

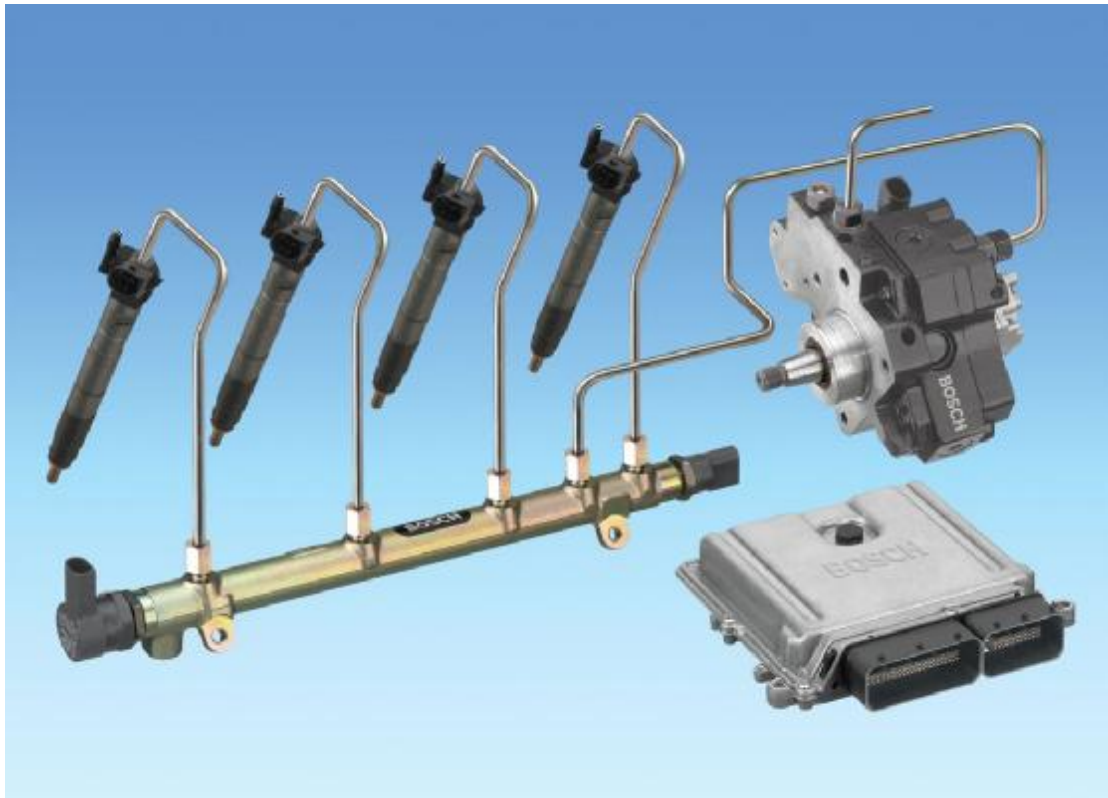
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΥ COMMON RAIL ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : ΣΑΛΗ ΜΕΜΕΤ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΓΕΝΙΟΣ ΣΚΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στα σύγχρονα συστήματα τροφοδοσίας και ψεκασμού καυσίμου COMMON RAIL που εφαρμόζονται στους πετρελαιοκινητήρες.

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να βοηθήσει τους αναγνώστες τη λειτουργία, τα βασικά εξαρτήματα και το σκοπό της χρήσης αυτών των συστημάτων γενικά για τετράχρονοι εμβολοφόροι πετρελαιοκινητήρες εσωτερικής καύσης, μιας και η χρήση τους είναι συχνότερη και περισσότερο διαδεδομένη σήμερα.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ευγένιο Σκούρα για καθοδήγηση που προσέφερε για την εκπόνηση της εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τον κ. Αλέξανδρο Καλαράκη και τον Παναγιώτη Κακαβά για την πολύτιμη βοήθειά τους.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ:

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 ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή 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 προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν μελέτη που αφορά τους πετρελαιοκινητήρες και την εξέλιξη γίνεται μια ιστορική αναδρομή που αφορά στην ανακάλυψη και τη χρήση των πετρελαιοκινητήρων. Επίσης, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο πετρέλαιο, και για της ιδιότητές του.

Στην συνέχεια, περιγράφεται η ιστορική αναδρομή, αρχή λειτουργίας των πετρελαιοκινητήρων και το παλιό σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου καθώς και τα βασικότερα εξαρτήματα του όπως οι εγχυτήρες (μπεκ), οι εμβολοφόρες και οι περιστροφικές αντλίες.

Στη συνέχεια, γίνεται εκτεταμένη αναφορά, όπως δηλώνει και ο τίτλος της μελέτης, στη λειτουργία σύγχρονων πετρελαιοκινητήρων. Περιγράφονται λεπτομερώς οι βασικές αρχές και ο τρόπος λειτουργίας ενός συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου Common Rail.

Επίσης περιγράφεται λεπτομερώς τα ακροφύσια ενός εγχυτήρα και τους υπολογιστικούς μεθόδους για τους βασικούς του παραμέτρους. Στα τελευταία κεφάλαια αναφέρονται οι ρύποι των πετρελαιοκινητήρων και τα αίτια δημιουργίας τους. Τέλος περιγράφονται τα συμπεράσματα για κινητήρες Diesel και βενζίνη που έχουμε σήμερα στην αγορά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

1.1 : Ιδιότητες του πετρελαίου	1
1.2 : Θερμογόνος δύναμη	1
1.3 : Αριθμός κετανίου	1
1.4 : Ειδικό βάρος	2
1.5 : Ιξώδες	2
1.6 : Διαβρωτικότητα	2
1.7 : Υπολείμματα καύσης (τέφρα)	2
1.8 : Περιεκτικότητα σε νερό	2
1.9 : Περιεκτικότητα σε θείο	3
1.10 : Αποθήκευση πετρελαίου	3
1.11 : Πρόσθετα	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

2.1 : Ιστορική αναδρομή	3
2.2 : Ιστορική αναδρομή σε εικόνες	6
2.3 : Αρχές λειτουργίας	9
2.4 : Οι χρόνοι του κινητήρα	9
2.5 : Βασικά εξαρτήματα	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

3.1 : Γενικά	14
3.2 : Εμβολοφόρος (εν σειρά) αντλία τύπου Bosch	14
3.3 : Περιστροφικές αντλίες	17
3.3.1 : Πρώτες περιστροφικές αντλίες	17
3.3.2 : Σύγχρονες περιστροφικές αντλίες	21
3.4 : Έλεγχος αντλίας	24
3.5 : Μηχανικοί εγχυτήρες (μπεκ)	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ COMMON RAIL

4.1 : Ιστορική αναδρομή	28
4.2 : Εξέλιξη του συστήματος	28
4.3 : Πλεονεκτήματα	29
4.4 : Περιγραφή και λειτουργία του συστήματος	30
4.5 : Κύκλωμα χαμηλής πίεσης καυσίμου	35
4.6 : Κύκλωμα υψηλής πίεσης καυσίμου	38
4.7 : Εγχυτήρες καυσίμου (μπέκ)	44
4.8 : ΑΚΡΟΦΥΣΙΑ ΕΓΧΥΤΗΡΩΝ	50
4.8.1 : Υπολογιστικούς μεθόδους για βασικά χαρακτηριστικά ακροφυσίων	51
4.9 : Κύκλωμα επιστρεφόμενων καυσίμων	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΡΥΠΟΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

5.1 : Αέριοι ρύποι57

5.2 : Στερεά σωματίδια57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΡΥΠΑΝΣΗΣ58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ60

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:61

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ενασχολείται με σύγχρονα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου στις πετρελαιοκινητήρες. Όπως φαίνεται και από την ιστορική αναδρομή η χρονική εξέλιξη των πετρελαιοκινητήρων ξεκινά από την εφεύρεση του Diesel στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και συνεχίζονται μέχρι και σήμερα.

Περιγράφοντας αναλυτικά τη λειτουργία μιας τετράχρονης μηχανής Diesel, την διαδικασία της καύσης καθώς και τις ιδιότητες του πετρελαίου κίνησης εξακριβώνονται όλα τα θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά των συμβατικών και σύγχρονων συστημάτων τροφοδοσίας καυσίμου καθώς όλα τα εξαρτήματα και αρχές λειτουργίας τους.

Συγκεκριμένα περιγράφονται και αναλύονται λεπτομερώς τα εξαρτήματα και ο τρόπος λειτουργίας στα σύγχρονα συστήματα ψεκασμού καυσίμου Common Rail για τη βέλτιστη τροφοδοσία καυσίμου. Συμπερασματικά, οι σύγχρονοι κινητήρες πετρελαίου είναι πλέον ποιοτικά αποδοτικοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ : 1 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

1.1 : ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Το πετρέλαιο κατατάσσεται σε διαφορετικές κατηγορίες - ποιότητες οι οποίες βασίζονται στο ιξώδες του και στο σημείο ανάφλεξης αυτού. Το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στις μηχανές εσωτερικής καύσης χωρίζεται με τη σειρά του σε δύο υποκατηγορίες:

1. Αυτό που προορίζεται για τις υψηλόστροφες μηχανές που χρησιμοποιούνται κυρίως στα οχήματα
2. Αυτό που προορίζεται για χαμηλόστροφες <<σταθερές>> μηχανές που χρησιμοποιούνται στα πλοία ή στην ηλεκτροπαραγωγή.

Το πρώτο έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις ποιότητας είναι μείγμα υδρογονανθράκων που έχουν από 14 έως 20 άτομα άνθρακα στο μόριό τους και σημεία ζέσεως από 260 °C έως 340 °C. Το δεύτερο είναι μείγμα βαρύτερων υδρογονανθράκων που έχουν από 20 έως 70 άτομα άνθρακα στο μόριό τους και σημεία ζέσεως πάνω από 330 °C. Το πετρέλαιο Diesel που κυκλοφορεί στην Ελλάδα ανήκει στην πρώτη κατηγορία.

Το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης Diesel πρέπει να έχει ιδιότητες που να εξασφαλίσουν αυτανάφλεξη του καυσίμου στις συνθήκες του θαλάμου καύσης ομαλή και ασφαλή χωρίς προβλήματα, διακίνηση του καυσίμου από το διυλιστήριο όπου παράγεται μέχρι το ακροφύσιο (μπέκ) της μηχανής. Ακόμη το καύσιμο πρέπει να μην σχηματίζει κομμωδείς ουσίες, να μην προσβάλλει τα μέταλλα με τα οποία έρχεται σε επαφή και να μην ρυπαίνει το περιβάλλον.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι σημαντικότερες ιδιότητες του πετρελαίου εσωτερικής καύσης:

1.2 : ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ

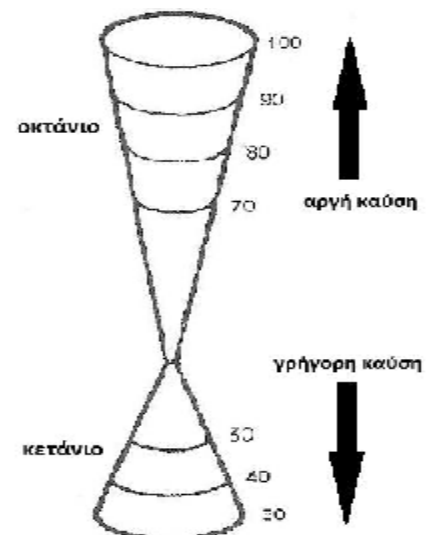
Η θερμογόνο δύναμη είναι μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες ενός καυσίμου και εκφράζει τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση συγκεκριμένης ποσότητας του καυσίμου. Η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου Diesel είναι περίπου 9800 Kcal/lt μεγαλύτερη της θερμογόνου δύναμής της βενζίνης που είναι 8300 Kcal/lt .

1.3 : ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΕΤΑΝΙΟΥ

Ο αριθμός κετανίου ενός καυσίμου είναι η περιεκτικότητα σε κανονικό κετάνιο ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$), στα εκατό, ενός μίγματος κανονικού κετανίου και αμεθυλοναφθαλενίου ($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CH}_3$), που δίνει την ίδια καθυστέρηση ανάφλεξης με το καύσιμο.

Το κανονικό κετάνιο έχει πολύ καλή ποιότητα ανάφλεξης, ενώ το α-μεθυλοναφθαλένιο έχει κακή ποιότητα ανάφλεξης. Επομένως, όσο πιο μεγάλος ο αριθμός κετανίου ενός καυσίμου τόσο καλύτερο είναι το καύσιμο. Ο αριθμός κετανίου του πετρελαίου είναι ακριβώς αντίθετος από τον αριθμό οκτανίου που χαρακτηρίζει την βενζίνη. (σχήμα 1.2)

Πετρέλαιο με μικρό αριθμό κετανίου έχει φτωχή ικανότητα ανάφλεξης, παρουσιάζει αντικανονική καύση, υψηλή πίεση καύσης, αντικανονική ώθηση στο έμβολο. Επίσης δημιουργούνται δυνατοί ήχοι προαναφλέξεων (πειράκια).



Σχήμα 1.2

1.4 : ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Το ειδικό βάρος του πετρελαίου είναι μικρότερο από αυτό του νερού αλλά μεγαλύτερο από το ειδικό βάρος της βενζίνης. Το σχετικό (ως προς το νερό) ειδικό βάρος του πετρελαίου κυμαίνεται από 0.80 έως 0.87. Η πιο συνηθισμένη τιμή για το σχετικό ειδικό βάρος του πετρελαίου είναι 0.85 που αντιστοιχεί σε πυκνότητα $0.85^{kg}/lit.$

Το ειδικό βάρος του πετρελαίου είναι σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργία του κινητήρα αφού το πετρέλαιο είναι αρκετά βαρύ ώστε να έχει καλή διεισδυτικότητα μέσα στο θάλαμο καύσεως. Αν το ειδικό βάρος είναι πολύ μικρό, όλο το καύσιμο αναφλέγεται αμέσως μόλις εισέλθει στο θάλαμο καύσεως. Αυτό σημαίνει ότι όλη η ενέργεια αποδεδεσμεύεται σε πολύ μικρή περιοχή και οι δυνάμεις πάνω στην κεφαλή του εμβόλου δεν αναπτύσσονται ομοιόμορφα. Σαν αποτέλεσμα παρουσιάζεται μειωμένη απόδοση, αυξημένος θόρυβος και ζημιά στα εξαρτήματα που συνεργάζονται με το έμβολο.

1.5 : ΙΞΩΔΕΣ

Το πετρέλαιο με υψηλό ιξώδες παράγει μεγάλα σταγονίδια τα οποία είναι δύσκολο να αναφλέγουν και να καούν. Το υψηλό ιξώδες προκαλεί υπερβολική αύξηση της πίεσης στο σύστημα τροφοδοσίας, αλλά και δίνει καυσαέρια με μεγάλο ποσοστό καπνού. Αντίθετα, το πετρέλαιο με χαμηλό ιξώδες παράγει πολύ λεπτά σταγονίδια κατά τον ψεκασμό με αποτέλεσμα να καίγεται με μεγαλύτερη ευκολία. Επίσης, αν το ιξώδες είναι πολύ χαμηλό δε δημιουργείται πολύ καλή ψύξη και λίπανση της αντλίας πετρελαίου και των εγχυτήρων (μπεκ). Το κινηματικό ιξώδες του πετρελαίου Diesel κυμαίνεται από 2 έως 4.5 mm^2/s στους 40 °C.

1.6 : ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΤΗΤΑ

Ένα από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα καύσιμο Diesel είναι η εξασφάλιση ότι δε θα προσβάλλει τα μέταλλα με τα οποία θα έρχεται σε επαφή στο σύστημα αποθήκευσης διανομής και τροφοδοσίας στον κινητήρα. Ο χαλκός και τα κράματα του είναι ευπρόσβλητα από συγκεκριμένες ενώσεις θείου που έχουν διαβρωτικό χαρακτήρα.

1.7 : ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ (ΤΕΦΡΑ)

Η τέφρα παράγεται στο θάλαμο καύσης μετά την καύση. Συναντάται σε κινητήρες οι οποίοι καίνε καύσιμα με υδρογονάνθρακες. Η τιμή της τέφρας που θα σχηματιστεί εξαρτάται από την ποιότητα και την πτητικότητα του πετρελαίου, αλλά και από τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Το πετρέλαιο που έχει χαμηλή πτητικότητα ή περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα σχηματίζει ευκολότερα υπολείμματα καύσης (τέφρα). Ο σχηματισμός τέφρας προκαλεί αύξηση των επιπέδων των ρύπων. Επίσης μπορεί να φράξει τα ακροφύσια των μπεκ και να προκαλέσει κόλλημα των ελατηρίων του εμβόλου. Οι Ελληνικές προδιαγραφές περιορίζουν το επιτρεπόμενο ποσοστό τέφρας σε 0.02% κατά βάρος.

1.8 : ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ

Το πετρέλαιο έχει την ικανότητα να αναμιγνύεται πολύ εύκολα με το νερό. Αυτό προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία του κινητήρα, καθώς επίσης οξειδώσεις στο σύστημα τροφοδοσίας, κακή λίπανση και φράξιμο των σωληνώσεων από τις σκουριές που σχηματίζονται. Τα προβλήματα αυτά προκαλούνται από απρόσεκτη αποθήκευση και διανομή του πετρελαίου.

1.9 : ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΘΕΙΟ

Τα καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο εκτός της εκπομπής επικίνδυνων για το περιβάλλον ρύπων μειώνουν τη διάρκεια ζωής του κινητήρα. Η αιτία είναι ότι το θείο διαβρώνει τον κινητήρα αφού με την παρουσία υδρατμών σχηματίζεται θειικό οξύ. Οι Ελληνικές προδιαγραφές ορίζουν περιεκτικότητα θείου στο πετρέλαιο 0.001% κατά βάρος 10 ppm (parts per million). Προς το παρόν δεν υπάρχει σκέψη εξάλειψης του θείου από το πετρέλαιο αφού η λιπαντικότητα που παρέχει στα μέρη από όπου διέρχεται είναι σημαντική για τη λειτουργία του κινητήρα. Σε μερικές περιπτώσεις συνιστάται η χρήση πρόσθετων τα οποία αυξάνουν τη λιπαντικότητα του πετρελαίου.

Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου απ' το οποίο προήλθε. Η μείωση της περιεκτικότητας σε θείο γίνεται με κατεργασία του καυσίμου σε μονάδες υδρογονοαποθείωσης οι οποίες πρέπει συνεχώς να προσπαθούν να επιτύχουν υψηλότερους βαθμούς μετατροπής για να μπορούν να πετυχαίνουν το όλο και πιο αυστηρά όρια των προδιαγραφών που τίθενται. Τα καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μέχρι και 10 ppm μερικές φορές αναφέρονται και ως << αποθειωμένα >> καύσιμα.

1.10 : ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η αποθήκευση πετρελαίου θα πρέπει να γίνεται με όλες τις προδιαγραφές που προβλέπονται και μάλιστα σε κατάλληλα δοχεία που φέρουν σχετική επιγραφή.

1.11 : ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Τα πρόσθετα είναι χημικές ουσίες που βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά του καυσίμου Diesel.

Τα πιο γνωστά πρόσθετα είναι:

- Ø Βελτιωτικό ανάφλεξης (Ignition improver). Αυξάνει τον αριθμό κετανίων.
- Ø Επιβραδυντικό Οξειδωσης (Oxidation inhibitor). Βελτιώνει την αντοχή των μετάλλων.
- Ø Αποφυγή δημιουργίας αφρού (Anti-foam). Η δημιουργία φυσαλίδων αέρα είναι ανεπιθύμητη κατά τον ανεφοδιασμό του ρεζερβουάρ
- Ø Αποφυγή δημιουργίας καπνού (Anti-smoke). Πιο ολοκληρωμένη καύση των σωματιδίων του άνθρακα.
- Ø Απορρυπαντικό / Διαλυτικό (Detergents / dispersants). Μείωση καταλοίπων στο σύστημα ψεκασμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ : 2 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στο τέλος του δέκατου ένατου αιώνα, η έρευνα οδηγήθηκε στην ανακάλυψη πιο αποδοτικών κινητήρων, ικανών να λειτουργήσουν βασιζόμενοι σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας, σε σχέση με αυτούς που ήδη υπήρχαν και λειτουργούσαν με ατμό της λεγόμενης ατμομηχανής που ήταν μηχανές εξωτερικής καύσης. Στην πράξη, αυτές οι θερμικές μηχανές, χρησιμοποιούνται πάνω από 250 χρόνια. Τα πρώτα 150 χρόνια της περιόδου αυτής, γινόταν ατμοποίηση του νερού με την βοήθεια της θερμότητας που παραγόταν με την καύση του καυσίμου και ο ατμός αυτός πήγαινε μέσα στον κύλινδρο που με τη εκτόνωση του παρήγαγε έργο.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) έγιναν πραγματικότητα στην δεκαετία του 1860. Οι πρώτες μηχανές που κατασκευάστηκαν για εμπορική χρήση έκαιναν μίγμα αέρα και προϊόντων ατελούς καύσης άνθρακα σε ατμοσφαιρική πίεση. Σε

αυτές τις μηχανές δεν υπήρχε συμπίεση πριν από την καύση. Ο J.J.E. Lenoir (1822-1900) ανέπτυξε την πρώτη εμπορεύσιμη μηχανή αυτού του τύπου (εικόνα 2.1).

Στη μηχανή αυτή, αέριο και αέρας οδηγούνταν στον κύλινδρο κατά το πρώτο ήμισυ της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα τότε αναφλεγόταν με την βοήθεια ενός σπινθήρα, η πίεση αυξανόταν και τα καυσαέρια έδιναν έργο στο έμβολο κατά το δεύτερο ήμισυ της διαδρομής του. Ο κύκλος συμπληρωνόταν με μια διαδρομή εξαγωγής. Από το 1860 μέχρι το 1865 κατασκευάστηκαν περίπου πέντε χιλιάδες μηχανές αυτού του τύπου σε μεγέθη μέχρι έξι ίππων και βαθμό απόδοσης μέχρι 5%.

Το 1867 ο Nicolaus A. Otto (1832-1891) και η Eugen Langen (1833-1895) ανέπτυξαν μια άλλη μηχανή στην οποία η πίεση που αναπτυσσόταν κατά την καύση εκσφενδόνιζε ένα ελεύθερο έμβολο, η αδράνεια του οποίου δημιουργούσε κενό μέσα στον κύλινδρο. Έτσι η ατμοσφαιρική πίεση (κενό) που υπήρχε από την άλλη πλευρά ωθούσε το έμβολο κατά την αντίθετη διαδρομή και παρήγαγε έργο αφού το έμβολο ήταν συνδεδεμένο με τον άξονα που μετέφερε το έργο προς τα έξω. Μια κατάλληλη βαλβίδα ρύθμιζε την εισαγωγή, την έναυση με φλόγα αερίου και την εξαγωγή. Οι μηχανές αυτές είχαν βαθμό απόδοσης μέχρι 11%. Ήταν τεράστιες μηχανές και για ισχύ δύο ίππων είχε βάρος περίπου 1800 kg με τις στροφές να ήταν 90 στο λεπτό.

Το 1876 ο Otto κατασκεύασε μια μηχανή νέου τύπου η οποία απαιτούσε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου για ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας (4-χρόνοι κινητήρες). Η μηχανή αυτή ήταν πολύ ελαφρύτερη, από την προηγούμενη, για ισχύ δύο ίππων είχε βάρος περίπου 570 kg, οι στροφές ήταν 160 το λεπτό και είχε βαθμό απόδοσης 14%. (εικόνα 2.3) Αυτή η μηχανή είναι η βάση πάνω στην οποία αναπτύχθηκαν και λειτουργούν όλες οι μηχανές εσωτερικής καύσης. Αφού καθιερώθηκε ο κύκλος του Otto, οι έρευνες στράφηκαν στην ανεύρεση μεθόδων ανάφλεξης του καύσιμου μίγματος.

Το 1892 ο γερμανός μηχανικός Rudolf Diesel (1858-1913) παρουσίασε ένα νέο τύπο μηχανής εσωτερικής καύσης (εικόνα 2.4). Στην μηχανή αυτή γινόταν συμπίεση του αέρα μέσα στον κύλινδρο, προκειμένου να παραχθεί πολύ υψηλή θερμοκρασία. Στην συνέχεια το καύσιμο ψεκαζόταν μέσα στον κύλινδρο, όπου υπήρχε ο θερμός αέρας, με αποτέλεσμα την αυτανάφλεξη του καυσίμου και στη συνέχεια περεταίρω καύση. Με τον τρόπο αυτό υπήρχε η δυνατότητα να αναπτυχθούν μεγαλύτερες σχέσεις συμπίεσης αφού δεν υπήρχε κίνδυνος κρουστικής καύσης επειδή γινόταν συμπίεση του αέρα και όχι μίγματος αέρα καυσίμου. Ο κινητήρας αυτός ήταν πιο οικονομικός και περισσότερο αποδοτικός από τους υπόλοιπους κινητήρες εκείνης της εποχής. Ο Diesel παραχώρησε την πατέντα του στις Η.Π.Α το 1895.

Το 1900 ο πετρελαιοκινητήρας διαδόθηκε ευρύτατα στην Ευρώπη. Λόγο του μεγάλου όγκου και βάρους, οι πετρελαιοκινητήρες, είχαν εφαρμογή μόνο σε σταθερούς κινητήρες.

Το 1924 τοποθετήθηκε για πρώτη φορά πετρελαιοκινητήρας σε πλοίο, το 1925 σε λεωφορείο και τέσσερα χρόνια αργότερα το 1929 κυκλοφόρησε το πρώτο φορτηγό με κίνηση από πετρελαιοκινητήρα (εικόνα 2.5). Το μεγάλο βάρος και μέγεθος τους όμως εμπόδιζαν την χρήση τους σε μικρά επιβατικά αυτοκίνητα, αν και η Peugeot το 1922 προσπάθησε να κατασκευάσει ένα πετρελαιοκίνητο επιβατικό αυτοκίνητο.

Η εταιρία Robert Bosch άρχισε το 1927 να κατασκευάζει εξοπλισμό ψεκασμού για τους πετρελαιοκινητήρες. Η ικανότητα της Bosch για μαζική παραγωγή εξοπλισμού ψεκασμού και κατασκευής εξαρτημάτων και μάλιστα για μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, έκαναν τους κινητήρες αυτούς πολύ δημοφιλείς.

Η Mercedes Benz, το 1936 άρχισε την παραγωγή ενός μικρού, για τα τότε δεδομένα, επιβατικού πετρελαιοκίνητου οχήματος. Το μοντέλο 260D (εικόνα 2.6) είχε

κινητήρα (OM138) με 4 κυλίνδρους, κυβισμού 2545 cm³ και είχε μέγιστη ισχύ 33 kw στις 3300 rpm. Η διάμετρος του εμβόλου ήταν 90 mm και η διαδρομή του 100mm.

Η βενζίνη, μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο ήταν πολύ ακριβή σε όλες τις χώρες εκτός από τη ΗΠΑ, έτσι σε Ευρώπη και Ιαπωνία προχώρησαν σε κατασκευή μικρών πετρελαιοκινητήρων για επιβατικά οχήματα και ελαφρά φορτηγά.

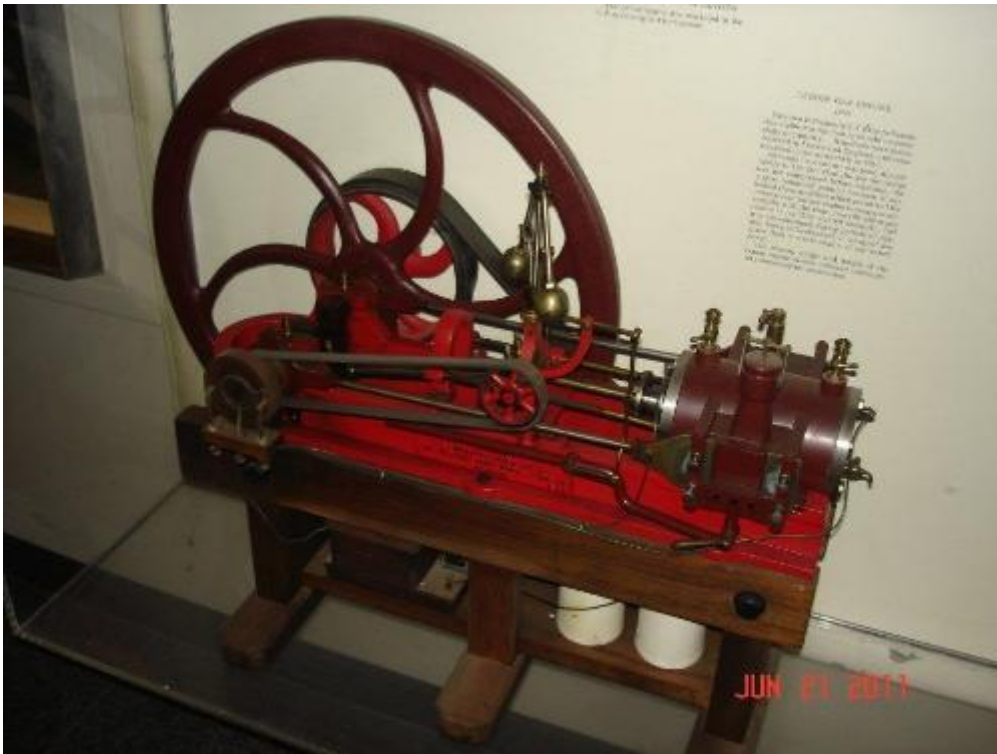
Σημαντικός παράγοντας για την προώθηση των πετρελαιοκινητήρων, ήταν το εμπόριο του πετρελαίου το 1973 από τα αραβικά κράτη που αύξησε κατά πολύ την τιμή της βενζίνης. Μετά από έρευνα των κατασκευαστών κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι πετρελαιοκινητήρες είχαν το πλεονέκτημα της οικονομίας καυσίμου χωρίς να απαιτείται ακριβή τεχνολογία. Την δεκαετία του 1970 οι κατασκευαστές πρόσφεραν τα ίδια μοντέλα βενζινοκίνητων οχημάτων εφοδιασμένα και με πετρελαιοκινητήρες. Η μεγάλη αξιοπιστία σε χαμηλή τιμή, σε σχέση με τους βενζινοκίνητους ήταν ο κυρίως λόγος που οι πετρελαιοκινητήρες χρησιμοποιούνταν σε φορτηγά και ρυμουλκά οχήματα.

Το 1980 η χρήση των πετρελαιοκινητήρων σε μικρά επιβατικά οχήματα περιοριστική λόγω του ότι η βενζίνη έγινε άφθονη και σχετικά φθηνή και στο ότι το κόστος των πετρελαιοκινητήρων αυξήθηκε. Οι πετρελαιοκινητήρες συνέχισαν να εφοδιάζουν τα μικρά και ελαφρά φορτηγά αλλά και τα μεσαίας κατηγορίας καθώς και γεωργικά και χωματουργικά οχήματα.

Σήμερα πλέον η χρήση πετρελαιοκινητήρων σε μικρά επιβατικά οχήματα αυξήθηκε κατά πολύ. Οι κατασκευαστές προσφέρουν σχεδόν όλα τα αυτοκίνητα τους και εφοδιασμένα με πετρελαιοκινητήρες.

Χαμηλότερες εκπομπές ρύπων, μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και μεγαλύτερη ροπή είναι τα 3 σημαντικά πλεονεκτήματα των πετρελαιοκινητήρων σε σχέση με τους αντίστοιχους βενζινοκίνητους.

2.2 : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΕ ΕΙΚΟΝΕΣ



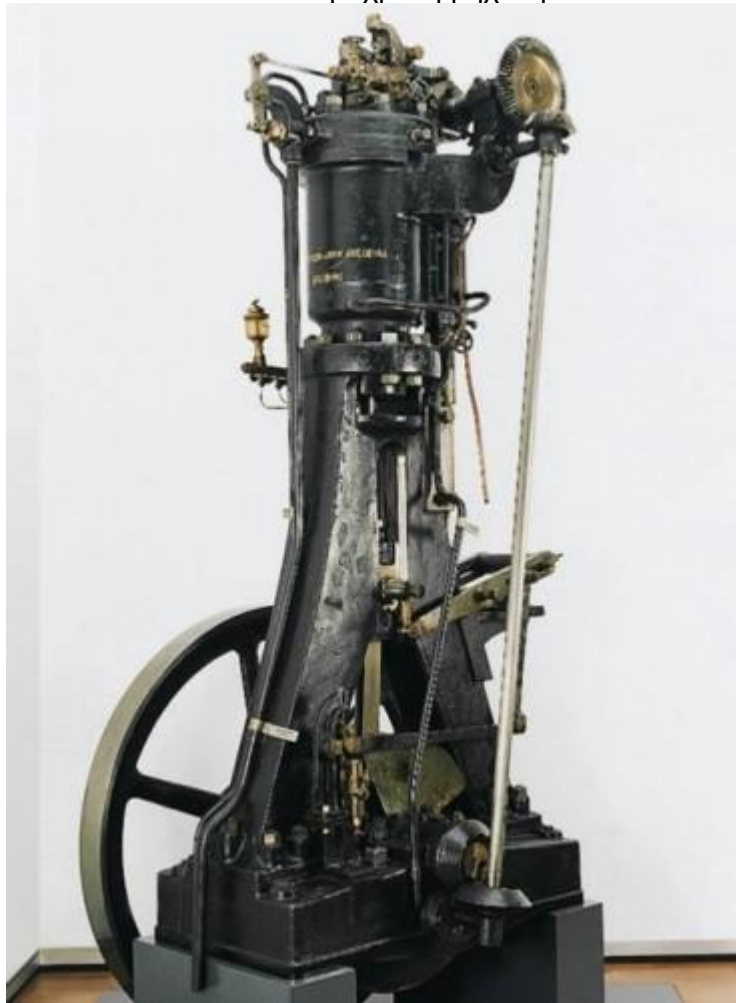
Εικόνα 2.1: μηχανή Lenoir



Εικόνα 2.2: μηχανή Otto και Langen



Εικόνα 2.3: τετράχρονη μηχανή Otto



Εικόνα 2.4 : μηχανή Rudolf Diesel



Εικόνα 2.5: πετρελαιοκίνητο φορτηγό του 1929



Εικόνα 2.6: Mercedes benz 260D

2.3 : ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Ο κινητήρας Diesel είναι μια εμβολοφόρος μηχανή εσωτερικής καύσης, που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια του πετρελαίου σε κινητική ενέργεια. Κατά την φάση της εισαγωγής στον κύλινδρο εισέρχεται συνήθως μόνο αέρας. Για το σχηματισμό του καυσίμου μείγματος, το καύσιμο εισάγεται στον κύλινδρο διασκορπισμένο στη μάζα του συμπιεσμένου αέρα, υπό την επίδραση ισχυρής πίεσεως, που δημιουργείται από το σύστημα αντλίας καυσίμου- εγχυτήρα. Μέσω της εγχύσεως του καυσίμου την κατάλληλη στιγμή στον κύλινδρο, όταν ο αέρας έχει θερμανθεί επαρκώς λόγω της συμπίεσης, δημιουργείται αυτανάφλεξη (αυτόματη ανάφλεξη). Στον κινητήρα Diesel έχουμε την καύση ενός ετερογενούς μείγματος καυσίμου και αέρα, εφόσον το καύσιμο ψεκάζεται προς το τέλος της διαδρομής συμπίεσεως.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κινητήρων Diesel, οι οποίοι έχουν ευρεία εφαρμογή στα μέσα μεταφοράς και στην παράγωγη ηλεκτρικής ισχύος. Συνήθεις είναι, οι φυσικής αναπνοής (naturally aspirated) και οι υπερπληρωμένοι, όπου η υπερπλήρωση μπορεί να επιτευχθεί μηχανικώς (supercharged), ή με μονοβάθμια ή διβάθμια συμπίεση στροβίλου (turbocharged). Ως υπερπλήρωση ορίζεται η αύξηση της πυκνότητας του αέρα εισαγωγής, μέσω της αύξησης της πίεσης του πριν εισέλθει στον κύλινδρο και χρησιμοποιείται, συνήθως σε μεγαλύτερους κινητήρες, με σκοπό την μείωση του μεγέθους και του βάρους ενός κινητήρα για δεδομένη εξαγόμενη ισχύ.

Οι κινητήρες Diesel διακρίνονται σε δίχρονης (2-X) και τετράχρονης (4-X) λειτουργίας. Όσων αφορά τους τετράχρονους κινητήρες Diesel ο κύκλος λειτουργίας τους αποτελείται από τις παρακάτω φάσεις (Σχήμα 1.1).

2.4 : ΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

1. Χρόνος Εισαγωγής:

Στον χρόνο αυτό το έμβολο βρίσκεται στο Α.Ν.Σ και κατεβαίνοντας προς το Κ.Ν.Σ αναρροφεί τον αέρα εισαγωγής με την βοήθεια της υποπίεσης που δημιουργείται από την καθοδική κίνηση του εμβόλου. Ο φρέσκος αέρας εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο από την ανοιχτή βαλβίδα εισαγωγής. Στο Κ.Ν.Σ η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και έτσι ολοκληρώνεται ο χρόνος εισαγωγής. Ο πετρελαιοκινητήρας αναρροφεί πολύ περισσότερο αέρα από τον βενζινοκινητήρα καθώς δεν υπάρχει πεταλούδα γκαζιού.

2. Χρόνος Συμπίεσης:

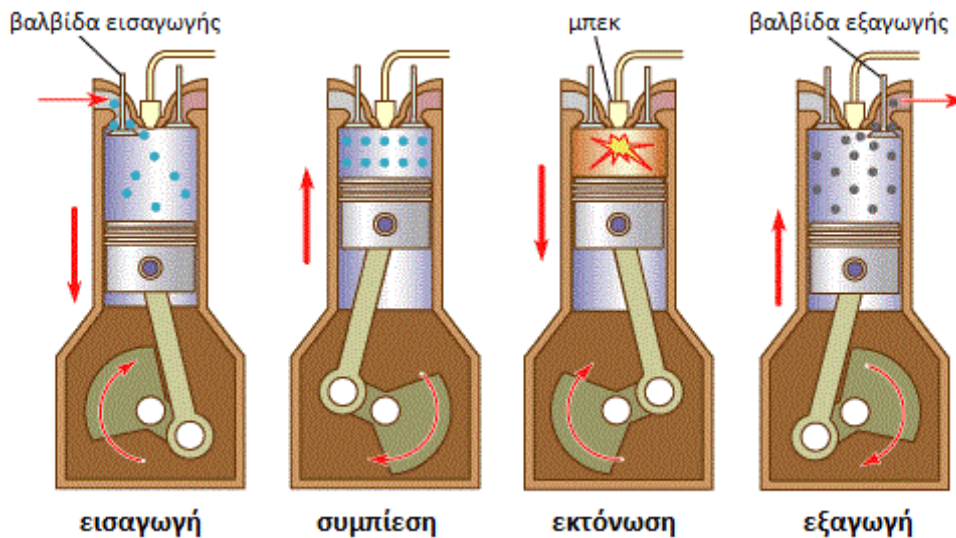
Στον χρόνο αυτό το έμβολο κινείται από το Κ.Ν.Σ προς το Α.Ν.Σ. Ο παγιδευμένος αέρας που βρίσκεται στον κύλινδρο, αφού είναι κλειστές οι βαλβίδες εισαγωγής-εξαγωγής, συμπιέζεται προκειμένου να αυξηθεί κατά πολύ η θερμοκρασία του (περίπου 540 °C). Μόλις πριν το Α.Ν.Σ το μπεκ αρχίζει να ψεκάζει το πετρέλαιο μέσα στον συμπιεσμένο αέρα.

3. Χρόνος Εκτόνωσης:

Το πετρέλαιο ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο, όπου υπάρχει θερμός συμπιεσμένος αέρας με τον οποίο αναμιγνύεται και αρχίζει η καύση τους πολύ γρήγορα. Η καύση του μίγματος αυξάνει την θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον κύλινδρο με αποτέλεσμα να παράγονται αέρια τα οποία εκτονώνονται και ωθούν το έμβολο προς τα κάτω. Η δύναμη αυτή, της εκτόνωσης, στην επιφάνεια του εμβόλου μετατρέπεται από τον μηχανισμό εμβόλου-διωστήρα-στροφάλου σε έργο (ροπή) στον στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής και κατά συνέπεια θα κινηθεί το όχημα. Η πίεση και η θερμοκρασία πέφτουν καθώς το έμβολο κινείται προς το Κ.Ν.Σ.

4. Χρόνος Εξαγωγής:

Στον χρόνο εξαγωγής τα καυσαέρια απομακρύνονται από το εσωτερικό του κυλίνδρου προς την ατμόσφαιρα. Το έμβολο κινείται από το Κ.Ν.Σ προς το Α.Ν.Σ σπρώχνοντας τα καυσαέρια από την ανοιχτή βαλβίδα εξαγωγής μέσα στο σύστημα εξαγωγής (εξάτμιση) και από εκεί εξέρχονται στην ατμόσφαιρα. Στο ΑΝΣ και αφού έχει γίνει η εξαγωγή των καυσαερίων, η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει και ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής για να ξεκινήσει ο επόμενος κύκλος λειτουργίας.



(Σχήμα 1.1)

2.5 : ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Ο κορμός του κινητήρα, η κυλινδροκεφαλή, τα έμβολα, τα ελατήρια των εμβόλων, ο στροφαλοφόρος, οι διωστήρες, η κινηματική αλυσίδα των βαλβίδων και ο σφόνδυλος (βολάν) είναι τα σημαντικότερα εξαρτήματα που αιτούνται για την διαδικασία της καύσεως. Ο κορμός του κινητήρα (εικόνα 2.1), είναι η βάση στην οποία συναρμολογούνται όλα αυτά τα εξαρτήματα καθώς και άλλα τα οποία στηρίζονται πάνω σε αυτό, όπως για παράδειγμα η αντλία καυσίμου. Ο κορμός είναι αυτός που παρέχει τον αριθμό και την διάταξη των κυλίνδρων, όπως για παράδειγμα στην εικόνα 3.1 όπου απεικονίζεται ένας κατακόρυφος 4-κύλινδρος σε σειρά κορμός.



Εικόνα 2.1: Κορμός πετρελαιοκινητήρα

Στην κορυφή των κυλίνδρων βρίσκεται η κυλινδροκεφαλή(εικόνα 2.2) η οποία εφαρμόζεται και βιδώνεται πάνω στον κορμό. Η κυλινδροκεφαλή περιλαμβάνει πάνω της, τις βαλβίδες εισαγωγής-εξαγωγής, τα μπεκ, τους προθερμαντήρες και σε μερικούς κινητήρες τον εκκεντροφόρο (εκκεντροφόρος επικεφαλής OHC).



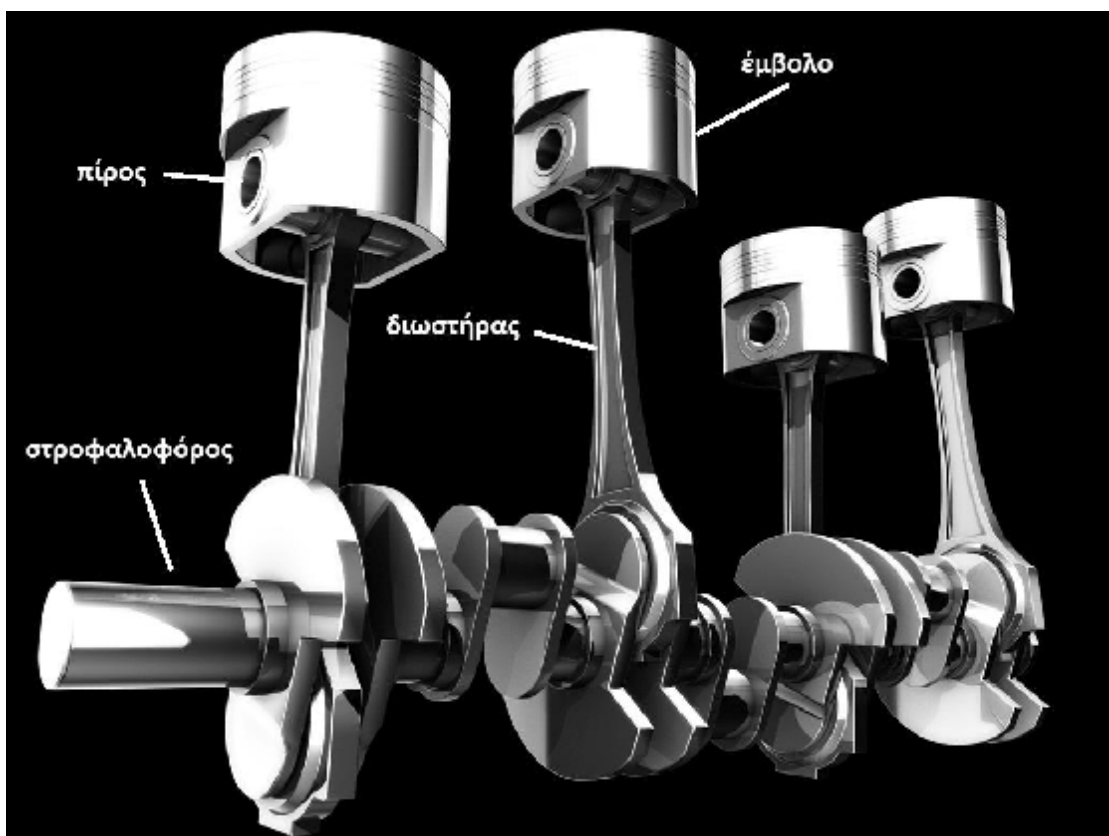
Εικόνα 2.2: κυλινδροκεφαλή με 4 βαλβίδες ανά κύλινδρο

Το έμβολο (πιστόνι) είναι το μόνο εξάρτημα στο σχεδιασμό του χώρου καύσεως που μόλις εμφανίζεται η καύση απομακρύνεται από τον χώρο αυτόν. Καθώς το έμβολο παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο, πρέπει να μειώνει τις τριβές και να παρέχει πολύ καλή στεγανότητα.

Το έμβολο μέσω ενός πείρου συνδέεται στη μια πλευρά με τον διωστήρα (μπιέλα) και η άλλη πλευρά του διωστήρα, συνδέεται με τον στροφαλοφόρο άξονα (εικόνα 2.3). Η σύνδεση αυτή, μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική κίνηση του στροφαλοφόρου.

Στην εμπρόσθια άκρη του στροφαλοφόρου (καθρέπτης) συναρμολογείται ο οδοντωτός τροχός και η τροχαλία μετάδοσης της κίνησης στον ιμάντα χρονισμού και στον ιμάντα κίνησης των βοηθητικών συστημάτων του κινητήρα αντίστοιχα. Στο άλλο του άκρο συνδέεται ο σφόνδυλος ή βολάν (εικόνα 2.4).

Ο σφόνδυλος, είναι ένας βαρύς μεταλλικός δίσκος, καλά ζυγοσταθμισμένο, ο σκοπός του οποίου είναι να αποθηκεύει μηχανική ενέργεια στην εκτόνωση των αερίων (ενεργητικός χρόνος) και τη διαθέτει στους υπόλοιπους χρόνους που είναι παθητικοί. Ο σφόνδυλος είναι απαραίτητος για την λειτουργία του κινητήρα γιατί δίνει μηχανική ενέργεια στον κινητήρα όταν αυτός δεν παράγει.

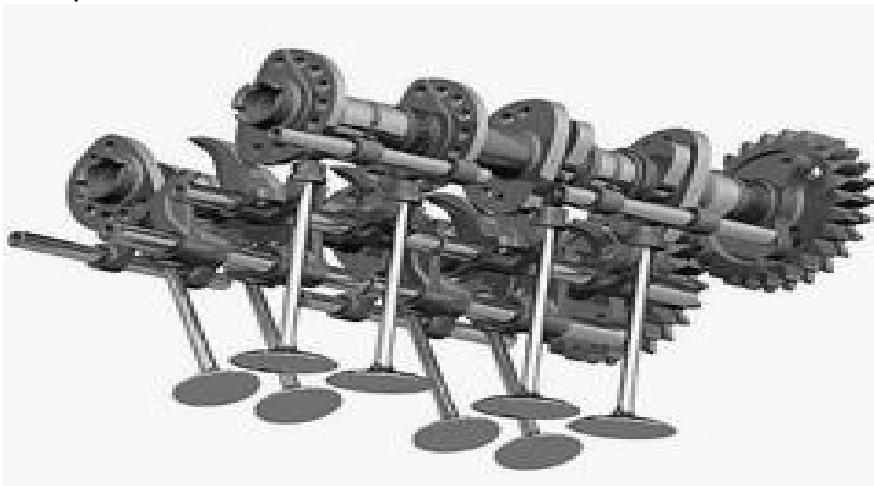


Εικόνα 2.3 : έμβολα συνδεδεμένα με τον στροφαλοφόρο



Εικόνα 2.4: σφόνδυλος (βολάν)

Η κινηματική αλυσίδα των βαλβίδων (εικόνα 2.5) είναι αυτή η οποία ανοίγει και κλείνει τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής την κατάλληλη χρονική στιγμή, επιτρέποντας να εισέλθει ο φρέσκος αέρας μέσα στον κύλινδρο και να εξέλθουν τα καυσαέρια από αυτόν.



Εικόνα 2.5: μηχανισμός κίνησης (κινηματική αλυσίδα βαλβίδων)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ : 3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

3.1 : ΓΕΝΙΚΑ

Το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου ενός πετρελαιοκινητήρα, αποτελείται από τη δεξαμενή καυσίμου, το αρχικό φίλτρο, την αντλία τροφοδοσίας (αντλία χαμηλής πίεσης), το βασικό φίλτρο, την αντλία έγχυσης (αντλία υψηλής πίεσης), τους εγχυτήρες (μπεκ) και τις σωληνώσεις.

Η σωστή λειτουργία ενός πετρελαιοκινητήρα στηρίζεται στο όσο το δυνατό καλύτερο ψεκασμό του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσεως. Έτσι ο ψεκασμός πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το καύσιμο να διασπάζεται σε πολύ μικρά σταγονίδια, να ψεκάζεται δηλαδή με τη μορφή νέφους.

Η έγχυση του καυσίμου σε κάθε κύλινδρο επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της κατάλληλης αντλίας, η οποία αποτελεί ίσως το σημαντικότερο εξάρτημα όλου του συστήματος τροφοδοσίας μιας μηχανής.

Για να γίνει όμως αυτό πρέπει να ψεкаστεί με πολύ μεγάλη πίεση και να περάσει μέσα από τις μικρές οπές των ακροφυσίων των εγχυτήρων (μπεκ) ψεκασμού. Συγχρόνως η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνει την κατάλληλη στιγμή του κύκλου λειτουργίας της μηχανής για κάθε κύλινδρο ξεχωριστά, ενώ, ανάλογα με το φορτίο της μηχανής, θα πρέπει να ελέγχει και τη ποσότητα καυσίμου που θα ψεкаστεί.

Όλα τα παραπάνω γίνονται με τη βοήθεια της αντλίας έγχυσης, η οποία αναλαμβάνει να στείλει την κατάλληλη ποσότητα καύσιμου στους εγχυτήρες σε κάθε κύλινδρο ξεχωριστά, την κατάλληλη στιγμή και με την απαιτούμενη πίεση.

Η σωστή ρύθμιση της αντλίας έγχυσης είναι πολύ σημαντική για την ομαλή λειτουργία του πετρελαιοκινητήρα, τη μεγιστοποίηση της απόδοσής του και για τον περιορισμό της κατανάλωσης καυσίμου.

Οι εγχυτήρες, στα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου πετρελαιοκινητήρων, είναι το τελευταίο τμήμα του κυκλώματος τροφοδοσίας. Με τους εγχυτήρες το καύσιμο ψεκάζεται με τη μορφή λεπτότατων σταγονιδίων (νέφους) στο εσωτερικό των κυλίνδρων προκειμένου να αναμειχθεί με το συμπιεσμένο αέρα, να ψεкаσθεί και στο τέλος να καεί.

Ωστόσο η λειτουργία των εγχυτήρων είναι διπλή. Εκτός από τη διάσπαση του υγρού καυσίμου σε λεπτότατα σταγονίδια ώστε να είναι δυνατή η καύση του μέσα σε ελάχιστο χρόνο, οι εγχυτήρες έχουν σκοπό και να διασκορπίσουν το καύσιμο με τέτοιο τρόπο και ταχύτητα, ώστε μαζί με τον αέρα να δημιουργείται ένα όσο το δυνατόν πιο ομοιογενές μίγμα, το οποίο μπορεί να καεί σε όποιο σημείο του θαλάμου καύσης βρίσκεται.

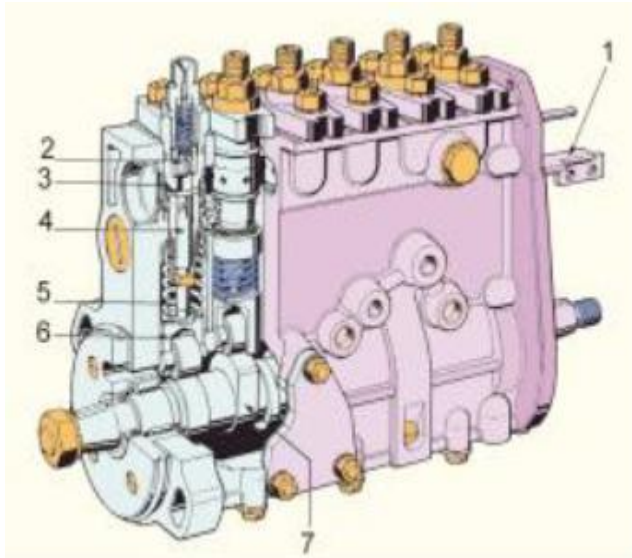
3.2 : ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΣ (ΕΝ ΣΕΙΡΑ) ΑΝΤΛΙΑ ΤΥΠΟΥ BOSCH

Αυτές ήταν οι πρώτες αντλίες υψηλής πίεσης πετρελαίου που κατασκευάστηκαν από την Bosch. Οι αντλίες τύπου Bosch αποτελούνται από το σώμα της αντλίας, τα αντλητικά στοιχεία, το ρυθμιστή στροφών, το ρυθμιστή προέγχυσης και από την αντλία τροφοδοσίας.

Το σώμα της αντλίας κατασκευάζεται από ελαφρό κράμα αλουμινίου και διαμορφώνεται εσωτερικά έτσι ώστε να προσαρμόζονται αρμονικά τα διάφορα εξαρτήματα της αντλίας, όπως είναι τα αντλητικά στοιχεία.

Στο πίσω μέρος του σώματος προσαρμόζεται ο ρυθμιστής στροφών, στα πλάγια η αντλία τροφοδοσίας ενώ στο εμπρός μέρος υπάρχει ο ρυθμιστής προέγχυσης.

Μέσα στο σώμα της αντλίας και σε ειδικά χωρίσματα, προσαρμόζονται τα αντλητικά στοιχεία τα οποία παίρνουν κίνηση από έναν εκκεντροφόρο που στηρίζεται σε ρουλεμάν και είναι πολύ στιβαρής κατασκευής, για να αντέχει στα μεγάλα φορτία που αναπτύσσονται σ' αυτόν (εικόνα 3.1).



1. Οδοντωτός κανόνας
2. Βαλβίδα παροχής
3. Εισαγωγή καυσίμου
4. Έμβολο με ελικοτομή
5. Ελατήριο επαναφοράς
6. Ωστήριο με ράουλο
7. Εκκεντροφόρος

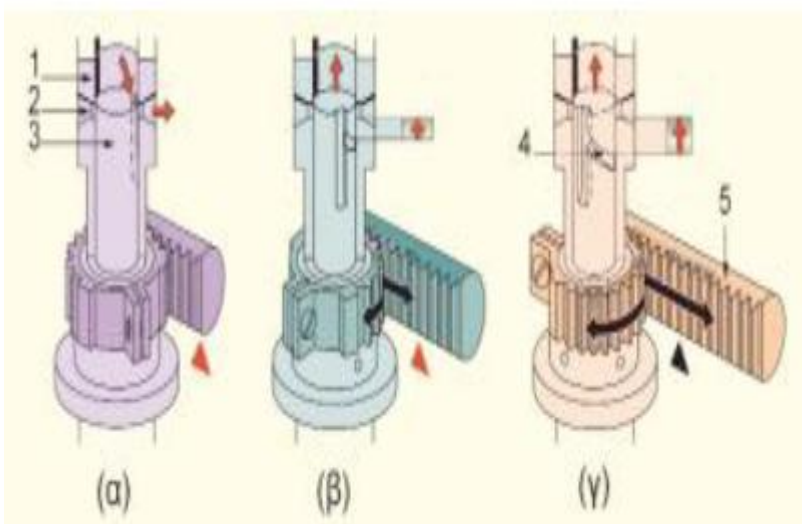
Εικόνα 3.1: εμβολοφόρος αντλία

Τα αντλητικά αυτά στοιχεία βρίσκονται «σε σειρά» και τα έμβολά τους κινούνται από τα έκκεντρα ενός εκκεντροφόρου άξονα, ο οποίος παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής, μέσω οδοντωτών τροχών (γρاناζιών), ιμάντα ή αλυσίδας.

Το έμβολο κάθε αντλητικού στοιχείου, συγχρόνως με την παλινδρόμησή του, μπορεί και να περιστρέφεται. Η περιστροφή αυτή του εμβόλου γίνεται μέσω ενός οδοντωτού κανόνα, ο οποίος είναι παράλληλος με τον εκκεντροφόρο της αντλίας και κοινός για όλα τα έμβολα, ενώ μπορεί να μετακινείται και οριζόντια, γεγονός που επιφέρει και την περιστροφή των εμβόλων των αντλητικών στοιχείων (εικόνα 3.2).

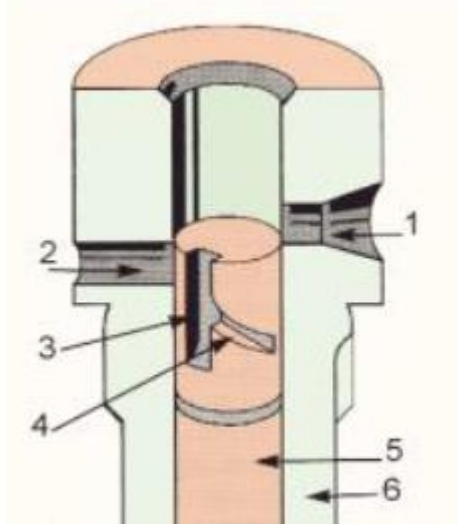
- α) Μηδενική παροχή
- β) Μερική παροχή
- γ) Μέγιστη παροχή

1. Κύλινδρος
2. Εισαγωγή καυσίμου
3. Έμβολο
4. Ελικοτομή
5. Οδοντωτός κανόνας



Εικόνα 3.2: περιστροφή εμβόλων των αντλητικών στοιχείων.

Κάθε κύλινδρος των αντλητικών στοιχείων διαθέτει δύο οπές στα τοιχώματά του, μια για την είσοδο του καυσίμου και μια για την επιστροφή του. Παράλληλα, στο επάνω μέρος του εμβόλου υπάρχει άνοιγμα εξόδου του καυσίμου, το οποίο ελέγχεται από μια βαλβίδα ανεπίστροφης ροής που ονομάζεται και βαλβίδα παροχής καυσίμου. Επίσης, κάθε έμβολο διαθέτει μια ελικοειδή και μια κατακόρυφη εγκοπή, μέσω των οποίων γίνεται η ρύθμιση της ποσότητας καυσίμου που θα σταλεί στους εγχυτήρες της μηχανής (εικόνα 3.3).



1. Είσοδος καυσίμου
2. Έξοδος καυσίμου
3. Κάθετη τομή
4. Ελικοτομή εμβόλου
5. Έμβολο
6. Κύλινδρος

Εικόνα 3.3: κύλινδρος και έμβολο

Τρόπος λειτουργίας

Το πετρέλαιο αναρροφάται από την τροφοδοτική αντλία και προωθείται στο θάλαμο χαμηλής πίεσης, ο οποίος περιβάλλει τα αντλητικά στοιχεία και επικοινωνεί με αυτά, μέσω των οπών εισαγωγής.

Έτσι, όταν το έμβολο του αντλητικού στοιχείου βρίσκεται στο κάτω μέρος, οι οπές του κυλίνδρου είναι ελεύθερες και συνεπώς το πετρέλαιο εισέρχεται στο χώρο που σχηματίζεται επάνω από το έμβολο. Καθώς το έμβολο ωθείται προς τα επάνω από το έκκεντρο, κλείνουν αυτές οι οπές του κυλίνδρου και παγιδεύεται έτσι μια ποσότητα καυσίμου, η οποία συμπιέζεται με αποτέλεσμα κάποια στιγμή να ανοίξει η βαλβίδα παροχής και το καύσιμο να σταλεί για ψεκασμό στους εγχυτήρες. Καθώς όμως το έμβολο συνεχίζει προς τα επάνω την κίνησή του, η ελικοειδής εγκοπή του αποκαλύπτει την οπή επιστροφής του καυσίμου, η οποία βρίσκεται στα τοιχώματα του κυλίνδρου. Αυτό έχει σαν άμεσο αποτέλεσμα, η πίεση μέσα στο κύλινδρο του αντλητικού στοιχείου να πέσει απότομα και η βαλβίδα παροχής να κλείσει ακαριαία, διακόπτοντας την κατάθλιψη (έξοδο) περισσότερου καυσίμου.

Έτσι, μετακινώντας τον οδοντωτό κανόνα περιστρέφουμε τα έμβολα των αντλητικών στοιχείων αλλάζοντας με τον τρόπο αυτό την αντίστοιχη θέση των ελικοειδών εγκοπών των εμβόλων, σε σχέση με τις οπές επιστροφής του καυσίμου. Με το σύστημα αυτό, γίνεται αντιληπτό, ότι μπορούμε να καθορίσουμε την ποσότητα του καυσίμου που συμπιέζεται στους κυλίνδρους των αντλητικών στοιχείων άρα και τη ποσότητα που ψεκάζεται από τους εγχυτήρες της μηχανής.

Η εμβολοφόρος αντλία τύπου Bosch διαθέτει επίσης και ρυθμιστή στροφών που φροντίζει να κρατά τις στροφές της μηχανής στο επιθυμητό επίπεδο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνεχή μεταβολή της θέσης του οδοντωτού κανόνα, που όπως είπαμε, ελέγχει πόσο καύσιμο θα ψεκασθεί.

3.3 : ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

3.3.1 : Πρώτες περιστροφικές αντλίες

Η εμβολοφόρος αντλία, τύπου Bosch, αποτελούσε για πολλά χρόνια τον μοναδικό, σχεδόν, τύπο αντλίας έγχυσης στους πετρελαιοκινητήρες. Η διάδοση, όμως, των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οδήγησε στην ανάπτυξη ενός άλλου τύπου αντλίας έγχυσης, απλούστερης στην κατασκευή, μικρότερων διαστάσεων και λιγότερου βάρους σε σχέση με την κλασική εμβολοφόρο αντλία. (εικόνα 3.3.1)



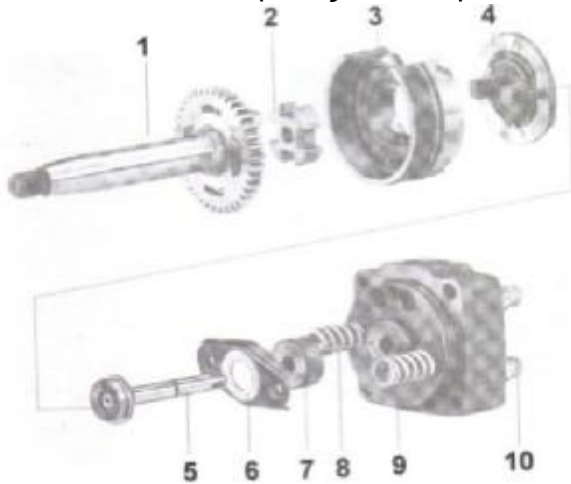
Εικόνα 3.3.1: περιστροφική αντλία Bosch VE

Οι περιστροφικές αντλίες παρουσιάζουν μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις αντίστοιχες εμβολοφόρες αντλίες, όπως απλούστερη κατασκευή, αυξημένες στροφές λειτουργίας. Τα μειονεκτήματα είναι ότι έχουν πιο ακριβό κόστος συντήρησης επίσης είναι πιο ευαίσθητα σε σύγκριση με τους εμβολοφόρους αντλίες.

Κυριότερη διαφορά τους είναι ότι στις περιστροφικές αντλίες χρησιμοποιείται ένα αντλητικό στοιχείο το οποίο είναι κοινό για όλους τους κύλινδρους της μηχανής. Έτσι, σε περίπτωση φθοράς του, όλοι οι κύλινδροι επηρεάζονται ομοιόμορφα, γεγονός που δεν μπορεί να συμβεί στον εμβολοφόρο τύπο αντλίας.

Βασικά εξαρτήματα αντλίας

Η αντλία VE της BOSCH, είναι ένας τύπος περιστροφικής αντλίας, ο οποίος είναι πολύ διαδεδομένος στα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα.



1. Άξονας κίνησης αντλίας
2. Ειδικός σύνδεσμος
3. Κυλινδροφόρος δακτύλιος
4. Κυματοειδής πλάκα
5. Δρομέας
6. Σύνδεσμος ελατηρίων
7. Κυλινδρικό κολάρο ελέγχου
8. Ελατήριο
9. Υδραυλική κεφαλή
10. Έξοδος προς τους εγχυτήρες

Εικόνα 3.3.2: βασικά εξαρτήματα αντλίας Bosch VE

Ο δρομέας περιστρέφεται μέσα στο χιτώνιο που σχηματίζεται στην υδραυλική κεφαλή της αντλίας, παίρνοντας κίνηση από τον κινητήριο άξονα της, μέσω ενός ειδικού συνδέσμου.

Ταυτόχρονα, ο δρομέας εκτελεί παλινδρομική κίνηση μέσα στο χιτώνιο, λειτουργώντας ως έμβολο. Η παλινδρομική κίνηση του δρομέα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μιας πλάκας με κυματοειδή επιφάνεια, η οποία είναι προσαρμοσμένη στο ένα άκρο του δρομέα και ενός ειδικού δακτυλίου, ο οποίος φέρει κυλίνδρους και είναι προσαρμοσμένος στον άξονα κίνησης της αντλίας. Ο αριθμός των κυλίνδρων του δακτυλίου, όπως και των κυματισμών της αντίστοιχης πλάκας με την οποία συνεργάζεται, είναι ίδιος με τον αριθμό των κυλίνδρων της μηχανής.

Στο άλλο άκρο του δρομέα υπάρχουν εγκοπές για την εισαγωγή του καυσίμου τόσες, όσες και οι κύλινδροι της μηχανής. Στο κέντρο του δρομέα και κατά μήκος του υπάρχει αγωγός, το ένα άκρο του οποίου επικοινωνεί με το χώρο συμπίεσης του καυσίμου, ενώ το άλλο με μια περιφερειακή εγκοπή. Επίσης, ο αγωγός αυτός συγκοινωνεί και με την εγκοπή διανομής του καυσίμου που βρίσκεται επάνω στο δρομέα.

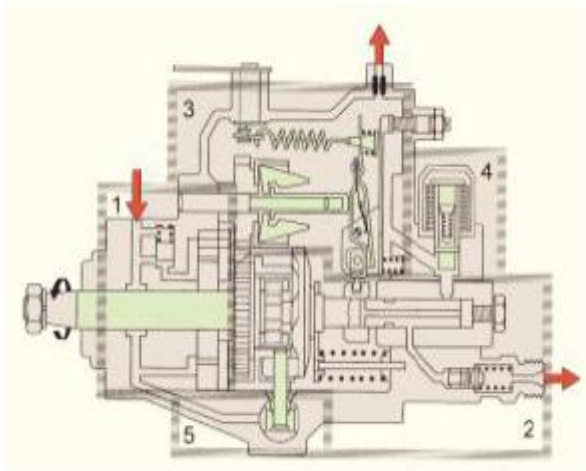
Επάνω στην υδραυλική κεφαλή της αντλίας υπάρχει μια δίοδος εισαγωγής του καυσίμου και τόσες δίοδοι όσοι είναι και οι κύλινδροι της μηχανής. Επίσης, διαθέτει μια περιστροφική αντλία παροχής καυσίμου με πτερύγια, η οποία παραλαμβάνει το καύσιμο από την τροφοδοτική αντλία ή από τη δεξαμενή του καυσίμου και το μεταφέρει, με αυξημένη πίεση, μέσα στην αντλία έγχυσης μέσω μιας ρυθμιστικής βαλβίδας.

Επίσης διαθέτει και ένα αυτόματο ρυθμιστή προπορείας. Ο μηχανισμός αυτού του αυτόματου ρυθμιστή της προπορείας επηρεάζει τη γωνιακή θέση του ειδικού δακτυλίου που φέρει τους κυλίνδρους, έτσι ώστε αυτοί να έρχονται πιο νωρίς κοντά στα έκκεντρα της κυματοειδούς πλάκας, με αποτέλεσμα να αρχίζει νωρίτερα η συμπίεση του καυσίμου.

Τρόπος λειτουργίας

Ο άξονας της αντλίας στο δεξιό μέρος του καταλήγει σε ένα εξάρτημα, το οποίο αποτελείται από δύο ορθογωνικά στελέχη που προεξέχουν και εφαρμόζουν στις αντίστοιχες προεξοχές του μεταλλικού συνδέσμου, ο οποίος, στη συνέχεια, μεταφέρει με παρόμοια σύνδεση την περιστροφή στο δίσκο με τα έκκεντρα. Ο δίσκος αυτός, με τη βοήθεια δύο ελικοειδών ελατηρίων και ενός συνδετήριου εξαρτήματος, συμπιέζεται κατά μήκος του άξονά του στο σταθερό δακτύλιο ο οποίος στη πλευρά του προς το δίσκο φέρει τέσσερις κυλινδρικούς τροχίσκους, που εφάπτονται στην επιφάνεια του δίσκου, περιστρεφόμενοι από αυτόν γύρω από τέσσερις αξονίσκους τοποθετημένους, ακτινικά, στο δακτύλιο.

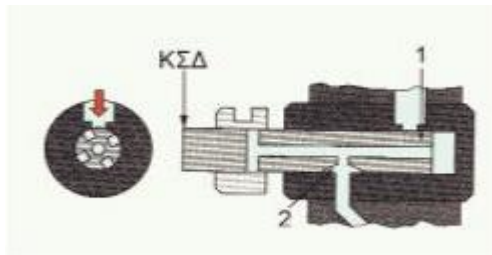
Το έμβολο της αντλίας είναι συνδεδεμένο ομόκεντρα με το δίσκο και περιστρέφεται μαζί με αυτόν. Ταυτόχρονα, όμως, λόγω της ανώμαλης επιφάνειάς του η οποία εφάπτεται με τους τροχίσκους του δακτυλίου, τόσο αυτός ο δίσκος όσο και το έμβολο μετακινούνται και αξονικά, ανάλογα με τη μορφή της επιφάνειας του δίσκου, η οποία δημιουργεί ταυτόχρονα με την περιστροφή και μια παλινδρομική αξονική κίνηση του εμβόλου.



1. Εισαγωγή καυσίμου με βαλβίδα ρύθμισης πίεσης
2. Έξοδος καυσίμου υψηλής πίεσης
3. Μηχανικός ρυθμιστής στροφών
4. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής καυσίμου
5. Διάταξη χρονισμού (αβάνς)

Εικόνα 3.3.3: διάταξη της αντλίας Bosch VE

Το έμβολο, στηριζόμενο στο κολάρο ελέγχου που βρίσκεται στην αριστερή του πλευρά, παλινδρομεί περιστρεφόμενο εντός του κυλίνδρου ο οποίος βρίσκεται στη κεφαλή του διανομέα της αντλίας. Ο κύλινδρος, φέρει τις κατάλληλες θυρίδες εξόδου του καυσίμου προς τις βαλβίδες παροχής της αντλίας, οι οποίες είναι τοποθετημένες στην κεφαλή της αντλίας και που συνδέονται με τις σωληνώσεις υψηλής πίεσης. Όταν το έμβολο κινείται από την άνω θέση του προς την κάτω, το καύσιμο εισέρχεται μέσω του ανοίγματος της θυρίδας εισόδου, μέσα στο κύλινδρο, επάνω από το έμβολο. Όταν όμως το έμβολο βρεθεί στη κάτω θέση του, η περιστροφική του κίνηση κλείνει τη δίοδο εισόδου και ανοίγει τη θυρίδα εξόδου του καυσίμου προς έναν ορισμένο κύλινδρο της μηχανής. (Εικόνα 3.3.4)

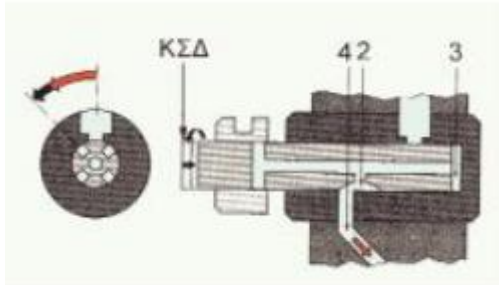


ΚΣΔ: Κάτω Σημείο Διαδρομής

1. Θυρίδα εισαγωγής
2. Αυλάκι εμβόλου

Εικόνα 3.3.4: κλείσιμο θυρίδας εισαγωγής καυσίμου

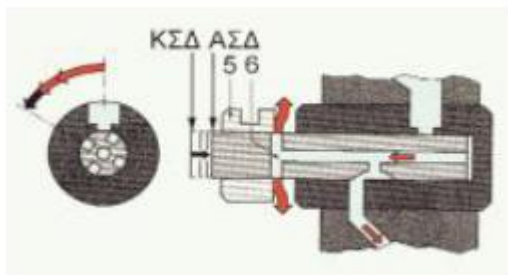
Έτσι, το έμβολο αντιστρέφει την αξονική κίνησή του και μετακινούμενο προς τα επάνω, αρχίζει να συμπιέζει το καύσιμο που έχει εγκλωβιστεί στο επάνω μέρος του κυλίνδρου. Με τη σειρά της, η αναπτυσσόμενη στο επάνω μέρος του εμβόλου και στη θυρίδα εξόδου πίεση, αναγκάζει τη βαλβίδα παροχής να ανοίξει και να στείλει το καύσιμο στους εγχυτήρες. (εικόνα 3.3.5)



- ΚΣΔ: Κάτω Σημείο Διαδρομής
 2. Αυλάκι εμβόλου
 3. Θάλαμος πίεσης
 4. Θυρίδα εξόδου

Εικόνα 3.3.5: Παροχή καυσίμου

Ο «εμβολισμός» τελειώνει, μόλις ανοίξει η θυρίδα επιστροφής του καυσίμου προς το εσωτερικό της αντλίας. Αυτό συμβαίνει, γιατί αποκαλύπτεται το άνοιγμα του εμβόλου που υπάρχει στο κάτω μέρος του και έτσι συγκοινωνεί με το επάνω μέρος, μέσω του κεντρικού αγωγού επιστροφής του εμβόλου. Με το άνοιγμα της θυρίδας επιστροφής, η πίεση πέφτει απότομα και η βαλβίδα παροχής κλείνει ακαριαία, σταματώντας τη ροή καυσίμου προς τους εγχυτήρες. (εικόνα 3.3.6)

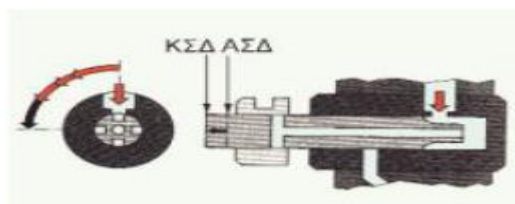


- ΑΣΔ: Άνω Σημείο Διαδρομής
 ΚΣΔ: Κάτω Σημείο Διαδρομής
 5. Κολάρο ελέγχου
 6. Άνοιγμα εμβόλου

Εικόνα 3.3.6: Τέλος παροχής καυσίμου

Μέχρι το έμβολο να φτάσει στο ΑΣΔ με τη θυρίδα επιστροφής ανοικτή, το υπόλοιπο καύσιμο επιστρέφει στο εσωτερικό της αντλίας. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, η θυρίδα εισόδου ανοίγει και πάλι, για να επαληθευτεί ο κύκλος λειτουργίας με τον επόμενο κύλινδρο της μηχανής.

Κατά την επιστροφή του εμβόλου προς το ΚΣΔ, κλείνει η εγκάρσια εγκοπή του, λόγω της περιστροφικής του κίνησης και ο χώρος επάνω από αυτό γεμίζει και πάλι με καύσιμο που εισέρχεται από την ανοικτή θυρίδα εισόδου, ώστε να επαληθευτεί ο ίδιος κύκλος για τον επόμενο κύλινδρο της μηχανής. (εικόνα 3.3.7)

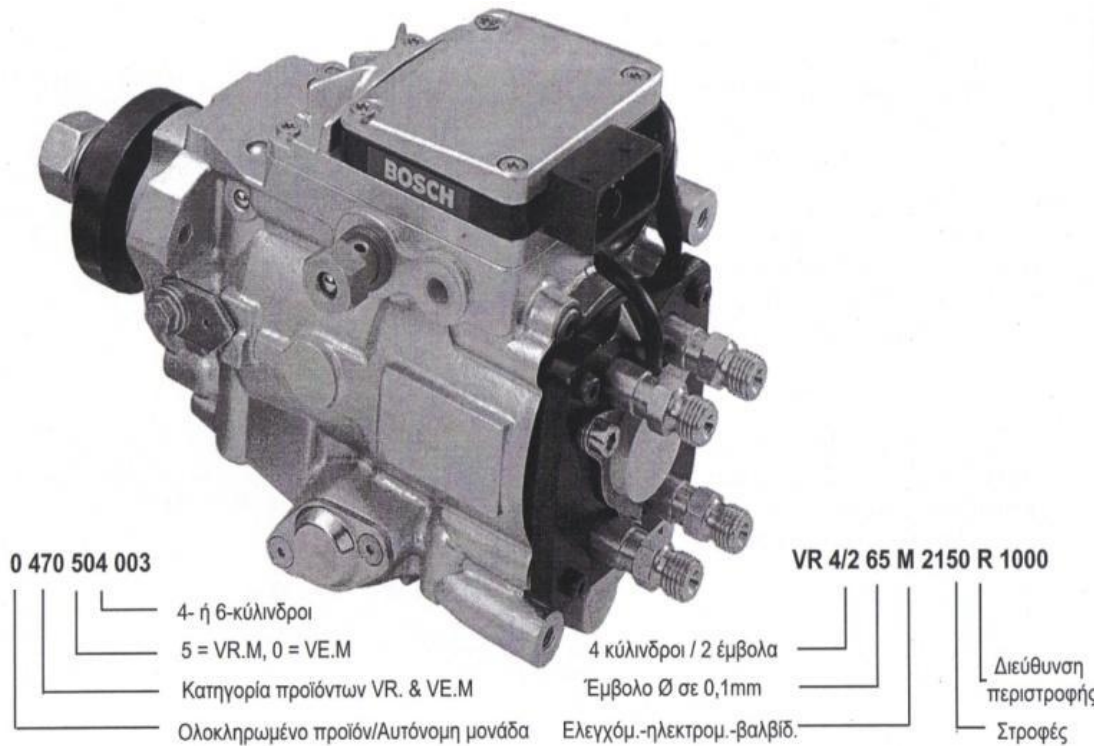


- ΑΣΔ: Άνω Σημείο Διαδρομής
 ΚΣΔ: Κάτω Σημείο Διαδρομής

Εικόνα 3.3.7: Εισαγωγή καυσίμου

3.3.2 : Σύγχρονες περιστροφικές αντλίες

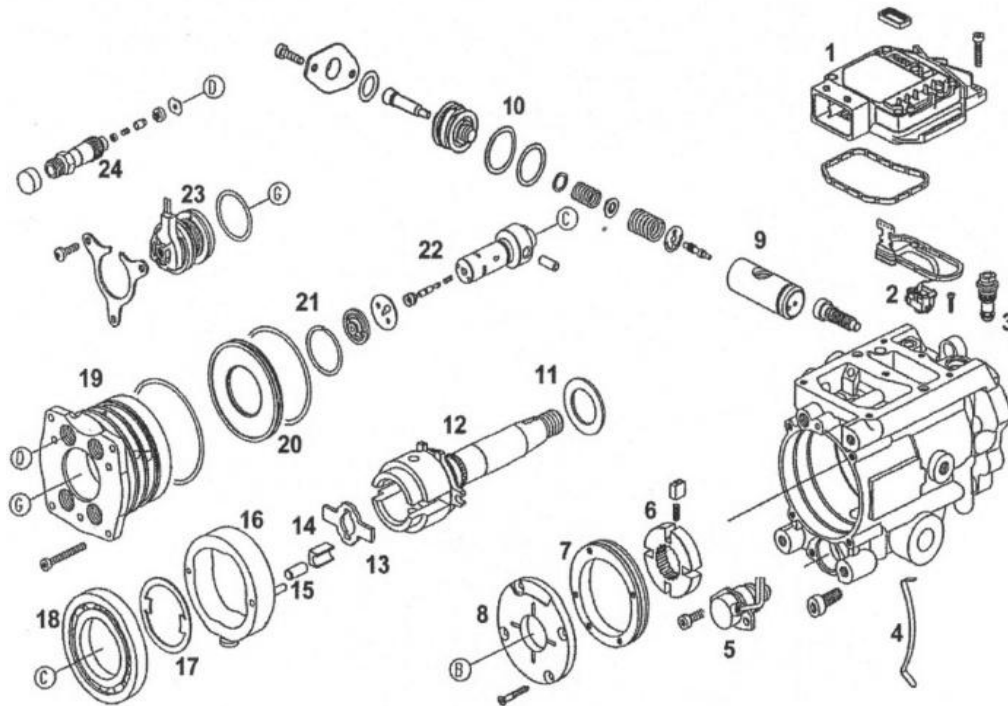
Με την πάροδο του χρόνου, η Bosch έκανε τη μεγάλη βελτίωση στις αντλίες υψηλής πίεσης. Αυτό είναι η αντικατάσταση του μηχανικού ρυθμιστή στροφών με ηλεκτρονικό έλεγχο. Συγκεκριμένα αντικατέστησε την αντλία VE με την VP.(εικόνα 3.3.8)



Εικόνα 3.3.8: Αντλία Bosch VP

Η αντλία Bosch VP είναι παρόμοια με την προηγούμενη, με τη διαφορά ότι έχει Ηλεκτρονική Διαχείριση Κινητήρα (ECU). Αυτός περιλαμβάνει τη μονάδα ελέγχου της αντλίας και τη μονάδα ελέγχου του κινητήρα.

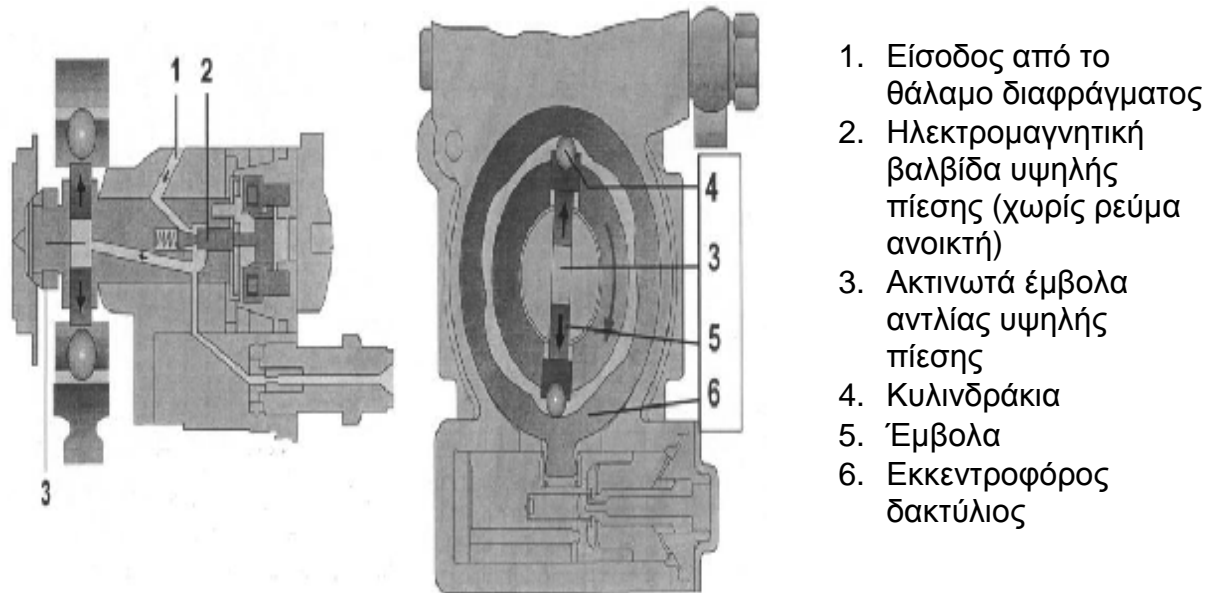
Βασικά εξαρτήματα αντλίας Bosch VP



Εικόνα 3.3.9: βασικά εξαρτήματα της αντλίας Bosch VP 44

1. Εγκέφαλος αντλίας
2. Αισθητήρας γωνίας περιστροφής
3. Βαλβίδα ελέγχου πίεσης
4. Στηρίγματα των καλωδιώσεων
5. Βαλβίδα διάταξη χρονισμού (αβάνς)
6. Τροχός στερέωσης πτερυγίων
7. Έκκεντρος δακτύλιος
8. Πλάκα στήριξης
9. Έμβολο ρυθμιστή αβάνς
10. Υδραυλικό τέρμα
11. Ροδέλα
12. Άξονας κίνησης
13. Πλάκα σύμπλεξης
14. Πέδιλο ράουλων
15. Ράουλο
16. Εκκεντροφόρος δακτύλιος
17. Ροδέλα
18. Ρουλεμάν
19. Κεφαλή διανομής καυσίμων στους εγχυτήρες
20. Διάφραγμα / μεμβράνη
21. Ασφάλεια
22. Άξονας διανομής
23. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
24. Ειδικό ρακόρ βαλβίδας

Κατά ένα μεγάλο ποσοστό τα εξαρτήματα της αντλίας VP είναι τα ίδια με της αντλίας VE. Ο σκοπός της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας είναι να ελέγχει την έναρξη και το τέλος της παροχής, με άλλα λόγια τη ποσότητα του ψεκασμού. Στην εικόνα 3.3.10 βλέπουμε σε τομή πως δημιουργείται η υψηλή πίεση σε μια αντλία Bosch VP44.



1. Είσοδος από το θάλαμο διαφράγματος
2. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα υψηλής πίεσης (χωρίς ρεύμα ανοικτή)
3. Ακτινωτά έμβολα αντλίας υψηλής πίεσης
4. Κυλινδράκια
5. Έμβολα
6. Εκκεντροφόρος δακτύλιος

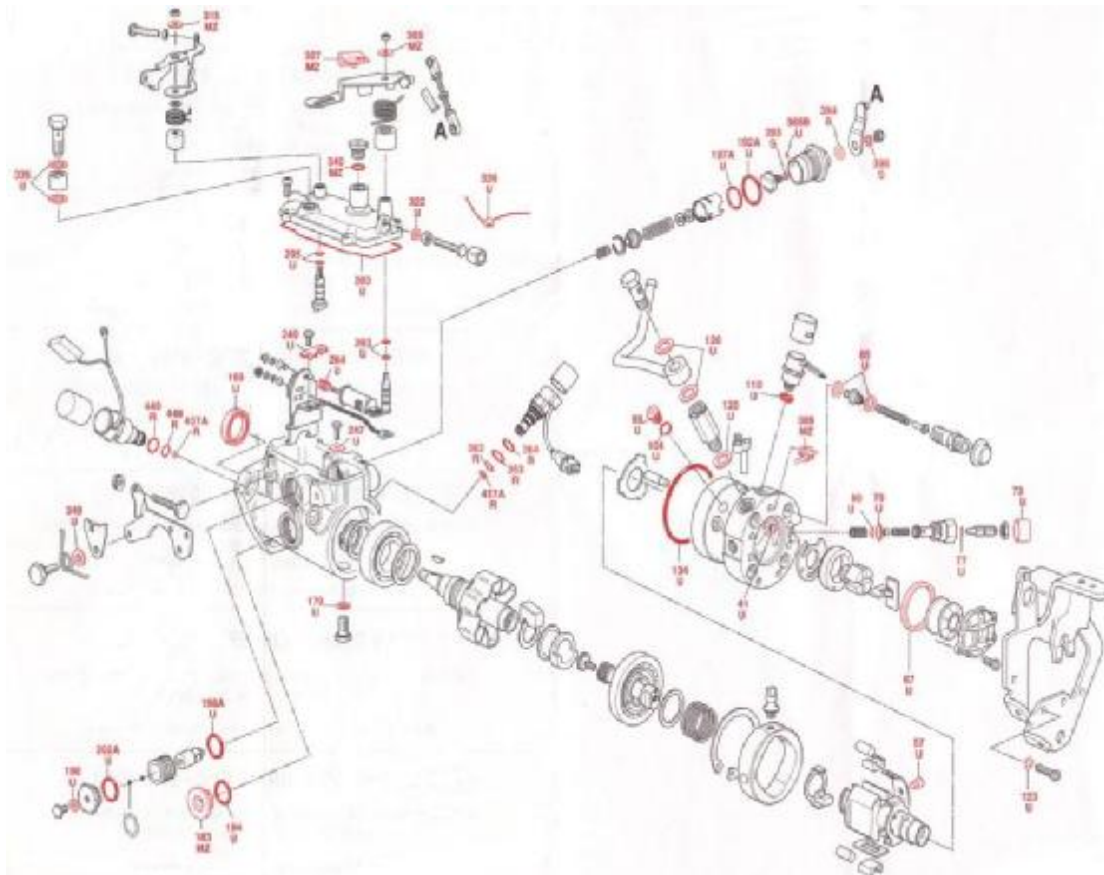
Εικόνα 3.3.10: Τομή αντλίας VP44

Όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα υψηλής πίεσης είναι ανοικτή, η βοηθητική αντλία προωθεί καύσιμο μέσω του θαλάμου διαφράγματος στο θάλαμο υψηλής πίεσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα έμβολα υψηλής πίεσης του άξονα διανομής να πιέζονται στον εκκεντροφόρο δακτύλιο.

Το καύσιμο πιέζεται από τα δύο έμβολα, τα οποία κινούνται μέσω κυλίνδρων από έναν εκκεντροφόρο δακτύλιο μέσω των κυλίνδρων (κυλινδράκια). Η κίνηση μεταδίδεται από έναν άξονα κίνησης. Μέσω της περιστροφικής κίνησης του άξονα τα κυλινδράκια κινούνται πάνω στα έκκετρα του εκκεντροφόρου δακτυλίου και τα έμβολα πιέζονται προς τα μέσα. Έτσι συμπιέζεται το καύσιμο μεταξύ των εμβόλων.

Όλες οι ρυθμίσεις και οι δοκιμές που γίνονται σε αυτές τις αντλίες απαιτούν τα κατάλληλα δοκιμαστήρια, το κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό και την απαραίτητη έγκριση από τους κατασκευαστές.

Σε κάθε επισκευή της αντλίας γίνεται αλλαγή στεγανοποιητικών εξαρτημάτων και φλαντζών, από τους μηχανικούς. Πολλές φορές το σετ τσιμουχών περιλαμβάνει και εικόνα γιατί όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.11, έχουμε μεγάλη ποικιλία.



Εικόνα 3.3.11: αντλία DELPHI σε πλήρη διάταξη

3.4 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Μηχανικός έλεγχος

Στις πετρελαιομηχανές συμπιέζεται μόνο αέρας και όχι το καύσιμο μίγμα όπως στις βενζινομηχανές. Έτσι, ο σωστός ψεκασμός του καυσίμου αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την ομαλή λειτουργία μιας τέτοιας μηχανής. Δηλαδή ο ψεκασμός θα πρέπει να γίνει την κατάλληλη διάρκεια, ενώ η ποσότητα του καυσίμου που θα ψεкаσθεί θα πρέπει να είναι ανάλογη με το φορτίο της μηχανής. Όλα αυτά γίνονται από την αντλία έγχυσης και από ένα κατάλληλο μηχανισμό, τον ρυθμιστή στροφών (ρεγουλατόρος).

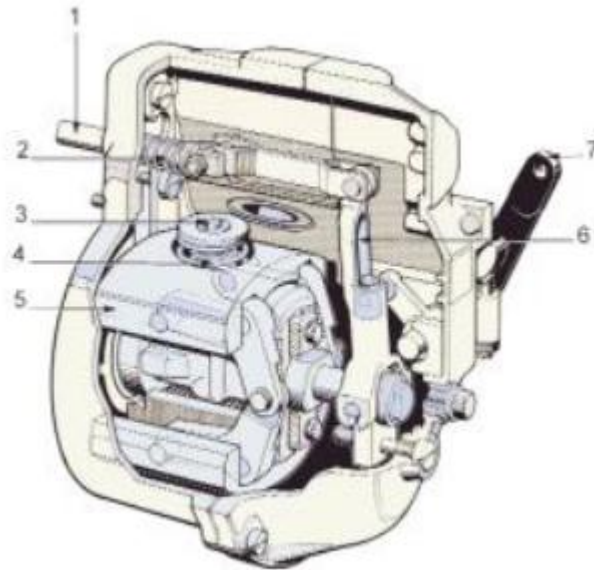
Ο ρυθμιστής στροφών παρεμβάλλεται μεταξύ του πεντάλ του γκαζιού και του οδοντωτού κανόνα (για εμβολοφόρα αντλία τύπου Bosch) ή του κολάρου ελέγχου (για περιστροφική τύπου διανομέα). Φροντίζει, ώστε η ποσότητα του καυσίμου η οποία ψεκάζεται κάθε στιγμή στους κυλίνδρους της μηχανής να είναι αυτή που απαιτείται για το συγκεκριμένο φορτίο, το οποίο πρέπει να αντιμετωπίσει η μηχανή του οχήματος.

Επιπλέον, και με δεδομένο ότι οι πετρελαιομηχανές δουλεύουν με περίσσεια ποσότητα αέρα, αν δεν υπήρχε ο ρυθμιστής στροφών η ταχύτητα περιστροφής των μηχανών αυτών χωρίς φορτίο, θα μπορούσε να αυξάνει ανεξέλεγκτα, προκαλώντας τελικά την καταστροφή της. Για παράδειγμα, αν μια πετρελαιομηχανή ξεκινούσε χωρίς φορτίο, καθώς η θερμοκρασία θα αυξανόταν, οι τριβές της θα μειώνονταν, με αποτέλεσμα αν η ποσότητα του καυσίμου που ψεκαζόταν έμενε σταθερή, η ταχύτητα περιστροφής της μηχανής να αυξανόταν και αυτή, ξεφεύγοντας έτσι από κάθε έλεγχο.

Με τους ρυθμιστές στροφών, εμποδίζεται η ανάπτυξη υπερβολικών ταχυτήτων περιστροφής, αφού ρυθμίζονται, κατά κύριο λόγο, τόσο η μέγιστη και η ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής, όσο και κάθε άλλη ενδιάμεση ταχύτητα.

Τρόπος λειτουργίας

Η κίνηση του οδοντωτού κανόνα ή του κολάρου ελέγχου καθορίζεται συνήθως από ένα μηχανισμό, ο οποίος διαθέτει περιστρεφόμενα αντίβαρα που μετακινούνται, λόγω της φυγόκεντρης δύναμης, ανάλογα με τη ταχύτητα περιστροφής της μηχανής, συμπαρασύροντας έτσι και τον οδοντωτό κανόνα ή το κολάρο ελέγχου αντίστοιχα. (εικόνα 3.4.1α)



1. Ράβδος ελέγχου
2. Ελατήριο
3. Ρυθμιστικό περικόχλιο
4. Ελατήρια αντίβαρων
5. Αντίβαρα
6. Μοχλός
7. Μοχλός ελέγχου

Εικόνα 3.4.1α: Ρυθμιστής στροφών

Ο εκκεντροφόρος της αντλίας έγχυσης περιστρέφει το φυγόκεντρικό μηχανισμό που αποτελείται από δύο αντίβαρα τα οποία συγκρατούνται με τη βοήθεια ελατηρίων προς το κέντρο του μηχανισμού. Όταν το σύστημα με τα αντίβαρα περιστρέφεται, τότε λόγω της φυγόκεντρης δύναμης, αυτά τείνουν να κινηθούν προς τα έξω, παρασύροντας το σύστημα βραχιόνων με τους οποίους είναι συνδεδεμένα.

Αυτή η μετακίνηση των αντίβαρων μεταφέρεται και στον ολισθητήρα ο οποίος μετακινείται μόνο αξονικά και συνδέεται μέσω ενός βραχίονα, με τον οδοντωτό κανόνα της αντλίας έγχυσης, ενώ -ενδιάμεσα- ο βραχίονας αυτός συνδέεται και με το μοχλό ελέγχου με τη βοήθεια του συνδέσμου.

Όπως είναι φανερό από τα παραπάνω, η μετακίνηση των αντίβαρων σε συνδυασμό με τη θέση του μοχλού ελέγχου (δηλαδή θέση πεντάλ γκαζιού) , επηρεάζει καθοριστικά τη θέση του οδοντωτού κανόνα της αντλίας άρα και τη ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται.

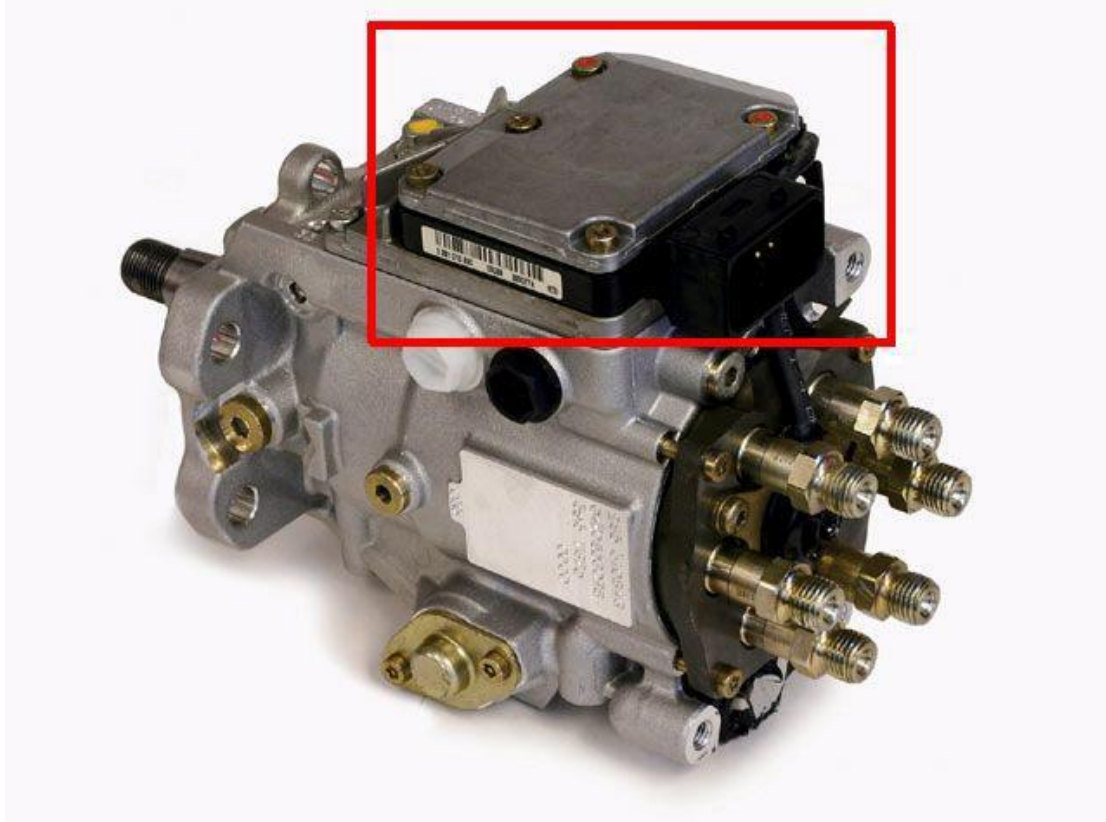
Ηλεκτρονικός έλεγχος

Στους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές στροφών, ένα σύστημα αισθητήρων και ένας μικροϋπολογιστής αναλαμβάνουν κάθε στιγμή τη μέτρηση διάφορων παραμέτρων της λειτουργίας της μηχανής. Συνήθως, οι αισθητήρες αυτοί ελέγχουν τις θερμοκρασίες του ψυκτικού υγρού, του αέρα και του καυσίμου καθώς και τη θέση

που βρίσκεται ο οδοντωτός κανόνας ή το κολάρο ελέγχου, όπως και την ταχύτητα της μηχανής.

Όλα αυτά τα στοιχεία σε συνδυασμό με τις ρυθμίσεις του κατασκευαστή είναι αποθηκευμένα στη μνήμη του μικροϋπολογιστή.

Ειδικότερα, στην αντλία Bosch VP, υπάρχουν ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και αισθητήρες που αναλαμβάνουν τον έλεγχο της αντλίας.



Εικόνα 3.4.1β: Ηλεκτρονικός έλεγχος αντλίας Bosch VP

3.5 : ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ (ΜΠΕΚ)

Για τους εγχυτήρες τα ακροφύσια τους λειτουργούν ως διαφορικές βαλβίδες που φορτίζονται με ελατήριο.

Δηλαδή για όσο χρόνο η βελονοειδής βαλβίδα (βελόνα) παραμένει κλειστή, η πίεση του καυσίμου που δημιουργείται από την αντλία έγχυσης, ασκείται πάνω σε μια επιφάνεια της βαλβίδας μορφής δακτυλίου και η οποία επιφάνεια βρίσκεται στο κάτω μέρος του οδηγού της βαλβίδας και όχι στο άκρο του ακροφυσίου.

Όταν η προς τα επάνω δύναμη –που ασκείται στη βελονοειδή βαλβίδα- υπερβεί τη δύναμη ενός ελατηρίου που την κρατά κλειστή, τότε αυτή (η βαλβίδα) ανυψώνεται από την έδρα της με αποτέλεσμα η πίεση του καυσίμου να ασκείται σε όλη την επιφάνεια της βαλβίδας, η οποία πλέον ανοίγει τελείως και απότομα. Όταν η πίεση του καυσίμου μειωθεί, η βελονοειδής βαλβίδα επανέρχεται στην έδρα της απότομα, ωθούμενη από το ελατήριο.

Κατά τη στιγμή την οποία το καύσιμο περνά από την βελονοειδή βαλβίδα, φτάνει σε κατάλληλα διαμορφωμένα ακροφύσια, που διαθέτουν μια ή περισσότερες οπές, απ' όπου περνώντας εγχύεται και διασπάται σε λεπτά σταγονίδια.

Ο αριθμός των οπών, η διάμετρος και η γωνία έγχυσής τους καθορίζουν τον τρόπο διασκορπισμού του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν, σε μεγάλο βαθμό, την παραγόμενη από τη μηχανή ισχύ, τη λειτουργία

της ίδιας της μηχανής, την εξέλιξη της καύσης, το θόρυβο, την κατανάλωση του καυσίμου και τις εκπομπές των καυσαερίων.

Ανάλογα με τον τύπο του θαλάμου καύσης της μηχανής, αν δηλαδή, υπάρχει προθάλαμος καύσης ή προθάλαμος στροβιλισμού, ή η έγχυση γίνεται απευθείας, επιλέγεται και ο κατάλληλος τύπος εγχυτήρα.

Οι βασικοί τύποι εγχυτήρα είναι οι εγχυτήρες με ακροφύσιο στραγγαλισμού βελόνας και οι εγχυτήρες τύπου οπής.

Οι εγχυτήρες με ακροφύσιο στραγγαλισμού βελόνας χρησιμοποιούνται σε μηχανές που διαθέτουν προθάλαμο καύσης ή προθάλαμο στροβιλισμού. Το ακροφύσιο αυτού του τύπου των εγχυτήρων ψεκάζει σε μορφή ομοαξονικής δέσμης το καύσιμο, ενώ η ποσότητα του ψεκαζόμενου καυσίμου καθορίζεται από το βαθμό ανύψωσης της βελόνας του ακροφυσίου.

Αν η ανύψωση της βελόνας είναι μικρή, τότε αυτή παραμένει μέσα στην οπή του ακροφυσίου και η ποσότητα του ψεκαζόμενου καυσίμου είναι περιορισμένη. Αν όμως η βελόνα ανυψωθεί περισσότερο, η οπή εξόδου του καυσίμου αποκαλύπτεται ολόκληρη και έτσι μπορεί να ψεκαστεί μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου.

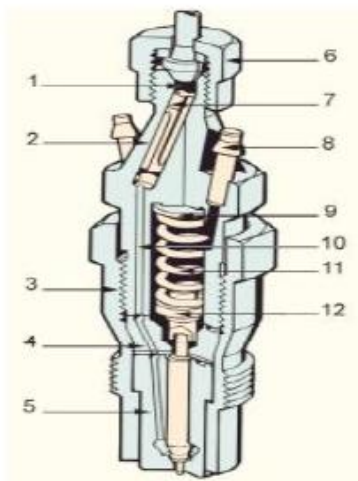
Χαρακτηριστικό του τύπου αυτού του εγχυτήρα είναι ότι στην αρχή της έγχυσης εξέρχεται από το ακροφύσιο μια μικρή μόνο ποσότητα καυσίμου, ενώ προς το τέλος της διαδικασίας αυτής, η ψεκαζόμενη ποσότητα καυσίμου είναι μεγαλύτερη. Η πίεση του ανοίγματος της βελόνας του ακροφυσίου κυμαίνεται μεταξύ 80-125 bar.

Κατά την διάρκεια λειτουργίας μιας πετρελαιομηχανής, δημιουργούνται εξανθρακώματα (κατάλοιπα καύσης), τα οποία φράζουν μερικώς ή ολοκληρωτικά τα ακροφύσια, δημιουργώντας ανωμαλίες στη λειτουργία της μηχανής. Η δημιουργία αυτών των επικαθίσεων στα ακροφύσια των εγχυτήρων εξαρτάται, κυρίως, από την ποιότητα του καυσίμου και τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής.

Παραλλαγή αυτού του τύπου εγχυτήρα είναι ο εγχυτήρας με επίπεδη βελόνα, στον οποίο πρακτικά δεν υπάρχει διάκενο μεταξύ βελόνας και οπής και είναι λιγότερο ευαίσθητος στις επικαθίσεις.

Οι εγχυτήρες τύπου οπής, χρησιμοποιούνται σε μηχανές άμεσης έγχυσης, χωρίς δηλαδή προθάλαμο καύσης ή προθάλαμο στροβιλισμού, και μπορούν να πετύχουν πολύ καλό διασκορπισμό του καυσίμου. Η πίεση ανοίγματος της βελόνας του ακροφυσίου, κυμαίνεται μεταξύ 150-250 bar.

Η βελόνα του ακροφυσίου στο κάτω μέρος της είναι κωνικού σχήματος, εξασφαλίζοντας πολύ καλή στεγανότητα. Αυτού του τύπου το ακροφύσιο μπορεί να διαθέτει μια ή περισσότερες οπές, συμμετρικά τοποθετημένες.



1. Είσοδος καυσίμου
2. Σώμα συγκατήρα
3. Περικόχλιο ακροφυσίου
4. Ενδιάμεσο ροδέλα
5. Ακροφύσιο
6. Ρακόρ και σωλήνας εισόδου καυσίμου
7. Φίλτρο καυσίμου
8. Αγωγός επιστροφής καυσίμου
9. Ροδέλα ρύθμισης πίεσης
10. Δίοδος πίεσης καυσίμου
11. Ελατήριο πίεσης
12. Στέλεχος ελατηρίου πίεσης

Εικόνα 3.5.1 :Πλήρης διάταξη σώματος εγχυτήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ : 4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ COMMON RAIL

4.1 : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εισαγωγή των πρώτων σειρών παράγωγης των αντλιών ψεκασμού το 1927, σημάδεψε την αρχή της ηλεκτρονικής ανάφλεξης πετρελαίου. Το κοινό πρωτότυπο σύστημα rail αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1960 από τον Robert Huber της Ελβετίας και η τεχνολογία αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Dr Marco Ganser στο Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας στη Ζυρίχη, υπό την Ganser-Hydromag AG (est.1995) στο Oberageri.

Η πρώτη επιτυχημένη χρήση έγινε σε όχημα που ξεκίνησε την παραγωγή του στην Ιαπωνία την δεκαετία του 1990. Ο Δρ Shohei Itoh και Masahiko Miyaki της Denso Corporation, ενός Ιάπωνα κατασκευαστή εξαρτημάτων αυτοκινήτων, που αναπτύχθηκε με το κοινό σύστημα καυσίμου των κινητήρων rail για τα βαρέα οχήματα και την μετέτρεψε σε πρακτική χρήση για ECD-U2 συστήματα common-rail τοποθετημένα στο Hino Rising φορτηγό Ranger και πωλούνται για γενική χρήση το 1995. Η Denso ισχυρίζεται την πρώτη εμπορική υψηλή πίεση του κοινού συστήματος rail για το 1995.

Αυτό ήταν εκτενώς πρωτότυπο στη δεκαετία του 1990 με τη συνεργασία μεταξύ Magneti Marelli, Centro Ricerche Fiat και Elasis. Μετά την έρευνα και ανάπτυξη από τον όμιλο Fiat, ο σχεδιασμός ανακτήθηκε από τη γερμανική εταιρεία Robert Bosch GmbH για την ολοκλήρωση της ανάπτυξης και της βελτίωσης της για μαζική παραγωγή. Εκ των υστέρων η πώληση φαίνεται να είναι ένα λάθος τακτικής για την Fiat, γιατί η νέα τεχνολογία είχε αποδειχθεί ιδιαίτερα κερδοφόρα. Η εταιρεία δεν είχε άλλη επιλογή από το να πουλήσει, καθώς ήταν σε άσχημη οικονομική κατάσταση εκείνο το χρόνο και δεν διέθετε τους πόρους για να ολοκληρώσει την ανάπτυξη από μόνη της. Το 1997 θα επεκταθεί η χρήση του για τα επιβατικά αυτοκίνητα. Το πρώτο επιβατικό αυτοκίνητο που χρησιμοποιήθηκε το σύστημα rail ήταν το 1997 σε μοντέλο της Alfa Romeo 156 1.9 JTD, και αργότερα το ίδιο έτος στην Mercedes-Benz C 220 CDI.

4.2 : ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

1997: έγινε για πρώτη φορά στην παγκόσμια αγορά η εισαγωγή του συστήματος common rail στα επιβατικά οχήματα. Η πίεση έγχυσης ήταν στα 1350 bar. Πρώτη εφαρμογή, έγινε στις εκδόσεις της Alfa Romeo και της Mercedes-Benz.

1999: το σύστημα common rail εφαρμόστηκε στα επαγγελματικά οχήματα. Η πίεση έγχυσης ήταν στα 1400 bar. Η πρώτη εφαρμογή έγινε στις εκδόσεις της Renault (RVI).

2001: παρουσιάστηκε η 2η γενιά common rail, για επιβατικά οχήματα που δημιουργούσε περισσότερο οικονομικούς πετρελαιοκινητήρες, φιλικούς στο περιβάλλον, λιγότερο θορυβώδεις και καλύτερης απόδοσης. Η πίεση έγχυσης ήταν στα 1600 bar. Η πρώτη εφαρμογή έγινε στις εκδόσεις Volvo και BMW.

2002: εφαρμόστηκε η 2η γενιά common rail στα επαγγελματικά οχήματα. Παρουσίαζαν χαμηλά επίπεδα ρύπων και μικρότερη κατανάλωση αλλά υψηλότερη απόδοση. Η πίεση έγχυσης ήταν στα 1600 bar. Η πρώτη εφαρμογή έγινε στις εκδόσεις MAN.

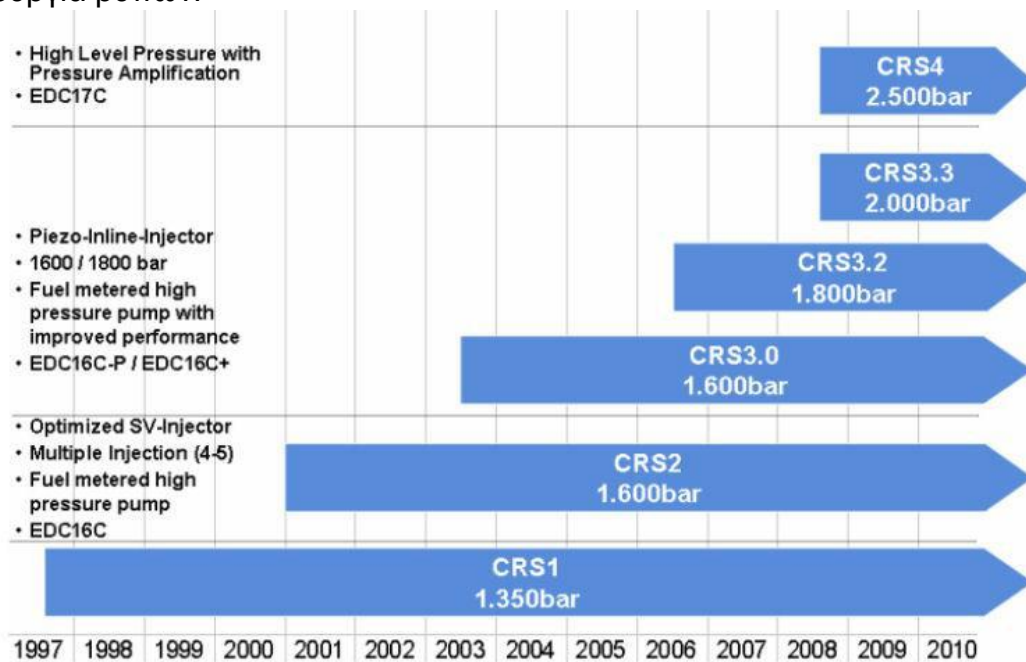
2003: 3η γενιά common rail με άμεσης απόκρισης μπεκ piezo για επιβατικά οχήματα. Παρουσίαζε έως 20% λιγότερους ρύπους, έως 5% περισσότερη δύναμη,

3% μείωση κατανάλωσης και έως 3 db(A) μείωση θορύβου του κινητήρα. Η πίεση έγχυσης έφτανε τα 1600 bar. Η πρώτη εφαρμογή έγινε στις εκδόσεις της Audi.

2006: 3η γενιά common rail με πίεση συστήματος 1800 bar αντί της πίεσης των 1600 bar το οποίο προσφέρει περισσότερες δυνατότητες δημιουργίας “καθαρών” κινητήρων και επιπλέον μεγαλύτερη απόδοση.

Σχετικά με την 4η γενιά Common Rail για τα επιβατικά αυτοκίνητα η Bosch μελετά συστήματα με εφαρμογή πιο υψηλών πιέσεων ψεκασμού.

Το σύστημα Common Rail 4ης γενιάς για βαριά επαγγελματικά αυτοκίνητα λειτουργεί με έναν νέο εγχυτήρα με πολλαπλασιαστή πίεσης. Αυτός συμπυκνώνει τα καύσιμα στον εγχυτήρα στη μέγιστη πίεση των 2.100 bar. Η ιδιαιτερότητά του είναι ότι ο πολλαπλασιαστής πίεσης μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα από το ακροφύσιο έγχυσης. Η δυνατότητα ελεύθερης διαμόρφωσης της μεταβολής της πίεσης μειώνει τη δημιουργία ρύπων.



Εικόνα 4.1: Σύγκριση Πίεσης Common Rail

4.3 : ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ COMMON RAIL

Η μέχρι τότε γνωστή τεχνολογία που ήταν η περιστροφική αντλία ψεκασμού και η εμβολοφόρα αντλία έδινε ταυτόχρονα αύξηση της πίεσης και του χρόνου ψεκασμού χωρίς να προσφέρει τίποτα περισσότερο.

Με το σύστημα ψεκασμού COMMON RAIL κατάφεραν οι τεχνικοί να αποσυνδέσουν τη δημιουργία πίεσης καυσίμου από το χρόνο ψεκασμού.

Η πίεση του καυσίμου δημιουργείται ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα και μπορεί σε κάθε στιγμή να ρυθμιστεί και να επιλεγεί πίεση από 250bar μέχρι 2000bar περίπου.

Ο χρόνος ψεκασμού ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα μέσα από γρήγορα ηλεκτρικά ενεργοποιούμενα μπεκ, που δίνουν τη δυνατότητα να γίνεται ψεκασμός καυσίμου κατά βούληση, όπως επιθυμούσαν οι τεχνικοί για να κάνουν το πετρελαιοκινητήρα λιγότερο ρυπαρό, αθόρυβο και οικονομικό.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του συστήματος Common Rail σε σχέση με τα άλλα συστήματα είναι:

- ▶ Η κατασκευή του συστήματος με μεμονωμένα εξαρτήματα βοηθάει στην ανεξάρτητη σχεδίαση, μελέτη και κατασκευή των εξαρτημάτων αυτών και μειώνει το κόστος κατασκευής, επισκευής και συντήρησης.
- ▶ Υπάρχει δυνατότητα να επιλέγει το σύστημα την πίεση και το χρόνο ψεκασμού.
- ▶ Με την υψηλή πίεση ψεκασμού μπορεί να γίνει σχεδόν πλήρης καύση.
- ▶ Με την δυνατότητα πλήρη ελέγχου του ψεκασμού μπορεί να υπάρχει προέγχυση καυσίμου λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν το κανονικό ψεκασμό, προθερμαίνοντας έτσι το χώρο καύσης.
- ▶ Η βασική προέγχυση και ανάφλεξη δεν γίνεται ακαριαία, είναι πιο “προοδευτική” και έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται ο θόρυβος λειτουργίας και τα οξειδία του αζώτου (NOx).
- ▶ Ο ελεγχόμενος και γρήγορος ψεκασμός που πραγματοποιείται με ηλεκτρικά μπεκ, συμβάλλει στη καθαρή καύση.
- ▶ Υπάρχει δυνατότητα πριν το τέλος της καύσης να ψεκασθεί καύσιμο στο κύλινδρο με σκοπό τη μείωση των ρύπων του οξειδίου του αζώτου.
- ▶ Μεταβλητή εκκίνηση ψεκασμού. Η δημιουργία πίεσης και ο ψεκασμός δεν έχουν άμεση σχέση.
- ▶ Πιλοτικός ψεκασμός (προέγχυση).
- ▶ Η πίεση ψεκασμού προσαρμόζεται στις συνθήκες λειτουργίας. Η πίεση ψεκασμού, που παράγεται, μπορεί να είναι ανεξάρτητη από τον αριθμό στροφών του κινητήρα και τη ποσότητα ψεκασμού.
- ▶ Πολύ μικρές μεταβολές της πίεσης κατά τη διάρκεια του ψεκασμού.
- ▶ Ηλεκτρονική διαχείριση μέσω εγκεφάλου.
- ▶ Μεγαλύτερη ροπή.
- ▶ Μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.
- ▶ Μικρότερος θόρυβος κατά τη καύση.
- ▶ Λιγότερες εκπομπές καυσαερίων.
- ▶ Υψηλότερη απόδοση.
- ▶ Εφαρμογή : ΙΧ και ελαφρά επαγγελματικά οχήματα.
- ▶ Ρύθμιση : ηλεκτρονική, μαγνητικές βαλβίδες, πιεζοηλεκτρικοί ενεργοποιητές.

4.4 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σύστημα Common Rail της 1ης γενιάς αποτελείται από :

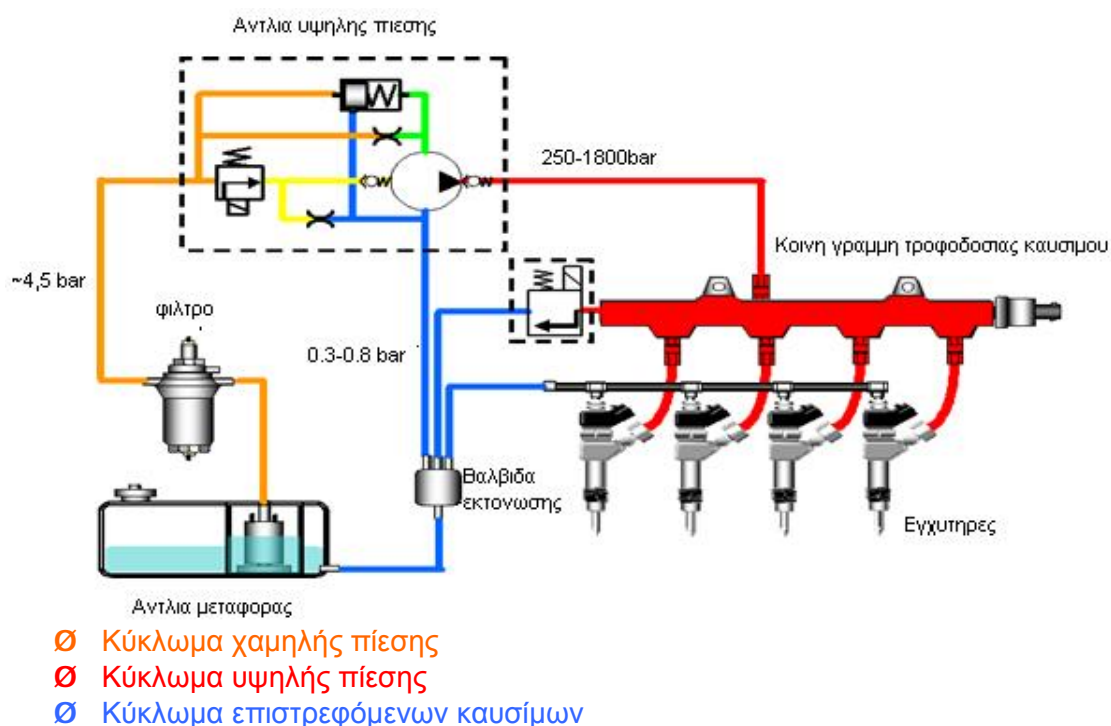
- Προ-φίλτρο
- φίλτρο καυσίμου
- Ρεζερβουάρ
- Αντλία χαμηλής πίεσης, ηλεκτρική εξωτερικά στο ρεζερβουάρ
- Βαλβίδα ρύθμισης πίεσης
- Αγωγός τροφοδοσίας (Common Rail)
- Αντλία υψηλής πίεσης
- Εγχυτήρες (μπεκ)
- Αισθητήρας θερμοκρασίας πετρελαίου

- Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού
- Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα
- Αισθητήρας εκκεντροφόρου
- Μετρητής ροής αέρα
- Αισθητήρας ψυκτικού υγρού
- Αισθητήρας πίεσης αγωγού
- Αισθητήρας στροφάλου
- Αισθητήρας πεντάλ γκαζιού
- Διακόπτης φρένου
- Διακόπτης συμπλέκτη

Η διαφορά με το σύστημα Common Rail της 2ης γενιάς, εκτός από την πίεση έγχυσης, είναι η αντλία χαμηλής πίεσης που είναι ηλεκτρική εσωτερικά στο ρεζερβουάρ.

Ενώ το σύστημα Common Rail της 3ης γενιάς διαφέρει εκτός από τη πίεση έγχυσης, στο ότι η αντλία χαμηλής πίεσης βρίσκεται πάνω στην αντλία υψηλής πίεσης και στη βαλβίδα ασφαλείας.

Το όλο σύστημα χωρίζεται σε τρία υποσυστήματα ως προς τη κυκλοφορία του καυσίμου (εικόνα 4.2): στο υποσύστημα καυσίμου χαμηλής πίεσης, στο υποσύστημα καυσίμου υψηλής πίεσης και στο υποσύστημα επιστρεφόμενου καυσίμου.



Εικόνα 4.2 : Κύκλωμα COMMON RAIL

Η αντλία χαμηλής πίεσης (5-10bar, η οποία ρυθμίζεται στα 4,5 περίπου) ρουφά το καύσιμο από το ρεζερβουάρ το οποίο όμως περνά πρώτα από ένα φίλτρο που αποτελείται από πορώδες υλικό (χαρτί, μέταλλο ή κεραμικό) με διαπερατότητα 3-6μm. Αξίζει να σημειωθεί πως το φίλτρο αυτό μαζί με τις υδατοπαγίδες συγκρατούν την υγρασία που υπάρχει στο πετρέλαιο και μπορεί να καταλήξει στη καταστροφή

πανάκριβων εξαρτημάτων, όπως είναι οι αυτολιπαινόμενες αντλίες. Εν συνεχεία, η γρاناζωτή αντλία στέλνει το καθαρισμένο πετρέλαιο στο κύκλωμα υψηλής πίεσης, με σταθερή παροχή (περίπου 100-200 λίτρα/ώρα). Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει ηλεκτρική αντλία που στέλνει το καύσιμο από τον κινητήρα χωρίς να γίνεται αναρρόφηση από την γρاناζωτή. Επειδή η ποσότητα του πετρελαίου είναι αρκετές φορές μεγαλύτερη από όσο απαιτείται το πλεονάζον επιστρέφει από μια βαλβίδα τύπου by pass στο ρεζερβουάρ την στιγμή που μια δεύτερη διατηρεί σταθερή την εσωτερική πίεση (στη ίδια την αντλία) ανεξάρτητα από τις στροφές της.

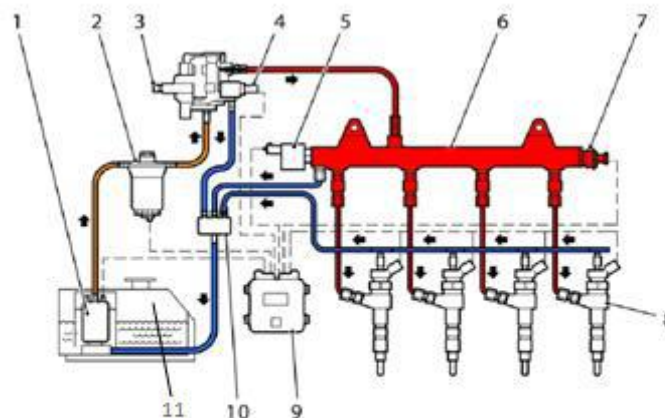
Κατόπιν, η αντλία υψηλής πίεσης, διανέμει το καύσιμο, προς το κάθε κύλινδρο, μέσα από ξεχωριστά rail. Ο αριθμός των παλινδρομήσεων που πραγματοποιεί το έμβολο της αντλίας, κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης περιστροφής του άξονα του, ισούται με τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα. Σε μεγαλύτερη ποσότητα το καύσιμο προωθείται από εκεί προς το διακλαδωτή rail στον οποίο “θεωρητικά” επικρατούν σταθερές συνθήκες πίεσης λόγω του όγκου του καυσίμου που υπάρχει στο κύκλωμα. Η πίεση ρυθμίζεται ηλεκτρονικά από την ECU, μέσω του αισθητήρα πίεσης, και συνήθως κυμαίνεται από 250 έως 2400 bar, ανάλογα με το φορτίο και τις στροφές του κινητήρα. Η έναρξη του ψεκασμού καθορίζεται επίσης από την ECU που ενεργοποιεί τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Όπως είναι κατανοητό η ποσότητα του καυσίμου που θα ψεκαστεί στο θάλαμο καύσης καθορίζεται από τη χρονική διάρκεια όπου το μπεκ θα παραμείνει ανοιχτό. Το σύστημα common rail προσφέρει μεγάλα πλεονεκτήματα όπως η δυνατότητα υψηλών πιέσεων ψεκασμού, η μεταβαλλόμενη πίεση ψεκασμού ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα και η ευκολία τοποθέτησης του όλου συστήματος.

Στην επιστροφή του το καύσιμο περνάει από ένα ψυγείο καυσίμου γιατί από την υψηλή πίεση κατάθλιψη η θερμοκρασία του ανεβαίνει στους 130°C, η θερμοκρασία του καυσίμου πέφτει με τη βοήθεια του ψυκτικού υγρού του κινητήρα στους 80°C, στη συνέχεια το καύσιμο επαναψύχεται σε ένα δεύτερο ψυγείο χαμηλότερης θερμοκρασίας.



Εικόνα 4.3: Σύστημα Common Rail της Delphi

Ηλεκτρονικός έλεγχος συστήματος έγχυσης καυσίμου



Εικόνα 4.4: Κύκλωμα COMMON RAIL

1. Αντλία χαμηλής πίεσης
2. Φίλτρο καυσίμου
3. Αντλία υψηλής πίεσης
4. ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης καυσίμου
5. Βαλβίδα ελέγχου πίεσης καυσίμου
6. Κοινή γραμμή τροφοδοσίας καυσίμου - Common Rail
7. Αισθητήρας πίεσης καυσίμου
8. Εγχυτήρας - μπεκ
9. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
10. Βαλβίδα εκτόνωσης επιστρεφόμενου καυσίμου
11. Ρεζερβουάρ

Σύμφωνα με τα σήματα εισόδου των αισθητήρων του συστήματος και ανάλογα με τις απαιτήσεις του οδηγού, η μονάδα ελέγχου ECU ελέγχει την απόδοση και τη λειτουργία του κινητήρα σε κάθε δεδομένη στιγμή. Η μονάδα ελέγχου ECU λαμβάνει σήματα από τους διάφορους αισθητήρες μέσω των γραμμών επικοινωνίας δεδομένων (GMLAN) και στη συνέχεια εκτελεί ακριβή έλεγχο της σχέσης αέρα – καυσίμου, βάση των σημάτων αυτών. Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα υπολογίζεται μέσω του αισθητήρα στροφαλοφόρου άξονα, ενώ η θέση των εμβόλων και η σειρά καύσης, μέσω του αισθητήρα εκκεντροφόρου άξονα. Τα σήματα αυτά μεταφέρονται στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας της μονάδας ελέγχου ECU και σε συνδυασμό με το σήμα του αισθητήρα του πεντάλ του γκαζιού, πραγματοποιείται κάθε φορά ο έλεγχος. Επιπρόσθετα, πληροφορίες λαμβάνονται από τον αισθητήρα μέτρησης της μάζας αέρα MAF, μέσω του οποίου ανιχνεύονται οι στιγμιαίες αλλαγές της μάζας του αέρα και εκτελούνται ακριβείς έλεγχοι στο σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων EGR.

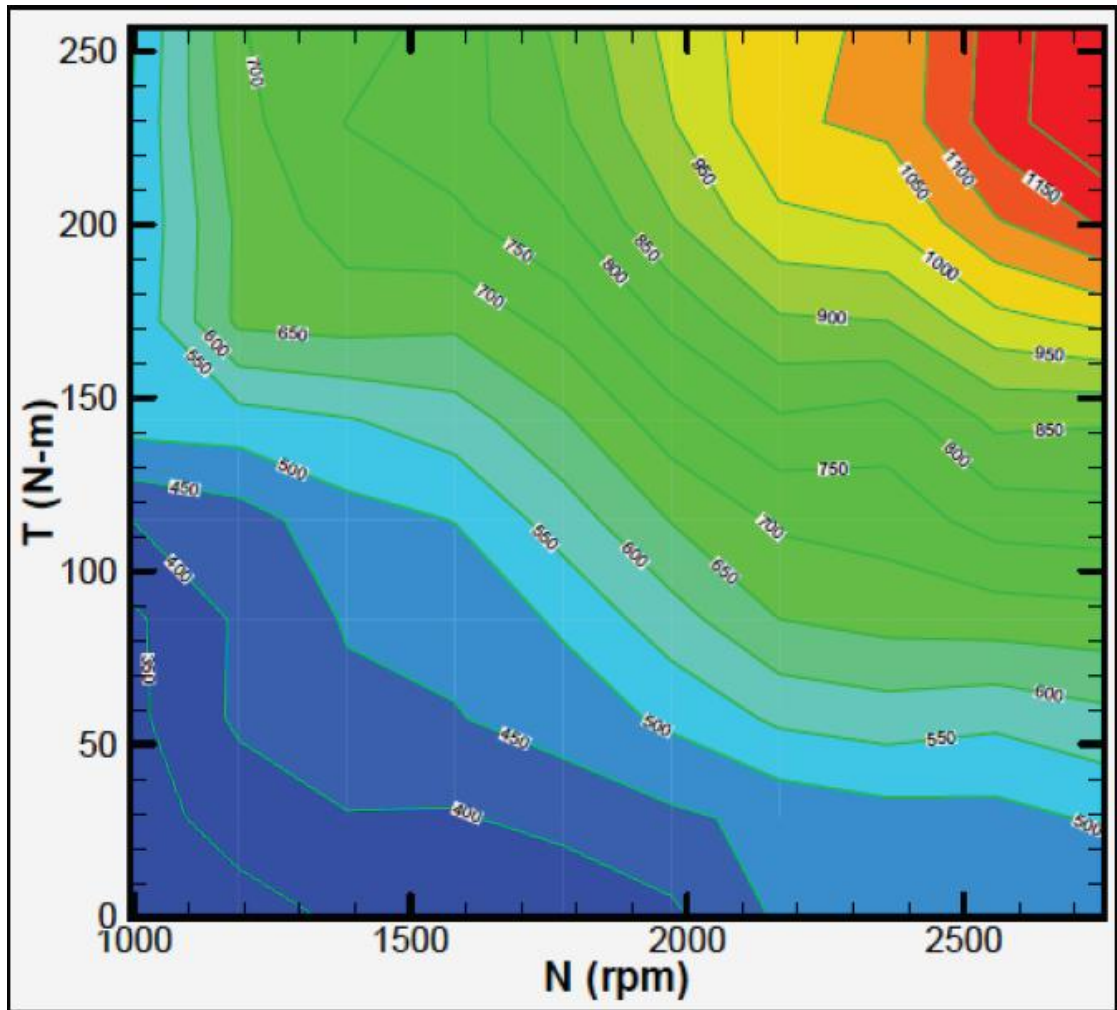
Ειδικότερα η μονάδα ελέγχου ECU ελέγχει την αναλογία αέρα – καυσίμου ανάλογα με τις αλλαγές της μάζας του αέρα, ώστε να επιτυγχάνονται οι χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων, σε συνεργασία με τη βαλβίδα ανακύκλωσης καυσαερίων

EGR. Επιπρόσθετα σήματα λαμβάνονται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού, τον αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα, τον αισθητήρα πίεσης καυσίμου και τον αισθητήρα ατμοσφαιρικής πίεσης. Τα σήματα αυτά λειτουργούν ως αντισταθμιστικοί παράγοντες στην έναυση του ψεκασμού, στις τιθέμενες τιμές του πιλοτικού ψεκασμού, στις μεταβλητές του συστήματος και σε διάφορες λειτουργίες που αφορούν το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα. Τέλος, πληροφορίες λαμβάνονται και από τις χαρτογραφημένες καθορισμένες τιμές προέγχυσης των διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας.

Τα στοιχεία του συστήματος, είναι σχεδιασμένα να παράγουν και να διανέμουν καύσιμο υψηλής πίεσης μέσω ηλεκτρονικού ελέγχου από τη μονάδα ελέγχου ECU.



Εικόνα 4.5: Ηλεκτρονική Μονάδα Διαχείρισης Κινητήρα (ECU)

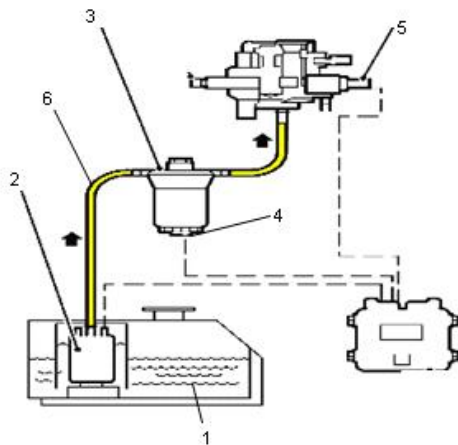


Εικόνα 4.5.α :

Διάγραμμα για τιμές πίεσης ψεκασμού πετρελαίου στο θάλαμο καύσης με βάση τον στροφών του κινητήρα και το φορτίο του.

4.5 : ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Στο υποσύστημα χαμηλής πίεσης, η αντλία τροφοδοσίας αναρροφά το καύσιμο από τη δεξαμενή καυσίμου, στη συνέχεια το καύσιμο περνά από το κύριο φίλτρο καυσίμου, τροφοδοτώντας την αντλία υψηλής πίεσης με μια ρυθμιζόμενη πίεση από μια βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης, περίπου 4.5bar. (εικόνα 4.6)

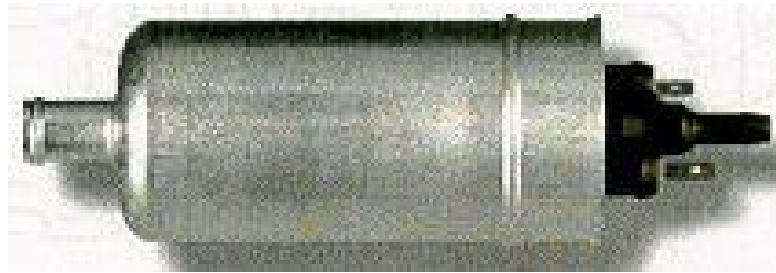


1. Ρεζερβουάρ
2. Αντλία χαμηλής πίεσης
3. Φίλτρο καυσίμου
4. Αισθητήρας νερού
5. Ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης καυσίμου
6. Σωληνώσεις κυκλώματος χαμηλής πίεσης

Εικόνα 4.6: Κύκλωμα χαμηλής πίεσης

Αντλία μεταφοράς καυσίμου

Η αντλία μεταφοράς καυσίμου είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και τη συνεχή διανομή του καυσίμου από το ντεπόζιτο στην αντλία υψηλής πίεσης μέσω του φίλτρου.

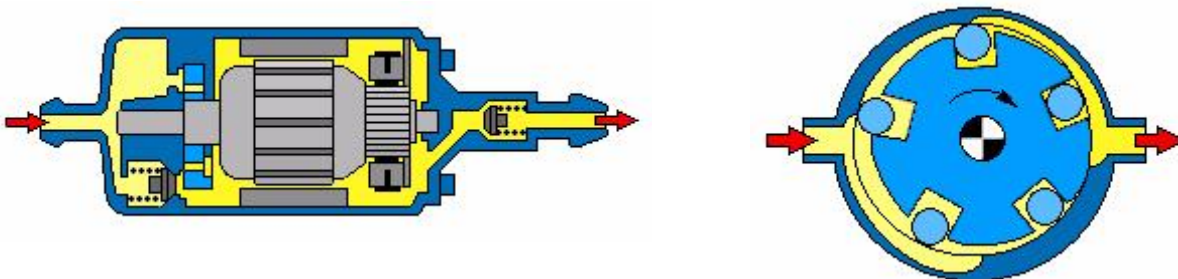


Εικόνα 4.8: Ηλεκτρική αντλία

Η βοηθητική αντλία πετρελαίου είναι εξωτερική κοντά στο ρεζερβουάρ στο Common Rail 1ης γενιάς και εσωτερική στο ρεζερβουάρ της 2ης γενιάς. Όταν σβήσει (απενεργοποιηθεί), διακόπτεται η τροφοδοσία καυσίμου και σβήνει ο κινητήρας.

Αποτελείται από ένα ηλεκτρικό μοτέρ που κινεί μία αντλία (με κυλινδράκια) που αναρροφά καύσιμο από το ρεζερβουάρ. Η αντλία ψύχεται από το καύσιμο. Στην έξοδό της υπάρχει μία ανεπίστροφη βαλβίδα.

Η αντλία κινείται από ένα ηλεκτρικό μοτέρ. Έχει έκκεντρο ρότορα με εγκοπές μέσα στις οποίες κινούνται ελεύθερα τα κυλινδράκια. Το καύσιμο εισέρχεται από την ειδικά διαμορφωμένη εισαγωγή μέσα στο θάλαμο που σχηματίζεται από τον ρότορα και το κέλυφος. Σταδιακά μειώνεται ο όγκος του θαλάμου και με αυτό τον τρόπο συμπιέζεται το καύσιμο μέχρι να εξέλθει από την εξαγωγή της αντλίας.



Εικόνα 4.8.: Αντλία μεταφοράς καυσίμου

Ρεζερβουάρ

Το ντεπόζιτο καυσίμου είναι κατασκευασμένο από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο και φέρει εκτονωτική βαλβίδα αναθυμιάσεων για την αποφυγή υπερβολικής ανάκτησης πίεσης. Η δομή και η κατασκευή του ντεπόζιτου εξασφαλίζει την ομαλή παροχή του καυσίμου κάτω από όλες τις συνθήκες ενώ ταυτόχρονα εμποδίζεται και πιθανή υπερχειλίση (βαλβίδα προστασίας υπερχειλίσης).

η



1. Βαλβίδα προστασίας υπερχειλίσης
2. Αντλία χαμηλής πίεσης
3. Βοηθητική αντλία
4. Εκτονωτική βαλβίδα αναθυμιάσεων

Εικόνα 4.9: Ντεπόζιτο

Φίλτρο καυσίμου

Το καύσιμο που απαιτείται από το σύστημα ψεκασμού Common Rail πρέπει να είναι καθαρό και ποιοτικό. Τυχόν ύπαρξη ξένων σωματιδίων στο καύσιμο, ενδέχεται να προκαλέσει ζημιά στην αντλία, στα στοιχεία ελέγχου ή τους εγχυτήρες. Το φίλτρο καυσίμου φροντίζει να καθαρίζει το καύσιμο πριν φτάσει στην αντλία υψηλής πίεσης ώστε να αποφευχθεί κίνδυνος βλάβης, διαχωρίζει το νερό από το καύσιμο ώστε να μην εισαχθεί στο σύστημα υψηλής πίεσης, ενώ επιπρόσθετα μέσω του θερμαντήρα επιτυγχάνει και τη θέρμανση του καυσίμου. Η απόδοση του κινητήρα επηρεάζεται και εξαρτάται από την ποιότητα του καυσίμου, γεγονός που καθιστά την ύπαρξη του φίλτρου απαραίτητη.

Το πετρέλαιο ενδέχεται να περιέχει νερό εξαιτίας της συμπύκνωσης που παρατηρείται με τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Το νερό αυτό που προέρχεται από τη συμπύκνωση μπορεί να διαβρώσει και να καταστρέψει το σύστημα ψεκασμού. Για το λόγο αυτό, στους πετρελαιοκινητήρες Common Rail έχει προστεθεί η λειτουργία του περιοδικού στραγγαλισμού του νερού.



1. Κυρίως φίλτρο
2. Διακόπτης θερμοκρασίας καυσίμου
3. Αισθητήρας υδατοπαγίδας
4. Θερμαντικό στοιχείο καυσίμου
5. Αντλία εξαέρωσης

Εικόνα 4.10: Φίλτρο καυσίμου

Αισθητήρας Ανίχνευσης Νερού

Ο αισθητήρας ανίχνευσης νερού είναι τοποθετημένος στο κάτω τμήμα του κελύφους της διάταξης του φίλτρου καυσίμου και αποστέλλει σήμα ενεργοποίησης της προειδοποιητικής λυχνίας ύπαρξης νερού στη μονάδα ελέγχου ECU, όταν η στάθμη του νερού φτάσει σ' ένα συγκεκριμένο επίπεδο (πάνω από 95 cc), έτσι ώστε ο οδηγός να προβεί σε αποστράγγιση. Στις περιπτώσεις ενεργοποίησης της ενδεικτικής λυχνίας ανίχνευσης νερού, η μονάδα ελέγχου ECU θέτει το σύστημα σε κατάσταση ασφαλείας και η ροπή του κινητήρα μειώνεται κατά 20%.

Ο αισθητήρας λειτουργεί με τη βοήθεια ενός πλωτήρα. Ο πλωτήρας έχει μικρότερη πυκνότητα από αυτήν του νερού και μεγαλύτερη από αυτήν του πετρελαίου. Έτσι σε κάθε φάση ο πλωτήρας θα επιπλέει πάνω στη στάθμη του νερού και όχι σε αυτή του πετρελαίου. Όταν η στάθμη του νερού ανέβει πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο, θα ανέβει ο πλωτήρας και ο αισθητήρας θα διακόψει την παροχή τάσης στη μονάδα ελέγχου ενώ η ενδεικτική λυχνία ύπαρξης νερού στον πίνακα οργάνων θα ενεργοποιηθεί. Ο αισθητήρας δεν επηρεάζεται από τις απότομες

μεταβολές και κινήσεις των υγρών, ώστε να ενεργοποιεί αμέσως την ενδεικτική λυχνία.

Όταν η στάθμη του νερού είναι χαμηλή, θα είναι και ο πλωτήρας χαμηλά. Ο αισθητήρας αποστέλλει σήμα τάσης 12V στη μονάδα ελέγχου και η ενδεικτική λυχνία ανίχνευσης νερού παραμένει απενεργοποιημένη.

Θερμαντήρας Καυσίμου

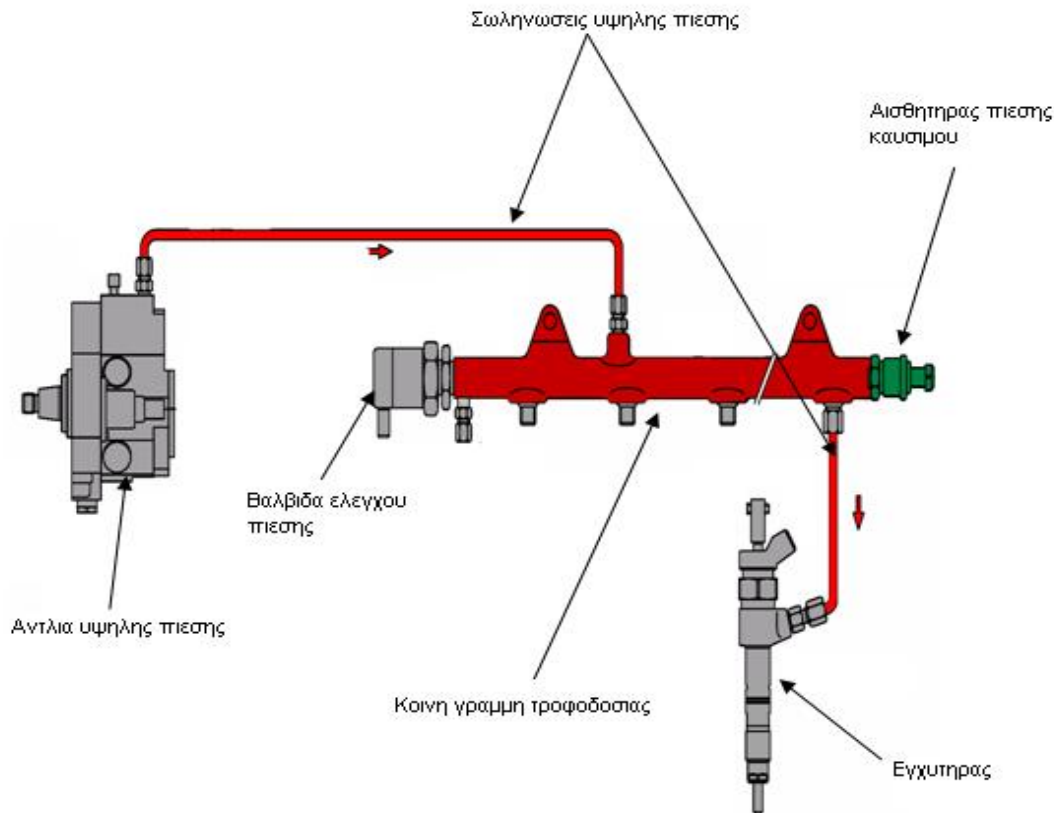
Εξαιτίας των χαρακτηριστικών του πετρελαίου, μερικά συστατικά του στερεοποιούνται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται δύσκολο ή και καθόλου ξεκίνημα, ή ακόμη και σβήσιμο του κινητήρα. Για την εξάλειψη αυτού του προβλήματος χρησιμοποιείται ο θερμαντήρας καυσίμου, ο οποίος είναι ενσωματωμένος στην τάπα διάταξης του φίλτρου και αποτελείται από 3 θερμίστορ. Όταν η θερμοκρασία του καυσίμου πέσει κάτω από τους 3 °C, τότε η μονάδα ελέγχου ενεργοποιεί τον θερμαντήρα, έτσι ώστε αυτός να θερμάνει το καύσιμο.

Η μονάδα ελέγχου λαμβάνει την πληροφορία της θερμοκρασίας καυσίμου, ώστε να ενεργοποιήσει το θερμαντήρα. Ταυτόχρονα βάση αυτού του σήματος, ρυθμίζει το χρόνο και την ποσότητα έγχυσης.

Σε περίπτωση βλάβης του αισθητήρα θερμοκρασίας καυσίμου, ο θερμαντήρας καυσίμου θα ενεργοποιηθεί βάση του σήματος του αισθητήρα ψυκτικού υγρού του κινητήρα (κάτω από 4 °C), ενώ όταν η θερμοκρασία του καυσίμου φτάσει τους 97 °C, η μονάδα ελέγχου θα διακόψει τη λειτουργία του κινητήρα.

4.6 : ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

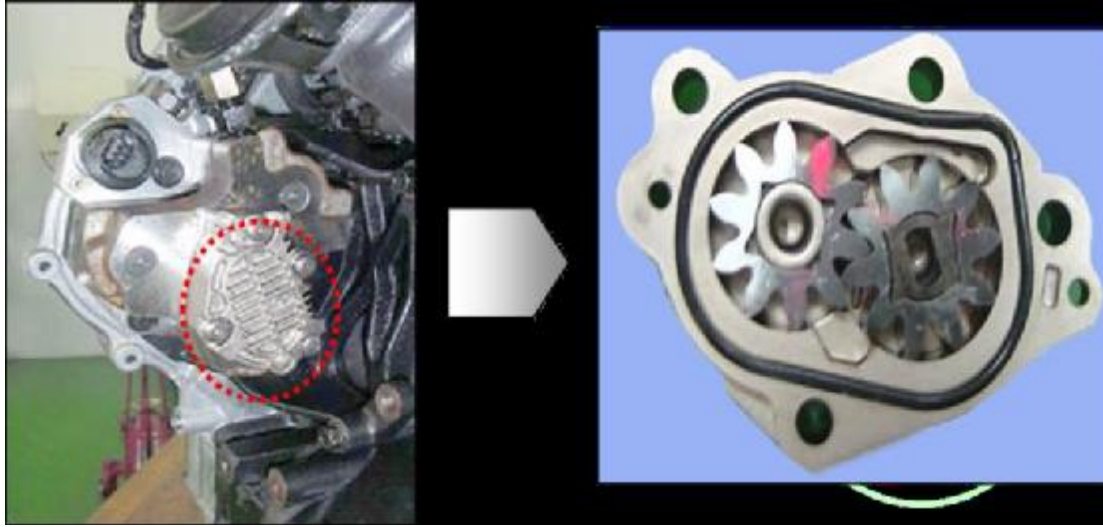
Ο κύριος ρόλος του κυκλώματος υψηλής πίεσης είναι η παραγωγή, αποθήκευση και παροχή επαρκούς πίεσης καυσίμου για τη λειτουργία κάθε εγχυτήρα.



Εικόνα 4.11: Κύκλωμα Υψηλής πίεσης

Βοηθητική αντλία

Στο σύστημα Common Rail 3ης γενιάς, η βοηθητική αντλία βρίσκεται ενσωματωμένη στην αντλία υψηλής πίεσης. (εικόνα 4.12)



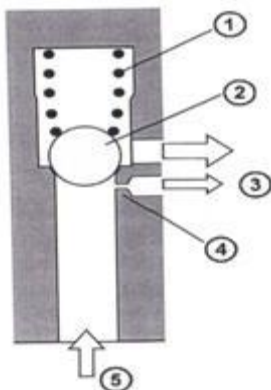
Εικόνα 4.12: Βοηθητική αντλία

Η βοηθητική αντλία αποτελείται από ένα εσωτερικό γρανάζι με 6 δόντια και ένα εξωτερικό γρανάζι με 7 δόντια, τα οποία περιστρέφονται σε διαφορετικούς άξονες περιστροφής.

Το εσωτερικό γρανάζι παίρνει κίνηση από τον άξονα κίνησης της αντλίας υψηλής πίεσης και σε ανταπόδοση περιστρέφει το εξωτερικό γρανάζι. Ως αποτέλεσμα, το καύσιμο προωθείται στα μεγάλα διαστήματα και εκεί συμπιέζεται καθώς τα διαστήματα αυτά μικραίνουν με τη περιστροφή, ενώ το καύσιμο κινείται προς την έξοδο. Καθώς η αντλία κινείται από το κινητήρα, η ποσότητα της παροχής ρυθμίζεται βάσει των στροφών του κινητήρα.

Ρυθμιστική Βαλβίδα Υπερχείλισης

Η βαλβίδα υπερχείλισης ρυθμίζει την ποσότητα του καυσίμου, το οποίο επιστρέφει στο ρεζερβουάρ. Επιπλέον, η βαλβίδα επιστροφής επιτρέπει τον αυτόματο εξαερισμό της αντλίας. Η βαλβίδα είναι ενσωματωμένη στην αντλία υψηλής πίεσης και αποτελείται από ένα στραγγαλιστικό και μια μπίλια με πιεσμένο ελατήριο. Εάν η εσωτερική πίεση της αντλίας είναι χαμηλότερη από μία τιμή (όριο), καύσιμο επιστροφής ρέει μέσω του στραγγαλιστικού στο σωλήνα επιστροφής καυσίμου και από εκεί πίσω στο ρεζερβουάρ. Εάν αυτή η εσωτερική πίεση ξεπεράσει κάποια οριακή τιμή, η μπίλια με τη βαλβίδα ανοίγει και το καύσιμο επιστροφής μεταφέρεται πίσω στο ρεζερβουάρ καυσίμου με μεγαλύτερη ροή.



1. Ελατήριο
2. Σφαιρίδιο βαλβίδας
3. Προς το δοχείο καυσίμου
4. Άνοιγμα ρύθμισης ροής
5. Από το εσωτερικό της αντλίας

Εικόνα 4.13: Βαλβίδα υπερχείλισης

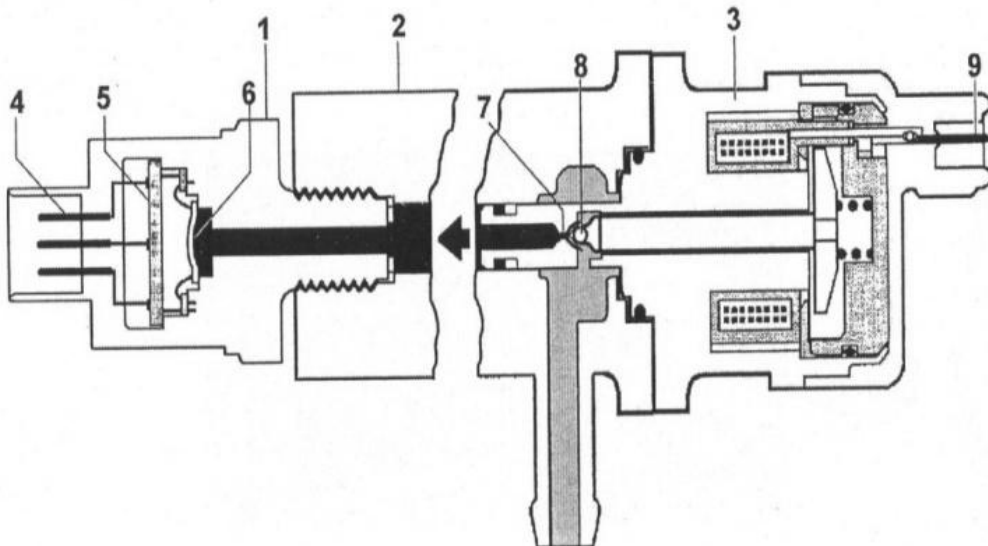
Ρυθμιστική Βαλβίδα Πίεσης Καυσίμου

Βρίσκεται πάνω στην αντλία υψηλής πίεσης ή στον αγωγό κοινής τροφοδοσίας, ανάλογα με τη γενιά του Common Rail και του κατασκευαστή.

Ρυθμίζει τη πίεση του καυσίμου στο τελείωμα του εμβόλου της αντλίας όπου αρχίζει η ροή της υψηλής πίεσης. Με αυτόν το τρόπο ρυθμίζει τη πίεση στο κοινό αγωγό. Επίσης προστατεύει το σύστημα υψηλής πίεσης από την υπερβολικά υψηλή πίεση σε περίπτωση κακής λειτουργίας.

Η βαλβίδα αποτελείται από το πηνίο, ένα φορτισμένο (υπό πίεση) πείρο της βαλβίδας και μια μπίλια της βαλβίδας. Η θέση του πείρου ρυθμίζεται από τον εγκέφαλο της ECU, η οποία ενεργοποιεί τη βαλβίδα υψηλής πίεσης με ένα διαμορφωμένο (τετραγωνικό) σήμα.

Ο έλεγχος της βαλβίδας ελέγχου πίεσης της κοινής γραμμής τελείται από τη μονάδα ελέγχου ECU. Εφόσον απαιτείται μείωση της πίεσης στην κοινή γραμμή τροφοδοσίας, η μονάδα ελέγχου θα τροφοδοτήσει τη βαλβίδα ελέγχου πίεσης με ρεύμα υψηλής έντασης. Η βαλβίδα ελέγχου πίεσης θα ανοίξει και ποσότητα καυσίμου θα περάσει από τη βαλβίδα και θα εξέλθει από το σωλήνα επιστροφής καυσίμου της κοινής γραμμής τροφοδοσίας. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι η εκτόνωση – μείωση της πίεσης του καυσίμου στην κοινή γραμμή τροφοδοσίας.



1. Αισθητήρας πίεσης αγωγού
2. Αγωγός καυσίμου
3. Βαλβίδα ελέγχου πίεσης
4. Ηλεκτρική σύνδεση
5. Ηλεκτρονικό σύστημα αξιολόγησης
6. Διάφραγμα με αισθητήριο στοιχείο
7. 0,7 mm οπή στραγγαλιστικού
8. Βαλβίδα με μπίλια
9. Ηλεκτρική σύνδεση

Εικόνα 4.14 Αισθητήρας Πίεσης αγωγού – Βαλβίδα ελέγχου πίεσης

Τύποι βαλβίδων ελέγχου πίεσης :

1. Ελέγχου πίεσης εξαγόμενου καυσίμου: Η βαλβίδα είναι τοποθετημένη στο τέλος της φλογέρας και διατηρεί σταθερή την πίεση στην φλογέρα, αυξάνοντας ή μειώνοντας την ποσότητα του επιστρεφόμενου καυσίμου.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος με βαλβίδα ελέγχου εξαγόμενου καύσιμου είναι ότι μειώνει την θερμοκρασία του καυσίμου τροφοδοτώντας το σύστημα με την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου και ότι μειώνει τη ροπή κίνησης της αντλίας κατά 3~4 kg-m.

Το μειονέκτημα του συστήματος είναι η δυσκολία στην μείωση της πίεσης του κοινού αγωγού κατά την φάση απότομης επιβράδυνσης.

2. Έλεγχου πίεσης εισερχόμενου καυσίμου: Η βαλβίδα είναι ενσωματωμένη πάνω στην αντλία υψηλής πίεσης και ελέγχει την ποσότητα του καυσίμου που εισέρχεται στην αντλία υψηλής πίεσης από την αντλία χαμηλής πίεσης.

Όταν η βαλβίδα ελέγχου πίεσης είναι απενεργοποιημένη, το καύσιμο από την αντλία χαμηλής πίεσης εισέρχεται με πίεση 4.5~6.0bar ξεπερνώντας την τάση του ελατηρίου της βαλβίδας και έτσι η βαλβίδα παραμένει ανοικτή. Μια μικρή ποσότητα καυσίμου χρησιμοποιείται για λίπανση της αντλίας και η υπόλοιπη ποσότητα καυσίμου περνάει μέσω της βαλβίδας και πιέζεται από την αντλία υψηλής πίεσης.

Όταν ενεργοποιηθεί η βαλβίδα ελέγχου τότε κλείνει και παραμένει κλειστή μέχρι να υπάρξει ισορροπία ανάμεσα στην δύναμη που ασκεί ο ηλεκτρομαγνήτης στο ελατήριο και την δύναμη που ασκεί η υψηλή πίεση. Έτσι το καύσιμο από την αντλία χαμηλής πίεσης δεν μπορεί να περάσει και επιστρέφει μέσω του αγωγού επιστροφής πίσω στην αντλία.

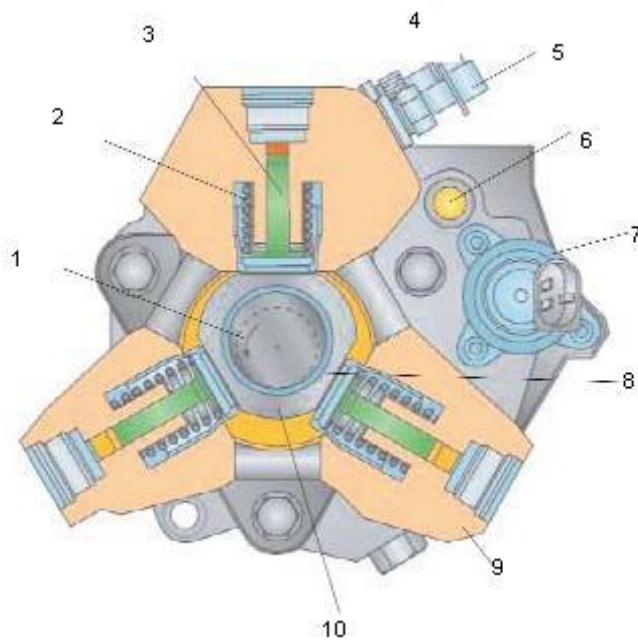
Αντλία Υψηλής Πίεσης

Η αντλία υψηλής πίεσης κινείται από ένα έκκεντρο το οποίο παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα. Η πίεση του καυσίμου ρυθμίζεται από μια βαλβίδα που λειτουργεί με τη σταθερή πίεση ενός ελατηρίου. Η βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση του καυσίμου υπερβεί τη δύναμη της πίεσης του ελατηρίου της βαλβίδας και το καύσιμο που περισσεύει επιστρέφει ξανά στην είσοδο της αντλίας τροφοδοσίας. Η βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης καυσίμου της αντλίας τροφοδοσίας όταν είναι ανοικτή διακόπτει τη παροχή καυσίμου της αντλίας υψηλής πίεσης και χρησιμοποιείται για τη διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα μόνο σε περίπτωση ανάγκης.

Η διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα γίνεται επιλεκτικά είτε σταματώντας τη λειτουργία των μπεκ είτε από τη βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης της αντλίας υψηλής πίεσης διακόπτοντας τη πίεση του καυσίμου στο υποσύστημα υψηλής πίεσης. Το υποσύστημα υψηλής πίεσης έχει σκοπό να δημιουργεί την απαραίτητη πίεση, να την αποθηκεύει και να τη ρυθμίζει.

Η υψηλή πίεση αυτή δημιουργείται από την αντλία υψηλής πίεσης η οποία είναι περιστροφική και εμβολοφόρα ταυτόχρονα. Αποτελείται από τρία έμβολα που είναι τοποθετημένα κατά 120° μοίρες το ένα από το άλλο περιμετρικά.

Τα έμβολα με τη κίνησή τους δημιουργούν την απαιτούμενη πίεση του καυσίμου, ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα που παίρνουν κίνηση από το έκκεντρο του εκκεντροφόρου εξαγωγής και καταθλίβουν το καύσιμο στο συγκεντρωτικό σωλήνα.



1. Άξονας κίνησης
2. Ελατήριο πίεσης
3. Έμβολο αντλίας
4. Στόμιο επιστροφών
5. Στόμιο υψηλής πίεσης
6. Στόμιο τροφοδοσίας
7. Βαλβίδα ρύθμισης πίεσης καυσίμου
8. Υδροδυναμική έδραση
9. Κέλυφος αντλίας
10. Δίσκος κίνησης εμβόλων

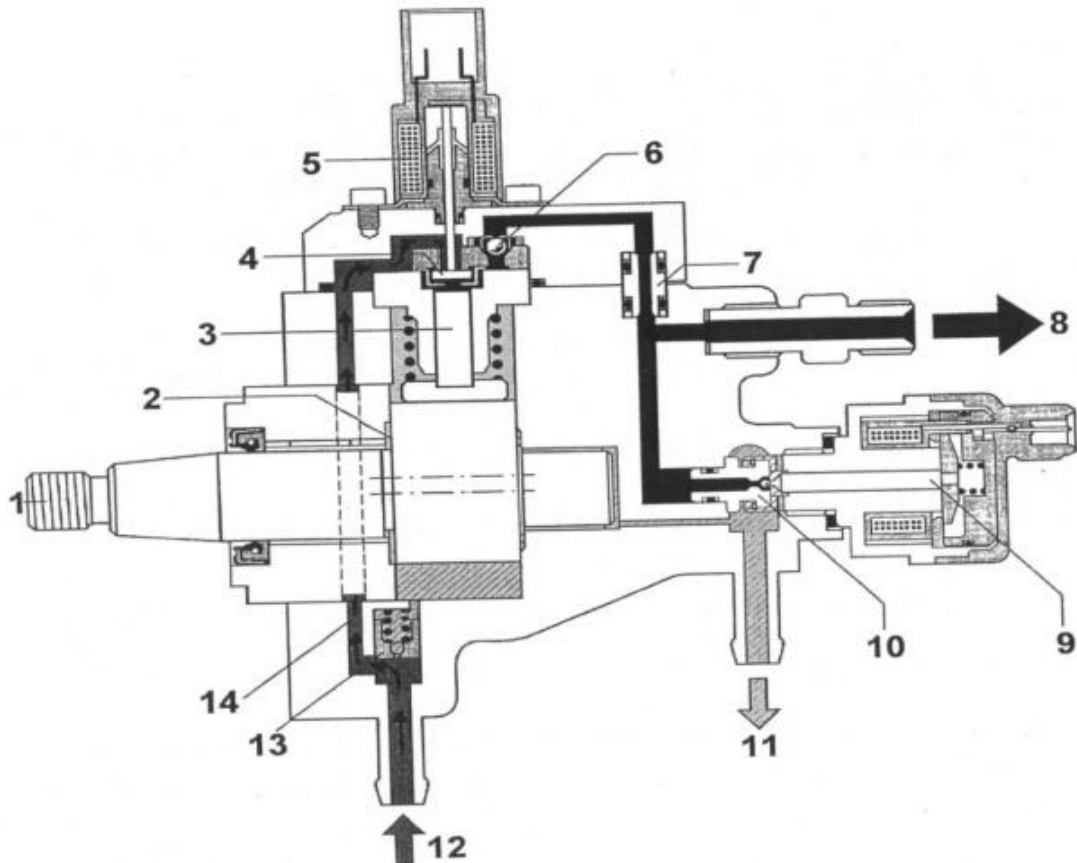
Εικόνα 4.15: Bosch CP1

Η ουσιαστική διαφορά από τις συμβατικές περιστροφικές αντλίες έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει πλέον υδραυλική κεφαλή ρότορα που περιστρέφεται. Με αυτό τον τρόπο εξαλείφονται πιθανά προβλήματα ανοχής εξαιτίας της δυναμικής πίεσης. Ο λόγος οφείλεται στο γεγονός ότι η υψηλή πίεση αναπτύσσεται πλέον στο στερεό τμήμα της αντλίας.

Όταν το καύσιμο περάσει από τη βαλβίδα , σε ποσότητα που καθορίζεται από τη μονάδα ελέγχου ECU, διέρχεται από τη θύρα εισόδου στο θάλαμο συμπίεσης. Το καύσιμο συμπιέζεται από τα τρία ακτινωτά κυλινδρικά έμβολα και η πίεση αυξάνεται έως και τα 1.600 bar. Στη συνέχεια το καύσιμο εξέρχεται από τη θύρα εξόδου προς το σωλήνα υψηλής πίεσης, μέσω του οποίου το καύσιμο θα φτάσει στην κοινή γραμμή τροφοδοσίας καυσίμου.

Σε περίπτωση που καύσιμο δεν περάσει από τη βαλβίδα , το έμβολο θα παραμείνει στο πάνω τμήμα του θαλάμου και μόνο το στέλεχος θα κινείται, χωρίς να υπάρχει συμπίεση.

Οι συμβατικές μηχανικές αντλίες έγχυσης καυσίμου, εξασφαλίζουν τη διανομή καυσίμου υπό πίεση στους εγχυτήρες. Είναι δε απαραίτητο να ρυθμιστούν με τέτοιο τρόπο, ώστε η έγχυση να γίνεται τον κατάλληλο χρόνο και στο κατάλληλο σημείο στη διάρκεια του κύκλου λειτουργίας. Οι αντλίες υψηλής πίεσης των συστημάτων ψεκασμού Common Rail, δε χρησιμοποιούνται πλέον για τη διανομή του καυσίμου στον κατάλληλο χρόνο (χρονισμός) και γι' αυτό το λόγο δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτησή τους σε συγκεκριμένη θέση σε σχέση με την περιστροφή του κινητήρα.



Εικόνα 4.16: Τομή Bosch CP1

1. Άξονας με έκκεντρο
2. Πολυγωνικό δακτυλίδι
3. Έμβολο αντλίας
4. Βαλβίδα εισόδου
5. Βαλβίδα απενεργοποίησης εμβόλου
6. Βαλβίδα εξόδου
7. Τεμάχιο στεγανοποίησης
8. Σύνδεση υψηλής πίεσης στον αγωγό Rail
9. Βαλβίδα ελέγχου πίεσης
10. Βαλβίδα με μπίλια/Βαλβίδα ελέγχου πίεσης
11. Επιστροφή καυσίμου
12. Παροχή καυσίμου 250κPa(2.5 bar)
13. Στραγγαλιστική βαλβίδα (βαλβίδα ασφαλείας)
14. Κανάλι παροχής καυσίμου

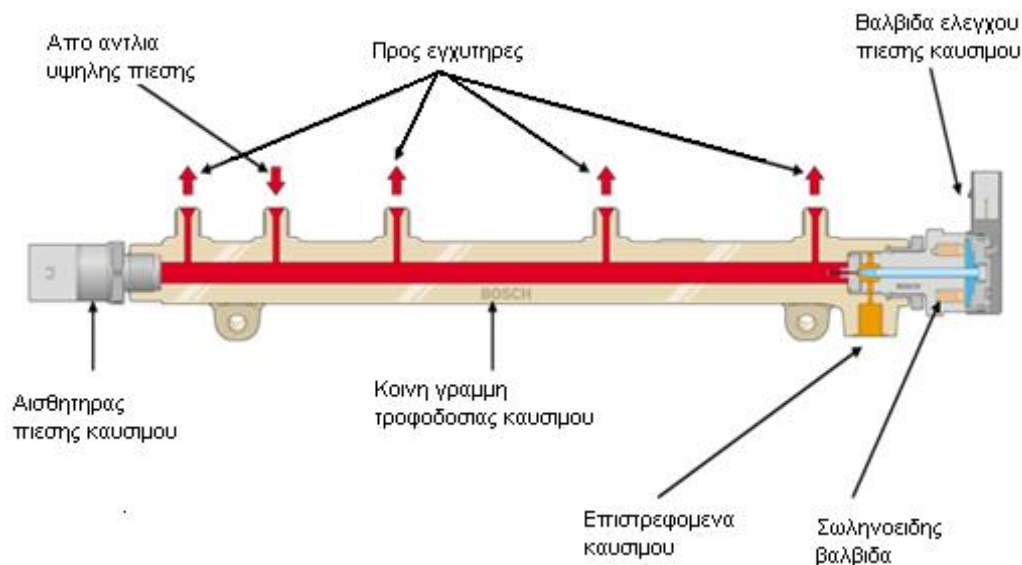
Παρ' όλα αυτά, οι αντλίες είναι θεμιτό να τοποθετούνται σε συγκεκριμένη θέση, ώστε να επιτυγχάνεται συγχρονισμός στις μεταβολές της ροπής που προκαλούνται, με αποτέλεσμα οι μεταβολές να μειώνονται.

Ο απαιτούμενος χρόνος για να επιτευχθεί ικανοποιητική πίεση στην κοινή γραμμή τροφοδοσίας καυσίμου ώστε ο κινητήρας να ξεκινήσει, εξαρτάται από τον όγκο του συστήματος (μήκος σωληνώσεων, προσδιορισμός κοινής γραμμής, κλπ).

Η λίπανση και η ψύξη της αντλίας επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία του καυσίμου, το οποίο φέρει λιπαντικές ιδιότητες. Η ελάχιστη ροή που απαιτείται για να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία της αντλίας είναι 50 l/h, ενώ για τη λίπανση των εμπρόσθιων ρουλεμάν, χρησιμοποιείται το λάδι του κινητήρα.

Κοινή Γραμμή Τροφοδοσίας Καυσίμου – Common Rail

Ρόλος της κοινής γραμμής τροφοδοσίας καυσίμου, είναι η αποθήκευση και συγκράτηση του καυσίμου που μεταφέρεται από την αντλία υψηλής πίεσης. Παρ' όλο το γεγονός ότι οι εγχυτήρες εγχύουν συνεχώς καύσιμο που λαμβάνουν από την κοινή γραμμή, η πίεση του καυσίμου της κοινής γραμμής διατηρείται σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο που καθορίζεται κάθε φορά από τη μονάδα ελέγχου ECU. Ειδικότερα, η πίεση του καυσίμου καθορίζεται από τη βαλβίδα ελέγχου πίεσης κοινής γραμμής τροφοδοσίας και τη ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης καυσίμου, ενώ την παρακολούθηση της πίεσης αναλαμβάνει ο αισθητήρας πίεσης καυσίμου της κοινής γραμμής τροφοδοσίας καυσίμου. Στη διατήρηση της πίεσης και την αποτελεσματικότητα της κοινής γραμμής τροφοδοσίας, σημαντικό ρόλο παίζει η μοναδική ελαστικότητα του καυσίμου.



Εικόνα 4.17: Αγωγός τροφοδοσίας καυσίμου

Η κοινή γραμμή τροφοδοσίας καυσίμου αποθηκεύει το υψηλής πίεσης καύσιμο. Η κοινή γραμμή τροφοδοσίας καυσίμου αποθηκεύει το υψηλής πίεσης καύσιμο. Ο όγκος καυσίμου στο Rail είναι 16 -20 cm³. Λόγω της διανομής από την αντλία υψηλής πίεσης, η πίεση διατηρείται πάντα στη γραμμή, ενώ ο όγκος του καυσίμου μειώνεται κατά τη λειτουργία των εγχυτήρων. Η κοινή γραμμή χρησιμοποιείται για όλους τους κυλίνδρους.

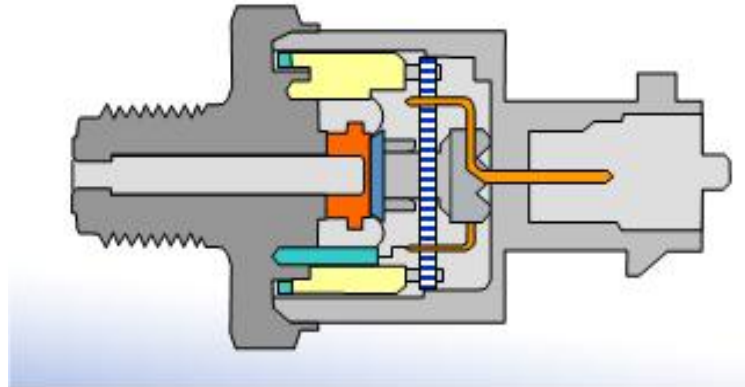
Ακόμη, στην περίπτωση μεγάλης ποσότητας διαρροής καυσίμου, η κοινή γραμμή διατηρεί την εσωτερική της πίεση. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση έγχυσης διατηρείται ακόμα και όταν οι εγχυτήρες ενεργοποιούνται συνεχώς για τον ψεκασμό.

Αισθητήρας Πίεσης Καυσίμου (Στον αγωγό τροφοδοσίας)

Ο αισθητήρας πίεσης μετράει τη στιγμιαία πίεση στον αγωγό, με μεγάλη ακρίβεια και γρήγορα. Το υπό πίεση καύσιμο ενεργεί στο διάφραγμα του αισθητήρα, μετατρέποντας την πίεση σε ηλεκτρικό σήμα, που μεταφέρεται σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που το ενισχύει και το στέλνει στον εγκέφαλο.

Όταν αλλάξει το σχήμα του διαφράγματος (περίπου 1mm στα 1500 bar) προκαλεί μεταβολή τάσης κατά 5V στις άκρες της γέφυρας. Η αλλαγή τάσης είναι ανάμεσα στα 0..70mV (ανάλογα την πίεση) και ενισχύεται από το ηλεκτρονικό κύκλωμα στα 0.5 - 4.5V.

Η ακριβής μέτρηση της πίεσης του αγωγού είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Εάν χαλάσει ο αισθητήρας η βαλβίδα ελέγχου ενεργοποιείται βάσει προγράμματος 'ανάγκης'.



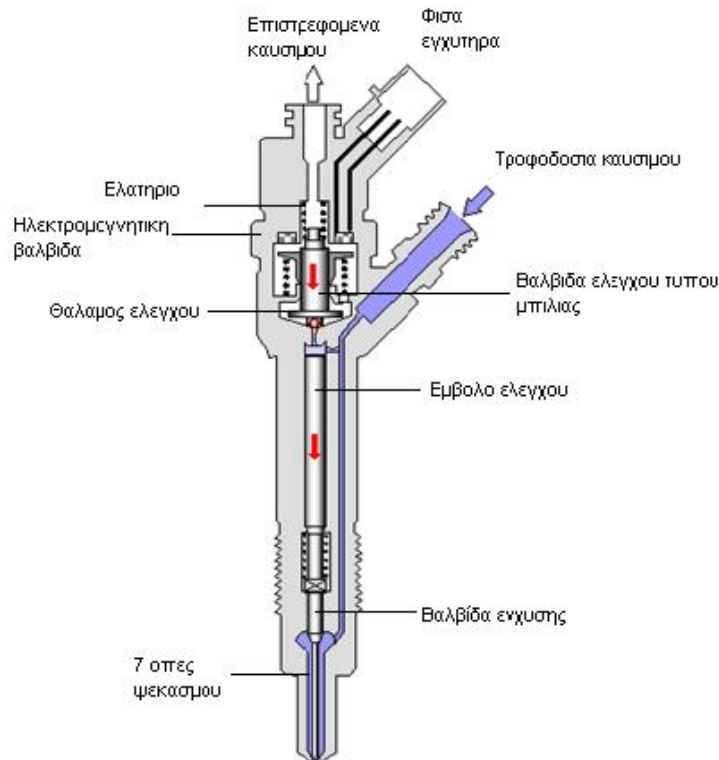
Εικόνα 4.18.: Αισθητήρας πίεσης

Βαλβίδα ασφαλείας

Η λειτουργία είναι ίδια όπως της βαλβίδας υπερπίεσης. Σε περίπτωση που η πίεση στον αγωγό υπερβεί την τιμή του ανώτατου ορίου τότε ανοίγει η βαλβίδα ασφαλείας και μέρος από το καύσιμο φεύγει από την θυρίδα διαφυγής .

4.7 : ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (ΜΠΕΚ)

Ο ρόλος των εγχυτήρων του συστήματος ψεκασμού Common Rail, ανάγεται στην άμεση και ακριβή έγχυση του υψηλής πίεσης καυσίμου στους κυλίνδρους, κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.



Εικόνα 4.19:Μπεκ με ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

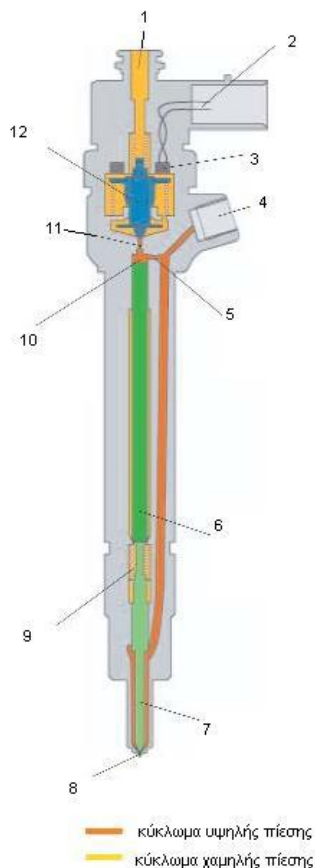
Για την επίτευξη πολλαπλών εγχύσεων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα χωρίς μεγάλη εκπεμπόμενη αποβολή θερμότητας και λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη πίεση έγχυσης φθάνει τα 1600 bar με αποτέλεσμα να απαιτούνται πολύ μεγάλες δυνάμεις για την ανύψωση της βελόνας των εγχυτήρων, ο σχεδιασμός τους επιβάλλει ένα συνδυασμό ηλεκτρομαγνητικού ενεργοποιητή και έμμεσων τρόπων ελέγχου όπως τη βαλβίδα ελέγχου τύπου μπίλιας και την εκκένωση καυσίμου.

Ο εγχυτήρας χρησιμοποιεί τη βαλβίδα έγχυσης (σχήματος βελόνας), μέσω της οποίας το καύσιμο φτάνει στις οπές ψεκασμού. Η μάζα της βελόνας του εγχυτήρα είναι πολύ μικρή, γεγονός που επιτρέπει τη διάρκεια ανοίγματος και κλεισίματος σε χρόνο μικρότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου. Οι οπές ψεκασμού (7) στην άκρη του ακροφυσίου δημιουργούν έναν κωνικό κρουνό, που εξασφαλίζει τη διασπορά του καυσίμου σε μικρότατα σωματίδια. Κατά συνέπεια και η βελόνα του εγχυτήρα στο ένα της άκρο έχει διαμόρφωση σχήματος κώνου. Οι οπές ψεκασμού έχουν διάμετρο ίσο περίπου με το μέγεθος μιας τρίχας.

Τρόπος λειτουργίας

Η πίεση ψεκασμού καθορίζεται από την τελική απαιτούμενη ποσότητα έγχυσης, τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού και το φορτίο του κινητήρα. Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, ο υπολογισμός αυτός τελείται βάση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και την ατμοσφαιρική πίεση.

Η διάρκεια έγχυσης είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος με την οποία ενεργοποιείται ο κάθε εγχυτήρας. Η ποσότητα έγχυσης καθορίζεται από τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού, τη θερμοκρασία καυσίμου, τη θερμοκρασία του αέρα και την ποσότητα του αέρα που εισέρχεται στο θάλαμο καύσης.



1. Επιστροφές καυσίμου προς το ρεζερβουάρ
2. Ηλεκτρική σύνδεση
3. Μαγνητική βαλβίδα
4. Σύνδεση υψηλής πίεσης
5. Στραγγαλιστής εισόδου
6. Έμβολο ρύθμισης
7. Βελόνα ψεκασμού
8. Οπή ψεκασμού
9. Ελατήριο βελόνας μπεκ
10. Θάλαμος ελέγχου βαλβίδας
11. Στραγγαλιστής εξόδου
12. Έμβολο μαγνητικής βαλβίδας

Εικόνα 4.20: Μπεκ με ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Πιλοτική Έγχυση (Προψεκασμός)

Η διάρκεια της πιλοτικής έγχυσης είναι ανάλογη της διάρκειας της κύριας έγχυσης και υπολογίζεται βάση της τελικής εγχυόμενης ποσότητας, του φορτίου του κινητήρα και της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού. Όταν η θερμοκρασία του κινητήρα είναι χαμηλή (κρύα εκκίνηση κινητήρα), τελούνται δυο πιλοτικές εγχύσεις, ενώ όσο η θερμοκρασία αυξάνεται η πιλοτική έγχυση περιορίζεται στη μια. Σε υψηλές στροφές δεν πραγματοποιούνται πιλοτικές εγχύσεις, καθώς ο χρόνος έγχυσης είναι πάρα πολύ μικρός. Ο χρόνος του πιλοτικού ψεκασμού είναι $0^{\circ} - 40^{\circ}$ πριν ΑΝΣ και παίρνει τιμές σε ολόκληρο το εύρος ταχυτήτων.

Κύρια Έγχυση

Η μονάδα ελέγχου ECU υπολογίζει τη διάρκεια της κύριας έγχυσης βάση του φορτίου του κινητήρα και την τελική απαιτούμενη ποσότητα έγχυσης και πραγματοποιεί πολλαπλές διορθώσεις προκειμένου να εγχύεται πάντα η ιδανική ποσότητα καυσίμου.

Μετέγχυση

Στόχος της μετέγχυσης είναι να επιτρέψει επαρκή ποσότητα πετρελαίου να φτάσει στο φίλτρο συγκράτησης μικροσωματιδίων, προκειμένου να καεί – οξειδωθεί ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του φίλτρου και να καούν τα μικροσωματίδια.

ΣΚΟΠΟΣ ΠΡΟ ΨΕΚΑΣΜΟΥ:

Μείωση :

- Θορύβου καύσης
- Εκπομπών άκαυστων υδρογονανθράκων (HC)
- Κατανάλωσης (αργοπορία έναρξης ψεκασμού)

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΠΡΟ ΨΕΚΑΣΜΟΥ :

- Προετοιμασία του θαλάμου καύσης για το κύριο ψεκασμό όσον αφορά τη πίεση και τη θερμοκρασία του
- Μείωση αβάνς κύριου ψεκασμού
- Μείωση θορύβου
- Βελτιστοποίηση της καύσης

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ :

- Μείωση εκπομπής NOx
- Ψεκάζεται μια συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμου κατά την εξαγωγή
- Μικρή αύξηση της κατανάλωσης

Εγχυτήρες με ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Ο εγχυτήρας πρέπει να ανοίγει και να κλείνει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα (≈ 50 ψεκασμοί / δευτερόλεπτο). Για το λόγο αυτό, η μονάδα ελέγχου τροφοδοτεί με υψηλό ρεύμα την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του εγχυτήρα, ώστε η βαλβίδα ελέγχου να ανοίξει άμεσα και να αρχίσει η έγχυση. Στη συνέχεια το ρεύμα μειώνεται σε μια σταθερή τιμή ώστε ο εγχυτήρας να παραμένει ανοιχτός.

Ο εγχυτήρας αρχικά τροφοδοτείται με τάση 45V. Θεωρητικά αυτό σημαίνει ότι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον εγχυτήρα είναι περίπου 90A. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβεί καθώς ο διαθέσιμος χρόνος είναι πολύ μικρός (0,1ms) και η ένταση του ρεύματος που μπορεί να επιτευχθεί είναι 20A.

Μετά την αρχική τροφοδότηση των 45V, ο εγχυτήρας τροφοδοτείται με 10V (0,2ms), ενώ στη συνέχεια η τάση ρυθμίζεται έτσι ώστε το ρεύμα που θα διαρρέει τους εγχυτήρες να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Ο συνολικός χρόνος της έγχυσης στο ρελαντί διαρκεί περίπου 0,4ms.

Πιεζοκρυσταλλικούς εγχυτήρες

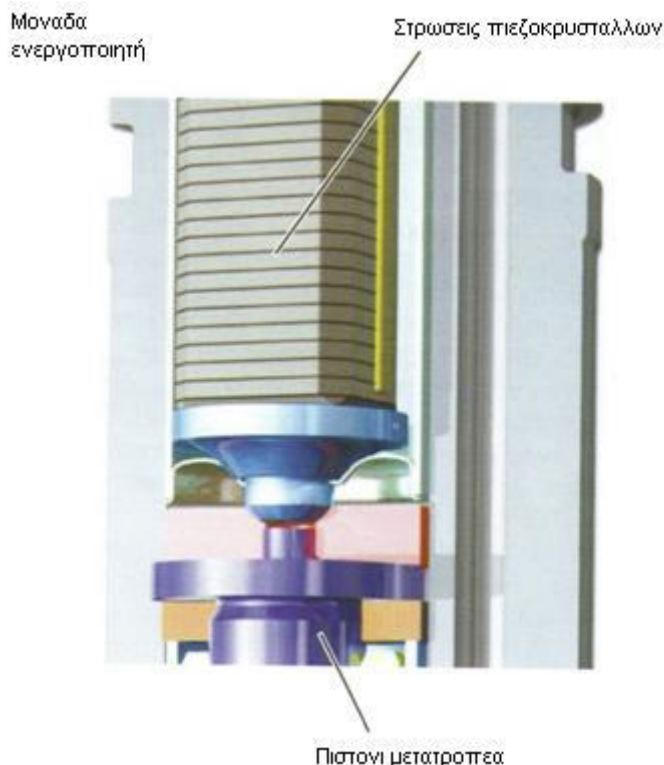
Για να αυξηθεί ο βαθμός ελευθερίας διαμόρφωσης κατά την έγχυση, η Bosch ανέπτυξε τον πιεζοηλεκτρικό εγχυτήρα. Η βελόνα του ακροφυσίου του ελέγχεται με διπλάσια ταχύτητα από τους εγχυτήρες με μαγνητική βαλβίδα. Έτσι η αρχή, η διάρκεια και η πορεία της έγχυσης μπορεί να διαμορφωθεί έτσι, ώστε να επιτρέπει μια ακόμα πιο βελτιωμένη μορφή του χαρακτηριστικού διαγράμματος του κινητήρα.

Οι σχεδιαστές κινητήρων ελπίζουν να έχουν πρόσθετες δυνατότητες για την επίτευξη των εξής προτεραιοτήτων μέχρι και 3% μικρότερη κατανάλωση, 15 έως 20% λιγότερες εκπομπές ρύπων, 5 έως 7% μεγαλύτερη ισχύ, κατά 3dB(A) χαμηλότερος θόρυβος κινητήρα σε σχέση με εγχυτήρες με μαγνητικές βαλβίδες.

Για τον έλεγχο των μπεκ χρησιμοποιείται το φαινόμενο των πιεζοκρυστάλλων. Με την εφαρμογή των πιεζοκρυστάλλων είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν :

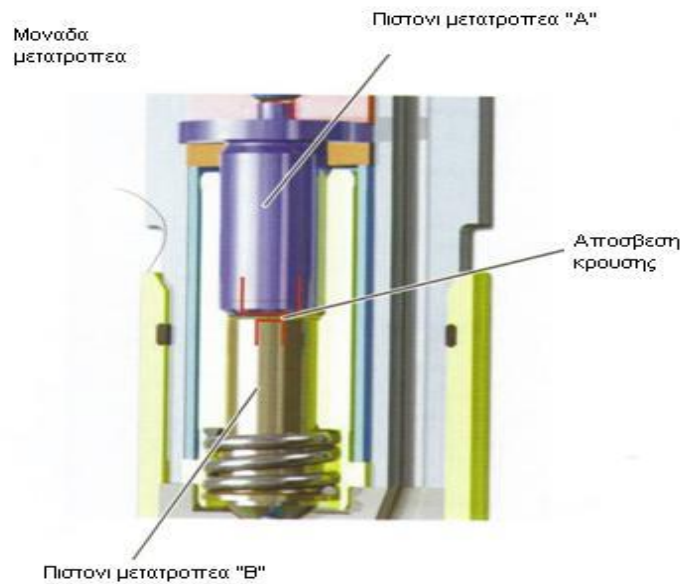
- Πιο πολλές ηλεκτρικές επεμβάσεις ψεκασμού ανά φάση
- Πιο σύντομοι χρόνοι ενεργοποίησης για περισσότερους ψεκασμούς
- Μεγάλες δυνάμεις κόντρα στη στιγμιαία πίεση του αγωγού
- Μεγάλη ακρίβεια διαδρομής του εμβόλου για γρήγορη εκτόνωση της πίεσης του καυσίμου.

Στον ενεργοποιητή είναι τοποθετημένες 264 στρώσεις πιεζοκρυστάλλων.



Εικόνα 4.21: Μονάδα ενεργοποιητή με πιεζοκρυστάλλους

Η επιμήκυνση της μονάδας ενεργοποιητή μετατρέπεται από ένα υδραυλικό μετατροπέα (Μονάδα μετατροπέα) σε μια υδραυλική πίεση και διαδρομή, η οποία επιδρά στη βαλβίδα ενεργοποίησης.

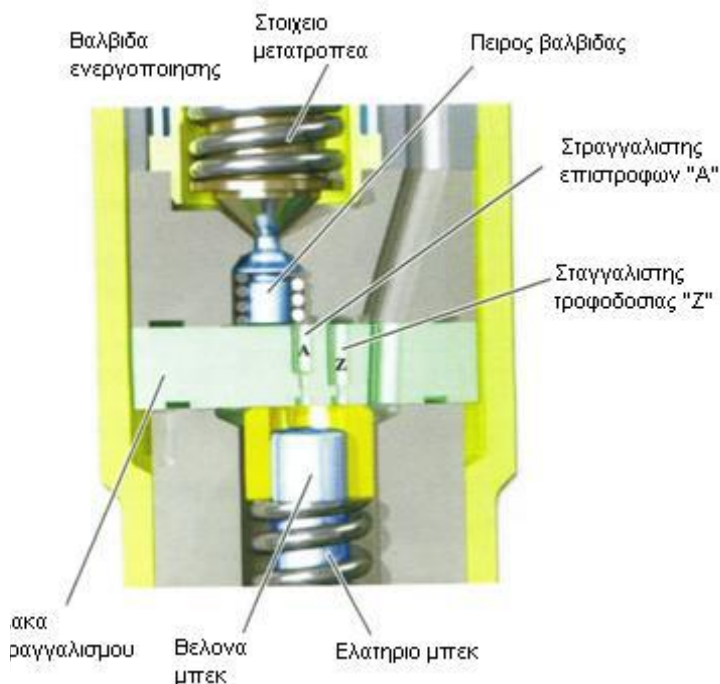


Εικόνα 4.22α: Περιγραφή λειτουργίας πιεζο-εγχυτήρα

Η μονάδα μετατροπής επιδρά όπως ένας υδραυλικός κύλινδρος. Δέχεται συνεχώς μια πίεση καυσίμου 10 bar μέσω μιας βαλβίδας ρύθμισης πίεσης στην επιστροφή. Το καύσιμο χρησιμεύει ως απόσβεση κρούσης μεταξύ πιστονιού μετατροπέα «Α» και πιστονιού βαλβίδας «Β» στη μονάδα μετατροπέα.

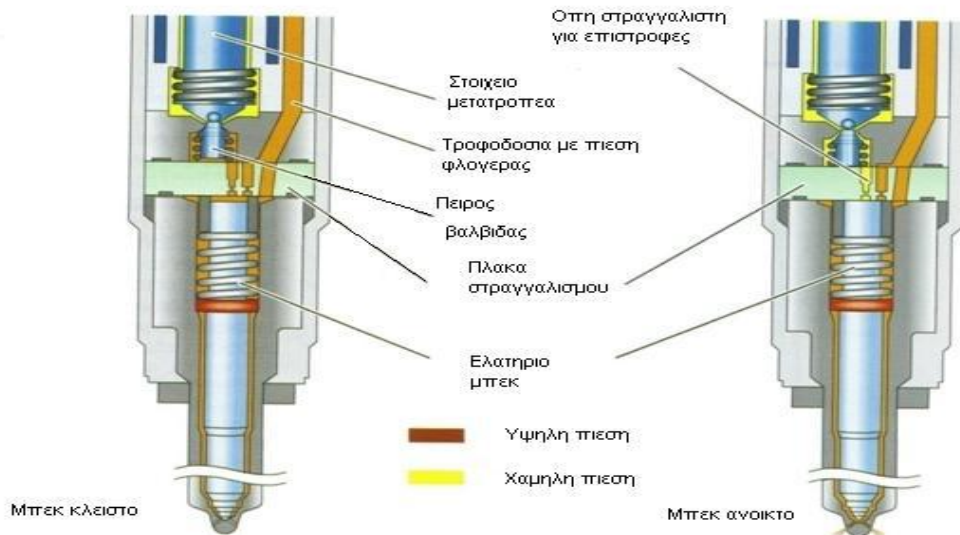
Η βαλβίδα ενεργοποίησης αποτελείται από τη πλάκα βαλβίδας, το πείρο βαλβίδας, το ελατήριο βαλβίδας και τη πλάκα στραγγαλισμού.

Το καύσιμο ρέει με πίεση μέσω του στραγγαλιστή τροφοδοσίας (Z) στη πλάκα στραγγαλισμού προς τη βελόνα μπεκ. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια εξισορρόπηση πιέσεων πάνω και κάτω από τη βελόνα μπεκ. Η βελόνα μπεκ συγκρατείται κλειστή κατά κύριο λόγο με τη δύναμη του ελατηρίου του μπεκ.



Κατά την επιστροφή του πείρου βαλβίδας ανοίγει η επιστροφή και η πίεση του αγωγού προωθείται πρώτα μέσω ενός μεγαλύτερου στραγγαλιστή επιστροφών (A) πάνω από τη βελόνα μπεκ. Η πίεση ανασκώνει τη βελόνα μπεκ, όπου στη συνέχεια ακολουθεί ο ψεκασμός. Μέσω των γρήγορων παλμών ενεργοποίησης του πιεζοκρυσταλλικού στοιχείου είναι εφικτοί περισσότεροι διαδοχικοί ψεκασμοί ανά φάση.

Εικόνα 4.22β: Περιγραφή λειτουργίας πιεζο-εγχυτήρα



Εικόνα 4.22γ: Περιγραφή λειτουργίας πιεζο-εγχυτήρα

4.8 : ΑΚΡΟΦΥΣΙΑ ΕΓΧΥΤΗΡΩΝ

Τύποι και χαρακτηριστικά

Το πιο σημαντικό τμήμα του συστήματος έγχυσης είναι το ακροφύσιο. Τα καύσιμα εγχύονται μέσω των οπών του ακροφυσίου στον θάλαμο καύσης. Ο αριθμός και το μέγεθος των οπών εξαρτάται από τη μάζα του καυσίμου που πρέπει να εγχυθεί, τη γεωμετρία του θαλάμου καύσης, και την κίνηση του αέρα (εγκάρσια συστροφή) μέσα στον κύλινδρο. Σε μηχανές Diesel χρησιμοποιούνται δύο κύριοι τύποι ακροφυσίων, το ακροφύσιο οπής θύλακα και το ακροφύσιο καλυμμένης οπής με βαλβίδα (Valve Covered Orifice, VCO) (εικόνα 5).

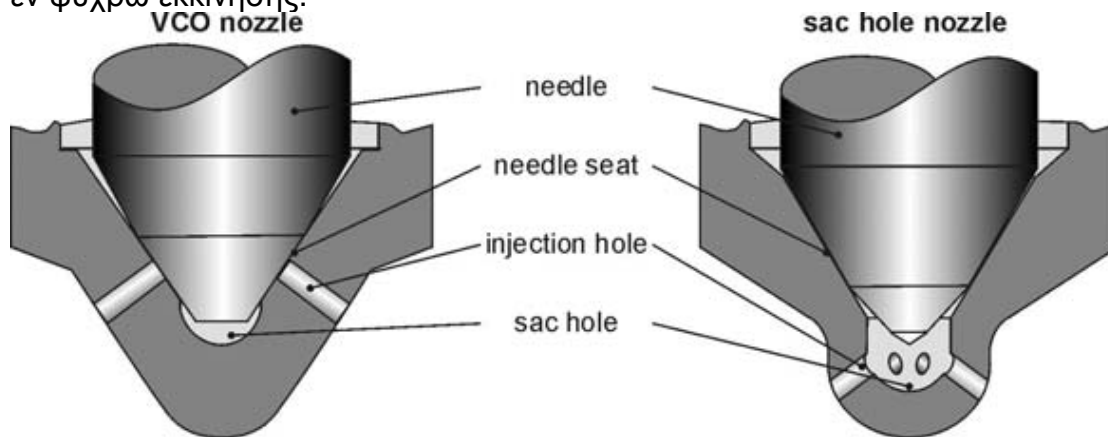
Σε σχέση με το ακροφύσιο VCO, το ακροφύσιο οπής θύλακα έχει έναν πρόσθετο όγκο κάτω από την έδρα της βελόνας (needle seat). Λόγω της αυξημένης απόστασης μεταξύ της έδρας της βελόνας και της οπής έγχυσης (injection hole), η μετατόπιση της αιχμής της βελόνας δεν επηρεάζει τη ροή διαμέσου των διαφορετικών οπών, και έτσι παράγεται γενικά πολύ συμμετρικό spray.

Ωστόσο, ο μεγάλος όγκος υγρού μεταξύ της έδρας της βελόνας και του θαλάμου καύσης προκαλεί προβλήματα αναφορικά με τις αυξημένες εκπομπές υδρογονανθράκων. Συνεπώς, είναι σημαντικό να διατηρηθεί ο όγκος αυτός κατά το δυνατόν μικρός, ειδάλλως τμήμα του καυσίμου μπορεί να εισέλθει στον κύλινδρο μετά το τέλος της έγχυσης. Αυτό το καύσιμο δεν είναι συνήθως καλά διασκορπισμένο, και αυξάνει τις εκπομπές σωματιδίων αιθάλης. Παρατεταμένη εξάτμιση του καυσίμου μέσα στον θύλακα της οπής αυξάνει τις εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων της μηχανής. Από αυτήν την άποψη, το ακροφύσιο VCO κρίνεται ανώτερο από το ακροφύσιο οπής θύλακα.

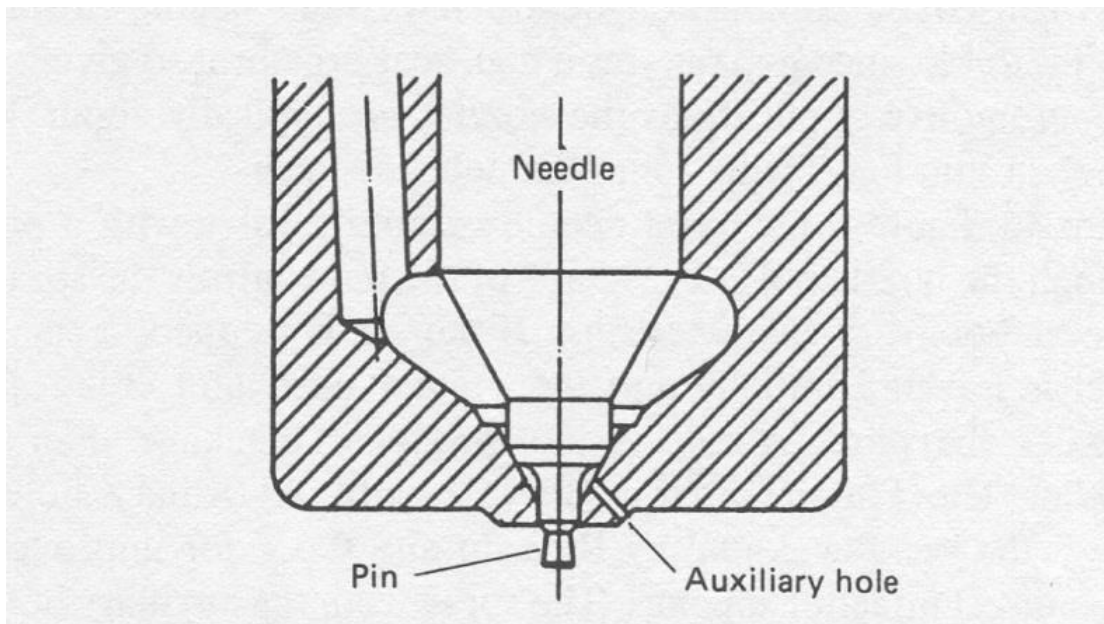
Εντούτοις, είναι αναγκαίες ανοχές υψηλότερης ακρίβειας προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε αξονική εκκεντρότητα της άκρης της βελόνας, η οποία θα είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη μεταβολή της πλήρωσης μέσω των διαφορετικών οπών του ακροφυσίου, και τη δυσμενή επίδραση στην εν γένει ποιότητα του spray

Μια άλλη ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι το ακροφύσιο Pintaux (Pin-tle with aux-iliary hole) (εικόνα 6) δηλαδή το ακροφύσιο που φέρει βοηθητική οπή. Το

συγκεκριμένο χρησιμοποιείται σε συστήματα έμμεσης έγχυσης για υποβοήθηση της εν ψυχρώ εκκίνησης.



Εικόνα : 5 Τύποι ακροφυσίων



Εικόνα : 6 Ακροφύσιο Pintaux

4.8.1 : Υπολογιστικούς μεθόδους για βασικά χαρακτηριστικά ακροφυσίων

Για διάμετρο των οπών του ακροφυσίου (π.χ.) με [6] οπές από τον ορισμό του Bernoulli:

$$\dot{m} = C_d * A * \sqrt{2\rho * (P_e - P_v)} = \text{kg/s} \rightarrow$$

$$A = \frac{\dot{m}}{C_d * \sqrt{2 * \rho * (P_e - P_v)}} = \text{Συνολική επιφάνεια των 6 οπών ... (m}^2\text{)}$$

Για (A) μιας οπής:

$$A_{\text{οπής}} = \frac{A}{6} = \dots (\text{mm}^2)$$

Για διάμετρο μιας οπής:

$$A_{\text{οπής}} = \frac{\pi * D_{\text{οπής}}^2}{4} = \dots (\text{mm}^2) \rightarrow$$

$$D_{\text{οπής}} = \sqrt{\frac{4 * A_{\text{οπής}}}{\pi}} = \dots (\text{mm})$$

όπου:

Cd = συντελεστής εκροής οπής του ακροφυσίου (0,39÷0,9)

Pv = πίεση μέσα στο κύλινδρο (θάλαμο καύσης) σε (bar)

Pe = πίεση έγχυσης καυσίμου σε (bar)

ρ = πυκνότητα καυσίμου (πετρέλαιο = 840) (kg/m^3)

Παροχή όγκου καυσίμου μέσω των οπών του εγχυτήρα:

$$Q = A * Cd * \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho}}$$

ΔP = πτώση της πίεσης

Δέσμη καυσίμου (Spray)

Οι συνθήκες που επικρατούν στη δέσμη του καυσίμου, κατά την έξοδό της από το ακροφύσιο εγχύσεως, υπολογίζονται από το μοντέλο προσομοίωσης του συστήματος εγχύσεως, το οποίο υπολογίζει την ανεξάρτητη αρχική ταχύτητα κάθε ζώνης, η οποία εξαρτάται από την στιγμιαία πίεση εγχύσεως και την πίεση του κυλίνδρου. Το καύσιμο διανύει ένα ορισμένο μήκος, το μήκος διασπάσεως (breakup length) (εικόνα 7) και διασπάται σε σταγονίδια. Το μήκος διασπάσεως δίνεται από την παρακάτω έκφραση (breakup theory of Levich):

Για το μήκος διάσπασης καυσίμου σε σταγονίδια:

$$L = U_{inj} * t_{break} \cong Ci * \sqrt{\frac{\rho_l}{\rho_a}} * d_{inj} = \dots (\text{m})$$

όπου:

Uinj = ταχύτητα έγχυσης καυσίμου

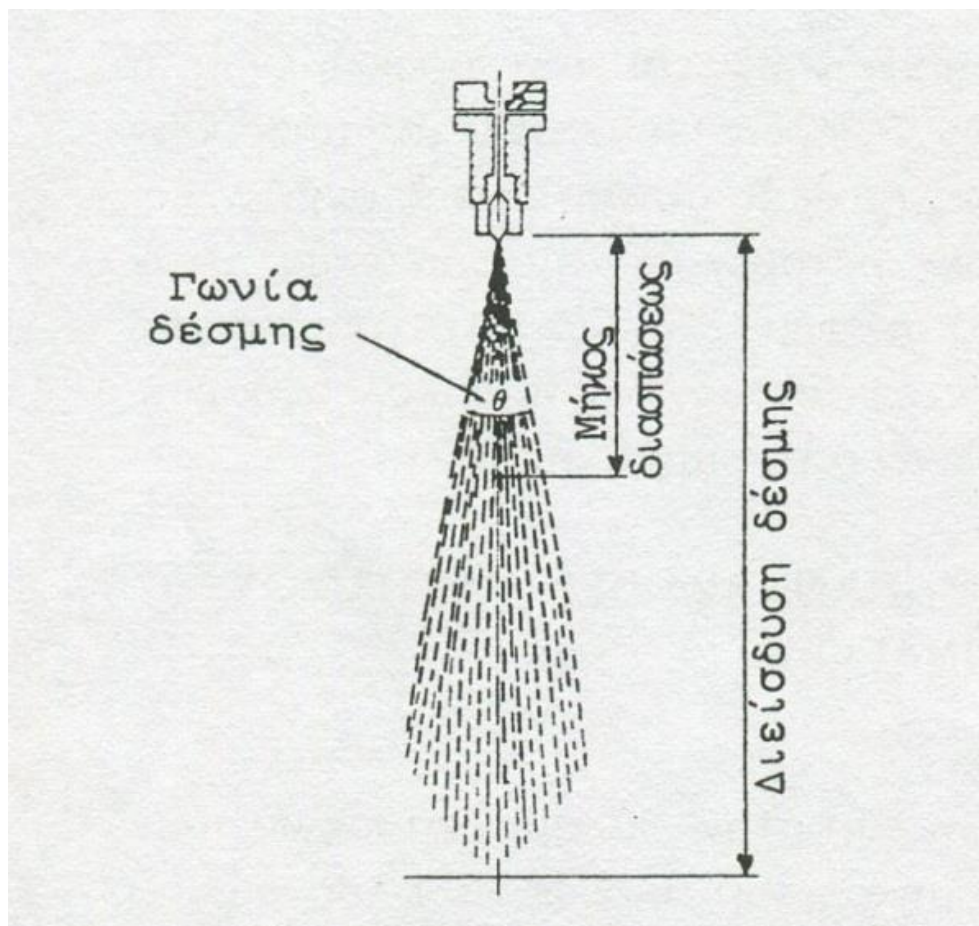
tbreak = χρόνος μέχρι τη διάσπαση

Ci = σταθερά 15.8 από πειραματικά δεδομένα

ρl = πυκνότητα καυσίμου

ρα = πυκνότητα αέρα μέσα στο εσωτερικό κυλίνδρου

dinj = διάμετρο οπής του ακροφυσίου



Εικόνα 7 Μορφή της εγχυόμενης δέσμης.

Πίεση έγχυσης

Η πίεση έγχυσης, είναι συνδεδεμένη με την αρχική ταχύτητα της δέσμης του καυσίμου από το ακροφύσιο μέσω της σχέσης:

$$U_{inj} = Cd * \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho}} = \dots m/s$$

Η αύξηση της πίεσης έγχυσης, αυξάνει και την ταχύτητα διείσδυσης της δέσμης στον αέρα που υπάρχει μέσα στον κύλινδρο. Έτσι, μπορούμε να συμπεράνουμε, ότι το προς οξείδωση καύσιμο, 'βρίσκει' περισσότερο οξυγόνο και αναμειγνύεται καλύτερα με αυτό δημιουργώντας περισσότερες ζώνες που ευνοούν την δημιουργία NOx.

Ο καλύτερος διασκορπισμός του καυσίμου, έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη μικρότερου πυρήνα δέσμης καυσίμου και άρα μικρότερη περιοχή, στην οποία να ευνοείται η πυρόλυση του καυσίμου και η αναγωγή του σε ακετυλένιο και πολυακετυλένιο.

Η μειωμένη περιοχή στην οποία παρατηρείται παραγωγή αιθάλης, συνεπάγεται και την συνολικά μειωμένη παραγωγή αυτής. Παράλληλα, η αύξηση της πίεσης έγχυσης αυξάνει την διαθεσιμότητα του οξυγόνου για το καύσιμο, οδηγώντας σε μείωση των εκπομπών αιθάλης.

Χρόνος διάσπασης:

$$t_{break} = \frac{C_i * \rho_l * d}{C_d * \sqrt{2 * \rho_a * \Delta p}} = \dots (s)$$

όπου:

d = διάμετρος οπής ακροφυσίου

Φαινόμενο Σπηλαιώσης

Εάν έχουμε ροή σε σωλήνα με λεπτό λαιμό σε κάποιο σημείο περιμένουμε ότι στο σημείο αυτό για να έχουμε ασυμπίεστη ροή περιμένουμε υψηλή ταχύτητα και επομένως χαμηλή πίεση.

Εάν δε η πίεση στο σημείο αυτό πέσει στην πίεση ατμού (P_u) τότε έχουμε το φαινόμενο της σπηλαιώσης.

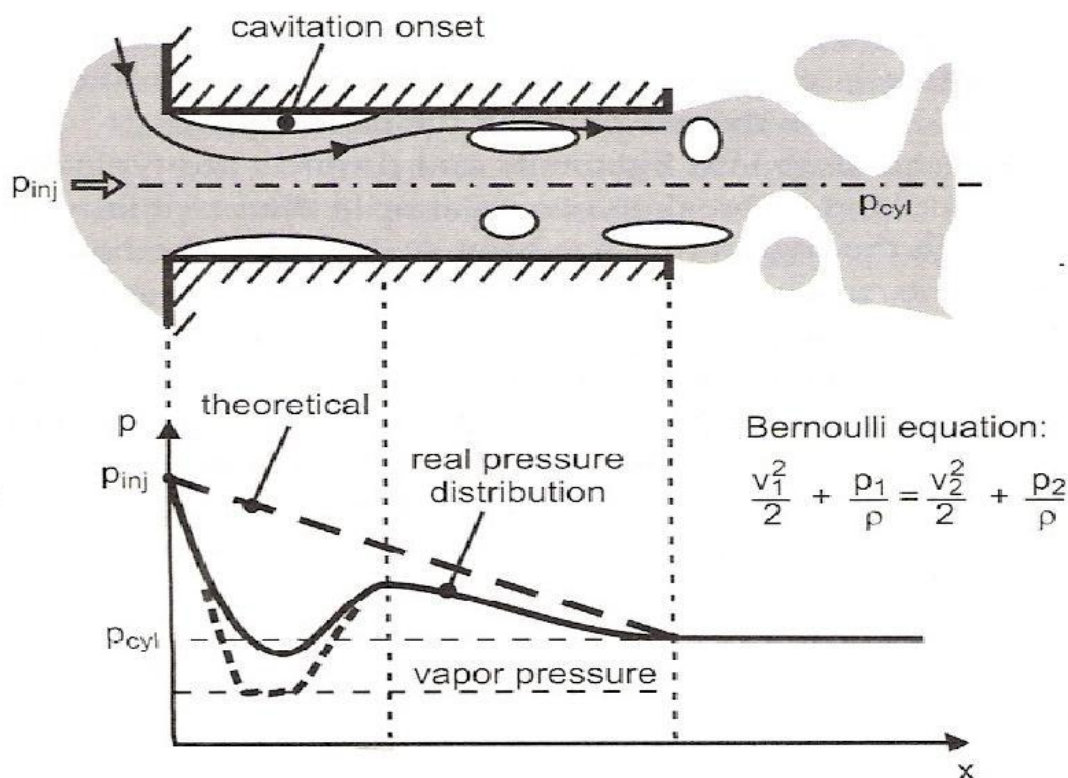
Το κριτήριο για να αποφύγουμε την σπηλαιώση δίνεται από τον αδιάστατο αριθμό σπηλαιώσης (CN) που ορίζεται ως :

$$CN = \frac{P_o - P_u}{1/2 * \rho_o * U^2}$$

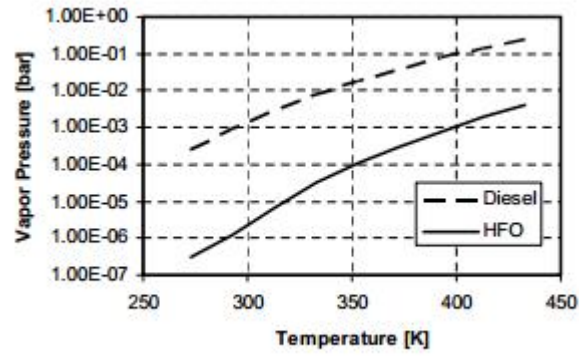
Όπου P_u είναι πίεση ατμού πετρελαίου οποίο είναι ανάλογη με την θερμοκρασία του θαλάμου καύσης (εικόνα 8.1) συνήθως είναι 0.054 bar για θερμοκρασία που έχουμε στο θάλαμο καύσης, U^2 είναι η ταχύτητα έγχυσης καυσίμου, ρ είναι η πυκνότητα καυσίμου και P_o είναι η πίεση έγχυσης καυσίμου.

Εάν $CN > 1$ δεν έχουμε σπηλαιώση.

Στο ακροφύσιο το κρίσιμο σημείο που εμφανίζεται σπηλαιώση είναι στις οπές εξόδου που εγχύεται το καύσιμο στο θάλαμο καύσης (εικόνα 8).

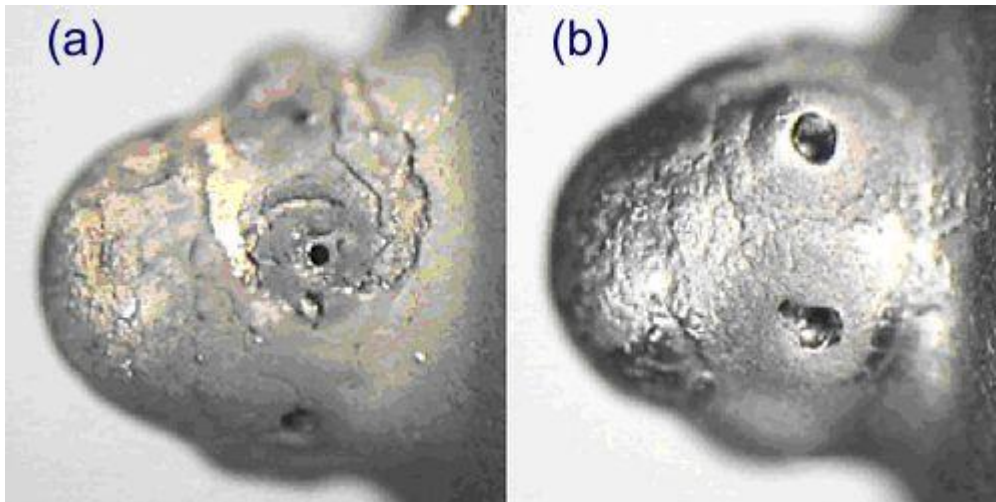


Εικόνα : 8



Εικόνα 8.1 : Διάγραμμα για πίεση ατμού πετρελαίου συνάρτηση θερμοκρασίας.

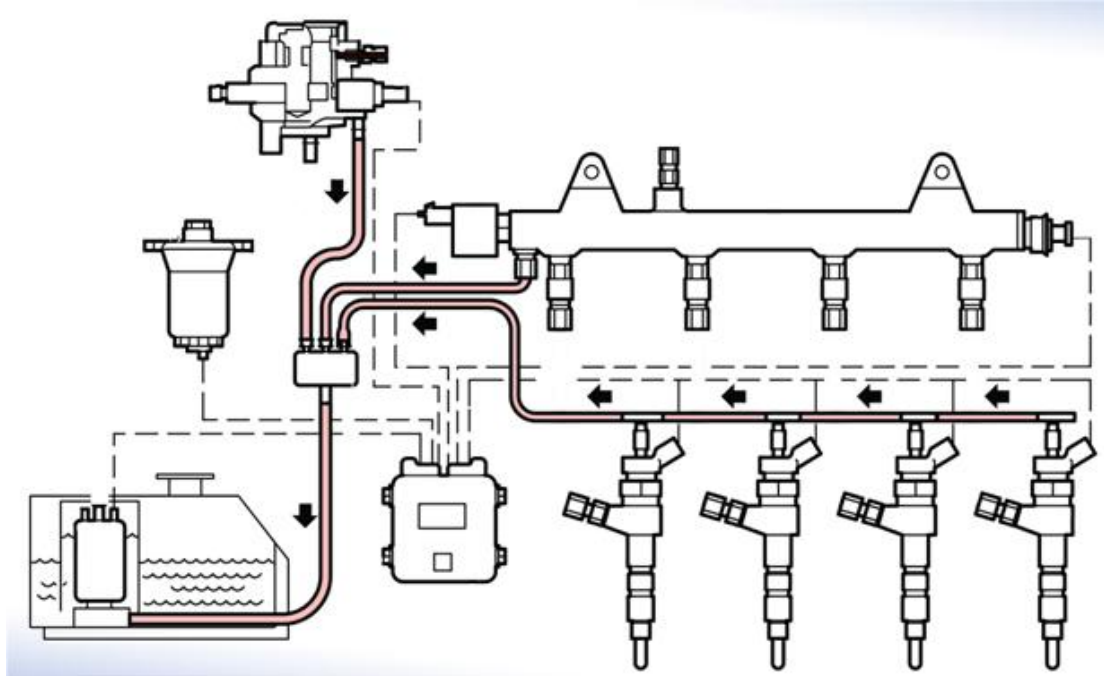
Σχηματική απεικόνιση της ροής του καυσίμου σε ακροφύσιο και σύγκριση της θεωρητικής κατανομής πίεσης με την πραγματική κατανομή κατά μήκος μίας ροϊκής γραμμής. Σχηματισμός σπηλαίωσης εντός ακροφυσίου.



Εικόνα 9 : Φαινόμενο σπηλαίωσης

4.9 : ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Κατά τη λειτουργία του συστήματος ψεκασμού καυσίμου Common Rail, το καύσιμο το οποίο δε χρησιμοποιείται επιστρέφει στο ντεπόζιτο. Το καύσιμο επιστρέφει στο ντεπόζιτο κατά τη λειτουργία της εκτονωτικής βαλβίδας, τη λειτουργία της βαλβίδας ελέγχου πίεσης και τη λειτουργία των εγχυτήρων.



Εικόνα 10: Κύκλωμα επιστρεφόμενου καυσίμου

Το καύσιμο που επιστρέφει από την αντλία υψηλής πίεσης, την κοινή γραμμή τροφοδοσίας καυσίμου και τους εγχυτήρες, συγκεντρώνεται σε μια βαλβίδα εκτόνωσης και από εκεί διοχετεύεται προς το ντεπόζιτο. Η βαλβίδα εκτόνωσης δεν είναι τίποτα άλλο από μια στένωση Venturi όπου επιτυγχάνεται επιπρόσθετη πτώση πίεσης του καυσίμου πριν αυτό καταλήξει στο ντεπόζιτο.

Η πίεση της επιστρεφόμενης ποσότητας καυσίμου κυμαίνεται από 0.3 έως 0.8 bar και εξαρτάται από την τιμή της υψηλής πίεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ : 5 ΡΥΠΟΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

5.1 : ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ

Οι αέριοι ρύποι ειδικά με κρύο κινητήρα γίνονται άμεσα αντιληπτοί στα καυσαέρια και περιλαμβάνουν μη οξειδωμένους ή μερικώς οξειδωμένους υδρογονάνθρακες, στη μορφή σταγονιδίων λευκού ή μπλε καπνού και αλδεΐδες (CHO) με έντονη οσμή. Οι σημαντικοί αέριοι ρύποι των πετρελαιοκινητήρων είναι οι ακόλουθοι:



Ø Μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Το μονοξείδιο του άνθρακα δημιουργείται από έλλειψη οξυγόνου λόγω της ατελούς καύσης καυσίμων που περιέχουν άνθρακα. Είναι ένα άχρωμο, άγευστο και εκρηκτικό αέριο.

Ø Υδρογονάνθρακες (HC). Σαν υδρογονάνθρακες χαρακτηρίζονται μια πληθώρα διαφόρων ενώσεων (π.χ. C₆H₆, C₈H₁₈), που εμφανίζονται μετά από ατελή καύση. Στον οργανισμό επιδρούν με διαφορετικό τρόπο. Μερικοί ερεθίζουν, ενώ μερικοί (αρωματικοί υδρογονάνθρακες) είναι καρκινογόνοι.

Ø Διοξείδιο του θείου (SO₂). Το διοξείδιο του θείου δημιουργείται από την καύση καύσιμου που περιέχει θείο. Είναι άχρωμο αέριο με έντονη οσμή. Το ποσοστό θείου στο καύσιμο έχει τάση μείωσης.

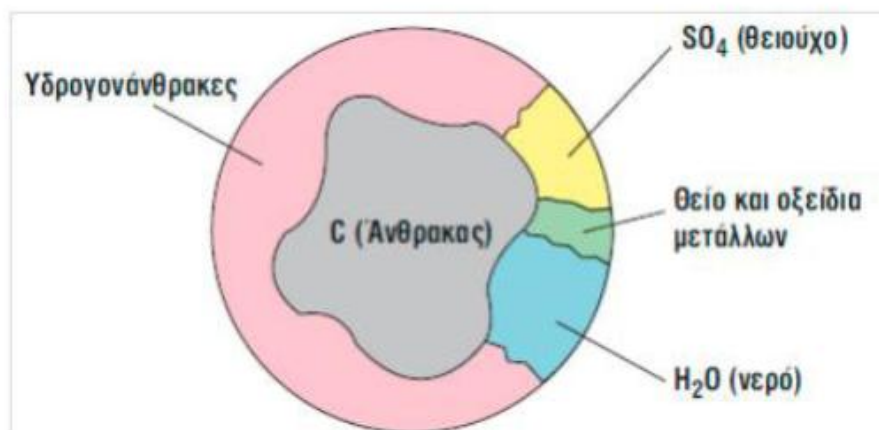
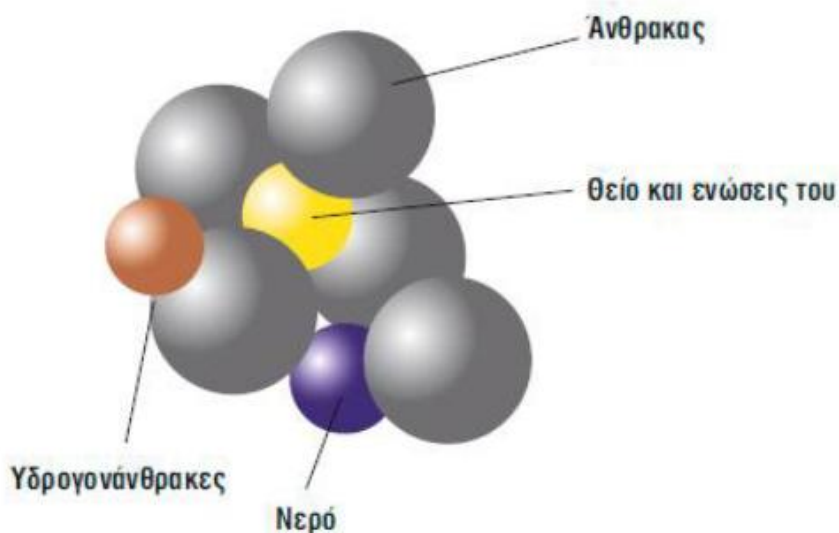
Ø Οξειδία του αζώτου (NO_x). Τα οξειδία του αζώτου (π.χ. NO, NO₂), δημιουργούνται λόγω υψηλής πίεσης, υψηλής θερμοκρασίας και πλεόνασμα οξυγόνου κατά την διάρκεια της καύσης στον κινητήρα. Μερικά οξειδία του αζώτου είναι επιβλαβή για την υγεία.

Τα μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου οδηγούν δυστυχώς στην αύξηση του ποσοστού των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια, επειδή μια πληρέστερη καύση προκαλεί υψηλότερη θερμοκρασία στο χώρο καύσης.

5.2 : ΣΤΕΡΕΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Οι πετρελαιοκινητήρες εκπέμπουν εκτός των αερίων ρύπων και στερεά σωματίδια μαζί με τα καυσαέρια, σε μορφή σκόνης, τα οποία ανήκουν επίσης στον γενικό όρο “σωματίδια” στην αναζήτηση για επικίνδυνες για την υγεία και το περιβάλλον ουσίες.

Ø Σωματίδια αιθάλης PM (Particulate Matter). Σύμφωνα με την νομοθεσία των ΗΠΑ κάθε υλικό που υπό κανονικές συνθήκες περιλαμβάνεται στα καυσαέρια σαν στερεό σώμα (τέφρα, αιθάλη) ή σαν υγρό πρέπει να αξιολογείται σαν PM. Τα σωματίδια αιθάλης είναι μικροσκοπικά σφαιρίδια άνθρακα με διάμετρο περίπου 0,05μm. Ο πυρήνας τους αποτελείται από καθαρό άνθρακα. Σε αυτό τον πυρήνα συσσωρεύονται διάφορες ενώσεις υδρογονανθράκων, οξειδία μετάλλων και θείο.



Η δημιουργία σωματιδίων αιθάλης στον πετρελαιοκινητήρα εξαρτάται από διάφορες φάσεις της καύσης του πετρελαίου όπως παροχή αέρα, ψεκασμός, εξάπλωση της φλόγας. Η ποιότητα της καύσης εξαρτάται από το πώς σχηματίζεται το μείγμα από αέρα και καύσιμο. Σε μερικές περιοχές του χώρου καύσης μπορεί το μείγμα να είναι πλούσιο επειδή δεν υπάρχει επάρκεια οξυγόνου. Τότε η καύση παραμένει ατελής και δημιουργούνται σωματίδια αιθάλης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΡΥΠΑΝΣΗΣ

Σήμερα σημαντικές τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί στους πετρελαιοκινητήρες για την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι βαλβίδες ανακύκλωσης καυσαερίων, απλές ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενες, ο οξειδωτικός καταλύτης, το φίλτρο σωματιδίων αιθάλης (DPF), ο αναγωγικός καταλύτης, τα συστήματα πρόσθετων οξειδίων μετάλλων στο καύσιμο, η παροχή διαλύματος αμμωνίας (ουρία- Ad-blue) στην εξαγωγή καυσαερίων, αποτελούν τεχνολογίες που χαρακτηρίζουν τους κινητήρες ανάλογα με τις προδιαγραφές καυσαερίων EU (EURO) που τους διακρίνει.

Τι είναι οι προδιαγραφές EU

Οι προσπάθειες μείωσης της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων έχουν γίνει αντιληπτές ήδη από την δεκαετία του 70. Τότε τέθηκαν σε ισχύ οι πρώτες προδιαγραφές ελέγχου των καυσαερίων.

Μεγάλη μείωση των εκπομπών επιτεύχθηκε τα τελευταία 15 χρόνια. Αυτό επιτεύχθηκε με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών, την πρόοδο της ηλεκτρονικής και της τεχνικής των υπολογιστών.

Οι προδιαγραφές καυσαερίων EU καθορίζει τα όρια για όλους τους συνηθισμένους ρύπους καυσαερίων των κινητήρων εσωτερικής καύσης σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο, ιδιαίτερα για κινητήρες αυτανάφλεξης των ΙΧ-επιβατικών αυτοκινήτων. Οι προδιαγραφές καθορίζουν τις οριακές τιμές των ρύπων και για φορτηγά οχήματα ανάλογα με την κατηγορία βάρους.

Πρότυπο	Ημερομηνία ισχύος για εγκρίσεις τύπου	Ημερομηνία ισχύος για ταξινόμησης	Ανώτατα όρια ρύπων (γρ./χλμ.)				
			Μονοξείδιο του Άνθρακα CO	Υδρογονάνθρακες HC	Οξείδια του Αζώτου NOx	Υδρογονάνθρακες + Οξείδια Αζώτου HC+NOx	Αιθάλη (PM)
Euro 1	Ιούλιος 1992	Ιούλιος 1992	2,72	-	-	0,97	0,14
Euro 2	Ιανουάριος 1996	Ιανουάριος 1996	0,64	-	-	0,7	0,08
Euro 3	Ιανουάριος 2000	Ιανουάριος 2000	0,5	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	Ιανουάριος 2005	Ιανουάριος 2005	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	Σεπτέμβριος 2011	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	Σεπτέμβριος 2015	0,5	-	0,08	0,17	0,005

Πίνακας εκπομπών ρύπων πετρελαιοκινητήρων επιβατικών οχημάτων ανάλογα με την κλάση (EURO) καυσαερίων σε gr/Km:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων σήμερα, προσφέρουν σχεδόν όλα τους τα αυτοκίνητα εφοδιασμένα και με πετρελαιοκινητήρες. Για ένα μεγάλο αριθμό κατόχων αυτοκινήτων, ο πετρελαιοκινητήρας είναι πολύ πιο οικονομικός από το βενζινοκινητήρα, γιατί η κατανάλωση καυσίμου είναι πάνω από 30% μικρότερη όταν χρησιμοποιείται diesel σε σχέση με τη βενζίνη. Τα πλεονεκτήματα του diesel περιλαμβάνουν, επίσης, περίπου 25% λιγότερες εκπομπές CO₂ καθώς και περίπου 50% μεγαλύτερη ροπή.



Diesel ή Βενζίνη

Εδώ και δεκαετίες στις Ευρωπαϊκές αγορές, το δίλλημα «βενζίνη ή diesel» απασχολεί και τελικά καθορίζει την επιλογή του αγοραστή οποιουδήποτε καινούργιου αυτοκινήτου. Στην Ελλάδα η απελευθέρωση της χρήσης diesel στα δυο μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα-Θεσσαλονίκη), μετέφερε το δίλλημα αυτό στον Έλληνα αγοραστή. Και σίγουρα, με τη χαμηλή τους κατανάλωση και τις μειωμένες εκπομπές ρύπων οι diesel κινητήρες δείχνουν ως η πλέον κατάλληλη επιλογή σε αυτή την οικονομικά δύσχερη εποχή που περνά η χώρα.

Στην πλέον εμπορική κατηγορία αυτοκινήτων, αυτή των μικρών, το δίλλημα μεταξύ βενζινοκίνητης ή πετρελαιοκίνητης επιλογής αποκτά ακόμη περισσότερη σημασία, λόγω της καθημερινής οικονομίας κίνησης που οφείλει να προσφέρει το νέο απόκτημα στον αγοραστή του. Εδώ, οι πωλήσεις της πρώτης χρονιάς απελευθέρωσης του diesel (2012) δίνουν το πλεονέκτημα στα πετρελαιοκίνητα μικρά, αφού το 51% που πωλήθηκαν ήταν diesel.

Βιβλιογραφία

- Bosch, *Συστήματα Common Rail*, έντυπο εργασίας 1987727830.
- Bosch, Common Rail, Κέντρο Τεχνικής Εκπαίδευσης, 2006.
- Bosch, *Συστήματα ψεκασμού diesel U.I.S.*, Τμήμα Τεχνικής Εκπαίδευσης, 2005.
- Bosch, *Τεχνολογία καυσαερίων Diesel – συστήματα DNOX*, 2011.
- Ralbovsky Edward, *Εισαγωγή στους πετρελαιοκινητήρες αυτοκινήτων*, 2η εκδ., Ίων, Αθήνα 2003.
- Multi-Zone Combustion Modelling for the Prediction of Pollutants Emissions and Performance of DI Diesel Engines- D.A.Kouremenos, C.D.Rakopoulos, and D.T.Hountalas
- Αρχές Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ. Κ. Ρακόπουλος, Καθηγητής Ε.Μ.Π..

Διαδίκτυο:

- <http://www.dieselduck.net>
- <http://www.tosynergeio.gr>
- <http://www.ideaa.gr>
- www.power-tec.gr
- <http://el.wikipedia.org/>