



ΑΤΕΙΘ

ΣΤΕΦ

ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ COMMON RAIL



Κωδικός πτυχιακής εργασίας: 2018/3

Επιβλέπων Καθηγητής: Μίχος Φώτιος

Σπουδαστές – Συντάκτες: Γιώργος Χατζήπαπας

Γαβριήλ Γαβριήλ

Θεσσαλονίκη 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.2 ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

1.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΙΕΣΗΣ

1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1.5 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

2. ΓΕΝΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ COMMON RAIL

2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ COMMON RAIL

3. ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

3.1 ΔΟΜΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΥΣΗΣ

3.2 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

3.3 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ EGR

3.4 ΕΠΙΡΡΟΕΣ ΣΤΟΝ ΨΕΚΑΣΜΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ COMMON RAIL

4.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ EDC

4.2 ECU

4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟ COMMON
RAIL

5. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.1 ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

5.1.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

5.1.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

5.1.3 ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

5.1.3.1 ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ

5.1.3.2 ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΜΕ ΓΡΑΝΑΖΙΑ

5.1.3.3 ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΜΕ ΛΟΒΟΥΣ Ή ΜΕ ΠΤΕΡΥΓΙΑ

5.1.4 ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

5.2 ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- 5.2.1 ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 5.2.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 5.2.1.2 ΜΕΡΗ / ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 5.2.1.3 ΠΛΕΥΡΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ
- 5.2.1.4 ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 5.2.1.5 ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
- 6. ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ COMMON RAIL**
- 6.1 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ
- 6.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 6.3 ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΙΕΣΗΣ
- 6.4 ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
- 7. ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**
- 7.1 ΜΠΕΚ
- 7.2 ΕΙΔΗ ΕΓΧΥΤΗΡΩΝ – ΜΠΕΚ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
- 8. ΟΓΚΟΣ ΕΜΒΟΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

Βιβλιογραφία

Συμπεράσματα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο ψεκασμός του καυσίμου είναι μια διεργασία η οποία πρέπει να είναι σε μεγάλη ακρίβεια, αφού στο σύστημα ψεκασμού πρέπει να ρυθμίζει επακριβώς την εγχεόμενη μάζα καυσίμου, την διάρκεια της έγχυσης και τον χρόνο έναρξης.

Ο ψεκασμός του καυσίμου μέσα στον θάλαμο καύσης της MEK γίνεται μέσω του μπέκ στο οποίο φέρει βελόνα και ακροφύσιο με τις οπές. Το μπέκ είναι το τελευταίο εξάρτημα στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου αφού προηγείται η αντλία ψεκασμού όπου στέλνει το καύσιμο με υψηλή πίεση. Να αναφέρουμε ότι στις σύγχρονες MEK Diesel η πίεση ξεπερνά τα 1000 bar.

Στα συστήματα έγχυσης καυσίμου σε αργόστροφες δίχρονες μηχανές τα πιο διαδεδομένα είναι το μηχανικό και το σύστημα κοινού συλλέκτη (Common Rail System – CRS). Στο σύστημα μηχανικής έγχυσης αποτελείται από τις αντλίες ψεκασμού υψηλής πίεσης θετικής εκτοπίσεως για κάθε κύλινδρο χωριστά. Στα συστήματα μηχανικής έγχυσης ο χρονισμός του ψεκασμού εξαρτάται από μηχανικές παραμέτρους (έκκεντρα και στροφές της μηχανής) έχοντας σαν αποτέλεσμα η μεταβολή του χρονισμού να είναι πολύ περιορισμένη, αντιθέτως στα συστήματα έγχυσης κοινού συλλέκτη ο χρονισμός ρυθμίζεται ηλεκτρονικά.

Έτσι λόγω αυτής της εξέλιξης επιτυγχάνεται βελτιωμένη απόδοση τις MEK σε όλο το εύρος λειτουργίας τις, με ταυτόχρονη μείωση των ρύπων.

Κεφάλαιο 1^ο - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα παρουσιαστούν οι απαραίτητες πληροφορίες για τα συστήματα ψεκασμού Common Rail θέμα το οποίο αναλύεται σε όλη την έκταση της εργασίας.

Κεφάλαιο 1.1^ο - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιδέα έγινε από τον Ελβετό μηχανολόγο Ρόμπερτ Χούμπερ το 1960. Το 1987 παρουσιάστηκε η πρώτη γενιά του συστήματος κοινής γραμμής τροφοδοσία (άμεσου ψεκασμού) για πετρελαιοκινητήρες επαγγελματικών οχημάτων από την Fiat γνωστό και ως <<common rail>>, ενώ η δεύτερη η οποία δοκιμάστηκε με επιτυχία τόσο στο εργαστήριο όσο και στο δρόμο το 1989. Την άνοιξη του 1994 η Fiat υπέγραψε συμφωνία με την Bosch η οποία ανέλαβε την τελειοποίηση του συστήματος όσον αφορά την κατασκευή των εξαρτημάτων, το πρόγραμμα της λειτουργίας ηλεκτρονικής διαχείρισης και την βιομηχανική παραγωγή του συστήματος. Το 1997 για πρώτη φορά σε παραγωγή χρησιμοποιήθηκε από τις Mercedes Benz και την Alfa Romeo.

Η κύρια αλλαγή είναι στο ρόλο της αντλίας πετρελαίου. Στους παραδοσιακούς πετρελαιοκινητήρες η αντλία κατά την περιστροφή της από τον κινητήρα δημιουργεί πίεση με τη βοήθεια αντλητικού ή με αντλητικών στοιχείων διανέμει τη σωστή ποσότητα πετρελαίου σε κάθε μπεκ ενώ στο σύστημα Common Rail υπάρχει μια αντλία υψηλής πίεσης όπου και αυτή παίρνει κίνηση από τον πετρελαιοκινητήρα όπου μεταφέρει το καύσιμο υψηλής πίεσης σε ένα κοινό αυλό από τον οποίο τροφοδοτούνται όλα τα μπεκ.

Με το πέρασμα των χρόνων μια πιο ποικίλη μορφή αναγκών όπως η εγκατάσταση κινητήρων άμεσου ψεκασμού σε αυτοκίνητα επιβατικά και φορτηγάκια παραγγελιών, έχουν οδηγήσει στην δημιουργία διαφορετικών συστημάτων ψεκασμού πετρελαίου που είναι ευθυγραμμισμένα με τις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Εδώ δεν έχει

σημασία μόνο η αύξηση της δύναμης της μηχανής, αλλά και η απαίτηση για τη μείωση της κατανάλωσης και η ανάγκη για πιο λίγο θόρυβο και εκπομπές καυσαερίων.

Σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα, το σύστημα Common Rail για άμεσο ψεκασμό δίνει μια ιδιαίτερα μεγάλη άνεση στην προσαρμογή του πάνω στη μηχανή.

Για παράδειγμα:

- Υπάρχει παρατεταμένη περιοχή εφαρμογής, για επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφριά εμπορικά αμάξια, όπως και βαριά αμάξια εμπορικής χρήσεως, με έξοδο ισχύος πάνω από 30Kw ανά κύλινδρο. Ακόμα και πλοία με έξοδο ισχύος πάνω από 200 Kw ανά κύλινδρο.
- Υψηλές πιέσεις ψεκασμού, πάνω από 1400 bar
- Μεταβλητή αρχή ανάφλεξης
- Δυνατότητα πιλοτικού ψεκασμού

Σήμερα το σύστημα rail έχει επιφέρει επανάσταση στην τεχνολογία πετρελαιοκινητήρων. Οι Robert Bosch GmbH, Delphi Automotive Systems, Denso Corporation, και η Siemens VDO (τόρα ανήκει στην Continental AG) είναι οι κύριοι προμηθευτές των σύγχρονων κοινών συστημάτων common rail. Οι κατασκευαστές που χρησιμοποιούν το παραπάνω σύστημα έχουν την εμπορική τους επωνυμία:

- D-μηχανές της BMW (που χρησιμοποιείται επίσης στο Land Rover Freelander TD4)
- Cummins και XPI της Scania (που αναπτύσσονται στο πλαίσιο κοινής επιχείρησης)

- Cummins (CCR Cummins αντλία με την Bosch Μπεκ)
- Της Daimler CDI (και σε οχήματα Jeep της Chrysler απλά ως CRD)
- Ομίλου Fiat (Fiat, Alfa Romeo και Lancia) JTD (επίσης επώνυμα ως Multijet τύπου, JTDM, Ecotec CDTI, TiD, TTiD, DDiS, Quadra-Jet)
- TDCi Duratorq Ford Motor Company και PowerStroke
- Η General Motors Opel / Vauxhall CDTI (κατασκευάζεται από τη Fiat, Isuzu και η GM Daewoo) και νωρίτερα DTI
- Η General Motors Daewoo / Chevrolet VCDi (με την άδεια από VM Motori
- επίσης χαρακτηρίζονται ως Ecotec CDTI)
- Της Honda i-CTDi
- Hyundai-CRDi της Kia
- Της Mazda MZR-CD (1,4 MZ-CD, 1,6 MZ-CD που κατασκευάζονται από κοινή επιχείρηση της Ford / PSA Peugeot-Citroen) και νωρίτερα DiTD
- Της Mitsubishi DI-D (που αναπτύχθηκε πρόσφατα 4N1 σειρά κινητήρων χρησιμοποιεί επόμενη γενιά 200 MPa (2000 bar) σύστημα έγχυσης))

- DCi της Nissan * PSA Peugeot Citroen, HDI ή HDi (1.4HDI, 1.6 HDI, 2.0 HDI, 2.2 HDI και V6 HDI αναπτύχθηκε στο πλαίσιο κοινής επιχείρησης με την Ford)
- DCi της Renault και νωρίτερα DTI
- SsangYong του XDi (οι περισσότερες από αυτές τις μηχανές που κατασκευάζονται από την Daimler AG)
- Κληρονομιά της Subaru TD (όπως του Ιαν. 2008) DICOR
- Της Toyota D-4D
- Η Volkswagen Group: Ο 4.2 V8 TDI και το αργότερο 2,7 και 3,0 TDI (V6) με κινητήρες που διαθέτουν σχετικά με τα τρέχοντα μοντέλα Audi χρήση common rail σε αντίθεση με τις προηγούμενες μηχανές μονάδα έγχυσης. Ο 2.0 TDI στην Volkswagen Tiguan SUV χρήσεις common rail, όπως και το μοντέλο 2008 Audi A4. Όμιλος Volkswagen ανακοίνωσε ότι το 2,0 TDI (common rail) κινητήρας θα είναι διαθέσιμος για Volkswagen Passat, καθώς και το 2009 η Volkswagen Jetta .
- Volvo 2.4D και D5 μηχανές (1.6D, 2.0D που κατασκευάζονται από τη Ford και PSA Peugeot Citroen), Volvo Penta D-serie μηχανές.

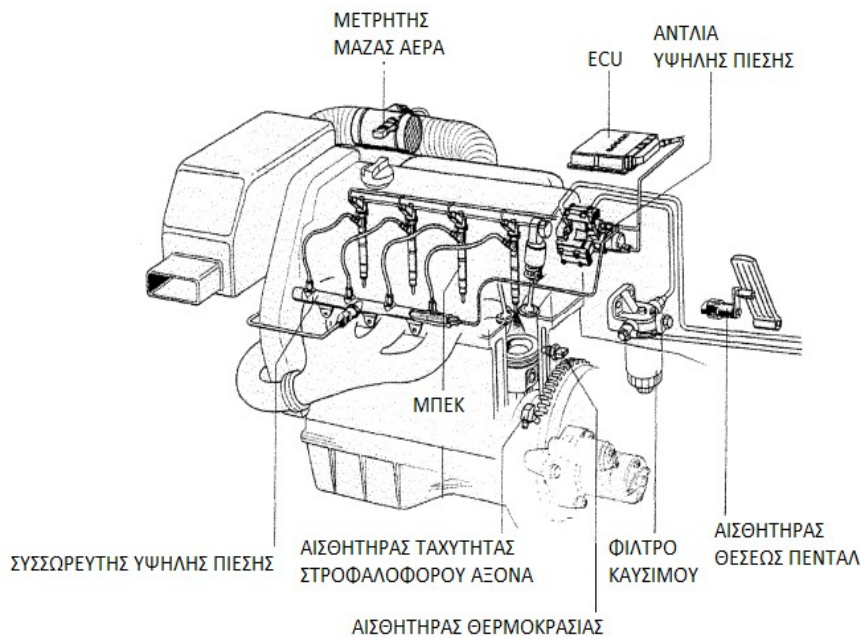
Κεφάλαιο 1.2° - ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η βασική λειτουργία του συστήματος είναι ότι η παραγωγή πίεσης και ο ψεκασμός δεν συνδέονται, επίσης η πίεση ψεκασμού γίνεται ανεξάρτητα από τις στροφές της ΜΕΚ.

Η δημιουργία πίεσης και ο ψεκασμός είναι τελείως διαχωρισμένα μεταξύ τους στο σύστημα Common Rail, ενώ η πίεση ψεκασμού δημιουργείται ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα και από την ψεκαζόμενη ποσότητα καυσίμου. Το καύσιμο αποθηκεύεται υπό πίεση μέσα σε συσσωρευτή καυσίμου υψηλής πίεσης (RAIL) έτοιμο για ψεκασμό.

Η ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται καθορίζεται από τον οδηγό ενώ η αρχή του ψεκασμού και ο χρόνος του ψεκασμού υπολογίζονται από την ECU, βασισμένα σε αποθηκευμένους χάρτες. Στη συνέχεια η ECU δίνει σήμα στο μπεκ ώστε να ψεκάσει ανάλογα.

Η παρακάτω φωτογραφία δείχνει ένα τετρακύλινδρο κινητήρα που χρησιμοποιεί το COMMON RAIL.



Κεφάλαιο 1.3° - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΙΕΣΗΣ

Καθώς περιστρέφεται η αντλία υψηλής πίεσης από τον κινητήρα παράγει την επιθυμητή πίεση ψεκασμού. Το καύσιμο αποθηκεύεται υπό πίεση στο συσσωρευτή πίεσης και είναι έτοιμο για ψεκασμό. Ανεξαρτήτως στροφών και ψεκαζόμενης ποσότητας καύσιμου η πίεση διατηρείται. Τα συστήματα Common rail επιβαρύνουν λιγότερο στην συνολική ισχύ του κινητήρα από τους παραδοσιακούς κινητήρες με συμβατικές αντλίες, λόγω του σχεδιασμού της αντλίας ώστε να εξασφαλίζει μικρό βάρος και μέγεθος και επίσης χαμηλή απαίτηση ροπής.

Ο χρόνος ανοίγματος των μπεκ ελέγχεται από τον εγκέφαλο (ECU) και τους σχετικούς αισθητήρες.

Με των ηλεκτρονικό έλεγχο της παροχής πετρελαίου και της προ πορείας ψεκασμού (αβανς) έχει την βέλτιστη πίεση πετρελαίου ανεξάρτητα με τις στροφές της ΜΕΚ. Έτσι ακόμα και στις χαμηλές στροφές του κινητήρα υπάρχει μια σταθερά υψηλή διατήρηση της πίεσης.

Για τη βέλτιστη απόδοση της ΜΕΚ και για οικονομία του καυσίμου πρέπει να γίνεται:

- Η ρύθμιση της ψεκαζόμενης ποσότητας
- Η ακριβής έναρξη ψεκασμού στο θάλαμο καύσης

Κεφάλαιο 1.4⁰ – ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

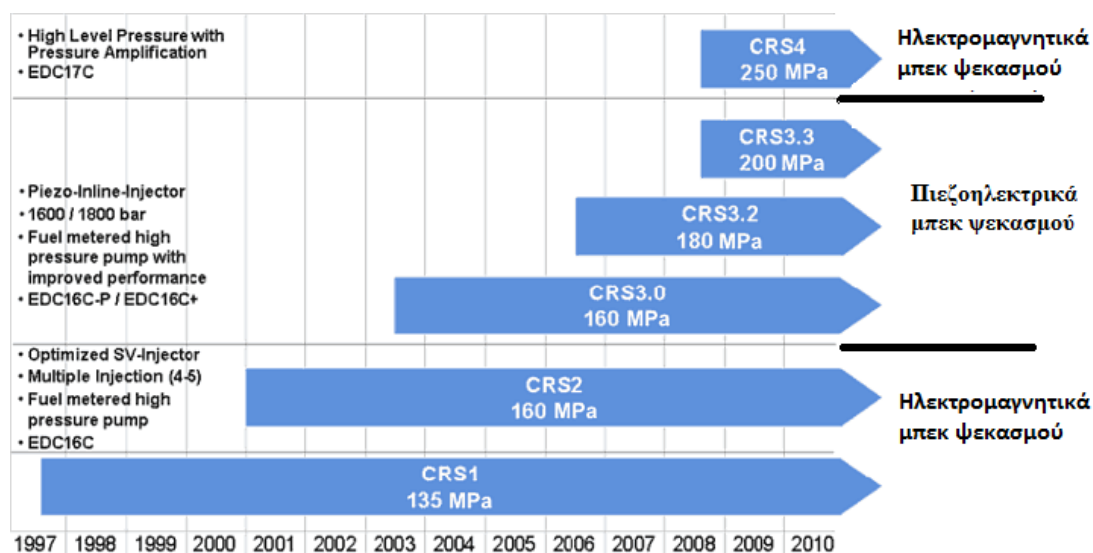
- Υψηλές πιέσεις ψεκασμού από 1400 bar (1^η γενιά) έως 2500 bar (4^η γενιά) και η μεγάλη διαθέσιμη πίεση σε χαμηλές στροφές.
- Δυνατότητα να επιλέγει το σύστημα την πίεση και τον χρόνο ψεκασμού.
- Με την υψηλή πίεση ψεκασμού μπορεί να γίνει σχεδόν πλήρης καύση.
- Με την δυνατότητα πλήρη ελέγχου του ψεκασμού μπορεί να υπάρχει προέγχυση καυσίμου λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν τον κανονικό ψεκασμό προθερμαίνοντας έτσι τον χώρο καύσης.
- Η βασική προέγχυση και ανάφλεξη δεν γίνεται ακαριαία είναι πιο προοδευτική και έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται ο θόρυβος λειτουργίας και τα οξείδια του αζώτου (NOx).
- Υπάρχει δυνατότητα πριν το τέλος της καύσης να ψεκαστεί καύσιμο στον κύλινδρο με σκοπό την μείωση των ρύπων των οξειδίων του αζώτου (NOx) και για την καύση μικροσωματιδίων στο φίλτρο καυσαερίων .

Κεφάλαιο 1.5^ο - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

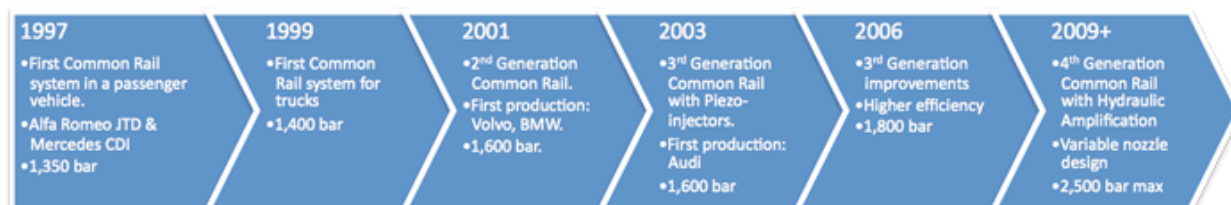
- Πολυπλοκότητα του συστήματος
- Απαιτεί σύγχρονο και ακριβή εξοπλισμό για την συντήρηση και τον έλεγχο του.
- Ευπαθές σε νοθευμένου καυσίμου

Κεφάλαιο 2^ο - ΓΕΝΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ COMMON RAIL

Κεφάλαιο 2.1^ο - ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ COMMON RAIL



Εικόνα [www. Bosch.com](http://www.Bosch.com)



Εικόνα www.cvel.clemson.edu/autoAuE835_Projects_2009lorico_project.html

Το 1997 κατασκευάστηκε για πρώτη φορά στην αγορά η εισαγωγή του συστήματος Common Rail στα επιβατικά οχήματα. Πρώτη εφαρμογή έγινε στην Alfa Romeo και της Mercedes-Benz με πίεση της τάξεως των 1350 bar.

Το 1999 εφαρμόζεται το σύστημα Common Rail σε επαγγελματικά οχήματα με πίεση έγχυσης των 1400 bar, και η πρώτη φορά που εκδόθηκε ήταν της Renault.

Το 2001 παρουσιάζεται η 2^η γενιά συστήματος Common Rail για επιβατικά οχήματα όπου είχε σαν αποτέλεσμα περισσότερους οικονομικούς πετρελαιοκινητήρες, φιλικούς ως προς το περιβάλλον, πιο αθόρυβους και με καλύτερη απόδοση. Η εφαρμογή για πρώτη φορά έγινε στις Volvo και BMW με πίεση έγχυσης της τάξεως των 1600 bar.

Το 2002 η 2^η γενιά εφαρμόζεται σε επαγγελματικά οχήματα όπου είχαν σαν πλεονέκτημα των χαμηλών επίπεδων ρύπων με μικρότερη κατανάλωση αλλά και με αυξανόμενη απόδοση. Πρωτοεφαρμόστηκε στις εκδόσεις MAN με πίεση έγχυσης της τάξεως των 1600 bar.

Το 2003 εφαρμόζεται σε επιβατικά οχήματα η 3^η γενιά του συστήματος Common Rail με πιεζοηλεκτρικά μπέκ, με τα πλεονεκτήματα των 20% λιγότερους ρύπους, την αύξηση κατά 5% τις δύναμης, την μείωση κατά 3% της κατανάλωσης και έως 3db(A) μείωση θορύβου στις MEK. Πρωτοεφαρμόστηκε στις εκδόσεις της Audi με πίεση έγχυσης των 1600 bar.

Το 2006 αναβαθμίστηκε το σύστημα Common Rail της 3^η γενιάς αυξάνοντας την πίεση από της τάξεως των 1600 bar σε 1800 bar με πλεονεκτήματα των καθαρών κινητήρων και την επιπλέον μεγαλύτερη απόδοση.

Το 2008 εφαρμόζεται για επιβατικά οχήματα η 4^η γενιά του συστήματος Common Rail με μεγαλύτερες πίεσης με την θετική εξέλιξη των πραγμάτων όπως προαναφέρα και συνεχώς την εξέλιξη του που η BOSCH μελετά συστήματα με εφαρμογή πιο υψηλών πιέσεων ψεκασμού. Στα βαριά επαγγελματικά οχήματα εφαρμόζεται ένας νέος εγχυτήρας με πολλαπλασιαστή

πίεσης, έχοντας σαν αποτέλεσμα να συμπυκνώνει το καύσιμο στο μπέκ με μέγιστη πίεση των 2100 bar. Ο πολλαπλασιαστής πίεσης μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα από το ακροφύσιο έγχυσης έχοντας την δυνατότητα ελεύθερης διαμόρφωσης της μεταβολής της πίεσης μειώνοντας τη δημιουργία ρύπων.

Κεφάλαιο 3^ο – ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Κεφάλαιο 3.1^ο- ΔΟΜΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΥΣΗΣ

Σε σύγκριση με άλλους κινητήρες, οι κινητήρες DIESEL χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλής αστάθειας και όχι μόνο προετοιμάζουν το μίγμα αέρα/καυσίμου στην περίοδο μεταξύ του ψεκασμού και της έναρξης της καύσης αλλά και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της καύσης.

Οι κινητήρες DIESEL λειτουργούν πάντα με περίσσια αέρα. Η κατανάλωση των καυσίμων και οι εκπομπές **μονοξείδιο του άνθρακα CO** και **υδρογονάνθρακες HC** αυξάνονται αν υπάρχει ανεπαρκής ποσότητα αέρα.

Η δομή του μείγματος αέρα/καυσίμου ορίζεται με τις παρακάτω παραμέτρους:

- Πίεση ψεκασμού
- Χρόνος ψεκασμού
- Διανομή του σπρέι (κατεύθυνση, αριθμός σταγονιδίων)
- Έναρξη ψεκασμού
- Ροή αέρα
- Μάζα αέρα

Όλα αυτά έχουν επιρροή στην εκπομπή καυσαερίων και στην κατανάλωση καυσίμου. Οι υψηλές θερμοκρασίες καύσης και τα υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης οξυγόνου οδηγούν σε αύξηση των **οξειδίων του αζώτου NO_x**. Οι εκπομπές αιθάλης αυξάνονται με την έλλειψη αέρα και την φτωχή αναλογία αέρα/καυσίμου.

Κεφάλαιο 3.2^ο - ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η διαμόρφωση του θαλάμου καύσης και της εισαγωγής αέρα μπορεί να έχουν θετικό αποτέλεσμα στις εκπομπές καυσαερίων. Αν η ροή του αέρα στον θάλαμο καύσης είναι μελετημένη και τοποθετημένη προσεκτικά ως προς το σπρέι καυσίμου τότε έχουμε ένα αποτελεσματικό μίγμα καυσίμου/αέρα για την ολοκλήρωση της καύσης. Επιπρόσθετα, θετικά αποτελέσματα επιτυγχάνονται με ομογενή μίξη αέρα και ενός μέρος του EGR.

Τεχνικές τεσσάρων βαλβίδων και τούρμπο με ποικίλη γεωμετρία VTG (Variable-Turbine Geometry) συνεισφέρουν επίσης σε χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων.

Κεφάλαιο 3.3^ο - ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ EGR

Χωρίς το EGR, οι εκπομπές **οξειδίων του αζώτου NO_x** είναι υπερβολικές ενώ οι εκπομπές **αιθάλης** είναι στα όρια. Η ανακύκλωση καυσαερίων είναι μια μέθοδος για τη μείωση των εκπομπών **οξειδίων του αζώτου NO_x** χωρίς να αυξάνει δραστικά την **αιθάλη** στην εξαγωγή του κινητήρα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί πολύ αποτελεσματικά στο σύστημα common rail χάρη στην άριστη μίξη αέρα-καυσίμου που επιτυγχάνεται με τις υψηλές πιέσεις ψεκασμού.

Με το EGR ένα μέρος των καυσαερίων μεταφέρεται στην περιοχή της εισαγωγής. Αυτό μειώνει όχι μόνο την αναλογία σε οξυγόνο αλλά και την μέγιστη αιχμή της θερμοκρασίας την ώρα της καύσης, με αποτέλεσμα να πέφτουν οι εκπομπές **οξειδίων του αζώτου NO_x**.

Αν ανακυκλωθούν πολλά καυσαέρια (πέραν του 40% του εισερχομένου αέρα) η **αιθάλη**, το **μονοξείδιο του άνθρακα**

CO και τους **υδρογονάνθρακες HC** θα αυξηθούν λόγω έλλειψης οξυγόνου.

Κεφάλαιο 3.4^ο-ΕΠΙΡΡΟΕΣ ΣΤΟ ΨΕΚΑΣΜΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Το ξεκίνημα του ψεκασμού, η καμπύλη βαθμού εκπλήρωσης και ο ψεκασμός του καυσίμου έχουν επίσης επιρροή στην κατανάλωση καύσιμων και στις εκπομπές καυσαερίων.

Έναρξη ψεκασμού

Λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών της διαδικασίας, η καθυστέρηση του ψεκασμού ελαττώνει τις εκπομπές **οξειδίων του αζώτου NO_x**. Αν όμως υπάρξει μεγάλη καθυστέρηση, οι εκπομπές για τους **υδρογονάνθρακες HC** και η κατανάλωση καυσίμου αυξάνονται όπως και οι εκπομπές **αιθάλης** κάτω από υψηλές συνθήκες φόρτισης. Αν το ξεκίνημα του ψεκασμού παρεκκλίνει μόνο 1^ο στροφαλοφόρου άξονα (crankshaft) από την επιθυμητή αξία, οι εκπομπές των **οξειδίων του αζώτου NO_x** μπορεί να αυξηθούν μέχρι και 5%. Μια παρέκκλιση των 2^ο στροφαλοφόρου άξονα νωρίτερα (προπορεία) μπορεί να δώσει μια στιγμιαία αύξηση της πίεσης κατά 10bar. Μια παρέκκλιση των 2^ο στροφαλοφόρου άξονα αργότερα (αργοπορεία) μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία των καυσαερίων κατά 20°C. Γι' αυτό απαιτείται υψηλή ακρίβεια στην έναρξη του ψεκασμού.

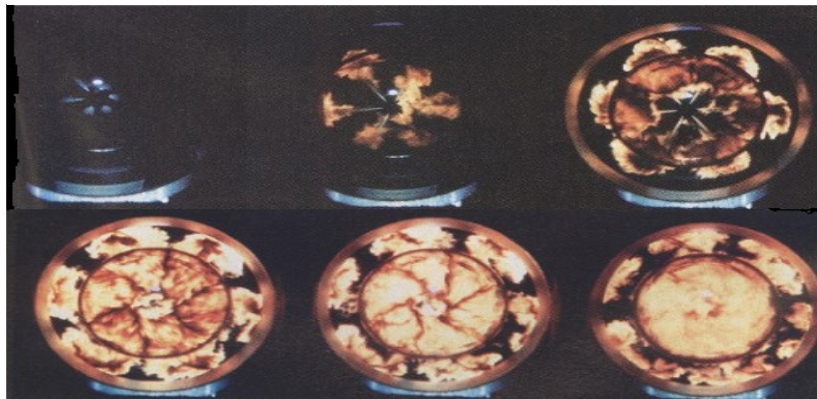
Καμπύλη βαθμού εκπλήρωσης

Η καμπύλη αυτή ορίζει τις μεταβολές στη μάζα του καυσίμου στη διάρκεια ενός απλού ψεκασμού. Επίσης καθορίζει τη μάζα του καυσίμου που παραλαμβάνεται στη διάρκεια της αργοπορίας της καύσης (ανάμεσα στην έναρξη του ψεκασμού

και στην έναρξη της καύσης). Ακόμα πιο πέρα, επηρεάζει την διανομή του καυσίμου στο θάλαμο καύσης και έχει μια επίδραση στην δραστηριότητα του αέρα. Η καμπύλη πρέπει να ανεβαίνει αργά ώστε ο ψεκασμός του καυσίμου στην καθυστέρηση της καύσης να κρατηθεί στο ελάχιστο. Αυτή η ποσότητα του καυσίμου καίγεται ξαφνικά μόλις ξεκινήσει η καύση με τις επακόλουθες αρνητικές επιρροές στον θόρυβο του κινητήρα και στις εκπομπές **οξειδίων του αζώτου NO_x**. Η καμπύλη αυτή πρέπει να πέσει αμέσως για να προλάβουμε το φτωχό ψεκασμό καυσίμου που θα οδηγήσει σε εκπομπές **υδρογονάνθρακες HC** και **αιθάλης** και στην αύξηση της κατανάλωσης στην τελική φάση της καύσης.

Ψεκασμός καυσίμου

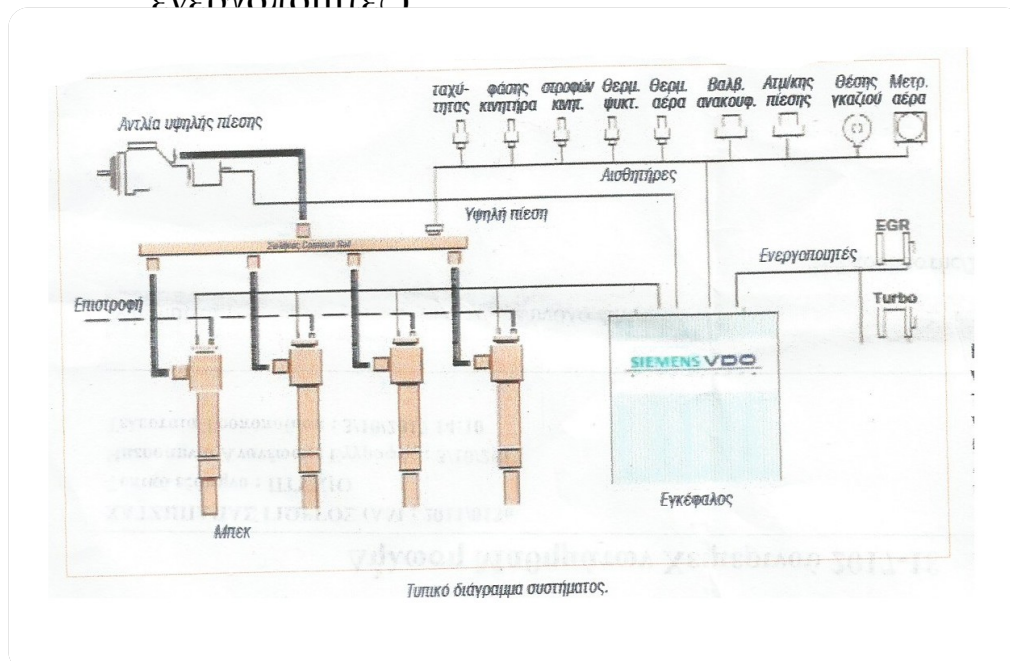
Ο σωστός ψεκασμός του καυσίμου προωθεί τη σωστή μίξη του αέρα με το καύσιμο. Συνεισφέρει στη μείωση των εκπομπών **αιθάλης** και **υδρογονάνθρακες HC**. Για να προλάβουμε τις εκπομπές της **αιθάλης** η ποσότητα του ψεκαζόμενου καυσίμου πρέπει να είναι περιορισμένη σύμφωνα με την ποσότητα του αέρα. Τουλάχιστον να είναι 10...40% ($\lambda=1,1...1,4$). Με το που κλείνει η βελόνα του μπεκ, το καύσιμο στο στόμιο του μπορεί να εξατμιστεί και να αυξήσει τις εκπομπές **υδρογονάνθρακες HC** στην επομένη διαδικασία. Αυτό σημαίνει ότι τέτοιες ποσότητες πρέπει να κρατιούνται στο ελάχιστο.



Κεφάλαιο 4^ο- ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ COMMON RAIL

Το σύστημα τροφοδοσίας Common Rail αποτελείται από δυο βασικά υποσυστήματα:

- Το υποσύστημα τροφοδοσίας καυσίμου (χαμηλής και υψηλής πίεσης)
- Το υποσύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου diesel (Electronic Diesel Control- E.D.C) (αισθητήρες, μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (εγκέφαλος), ενεργοποιητές)



Εικόνα παρ www.tueea.gr/newspaper/ta/ta0020-11evns-037.pdf

Κεφάλαιο 4.1^ο-ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ EDC

Κύρια μέρη

Το EDC (Electronic Diesel Control) για το Common Rail αποτελείται από τρία συστήματα:

- Τους αισθητήρες για τον έλεγχο και καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας και των επιθυμητών δεδομένων (περιγραφή στο κεφάλαιο 6.2)
- Την ECU που επεξεργάζεται τις πληροφορίες που παίρνει από τους αισθητήρες, χρησιμοποιώντας αλγορίθμους και δημιουργεί ηλεκτρικά σήματα εξόδου
- Τους μηχανισμούς κίνησης που μετατρέπουν τα ηλεκτρικά σήματα εξόδου της ECU σε μηχανικές παραμέτρους

Κεφάλαιο 4.2^ο-ECU

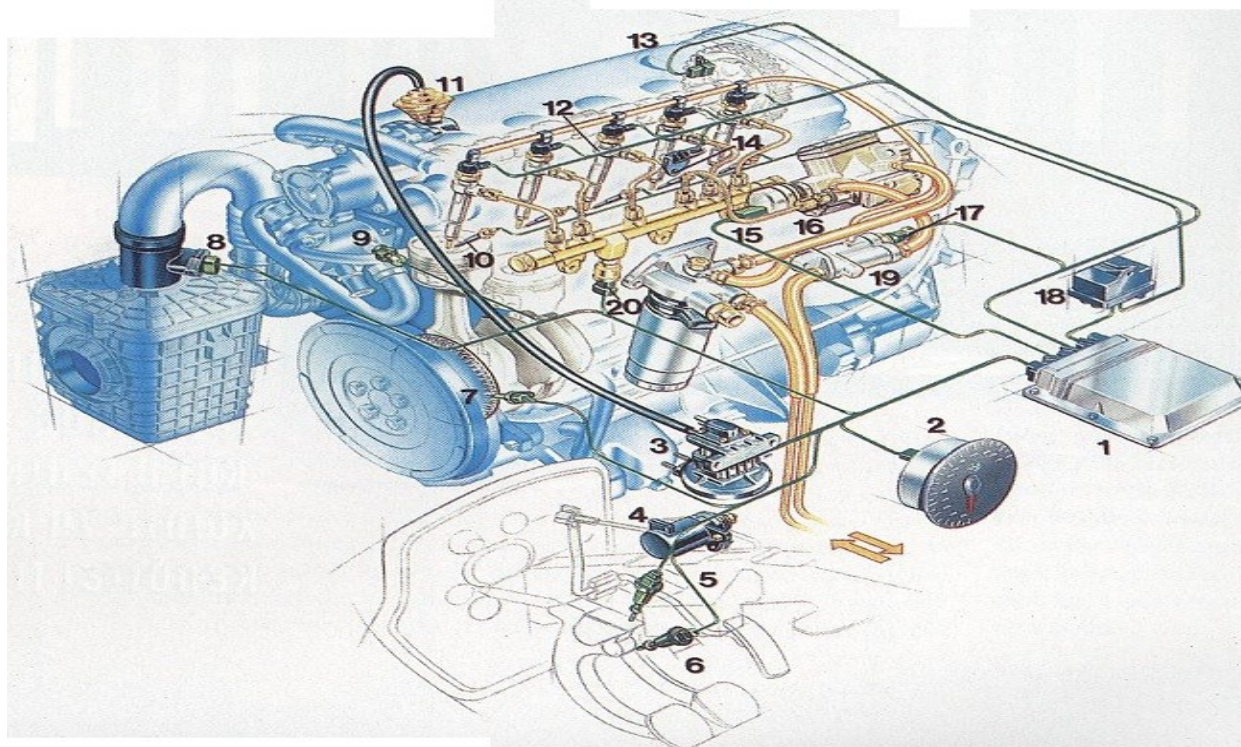
Η ECU (συσκευή ελέγχου) αποτιμά τα σήματα που λαμβάνει από τους αισθητήρες και οριοθετεί το σήμα τους μέσα στα επιτρεπόμενα όρια. Από αυτά τα δεδομένα και από αποθηκευμένους χάρτες ο μικροϋπολογιστής της ECU υπολογίζει τη χρονική στιγμή και τη διάρκεια ψεκασμού και μετατρέπει αυτούς τους χρόνους σε χαρακτηριστικά σήματα που είναι προσαρμοσμένα στις κινήσεις των πιστονιών και του στροφάλου.



Εικόνα

https://www.ozautoelectrics.com/media/wysiwyg/Bosch_ECU.jpg

Κεφάλαιο 4.3^ο –ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟ COMMON RAIL



ΕΙΚΟΝΑ <http://iceal.wdfiles.com/local--files/ilektronika-systimata-petrelaioy/329-0.jpg>

1. Κεντρική ηλεκτρονική μονάδα
2. Ταχύμετρο
3. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ρύθμισης ανακύκλωσης καυσαερίων
4. Ποτενσιόμετρο θέσης πεντάλ γκαζιού
5. Αισθητήρας πεντάλ φρένου
6. Αισθητήρας πεντάλ συμπλέκτη
7. Αισθητήρας στροφών κινητήρα
8. Αισθητήρας ροής αέρα
9. Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού Ι
10. Προθερμαντήρες
11. Βαλβίδα ανακύκλωσης καυσαερίων
12. Μπεκ ψεκασμού
13. Αισθητήρας χρονισμού ψεκασμού (θέσης εκκεντροφόρου)

14. Αισθητήρας πίεσης τούρμπο
15. Ρυθμιστής πίεσης
16. Αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου στον αυλό παροχής
17. Αισθητήρας θερμοκρασίας πετρελαίου
18. Μονάδα ελέγχου προθερμαντήρων
19. Μονάδα επιστροφής πετρελαίου
20. Αισθητήρας πίεσης πετρελαίου

ΜΠΕΚ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Στο Common Rail χρησιμοποιούνται ειδικά μπεκ με υδραυλικά σερβοσυστήματα και με ηλεκτρικά ενεργοποιούμενα στοιχεία ώστε να πετύχουμε αποτελεσματική έναρξη του ψεκασμού και την ακριβή ποσότητα του καυσίμου που θα ψεκαστεί. Εφαρμόζεται μια τάση ψεκασμού στην αρχή στα μπέκ και η σπειροειδής βαλβίδα ανοίγει γρήγορα. Μόλις η βελόνα του ακροφυσίου ανοίξει εντελώς η τάση αυτή μειώνεται. Η ποσότητα του ψεκαζόμενου καυσίμου καθορίζεται από τον χρόνο που μένει ανοιχτό το μπέκ και από την πίεση στο συσσωρευτή. Το μπεκ κλείνει μόλις σταματήσει η εφαρμογή της τάσης στην σπειροειδή βαλβίδα.

ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΩΝ

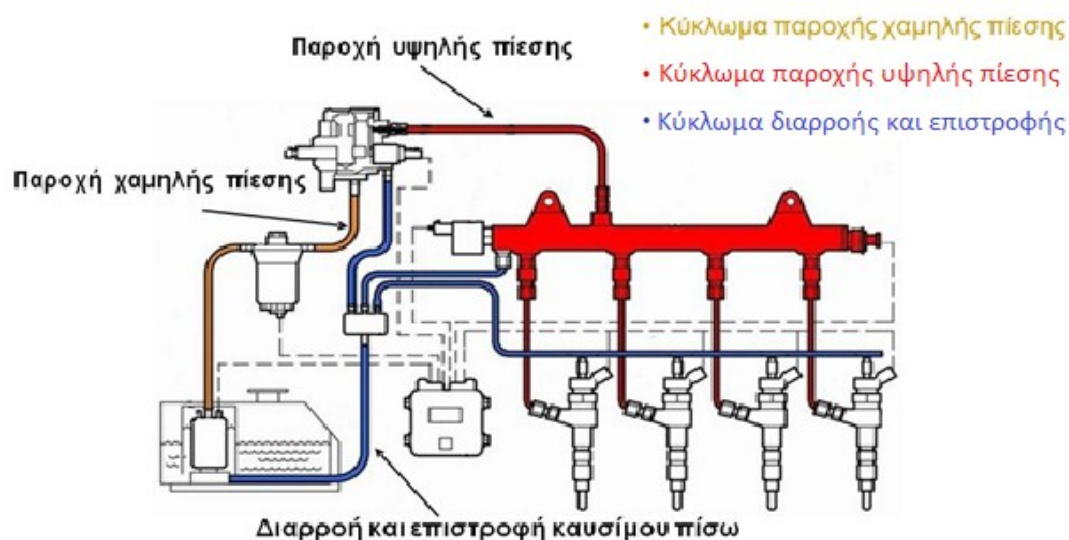
Είναι υπεύθυνη για την εξασφάλιση της αποτελεσματικής εκκίνησης του κινητήρα. Επίσης, μικραίνοντας το χρόνο θέρμανσης του θαλάμου καύσης επιτυγχάνουμε τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων όταν ο κινητήρας είναι ακόμα κρύος.

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ (EGR)

Με την ανακύκλωση καυσαερίων (EGR) ένα μέρος των καυσαερίων οδηγείται στην περιοχή εισαγωγής του κινητήρα. Μέχρι κάποιον προκαθορισμένο βαθμό, ένα

αυξανόμενο τμήμα αναλογίας καυσαερίων-αέρα έχει θετική επίδραση στις εκπομπές καυσαερίων. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, η μάζα του εισερχόμενου αέρα στους θαλάμους καύσης μπορεί να αποτελείται μέχρι και 40% από καυσαέρια. Στον έλεγχο της ECU, η πραγματική ποσότητα μάζας φρέσκου αέρα μετριέται και συγκρίνεται, σε κάθε σημείο λειτουργίας, με την επιθυμητή τιμή. Χρησιμοποιώντας το σήμα από την ECU ο ρυθμιστής EGR ανοίγει ώστε τα καυσαέρια να μπουν στην περιοχή εισαγωγής.

Κεφάλαιο 5^ο- ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Εικόνα Bosch ECD-U2P EDC16

Το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου Common Rail χωρίζεται σε δύο υποσυστήματα ως προς την κυκλοφορία καυσίμου:

- Στο υποσύστημα καυσίμου χαμηλής πίεσης.
- Στο υποσύστημα καυσίμου υψηλής πίεσης.
- Υπάρχουν ακόμα και το κύκλωμα επιστροφής καυσίμου όπως όλοι οι πετρελαιοκινητήρες.

Από την αντλία χαμηλής πίεσης όπου ρυθμίζεται να παρέχει πίεση της τάξεως των 4,5 bar αναρροφά το καύσιμο από το ρεζερβουάρ στην συνέχεια περνά από ένα φίλτρο που κατασκευαστικά αποτελείται από πορώδες υλικό όπως (χαρτί, μέταλλο ή κεραμικό) με διαπερατότητα 3-6μm, επίσης το φίλτρο αυτό μαζί με την νεροπαγίδα συγκρατεί την υγρασία που υπάρχει στο πετρέλαιο και μπορεί να καταστρέψει τα

εξαρτήματα όπως οι αυτολιπαινόμενες αντλίες. Στην συνέχεια από την γранаζωτή αντλία στέλνει το καθαρό πετρέλαιο με σταθερή παροχή περίπου της τάξης 100-200 lt/h στο κύκλωμα υψηλής πίεσης. Στη 1^η και 2^η γενιάς του συστήματος Common Rail η παροχή του καυσίμου στο κύκλωμα υψηλής πίεσης γίνεται με ηλεκτρική αντλία χωρίς να γίνεται αναρρόφηση από την γранаζωτή.

Αρκετές φορές η ποσότητα του καυσίμου είναι μεγαλύτερη από όσο απαιτείται σαν αποτέλεσμα από μια βαλβίδα τύπου by pass το πλεονάζον καύσιμο να επιστρέφει στο ρεζερβουάρ την ίδια στιγμή από μια δεύτερη βαλβίδα διατηρεί σταθερή την εσωτερική πίεση της ίδιας αντλίας ανεξάρτητα από τις στροφές της.

Έπειτα η αντλία υψηλής πίεσης διανέμει το καύσιμο σε 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 ισούνται με τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα. Σε μεγαλύτερη ποσότητα το καύσιμο προωθείται από εκεί προς το διακλαδωτή rail στο οποίο επικρατούν σταθερές συνθήκες πίεσης λόγω του όγκου του καυσίμου που υπάρχει στο κύκλωμα. Η πίεση ρυθμίζεται ηλεκτρονικά από την ECU μέσω του αισθητήρα πίεσης ανάλογα με το φορτίο και τις στροφές του κινητήρα. Η έναρξη του ψεκασμού καθορίζεται από την ECU που ενεργοποιεί τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

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

Κεφάλαιο 5.1^ο - ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Στο κύκλωμα χαμηλής πίεσης η αντλία χαμηλής πίεσης αναρροφά το καύσιμο από το ρεζερβουάρ μετά το καύσιμο περνά από το κύριο φίλτρο καυσίμου τροφοδοτώντας την αντλία υψηλής πίεσης με ρυθμιζόμενη πίεση από μια βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης περίπου της τάξεως των 4,5 bar.

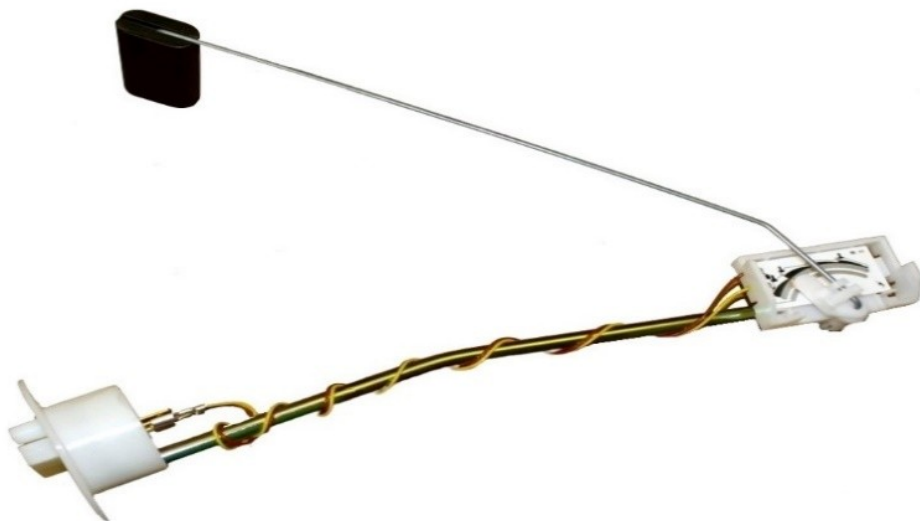
Κεφάλαιο 5.1.1^ο - ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Η δεξαμενή καυσίμου είναι τοποθετημένη στο πάτωμα κάτω από τις πίσω θέσεις. Είναι κατασκευασμένη από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο και υπάρχει μια εκτονωτική βαλβίδα αναθυμιάσεων για να αποφευχθεί η υπερβολική αύξηση της πίεσης.

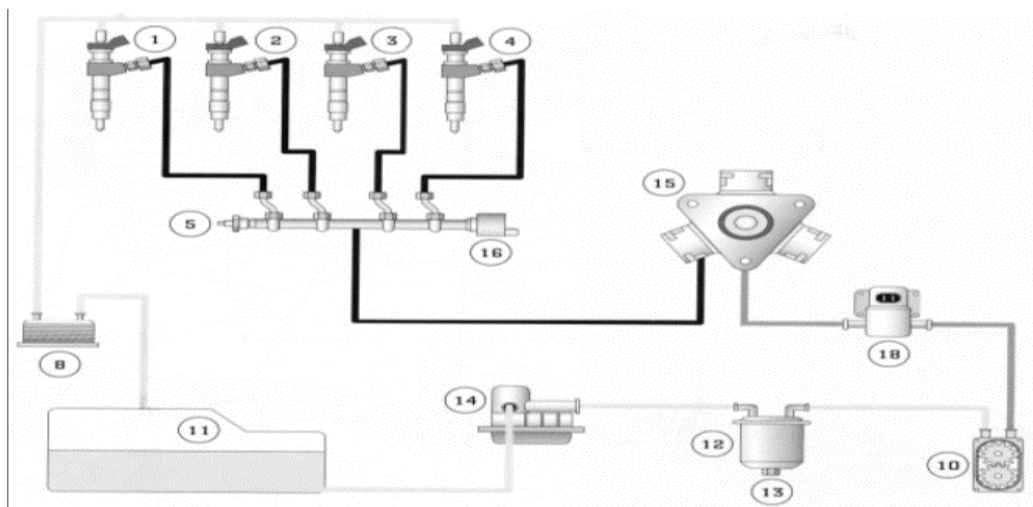


Κεφάλαιο 5.1.2^ο - ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

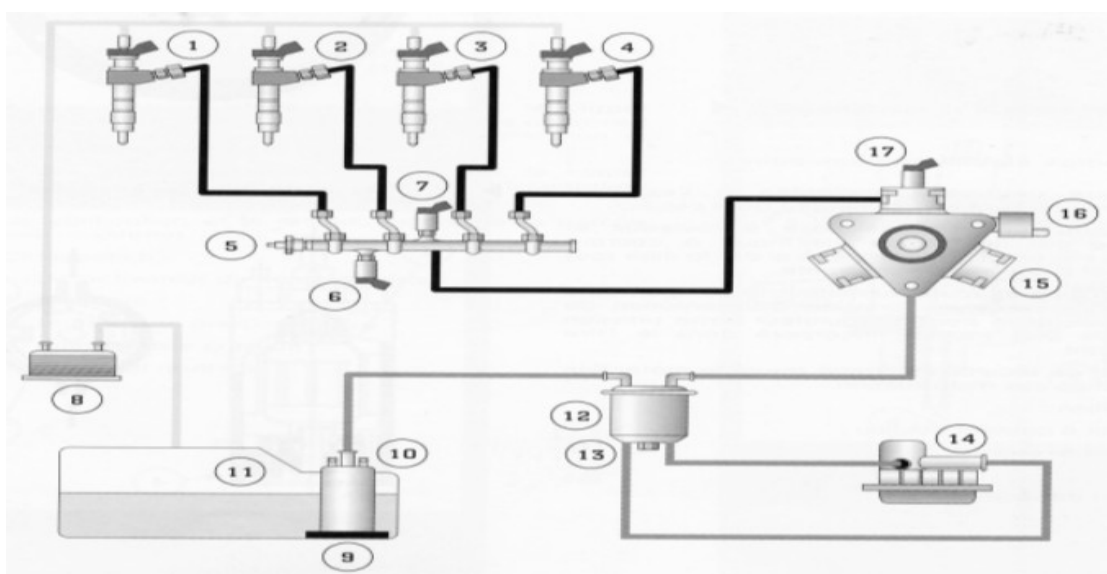
- Ο αισθητήρας στάθμης καυσίμου μας μεταδίδει την ένδειξη στάθμης καυσίμου στο καντράν του οχήματος μέσω περιστρεφόμενου ποτενσιόμετρου.
- Η λυχνία ένδειξης χαμηλής στάθμης καυσίμου λειτουργεί όπως και για την ένδειξη στάθμης, μόλις το φλοτέρ φθάσει στο σημείο ένδειξης χαμηλής στάθμης και αν παραμείνει για περισσότερο από 50 περίπου δευτερόλεπτα η λυχνία χαμηλής στάθμης θα ανάψει.



Κεφάλαιο 5.1.3^ο - ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Εικόνα Τροφοδοσία με μηχανική αντλία



Εικόνα Τροφοδοσία με ηλεκτρική αντλία

- 1 έως 4 : ηλεκτρουδραυλικοί εγχυτήρες
- 5 : common rail υψηλής πίεσης
- 6 : αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου
- 7 : αισθητήρας πίεσης καυσίμου

- 8 : ψύκτης του καυσίμου, τοποθετημένος στο κύκλωμα επιστροφών
- 9 : προ-φίλτρο καυσίμου
- 10 : αντλία τροφοδοσίας χαμηλής πίεσης
- 11 : ρεζερβουάρ καυσίμου
- 12 : φίλτρο καυσίμου, νεροπαγίδα και ρυθμιστής κυκλώματος χαμηλής πίεσης
- 13 : κοχλίας αδειάσματος νερού (νεροπαγίδα)
- 14 : προθερμαντήρας καυσίμου
- 15 : αντλία υψηλής πίεσης
- 16 : ρυθμιστής υψηλής πίεσης καυσίμου
- 17 : απενεργοποιητής του τρίτου εμβόλου της αντλίας υψηλής πίεσης

Ο σκοπός της βοηθητικής αντλίας καυσίμου είναι να παρέχει συνεχές καύσιμο στην αντλία υψηλής πίεσης σε κάθε κατάσταση λειτουργίας στην σωστή πίεση, αλλά να διακόπτη όταν υπάρχει έκτακτη ανάγκη.

Τα είδη των βοηθητικών αντλιών είναι δυο:

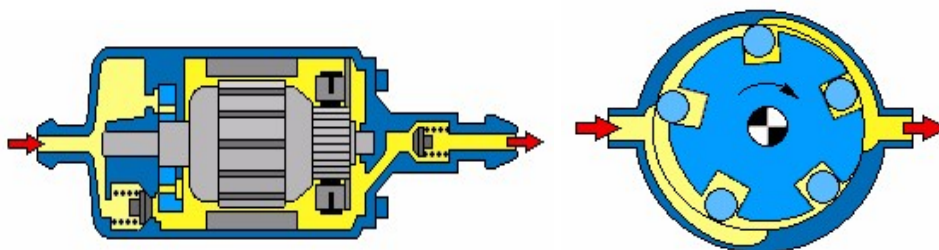
- i. Ηλεκτρική όπου είναι είτε εξωτερικά στο κύκλωμα Common Rail είτε στη δεξαμενή του καυσίμου.
- ii. Και η μηχανική όπου είναι ενσωματωμένη στη αντλία υψηλής πίεσης.

Κεφάλαιο 5.1.3.1^ο - ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ

Η ηλεκτρική βοηθητική αντλία καυσίμου είναι εξωτερική κοντά στο ρεζερβουάρ στο σύστημα Common Rail 1^η γενιάς και εσωτερική στο ρεζερβουάρ στις 2^η 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.



Κεφάλαιο 5.1.3.2^ο-ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕ ΓΡΑΝΑΖΙΑ

Η λειτουργία της είναι να τροφοδοτεί με καύσιμο την αντλία υψηλής πίεσης.

Από την 3^η γενιά του σύστημα Common Rail και έπειτα αποτελείται από ένα εσωτερικό γρανάζι και ένα εξωτερικό γρανάζι, 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.

Οι πιέσεις είναι:

- Κατά την εκκίνηση 0,4-1,5 bar
- Στο ρελαντί 2,0-2,5 bar
- Μέγιστη πίεση περίπου 3,5 bar



Εικόνα Bosch CP3 3γενιάς

Κεφάλαιο 5.1.3.3^ο - ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕ ΛΟΒΟΥΣ Ή ΜΕ ΠΤΕΡΥΓΙΑ

Η κύρια λειτουργία είναι να τροφοδοτεί με καύσιμο την αντλία υψηλής πίεσης.

Η αντλίες με λοβούς η με πτερύγια έχουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας όπως αναφέραμε προηγουμένως, με την μόνη διαφορά στην κατασκευή.



Εικόνα Αντλία με λοβούς DENSO HP3

Κεφάλαιο 5.1.4^ο - ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Οι απαιτήσεις του συστήματος Common Rail για πετρέλαιο καλής ποιότητας είναι περισσότερο αναγκαίες σε σχέση με τα παλαιότερα συστήματα πετρελαιοκινητήρων. Με τυχόν ξένων σωματιδίων στο καύσιμο είναι πιθανών να προκαλέσει ζημιά στην αντλία, στα στοιχεία ελέγχου η στους εγχυτήρες.

Η δουλειά του φίλτρου καυσίμου είναι να καθαρίζει το καύσιμο πριν φτάσει στην αντλία υψηλής πίεσης ώστε να αποφευχθεί τυχόν βλάβης έτσι λοιπόν διαχωρίζει το νερό από το καύσιμο ώστε να μην εισχωρεί στο σύστημα υψηλής πίεσης ενώ με τον θερμαντήρα επιτυγχάνεται η θερμοκρασία του καυσίμου για να αποφευχθεί τειχών βούλωμα του φίλτρου καυσίμου, την διάβρωση του κυκλώματος, την χαμηλή πίεση στο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου που επιφέρει κακή λίπανση της αντλίας υψηλής πίεσης που οφείλεται στις χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες του πετρελαίου. Η απόδοση της ΜΕΚ επηρεάζεται από την ποιότητα του καυσίμου γεγονός που καθιστά την ύπαρξη του φίλτρου απαραίτητη.

Για την πρόβλεψη αυτών των προβλημάτων τοποθετείται θερμαντικό στοιχείο καυσίμου και νεροπαγίδα.



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

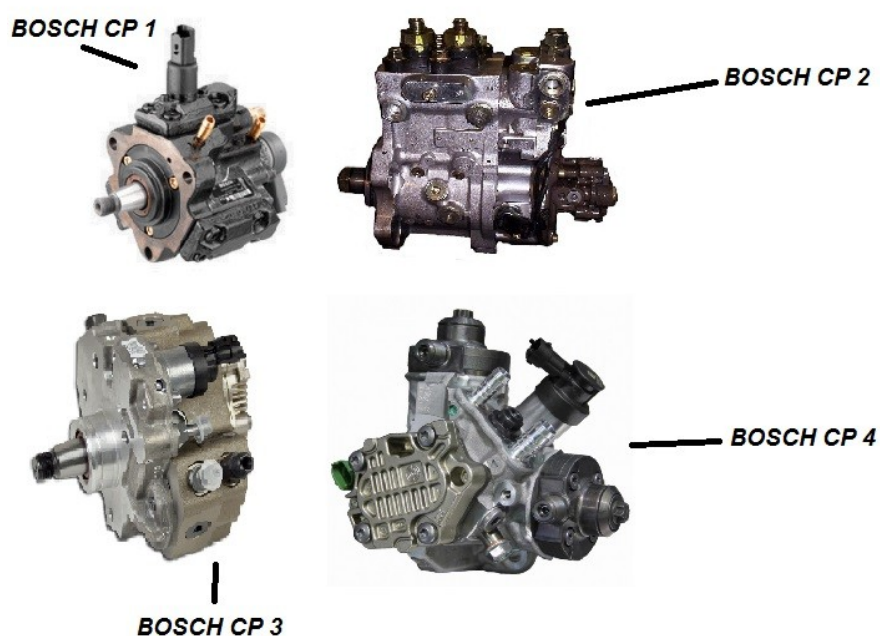
Εικόνα Bosch

Κεφάλαιο 5.2^ο - ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

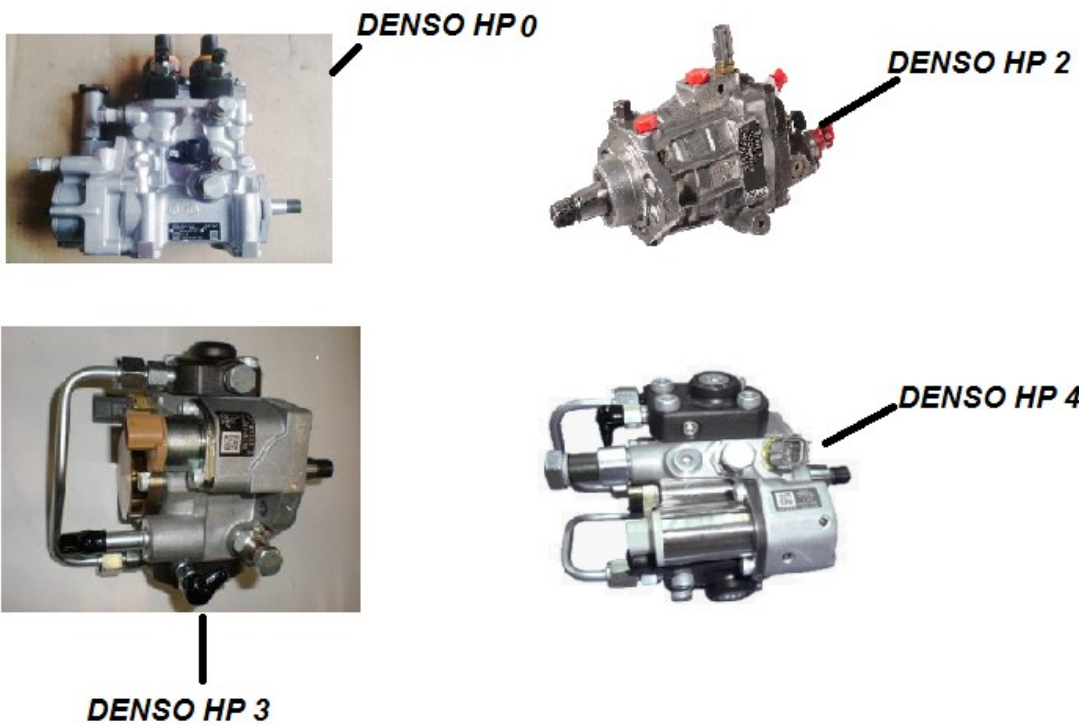
Ο ρόλος του κυκλώματος υψηλής πίεσης είναι να παράγει να αποθηκεύει και να παρέχει επαρκούς πίεσης καυσίμου για τη λειτουργία κάθε μπέκ.

Το πιο κύριο ελάττωμα της αντλίας με περιστρεφόμενο έμβολο είναι στην μέγιστης πίεσης που λόγω του περιορισμού των στροφών με την οποία μπορεί να περιστραφεί. Ενώ με το σύστημα Common Rail επιτυγχάνεται η αύξηση της πίεσης καυσίμου αυξάνοντας ταυτόχρονα η ταχύτητα μεταφοράς. Με της υψηλές πιέσεις στο καύσιμο δεν εξασφαλίζει μόνο τον γρήγορο ψεκασμό αλλά επιτρέπει και τον προ ψεκασμό κάποιας ποσότητας πριν τη φάση καύσης με ένα ακόμα πλεονέκτημα. Όσο η πίεσης ψεκασμού είναι μεγάλες τόσο υψηλότερη είναι και η θερμοδυναμική απόδοση, για αυτό οι πετρελαιοκινητήρες άμεσου ψεκασμού είναι θερμοδυναμικά οι πιο αποδοτικοί από τους υπόλοιπους ΜΕΚ.

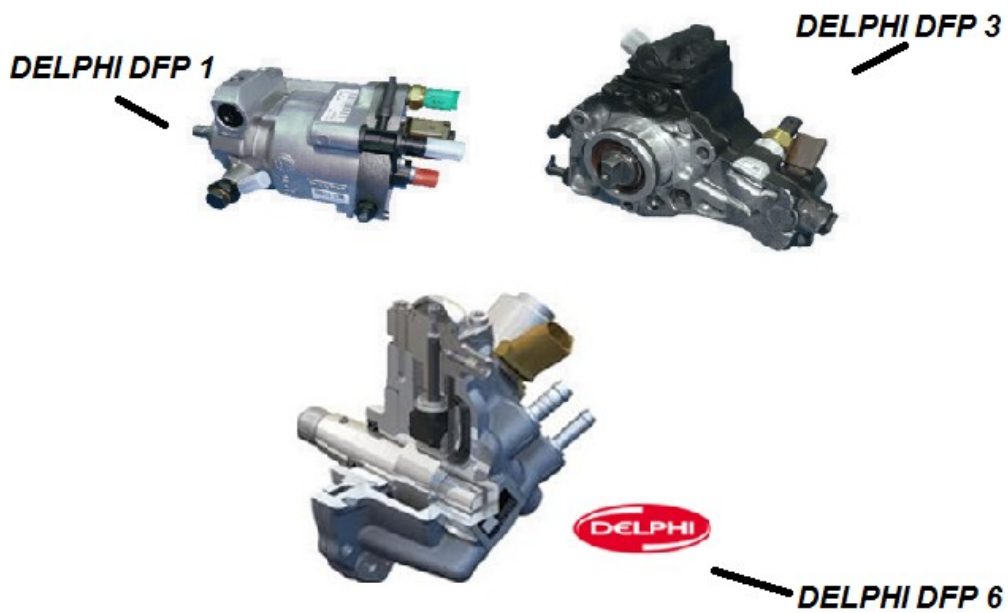
Κεφάλαιο 5.2.1^ο - ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Εικόνα Αντλίες του συστήματος common rail της BOSCH <http://www.dizeluserviss.lvengvdopump-common-rail.php>



Εικόνα Αντλίες του συστήματος common rail της DENSO <http://www.dizeluserviss.lvengvdopump-common-rail.php>



Εικόνα Αντλίες του συστήματος common rail της DELPHI <http://www.dizeluserviss.lvengvdopump-common-rail.php>



*seimens DV 6C
TED4*



*seimens DW
10B TED*



seimens DW 10TD



seimens k9k



*seimens Lion V6
Upgrade*



seimens Lion V8



seimens lynx



seimens DV4TD

Εικόνα Αντλίες του συστήματος common rail της SEIMEN <http://www.dizeluserviss.lvengvdopump-common-rail.php5>

Κεφάλαιο 5.2.1.1^ο - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Η αντλία υψηλής πίεσης παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα της ΜΕΚ όπου κινεί το έκκεντρο της αντλίας. Η πίεση του καυσίμου ρυθμίζεται από μια βαλβίδα που είναι ένα ελατήριο με σταθερή πίεση. Όταν η πίεση του καυσίμου ξεπεράσει τη δύναμη της πίεσης του ελατηρίου της βαλβίδας τότε ανοίγει και το καύσιμο που είναι πλεονάζω 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 της ΜΕΚ σε περίπτωση ανάγκης.

Η διακοπή της λειτουργίας της ΜΕΚ γίνεται επιλεκτικά είτε σταματώντας τη λειτουργία των μπέκ είτε από την 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 ρυθμίζει.

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

Η απαιτούμενη πίεση του καυσίμου δημιουργείται με τη κίνηση των εμβόλων ανεξάρτητα από τις στροφές της ΜΕΚ που παίρνουν κίνηση από το έκκεντρο του εκκεντροφόρου εξαγωγής και που καταθλίζουν το καύσιμο στο συσσωρευτή.

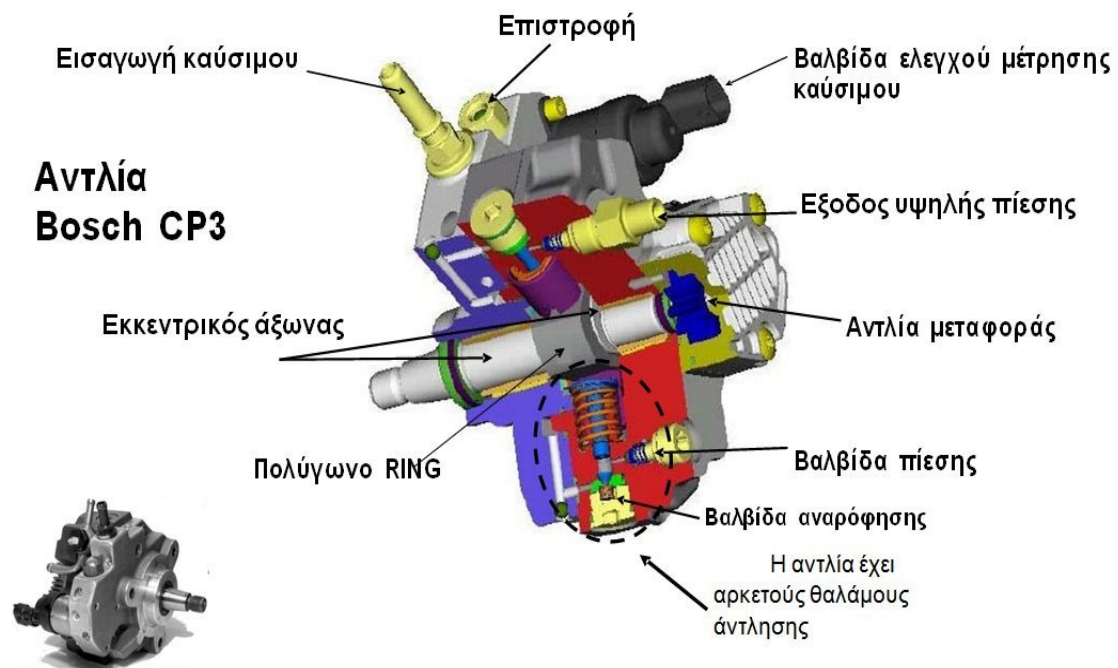
Η διαφορά από τις συμβατικές αντλίες είναι στο γεγονός ότι δεν υπάρχει πλέον υδραυλική κεφαλή ρότορα που περιστρέφεται. Με αυτόν τον τρόπο τα πιθανά προβλήματα ανοχής εξαφανίζονται λόγω της δυναμικής πίεσης, που οφείλεται στο γεγονός ότι η υψηλή πίεσης αναπτύσσεται στο στερεό τμήμα της αντλίας.

Οι συμβατικές μηχανικές αντλίες η διανομή του καυσίμου γίνεται με υπό πίεση στα μπέκ, επίσης είναι απαραίτητη η ρύθμιση με τέτοιο τρόπο ώστε ο ψεκασμός να γίνεται τον κατάλληλο χρόνο και στο κατάλληλο σημείο στη διάρκεια του κύκλου λειτουργίας. Στις αντλίες των συστημάτων υψηλής πίεσης Common Rail δεν χρησιμοποιούνται πλέον για τη διανομή του καυσίμου στον κατάλληλο χρόνο (χρονισμό) και για αυτό το λόγο δεν είναι

απαραίτητη η τοποθέτηση τους σε συγκεκριμένη θέση σε σχέση με την περιστροφή της ΜΕΚ.

Η ψύξη και η λίπανση γίνεται με την κυκλοφορία του καυσίμου το οποίο περιέχει λιπαντικές ιδιότητες, ενώ για την λίπανση των εμπρόσθιων ρουλεμάν χρησιμοποιείται το λάδι της ΜΕΚ.

Κεφάλαιο 5.2.1.2^ο - ΜΕΡΗ / ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Εικόνα Τα μέρη της αντλία BOSCH CP3

Κεφάλαιο 5.2.1.3^ο - ΠΛΕΥΡΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Generation of High-Pressure in Common-Rail Systems for Commercial Vehicles



Common-rail systems for commercial vehicles (examples).

Demand-controlled 3-plunger radial-piston pump: pressure control on the suction side via metering unit.

Demand-controlled 2-plunger in-line piston pump: pressure control on the suction side via metering unit.

— High pressure
— Intermediate pressure
— Depressurized

- 1 Fuel tank,
- 2 Pressure filter,
- 3 Demand-controlled pump,
- 5 High-pressure pump,
- 6 Metering unit,
- 7 High-pressure sensor,
- 8 Fuel,
- 9 Pressure-limiting valve,
- 10 Injector.

3-plunger radial-piston pump (cross section and view).

- 1 Eccentric shaft,
- 2 Plunger ring,
- 3 Plunger,
- 4 Inlet valve (inlet valve),
- 5 Fuel-inlet connection port,
- 6 High-pressure channel,
- 7 Outlet valve,
- 8 Pump cylinder,
- 9 Plunger base plate,
- 10 Flange,
- 11 Plunger housing,
- 12 Cylinder head,
- 13 High-pressure connection port,
- 14 Relief connection port,
- 15 Pressure control valve (for continuously variable high-pressure pumps),
- 16 Independently metering unit (for demand-controlled high-pressure pumps),
- 17 Shaft seal.

2-plunger in-line piston pump.

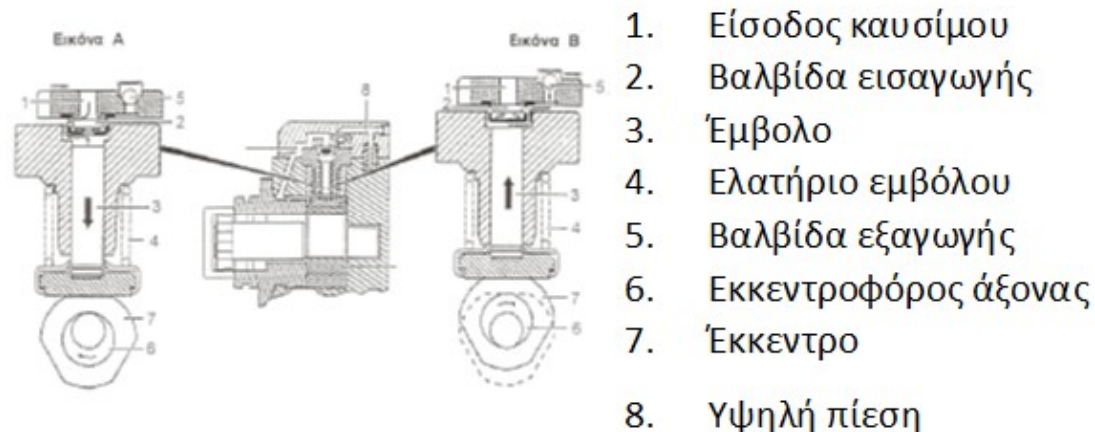
- 1 Speed sensor (rpm sensor),
- 2 Metering unit (for pressure control on the suction side),
- 3 Fuel supply for metering unit (from fuel tank),
- 4 Fuel return to fuel tank,
- 5 High-pressure connection port,
- 6 Valve body,
- 7 Valve holder,
- 8 Outlet valve with valve spring,
- 9 Inlet valve with valve spring,
- 10 Fuel supply to pump elements,
- 11 Plunger bearing,
- 12 Fuel supply to pump elements,
- 13 Fuel outlet to fuel filter,
- 14 Oil-pressure pump,
- 15 Control valve,
- 16 Cam,
- 17 Camshaft,
- 18 Roller ball with roller,
- 19 Roller lever,
- 20 Cr-coated plungers,
- 21 Mounting flange.

2 En

© 2016 Robert Bosch GmbH (AG/AF), www.autosystemdivision.com | 0101 1 1100 6x

Εικόνα Αντλία common rail BOSCH

Κεφάλαιο 5.2.1.4^ο - ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



Εικόνα Βιβλ. Τεχνικές πληροφορίες απο το συνεργείο Αντλιών Πετρελαίου Σ.ΜΠΟΤΣΑΣ ΚΑΙ ΥΙΟΣ, Χαλκερό Καβάλα

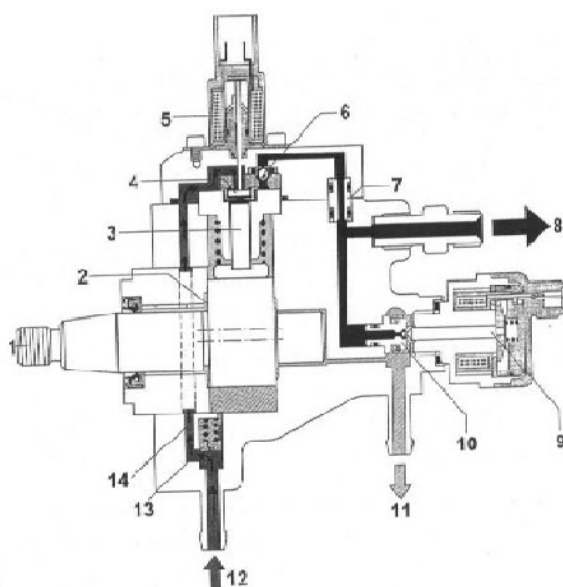
Αναρρόφηση εικόνα Α

Το κατεβασμένο έκκεντρο (7) κινεί τα έμβολα (3) προς τα κάτω από την δύναμη του ελατηρίου (4). Η πίεση εισόδου του καυσίμου (1) που είναι περίπου 2,5 bar, ανοίγει την κλεισμένη από ελατήριο βαλβίδα εισαγωγής (2) και το καύσιμο ρέει στον κύλινδρο.

Πρώθηση εικόνας Β

Η κίνηση του έκκεντρο (7) προς τα πάνω κινεί το έμβολο (3) προς τα πάνω προς την δύναμη του ελατηρίου (4). Καθώς πιέζεται κλείνει την βαλβίδα εισαγωγής (2). Όταν η πίεση στον κύλινδρο φτάσει την επιθυμητή πίεση του κυκλώματος υψηλής πίεσης (8) ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και προωθείται το καύσιμο.

Κεφάλαιο 5.2.1.5^ο - ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ



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

Εικόνα Τομή BOSCH CP1

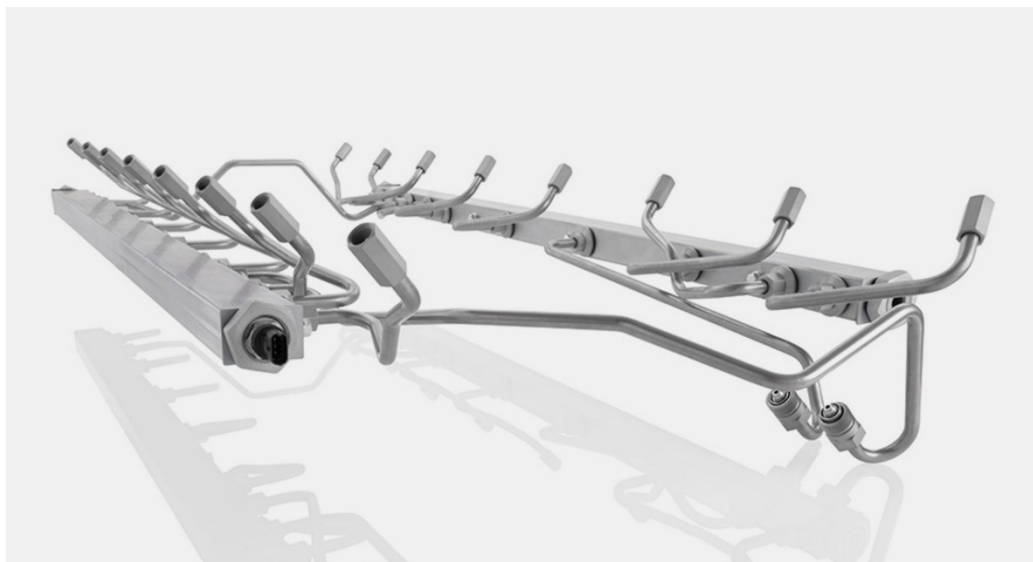
Βαλβίδα ΕΑV (βαλβίδα διακοπής κυλίνδρου):

Όταν μειωθεί το φορτίο του κινητήρα δημιουργείται η ανάγκη να μειωθεί η πίεση εξόδου της αντλίας. Τότε ένας από τους 3 κυλίνδρους της αντλίας παύει να λειτουργεί, σαν αποτέλεσμα των περιορισμών του καυσίμου που αποστέλλεται. Η διακοπή περιλαμβάνει τη βαλβίδα αναρρόφησης μόνιμα ανοικτή. Όταν η βαλβίδα διακοπής κυλίνδρου ΕΑV ενεργοποιείται τότε η βαλβίδα παραμένει ανοικτή ως αποτέλεσμα το καύσιμο να μην μπορεί να συμπιεστεί. Έτσι αυτός ο θάλαμος δεν δημιουργεί πίεση και η αντλία έχει σαν αποτέλεσμα να απαιτεί χαμηλότερη ροπή στρέψης.

<<Χρησιμοποιήθηκε από την Mercedes μέχρι το 2000>>

Κεφάλαιο 6^ο - ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ COMMON RAIL

Κεφάλαιο 6.1^ο -ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ



Εικόνα Συσσωρευτή υψηλής πίεσης

Ο συσσωρευτής υψηλής πίεσης είναι ένας συνήθως ατσάλινος σωλήνας στο οποίο η εσωτερική διάμετρος του είναι περίπου 10mm και το μήκος του κυμαίνεται από 280mm έως 600mm ανάλογος του κινητήρα.

Ο ρόλος του συσσωρευτή υψηλής πίεσης, είναι η αποθήκευση και η συγκράτηση του καυσίμου που μεταφέρεται από την αντλία υψηλής πίεσης. Παρ' όλο το γεγονός ότι οι εγχυτήρες εγχύνουν συνεχώς καύσιμο που λαμβάνουν από την κοινή γραμμή, η πίεση του καυσίμου στο συσσωρευτή υψηλής πίεσης 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 του συσσωρευτή υψηλής πίεσης. Στη διατήρηση της πίεσης και την αποτελεσματικότητα του συσσωρευτή υψηλής πίεσης, σημαντικό ρόλο παίζει η μοναδική ελαστικότητα του καυσίμου.

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. Ο συσσωρευτής υψηλής πίεσης χρησιμοποιείται για όλους τους κυλίνδρους. Ακόμη, στην περίπτωση μεγάλης ποσότητας διαρροής καυσίμου, ο συσσωρευτή υψηλής πίεσης διατηρεί την εσωτερική του πίεση. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση έγχυσης διατηρείται ακόμα και όταν οι εγχυτήρες ενεργοποιούνται συνεχώς για τον ψεκασμό.

Οι σωληνώσεις υψηλής πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του καυσίμου από την αντλία υψηλής πίεσης στο συσσωρευτή και στη συνέχεια στα μπέκ. Κατασκευαστικά είναι από υψηλή αντοχή ατσάλι για να εξασφαλίζεται η αντοχή τους στις διακοπόμενες αλλαγές της πίεσης καυσίμου που παρατηρούνται σε συνθήκες μέγιστης πίεσης καθώς και στις συνεχόμενες διακοπές ψεκασμού.

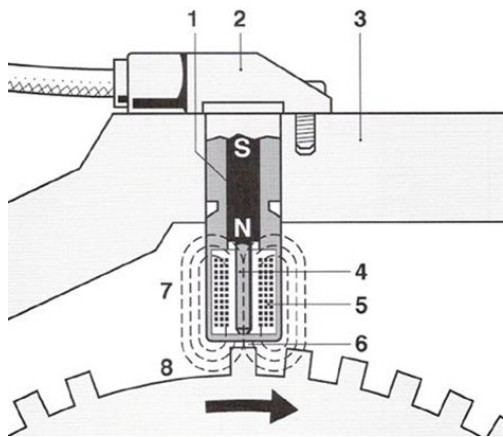
Για την αδιάκοπη και ακριβή λειτουργία του συστήματος το μήκος των σωληνώσεων από το συσσωρευτή υψηλής πίεσης έως τα μπέκ είναι το ίδιο σε όλους τους κυλίνδρους. Για την αντιστάθμιση του μήκους λόγω της διαφοράς απόστασης ορισμένοι σωλήνες παρουσιάζουν καμπυλότητες.

Κεφάλαιο 6.2^ο - ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι αισθητήρες του σύστημα Common Rail αποτελούνται από:

- Αισθητήρας στροφών στροφαλοφόρου άξονα
- Αισθητήρας εκκεντροφόρου άξονα
- Αισθητήρας απόλυτης πίεση (MAP)
- Αισθητήρας μάζας αέρα (MAF)
- Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυχτικού υγρού
- Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων
- Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου
- Αισθητήρας οξυγόνου O₂ ή λάμδα
- Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού
- Αισθητήρας κρουστικής καύσης
- Αισθητήρας πίεσης αγωγού
- Αισθητήρας θερμοκρασίας πολλαπλής εισαγωγής

Αισθητήρας στροφών στροφαλοφόρου άξονα



- 1 Μόνιμος μαγνήτης
- 2 Κέλυφος αισθητήρα
- 3 Στήριξη του αισθητήρα
- 4 Πυρήνας από μαλακό σίδηρο
- 5 Πηνίο
- 6 Διάκενο (0,5 -1,5 mm)
- 7 Μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου
- 8 Οδοντωτός τροχός με σημείο αναφοράς (κενό δύο δοντιών)

Ο αισθητήρας μπορεί να είναι τοποθετημένος στο μπροστινό τμήμα του κινητήρα, στην τροχαλία του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα. Ο αισθητήρας διαβάζει έναν δίσκο παλμών με 60 - 2 δόντια που είναι τοποθετημένος στον στροφαλοφόρο άξονα. Δηλαδή στην περιφέρεια του δίσκου βρίσκονται 58 δόντια και ένα μεγάλο κενό από δύο δόντια σαν σημάδι αναφοράς. Με την βοήθεια του σήματος στροφών του κινητήρα καταγράφεται ο αριθμός των στροφών του κινητήρα και η ακριβής θέση του στροφαλοφόρου άξονα. Με τις πληροφορίες αυτές καθορίζονται από την ηλεκτρονική μονάδα (ECU) του κινητήρα στο σύστημα ψεκασμού.

Ο αισθητήρας ανήκει στην κατηγορία των μαγνητικών αισθητήρων. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στις φυσικές ιδιότητες του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού. Το σήμα παράγεται με βάση την αρχή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Το στοιχείο του αισθητήρα είναι κατασκευασμένο από ένα πηνίο που είναι περιελιγμένο γύρω από ένα μαγνητισμένο πυρήνα. Το σήμα δημιουργείται από την μεταβολή του μαγνητικού πεδίου που προκαλείται από το οδοντωτό γρανάζι καθώς τα δόντια του (κατασκευασμένα από φερομαγνητικό υλικό) περνούν εμπρός από το μαγνητισμένο τύλιγμα και προκαλούν την μεταβολή της μαγνητικής ροής, παράγοντας εναλλασσόμενο ρεύμα στο πηνίο. Η συχνότητα του ρεύματος είναι ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής του γραναζιού. Για τον υπολογισμό των στροφών αν η περίοδος του σήματος είναι $T\delta$, τότε η περίοδος μιας περιστροφής του στροφαλοφόρου θα είναι $Tn=aT\delta$: όπου a ο αριθμός δοντιών του σιδηρομαγνητικού γραναζιού και ο αριθμός στροφών του κινητήρα θα είναι $n=1/Tn(\text{Hz})$ ή $n=60/Tn$ (rpm) ή αν η $T\delta$ μετριέται σε ms $n=1000/T\delta$ (rpm).

Αισθητήρας εκκεντροφόρου άξονα

Ο εκκεντροφόρος άξονας ανοίγει τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής. Περιστρέφεται με τις μισές στροφές από τον στροφαλοφόρο άξονα. Όταν το πιστόνι πηγαίνει προς το άνω νεκρό σημείο η θέση του εκκεντροφόρου καθορίζει εάν είναι σε φάση συμπίεσης η εξαγωγής.

Η πληροφορία αυτή δεν μπορεί να δοθεί από τον αισθητήρα του στροφαλοφόρου άξονα στην διαδικασία εκκίνησης. Από την άλλη πλευρά, κατά τη φυσιολογική λειτουργία του κινητήρα, η πληροφορία που μας δίνει ο αισθητήρας του στροφαλοφόρου άξονα αρκεί για να προσδιοριστεί η θέση του κινητήρα. Αυτό σημαίνει πως εάν ο αισθητήρας του εκκεντροφόρου δεν δώσει σωστό σήμα ενώ ο κινητήρας λειτουργεί, η ECU θα συνεχίσει να λαμβάνει πληροφορίες από τον αισθητήρα του στροφαλοφόρου.

Ένα δόντι από φερομαγνητικό υλικό είναι προσκολλημένο στον εκκεντροφόρο και περιστρέφεται μαζί του. Όταν το δόντι αυτό περάσει από τους ημιαγωγούς δίσκους του αισθητήρα, το μαγνητικό πεδίο εκτρέπει τα ηλεκτρόνια στους ημιαγωγούς δίσκους, στις σωστές γωνίες, προς την κατεύθυνση που το ρεύμα διαρρέει τους δίσκους αυτούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια απότομη διαφορά τάσης που πληροφορεί την ECU ότι ο κύλινδρος 1 έχει μόλις εισέλθει στη φάση της συμπίεσης.

Αισθητήρας απόλυτης πίεση (MAP)



Ο αισθητήρας απόλυτης πίεσης (MAP-Manifold Absolute Pressure) είναι ένας αισθητήρας ο οποίος μετράει ένα σημαντικό μέγεθος για την σωστή λειτουργία του κινητήρα, την απόλυτη πίεση του εισερχόμενου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή.

Η απόλυτη πίεση του αέρα είναι σημαντικό να μετριέται καθώς αποτελεί ένδειξη για την ισχύ του κινητήρα και για το φορτίο ενώ επίσης είναι απαραίτητο στην ECU, ώστε να υπολογίζει και να ρυθμίζει ανάλογα την διάρκεια ψεκασμού.

Ο αισθητήρας MAP είναι συνήθως αισθητήρας πιεζοηλεκτρικού τύπου και βρίσκεται συνδεδεμένος μέσω ενός σωλήνα υποπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή μετά την πεταλούδα γκαζιού. Ο πιεζοηλεκτρισμός είναι η ιδιότητα κάποιων υλικών (κυρίως κρυσταλλικών υλικών αλλά και μερικών κεραμικών υλικών) να παράγουν ηλεκτρική τάση όταν δέχονται κάποια μηχανική τάση/πίεση ή ταλάντωση. Ο αισθητήρας MAP αποτελείται από ένα κύκλωμα ενίσχυσης του σήματος και από ένα τσιπ πυριτίου που έχει πάνω του ενσωματωμένες 4 ηλεκτρικές αντιστάσεις συνδεδεμένες σε γέφυρα. Ένα από τα κυριότερα κομμάτια του αισθητήρα MAP

είναι ο στεγανός θάλαμος, ο οποίος χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο ένα μέρος βρίσκεται το τσιπ, και επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση (πίεση αναφοράς) και στο άλλο μέρος του θαλάμου υπάρχει η ζητούμενη προς μέτρηση πίεση, δηλαδή η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής. Έτσι λοιπόν, όταν μεταβάλλεται η πίεση στην πολλαπλής εισαγωγής, η μεμβράνη πάνω στην οποία στηρίζεται το τσιπ κάμπτεται και αλλάζει η αντίσταση του. Επομένως αλλάζει και η τάση που διαβάζει ο ECU μεταφράζοντας αυτήν την αλλαγή στην τάση ως αλλαγή της πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή.

Αισθητήρας μάζας αέρα (MAF)



Ο αισθητήρας μάζας αέρα (MAF) (Mass Airflow Sensor) είναι ένας αισθητήρας που μετράει ένα ακόμα σημαντικό μέγεθος για την λειτουργία του αυτοκινήτου, την μάζα του εισερχόμενου αέρα.

Ο MAF πληροφορεί την ECU για την μάζα του εισερχόμενου αέρα μετατρέποντας το μέγεθος αυτό σε σήμα τάσης εξόδου. Η ECU με την σειρά της διαβάζοντας τα δεδομένα από την MAF ρυθμίζει την σωστή παροχή καυσίμου για όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Το σήμα είναι αναλογικό στους περισσότερους MAF αν και υπάρχουν και κάποιοι MAF που παράγουν ψηφιακό σήμα. Ο αισθητήρας βρίσκεται στον αγωγό εισαγωγής αέρα μετά το φίλτρο και μετά την πεταλούδα και κατασκευαστικά υπάρχουν **δύο τύποι αισθητήρων MAF**, ο αισθητήρας MAF **θερμού νήματος** και ο αισθητήρας MAF **λεπού φίλμ**.

Αισθητήρας μάζας αέρα θερμού νήματος

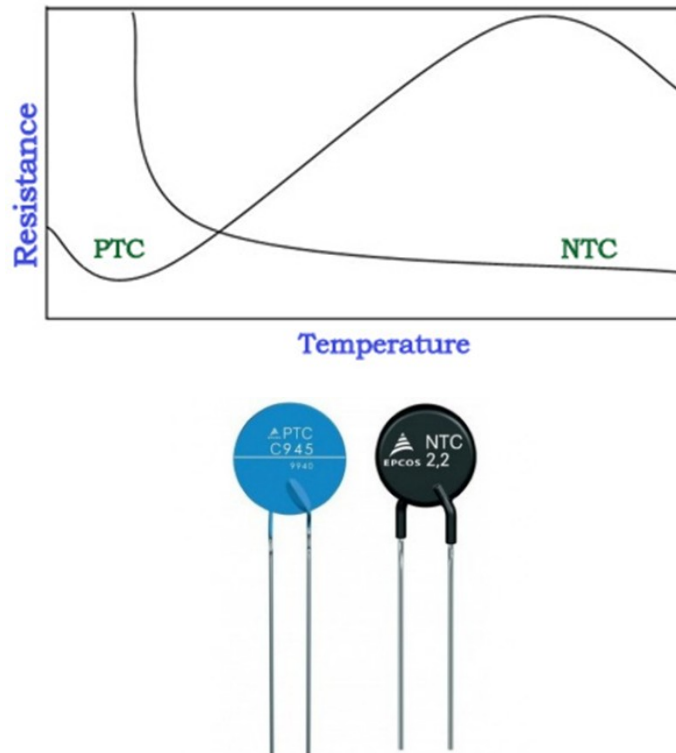
Ο αισθητήρας μάζας αέρα (MAF) θερμού νήματος, βρίσκεται εκτεθειμένος στην ροή του αέρα εισαγωγής. Το αισθητήριο έχει επικάλυψη από πλατίνα και είναι μία αντίσταση τύπου PTC, δηλαδή με την αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται και αύξηση της τιμής της αντίστασης. Η αντίσταση αυτή είναι συνδεδεμένη σε γέφυρα με άλλες τρεις αντιστάσεις, από τις οποίες η μια είναι ένα θερμίστορ ή θερμοαντίσταση NTC (Negative Temperature Coefficient) εκτεθειμένη στον εισερχόμενο αέρα, με τιμή ανάλογη της θερμοκρασίας του. Οι άλλες δυο αντιστάσεις έχουν σταθερή τιμή. Όταν το αυτοκίνητο θα ξεκινήσει την λειτουργία του, το αισθητήριο έχει μικρή τιμή αντίστασης, οπότε ο άλλος κλάδος της γέφυρας έχει μικρότερη αντίσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλέσει μεγάλη διαφορά δυναμικού και η γέφυρα να έχει μεγάλη ένταση ρεύματος. Το ρεύμα αυτό θερμαίνει γρήγορα το αισθητήριο πλατίνας σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία (100 °C για την περίπτωση του θερμού νήματος και 75 °C για την περίπτωση του λεπτού φίλμ) πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, οπότε

και η αντίσταση του αισθητήριου αυξάνεται. Στην στιγμιαία κατάσταση αυτή, υπάρχει ισορροπία στην γέφυρα των αντιστάσεων. Όταν αρχίσει η ροή αέρα στον κινητήρα, ο εισερχόμενος αέρας ψύχει το αισθητήριο ανάλογα με την ταχύτητα και την θερμοκρασία του. Αυτό προκαλεί μείωση της τιμής της αντίστασής του, η οποία δημιουργεί πτώση τάσης στην γέφυρα. Αυτή είναι ανάλογη με το ρυθμό ψύξης του αισθητήριου προσπαθώντας να κρατήσει την θερμοκρασία στην αρχική τιμή της. Αυτή την πτώση τάσης είναι που “διαβάζει” η ECU και κυμαίνεται από 0,5 έως και 4,5 V, ανάλογα με την μάζα του εισερχόμενου αέρα. Για την αποφυγή επικόλλησης σωματιδίων πάνω στο αισθητήριο, σε κάποιους τύπους θερμού νήματος (Bosch), αφού κλείσει ο διακόπτης του κινητήρα, το αισθητήριο θερμαίνεται στους 1000οC για 1 δευτερόλεπτο, ώστε να κατακαούν τυχόν ρύποι.

Αισθητήρας μάζας αέρα λεπτού φιλμ

Ο αισθητήρας μάζας αέρα λεπτού φιλμ έχει ίδια αρχή λειτουργίας με τον αισθητήρα θερμού νήματος, του οποίου η επεξήγηση έγινε παραπάνω. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη επεξήγηση του θερμίστορ ή θερμοαντίστασης, ενός βασικού στοιχείου για την λειτουργία του αισθητήρα μάζας αέρα MAF.

Θερμίστορ



Το θερμίστορ (thermistor), το οποίο μεταφράζεται στα ελληνικά θερμοαντίσταση, είναι μια μεταβλητή αντίσταση, κατασκευασμένη από ημιαγωγούς, με μέγεθος εξαρτώμενο της θερμοκρασίας. Οι θερμικές αντιστάσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο τύπους, ανάλογα με τον συντελεστή θερμοκρασίας K . Εάν το K είναι θετικό, η αντίσταση αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η θερμοκρασία ενώ η συσκευή καλείται θερμική αντίσταση με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας (PTC) . Εάν το K είναι αρνητικό, η αντίσταση μειώνεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται και η συσκευή καλείται θερμική αντίσταση με αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας (NTC).

Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού



Ο αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού βρίσκεται τοποθετημένος στο σώμα του κινητήρα, στην έξοδο του ψυκτικού υγρού και κοντά στην κυλινδροκεφαλή. Το κύκλωμα του αισθητηρίου θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού αποτελείται από ένα θερμίστορ NTC, δηλαδή μία θερμοαντίσταση αρνητικού θερμικού συντελεστή και από μία απλή αντίσταση. Πιο αναλυτικά, το κύκλωμα του αισθητηρίου που περιέχει το θερμίστορ και την αντίσταση (πχ R1) σχηματίζουν έναν διαιρέτη τάσης τροφοδοσίας αναφοράς 5 V. Όταν ο κινητήρας είναι κρύος, η αντίσταση στο θερμίστορ είναι πολύ υψηλή και έτσι καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της τάσης. Η άλλη αντίσταση του κυκλώματος η R1 που είναι μικρή συγκριτικά με την αντίσταση του θερμίστορ, δηλαδή μόνο 350 Ω, προκαλεί πολύ μικρή πτώση τάσης σε σύγκριση με το θερμίστορ. Αυτό κάνει την τάση σχεδόν 5 V. Το θερμίστορ έχει αντίσταση 100.000 Ω, όταν είναι κρύο. Δεδομένου ότι ο κινητήρας αρχίζει να θερμαίνεται, η αντίσταση του θερμίστορ αρχίζει να μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην αρχή λειτουργίας των θερμίστορ. Στα αρχικά στάδια της προθέρμανσης του κινητήρα το θερμίστορ μπορεί να έχει τιμή 75.000 Ω, αλλά η αντίσταση στην R1 είναι 350 Ω. Η τάση θα είναι ακόμα κοντά στα 5 V. Για να μειωθεί η τάση σε 2,5 V, απαιτείται η

θερμοκρασία του κινητήρα να φθάσει την τιμή λειτουργίας, οπότε το θερμίστορ θα έχει αντίσταση επίσης 350 Ω. Σαν αποτέλεσμα η τάση στην αντίσταση R1,(350 Ω), και στο αισθητήριο, (350 Ω) θα είναι ίδια, δηλαδή περίπου 2,5 V. Στην συνέχεια, η αντίσταση του θερμίστορ μειώνεται περισσότερο μέχρι τους 100°C όπου μπορεί να φτάσει μέχρι και 70-80 Ω, ενώ η τάση γίνεται περίπου 1,0 V στη θερμοκρασία λειτουργίας.

Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων



Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι ένα μέγεθος, το οποίο ελέγχεται και μετρείται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας καυσαερίων. Ο σκοπός της μέτρησης και του ελέγχου του συγκεκριμένου μεγέθους είναι η ρύθμιση, από την ECU, παραμέτρων που αφορούν την διάρκεια ψεκασμού του μείγματος όπως επίσης και την σύσταση του μείγματος. Επίσης η μέτρηση αυτού του μεγέθους μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες σε ότι αφορά την κατάσταση του κινητήρα ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες ενέργειες πρόληψης και διόρθωσης προβλημάτων στον κινητήρα, πριν αυτός υποστεί βλάβη.

Αισθητήρας θερμοκρασίας πετρελαίου



Εικόνα Land Rover

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας πετρελαίου είναι τοποθετημένος πάνω στο φίλτρο ή στην γραμμή τροφοδοσίας του καυσίμου.

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία καυσίμου λόγω των συνθηκών του περιβάλλοντος και μηχανοστασίου ο εγκέφαλος (EDC) θα μεταβάλλει το χρόνο και την ποσότητα ψεκασμού και την ίδια ώρα θα ρυθμίσει τις λειτουργικές παραμέτρους της βαλβίδας ελέγχου πίεσης της φλογέρας.

Όταν η θερμοκρασία του καυσίμου είναι χαμηλή τότε θα ενεργοποιηθεί η αντίσταση του θερμαντήρα.

Λειτουργία θερμοκρασίας:

On: κάτω από -5 οC

Of: πάνω από +3 οC

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου είναι ένας αισθητήρας θερμοκρασίας αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας (NTC). Αυτό σημαίνει ότι η αντίσταση του αισθητήρα μειώνεται με την αυξανόμενη θερμοκρασία καυσίμου.

Σε περίπτωση βλάβης του αισθητήρα η ηλεκτρονική μονάδα του κινητήρα προβλέπει ως βάση υπολογισμού μια σταθερή τιμή. Αυτή η βλάβη του αισθητήρα εμφανίζεται με την προειδοποιητική λυχνία των καυσαερίων στον πίνακα οργάνων.

Αισθητήρας οξυγόνου O2 ή λάμδα



Ο αισθητήρας βρίσκεται τοποθετημένος στο σώμα της εξαέρμισης και γι' αυτό είναι εκτεθειμένος σε υψηλές θερμοκρασίες και μηχανικές καταπονήσεις. Για αυτό τον λόγο φθείρεται εύκολα και καλό είναι ο συχνός έλεγχος του για τυχόν βλάβη καθώς αν ο αισθητήρας δεν λειτουργεί σωστά τότε ενδέχεται οι τιμές των ρύπων να περάσουν κατά πολύ τις επιτρεπτές. Ο αισθητήρας λ εντοπίζει την περιεκτικότητα του οξυγόνου στους ρύπους και από αυτήν την τιμή εξαρτάται η τάση εξόδου. Πιο συγκεκριμένα, αν ο αισθητήρας αντιληφθεί μεγάλο ποσοστό οξυγόνου, τότε η τάση εξόδου είναι μικρή, της τάξης των 300 mV και κάτω. Έτσι λοιπόν η ECU αντιλαμβάνεται από την χαμηλή τάση που δέχεται από το

αισθητήριο, ότι το μείγμα είναι φτωχό, καθώς χαμηλή τάση συνεπάγεται υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου, οπότε και φτωχό μείγμα. Από την άλλη αν το αισθητήριο εντοπίσει χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου, τότε η τάση φτάνει περίπου τα 900 mV, που θεωρείται υψηλή, και έτσι το μείγμα θεωρείται πλούσιο καθώς χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου συνεπάγεται ότι η σχέση καυσίμου/ αέρα είναι μεγαλύτερη από την ιδανική, δηλαδή τη στοιχειομετρική αναλογία. Επίσης μία σημαντική πληροφορία για τον αισθητήρα, που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι ο αισθητήρας δεν λειτουργεί σωστά όταν ο κινητήρας είναι κρύος. Έτσι λοιπόν για να φτάσει γρήγορα ο αισθητήρας στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του, έχει προστεθεί σ' αυτόν μια ηλεκτρική αντίσταση (θερμαντικό στοιχείο).

Στην περίπτωση κρύας εκκίνησης ή όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μικρό φορτίο, οπότε η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι χαμηλή, η ηλεκτρική αντίσταση βοηθάει τον αισθητήρα να αποκτήσει την απαιτούμενη θερμοκρασία σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού



Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού είναι ένα σημαντικό στοιχείο του συστήματος της ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας γκαζιού ETC (Electrical Throttle Control System), της πεταλούδας η οποία ανοίγει και κλείνει με την βοήθεια ενός ηλεκτρικού μοτέρ και όχι με ντίζα όπως ήταν διαδεδομένο παλαιότερα. Ο αισθητήρας θέσης Πεταλούδας Γκαζιού (TP) είναι τοποθετημένος στο σώμα της πεταλούδας και ανιχνεύει την γωνία ανοίγματος της πεταλούδας γκαζιού. Η μέτρηση και ο έλεγχος της θέσης της πεταλούδας γκαζιού είναι σημαντική καθώς η πληροφορία αυτή χρειάζεται στην ECU για τον υπολογισμό του φορτίου αέρα, τον υπολογισμό του χρόνου ψεκασμού και για την επιστροφή του ενεργοποιητή πεταλούδας στην αρχική του κλειστή θέση στην περίπτωση που ενεργοποιηθεί ο διακόπτης του ρελαντί.

Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού είναι ένας συρόμενος βραχίονας που τοποθετείται πρεσαριστός κατευθείαν στον άξονα της πεταλούδας γκαζιού ενώ έχει και δύο ποτενσιόμετρα, από τα οποία το καθένα στέλνει ένα σήμα, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ECU. Οι αντιστάσεις του ποτενσιόμετρου και οι ηλεκτρικές συνδέσεις, βρίσκονται πάνω σε μια πλαστική πλακέτα βιδωμένη στο έξω μέρος του

σώματος της πεταλούδας. Η τροφοδοσία γίνεται από μια σταθεροποιημένη πηγή τάσης στα 5V. Σε κάθε αύξηση της γωνίας, αντιστοιχεί μια πτώση τάσης. Το ένα ποτενσιόμετρο, ως το ονομάσουμε 1, χρησιμοποιείται για να ανιχνεύει την γωνία της πεταλούδας γκαζιού και το δεύτερο χρησιμοποιείται για να ανιχνεύει τυχόν βλάβες στο ποτενσιόμετρο 1. Οι τάσεις των σημάτων του αισθητήρα κυμαίνονται μεταξύ 0 και 5 Volts. Η τάση του σήματος στο ποτενσιόμετρο 1 μεταβάλλεται σε αναλογία με την γωνία ανοίγματος της πεταλούδας γκαζιού και μεταδίδεται στους ακροδέκτες VTA του εγκεφάλου ECU. Η τάση του ποτενσιόμετρου 1 πρέπει κατά το πάτημα του πεντάλ γκαζιού από το ρελαντί μέχρι το πλήρες φορτίο να αυξάνεται σταθερά και να μειώνεται συνεχώς για το άλλο ποτενσιόμετρο. Όταν δεν πατιέται το πεντάλ γκαζιού πρέπει να απεικονίζεται η κατάσταση "ρελαντί". Ο εγκέφαλος ECU υπολογίζει την γωνία ανοίγματος της πεταλούδας γκαζιού σύμφωνα με τα σήματα αυτά (που όπως αναφέρθηκε παραπάνω κυμαίνονται από 0 έως 5 Volts) και ελέγχει το ηλεκτρικό μοτέρ κίνησης της πεταλούδας γκαζιού, (ενεργοποιητής) σε απόκριση των δεδομένων που εισάγονται από τον οδηγό με το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού.

Αισθητήρας κρουστικής καύσης ή knock sensor



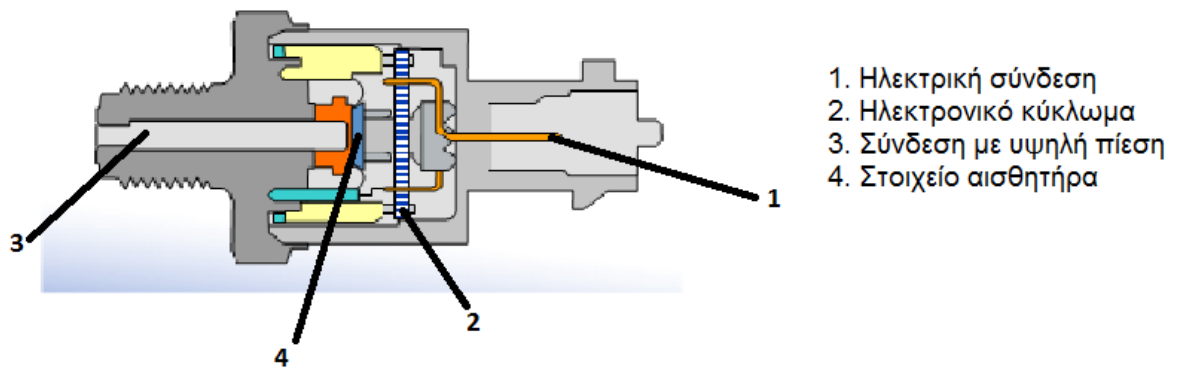
Ο αισθητήρας κρουστικής καύσης ή knock sensor, κατά την αγγλική ορολογία, είναι ένας αισθητήρας, ο οποίος πληροφορεί την ECU για την ύπαρξη κρουστικής καύσης (πειράκια). Η κρουστική καύση είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο η καύση του μίγματος αέρα-καυσίμου δεν γίνεται ομαλά αλλά παρατηρείται το φαινόμενο της αυτανάφλεξης κάποιων περιοχών του καυσίμου μείγματος που βρίσκεται στον θάλαμο καύσης, πριν προλάβει το μέτωπο της φλόγας να την "επισκεφτεί". Η κρουστική καύση συμβαίνει κυρίως εξαιτίας:

- Κακής ποιότητας καυσίμου
- Μη σωστές συνθήκες λειτουργίας (πχ σε σχέση με θερμοκρασία κινητήρα).

Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι η κρουστική καύση κάνει ζημιά στον κινητήρα, καθώς συντελεί στην έντονη υπερθέρμανση του, ενώ επίσης μπορεί να προκαλέσει μέχρι και τρύπα στο έμβολο λόγω υπερβολικής και έντονης υπερθέρμανσης. Για τους παραπάνω λόγους ο αισθητήρας κρουστικής καύσης θεωρείται απαραίτητος για την προστασία του κινητήρα. Ο αισθητήρας κρουστικής καύσης είναι στερεωμένος με κοχλία στο σώμα του κινητήρα, συμμετρικά

ανάμεσα στους κυλίνδρους. Πιο συγκεκριμένα, στις τετρακύλινδρες μηχανές συνήθως υπάρχει ένας αισθητήρας ανάμεσα στους κυλίνδρους 2 και 3, ενώ στις εξακύλινδρες υπάρχουν 2 αισθητήρες τοποθετημένοι συμμετρικά. Περιέχει ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο το οποίο σε περίπτωση δόνησης παράγει ένα σήμα τάσης (παλμό). Το ύψος του παλμού αυξάνεται με την ισχύ της δόνησης. Όταν υπάρχει κρουστική καύση, αυτή παράγει δονήσεις οι οποίες μεταφέρονται μέσω του σώματος του κινητήρα στον αισθητήρα. Οι δονήσεις αυτές έχουν συχνότητα περίπου 7 KHz -12 KHz. Όταν η ECU λαμβάνει σήμα 7 KHz -12 KHz από τον αισθητήρα και το μέγεθος της τάσης του σήματος είναι πάνω από ένα όριο, τότε αναγνωρίζει κρουστική καύση. Στην περίπτωση αυτή μειώνεται ο χρόνος ψεκασμού.

Αισθητήρας πίεσης αγωγού



Ο αισθητήρας πίεσης καυσίμου είναι τοποθετημένος συνήθως επάνω στον συσσωρευτή πίεσης και μετράει τη στιγμιαία πίεση με μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα.

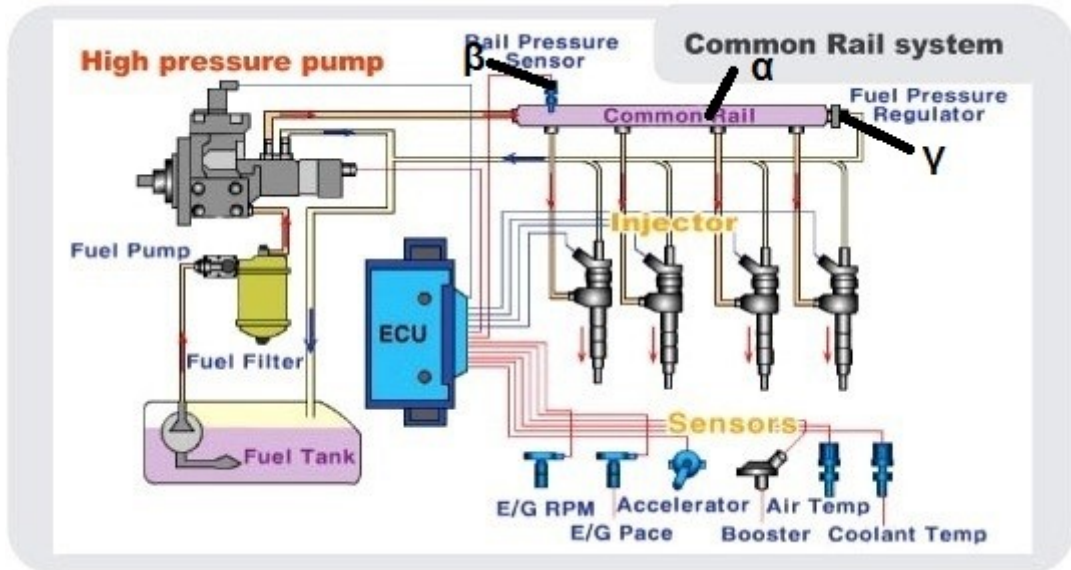
Το πιεσμένο καύσιμο ενεργεί στο διάφραγμα του αισθητήρα, μετατρέποντας την πίεση σε ηλεκτρικό σήμα, που μεταφέρεται σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που το ενισχύει και

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.

Αισθητήρας θερμοκρασίας πολλαπλής εισαγωγής

Το σήμα του αισθητήρα θερμοκρασίας της πολλαπλής εισαγωγής χρειάζεται από την ηλεκτρονική μονάδα του κινητήρα ως διορθωτική τιμή για τον υπολογισμό της πίεσης πλήρωσης. Κατά αυτόν τον τρόπο συνυπολογίζεται η επίδραση της θερμοκρασίας στην πυκνότητα του αέρα πλήρωσης. Σε περίπτωση βλάβης του σήματος η ηλεκτρονική μονάδα του κινητήρα υπολογίζει με μία σταθερή εναλλακτική τιμή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει πτώση απόδοσης.

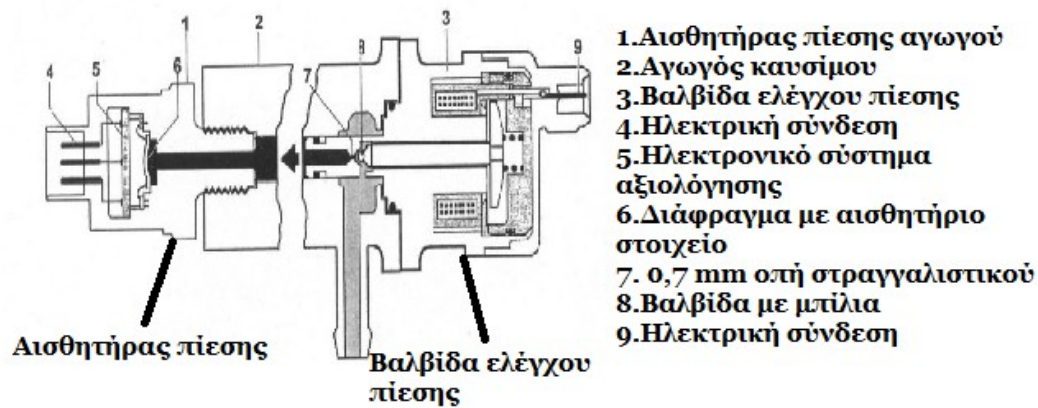
Κεφάλαιο 6.3^ο - ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΙΕΣΗΣ



Για κάθε ψεκασμό παρέχεται καύσιμο με πίεση από το **συσσωρευτή πίεσης (α)**. Η πίεση στο συσσωρευτή πίεσης παραμένει σταθερή και μια **βαλβίδα ελέγχου πίεσης (γ)** φροντίζει να μην ξεπεράσει ή πέσει κάτω από συγκεκριμένα όρια.

Η **βαλβίδα ελέγχου πίεσης (γ)** ενεργοποιείται από τον εγκέφαλο του κινητήρα. Αν η πίεση είναι πολύ υψηλή η βαλβίδα ανοίγει και επιτρέπει την επιστροφή καυσίμου προς το ρεζερβουάρ και μειώνει την πίεση. Εάν είναι χαμηλή κλείνει και η αντλία υψηλής πίεσης ανεβάζει την πίεση στο συσσωρευτή πίεσης.

Για να ελέγχει ο εγκέφαλος (ECM) σωστά την βαλβίδα ελέγχου πίεσης μετράει την πίεση καυσίμου μέσω ενός **αισθητήρα πίεσης (β)**.



Εικόνα Αισθητήρας Πίεσης αγωγού - Βαλβίδα ελέγχου πίεσης

Η βαλβίδα ελέγχου πίεσης του συσσωρευτή υψηλής πίεσης τελείται από τη μονάδα ελέγχου ECU. Εφόσον απαιτείται μείωση της πίεσης του συσσωρευτή υψηλής πίεσης, 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 του συσσωρευτή υψηλής πίεσης. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι η εκτόνωση - μείωση της πίεσης του καυσίμου στον συσσωρευτή υψηλής πίεσης.

Τύποι βαλβίδων ελέγχου πίεσης :

1. Ελέγχου πίεσης εξαγόμενου καυσίμου:

Η βαλβίδα είναι τοποθετημένη στο τέλος του συσσωρευτή υψηλής πίεσης και διατηρεί σταθερή την πίεση στον συσσωρευτή υψηλής πίεσης, αυξάνοντας ή μειώνοντας την ποσότητα του επιστρεφόμενου καυσίμου.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος με βαλβίδα ελέγχου εξαγόμενου καυσίμου είναι ότι μειώνει την θερμοκρασία του καυσίμου τροφοδοτώντας το σύστημα με την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου και ότι μειώνει τη ροπή κίνησης της αντλίας.

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

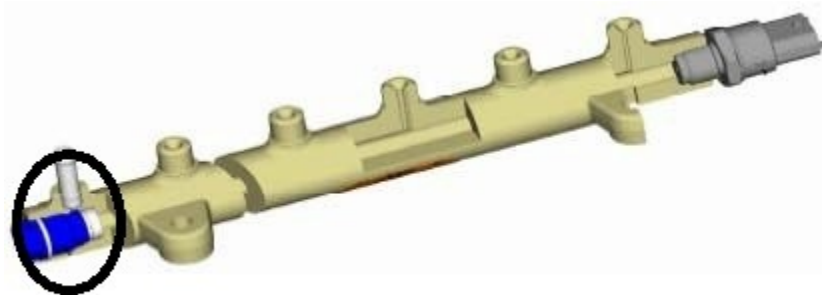
2. Ελέγχου πίεσης εισερχόμενου καυσίμου:

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 δεξαμενή καυσίμου.

Κεφάλαιο 6.4^ο - ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ



Εικόνα 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. Όταν η πίεση στον συσσωρευτή καυσίμου φθάσει την τιμή του ανώτατου ορίου τότε το έμβολο ωθείται προς τα πάνω λόγω της μεγάλης πίεσης που ασκεί το καύσιμο με αποτέλεσμα την διαφυγή ποσότητας καυσίμου στην επιστροφή. Με αυτόν τον τρόπο η πίεση στον συσσωρευτή καυσίμου επανέρχεται σε φυσιολογικά επίπεδα.

Κεφάλαιο 7^ο - ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Κεφάλαιο 7.1^ο - ΜΠΕΚ

Τα μπεκ ψεκάζουν στους κυλίνδρους τη κατάλληλη ποσότητα καυσίμου τη σωστή στιγμή. Για να γίνει αυτό τα μπεκ ενεργοποιούνται από τον εγκέφαλο. Το μπεκ έχει μια ηλεκτρομαγνητική ή πιεζοηλεκτρική βαλβίδα. Είναι ένα εξάρτημα κατεργασμένο με μεγάλη ακρίβεια. Η βαλβίδα η βελόνα και ο ηλεκτρομαγνήτης βρίσκονται μέσα στο σώμα του μπεκ. Το καύσιμο εισέρχεται υπό υψηλή πίεση στην εισαγωγή του στο θάλαμο ελέγχου. Μέσα στο μπεκ η πίεση είναι η ίδια

με του συσσωρευτή πίεσης και το καύσιμο ψεκάζεται μέσω του ακροφυσίου στο θάλαμο καύσης. Η πλεονάζουσα ποσότητα καυσίμου ρέει πίσω στο ρεζερβουάρ μέσω της γραμμής επιστροφής. Ο κόφτης και το cut-off επιτυγχάνονται μέσω του ελέγχου των μπεκ από τον εγκέφαλο.

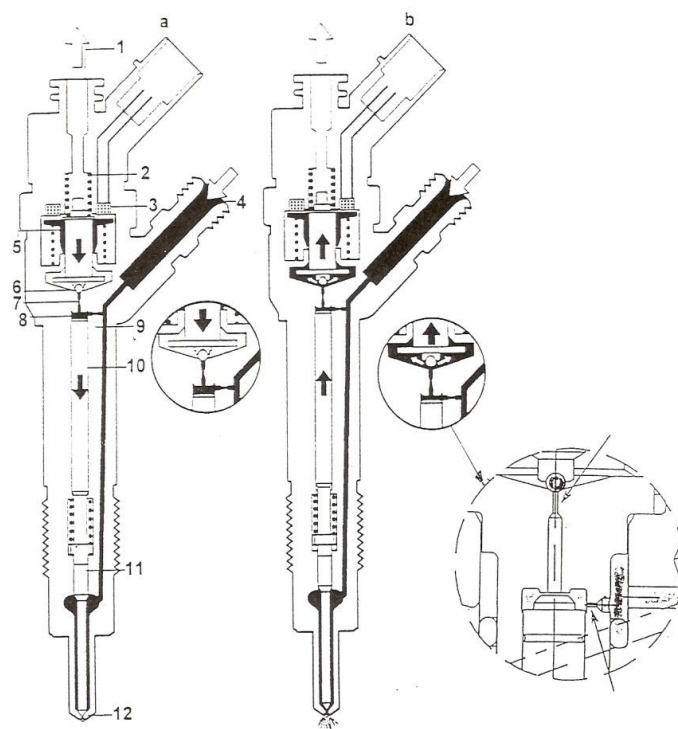
Κεφάλαιο 7.2^ο - ΕΙΔΗ ΕΓΧΥΤΗΡΩΝ – ΜΠΕΚ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ηλεκτρομαγνητικοί εγχυτήρες - Ιντζέκτορες:

Οι εγχυτήρες βιδώνονται στην κεφαλή των κυλίνδρων, εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό λειτουργίας όπως τα συμβατικά μπέκ, απαρτίζονται κυρίως από το ακροφύσιο πολλαπλών οπών, το υδραυλικό σύστημα υποβοήθησης, την μαγνητική βαλβίδα ή τον ενεργοποιητή.



Εικόνα Ηλεκτρομαγνητικός εγχυτήρας κατάλληλος για εφαρμογές συστημάτων common rail CP1.



Εικόνα Βιβλ. Τεχνικές πληροφορίες από το συνεργείο Αντλιών Πετρελαίου Σ. ΜΠΟΤΣΑΣ ΚΑΙ ΥΙΟΣ ,

Χαλκερό Καβάλας

Από τον συσσωρευτή υψηλής πίεσης, το καύσιμο φθάνει στο **ρακόρ εισόδου καυσίμου (4)** του ιντζέκτορα και από εκεί ρέει προς το θάλαμο συγκέντρωσης έως το ακροφύσιο και μέσω της **οπής στραγγαλισμού εισόδου (9)** στον **θάλαμο ελέγχου (8)**. Και στους δυο θαλάμους δημιουργείται ίδια υψηλή πίεση, που με την πρόσθετη δύναμη του ελατηρίου, αποκλείουν το ψεκασμό του ιντζέκτορα όταν αυτό δεν είναι ηλεκτρικά ενεργοποιημένο. Όταν η μαγνητική βαλβίδα του ιντζέκτορα δεχθεί ρεύμα ενεργοποίησης (περίπου 20 Am), **ανασηκώνεται ο οπλισμός (5) και η μπίλια (6) της βαλβίδας**, (η τιμή ρεύματος των 20 Am χρησιμεύει για ένα γρήγορο άνοιγμα της μαγνητικής βαλβίδας). Αυτό ελευθερώνει την **οπή στραγγαλισμού εξόδου (7)** και εκτονώνεται η πίεση του καυσίμου στον **θάλαμο ελέγχου.(8)**.

Η μεγαλύτερη πίεση που υπάρχει στον θάλαμο συγκέντρωσης του ακροφυσίου επιτρέπει τώρα τον ψεκασμό του ακροφυσίου. Όταν η βαλβίδα φθάσει στην μέγιστη διαδρομή της, σε χρόνο 0,3 msec μετά από την αρχική ενεργοποίηση, το ρεύμα ανοίγματος 20 Am, μειώνεται στο ρεύμα συγκράτησης(περίπου 12 Am), έως ότου ο εγκέφαλος δώσει εντολή διακοπής του ανοίγματος του εγχυτήρα.

Το ρεύμα διακοπής που δίνει ο εγκέφαλος στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα για το κλείσιμο της, είναι της τάξεως των 8 Am , μόλις λοιπόν δοθεί αυτή η ένταση τότε αυτόματα κλείνει η βαλβίδα και η βελόνα του ακροφυσίου και σταματά και η έγχυση του καυσίμου.

Αξίζει να αναφέρουμε πως τα ρεύματα εντάσεως των 20 Am για το άνοιγμα της βαλβίδας , συνοδεύονται με τάσεις ρεύματος της τάξεως των 70 - 80 V.

Τα οχήματα όμως έχουν μόνο μια μπαταρία 12 V και ένα δυναμό 14 V, για αυτό τον λόγο στο σύστημα μας είναι τοποθετημένος και ένας πυκνωτής (C),ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τη μπαταρία και τους Ιντζέκτορες μέσω ενός MOSFET - Hybrid (high side switch) .

Προ-ψεκασμός (πυλοτικός ψεκασμός) κύριος ψεκασμός και μετά- ψεκασμός των εγχυτήρων.

Πυλοτικός ψεκασμός:

Ο πυλοτικός ψεκασμός μπορεί να λάβει μέρος από τις 90° πριν μέχρι 10° μετά το άνω νεκρό σημείο. Αν η έναρξη του ψεκασμού λάβει χωρά σε λιγότερο από 40° πριν το άνω νεκρό σημείο τότε κάποια ποσότητα καυσίμου μπορεί να αποθηκευθεί στην επιφάνεια του πιστονιού και στα τοιχώματα του κυλίνδρου και να οδηγήσει σε ένα ανεπιθύμητο διάλυμα λιπαντικού. Μετά τον πυλοτικό ψεκασμό ένα μικρό ποσό

καυσίμου (1.4mm³) ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο προετοιμάζοντας έτσι τον θάλαμο καύσης. Η καύση γίνεται αποδοτικότερη και ταυτόχρονα πετυχαίνουμε τα παρακάτω:

Σκοπός του προ-ψεκασμού:

- Μείωση του θορύβου της καύσης
- Της εκπομπής HC (άκαυστοι υδρογονάνθρακες)
- Της εκπομπής ρύπων του CO₂ (διοξείδια του άνθρακα)
- Της κατανάλωσης (αργοπορεία στην έναρξη ψεκασμού)
- Ιδανική καύση

Οι συνέπειες του προ-ψεκασμού είναι:

- 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

Κύριος ψεκασμός:

Ο κύριος ψεκασμός μπορεί να λάβει μέρος από τις 20° πριν, μέχρι και 10° μετά το άνω νεκρό σημείο. Η ενεργεία για το έργο που παράγει ο κινητήρας προέρχεται από τον κύριο ψεκασμό. Αυτό σημαίνει ότι ο κύριος ψεκασμός ευθύνεται για την ανάπτυξη της ροπής του κινητήρα. Με το Common Rail η πίεση ψεκασμού παραμένει πρακτικά σταθερή σε κάθε σημείο στη διάρκεια του ψεκασμού.

Μετά-ψεκασμός:

Με ορισμένες εκδόσεις των **οξειδίων του αζώτου NO_x** καταλυτικού μετατροπέα ο μετά- ψεκασμός συνεισφέρει στην καύση των **οξειδίων του αζώτου NO_x**. Ακολουθεί τη διαδικασία του κύριου και ο χρόνος εφαρμογής του βρίσκεται από το άνω νεκρό σημείο μέχρι και 200° μετά από αυτό, εισάγοντας ακριβέστερες ποσότητες καυσίμου στα καυσαέρια. Κατά την εξαγωγή των καυσαερίων το μίγμα καυσαερίων και καυσίμου φεύγει από τον θάλαμο καύσης διαμέσου των βαλβίδων εξαγωγής και πάει στο σύστημα καυσαερίων. Μέρος του μίγματος επιστρέφει στον θάλαμο καύσης μέσω του συστήματος EGR και έχει το ίδιο αποτέλεσμα όπως ένας προκαταβολικός πιλοτικός ψεκασμός. Με τον κατάλληλο καταλυτικό μετατροπέα **οξειδίων του αζώτου NO_x**, το ίδιο το καύσιμο γίνεται ικανό να μειώσει την ποσότητα των **οξειδίων του αζώτου NO_x** στα καυσαέρια.

Σκοπός του μεταψεκασμού :

- Μείωση των εκπομπών – NOX (οξειδία του αζώτου)
- Ψεκασμός μιας συγκεκριμένης ποσότητας κατά τον χρόνο συμπίεσης για ομαλότερη καύση .
- Ιδανική καύση

Οι συνέπειες του μετα-ψεκασμού είναι:

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

Με όλα τα παραπάνω, ολοκληρώσαμε την περιγραφή ενός σύγχρονου συστήματος Common Rail 1ης γενιάς τύπου BOSCH, CP1.

Παρόλο αυτά αξίζει να αναφέρουμε πως σήμερα η εταιρεία BOSCH, αλλά και άλλες κατασκευάστριες εταιρείες εφαρμόζουν στα συστήματα Common Rail 3ης γενιάς νέους πιεζοηλεκτρικούς εγχυτήρες. Γεγονός το οποίο επιτυγχάνει, ακόμα πιο άμεσες ανταποκρίσεις του συστήματος στην διαδικασία της έγχυσης, αλλά και πιέσεις που ξεπερνούν τα 2000 bar.

Πιεζοηλεκτρικός εγχυτήρας:



Εικόνα Πιεζοηλεκτρικός εγχυτήρας

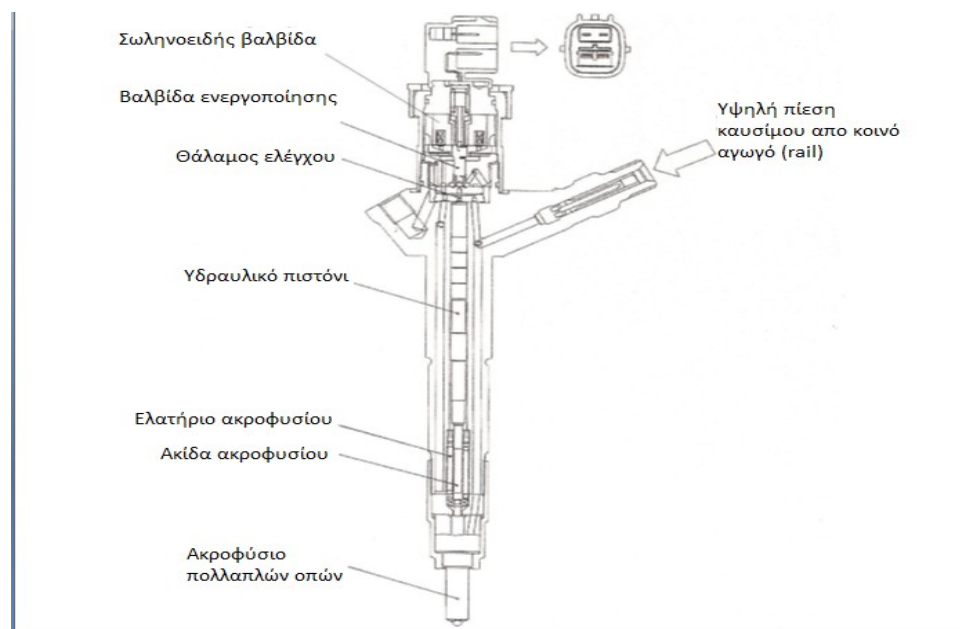
(www.bosch.gr)

Για να αυξηθεί η ποιότητα εγχύσεως, οι κατασκευαστές ανέπτυξαν τον πιεζοηλεκτρικό εγχυτήρα. Στον συγκεκριμένο εγχυτήρα, η βελόνα του ακροφύσιου ελέγχεται με διπλάσια ταχύτητα από τους εγχυτήρες με μαγνητική βαλβίδα. Με αποτέλεσμα 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.

Περιγραφή - λειτουργία των πιεζοηλεκτρικών εγχυτήρων.

Η λειτουργία των συγκεκριμένων εγχυτήρων είναι πανομοιότυπη με αυτήν των ηλεκτρομαγνητικών εγχυτήρων που περιγράφηκαν. Η κύρια διαφορά τους είναι στην διαδικασία του χειρισμού της έναρξης και της πορείας του ψεκασμού. Συγκεκριμένα στον ηλεκτρομαγνητικό εγχυτήρα, η μαγνητική βαλβίδα του ιντζέκτορα, όταν δεχόταν ρεύμα ενεργοποίησης, όπλιζε έναν μηχανισμό ο οποίος αποτελούταν από μια βαλβίδα και ένα έμβολο χειρισμού αυτής. Στον πιεζοηλεκτρικό εγχυτήρα όλα τα παραπάνω έχουν αντικατασταθεί από μια πιεζοηλεκτρική διάταξη, η οποία αποτελείται από μια σωληνοειδής βαλβίδα (TWV), την βαλβίδα ενεργοποίησης και το υδραυλικό πιστόνι χειρισμού της βαλβίδας.

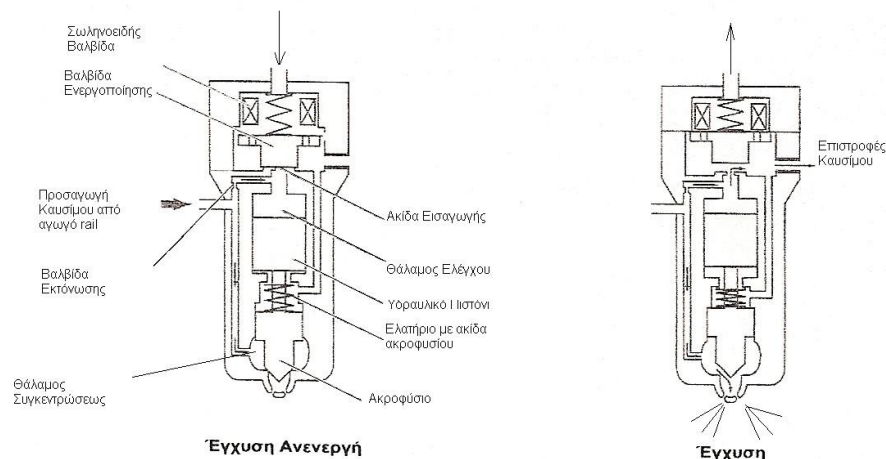


Εικόνα Πιεζοηλεκτρικός εγχυτήρας σε τομή

Βιβλ. Τεχνικές πληροφορίες από το συνεργείο Αντλιών Πετρελαίου Σ. ΜΠΟΤΣΑΣ ΚΑΙ ΥΙΟΣ ,

Χαλκερό Καβάλας

Από τον συσσωρευτή το καύσιμο εισέρχεται στον εγχυτήρα και μέσω εσωτερικού αγωγού καταλήγει στον θάλαμο συγκεντρώσεως. Επίσης το καύσιμο μέσω μιας ακίδας εισαγωγής καταλήγει και στον θάλαμο ελέγχου και στους δυο αυτούς θαλάμους δημιουργείται η ίδια υψηλή πίεση. Η φραγή αυτής της πίεσεως εντός του εγχυτήρα και η προσθετή δύναμη του ελατηρίου, αποκλείουν την περίπτωση ψεκασμού.



Εικόνα Πιεζοηλεκτρικοί εγχυτήρες σε τομή , διακρίνονται η διαδικασία της εγχύσεως αλλά και της παύσης αυτής.

Βιβλ. Τεχνικές πληροφορίες από το συνεργείο Αντλιών Πετρελαίου Σ. ΜΠΟΤΣΑΣ ΚΑΙ ΥΙΟΣ ,

Χαλκερό Καβάλας

Κατά την εκκίνηση του κύκλου έγχυσης καυσίμου, η σωληνοειδής βαλβίδα ενεργοποιείται από τάση που παράγει μαγνητική ισχύ, η οποία σπρώχνει την βαλβίδα σε ανοδική πορεία, εκτονώνει την πίεση στο θάλαμο ελέγχου συμπαρασέρνοντας το υδραυλικό πιστόνι σε ανοδική πορεία και ξεκινάει η έγχυση. Το καύσιμο που ρέει διάμεσου του θαλάμου ελέγχου, οδηγείται μέσω ενός βοηθητικού εσωτερικού αγωγού προς το υδραυλικό πιστόνι, συνεισφέροντας στην εφαρμογή του ανοίγματος και του κλεισίματος αυτού.

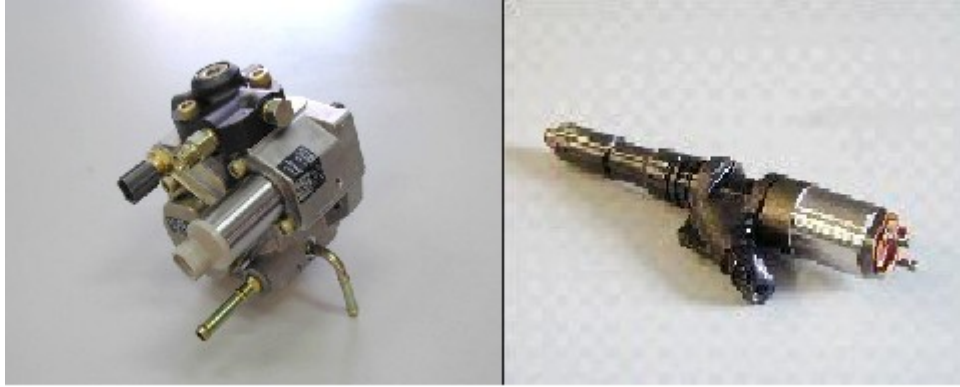
Το συνεχές ρεύμα που εφαρμόζεται στην σωληνοειδή βαλβίδα κινεί την ακίδα ακροφύσιου μέχρι το μέγιστο ύψος της, όπου και καθορίζεται η μέγιστη απόδοση. Όταν απενεργοποιείται η σωληνοειδής βαλβίδα, αμέσως η βαλβίδα ελέγχου παίρνει καθοδική πορεία και κλείνει η ακίδα ακροφύσιου και σταματάει η έγχυση. Είναι γεγονός ότι η διαδικασία ενεργοποίησης της έγχυσης αλλά και το αντίστροφο είναι ιδιαίτερα περίπλοκες στον συγκεκριμένο εγχυτήρα.

Αυτό όμως που έχει ιδιαίτερη σημασία κατά την λειτουργία του εγχυτήρα είναι το γεγονός του υδραυλικού εμβόλου (πιστόνι) το οποίο καταφέρνει σε συνδυασμό με όλη την πιεζοηλεκτρική διάταξη να προσφέρει ακόμα πιο άμεσες ταχύτητες απόκρισης του συστήματος από ότι ενός ηλεκτρομαγνητικού ιντζέκτορα .

Η εφαρμογή πιεζοηλεκτρικών συστημάτων (αντλία υψηλής πίεσης και πιεζοηλεκτρικοί εγχυτήρες), σε σχέση με τους εγχυτήρες με μαγνητικές βαλβίδες προσφέρει τα εξής :

- Μέχρι και 3% μικρότερη κατανάλωση
- Λιγότερες εκπομπές ρύπων από 15 έως 20 %
- Μεγαλύτερη ισχύς κατά 5 έως 7 %
- Χαμηλότερο θόρυβο λειτουργίας του κινητήρα κατά 3 Db

(τιμή ιδιαίτερα μεγάλη αφού η κλίμακα των ντεσιμπέλ είναι λογαριθμική) .



Εικόνα Σύστημα εγχύσεως τύπου ND-HP3,

Αποτελείται από την αντλία υψηλής πίεσεως και τους πιεζοηλεκτρικούς εγχυτήρες, όπως αυτά που διακρίνονται στις παραπάνω φωτογραφία..

www.coronadiesel

Κεφάλαιο 8 - ΟΓΚΟΣ ΕΜΒΟΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Στο εργαστήριο ΜΕΚ από την αντλία υψηλής πίεσης μετρήσαμε με μικρόμετρο και με παχύμετρο τα εξής:

- D_E Διάμετρος εμβόλου - (6,500mm)
- D_K Διάμετρος κυλίνδρου - (6,580mm)
- Εμβολισμός στο ΚΝΣ - (14,04mm) και στο ΑΝΣ - (8,02mm)
- z Αριθμός των κυλίνδρων της αντλίας (3)

Η απόσταση μεταξύ της διαμέτρου του εμβόλου και της διαμέτρου του κυλίνδρου είναι 0,08mm.

Από τις μετρήσεις υπολογίζουμε την διαδρομή του εμβόλου S_E (14.04 - 8.02 =6.02mm).

$$\text{Από των τύπο } Vh = \frac{\pi * D_E^2}{4} * S_E \Rightarrow Vh = \frac{\pi * 6.500^2 \text{ mm}}{4} * 6.02 \text{ mm}$$

$\Rightarrow Vh = 199.76 \text{ mm}^3$ υπολογίσαμε των όγκο του κυλινδρικού χώρου μεταξύ των σημείων ΑΝΣ και ΚΝΣ σε κυβικά χιλιοστά.

Για των συνολικό όγκο του πετρελαίου που δίνει η αντλία υπολογίζεται από των τύπο $VH = z * Vh \Rightarrow VH = 3 * 199.76 \text{ mm}^3$
 $\Rightarrow VH = 599.28 \text{ mm}^3$.

Άρα για να υπολογίσουμε πόσα λίτρα πηγαίνουν στο συσσωρευτή υψηλής πίεσης κάνουμε $VH = VH * 10^{-6} \Rightarrow VH = 599,28 * 10^{-6} \Rightarrow VH = 0,0006 < \dot{\iota}$.

Με αυτούς τους τύπους εφόσον μια πλήρη περιστροφή του άξονα οι στροφές του εκκεντροφόρου με της στροφές της αντλίας είναι ίδιες σε κάθε περιστροφή η αντλία θα στέλνει 0,0006 lt.

Βιβλιογραφία

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ 1 ΤΟΥ ΔΡ. ΠΕΡΙΚΛΗΣ Γ. ΧΑΣΙΩΤΗΣ

Νίκος Μαρινόπουλος. Ντίζελ (ψεκασμός Common rail).

<http://www.caroto.gr/?s=common+rail&cat=0>

Νίκος Μαρινόπουλος. Συστήματα ψεκασμού. <http://www.caroto.gr/?s=%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1+%CF%88%CE%B5%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%85&cat=0>

Αντλίες καυσίμου. <http://www.dizeluserviss.lv/eng/vdo/pump-common-rail.php>

Common Rail Injectors Bosch.

<https://www.slideshare.net/LucaNurchi/common-rail-injectors-bosch>

Fuel Temperature Sensor εικόνα.

<http://www.instructables.com/id/Land-Rover-Discovery-2-MK2-II-Defender-TD5-25-Dies/>

Τεχνικά άρθρα DIESEL: Σύστημα ψεκασμού Common – Rail

http://www.ideea.gr/newspaper/ideea15_t.htm

<http://blogs.sch.gr/atkermelid/files/2013/06/ΜΗΧΑΝΕΣ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ-ΚΑΥΣΗΣ-II-ΚΕΦΑΛΑΙΟ-6ο.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/Common_rail

<http://iceal.wdfiles.com/local--files/ilektronika-systimata-petrelaiou>

Δημήτρης Κωσταρέλος <https://www.caroto.gr/2013/04/09/diesel-common-rail-2013-caroto/>

Σδούκου Χρήστος, [Σύστημα ψεκασμού Common rail](#), Περιοδικό "Συνεργείο του Αυτοκινήτου", τεύχος

30/6/2003 <http://iceal.wdfiles.com/local--files/ilektronika-systimata-petrelaiou/commonrail.pdf>.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Τα συμπεράσματα ως προς το σύστημα ψεκασμού common rail είναι ότι επειδή έχουμε έλεγχο κατά τον ψεκασμό των μπέκ μέσω της ECU δηλαδή το πότε και το πόσο θα ψεκάσει με αυτήν την τεχνολογία πετυχαίνουν οι πετρελαιοκινητήρες να είναι πιο οικονομική πιο αποδοτική και το πιο κύριο να είναι πιο ευαίσθητη ως προς το περιβάλλον.

Επίσης η αντλία υψηλής πίεσης είναι πιο ελαφριά σαν κατασκευή από την συμβατική, έχοντας σαν αποτέλεσμα να έχουμε λιγότερες μηχανικές απώλειες και δεν επηρεάζεται κατά την μεταβολή των στροφών της ΜΕΚ.