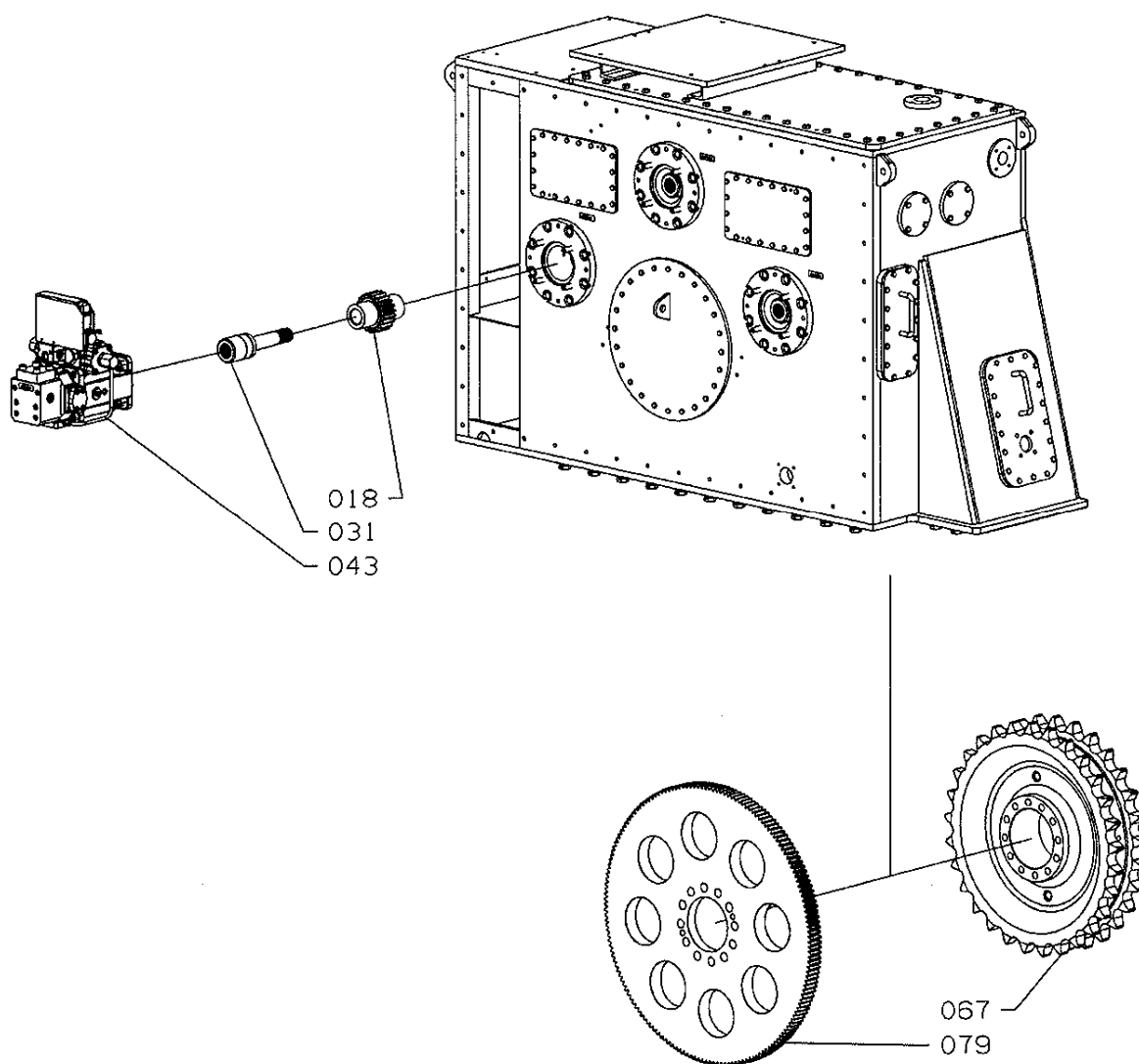
Σύστημα συσσωρευτή υδραυλικής ισχύος.



Εικόνα 38.Σύστημα συσσωρευτή υδραυλικής ισχύος.
INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

Item No.	Item Description
014	Control cover
026	Cartridge valve
038	Accumulator block
051	Screw
099	Plug screw
109	Cartridge valve
110	Cover
122	Screw
158	Quick coupling
171	Pressure transducer
183	Orifice plate
195	Ball valve
205	Screw
217	Control cover
229	Cartridge valve
230	Plug screw
242	Orifice plug
254	Cartridge valve
266	Control cover,cartridge v
278	Cartridge valve
291	Control cover
301	Cartridge valve

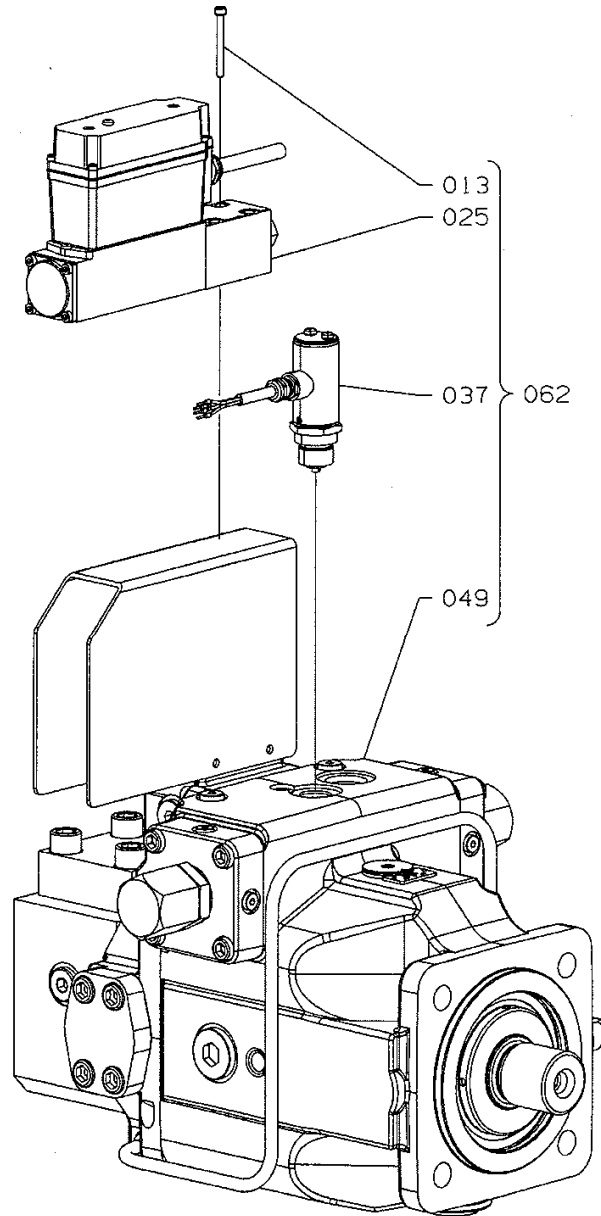
Σύστημα κίνησης υδραυλικής παροχής ισχύος.



Εικόνα 39.Σύστημα κίνησης υδραυλικής παροχής ισχύος.
INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

Item No.	Item Description
018	Gearwheel, drive shaft
031	Drive shaft
043	Hydraulic oil pumps
067	Chain wheel
079	Intermediate wheel

Λεπτομέρειες συστήματος κίνησης υδραυλικής παροχής ισχύος



Εικόνα 40. Λεπτομέρειες συστήματος κίνησης υδραυλικής παροχής ισχύος
INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1.CODE BOOK.

Item No.	Item Description
013	Screw
025	4/3-way proportional valve
037	Position transmitter
049	Hydraulic oil pump
062	Hydraulic oil pump, complete

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της εργασίας μου, θα ήθελα να επισημάνω ότι αφορμή για την επιλογή του θέματος ήταν η απασχόληση μου σε πλοίο που η κύρια μηχανή του ήταν τύπου ηλεκτρονικά ελεγχόμενης έγχυσης ή όπως αλλιώς λέγεται κοινής γραμμής (CommonRail). Στις μηχανές αυτού του τύπου, δεν υπάρχει εκκεντροφόρος για την έγχυση του πετρελαίου και την λειτουργία της βαλβίδας εξαγωγής, μιας και όπως αναφέρω παραπάνω οι εντολές αυτές δίνονται από ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου.

Η εξέλιξη των συστημάτων ελέγχου έγχυσης των μηχανών πετρελαίου βαρέως τύπου μας έχει οδηγήσει σε ελαφρύτερες κατασκευές μιας και τα εμπλεκόμενα μηχανικά μέρη είναι λιγότερα, που αυτό συνεπάγεται λιγότερες μηχανικές φθορές.

Συνοψίζοντας, παραθέτω στην συνέχεια τα κυριότερα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των σύγχρονων συστημάτων κοινής γραμμής, έναντι των παλαιότερων συστημάτων απευθείας έγχυσης (DirectInjection).

Πλεονεκτήματα

- Ομοιόμορφο μίγμα αέρα καυσίμου σε κάθε κύλινδρο.
- Ακριβής έλεγχος της αναλογίας αέρα – καυσίμου, σε κάθε περιοχή στροφών λειτουργίας της μηχανής.
- Συνεχείς διορθώσεις του μίγματος αέρα – καυσίμου.
- Μειωμένη ειδική κατανάλωση καυσίμου που έχει ως αποτέλεσμα την πρόσθετη οικονομία καυσίμου.
- Μεγαλύτερη απόδοση ισχύος της μηχανής.
- Καλύτερη συμπεριφορά της μηχανής με την συνεχή ρύθμιση των παραμέτρων καύσης.
- Χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων.
- Λιγότερες μηχανικές φθορές, λόγω των λιγότερων μηχανικών μερών της μηχανής (απουσία εκκεντροφόρου).
- Ευκολότερη συντήρηση και επισκευή των ηλεκτρονικών τμημάτων της μηχανής.

Μειονεκτήματα

- Το υψηλότερο κόστος των ηλεκτρονικών συστημάτων ψεκασμού σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα (απευθείας έγχυσης).
- Η μεγαλύτερη εμπλοκή των ηλεκτρονικών συστημάτων στα συστήματα ψεκασμού, προαπαιτεί και την εξειδικευμένη γνώση του έμψυχου δυναμικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. DANIEL J. HOLT, THE DIESEL ENGINE, SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINES, USA, 2004.
2. WILLIAM K. TOBOLDT, DIESEL, FUNDAMENTALS, SERVICE, REPAIR, THE GOODHEART – WILLCOX COMPANY, SOUTH HOLLAND, ILLINOIS.
3. C. LYLE CUMMINGS JR, DIESEL'S ENGINE, CARNOT PRESS, WILSONVILLE OREGON, 1993.
4. Λ. Κλιάνη- Ι. Νικολού- Ι. Σιδέρη, ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, Αθήνα, 2012.
5. INSTRUCTIONS HYUNDAI- MAN B&W DIESEL ENGINES COMPONENTS No1. CODE BOOK.
6. Α. Τζιφάκης, ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, Αθήνα, 1978.
7. Ν. Κυριακίδης- Χ. Χρυσάκης- Λ. Καικτσίς, Influence of heavy fuel properties on spray atomization for marine diesel engine applications, 2009.
8. Robert Bosch, Diesel Engine Management, 2004.
9. Coordinating Research Council Inc, Biodiesel Blend Low-Temperature Performance Validation, Atlanta, 2008.
10. Frank De Luka, History of Fuel Injection, American Bosch Arma Corporation.
11. R. Stone- R. Raine- H. Thorwarth- K. Kar- H. Ma, Analysis of combustion in a small homogeneous charge compression assisted ignition engine, Professional Engineering Publishing, 2005.

12. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, MIT OpenCourseWare, New York, 2008.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ο Diesel γεννήθηκε στο 1858 στην πρωτεύουσα της Γαλλίας, το Παρίσι. Οι γονείς του ήταν Βαυαροί μετανάστες οι οποίοι ζούσαν στο Παρίσι και είχε άλλα 2 αδέρφια. Ο Diesel πέρασε τα πρώτα του σχολικά χρόνια στην Γαλλία, αλλά εξαιτίας του πολέμου μεταξύ Γαλλίας – Πρωσίας αναγκάστηκε να φύγει.

Εγκαταστάθηκαν στο Λονδίνο και όταν έφτασε σε ηλικία 12 χρονών, η μητέρα του τον έστειλε να μείνει με τους θείους του στο Άουσμπουργκ, της Γερμανίας για να σπουδάσει μαθηματικός. Σε ηλικία 14 χρόνων αποφάσισε ότι ήθελε να γίνει μηχανικός. Αφού τελείωσε τις βασικές του σπουδές πρώτος στην τάξη του το 1873. Δέχτηκε υποτροφία από Βασιλικό Βαυαρικό Πολυτεχνείο του Μονάχου, πράγμα που οι γονείς του δεν το ήθελαν. Ενώ κανονικά θα αποφοιτούσε το 1879, δεν τα κατάφερε διότι αρρώστησε από τύφο.

Μέχρι να αποφοιτήσει τον Ιανουάριο του 1880 απέκτησε πρακτικές γνώσεις μηχανικού, δουλεύοντας στην εταιρία μηχανών Sultzer Brothers Machine Works. Μετά την αποφοίτηση του επέστρεψε στο Παρίσι όπου βοήθησε έναν απ' τους καθηγητές στην σχολή του, τον Carl von Linde στον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός μοντέρνου για την εποχή εκείνη ψυγείο και ένα εργοστάσιο πάγου. Έγινε διευθυντής του εργοστασίου, έναν χρόνο μετά.

Ο Diesel γνώριζε από θερμοδυναμική και τους περιορισμούς στην επάρκεια καυσίμου. Ήξερε ότι περίπου το 90% της ενέργειας του καυσίμου σπαταλείται στην μηχανή ατμού. Σκοπός του ήταν να φτιάξει μία μηχανή με υψηλότερη αποδοτικότητα, και πειραματίζοντας με μία μηχανή κύκλου Carnot σχεδίασε μία μηχανή συμπίεσης – ανάφλεξης, εκεί το καύσιμο αναφλεγόταν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, λόγω της συμπίεσης. Απέκτησε το δίπλωμα γι' αυτή την μηχανή το 1893.

Ο Diesel πέθανε 29 με 30 Σεπτεμβρίου του 1913 και τα αίτια του θανάτου του παραμένουν άγνωστα μέχρι και σήμερα.



Εικόνα Παραρτήματος : Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που απονεμήθηκε στον Rudolph Diesel στο Βερολίνο της Γερμανίας στις 23 Φεβρουαρίου 1893

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

1. C. LYLE CUMMINGS JR, DIESEL'S ENGINE, CARNOT PRESS, WILSONVILLE OREGON, 1993.
2. DANIEL J. HOLT, THE DIESEL ENGINE, SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINES, USA, 2004.