

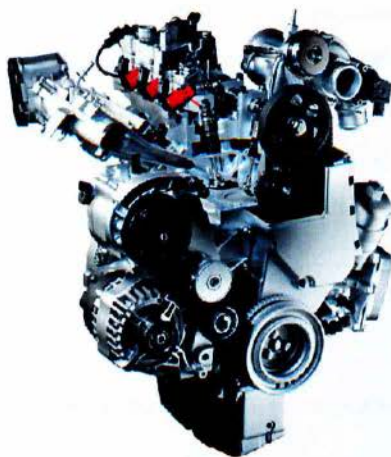
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧ/ΓΙΑΣ

Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

763
ΜΧ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ, ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΒΕΝΖΙΝΗΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΒΛΑΧΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ : 30705

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΘΕΟΔΩΡΑΚΑΚΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΑΘΗΝΑ 2013

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ABSTRACT	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	2
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΙΝΗΤΗΤΩΝ Μ.Ε.Κ	2
1.2 Ο κύκλος λειτουργίας Μ.Ε.Κ	8
1.2.1 Μεταβολές κατάστασης των αερίων	9
1.2.2 Οι νόμοι των τελείων αερίων	10
1.2.3 Ο Κύκλος Carnot	13
1.2.4 Θεωρητικός Τετράχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto	14
1.2.5 Πραγματικός Τετράχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto	15
1.2.6 Θεωρητικός Δίχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto	18
1.2.7 Πραγματικός Δίχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto	20
1.2.8 Χρήση των κινητήρων Otto	22
1.3 Συνοπτική Περιγραφή Εξαρτημάτων Μ.Ε.Κ Βενζίνης	24
1.4 Αναφορά στα επιμέρους συστήματα των Μ.Ε.Κ	37
1.5 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά της βενζίνης	38
1.5.1 Πρόσθετα βενζίνης	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	45
2.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ BENZINOKINHTHPA	45
2.1.1 Παρασκευή μίγματος	47
2.1.2 Έναυση μίγματος	49
2.2 Είδη συστημάτων τροφοδοσίας καυσίμου	52
2.2.1 Εξαεριωτήρας	52

2.2.2 Ηλεκτρονικά Ελεγχόμενος Εξαεριοτήρας	62
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΓΧΥΣΗΣ (ΨΕΚΑΣΜΟΥ) ΚΑΥΣΙΜΟΥ	63
Πλεονεκτήματα Συστημάτων Εγχυσής Καυσίμου	64
2.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ	67
2.4.1 Σύστημα K-JETRONIC	67
2.4.2 Σύστημα KE-JETRONIC	80
2.4.3 Σύστημα D-JETRONIC	90
2.4.4 Σύστημα L-JETRONIC ΚΑΙ LE-JETRONIC	93
2.4.5 Σύστημα MONO-JETRONIC	109
2.4.6 Σύστημα MOTRONIC	116
2.4.7 Σύστημα Άμεσου Ψεκασμού	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	140
3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ BENZINΗΣ	140
3.1.1 Εκκεντροφόρος άξονας	141
3.1.2 Βαλβίδες	141
3.1.3 Μηχανισμοί κίνησης των βαλβίδων	144
3.1.4 Μετάδοση κίνησης από τον στροφαλοφόρο στον εκκεντροφόρο άξονα	145
3.1.5 Λειτουργία των βαλβίδων	146
3.2 Αρχή λειτουργίας συστήματος μεταβλητού χρονισμού	148
3.2.1 Αισθητήρες και ενεργοποιητές που συμμετέχουν στην λειτουργία του συστήματος μεταβλητού χρονισμού	153
3.2.2 Είδη συστημάτων μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων	155
3.2.3 Είδη συστημάτων με μεταβολή βυθίσματος των βαλβίδων	166
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	176

4.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ Μ.Ε.Κ BENZINΗΣ.....	176
4.1 Εισαγωγή.....	176
4.2 Αρχή λειτουργίας υπερπλήρωσης	178
4.3 Μέθοδοι υπερπλήρωσης.....	193
4.4 Στροβίλο-υπερπλήρωση.....	206
4.5 Συνδυασμένη υπερπλήρωση.....	227
Ανακεφαλαίωση.....	233
Βιβλιογραφία.....	234

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η ιστορική αναδρομή και η περιγραφή της εξέλιξης των κινητήρων εσωτερικής καύσης κύκλου Otto. Πιο συγκεκριμένα, θα πραγματοποιηθεί επισκόπηση και συνοπτική ανάλυση κάποιων επιμέρους συστημάτων, που έχουν πρωταρχικό ρόλο στην λειτουργία των ΜΕΚ βενζίνης. Τα συστήματα αυτά είναι: τα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου, τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων και τα συστήματα υπερπλήρωσης εισερχόμενου αέρα των κινητήρων. Οι κατασκευάστριες εταιρείες επενδύουν συνεχώς στην τεχνολογική εξέλιξη των συγκεκριμένων συστημάτων, και έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η ανάλυση που θα ακολουθήσει, ώστε να υπάρχει μια σφαιρική εικόνα της σταδιοδρομίας των συστημάτων αυτών από τις αρχικές τους μορφές έως και σήμερα.

Abstract

The main subject of the dissertation is an overview description of the technological evolution, that has taken place over the years, for the Internal Combustion Engines of the Otto working cycle. More specifically, there will be a compendious survey for a number of systems, which have a major role in the working cycle of gasoline internal combustion engines. The systems to be analyzed are: fuel systems, variable valve timing systems and supercharging systems. The manufacturing companies, invest continuously on the technological development of the systems, and the analysis will be of great interest, in order to provide an overview of the technical characteristics, the systems have from their primary forms to the present, and future forms.

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΙΝΗΤΗΤΩΝ Μ.Ε.Κ

Η παραγωγή έργου με τη χρήση μιας θερμικής μηχανής βασίζεται στην πρόσδοση θερμότητας (υπό συγκεκριμένες συνθήκες) στο εργαζόμενο μέσο, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της ενεργειακής του καταστάσεως. Ένα τμήμα αυτής της ενέργειας μπορεί να αποδοθεί ως μηχανικό έργο, ενώ το υπόλοιπο αποβάλλεται ξανά ως θερμότητα στο περιβάλλον.

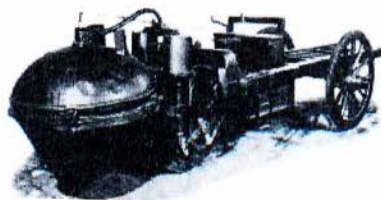
Η πρόσδοση της θερμότητας μπορεί να γίνεται είτε εντός του κύριου τμήματος της μηχανής είτε σε ένα ανεξάρτητο τμήμα της. Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως διακρίνονται από τις αντίστοιχες εξωτερικής καύσεως από αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό, ότι δηλαδή η καύση για την παραγωγή της αναγκαίας θερμότητας πραγματοποιείται εντός της μηχανής, ενώ το εργαζόμενο μέσο που εκτονώνεται εντός κυλίνδρου για την παραγωγή του έργου είναι το

καυσαέριο. Αντίθετα, στις μηχανές εξωτερικής καύσεως η θερμότητα προσδίδεται στο εργαζόμενο μέσο σε ανεξάρτητη συσκευή της μηχανής, ενώ τα καυσαέρια δεν έρχονται σε επαφή με το εργαζόμενο μέσο. Ως παράδειγμα μηχανής εξωτερικής καύσεως μπορεί να αναφερθεί η ατμομηχανή, όπου η παραγόμενη από την καύση θερμότητα εντός του λέβητα μετατρέπεται το νερό (εργαζόμενο μέσο) σε ατμό, το οποίο με τη σειρά του οδηγείται σε κύλινδρο (το κύριο τμήμα της μηχανής). Η μετακίνηση ενός εμβόλου κατά την εκτόνωση του ατμού εντός του κυλίνδρου παράγει το ωφέλιμο έργο της μηχανής.

Η πρώτη θερμική μηχανή που αναπτύχθηκε από τον άνθρωπο είναι η «Σφαίρα του Ήρωνος». Πρόκειται για μία σφαίρα με δυνατότητα περιστροφής γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο της. Στο επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο της και είναι κάθετο προς τον άξονα περιστροφής, φέρει δύο αντιδιαμετρικούς ακτινικά τοποθετημένους σωλήνες, το ελεύθερο άκρο των οποίων είναι στραμμένο κατά ορθή γωνία, στο ίδιο επίπεδο, αλλά με αντίθετη φορά. Γεμίζοντας τη σφαίρα με νερό και θερμαίνοντας προκαλείται εξάτμιση του νερού και παραγωγή ατμού, ο οποίος τείνει να αυξήσει την πίεση στο εσωτερικό της. Ο ατμός εκτονώνεται μέσω των σωλήνων, εξερχόμενος με κάποια ταχύτητα, η οποία τελικά εξαναγκάζει τη σφαίρα σε περιστροφή. Πρόκειται περί θερμικής μηχανής, γιατί η χημική ενέργεια της καύσιμης ύλης που τοποθετείται κάτω από τη σφαίρα μετατρέπεται σε θερμική, προσδίδεται στο

εργαζόμενο σώμα, που είναι το νερό στο εσωτερικό της σφαίρας, η εκτόνωση του οποίου μέσω των σωλήνων εξαναγκάζει τη σφαίρα σε περιστροφή, παράγοντας μηχανικό έργο. Ο θάλαμος καύσης αυτής της θερμικής μηχανής είναι η σχάρα, πάνω στην οποία γίνεται καύση, και είναι εντελώς ανεξάρτητος από την ίδια τη θερμική μηχανή. Οι μηχανές αυτού του τύπου, εκείνες δηλαδή όπου ο θάλαμος καύσης είναι ανεξάρτητος από την διάταξη στην οποία γίνεται η παραγωγή μηχανικού έργου και οι οποίες χρησιμοποιούν κάποιο εργαζόμενο σώμα διαφορετικό από το καυσαέριο που παράγεται από την καύση για την μεταφορά της θερμικής ενέργειας, ονομάζονται μηχανές εξωτερικής καύσης.

Στα πρώτα χρόνια της βιομηχανικής εποχής, το σύνολο πρακτικά των μηχανών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μηχανές εξωτερικής καύσης, με κυρίαρχο την ατμομηχανή. Μέχρι την εφεύρεση της ατμομηχανής, το 1712, η ιδέα για ένα μηχανοκίνητο μεταφορικό μέσο ήταν μη πραγματοποιήσιμη. Λέγεται, ότι η ατμομηχανή είχε χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός τέτοιου οχήματος από τα τέλη του 18α αι., αλλά τα οχήματα αυτά ήταν ογκώδη, δύσχρηστα και βραδυκίνητα. Το πρώτο όχημα που κινήθηκε με δική του ισχύ ήταν το ατμοκίνητο όχημα του Γάλλου αξιωματικού του μηχανικού Νικολά Κινιό (Nicholas Cugnot), το 1769.



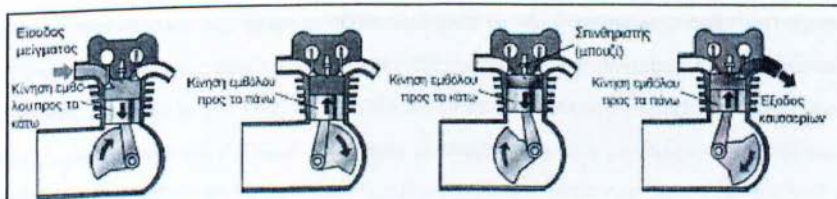
Το όχημα αυτό ήταν τρίκυκλο με ένα τεράστιο καζάνι εμπρός από τον εμπρόσθιο τροχό του. Εξαιτίας του βάρους του, η οδήγηση ήταν πολύ δύσκολη, ενώ η ταχύτητά του έφθανε τα 3 χλμ. ανά ώρα. Επιπλέον, ακόμη και στις πιο εξελιγμένες μορφές τους, που παρουσιάστηκαν πολύ αργότερα, χρειαζόταν πολύς χρόνος ώσπου να θερμανθεί και να βράσει το νερό, ώστε να μπορέσει να κινηθεί ένα τέτοιο όχημα. Συνέπεια όλων αυτών ήταν να μην υπάρξει καμία ουσιαστική εξέλιξη στο είδος αυτό των οχημάτων. Στον αντίποδα των μηχανών εξωτερικής καύσης βρίσκονται οι μηχανές εσωτερικής καύσης. Οι κύριες διαφορές τους από τις μηχανές

εξωτερικής καύσης είναι αφ' ενός στη χωροταξία, με το θάλαμο καύσης να αποτελεί ενιαία μονάδα με την διάταξη μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο και αφ' ετέρου η απουσία εργαζόμενου σώματος.

Η πρώτη ιστορικά μηχανή εσωτερικής καύσης πρέπει να αποδοθεί στον Christian Huygens. Ο Huygens το 1678 πρότεινε μια διάταξη που θα χρησιμοποιούσε ως καύσιμο την πυρίτιδα και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως πρόδρομος των σημερινών μηχανών εσωτερικής καύσης. Η ιδέα αυτή όμως δεν υλοποιήθηκε. . Το 1794 διατυπώθηκε η πρόταση του Άγγλου Robert Street για χρησιμοποίηση της πίεσεως των καυσαερίων από την καύση υγρών καυσίμων, στη μετακίνηση εμβόλου και την παραγωγή έργου. Το 1833 ο Άγγλος W.L. Wright κατασκεύασε την πρώτη δίχρονη μηχανή εσωτερικής καύσεως

Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης που λειτουργούσε ικανοποιητικά κατασκευάστηκε από τον Ζαν-Ζοζέφ-Ετιέν Λε- νουάρ (Jean-Joseph-Etienne Lenoir), έναν Γάλλο εφευρέτη γεννημένο στο Βέλγιο. Η μηχανή αυτή χρησιμοποιούσε ως καύσιμο ένα μίγμα από κάρβουνο, φωταέριο και αέρα. Το 1860, ο Λενουάρ τοποθέτησε μια τέτοια μηχανή σε ένα μικρό όχημα και έτσι δημιούργησε μια "άμαξα χωρίς άλογα". Υπήρχαν ήδη τέτοιες άμαξες που κινούνταν με ατμό, αλλά το όχημα του Λενουάρ ήταν πιο μικρό και είχε καλύτερη οδική συμπεριφορά. Η μηχανή εσωτερικής καύσης του Lenoir είχε χαμηλή απόδοση.

Αργότερα, το 1864, ο Αυστριακός Siegfried Marcus, ο οποίος πραγματοποιούσε πειράματα σε μηχανές με καύσιμη ύλη την βενζίνη, τοποθέτησε μια μηχανή σε μια χειράμαξα. Το όχημα αυτό ήταν το πρώτο βενζινοκίνητο όχημα. Ο Γερμανός ΝΑ. Otto, (Nikolaus August Otto, 1832-1891) πειραματίστηκε με τη μηχανή του Lenoir και κατασκεύασε τον πρώτο βενζινοκινητήρα το 1876. , στην οποία το έμβολο πραγματοποιούσε τέσσερις κινήσεις σε μία πλήρη περιστροφή.



Καθώς το έμβολο κινούνταν προς τα κάτω (πρώτος χρόνος), αναρροφούσε μέσα στον κύλινδρο ένα μίγμα αέρα και εύφλεκτων ατμών. Κατόπιν, το έμβολο κινούνταν προς τα επάνω συμπιέζοντας το μίγμα αυτό (δεύτερος χρόνος). Όταν η συμπίεση έφθανε στη μέγιστη τιμή της,

ένας σπινθήρας προκαλούσε την ανάφλεξη του μίγματος, ενώ η πίεση των αερίων που δημιουργούνταν από την ανάφλεξη ωθούσε το έμβολο προς τα κάτω (трίτος χρόνος), με αποτέλεσμα την παραγωγή έργου και την μετατροπή του σε κίνηση. Όταν το έμβολο κινούνταν ξανά προς τα επάνω (τέταρτος χρόνος), ωθούσε τα αέρια προϊόντα της καύσης (καυσαέρια) έξω από τον κύλινδρο. Στη συνέχεια ο κύκλος επαναλαμβανόταν από την αρχή. Οι αρχές λειτουργίας του κινητήρα του Δρ. Otto αποτέλεσαν τις βάσεις, πάνω στις οποίες λειτουργούν ακόμη και σήμερα οι βενζινοκινητήρες.

Ο Όττο κατασκεύασε μια τέτοια τετράχρονη μηχανή το 1876, με βελτιωμένη αλλά όχι ικανοποιητική απόδοση. Ο κινητήρας Όττο, όπως ονομάστηκε, αποτελούσε μια τεράστια βελτίωση σε σχέση με τη μηχανή του Λενουάρ και γρήγορα διαδόθηκε η χρήση του. Η σχεδίαση και η φιλοσοφία του κινητήρα αυτού αποτέλεσαν τη βάση των σημερινών εξελιγμένων μηχανών εσωτερικής καύσης.

Με την καθιέρωση του κινητήρα του Όττο, οι έρευνες στράφηκαν προς στην ανεύρεση αποτελεσματικών μεθόδων αναφλέξεως του μείγματος καυσίμου-αέρα. Μία από τις μεθόδους που δοκιμάστηκαν, ήταν η εφαρμογή μεγάλης συμπίεσως του αέρα μέσα στον κύλινδρο, προκειμένου να επιτευχθεί πολύ υψηλή θερμοκρασία. Το καύσιμο στη συνέχεια ψεκαζόταν μέσα στον κύλινδρο, όπου, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα, ξεκινούσε αυτοδύναμα η καύση. Η εκτόνωση των αερίων μπορούσε να απελευθερώσει πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Ο τύπος αυτός των κινητήρων χαρακτηρίζεται ως κινητήρας συμπίεσως - αναφλέξεως.

Οι υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονταν κατά τη λειτουργία των μηχανών αυτών, είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων όσον αφορά στην αντοχή των υλικών κατασκευής τους. Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα των παραπάνω κινητήρων συνδεόταν με τη δυσκολία ψεκασμού του καυσίμου στον κύλινδρο, όπου επικρατούσε υψηλή πίεση λόγω της μεγάλης συμπίεσως του αέρα. Μεγάλη αύξηση της αξιοπιστίας των κινητήρων συμπίεσως - αναφλέξεως πέτυχε ο Γερμανός μηχανικός Rudolf Diesel. Αρχικά, προσπάθησε να λειτουργήσει τους παραπάνω κινητήρες χρησιμοποιώντας κονιοροποιημένο γαιάνθρακα ως καύσιμο, οι κινητήρες ωστόσο, καταστρεφόταν με έκρηξη.

Το 1894, πέτυχε τη λειτουργία τους χρησιμοποιώντας υγρό καύσιμο (πετρέλαιο). Με αυτόν τον τρόπο κατέστησε τον κινητήρα πιο οικονομικό και περισσότερο αποδοτικό σε σχέση με τους υπόλοιπους κινητήρες εκείνης της εποχής. Κατασκεύασε τετράχρονο, μονοκύλινδρο, κατακόρυφο κινητήρα. Ήταν εξοπλισμένος με μια μικρή αντλία αέρα και με αντλίες καυσίμου. Η πίεση αέρα ήταν της τάξης των 35-50 bar, γεγονός που οδηγούσε σε ικανοποιητικό διασκορπισμό του καυσίμου. Η ρύθμιση φορτίου του κινητήρα γίνονταν είτε με διαφοροποίηση της διάρκειας έγχυσης καυσίμου είτε με διαφοροποίηση της πίεσης αέρα. Ο κινητήρας αυτός κυριάρχησε γρήγορα στην αγορά της εποχής, ενώ αναπτύχθηκαν και διάφορες παραλλαγές του (δίχρονος, υπερπληρούμενος, τετράχρονος διπλής δράσης). Το 1895, ο Diesel κατοχύρωσε την ευρεσιτεχνία του στις Η.Π.Α.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως (MEK) (Internal Combustion Engines) διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Στις εμβολοφόρες παλινδρομικές,
- στις περιστροφικές και
- στους αεριοστρόβιλους (gas turbines).

Οι εμβολοφόρες παλινδρομικές MEK κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Ανάλογα με τον τρόπο εναύσεως (αναφλέξεως) τον καυσίμου διακρίνονται σε:

α) Μηχανές εναύσεως με σπινθήρα (ή βενζινομηχανές, ή κινητήρες Otto - spark ignition engines).

β) Μηχανές εναύσεως με συμπίεση (ή πετρελαιομηχανές, ή κινητήρες Diesel - compression ignition engines).

γ) Μηχανές Semi-Diesel.

2. Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών τον εμβόλου για την ολοκλήρωση του κύκλου λειτουργίας διακρίνονται σε τετράχρονες (four-stroke engines) και σε δίχρονες μηχανές (two-stroke engines).

3. Ανάλογα με το είδος τον καυσίμου κατατάσσονται σε:

α) Μηχανές βαρέος πετρελαίου (μαζούτ).

β) Μηχανές ελαφρών καυσίμων (πετρέλαιο ντήζελ - βενζίνη).

γ) Μηχανές αερίων καυσίμων.

4. Ανάλογα με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα διακρίνονται σε μηχανές αργόστροφες με ταχύτητα περιστροφής έως 350 rpm περίπου (κύριες μηχανές πλοίων), μεσόστροφες με ταχύτητα περιστροφής έως 1500 rpm περίπου (μηχανές πλοίων, τρένων και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγη), πολύστροφες με ταχύτητα περιστροφής μέχρι 5000 rpm περίπου (μηχανές τροχοφόρων) και ταχύστροφες με ταχύτητα περιστροφής άνω των 5000 rpm (αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας, αγωνιστικά αυτοκίνητα, δίκροχα μεγάλου κυβισμού).

5. Ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων διακρίνονται σε μονοκύλινδρες και σε πολυκύλινδρες μηχανές.

6. Ανάλογα με τη διάταξη των κυλίνδρων κατατάσσονται σε κατακόρυφες ή εν σειρά, τύπου (V), (W), (Δ), (H), (X), αντιτιθεμένων κυλίνδρων (οριζόντιες-boxer), σταυροειδείς, αστεροειδείς, πολυγωνικές, διπλών εμβόλων κ.λ.π.

7. Ανάλογα με τον τρόπο ψύξεως των κυλίνδρων κατατάσσονται σε υδρόψυκτες και σε αερόψυκτες μηχανές.

8. Ανάλογα με τον τρόπο συνδέσεως του εμβόλου και του διωστήρα κατατάσσονται σε μηχανές με ή χωρίς βάκτρο και ζύγωμα.

9. Ανάλογα με τον τρόπο, την πίεση, αλλά και την ποσότητα του αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο, κατατάσσονται σε υπερπληρούμενες (supercharged) και ατμοσφαιρικές μηχανές (φυσικής αναπνοής, atmospheric-induction engines).

10. Ανάλογα με τον τρόπο εγκαταστάσεως διακρίνονται σε μηχανές σταθερής ή μόνιμης βάσεως και σε μηχανές κινούμενου φορέα (κινητές ή φορητές).

11. Ανάλογα με τη χρήση τους κατατάσσονται σε μηχανές οχημάτων, ναυτικές μηχανές, βιομηχανικές (σταθερές), μηχανές αεροσκαφών κ.λ.π.

12. Ανάλογα με τη μέθοδο εισαγωγής του καυσίμου οι βενζινομηχανές κατατάσσονται σε μηχανές με εξεαριωτήρα (carburetor) και σε μηχανές με αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα (injection).

13. Ανάλογα με τη φορά περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα κατατάσσονται σε μηχανές ορισμένης φοράς περιστροφής (δεξιόστροφες ή αριστερόστροφες) και σε αναστρέψιμες μηχανές.

14. Ανάλογα με την παραγόμενη ισχύ ανά κύλινδρο στις κανονικές στροφές λειτουργίας κατατάσσονται σε μηχανές μικρής ισχύος (μέχρι 20 Ps), μέσης ισχύος (μέχρι 200 Ps) και μεγάλης ισχύος (άνω των 200 Ps).

15. Ανάλογα με τον τρόπο αποδόσεως της ισχύος κατατάσσονται σε μηχανές σταθερών στροφών (και μεταβλητού φορτίου) και σε μηχανές μεταβλητών στροφών.

16. Ανάλογα με το είδος του θαλάμου καύσεως διακρίνονται σε μηχανές με ενιαίο και σε μηχανές με διαιρούμενο θάλαμο καύσεως.

1.2 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Μ.Ε.Κ

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης είναι θερμικές μηχανές που καταναλώνουν ενέργεια που περιέχεται στα υγρά καύσιμα για την παραγωγή μηχανικού έργου. Μέρος της θερμικής ενέργειας που παράγεται μέσα στο θάλαμο καύσης της μηχανής εσωτερικής καύσης μετατρέπεται σε μηχανικό έργο προκαλώντας την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα.

Ο κύκλος λειτουργίας είναι η διαδικασία κατά την οποία η εισαγόμενη στον κινητήρα ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο. Διακρίνονται δύο κύκλοι λειτουργίας: Ο 2-χρονος και ο 4-χρονος κύκλος λειτουργίας.

Παρακάτω εξετάζονται οι πιο σημαντικές αλλαγές της κατάστασης των αερίων που είναι απαραίτητες για να κατανοήσουμε και να βγάλουμε συμπεράσματα που έχουν σχέση με τη λειτουργία των μηχανών.

Η κατάσταση ενός αερίου χαρακτηρίζεται από την πίεσή του (P), τον όγκο του (V) και τη θερμοκρασία του (T).

Πίεση P είναι το πηλίκο της δύναμης που ενεργεί κάθετα και ομοιόμορφα πάνω σε μία επιφάνεια δια του εμβαδού της επιφάνειας.

$$P = F/A$$

όπου:

P : πίεση σε N/m^2 ,

F : δύναμη σε Νιούτον (N) και

A : επιφάνεια σε m^2

Η μονάδα της πίεσης στο διεθνές σύστημα μονάδων είναι το Πασκάλ (Pa) και $1 Pa = 1 N/m^2$. Συνήθως χρησιμοποιείται ως μονάδα πίεσης το bar όπου:

$1 bar = 100.000 Pa$ Μία άλλη μονάδα πίεσης είναι η φυσική ατμόσφαιρα (atm).

$1 atm = 1,013 bar$.

Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε έναν τόπο εξαρτάται από το υψόμετρο του και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Η πίεση ενός αερίου μετριέται με το μανόμετρο.

Μανομετρική πίεση ονομάζεται η διαφορά της απόλυτης πίεσης από την αντίστοιχη ατμοσφαιρική .

Απόλυτη πίεση είναι η συνολική πίεση ή αλλιώς το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της μανομετρικής πίεσης.

Ειδικός όγκος (v) είναι το πηλίκο του όγκου που καταλαμβάνει μία ποσότητα αερίου δια της μάζας του.

Η θερμοκρασία μετριέται σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) ή σε βαθμούς Κέλβιν ($^{\circ}\text{K}$).

Απόλυτη θερμοκρασία είναι η θερμοκρασία που μετριέται από το απόλυτο μηδέν (-273°C).

Το απόλυτο μηδέν είναι η θερμοκρασία στην οποία ο όγκος ενός ιδανικού ή τέλειου αερίου μηδενίζεται. Εάν η πίεση, ο ειδικός όγκος και η θερμοκρασία ενός αερίου μεταβληθούν από (P_1, v_1, T_1) σε (P_2, v_2, T_2) τότε λέμε ότι το αέριο άλλαξε κατάσταση.

Η αλλαγή από μία κατάσταση σε άλλη παριστάνεται γραφικά σε σύστημα δύο ορθογωνίων αξόνων, όπου στον κατακόρυφο μετριέται η πίεση και στον οριζόντιο ο ειδικός όγκος.

1.2.1 Μεταβολές κατάστασης των αερίων

Οι μεταβολές κατάστασης των αερίων είναι η ισόθερμη, ισόχωρη, ισοβαρής, αδιαβατική και η πολυτροπική.

Μία μεταβολή ονομάζεται:

Ισόθερμη, εάν κατά τη διάρκειά της η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή.

Ισόχωρη, εάν κατά τη διάρκειά της ο ειδικός όγκος του αερίου παραμένει σταθερός.

Ισοβαρής, εάν η πίεση παραμένει σταθερή.

Αδιαβατική, εφόσον ούτε προστίθεται ούτε αφαιρείται θερμότητα από εξωτερική πηγή προς ή από το αέριο.

Πολυτροπική, εάν η μεταβολή είναι μία ενδιάμεση κατάσταση ανάμεσα στην αδιαβατική και στην ισόθερμη.

1.2.2 Οι νόμοι των τελείων αερίων

Ένα αέριο ονομάζεται τέλειο, όταν ακολουθεί τους νόμους των τελείων αερίων. Οι νόμοι των τελείων αερίων είναι α: των Boyle - Mariotte και β) του Gay-Lussac:

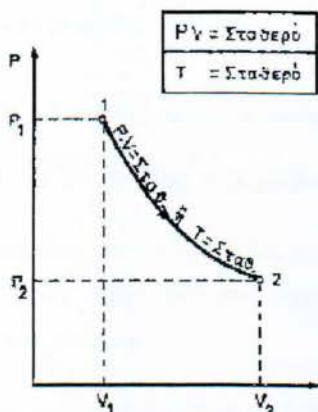
A. Νόμος των Boyle - Mariotte

Με την παλινδρόμηση του εμβόλου στον κύλινδρο μαζί με τον όγκο μεταβάλλεται η πίεση και η θερμοκρασία του αερίου (πολυτροπική μεταβολή).

Εάν η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή, το γινόμενο της πίεσης επί τον ειδικό όγκο παραμένει σταθερό.

Δηλαδή ισχύει: $P \chi v = \text{σταθερό}$ ή $P_1 \chi v_1 = P_2 \chi v_2$.

Παριστάνοντας γραφικά τη μεταβολή αυτή σε διάγραμμα P-v παίρνουμε την παρακάτω καμπύλη της ισόθερμης μεταβολής. Η καμπύλη αυτή είναι υπερβολή.



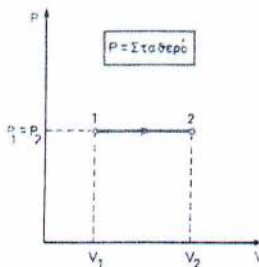
B. Νόμος του Gay-Lussac ή νόμος του Charles.

Αν η πίεση ενός αερίου παραμένει σταθερή, η αύξηση της θερμοκρασίας του προκαλεί ανάλογη αύξηση του όγκου του.

Δηλαδή ισχύει: $T_1 / T_2 = v_1 / v_2$.

Παριστάνοντας γραφικά τη μεταβολή υπό σταθερή πίεση, δηλαδή την **ισοβαρή**

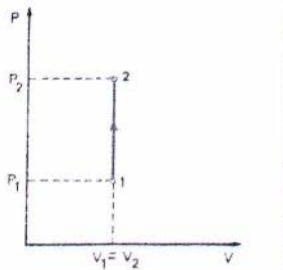
Εικόνα 1.1.2. Ισοβαρής μ



μεταβολή, έχουμε

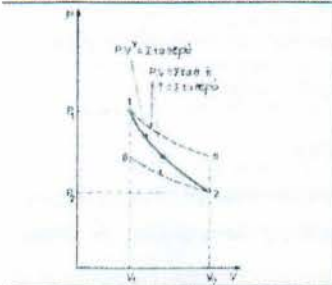
Στην ισόχωρη μεταβολή ισχύει η σχέση $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$ και παριστάνεται γραφικά παρακάτω.

Εικόνα 1.1.3 Ισόχωρη μεταβολή



Στην αδιαβατική μεταβολή ισχύει η σχέση $P \chi v^\gamma = \text{σταθερό}$, όπου $\gamma = 1,4$ όταν πρόκειται για τον αέρα.

Εικόνα 1.1.4 Αδιαβατική μεταβολή



Στην πράξη καμία από τις παραπάνω ιδανικές μεταβολές δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρως. Οι πραγματικές μεταβολές που συμβαίνουν στις μηχανές είναι πολυτροπικές. Η πολυτροπική μεταβολή καθορίζεται από τη σχέση:

$$P \chi v^k = \text{σταθερό}$$

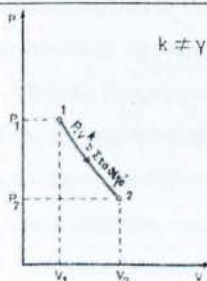
Τέλος, εάν ο λόγος $P \chi v / T$ ενός αερίου παραμένει πάντοτε σταθερός και εφόσον το βάρος του αερίου δεν μεταβάλλεται, τότε ισχύει η σχέση :

$$P_1 \chi v_1 / T_1 = P_2 \chi v_2 / T_2$$

Στην πράξη καμία από τις παραπάνω ιδανικές μεταβολές δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρως. Οι πραγματικές μεταβολές που συμβαίνουν στις μηχανές είναι πολυτροπικές. Η πολυτροπική μεταβολή καθορίζεται από τη σχέση:

$$P \chi v^k = \text{σταθερό}$$

Εικόνα 1.1.5 Πολυτροπική μεταβολή



Τέλος, εάν ο λόγος $P \chi v / T$ ενός αερίου παραμένει πάντοτε σταθερός και εφόσον το βάρος του αερίου δεν μεταβάλλεται, τότε ισχύει η σχέση :

$$P_1 \chi v_1 / T_1 = P_2 \chi v_2 / T_2$$

1.2.3 Ο Κύκλος Carnot

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης λειτουργούν με βάση ένα θερμικό κύκλο. Στην περίπτωση που το σύστημα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση, ως προς την πίεση, τη θερμοκρασία και τον ειδικό όγκο, τότε η μεταβολή ονομάζεται κυκλική. Δηλαδή, η κυκλική μεταβολή ξεκινάει από μία αρχική κατάσταση και μετά από μία σειρά διαδοχικών αλλαγών, το σύστημα επανέρχεται στην ίδια κατάσταση σε ό,τι αφορά τις αρχικές τιμές πίεσης, όγκου και θερμοκρασίας που υπήρχαν κατά την έναρξη του κύκλου.

Όταν στο σύστημα εκτελούνται με προκαθορισμένη σειρά δύο ή και περισσότερες αλλαγές που το επαναφέρουν στην αρχική του κατάσταση, τότε το σύνολο των αλλαγών ονομάζεται θερμοδυναμικός κύκλος.

Εργαζόμενη ουσία ονομάζεται το ρευστό που υφίσταται τις παραπάνω θερμοδυναμικές μεταβολές. Στις μηχανές εσωτερικής καύσης, το ρευστό αυτό είναι ο αέρας που αναμειγνύεται με το καύσιμο και γίνεται καύσιμο μείγμα, θεωρούμε ότι η εργαζόμενη ουσία στις μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) συμπεριφέρεται σαν τέλειο αέριο.

Ο κύκλος Carnot είναι ένας υποθετικός κύκλος, ο οποίος χρησιμοποιείται ως μέτρο σύγκρισης των πραγματικών κύκλων λειτουργίας.

Ο κύκλος Carnot αποδεικνύει ότι ακόμη και κάτω από ιδανικές συνθήκες, μία θερμική μηχανή δεν μπορεί να μετατρέψει όλη την προσδιδόμενη σε αυτή θερμική ενέργεια σε μηχανική. Στον κύκλο Carnot, μία μηχανή δέχεται θερμότητα από πηγή υψηλής θερμοκρασίας (θερμό σώμα), μετατρέπει μέρος της θερμότητας που έλαβε σε μηχανικό έργο και απορρίπτει την υπόλοιπη (θερμική ενέργεια) σε μία «δεξαμενή» χαμηλής θερμοκρασίας (ψυχρό σώμα).

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμού και του ψυχρού σώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση της μηχανής, δηλαδή μεγαλύτερο ποσοστό της θερμικής ενέργειας μετατρέπεται σε μηχανικό έργο.

Για να μελετήσουμε τη λειτουργία των κινητήρων MEK χρησιμοποιούμε τα διαγράμματα λειτουργίας. Οι μηχανές λειτουργούν με έναν από τους ακόλουθους θεωρητικούς θερμοδυναμικούς κύκλους, που το όνομά τους οφείλεται στους αντίστοιχους εφευρέτες τους.

1.2.4 Θεωρητικός Τετράχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto

Ο 4-χρονος κύκλος λειτουργίας πραγματοποιείται με τέσσερις εμβολισμούς ή δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα.

Στον πρώτο χρόνο (Αναρρόφηση) το έμβολο κινείται από το Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) προς το Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ) με ανοικτή τη βαλβίδα εισαγωγής και κλειστή τη βαλβίδα εξαγωγής και αναρροφά συγχρόνως στον κύλινδρο φρέσκο μίγμα. Την στιγμή εκείνη η μεταβολή θεωρούμε ότι γίνεται υπό σταθερή πίεση, δηλαδή ότι είναι ισοβαρής.

Στον δεύτερο χρόνο (Συμπίεση), το έμβολο οδηγείται από το Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ) προς το Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) με κλειστές τις βαλβίδες και συμπιέζει το μίγμα. Η συμπίεση γίνεται πολύ γρήγορα και θεωρούμε ότι δεν «προλαβαίνει» να πραγματοποιηθεί ανταλλαγή θερμότητας προς το περιβάλλον και έτσι η συμπίεση είναι αδιαβατική.

Στον τρίτο χρόνο (Χρόνος Έργου) οι βαλβίδες είναι κλειστές. Η καύση του καυσίμου ξεκινά, όταν το έμβολο βρίσκεται περίπου στο ΑΝΣ. Θεωρούμε ότι η καύση γίνεται ακαριαία, τη στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ και κατά συνέπεια η αύξηση της πίεσης πραγματοποιείται υπό σταθερό όγκο, δηλαδή ισόχωρα.

Μετά την καύση τα αέρια διαστέλλονται και μόνο κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου μεταφέρεται έργο από τα αέρια στο έμβολο. Κατά τη διάρκεια των τριών άλλων χρόνων, το έμβολο αποδίδει έργο στα αέρια. Αυτή η μεταβολή θεωρείται αδιαβατική.

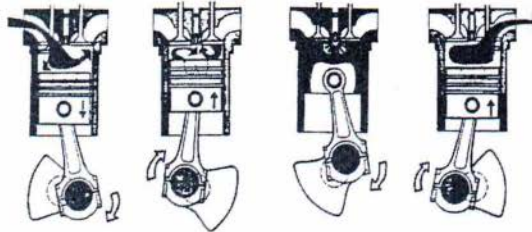
Στον τέταρτο χρόνο (Εξαγωγή) με ανοικτή τη βαλβίδα εξαγωγής και κλειστή την βαλβίδα εισαγωγής το έμβολο εξωθεί από τον κύλινδρο τα καυσαέρια. Στον κύλινδρο επικρατεί μικρή υπερπίεση. Θεωρητικά έχουμε ακαριαία απαγωγή θερμότητας από το σύστημα προς το περιβάλλον υπό σταθερό όγκο. Το σύστημα αποκτά την αρχική του πίεση. Η μεταβολή αυτή θεωρείται ισόχωρη. Καθώς το έμβολο μετακινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ, ωθεί τα

καυσαέρια που εξέρχονται προς το περιβάλλον, υπό σταθερή (θεωρητικά) πίεση. Η μεταβολή αυτή θεωρείται ισοβαρής.

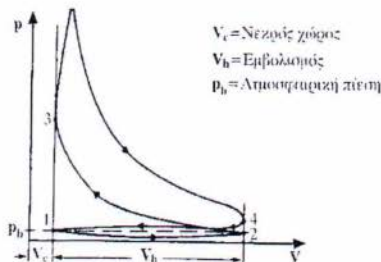
1.2.5. Πραγματικός Τετράχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto

Η πραγματική λειτουργία διαφέρει από τη θεωρητική στα ακόλουθα σημεία:

Κατά την εισαγωγή: Όταν το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ, στον κύλινδρο δημιουργείται υποπίεση (πίεση μικρότερη αυτής του περιβάλλοντος) λόγω αύξησης του όγκου του, η οποία είναι μικρότερη κατά 0,1 έως 0,2 bar από την εξωτερική πίεση. Λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης αναρροφάται αέρας από το περιβάλλον προς τον κύλινδρο, ο οποίος εισέρχεται στον κύλινδρο μέσα από τη βαλβίδα εισαγωγής.



1. Χρόνος	2. Χρόνος	3. Χρόνος	4. Χρόνος
Αναρρόφηση	Συμπίεση	Εκτόνωση	Εξαγωγή
1-2	2-3	3-4	4-1



Το καύσιμο μείγμα δεν προλαβαίνει να καταλάβει όλον τον όγκο του κυλίνδρου λόγω της μεγάλης ταχύτητας του εμβόλου και των τριβών που αναπτύσσονται κατά την εισαγωγή του. Το αποτέλεσμα είναι η πραγματική πίεση να είναι μικρότερη από τη θεωρητική και όχι σταθερή, με αποτέλεσμα να παριστάνεται με καμπύλη γραμμή στο διάγραμμα πραγματικής λειτουργίας και όχι με ευθεία όπως στο διάγραμμα θεωρητικής λειτουργίας.

Η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει αφού το έμβολο έχει μετακινηθεί αρκετά μετά το ΚΝΣ για να γίνει η απαραίτητη τροφοδοσία μείγματος στον κύλινδρο της μηχανής.

Για καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου κατά την αναρρόφηση με καύσιμο μείγμα, που συνεπάγεται βελτίωση της ισχύος, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής 10 έως 20 μοίρες πριν από το ΑΝΣ και αρχίζει να κλείνει 30 έως 45 μοίρες μετά το ΚΝΣ.

Κατά τη συμπίεση: Κατά την κίνηση του εμβόλου προς το ΑΝΣ το μείγμα συμπιέζεται ενώ οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι και οι δύο κλειστές.

Κατά την καύση - εκτόνωση: Σε μία δεδομένη στιγμή και πριν το έμβολο φθάσει στο ΑΝΣ, δίνεται ο σπινθήρας από το μπουζί, ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος για να ολοκληρωθεί η καύση. Η πίεση ακολουθεί την καμπύλη του σχήματος και από εκεί και μετά αρχίζει η εκτόνωση των αερίων.

Ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα το σημείο ανάφλεξης βρίσκεται 0 έως περίπου 40 μοίρες πριν από το ΑΝΣ. Στις υψηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα, η ταχύτητα του εμβόλου είναι μεγάλη και πρέπει ο σπινθήρας να δοθεί αρκετές μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ ώστε τα καυσαέρια να έχουν αποκτήσει την μεγαλύτερη πίεση όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ.

Τα καυσαέρια εκτονώνονται απότομα και πιέζουν το έμβολο προς το ΚΝΣ. Αυτός είναι ο ενεργητικός χρόνος της μηχανής, δηλαδή ο χρόνος κατά τον οποίο παράγεται μηχανικό έργο.

Κατά την εξαγωγή: Η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει 30 έως 50 ή και 60 μοίρες, πριν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ, για να υπάρχει χρόνος αρκετός ώστε να εξισωθεί η πίεση των καυσαερίων με την ατμοσφαιρική και να μειωθεί η αντίσταση στην άνοδο του εμβόλου.

Για να διευκολυνθεί η εξαγωγή των καυσαερίων, η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει 0 έως και 15ή ακόμη και 20 μοίρες μετά το ΑΝΣ σε ορισμένους κινητήρες, ενώ η βαλβίδα εισαγωγής αρχίζει να ανοίγει πριν η βαλβίδα εξαγωγής κλείσει.

Η φάση κατά την οποία και η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής είναι ανοικτές ονομάζεται επικάλυψη και διευκολύνει την εξαγωγή των καυσαερίων από τον κύλινδρο, τη μείωση της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μέσα στο θάλαμο καύσης, καθώς και τη διαδικασία πλήρωσης του κυλίνδρου με καινούργιο καύσιμο μείγμα.

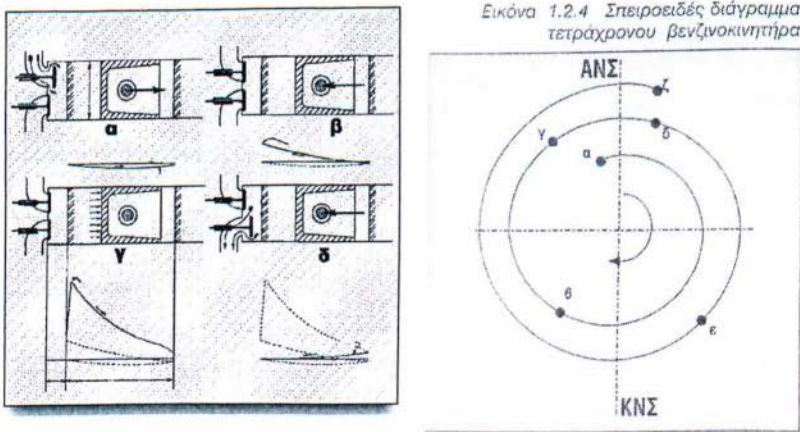
Η ροή της εξαγωγής των καυσαερίων από τον κύλινδρο έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη υποπίεσης στην περιοχή της βαλβίδας εισαγωγής. Εξαιτίας αυτής της διαφοράς πίεσης, το καύσιμο μείγμα ωθείται προς την εισαγωγή πριν αρχίσει η κίνηση του εμβόλου προς το ΚΝΣ.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η πραγματική λειτουργία του τετράχρονου βενζινοκινητήρα, έχοντας ως άξονες αναφοράς την πίεση και τον ειδικό όγκο. (P-v).

Το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 1.2) ονομάζεται και ενδεικτικό διάγραμμα. Δείχνει τη μεταβολή της πίεσης του ρευστού στον κύλινδρο στη διάρκεια του κύκλου.

Όσο αυξάνει η συμπίεση του κινητήρα τόσο μεγαλώνει και η επιφάνεια στο διάγραμμα, άρα και το έργο που αποδίδει ο κινητήρας.

Το έργο που παράγεται σε ένα κύκλο πολλαπλασιαζόμενο με τον αριθμό των εκτόνωσεων που γίνονται σε κάθε λεπτό, μας δίνει την ενδεικτική ισχύ του κινητήρα.



Εικόνα 1.2
 Διάγραμμα πραγματικής λειτουργίας 4χρονης βενζινομηχανής α. εισαγωγή β. συμπίεση γ. καύση και εκτόνωση δ. εξαγωγή

Η πραγματική λειτουργία του κινητήρα απεικονίζεται και στο σπειροειδές διάγραμμα(Εικόνα 1.2.4). Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται σπειροειδές γιατί μοιάζει με σπείρα. Παριστάνει γραφικά τη λειτουργία και το χρονισμό του κινητήρα. Στο σπειροειδές διάγραμμα απεικονίζεται η διάρκεια των φάσεων της πραγματικής λειτουργίας σε μοίρες γωνίας στροφάλου.

Στο πάνω μέρος του διαγράμματος υπάρχει το ΑΝΣ και στο κάτω το ΚΝΣ της κίνησης του εμβόλου. Ξεκινώντας από τις 0 μοίρες με δεξιόστροφη φορά, σημειώνονται οι τιμές των γωνιών κάθε φάσης. Στο σπειροειδές διάγραμμα φαίνεται η διάρκεια κάθε φάσης καθώς και οι μοίρες πριν ή μετά το ΑΝΣ ή από το ΚΝΣ με τις οποίες ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής.

1.2.6 Θεωρητικός Δίχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto

Στους δίχρονους βενζινοκινητήρες, δεν υπάρχουν βαλβίδες αλλά θυρίδες (ανοίγματα) μέσα από τις οποίες περνά το καύσιμο μείγμα ή τα καυσαέρια που απάγονται στο περιβάλλον. Η εισαγωγή του μείγματος στον κύλινδρο γίνεται από τη θυρίδα σάρωσης που αποκαλύπτεται καθώς το έμβολο μετακινείται. Μετά την καύση, τα καυσαέρια που δημιουργούνται σπρώχνουν το έμβολο προς τα κάτω αποδίδοντας μηχανικό έργο.

Οι διεργασίες που εκτελούνται σε ένα δίχρονο βενζινοκινητήρα, ανάλογα με το χρόνο λειτουργίας είναι οι εξής.

1ος χρόνος

Θεωρούμε ότι ο χρόνος αυτός ξεκινά όταν το έμβολο βρίσκεται στο Άνω Νεκρό Σημείο και ότι τη στιγμή αυτή ο σπινθήρας προκαλεί την καύση του μείγματος (σημείο Δ του σχήματος). Στο σημείο αυτό η πίεση αυξάνεται (μέχρι το σημείο Ε) ενώ ο όγκος παραμένει σταθερός. Θεωρούμε επίσης ότι η καύση του μείγματος εκτελείται ακαριαία και ότι το έμβολο δεν προλαβαίνει να μετακινηθεί στη χρονική διάρκεια που πραγματοποιείται η καύση.

Στη συνέχεια ακολουθεί η εκτόνωση των καυσαερίων και το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ. Ο όγκος μεγαλώνει και η πίεση μειώνεται. Με τη κίνηση του εμβόλου προς το ΚΝΣ

αποκαλύπτεται η θυρίδα εξαγωγής και βγαίνουν τα καυσαέρια από τον κύλινδρο με πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής . Στη συνέχεια αποκαλύπτεται η θυρίδα σάρωσης. Τότε το μείγμα που εισέρχεται στο κύλινδρο ωθεί τα καυσαέρια που έχουν απομείνει μέσα στον κύλινδρο προς το περιβάλλον. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται σάρωση ή απόπλυση του κυλίνδρου.

Στη φάση αυτή παρατηρείται απότομη πτώση της πίεσης λόγω της εξαγωγής των καυσαερίων (σημείο Ζ). Όταν το έμβολο φθάσει στο σημείο Η, αποκαλύπτεται η θυρίδα σάρωσης. Μέσω της θυρίδα σάρωσης επικοινωνεί ο στροφαλοθάλαμος και ο χώρος καύσης του κυλίνδρου. Το έμβολο συνεχίζει να κατεβαίνει προς το ΚΝΣ και φθάνει στο σημείο Ο. Από το Ο μέχρι το Α η πίεση μειώνεται στα επίπεδα της ατμοσφαιρικής πίεσης.

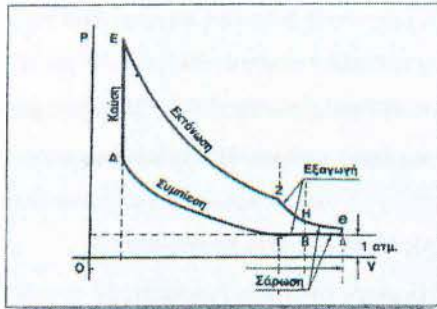
Το μείγμα προσυμπιέζεται όταν κλείσει η θυρίδα σάρωσης του στροφαλοθάλαμου και οι θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι ταυτόχρονα κλειστές από την επιφάνεια του εμβόλου. Όταν το έμβολο αποκαλύψει τη θυρίδα σάρωσης, το προσυμπιεσμένο μείγμα περνάει από το στροφαλοθάλαμο στον κύλινδρο. Η πίεση είναι λίγο μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική αλλά αρκεί για να υπερνικήσει την αντίσταση των καυσαερίων και να καθαρίσει τον κύλινδρο από τα καυσαέρια.

2ος χρόνος

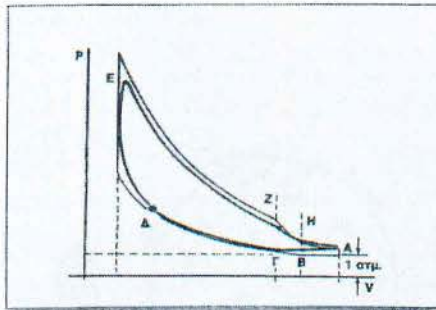
Ενώ ο όγκος μέσα στο κύλινδρο μικραίνει, η πίεση διατηρείται σταθερή και ίση με την ατμοσφαιρική επειδή οι θυρίδες εξαγωγής και σάρωσης είναι ανοικτές.

Η θυρίδα σάρωσης κλείνει (σημείο Β) με την πίεση να παραμένει ίδια με την ατμοσφαιρική μέχρι που κλείνει και η θυρίδα εξαγωγής (σημείο Γ) . Ακολουθεί η φάση της συμπίεσης του μείγματος (μέχρι το Δ) που έχει εισέλθει στον κύλινδρο μέσω της διόδου της σάρωσης. Έχουμε αδιαβατική συμπίεση με τον όγκο να μειώνεται συνεχώς και την πίεση να αυξάνεται.

Κατά τη κίνηση του εμβόλου από το ΚΝΣ μέχρι το ΑΝΣ και ενώ συμπιέζεται το μείγμα, δημιουργείται υποπίεση στο στροφαλοθάλαμο ο οποίος, μετά την αποκάλυψη της θυρίδας εισαγωγής γεμίζει με μείγμα βενζίνης - αέρα - λαδιού.



Εικόνα 1.2.10 Θεωρητική (πάνω) και πραγματική λειτουργία (κάτω) 2χρονου βενζινοκινητήρα σε διάγραμμα P-V



1.2.7 Πραγματικός Δίχρονος Κύκλος Λειτουργίας Otto

Το κυκλικό διάγραμμα δείχνει την πραγματική λειτουργία του δίχρονου κινητήρα. Στο διάγραμμα, οι τιμές των γωνιών κάθε φάσης είναι τυπικές. Με τη βοήθεια του κυκλικού διαγράμματος κατανοούμε τις διαφορές μεταξύ του θεωρητικού και του πραγματικού διαγράμματος.

Στη πραγματική λειτουργία:

Έχουμε σπινθηροδότηση 10 έως 30 μοίρες πριν από το ΑΝΣ με αποτέλεσμα την καύση. Η έκρηξη διαρκεί μέχρι 5 μοίρες μετά το ΑΝΣ. Η εκτόνωση των καυσαερίων διαρκεί μέχρι το σημείο Γ που βρίσκεται 60 έως 80 μοίρες πριν από το ΚΝΣ.

Ακολουθεί η εξαγωγή μέχρι το σημείο Δ που διαρκεί 60 έως 80 μοίρες μετά το ΚΝΣ και η συμπίεση μέχρι το σημείο Ε.

Από το σημείο Α μέχρι το Β διαρκεί η σάρωση. Πιο συγκεκριμένα 50 έως 70 μοίρες πριν το ΚΝΣ, αποκαλύπτεται η θυρίδα επικοινωνίας με το στροφαλοθάλαμο και αρχίζει η ροή του μείγματος στον κύλινδρο. Η θυρίδα κλείνει 50 έως 70 μοίρες μετά το ΚΝΣ.

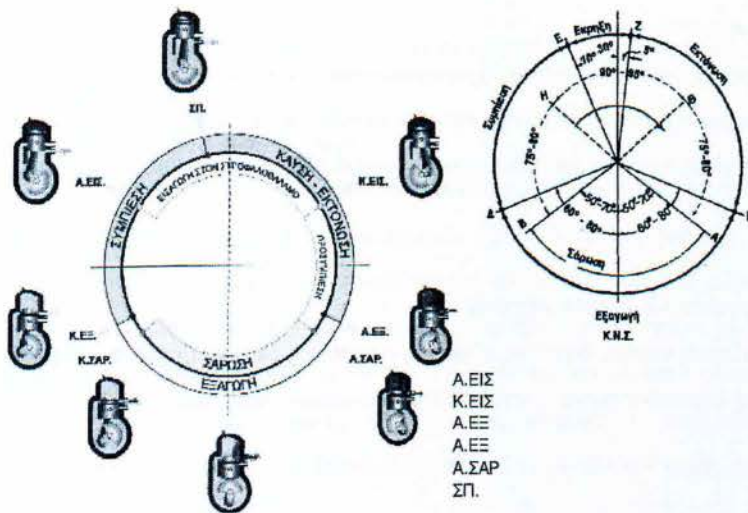
Αμέσως μετά και μέχρι το σημείο Η του διαγράμματος, που βρίσκεται 50 έως 60 μοίρες πριν από το ΑΝΣ, δημιουργούνται συνθήκες υποπίεσης κάτω από το έμβολο για την εισαγωγή νέου μείγματος στο στροφαλοθάλαμο για προσυμπύεση.

Από το σημείο Η μέχρι το Θ που βρίσκεται 50 έως 60 μοίρες μετά το ΑΝΣ, γίνεται η αναρρόφηση στο στροφαλοθάλαμο και μέχρι το σημείο Α γίνεται η προσυμπύεση του μείγματος.

1.2.8 Χρήση των κινητήρων Otto

Οι βενζινοκινητήρες χρησιμοποιούνται κατ' εξοχήν στην κίνηση επιβατικών οχημάτων και μοτοποδηλάτων, στην πρόωση μικρών ταχυπλόων σκαφών, ελικοφόρων αεροπλάνων καθώς και στην κίνηση μικρών ηλεκτρογεννητριών και γεωργικών μηχανημάτων.

A) Μηχανές αυτοκινήτων



Οι βενζινοκινητήρες, λόγω της μεγαλύτερης ισχύος που μπορούν να αναπτύξουν στον ίδιο όγκο (σε σχέση με τους αντίστοιχους πετρελαιοκινητήρες), το μικρό τους βάρος και την ταχύτερη απόκριση σε επιτάχυνση, έχουν επικρατήσει στην αυτοκινητοβιομηχανία. Στη βιομηχανία μοτοποδηλάτων και μοτοσυκλετών είναι το μοναδικό είδος που χρησιμοποιείται, λόγω της υψηλής ισχύος που μπορούν να επιτύχουν με ανάλογη αύξηση των στροφών περιστροφής για το απαιτούμενο μικρό βάρος τους. Η έρευνα τα τελευταία χρόνια στρέφεται προς τη μείωση των ρύπων με τη χρήση καταλυτών και την καύση πτωχού μείγματος. Παράλληλοι στόχοι είναι η βελτίωση της αποδόσεως σε όλο το φάσμα των στροφών με τη χρήση πολυβάλβιδων κινητήρων μεταβλητού χρονισμού, η εφαρμογή του άμεσου ή έμμεσου νεκασμού του καυσίμου και η ευρύτερη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων για το βέλτιστο έλεγχο του κινητήρα.

B) Ναυτικές μηχανές.

Οι βενζινοκινητήρες ως ναυτικές μηχανές χρησιμοποιούνται κατ' αποκλειστικότητα στα μικρά ταχύπλοα σκάφη αναψυχής, καθώς επίσης και στα jet-ski για την κίνηση των αντλιών προώσέως τους. Είναι συνήθως δίχρονοι και τετράχρονοι μικρού βάρους υδρόψυκτοι κινητήρες με ανοικτό κύκλωμα ψύξεως.

Γ) Κινητήρες γεωργικών και λοιπών μηχανημάτων

Οι κινητήρες αυτοί είναι κυρίως δίχρονοι, ελαφρός κατασκευής και χρησιμοποιούνται σε πολλές γεωργικές εργασίες (αλυσιδοπρίονα, χορτοκοπτικά, ραντιστικά, ποτιστικά κ.λ.π.).

Δ) Βενζινοκίνητα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγη.

Τα βενζινοκίνητα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγη χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται μικρή παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς, εύκολη μεταφορά και μικρό βάρος. Χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δεν καλύπτονται από σταθερό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, σε γεωργικές και οικιακές εκμεταλλεύσεις κ.λ.π

Ε) Εμβολοφόροι αεροπορικοί κινητήρες

Χρησιμοποιούνται πλέον μόνο στην κίνηση μικρών ελικοφόρων αεροσκαφών και μικρών ελικοπτέρων. Είναι υψηλού αριθμού στροφών, καταναλώνουν ειδικό καύσιμο (αεροπορική βενζίνη), έχουν μικρό βάρος, είναι αερόψυκτοι και διαθέτουν ειδικά συστήματα λιπάνσεως και τροφοδοσίας για λειτουργία σε μεγάλα ύψη και σε ανάστροφη πτήση. Συνήθως είναι εμβολοφόροι παλινδρομικοί, ενώ για την κίνηση υπερελαφρών ή τηλεκατευθυνόμενων αεροσκαφών χρησιμοποιούνται και περιστροφικοί κινητήρες τύπου Wankel.

1.3 Συνοπτική Περιγραφή Εξαρτημάτων Μ.Ε.Κ Βενζίνης

Οι κινητήρες βενζίνης αποτελούνται από κάποια βασικά εξαρτήματα τα οποία θα περιγραφούν συνοπτικά παρακάτω:

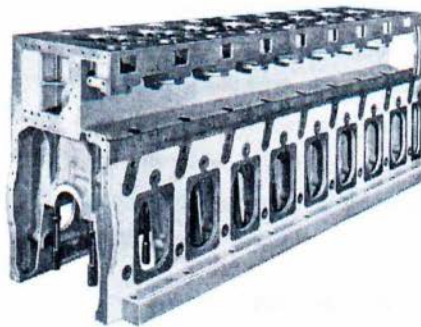
A) Κορμός Μηχανής

Ο κορμός της μηχανής περιλαμβάνει το σκελετό, τη βάση πάνω στην οποία στηρίζεται το σώμα των κυλίνδρων.

B) Σκελετός (engine frame)

Ο σκελετός αποτελεί το κύριο τμήμα του κινητήρα, πάνω στον οποίο προσαρμόζονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα και τα βασικά εξαρτήματα της μηχανής. Στις μεσόστροφες και ταχύστροφες μηχανές έχει κιβωτιοειδή μορφή και κατασκευάζεται με χύτευση από χυτοσίδηρο. Σ' αυτού του τύπου τις μηχανές ο σκελετός αποτελεί ενιαίο τμήμα με το σώμα των κυλίνδρων (κατασκευή monoblock), ενώ με την κάτω πλευρά του συνδέεται η ελαιολεκάνη (carter).

Αντίθετα, στις μεγάλες αργόστροφες μηχανές ο σκελετός κατασκευάζεται από ηλεκτροσυγκολλη-μένα χαλύβδινα ελάσματα. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση του βάρους μέχρι και 40%



Χυτός σκελετός μεσόστροφης μηχανής, ενιαίου τύπου, με ενσωματωμένο το σώμα των κυλίνδρων

Στο άνω μέρος του σκελετού τοποθετούνται οι κύλινδροι, ενώ το κάτω μέρος του στηρίζεται στη βάση της μηχανής. Για το λόγο αυτό φέρει ισχυρές προεξοχές στηρίξεως στα σημεία εδράσεως. Η σύνδεση κυλίνδρων, σκελετού και βάσεως γίνεται με ειδικούς κοχλίες μεγάλου μήκους και μεγάλης ελαστικότητας (κοχλίες ελαστικής μηκύνσεως), οι οποίοι ονομάζονται συνδέτες ή εντατήρες.

Ανάλογα με τη διάταξη των κυλίνδρων, οι κινητήρες και κατ' επέκταση ο σκελετός τους διακρίνεται στις ακόλουθες κατηγορίες

1) Διάταξη εν σειρά (in-line engine), στην οποία οι κύλινδροι τοποθετούνται κατακόρυφα, διαδοχικά και στο ίδιο επίπεδο. Στις μεγάλες μηχανές ο σκελετός ονομάζεται τύπου A, λόγω της χαρακτηριστικής μορφής των εγκαρσίων διαφραγμάτων του.

2) Διάταξη τύπου V (V engine), στην οποία οι κύλινδροι τοποθετούνται σε δύο επίπεδα, που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία και δίνουν στο σκελετό της μηχανής το χαρακτηριστικό σχήμα του λατινικού γράμματος V.

3) Διάταξη αντιτιθεμένων κλινδρων (boxer - opposed cylinder engine), στην οποία οι κύλινδροι βρίσκονται αντίθετα τοποθετημένοι πάνω στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Ο τύπος αυτός συναντιέται αποκλειστικά σε βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων και αεροσκαφών. Το υλικό κατασκευής του σκελετού αποτελούν κράματα αλουμινίου.

4) Αστεροειδής διάταξη (radial engine), στην οποία οι κύλινδροι τοποθετούνται ακτινικά, σε ένα ή περισσότερα επίπεδα, με κέντρο το στροφαλοφόρο άξονα. Σχηματίζουν έτσι

ένα είδος αστέρα. Η διάταξη αυτή συναντιέται αποκλειστικά σε παλαιότερους αεροπορικούς κινητήρες.

Οι δύο πρώτοι από τους παραπάνω τύπους έχουν επικρατήσει ολοκληρωτικά στις ναυτικές μηχανές, ανεξάρτητα από το μέγεθος και την υποδύναμη.

Γ) Βάση (bedplate)

Η βάση ως τμήμα εμφανίζεται μόνο στις μεγάλες μηχανές. Πάνω στη βάση χτίζεται όλη η υπόλοιπη μηχανή. Έχει κιβωτιοειδή μορφή και απαρτίζεται από δύο διαμήκεις δοκούς, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιους δοκούς και διάτρητα διαφράγματα (για τη μείωση του βάρους και την ελεύθερη κυκλοφορία του λυπαντικού). Κατασκευάζεται από ηλεκτροσυγκλλημένα χαλύβδινα ελάσματα, που προσδίδουν στην όλη δομή την απαραίτητη ακαμψία με το ελάχιστο δυνατό βάρος. Η βάση στερεώνεται στο δάπεδο του μηχανοστασίου με ειδικές εδράσεις. Στο κάτω τμήμα της είναι κλειστή, σχηματίζοντας την ελαιολεκάνη.

Οι εγκάρσιοι δοκοί είναι κατάλληλα διαμορφωμένοι, έτσι ώστε να μπορούν να υποδεχθούν το κάτω ήμισυ των εδράνων στηρίξεως του στροφαλοφόρου άξονα. Το επάνω ήμισυ των εδράνων στηρίξεως τοποθετείται στο κάτω μέρος του σκελετού. Μετά τη συναρμολόγηση της βάσεως και του σκελετού σχηματίζεται στο εσωτερικό τους ένας ενιαίος χώρος, που περικλείει το στροφαλοφόρο άξονα και ονομάζεται στροφαλοθάλαμος (crankcase).

Στις μεσόστροφες και ταχύστροφες πετρελαιομηχανές η βάση δεν αποτελεί ξεχωριστό τμήμα της μηχανής. Στη θέση της υπάρχει η ελαιολεκάνη, ενώ ο σκελετός στηρίζεται κατευθείαν σε δύο ανεξάρτητους διαμήκεις δοκούς εδράσεως.

Δ) Σώμα κυλίνδρων (cylinder block)

Το σώμα των κυλίνδρων είναι το δομικό στοιχείο της μηχανής που περικλείει τους κυλίνδρους και συνδέεται με το άνω μέρος του σκελετού. Στις μικρές και μεσαίου μεγέθους μηχανές αποτελεί ενιαίο τμήμα με το σκελετό, ενώ συχνά οι κύλινδροι είναι διαμορφωμένοι επάνω στο ίδιο τεμάχιο. Στις μεγάλες μηχανές το σώμα των κυλίνδρων περιβάλλει και στηρίζει τα χιπόνια, τα οποία σχηματίζουν τους κυλίνδρους της μηχανής.

Το σώμα των κυλίνδρων είναι μια σχετικά πολύπλοκη κατασκευή, που περιλαμβάνει εκτός από τους κυλίνδρους, τους θαλάμους κυκλοφορίας του νερού ψύξεως (υδροχιτώνια - υδροθάλαμοι) και τμήμα των αγωγών κυκλοφορίας του λαδιού.

Στις αργόστροφες μηχανές, το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή από συγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα σε συναρμολογούμενα τμήματα. Τα τμήματα αυτά περιέχουν ένα ή περισσότερα χιτώνια κυλίνδρων. Στις μικρότερες μηχανές το σώμα των κυλίνδρων αποτελεί ενιαίο χυτό τμήμα (κατασκευή monoblock).

Το σώμα των κυλίνδρων στους μικρούς κινητήρες μπορεί να είναι υδρόψυκτο ή αερόψυκτο, με χιτώνια ή χωρίς. Στην περίπτωση που ο κινητήρας είναι αερόψυκτος, τότε το σώμα των κυλίνδρων φέρει εξωτερικά πτερύγια ψύξεως. Στις μικρές μηχανές χωρίς χιτώνια οι κύλινδροι καταπονούνται από τις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες της καύσεως και από ισχυρές θερμικές τάσεις, εξαιτίας της ταχείας αλλαγής της θερμοκρασίας. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η τριβή με το έμβολο προκαλεί αυξημένες φθορές στην εσωτερική τους επιφάνεια. Συνεπώς, οι κύλινδροι αυτοί πρέπει να έχουν μεγάλη αντοχή και ακαμψία, καλή θερμοαγωγιμότητα και ελάχιστη θερμική διαστολή. Για τους παραπάνω λόγους το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από ειδικό χυτοσίδηρο (χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη - nodular cast iron) ή από κράματα αλουμινίου (αεροπορικοί κινητήρες, κινητήρες αυτοκινήτων και διτρόχων).

Στις μικρές μηχανές το σώμα των κυλίνδρων με την επάνω επιφάνεια του εμβόλου και την κάτω επιφάνεια του πόματος των κυλίνδρων ορίζουν τους χώρους καύσεως.

Ε) Συνδέτες (tie rods)

Οι συνδέτες είναι κοχλίες μεγάλου μήκους (κοχλίες ελαστικής μηκύνσεως), οι οποίοι συνδέουν το σώμα των κυλίνδρων, το σκελετό και τη βάση της μηχανής. Είναι μάλιστα ομοιόμορφα κατανεμημένοι, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή παραλαβή των τάσεων από την καύση και από την παλινδρομική κίνηση των μαζών. Λόγω των ταλαντώσεων οι συνδέτες βρίσκονται πάντα κάτω από ισχυρή σύσφιγξη (προένταση). Το περικόχλιο δεν φέρει ποτέ ασφαλιστικό δακτύλιο (ροδέλα) για να μην μειώνεται η προένταση. Για τη σύσφιγξη ή τη χαλάρωση των συνδετών χρησιμοποιούνται ειδικά υδραυλικά εργαλεία σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Στις μικρές μηχανές χρησιμοποιούνται για τη σύσφιγξη ειδικά χειροκίνητα ροπόκλειδα.

Κατά την αφαίρεση και επανατοποθέτηση των συνδετών λιπαίνονται πάντα τα σπειρώματά τους, ενώ ελέγχεται και η προέντασή τους.

Ζ) Χιτώνια (cylinder liners)

Το χιτώνιο είναι το κυλινδρικής διατομής τμήμα της μηχανής, εντός του οποίου παλινδρομεί το έμβολο. Στους σκελετούς ενιαίου τύπου τα χιτώνια τοποθετούνται εντός του σώματος των κυλίνδρων ή εντός του σκελετού της μηχανής. Η διαιρετή αυτή κατασκευή προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης αντικαταστάσεως σε περίπτωση φθοράς.

Τα χιτώνια κατασκευάζονται από ειδικά κράματα φαιού χυτοσιδήρου (με απλή ή φυγοκεντρική χύτευση), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη αντοχή στις πιέσεις και αντίσταση στη φθορά από την παλινδρόμηση του εμβόλου και τη χρήση βαρέος πετρελαίου. Η καταπόνηση των χιτωνίων είναι σύνθετη και περιοδικά μεταβαλλόμενη, με ισχυρότερες τις εφελκυστικές τάσεις λόγω των εσωτερικών πιέσεων. Η κατασκευή τους μπορεί να είναι ενιαία ή διαιρετή, έτσι ώστε τα τμήματα που φθείρονται περισσότερο (στην περιοχή του ΑΝΣ), να αντικαθίστανται.

Τα χιτώνια διακρίνονται σε δύο τύπους:

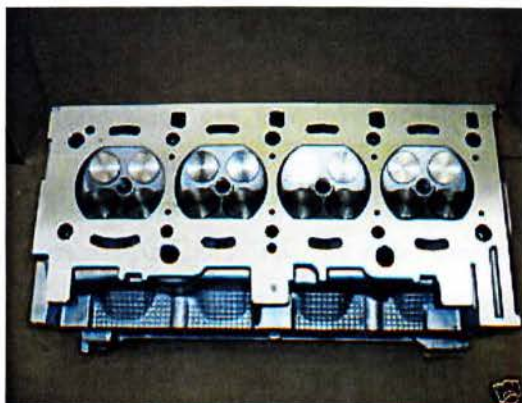
- Στα **υγρά** (υδροχιτώνια)
- στα **ξηρά** που χρησιμοποιούνται σε μηχανές μικρής ισχύος.

Στα υγρά το ψυκτικό υγρό έρχεται σε άμεση επαφή με το χιτώνιο, είτε διαβρέχοντάς το εξωτερικά (ρέοντας στο χώρο ανάμεσα στο χιτώνιο και τον περιχιτώνιο θάλαμο του σώματος των κυλίνδρων) είτε ψύχοντάς το με εσωτερικούς αγωγούς (κυρίως στο άνω τμήμα του). Τα ξηρά χιτώνια δεν έρχονται σε επαφή με το ψυκτικό υγρό. Τοποθετούνται με πίεση μέσα στον περιχιτώνιο θάλαμο του σώματος των κυλίνδρων. Η ψύξη επιτυγχάνεται με αγωγή θερμότητας προς το ψυχόμενο σώμα των κυλίνδρων. Στα υγρού τύπου χιτώνια, η στεγανοποίηση στην κορυφή τους επιτυγχάνεται με κατάλληλη επεξεργασία των επιφανειών επαφής χιτωνίου - περιχιτωνίου. Στο κατώτερο μέρος η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται με τη χρήση δακτυλίων από συνθετικό υλικό. Κατά την τοποθέτησή του το χιτώνιο ευθυγραμμίζεται με τη βοήθεια ειδικού οδηγού (ευθυντηρίας), διαμορφωμένου στο σκελετό της μηχανής. Στις βενζινομηχανές δεν χρησιμοποιούνται συνήθως χιτώνια, ενώ ο κύλινδρος διαμορφώνεται με ειδική κατεργασία λειάνσεως κατ' ευθείαν στο σώμα του κινητήρα.

Η) Κεφαλή κυλίνδρων (cylinder head)

Η κεφαλή (πώμα - καπάκι) των κυλίνδρων προσαρμόζεται στο επάνω μέρος των χιτώνιων (ή του κορμού σε μηχανές μικρής ισχύος), σχηματίζοντας μαζί με τα χιτώνια και το επάνω μέρος του εμβόλου το χώρο, όπου πραγματοποιείται η καύση. Μπορεί να είναι ολόσωμη (μηχανές μικρής ισχύος) ή διαιρούμενη, δηλαδή κάθε κύλινδρος να έχει τη δική του κεφαλή. Συνδέεται με το άνω τμήμα του κορμού της μηχανής με τη βοήθεια φυτευτών κοχλιών ελαστικής μηκύνσεως (μπουζόνια). Η σύσφιξη των κοχλιών γίνεται με ειδική σειρά και προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή ροπή με τη χρήση ειδικών υδραυλικών διατάξεων. Μεταξύ του σώματος (ή των χιτώνιων) και της κεφαλής των κυλίνδρων παρεμβάλλεται ένα ειδικό παρέμβυσμα (φλάντζα κεφαλής) για την εξασφάλιση πλήρους στεγανότητας. Σε πολλές μηχανές, η εσωτερική διαμόρφωση της κεφαλής σχηματίζει εξ ολοκλήρου το θάλαμο καύσεως, ενώ το έμβολο στη θέση του ΑΝΣ συμπίπτει με το σημείο που τελειώνει το χιτώνιο.

Στην κεφαλή των βενζινομηχανών βρίσκονται οι βαλβίδες εισαγωγής του καυσίμου μείγματος κι εξαγωγής των καυσαερίων (στις τετράχρονες μηχανές) μαζί με τα συστήματα κινήσεώς τους, ο ανα-φλεκτήρας (μπουζί), ο εκκεντροφόρος άξονας (σε ορισμένες μηχανές), καθώς και τμήμα των αγωγών εισαγωγής κι εξαγωγής. Το εσωτερικό μέρος της κεφαλής είναι κατασκευασμένο με κατάλληλες κοιλότητες. Σχηματίζονται έτσι οι απαραίτητοι υδρο-θάλαμοι και αγωγοί νερού για την ψύξη της κεφαλής, ενώ επιτυγχάνεται η επικοινωνία με τους αντίστοιχους υδροθαλάμους του σώματος των κυλίνδρων. Η κεφαλή των κυλίνδρων στις βενζινομηχανές χρησιμοποιούνται κράματα αλουμινίου για τη μείωση του βάρους και την καλύτερη απόσβεση των ταλαντώσεων.



Κυλινδροκεφαλή τετρακύλινδρης εν σειρά Μ.Ε.Κ

Θ) Βαλβίδες (valves).

Οι βαλβίδες, με το άνοιγμα και το κλείσιμο τους στις κατάλληλες χρονικές στιγμές του κύκλου λειτουργίας της μηχανής, ρυθμίζουν την εισαγωγή του αέρα ή του καυσίμου μείγματος και την εξαγωγή των καυσαερίων. Σε κάθε κύλινδρο τετρακύλινδρης μηχανής υπάρχουν τουλάχιστον δύο βαλβίδες, μία της εισαγωγής του αέρα ή του καυσίμου μείγματος και μία της εξαγωγής των καυσαερίων. Μπορεί όμως να υπάρχουν και περισσότερες από δύο βαλβίδες σε κάθε κύλινδρο, δηλαδή: τρεις βαλβίδες, από τις οποίες οι δύο είναι της εισαγωγής και η μία της εξαγωγής, τέσσερις βαλβίδες, από τις οποίες οι δύο είναι της εισαγωγής και οι δύο της εξαγωγής ή πέντε βαλβίδες, από τις οποίες οι τρεις είναι της εισαγωγής και οι δύο της εξαγωγής.

Κάθε βαλβίδα αποτελείται από την κεφαλή, το στέλεχος και την ουρά. Η κεφαλή είναι το κάτω τμήμα της βαλβίδας. Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, η κεφαλή της εφάπτεται στεγανά στην αντίστοιχη έδρα της, στην κεφαλή των κυλίνδρων. Το στέλεχος είναι κυλινδρικός επιμήκης άξονας που στηρίζει και μεταφέρει την κίνηση στην κεφαλή. Το στέλεχος ολισθαίνει στο εσωτερικό του οδηγού της βαλβίδας. Η ουρά αποτελεί το ανώτερο τμήμα της βαλβίδας, και φέρει μία ή περισσότερες εγκοπές. Εκεί τοποθετούνται οι κωνικές διαιρούμενες ασφάλειες, που συγκρατούν το δακτύλιο (ή κιάθιο) στηρίζεως του ελατηρίου επαναφοράς.

Οι βαλβίδες βρίσκονται τοποθετημένες στην κεφαλή των κυλίνδρων και δέχονται την κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα. Όταν ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στο σώμα των κυλίνδρων, τότε η κίνηση στις βαλβίδες μεταδίδεται με τη βοήθεια ωστηρίου, ωστικής ράβδου και ζυγώθρου. Όταν ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στην κεφαλή των κυλίνδρων

(«εκκεντροφόρος επί κεφαλής»), μεταδίδει την κίνηση απευθείας στα ζυγωθρα ή στα καπελότα (κεφαλή χωρίς ζυγωθρα).

Οι βαλβίδες κατασκευάζονται από χρωμονικελιοχο χάλυβα, κράματα νικελίου ή κράματα κοβαλτίου, λόγω της αυξημένης αντοχής τους στις υψηλές θερμοκρασίες. Σε ορισμένες μηχανές οχημάτων οι βαλβίδες περιέχουν στο εσωτερικό τους άλατα νατρίου για την καλύτερη ψύξη τους. Το κωνικό τμήμα της κεφαλής της βαλβίδας και το αντίστοιχο τμήμα στην έδρα της πάνω στην κεφαλή των κυλίνδρων έχουν υποστεί ειδική κατεργασία, έτσι ώστε κατά το κλείσιμο της βαλβίδας να επιτυγχάνεται απόλυτη στεγανοποίηση.



Βαλβίδες Μ.Ε.Κ

1) Έμβολο (piston)

Το έμβολο είναι ένα από τα πιο σημαντικά μέρη της μηχανής, καθώς επιτρέπει την ελεγχόμενη εκτόνωση των καυσαερίων και την παραγωγή του ωφέλιμου έργου. Παλινδρομεί μεταξύ ΑΝΣ και ΚΝΣ εντός του κυλίνδρου. Μαζί με το διωστήρα και το στροφαλοφόρο άξονα αποτελούν το μηχανισμό μεταφοράς και μετατροπής της κινήσεως.

Οι λειτουργίες που επιτελεί το έμβολο είναι οι εξής:

- Παραλαμβάνει την πίεση των καυσαερίων και τη μετατρέπει σε δύναμη στο διωστήρα μέσω του πείρου του.
- Στεγανοποιεί το χώρο καυσεως από το στροφαλοθάλαμο με τη βοήθεια των ελατηρίων συμπίεσεως.
- Ελέγχει στις δίχρονες μηχανές την εναλλαγή των αερίων, ανοίγοντας και κλείνοντας, στις κατάλληλες χρονικές στιγμές, τις θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής.

Τα έμβολα κατασκευάζονται ενιαία ή τμηματικά, από κράματα χάλυβα, χυτοσιδήρου ή αλουμινίου, ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και τη χρήση της μηχανής. Λόγω της ισχυρής καταπονήσεως του εμβόλου από υψηλές θερμοκρασίες και ισχυρές τάσεις, απαιτούνται ειδικές ιδιότητες από τα υλικά κατασκευής, όπως:

- Μικρή πυκνότητα άρα και μικρότερο βάρος (για μικρότερες δυνάμεις αδρανεΐας).
- Διατήρηση της αντοχής στις υψηλές θερμοκρασίες.
- Υψηλή θερμική αγωγιμότητα.
- Ελάχιστη θερμική διαστολή για διατήρηση των απαραίτητων ανοχών.
- Ελάχιστη αντίσταση τριβής, στις περιπτώσεις που το έμβολο έρχεται σε επαφή με

τον κύλινδρο, και

- μεγάλη αντοχή στη φθορά που προκαλούν οι διαβρώσεις.

Το έμβολο στις ναυτικές μηχανές κατασκευάζεται σε δύο ή περισσότερα τμήματα, τα βασικότερα από τα οποία είναι η κεφαλή και η προέκταση (ποδιά)

Η κεφαλή είναι το ανώτερο τμήμα του εμβόλου, που είναι και το πιο έντονα καταπονούμενο. Κατασκευάζεται συνήθως από χάλυβα με εξωτερικές περιφερειακές εγκοπές (αυλάκια), όπου τοποθετούνται τα ελατήρια συμπίεσεως. Εσωτερικά, η κεφαλή είναι ειδικά διαμορφωμένη, φέροντας ενισχύσεις, που σχηματίζουν διόδους για την κατάλληλη κυκλοφορία του λαδιού ή του νερού ψύξεως και αυξάνουν την επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας. Η κεφαλή στα διαιρούμενα έμβολα, προσαρμόζεται με τη βοήθεια φυτευτών κοχλιών στο επάνω τμήμα του κορμού του εμβόλου.

Η προέκταση (ποδιά) του εμβόλου υπάρχει σε όλες τις μηχανές, εκτός των περιπτώσεων, όπου η μετάδοση της κινήσεως στο διωστήρα γίνεται μέσω βάρκτρον και ζυγώματος και υπάρχει βαλβίδα εξαγωγής. Κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη, για τη μείωση των τριβών. Στις αντίστοιχες δίχρονες μηχανές αποτελεί τον οδηγό του εμβόλου και στεγανοποιεί κατά την άνοδο του εμβόλου τις θυρίδες σαρώσεως και εξαγωγής. Φέρει κατάλληλες εγκοπές για την τοποθέτηση ενός ή δύο ελατηρίων λιπάνσεως και αποξέσεως του λαδιού. Τα ελατήρια του εμβόλου εξασφαλίζουν την απαραίτητη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή συμπίεση του αέρα, να αποφεύγεται η διαφυγή καυσαερίων προς το στροφαλοθάλαμο και να αποτρέπεται η εισροή λαδιού λιπάνσεως στο χώρο καύσεως.

Η σύνδεση του εμβόλου με το διωστήρα πραγματοποιείται συνήθως με τη βοήθεια ενός πείρου, ο οποίος εδράζεται σε κατάλληλη διαμόρφωση στο εσωτερικό του εμβόλου, τον ομφαλό, και επιτρέπει την ελεύθερη σχετική κίνηση της κεφαλής του διωστήρα. Ο πείρος του εμβόλου είναι κυλινδρικός κοίλος άξονας, κατασκευασμένος από χάλυβα κατεργασία επιφανειακής σκληρύνσεως. Όλη η παραγόμενη ισχύς μεταφέρεται από το έμβολο μέσω του πείρου στο διωστήρα.



Έμβολα Μ.Ε.κ



Ελατήρια Εμβόλου Μ.Ε.κ

Κ) Διωστήρας (connecting rod)

Σκοπός του διωστήρα είναι να μετατρέπει την ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου ή του βάρου (σε μεγάλες μηχανές), σε περιστροφική και να τη μεταφέρει στο στροφαλοφόρο άξονα και αντίστροφα. Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα. Φέρει στα άκρα του δύο οπές για να συνδέεται με τον πείρο του εμβόλου (ή στο κομβίο του ζυγώματος) και το κομβίο του στροφάλου. Στις δύο οπές προσαρμύζονται διαιρούμενοι τριβείς, οι οποίοι είναι επενδυμένοι συνήθως με λευκό μέταλλο. Εσωτερικά ο διωστήρας φέρει αγωγούς που μεταφέρουν το λιπαντικό υγρό στους τριβείς (σχ. 2.6).

Ο διωστήρας διακρίνεται στα παρακάτω μέρη:

α) Την κεφαλή του διωστήρα: Είναι το ανώτερο τμήμα του, το οποίο συνδέεται με το έμβολο, μέσω του πείρου του. Ο πείρος αυτός περνά από την οπή της κεφαλής του διωστήρα. Στην περίπτωση που συνδέεται με το κομβίο του ζυγώματος, η κεφαλή είναι διαιρούμενη και αποτελείται από δύο ημικέλυφη με δύο αντίστοιχους ημιτριβείς.

β) Το στέλεχος του διωστήρα: Είναι η δοκός που συνδέει την κεφαλή με το πόδι. Για την αύξηση της αντοχής και τη μείωση του βάρους του, η διατομή του έχει τη μορφή διπλού ταυ (H) στις μικρές μηχανές, ενώ στις πετρελαιομηχανές μεγάλης ισχύος είναι ελλειπτική.

γ) Το πόδι του διωστήρα: Είναι αυτό που σχηματίζει το έδρανο ολισθήσεως του διωστήρα, το οποίο περιβάλλει το κομβίο του στροφάλου. Είναι πάντα διαιρούμενο και αποτελείται από δύο ημικελύφη. Το ένα ημικέλυφος είναι συνδεδεμένο με το κάτω άκρο του στελέχους (είτε ως ενιαίο τμήμα είτε συνδεδεμένο με ειδικούς κοχλίες), ενώ το δεύτερο αγκαλιάζει το κομβίο του στροφάλου. Τα δύο ημικελύφη συνδέονται με τη βοήθεια ειδικών κοχλιών, ενώ συσφίγγονται με συγκεκριμένη ροπή προεντάσεως. Μεταξύ του κομβίου του στροφάλου και των δύο ημικελύφων παρεμβάλλονται δύο ημιτριβείς, κατασκευασμένοι από μαλακά μέταλλα. Η λίπανση της εδράσεως επιτυγχάνεται με την παροχή λαδιού μέσω ειδικών διόδων στο στροφαλοφόρο άξονα.



Διωστήρας(μπιέλα) Μ.Ε.Κ

Λ)Στροφαλοφόρος άξονας (crankshaft)

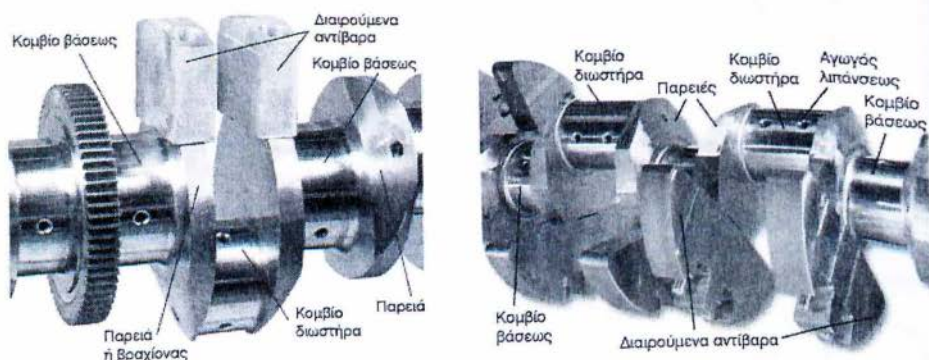
Ο στροφαλοφόρος άξονας μετατρέπει, με τη βοήθεια των διωστήρων, την ευθύγραμμη κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική. Έχει χαρακτηριστικό σπαστό σχήμα, και αποτελείται από διαδοχικά τμήματα σχήματος Π. Είναι ένα από τα βαρύτερα και ακριβότερα τμήματα του κινητήρα. Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα (χρωμονικελιούχο ανοξείδωτο χάλυβα) άριστης ποιότητας και υψηλής αντοχής.

Αποτελείται από τα κύρια κομβία βάσεως (που εδράζονται στα έδρανα βάσεως της μηχανής) και τα κομβία των διωστήρων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με τους βραχίονες (παρειές, μάγουλα ή κιθάρες). Δύο βραχίονες μαζί με το κομβίο του διωστήρα αποτελούν το λεγόμενο αγκώνα (στρόφαλος). Ο αριθμός των αγκώνων ισούται με τον αριθμό των κυλίνδρων. Όλοι οι αγκώνες ωστόσο δεν βρίσκονται τοποθετημένοι στο ίδιο επίπεδο. Ο στροφαλοφόρος άξονας μπορεί να είναι ολόσωμος (μικρές μηχανές) ή διαιρούμενος (μεγάλες μηχανές).

Οι βραχίονες του στροφαλοφόρου άξονα φέρουν αντίβαρα για τη ζυγοστάθμιση των έκκεντρων μαζών του διωστήρα. Τα αντίβαρα μπορεί να κατασκευάζονται σε ενιαίο τμήμα με τους βραχίονες ή να είναι πρόσθετα και να συνδέονται με κοχλίες.

Με το άκρο του στροφαλοφόρου άξονα συνδέεται ο σφόνδυλος. Από το στροφαλοφόρο άξονα, μέσω οδοντωτών τροχών η αλυσίδων, μεταδίδεται η κίνηση στον εκκεντροφόρο άξονα και στους διάφορους βοηθητικούς μηχανισμούς.

Στο εσωτερικό του φέρει αγωγούς για τη διοχέτευση του ελαίου λιπάνσεως προς τους κύριους τριβείς βάσεως, τους τριβείς των κομβίων των διωστήρων και μέσω των διωστήρων στα έμβολα (σε ορισμένες μηχανές).



Μέρη στροφαλοφόρου άξονα Μ.Ε.Κ

Μ) Εκκεντροφόρος άξονας (camshaft)

Ο εκκεντροφόρος (κνωδακοφόρος) άξονας μεταδίδει την κίνηση για το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, ενώ παράλληλα μεταδίδει την κίνηση και σε βοηθητικούς μηχανισμούς. Δέχεται την κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα, μέσω της αλυσίδας (καδένας), του οδοντωτού ιμάντα (στις μικρές μηχανές) ή με τη βοήθεια οδοντωτών τροχών. Το κύριο στοιχείο του είναι τα έκκεντρα (κνώδακες), τοποθετημένα σε κατάλληλες θέσεις και γωνίες κατά μήκος του.

Τα έκκεντρα μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση του εκκεντροφόρου άξονα σε παλινδρομική των ωστηρίων και των βαλβίδων. Η εκκεντρότητά τους καθορίζει το βύθισμα των βαλβίδων, ενώ η κα-μυλότητα τους καθορίζει την ταχύτητα ανοίγματος και κλεισίματος των

βαλβίδων όπως και το χρόνο παραμονής σε ανοικτή θέση. Η γωνία τοποθέτησής τους καθορίζει το χρονισμό των βαλβίδων.

Ο εκκεντροφόρος με την παρεμβολή των τριβέων ολισθήσεως εδράζεται στον κορμό της μηχανής η στο πώμα στην περίπτωση «εκκεντροφόρου επί κεφαλής». Ο εκκεντροφόρος κινεί εκτός από τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, τη βαλβίδα αέρα εκκινήσεως και τις αντλίες καυσίμου. Στις βενζινομηχανές κινεί τη μηχανική αντλία βενζίνης, την αντλία λαδιού και το διανομέα ρεύματος. Στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες μάλιστα, λόγω του μεγάλου αριθμού βαλβίδων ανά κύλινδρο, συνηθίζεται η χρήση δύο «εκκεντροφόρων επί κεφαλής» για κάθε μπλοκ κυλίνδρων (τέσσερεις εκκεντροφόροι σε μηχανές με διάταξη κυλίνδρων τύπου V η αντιτιθεμένων κυλίνδρων – Boxer).

Η σχέση μεταδόσεως της κινήσεως μεταξύ στροφαλοφόρου - εκκεντροφόρου είναι 2 : 1 για τις τετράχρονες μηχανές (δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου και μια περιστροφή του εκκεντροφόρου), ενώ για τις δίχρονες είναι 1 : 1. Αυτό γίνεται, διότι στις τετράχρονες μηχανές ο στροφαλοφόρος χρειάζεται να ολοκληρώσει δύο περιστροφές για να πραγματοποιηθεί ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας, οπότε οι βαλβίδες ανοίγουν μια φορά. Έτσι, ο εκκεντροφόρος πρέπει να περιστραφεί μια φορά.



Εκκεντροφόροι άξονες M.E.K

1.4 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ

Εκτός από τα βασικά τμήματα που αποτελούν μια μηχανή εσωτερικής καύσεως, για να είναι δυνατή η λειτουργία της είναι απαραίτητα και κάποια επιμέρους συστήματα τα οποία θα περιγραφούν συνοπτικά παρακάτω.

Α) Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου

Ο ρόλος του συστήματος είναι να παρέχει στην μηχανή το καύσιμο μίγμα, στην κατάλληλη αναλογία που είναι απαραίτητη για την λειτουργία της. Το σύστημα αποτελείται από αρκετά εξαρτήματα και σε γενικές γραμμές διαχωρίζονται σε μηχανικά και ηλεκτρονικά συστήματα τροφοδοσίας. Τα συστήματα αυτά θα αναλυθούν εκτενώς στο κεφάλαιο 2.

Β) Σύστημα λίπανσεως

Το σύστημα λιπάνσεως έχει σαν σκοπό την λίπανση των τριβόμενων μηχανικών μερών της μηχανής, την ψύξη, τον καθαρισμό και την στεγανοποίηση τους. Το σύστημα αποτελείται από

1) την αντλία λαδιού, 2) τις σωληνώσεις, 3) την ανακουφιστική βαλβίδα υπερπίεσης, 4) το φίλτρο λαδιού, 5) τον δείκτη πίεσης πίεσης λαδιού, 6) το ψυγείο λαδιού εάν υπάρχει.

Χρησιμοποιούνται στις περισσότερες των περιπτώσεων λιπαντικά ορυκτέλαια με απλή, ημισυνθετική ή συνθετική βάση.

Γ) Σύστημα ψύξης

Κατά την λειτουργία της μια μηχανή εσωτερικής καύσεως παράγει πολύ μεγάλη θερμότητα, από την οποία ένα μέρος μετατρέπεται σε έργο, ένα άλλο μέρος εξέρχεται με τα καυσαέρια από την εξάτμιση, ενώ ένα τρίτο μέρος αποβάλλεται με μορφή ακτινοβολίας από την εξωτερική επιφάνεια όλων των θερμών μερών της μηχανής. Για την αποτελεσματική απαγωγή της θερμότητας υπάρχει το σύστημα ψύξης. Τα συστήματα ψύξης διαχωρίζονται στα υδρόψυκτα και στα αερόψυκτα συστήματα.

Τα κύρια μέρη του υδρόψυκτου συστήματος είναι:

1) Αντλία ψυκτικού υγρού, 2) σωληνώσεις, 3) θερμοστάτης, 4) ψυγείο ψυκτικού υγρού, 5) δοχείο διαστολής, 6) ανεμιστήρας ψυγείου.

Τα αερόψυκτα συστήματα ψύξης αποτελούνται από αεροχιτώνια και ανάλογα εάν η ψύξη γίνεται με τεχνητή ροή του αέρα υπάρχει και ανεμιστήρας.

1.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ BENZINΗΣ

Η βενζίνη είναι ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα του πετρελαίου. Η χρήση της σαν καύσιμο των αυτοκινήτων επιβάλλει κάποιες προδιαγραφές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι ο αριθμός οκτανίου, η πτητικότητα και η τάση ατμών. Διάφορα πρόσθετα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν τις ιδιότητές της. Ο αριθμός οκτανίου χαρακτηρίζει την αυθόρμητη ανάφλεξη του καυσίμου πριν τον σπινθηρισμό και προκαλεί πυράκια (knocking). Το knocking είναι εκρήξεις του καυσίμου πριν από την ανάφλεξη που μπορούν ακόμα και να καταστρέψουν τον κινητήρα. Οι σύγχρονοι κινητήρες, με τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου δεν παρουσιάζουν σχεδόν καθόλου τέτοιο πρόβλημα, που ήταν πολύ συχνό στα παλαιότερα αυτοκίνητα. Υψηλός αριθμός οκτανίου σημαίνει μεγάλη αντίσταση στην αυθόρμητη ανάφλεξη. Ο αριθμός οκτανίου προσδιορίζεται με τον εξής τρόπο: το μηδέν της κλίμακας έχει αποδοθεί στο ν-επτάνιο, που έχει εύκολη ανάφλεξη, και το 100 στο ισοοκτάνιο το οποίο έχει δύσκολη. Ο αριθμός οκτανίου μιας συγκεκριμένης βενζίνης αντιστοιχεί στο ποσοστό σε ισοοκτάνιο ενός δυαδικού μίγματος επτανίου / ισοοκτανίου που δίνει τον ίδιο θόρυβο (knocking, πυράκια) με την βενζίνη που δοκιμάζεται σε έναν πρότυπο κινητήρα ο οποίος λειτουργεί σε καθορισμένες συνθήκες. Ο κινητήρας που χρησιμοποιείται λέγεται CFR (Corporate Fuel Research). Επειδή στην πράξη χρησιμοποιούνται δύο σημεία λειτουργίας του κινητήρα, υπάρχουν και δύο αριθμοί οκτανίου, ο MON (Motor Octane Number) και ο RON (Research Octane number). Η πτητικότητα και η τάση ατμών χαρακτηρίζουν την ευκολία με την οποία η βενζίνη εξαερώνεται ώστε να σχηματίσει ένα ομογενές μίγμα με τον αέρα πριν εισαχθεί στον θάλαμο καύσης. Η καμπύλη εξάτμισης διαμορφώνεται ως εξής: το μίγμα θερμαίνεται και μετριέται είτε η θερμοκρασία στην οποία έχει αποστάξει ένα ορισμένο ποσοστό από το μίγμα (T10, T50, T90, ...), είτε το ποσοστό που έχει αποστάξει σε μια ορισμένη θερμοκρασία (E70, E100, E150). Το T10 χαρακτηρίζει την ευκολία με την οποία ξεκινά ο κινητήρας στο κρύο, το T50 χαρακτηρίζει την ευκολία επιταχύνσεων επειδή αυτό το σημείο χαρακτηρίζει την ταχύτητα την εξάτμισης της βενζίνης και το T95 χαρακτηρίζει το ποσοστό των βαρέων κλασμάτων που μπορούν να σχηματίσουν κοκ στον κινητήρα και να περιορίσουν την διάρκεια ζωής του. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ιδιότητες των καυσίμων αναφοράς (τα καύσιμα με τα οποία γίνονται οι μετρήσεις εκπομπών των αυτοκινήτων) ορίζονται από τις οδηγίες 98/70/EC (για τα εμπορικά καύσιμα) και 70/220/EC (και την συμπληρωματική οδηγία 2002/80/EC) που ορίζει τις εκπομπές ρύπων και τις

ιδιότητες των καυσίμων αναφοράς. Ο Πίνακας 1.5.1 παρουσιάζει τα κυριότερα χαρακτηριστικά της αμόλυβδης βενζίνης αναφοράς Euro4 και ο Πίνακας 1.5.2 και Πίνακας 1.5.3 της εμπορικής βενζίνης Euro3 και Euro4

Ιδιότητα	Μονάδα	min.	max.
Πυκνότητα στους 15°C	kg/m ³	740	754
Τελικό σημείο απόσταξης	°C	190	210
Στερεό υπόλειμμα	% V/V		2
Ποσοστό που έχει εξατμιστεί στους 70°C (E70)	% V/V	50.0	58.0
Ποσοστό που έχει εξατμιστεί στους 100°C (E100)	% V/V	50.0	58.0
Ποσοστό που έχει εξατμιστεί στους 150°C (E150)	% V/V	83.0	89.0
Αριθμός οκτανίου RON			95.0
Αριθμός οκτανίου MON			85.0
Θείο	mg/kg		10
Τάση ατμών Reid (RVP)	kPa	56.0	60.0 / 95 *
Μόλυβδος	g/l		0.005
Γόμες	mg/ml		0.04
Φώσφορος	g/l		0.0013
Ολεφίνες	% V/V		10.0
Αρωματικοί υδρογονάνθρακες	% V/V	29.0	35.0
Βενζόλιο	% V/V		1.0
Οξυγόνο	% m/m		1.0
Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες	% V/V		ισοζύγιο

* Η δεύτερη τιμή αντιστοιχεί στο τεστ εκπομπών σε χαμηλές θερμοκρασίες (type VI).

Πίνακας 1.5.1 Κύριες ιδιότητες της αμόλυβδης βενζίνης αναφοράς Euro4

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS FOR MARKET FUELS TO BE USED FOR VEHICLES
EQUIPPED WITH POSITIVE-IGNITION ENGINES

Type: Petrol

Parameter	Unit	Limits (%)		Text	
		Minimum	Maximum	Method	Date of publication
Research octane number		95	—	EN 25164	1993
Motor octane number		85	—	EN 25163	1993
Reid vapour pressure, summer period (2)	kPa	—	60,0	EN 12	1993
Distillation: evaporated at 100 °C	% v/v	46,0	—	EN-ISO 3405	1988
evaporated at 150 °C	% v/v	75,0	—		
Hydrocarbon analysis:					
— olefins	% v/v	—	18,0 (2)	ASTM D1319	1995
— aromatics	% v/v	—	42,0	ASTM D1319	1995
— benzene	% v/v	—	1,0	pr. EN 12177	1995 (*)
Oxygen content	% m/m	—	2,7	EN 1601	1996
Oxygenates:					
— Methanol, stabilising agents must be added	% v/v	—	3	EN 1601	1996
— Ethanol, stabilising agents may be necessary	% v/v	—	5	EN 1601	1996
— Iso-propyl alcohol	% v/v	—	10	EN 1601	1996
— Tert-butyl alcohol	% v/v	—	7	EN 1601	1996
— Iso-butyl alcohol	% v/v	—	10	EN 1601	1996
— Ethers containing 5 or more carbon atoms per molecule	% v/v	—	15	EN 1601	1996
Other oxygenates (4)	% v/v	—	10	EN 1601	1996
Sulphur content	mg/kg	—	150	pr.EN-ISO/ DIS 14596	1996 (*)
Lead content	g/l	—	0,005	EN 237	1996

Πίνακας 1.5.2 Κύριες ιδιότητες της εμπορικής αμόλυβδης βενζίνης Euro3, όπως προβλέπεται από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

#####

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS FOR MARKET FUELS TO BE USED FOR VEHICLES
EQUIPPED WITH POSITIVE IGNITION ENGINES

Type: Petrol

Parameter	Unit	Limits (1)		Test	
		Minimum	Maximum	Method	Date of publication
Research octane number		95		EN 25164	1993
Motor octane number		85		EN 25163	1993
Reid vapour pressure, summer period	kPa	—			
Distillation: evaporated at 100 °C	% v/v	—	—		
evaporated at 150 °C		—	—		
Hydrocarbon analysis:					
— olefins	% v/v	—			
— aromatic	% v/v	—	35,0	ASTM D1319	1995
— benzene	% v/v	—			
Oxygen content	% m/m	—			
Sulphur content	mg/kg	—	50	pr. EN-ISO/ DIS 14596	1996 (*)
Lead content	g/l	—			

Πίνακας 1.5.3 Κύριες ιδιότητες της εμπορικής αμόλυβδης βενζίνης Euro4

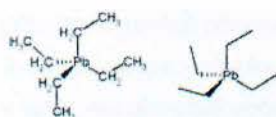
1.5.1 ΠΡΟΣΘΕΤΑ BENZINHS

Επειδή οι σημερινοί κινητήρες έχουν όλο και πιο πολύπλοκο τρόπο λειτουργίας, κάποιες ουσίες προστίθενται σε μικρές ποσότητες στα καύσιμα για να βελτιώσουν ορισμένες ιδιότητές τους. Το πιο γνωστό πρόσθετο είναι ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος που προστίθεται στην βενζίνη για να αυξήσει τον αριθμό οκτανίων. Οι οξυγονούχες ενώσεις θεωρούνται μερικές φορές πρόσθετα των καυσίμων. Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει όλα τα υπόλοιπα πρόσθετα εκτός από τις οξυγονούχες ενώσεις. Μερικές φορές προστίθενται στα καύσιμα χρωστικές ουσίες για τον διαχωρισμό τους (π. χ. απλή και σούπερ βενζίνη). Εντούτοις επειδή υπάρχουν διαφορετικά συστήματα, έχει γίνει πολλές φορές σύγχυση στα καύσιμα (στις ΗΠΑ π. χ. ένα είδος καυσίμου

αεροπλάνων ήταν κόκκινο, το ίδιο με ένα αφορολόγητο γεωργικό πετρέλαιο. Η κατά λάθος ανάμιξη αυτών των καυσίμων έδωσε συχνά μολυσμένα καύσιμα αεροπορίας).

Τα κυριότερα πρόσθετα της βενζίνης αφορούν την βελτίωση του αριθμού οκτανίων. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα από τα πρόσθετα, ειδικά τα βελτιωτικά του αριθμού οκτανίων, που κυκλοφορούν στο εμπόριο για την προσθήκη στο καύσιμο από τους ιδιοκτήτες των αυτοκινήτων μετά το γέμισμα του ρεζερβουάρ, είτε δεν είναι αποδοτικά είτε δεν είναι cost-effective, δηλαδή το κόστος τους είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με το όφελος.

Το πρόβλημα του θορύβου (knocking) των κινητήρων, δηλαδή της πρόωρης ανάφλεξης του καυσίμου, έγινε αντιληπτό από την δεκαετία του 1910. Η έρευνα για την βελτίωση του αριθμού οκτανίου των καυσίμων για τον περιορισμό του knocking οδήγησε, μετά από την δοκιμή δεκάδων χημικών ενώσεων, όπως ιώδιο, λιωμένο βούτυρο, ανιλίνη, ενώσεις του σεληνίου, κτλ. στην ανακάλυψη και χρήση του τετρα-αιθυλιούχου μολύβδου (Tetra-Ethyl Lead, TEL). Η χημική δομή του TEL είναι (CH₃CH₂Pb)



Χημική δομή του τετρα-αιθυλιούχου μολύβδου

Ο TEL ανακαλύφθηκε το 1921, αλλά επειδή είναι πολύ τοξικός, πολλοί από τους ερευνητές που δούλευαν στο πρόγραμμα αυτό αρρώστησαν ή και πέθαναν. Το 1924 άρχισε η εμπορική παραγωγή του. Αυξανόμενες συγκεντρώσεις μολύβδου προσθέτονταν στην βενζίνη για την αύξηση του αριθμού οκτανίων μέχρι την δεκαετία του 1960. Συγκεντρώσεις 0.8 ή και 1.05 g Pb/l χρησιμοποιήθηκαν για την σούπερ βενζίνη και 0.6-0.7 g Pb/l για την απλή στις ΗΠΑ. Το 1972, άρχισε μια προσπάθεια να καταργηθεί σταδιακά η βενζίνη με μολύβδο στις ΗΠΑ, που, μετά από δικαστικούς αγώνες άρχισε όντως το 1976 και ολοκληρώθηκε το 1986. Η βενζίνη με μολύβδο άρχισε να καταργείται σταδιακά στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2000 και από το 2001 στην Κίνα.

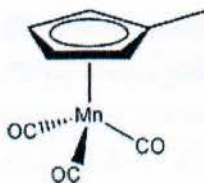
Ο TEL, που είναι ένα παχύρευστο άχρωμο υγρό, παράγεται με αντίδραση του αιθυλικού χλωριδίου (ethyl chloride) με ένα κράμα νατρίου - μολύβδου: $Pb + 4Na + 4CH_3CH_2Cl \rightarrow (CH_3CH_2)_4Pb + 4NaCl$ Σε αντίθεση με τις οξυγονούχες ενώσεις, ο τετρα-αιθυλιούχος μολύβδος εμποδίζει την διακλάδωση των αλυσίδων

των υδρογονανθράκων στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες όπου το HO₂ είναι η κυριότερη ρίζα. Το οξειδίο του μολύβδου αντιδρά με το HO₂ και με αυτόν τον τρόπο απενεργοποιεί την αλυσιδωτής αντίδρασης που οδηγεί σε εύκολα αυτο-αναφλεγόμενους υδρογονάνθρακες που δημιουργούν το knocking. Το οξειδίο του μολύβδου μπορεί να αποθεθεί σε διάφορα σημεία του κινητήρα. Ορισμένες ενώσεις, όπως το διβρωμίδιο του αιθυλενίου και το 1, 2 διχλωροαιθάνιο (ethylene dibromide 1,2-dichloroethane) προσθέτονται με τον TEL ώστε να σχηματιστούν πτητικές ενώσεις μολύβδου (βρωμίδιο και χλωρίδιο μολύβδου), που φεύγουν με τα καυσαέρια. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένα τμήμα του μολύβδου επικάθεται στην βάση των βαλβίδων και τις προστατεύουν.

Γιατί αφαιρέθηκε ο μολύβδος από την βενζίνη; Οι κυριότεροι λόγοι είναι δύο: ο μολύβδος είναι δηλητήριο για τους καταλύτες (τους απενεργοποιεί σε μερικά λεπτά) και είναι τοξικός. Σε πολλές περιοχές, οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του μολύβδου οδηγούσαν σε απαράδεκτες υψηλές συγκεντρώσεις στο αίμα των κατοίκων. Μελέτες σε παιδιά έδειξαν την άμεση ευθύνη του μολύβδου σε περιπτώσεις διανοητικής καθυστέρησης. Εκτεταμένα τμήματα της γης καλύφθηκαν με ένα λεπτό στρώμα μολύβδου που είναι τοξικό για πολλά είδη ζωντανών οργανισμών. Υπάρχουν πόλεις της Βόρεια Αμερικής που έχουν τόσο μεγάλες συγκεντρώσεις μολύβδου στο έδαφος που οι παιδίατροι συνιστούν στους γονείς να προσέχουν τα μικρά παιδιά να μην τρώνε σκόνη και χώμα. Επίσης, οι χλωριούχες ενώσεις του μολύβδου αντιδρούσαν με τους υδρογονάνθρακες στην ατμόσφαιρα και σχηματίζουν διοξίνες. Η εισαγωγή σκληρότερων μετάλλων για τις βαλβίδες και τις βάσεις τους (και συνεπώς η εξάλειψη της ανάγκης για προστασία τους) και η τάση για μείωση του λόγου συμπίεσης (άρα και η εξάλειψη της απαίτησης για καύσιμα με υψηλό αριθμό οκτανίων) είναι δύο πρόσθετοι λόγοι για τον περιορισμό του μολύβδου στο καύσιμο. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο μολύβδος είναι ακόμα ένα συστατικό της βενζίνης αεροπορίας και συχνά χρησιμοποιείται σε αγώνες αυτοκινήτων. Χρησιμοποιείται ακόμα, και θα χρησιμοποιείται μάλλον για πολλά χρόνια ακόμα, σε πολλές χώρες της Ασίας, Αφρικής, Μέσης Ανατολής και Νότιας Αμερικής.

Το MMT (Methyl Cyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl) άρχισε να χρησιμοποιείται το 1958 ως συμπλήρωμα στον μολύβδο της βενζίνης, και αργότερα για να αυξήσει τον αριθμό οκτανίων στην αμόλυβδη βενζίνη. Το πρόσθετο αυτό ήταν απαγορευμένο στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1977 ως το 1995. Το MMT παραμένει απαγορευμένο στην Καλιφόρνια και η EPA (Environmental Protection Agency) σκοπεύει να ξανα-εξετάσει μια πιθανή απαγόρευση

του σε εθνικό επίπεδο. Έχει χρησιμοποιηθεί στον Καναδά από το 1976 και πρόσφατα άρχισε να χρησιμοποιείται στην Αυστραλία. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το MMT είναι ισχυρό νευροτοξικό και τοξικό όταν εισπνέεται, αλλά πιθανά όχι στις συγκεντρώσεις που υπάρχουν στον αέρα. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων αναφέρουν ότι το MMT αυξάνει τις εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων και καταστρέφει τους καταλύτες.



Χημική δομή του MMT

Το ferrocene $Fe(C_5H_5)_2$, που ανακαλύφθηκε τυχαία το 1951, είναι μια άλλη ένωση που χρησιμοποιείται σαν πρόσθετο της βενζίνης, αλλά ο σίδηρος μπορεί να δημιουργήσει ένα επίστρωμα στα μπουζί και να τα καταστρέψει. Η χρήση του είναι περιορισμένη.

Και άλλες ενώσεις έχουν προταθεί (όπως το dicyclopentadienyl iron και το καρβονυλικό νικέλιο, nickel carbonyl), αλλά γενικά έχουν σημαντικά προβλήματα όπως η τοξικότητά τους, το μεγάλο τους κόστος, η απόθεσή τους στους κινητήρες κλπ. Η Γερμανία χρησιμοποίησε τον πεντα- καρβονυλικό σίδηρο ($Fe(CO)_5$) κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '30. Το οξειδίο του σιδήρου (Fe_3O_4) επίσης δοκιμάστηκε, αλλά χωρίς επιτυχία.

Μια φιλικότερη προς το περιβάλλον πρόσθετη ουσία αποτελείται από 10 ppm καλίου (μερικές φορές νατρίου), και προστίθεται στα καύσιμα για να αυξήσει τον αριθμό οκτανίου κατά 2-3 μονάδες.

Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά πρόσθετα της βενζίνης είναι:

- Αντιοξειδωτικά (συνήθως phenylene diamines ή hindered phenols) για την αποτροπή της οξειδωση των ακόρεστων υδρογονανθράκων,
- Απενεργοποιητές μετάλλων (για παράδειγμα περίπου 10ppm N,N'-disalicylidene-1,2-propanediamine) για να εμποδίσουν την οξειδωση των ακόρεστων υδρογονανθράκων από τον χαλκό.

-Ανασταλτικοί παράγοντες διάβρωσης που προκαλείται με τη συμπίκνωση του νερού της ατμόσφαιρας ή που περιέχεται στην βενζίνη.

-Ανασταλτικοί παράγοντες για την φθορά των ελατηρίων (rings) που έρχονται σε επαφή με το καύσιμο (συνήθως πολύ ελαφριά λάδια ή ενώσεις φωσφόρου σε κινητήρες χωρίς καταλύτες).

-Απορρυπαντικές ουσίες που εμποδίζουν τις αποθέσεις στα συστήματα ανακύκλωσης καυσαερίων (exhaust gas recirculation, EGR), στους ψεκαστήρες καυσίμου, στις βαλβίδες εισαγωγής, στον θάλαμο καύσης,

Κεφάλαιο 2^ο

2.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

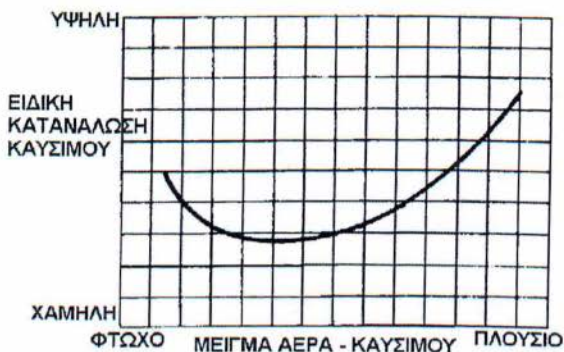
2.1 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΟΤΤΟ

Η μετατροπή της χημικής ενέργειας που περιέχει το καύσιμο του κινητήρα σε μηχανική ενέργεια που αποδίδεται στο στροφαλοφόρο άξονα του, προέρχεται από την καύση της κατάλληλης ποσότητας του μείγματος αέρα - καυσίμου στους κυλίνδρους. Στη διαδικασία σχηματισμού καυσίμου μίγματος είναι απαραίτητο ένα αναφλέξιμο ομοιογενές μίγμα, ικανό για ολοκληρωτική (πλήρη) καύση. Στην τέλεια (πλήρη) καύση, κατά την οποία οι υδρογονάνθρακες αντιδρούν με το οξυγόνο και δίδουν διοξείδιο του άνθρακα και νερό, συντείνουν δύο βασικοί λόγοι, η πλήρης μεταβολή ολόκληρης της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμότητα και η μείωση της εκπομπής καυσαερίων (να μην περιέχονται στα καυσαέρια μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, αιθάλη). Τέλεια καύση επιτυγχάνεται μόνον όταν ο λόγος του αέρα είναι $\lambda > 1$. Στην ιδανική περίπτωση, πρέπει στην κάθε στοιχειώδη ποσότητα καυσίμου να παρέχεται η αντίστοιχη ποσότητα οξυγόνου. Για τον λόγο αυτό, πιο εύκολη και γρήγορη είναι η ανάμιξη καυσίμου οξυγόνου σε αέρια κατάσταση. Για το λόγο αυτό, οι κινητήρες είναι εφοδιασμένοι με σύστημα δημιουργίας και εισαγωγής του παραπάνω μείγματος. Το σύστημα αυτό

διαφοροποιείται σε κάθε κινητήρα ανάλογα με το μέγεθος του και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργεί.

Για να πραγματοποιηθεί τέλεια ή πλήρης καύση της βενζίνης σε ένα βενζινοκινητήρα εσωτερικής καύσης, απαιτείται η εξαέρωση και η ανάμειξή της με μία ποσότητα αέρα ώστε να σχηματιστεί το κατάλληλο καύσιμο μείγμα. Αυτό, στην κατά βάρος σύνθεσή του, αποτελείται από 15 μέρη αέρα (14,7 για την ακρίβεια) και ένα μέρος καυσίμου (βενζίνης) και αποτελεί τη στοιχειομετρική αναλογία. Η αναλογία αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Η μεταβολή της, βέβαια, δεν υπερβαίνει τα όρια, έξω από τα οποία η καύση του μείγματος είτε δεν αποδίδει ενέργεια προς ωφέλιμη χρήση είτε είναι αδύνατη. Τα όρια αυτά είναι 8:1 και 20:1 κατά βάρος, αντίστοιχα. Το μείγμα βενζίνης - αέρα ονομάζεται πλούσιο (rich mixture) όταν βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ 8:1 και 15:1, περιέχει δηλαδή περισσότερη βενζίνη από τη στοιχειομετρική αναλογία. Αντίθετα το μείγμα ονομάζεται φτωχό (lean mixture) όταν περιέχει λιγότερη βενζίνη από τη στοιχειομετρική αναλογία, οπότε και βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ 15:1 και 20:1. Μία σημαντική παρατήρηση που πρέπει να γίνει στο σημείο αυτό είναι ότι στις διάφορες φάσεις της λειτουργίας του κινητήρα το μίγμα αέρα - καυσίμου δεν έχει πάντα τη σωστή τιμή, από την άποψη της στοιχειομετρικής ανάλυσης. Παίρνοντας ως δεδομένο ότι η λειτουργία του κινητήρα πρέπει να χαρακτηρίζεται από την παροχή της μέγιστης ισχύος για την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα σε συνδυασμό με τη μέγιστη δυνατή οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου, ως εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο η λειτουργία εκτός στοιχειομετρικού λόγου - πάντοτε, όμως, εντός ορισμένων ορίων - βοηθά την εκπλήρωση αυτών των δύο προϋποθέσεων.

Στην περίπτωση που εισάγεται περισσότερη ποσότητα καυσίμου, με την ποσότητα του εισαγόμενου αέρα να διατηρείται σταθερή (ο λόγος αέρα - καυσίμου μειώνεται), επιτυγχάνεται μείωση της τελικής θερμοκρασίας της καύσης, λόγω της απορρόφησης της θερμικής ενέργειας στο θάλαμο καύσης από την περίσσεια καυσίμου που εξαερώνεται. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργούνται ατμοί καυσίμου που αυξάνουν τη μάζα του εργαζόμενου ρευστού, το οποίο εκτονώνεται, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας κατά το συγκεκριμένο θερμοδυναμικό κύκλο. Επιτυγχάνεται, έτσι, αύξηση της παραγόμενης ισχύος. Η περιοχή του λόγου που επιτυγχάνεται η βέλτιστη ισχύς θεωρείται από 12,5:1 έως 14:1.



Η μέγιστη δυνατή οικονομία μπορεί να επιτευχθεί όταν παράγεται μία δεδομένη τιμή ισχύος με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση καυσίμου. Ως μέτρο της οικονομικής λειτουργίας του κινητήρα - και της απόδοσής του - έχει καθιερωθεί η ειδική κατανάλωση καυσίμου (specific fuel consumption, sfc). Αυτή αποτελεί, τον αριθμό των kg καυσίμου που καίγονται στη μονάδα του χρόνου (hr) για την παραγωγή κάθε μονάδας ισχύος (hp). Για την επίτευξη της βέλτιστης τιμής της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου απαιτείται συνήθως λόγος αέρα - καυσίμου της τάξης του 16:1. Βέβαια, αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν τη βέλτιστη αυτή τιμή, όπως ο λόγος συμπίεσης, ο αριθμός των στροφών και η προπορεία στην ανάφλεξη.

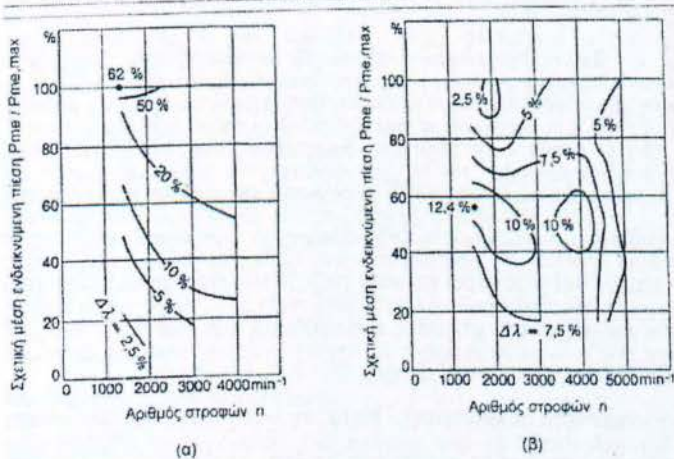
2.1.1 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Ένας κινητήρας πρέπει να λειτουργεί άψογα σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας και να εκμεταλλεύεται στο έπακρο την ενέργεια που του παρέχεται. Για αυτό το μίγμα καυσίμου-αέρα πρέπει να παρασκευάζεται με το καλύτερο δυνατό τρόπο. Μόνο τότε πραγματοποιείται μία καλή καύση, από την οποία προκύπτει και η ανάλογη ισχύς του κινητήρα. Εκτός αυτού μέσω μίας καλής καύσης μπορεί να εξασφαλιστεί ότι οι εκπομπές των καυσαερίων κινούνται μέσα στα επιτρεπτά όρια. Μέσω των προσαρμογών η μονάδα ελέγχου κινητήρα "μαθαίνει" συγκεκριμένες τιμές εξαρτημάτων και παραλλαγών εκδόσεων και έτσι εξισορροπεί έτσι ορισμένες ανοχές των εξαρτημάτων. Όταν οι προσαρμογές υπερβαίνουν ορισμένα όρια, τότε αυτό υποδηλώνει ότι υπάρχει ένα σφάλμα.

Σε κάθε βενζινοκινητήρα υπάρχει το υποσύστημα προπαρασκευής καυσίμου μίγματος, όπου στόχος είναι η παρασκευή ομογενούς μίγματος αέρα - καυσίμου στην επιθυμητή κατά περίπτωση αναλογία. Επειδή μόνο μίγμα ατμών - αέρα μπορεί να είναι ομογενές (ίδια φάση), το καύσιμο θα πρέπει να έχει εξατμιστεί πριν την ανάφλεξη. Εάν το καύσιμο δεν έχει εξατμιστεί

όλο π.χ. λόγω πρόσκρουσης του στα ψυχρά τοιχώματα του συστήματος εισαγωγής κατά την ψυχρή εκκίνηση θα πρέπει να προσδοθεί περισσότερο καύσιμο έτσι ώστε το τμήμα που θα εξατμιστεί να επαρκεί για τη δημιουργία μίγματος με σωστό λόγο αέρα.

Το υποσύστημα παρασκευής μίγματος εκτός από την παρασκευή ομογενούς μίγματος θα πρέπει επίσης να ρυθμίζει την ροπή του κινητήρα. Επειδή τα όρια της ποιότητας μίγματος λ, μέσα στα οποία είναι αναφλέξιμο το μίγμα αέρα-βενζίνης είναι πολύ στενά ($0.8 < \lambda < 1.2$), η ρύθμιση της ροπής στον βενζινοκινητήρα επιτυγχάνεται με αυξομειώσεις της ποσότητας γόμωσης που εισέρχεται στους κυλίνδρους με κατάλληλο στραγγαλισμό του ρεύματος εισαγωγής μέσω της πεταλούδας του επιταχυντή (γκάζι). Επιπλέον το ίδιο υποσύστημα θα πρέπει να φροντίζει για την ομοιόμορφη διανομή του μίγματος στους κυλίνδρους, και την αποφυγή σημαντικών αποκλίσεων στην ποιότητα μίγματος λ μεταξύ διαφορετικών κυλίνδρων. Στην κατεύθυνση αυτή ένα σύστημα ψεκασμού πολλαπλών σημείων υπερτερεί σημαντικά σε σχέση με ένα σύστημα με εξαερωτή (καρμπυρατέρ) ή ψεκασμού μονού σημείου καθώς η θέση ψεκασμού (μπροστά από τη βαλβίδα εισαγωγής κάθε κυλίνδρου) παρέχει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης του σχεδιασμού της πολλαπλής εισαγωγής.



Μεταβολές της ποιότητας μίγματος λ στους επιμέρους κυλίνδρους α) ενός βενζινοκινητήρα με καρμπυρατέρ β) ενός με ψεκασμό πολλαπλών σημείων

2.1.2 ΕΝΑΥΣΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Στον βενζινοκινητήρα, η απαιτούμενη ενέργεια για την ανάφλεξη του μίγματος παρέχεται από σπινθήρα, ο οποίος παράγεται μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή (μπουζί). Η πρόκληση σπινθήρα συμβαίνει όταν η παρεχόμενη από το υποσύστημα έναυσης υψηλή τάση προς τον σπινθηριστή γίνει τέτοια ώστε μεταξύ των ηλεκτροδίων του να προκληθεί διηλεκτρική κατάρρευση.

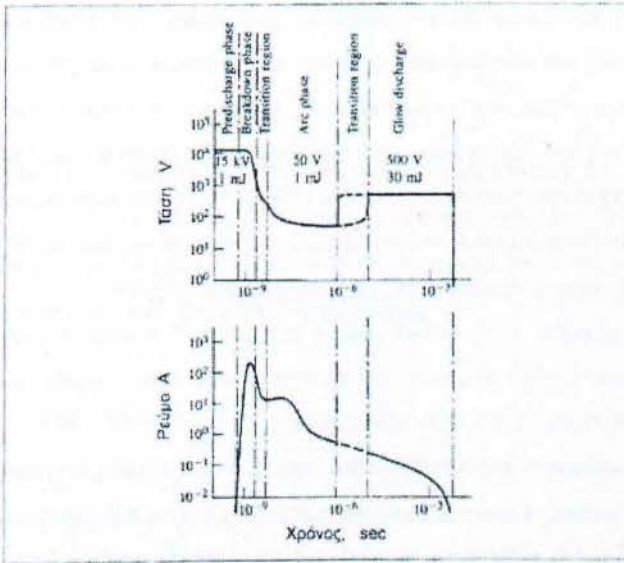
Η μεταβολή της τάσης και της έντασης του ρεύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή σε ένα συμβατικό σύστημα ανάφλεξης παρουσιάζεται στο σχήμα 2.8. Η έναυση διαχωρίζεται στις ακόλουθες φάσεις :

- Φάση διηλεκτρικής κατάρρευσης. Κατά τη φάση αυτή η υπέρβαση από την τιμή της παρεχόμενης τάσης ενός συγκεκριμένου ορίου (περίπου 15kV)

προκαλεί τη δημιουργία γραμμών ιονισμένου αερίου οι οποίες διαδίδονται αστραπιαία από το ένα στο άλλο ηλεκτρόδιο. Συνέπεια αυτού είναι η απότομη πτώση της τάσης (~10kV) και η ταυτόχρονη αύξηση του ρεύματος (~200A) μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή. Χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι η σύντομη διάρκεια της (~10ns) με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλης ισχύος (~1MW) παρά το γεγονός ότι η εκλυόμενη ενέργεια είναι σχετικά χαμηλή (τάξης 0.3 έως 1 mJ).

Φάση σχηματισμού τόξου. Η συνένωση των γραμμών ιονισμένου αερίου οδηγεί στον σχηματισμό ενός στενού ηλεκτρικού καναλιού (~40μm) μεταξύ των ηλεκτροδίων (ηλεκτρικό τόξο). Λόγω των χημικών διεργασιών που συμβαίνουν εντός του καναλιού (εξώθερμες αντιδράσεις οξειδωσης) η θερμοκρασία και η πίεση αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό. Συνέπεια αυτού είναι η δημιουργία ενός σφαιρικού εκρηκτικού κύματος το οποίο διαδίδεται πέρα από το κανάλι και μεταφέρει περίπου το 30% του ενεργειακού περιεχομένου του καναλιού προς τα γειτονικά μέρη του μίγματος προκαλώντας την ανάφλεξή τους. Με τον τρόπο αυτό εκκινεί η διαδικασία καύσης του μίγματος.

Φάση εκκένωσης πυράκτωσης. Κατά τη φάση αυτή απελευθερώνεται το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο κύκλωμα υψηλής τάσης του συστήματος έναυσης (ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου). Για τον λόγο αυτό η φάση της εκκένωσης πυράκτωσης χαρακτηρίζεται από υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο (~30mJ). Παρολαυτά η υψηλή χρονική της διάρκεια έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή χαμηλής ισχύος (~10W).



Χρονική εξέλιξη της τάσης και του ρεύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή σε ένα συμβατικό σύστημα ανάφλεξης κατά την έναυση

Το απαιτούμενο ποσό ενέργειας ανάφλεξης εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- Ποιότητα μίγματος λ. Η απόκλιση της σύστασης μίγματος από τη στοιχειομετρική σχέση ($\lambda=1$) οδηγεί σε αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας ανάφλεξης. Η αύξηση αυτή είναι εντονότερη για λειτουργία κινητήρα σε περιοχή πτωχού μίγματος ($\lambda>1$) καθώς η μείωση του ρυθμού διάδοσης του μετώπου της φλόγας (μείωση ρυθμού αντίδρασης) προκαλεί αύξηση των απωλειών θερμότητας από τη ζώνη ανάφλεξης.

- Συνθήκες ροής στον κύλινδρο στο συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας του κινητήρα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 10, αύξηση στην ταχύτητα ροής της γόμωσης έως 15m/sec προκαλεί αύξηση στο ποσό της απαιτούμενης ενέργειας ανάφλεξης και μείωση στο εύρος της περιοχής όπου τα φτωχά μίγματα είναι αναφλέξιμα.

Με βάση τα παραπάνω οι θεμελιώδεις απαιτήσεις από το υποσύστημα έναυσης του βενζινοκινητήρα μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Παροχή ικανοποιητικής τάσης στα άκρα των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή ώστε να προκληθεί διηλεκτρική κατάρρευση.
- Ικανότητα γρήγορης επίτευξης της απαιτούμενης τιμής υψηλής τάσης.

Η προσαρμογή του λόγου αέρα - καυσίμου χρησιμεύει για την εξισορρόπηση των ανοχών δομικού στοιχείου και των επιρροών γήρανσης που επηρεάζουν το μείγμα.

Άλλοι παράγοντες όπως π.χ. ο λανθασμένος αέρας και η πίεση καυσίμου επιδρούν επίσης στην προσαρμογή του λόγου λ και ρυθμίζονται μερικώς μέσω αυτής. Για αυτούς τους λόγους δεν μπορούν να καθοριστούν τα ακριβή όρια επέμβασης για την περίπτωση σφάλματος.

Στην προσαρμογή του λόγου λ υπάρχει η διάκριση μεταξύ της προσαρμογής μείγματος στο ρελαντί (πρόσθεση) και της προσαρμογής μίγματος μερικού φορτίου.

- Η προσαρμογή στο ρελαντί επιδρά στο ρελαντί ή στην περιοχή κοντά στο ρελαντί. Με αυξανόμενο αριθμό στροφών του κινητήρα μειώνεται συνεχώς η επιρροή (ένας σημαντικός παράγοντας είναι π.χ. ο λανθασμένος αέρας)

- Η προσαρμογή μερικού φορτίου επιδρά σε ολόκληρη την περιοχή του χαρακτηριστικού πεδίου (ένας σημαντικός παράγοντας είναι π.χ. η πίεση καυσίμου).

Ένας βενζινοκινητήρας χρειάζεται για τη λειτουργία, όπως προαναφέρθηκε μία ορισμένη σχέση αέρα-καυσίμου (λάμδα). Η θεωρητική σχέση αέρα-καυσίμου ανέρχεται σε 14,7 : 1.

Οι διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας (ψυχρή, θερμή, επιτάχυνση, κλπ.) απαιτούν όμως ένα μίγμα αέρα-καυσίμου, το οποίο αποκλίνει από την ιδανική τιμή. Μέσω των διαφόρων διατάξεων πρέπει να πραγματοποιηθεί μία διόρθωση του μίγματος.

Στη λειτουργία με πλήρες φορτίο είναι απαραίτητο ένα πιο παχύ μείγμα για την εξασφάλιση της επιθυμητής ισχύος.

Αν το λάμδα < 1, τότε υπάρχει έλλειψη αέρα. Το μείγμα αέρα-καυσίμου είναι παχύ. Ο κινητήρας επιτυγχάνει την υψηλότερη ισχύ του με το λάμδα = 0,85 έως 0,95. Αν το λάμδα > 1, τότε υπάρχει πλεόνασμα αέρα. Το μείγμα αέρα-καυσίμου είναι φτωχό, έτσι μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου και η ισχύς.

Αν το λάμδα > 1,3, τότε το μείγμα αέρα-καυσίμου δεν μπορεί να αναφλεγεί, ο κινητήρας δεν λειτουργεί, υπάρχει μία υπέρβαση του ορίου λειτουργίας. Στην πράξη έχει αποδειχτεί η τιμή λάμδα από 0,9 έως 1,1 σαν μία ευνοϊκή τιμή. Αν όμως ο κινητήρας πρέπει να λειτουργήσει με τη τιμή λάμδα = 1, τότε είναι απαραίτητη μία εγκατάσταση ψεκασμού με διάταξη ελέγχου Lambda για την παρασκευή μίγματος.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού μετράει τον αέρα που απορροφάται από τον κινητήρα και μετατρέπει την τιμή μέτρησης σε ένα ηλεκτρικό σήμα, το οποίο αξιολογείται από τη μονάδα ελέγχου ΗΜΕ. Η μονάδα ελέγχου υπολογίζει βάσει του ηλεκτρονικού σήματος και

άλλων παραμέτρων την ανάγκη καυσίμων του κινητήρα και ενεργοποιεί τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού. Αυτές ψεκάζουν το καύσιμο μπροστά από τις βαλβίδες εισαγωγής των κυλίνδρων.

2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Σε αυτό το σημείο θα ακολουθήσει επισκόπηση και ανάλυση των συστημάτων τροφοδοσίας καυσίμου στους βενζινοκινητήρες από τα αρχικά μηχανικά συστήματα έως και τα τελευταίας γενιάς ηλεκτρονικά συστήματα τροφοδοσίας.

2.2.1 ΕΞΑΕΡΙΩΤΗΡΑΣ

Ο εξαερωτήρας είναι ένας μηχανισμός που επιτυγχάνει την αυτόματη ανάμειξη του αέρα και ατμών υδρογονανθράκων (βενζίνης), σε κατάλληλη αναλογία. Στη συνέχεια το μίγμα αυτό τροφοδοτείται στη μηχανή, προκειμένου να καεί και να παραχθεί η ισχύς, θα πρέπει να σημειωθεί πως ο εξαερωτήρας λειτουργεί με την βασική αρχή του Bernoulli, δηλαδή όσο το δυνατό γρηγορότερα κινείται ο αέρας, τόσο πέφτει η πίεσή του. Ο σύνδεσμος ρυθμιστικής βαλβίδας, δηλαδή ο επιταχυντής δεν ελέγχει ουσιαστικά άμεσα τη ροή του υγρού καυσίμου. Αντί αυτού, ωθεί τους σχετικούς μηχανισμούς των εξαερωτήρων που μετρούν τον απορροφώμενο στη μηχανή αέρα. Η ταχύτητα αυτής της ροής, και επομένως η πίεσή της, καθορίζει το ποσό καυσίμων που εγχύεται στο ρεύμα αέρος. Οι εξαερωτήρες λειτουργούν με έναν από τους ακόλουθους δύο τρόπους ως εξής:

- Σταθερό venturi, στο οποίο η ταχύτητα αέρα venturi αλλάζει τη ροή καυσίμων. Αυτή η αρχιτεκτονική υιοθετείται στους περισσότερους εξαερωτήρες καθοδικής φοράς που βρίσκονται σε συνήθως αμερικάνικα αυτοκίνητα και μερικά από τα ιαπωνικά αυτοκίνητα.
- Μεταβλητό venturi και στο οποίο το αεριοθούμενο άνοιγμα καυσίμων ποικίλλει.

Είναι αξιοσημείωτο πως στους εξαερωτήρες «σταθερής κατάθλιψης», κάτι τέτοιο διενεργείται από ένα κενό χρησιμοποιημένο έμβολο που συνδέεται με μια εκλεπτυσμένη βελόνα που γλιστρά μέσα στο σωλήνα καυσίμων. Οι αγωγοί αναρρόφησης μεταξύ του εξαερωτήρα και των βαλβίδων εισαγωγής πρέπει να διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρωση όλων των κυλίνδρων με ίση ποσότητα καυσίμου μίγματος.

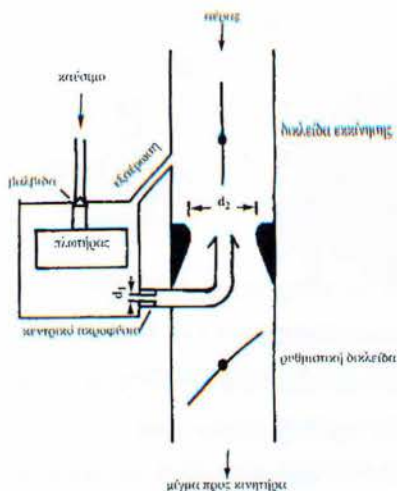
Ο σχηματισμός καυσίμου μίγματος βελτιώνεται ακόμη περισσότερο με την κατάλληλη διαμόρφωση του αγωγού εισαγωγής και του θαλάμου καύσης.

Ο εξαεριοτήρας κακώς ονομάζεται έτσι, επειδή γενικώς μέσα α αυτόν γίνεται "νεφέλωση" του καυσίμου. Παλαιότερα κατά την εξέλιξη των πρώτων κινητήρων υπήρχαν παραγματικοί εξαεριοτήρες, στους οποίους ο αέρας αναμειγνυόταν με καύσιμο αέριας κατάστασης. Στο σχ. (2.2.1) φαίνονται τα εξής εξαρτήματα του εξαεριοτήρα: αγωγός αναρρόφησης, δικλείδα εκκίνησης, χοάνη αέρα, ρυθμιστική δικλείδα (πεταλούδα), δοχείο βενζίνης, πλωτήρας, βελονοειδής βαλβίδα, κεντρικό ακροφύσιο και σωλήνας έγχυσης. Ο αέρας που αναρροφάται από τον κινητήρα ρέει (Ττον αγωγό αναρρόφησης. Στη χοάνη αέρα, η οποία αποτελείται από το ακροφύσιο, το κυλινδρικό τμήμα και τον διάχυτη, προστίθεται στον αέρα καύσιμο από τον σωλήνα έγχυσης. Η ρυθμιστική βαλβίδα ρυθμίζει την εισερχόμενη στον κινητήρα ποσότητα μίγματος και ταυτόχρονα τη ροπή του κινητήρα. Το καύσιμο εισέρχεται στο δοχείο βενζίνης δια μέσου της βελονοειδούς βαλβίδας. Ο πλωτήρας ρυθμίζει τη στάθμη του καυσίμου έτσι, ώστε να μην εκρέει από τον σωλήνα έγχυσης καύσιμο, όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί. Το κεντρικό ακροφύσιο επηρεάζει τη σύνθεση του μίγματος. Για έναν καλό διασκορπισμό του καυσίμου είναι απαραίτητη η μεγάλη ταχύτητα του αέρα στο ακροφύσιο της χοάνης του αέρα. Συγχρόνως, αναπτύσσεται υποπίεση, ώστε να εκτοξευθεί το καύσιμο από τον σωλήνα έγχυσης. Με τον εξαερισμό του δοχείου της βενζίνης επικρατεί η ίδια πίεση που έχουμε στην αρχή του αγωγού αναρρόφησης. Στην εκκίνηση ενός κρύου κινητήρα παραμένει κλειστή η δικλείδα εκκίνησης. Ο κινητήρας αναρροφά πιο λίγο αέρα αλλά πολύ περισσότερη βενζίνη. Αυτό το πλούσιο καύσιμο μίγμα είναι ικανό προς ανάφλεξη σε χαμηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της κανονικής (θερμής) λειτουργίας του κινητήρα, η δικλείδα εκκίνησης σταδιακά ανοίγει.

Όσον αφορά στη σχέση μεταξύ της διαμέτρου d_1 του κεντρικού ακροφυσίου και της διαμέτρου της χοάνης του αέρα d_2 , ισχύει η βασική σχέση:

$$d_1 = d_2(0.050H - 0.053) \quad (2.2.1)$$

Οι εξαεριοτήρες κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση ροής του μίγματος, τη μορφή κατασκευής του εξαρτήματος ρύθμισης του μίγματος, τη ρύθμιση της ροής του καυσίμου και τον αριθμό και το είδος κατασκευής των αγωγών αναρρόφησης.



Σχ. (2.2.1) Απλός εξαεριοτήρας

Με βάση κατάταξη την κατεύθυνση της ροής, διακρίνονται τριών ειδών εξαεριοτήρες: πτωτικού, επίπεδου και ανερχόμενου ρεύματος. Σήμερα, κατασκευάζονται εξαεριοτήρες μόνο πτωτικού και επίπεδου ρεύματος. Ο εξαεριοτήρας επίπεδου ρεύματος είναι κατάλληλος για κινητήρες χαμηλού ύψους λειτουργίας. Με τη χρήση πολλαπλών επίπεδων εξαεριοτήρων, επιτυγχάνεται καλή πλήρωση του κυλίνδρου, επειδή το ρεύμα του μίγματος ακολουθεί ελάχιστες παρακαμπτήριες οδούς. Η πλειοψηφία των κινητήρων χρησιμοποιεί εξαεριοτήρες πτωτικού ρεύματος. Στους εξαεριοτήρες αυτού του είδους κατασκευής, το ρεύμα του μίγματος κινείται προς την κατεύθυνση της βαρύτητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλή πλήρωση του κυλίνδρου και η τάση του καυσίμου, που διαφεύγει υπό μορφή μικρών σταγονιδίων, μειώνεται στο ελάχιστο. Η ποσότητα του μίγματος ρυθμίζεται από ρυθμιστικές δικλείδες, ή από ατμοσύρτες. Ως ατμοσύρτες, χρησιμοποιούνται κυλινδρικοί ή επίπεδοι σύρτες. Ο κυλινδρικός σύρτης χρησιμοποιείται ευρέως σε εξαεριοτήρες μοτοσυκλετών, αν και τον τελευταίο καιρό έκανε την εμφάνισή του και σε εξαεριοτήρες αυτοκινήτων. Όταν μεταβάλλεται η θέση του σύρτη, η ταχύτητα του αέρα μένει σχεδόν σταθερή. Για τον λόγο αυτόν, η ατμοποίηση του καυσίμου είναι ομοιόμορφα καλή σ' όλο το εύρος των στροφών και της φόρτισης του κινητήρα. Η ροπή παρουσιάζει επιθυμητή συμπεριφορά και ο εξαεριοτήρας λειτουργεί από την εν κενό λειτουργία έως τη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ δίχως βοηθητικά συστήματα. Οι επίπεδοι σύρτες χρησιμοποιούνται συνήθως σε πολύστροφους κινητήρες, ως επί το πλείστον με έγχυση βενζίνης.

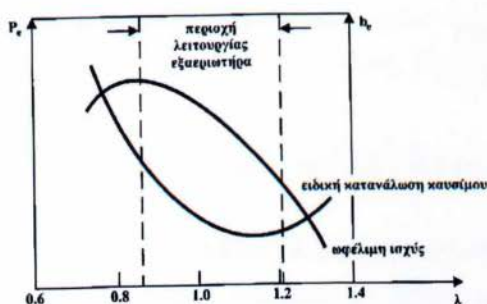
Μ' έναν συρτή μπορούν να ρυθμιστούν ομοίμορφα περισσότεροι αγωγοί αναρρόφησης και στις συνθήκες πλήρους φόρτισης δεν εμποδίζεται η εισροή του μίγματος. Η διέλευση του καυσίμου στους περισσότερους εξαεριοτήρες ρυθμίζεται συνήθως με δύο πλωτήρες. Υπάρχουν, όμως, και εξαεριοτήρες που δεν κάνουν χρήση πλωτήρα, π.χ. στα αλυσοπρίονα, στις χορτοκοπτικές μηχανές και σε άλλες συσκευές, όπου πρέπει να έχουμε αυτονομία λειτουργίας από άποψη θέσης.

Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος κατασκευής των αγωγών αναρρόφησης, οι εξαεριοτήρες κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: στους απλούς, τους βαθμωτούς και τους πολλαπλούς εξαεριοτήρες. Ο πιο φθηνός από άποψη κατασκευής είναι ο απλός εξαεριοτήρας με ρυθμιστική δικλείδα, ο οποίος διαθέτει μόνον έναν αγωγό αναρρόφησης. Έχει, όμως, το μειονέκτημα ότι, υπό πλήρη παροχή καυσίμου και υψηλό αριθμό στροφών, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί καλή πλήρωση του κυλίνδρου και, κατά συνέπεια, η ισχύς εμβολισμού παραμένει χαμηλή. Καλύτερη πλήρωση, σ' ολόκληρο το εύρος της λειτουργίας, επιτυγχάνεται με τον βαθμωτό εξαεριοτήρα, ο οποίος έχει δύο παράλληλους αγωγούς αναρρόφησης με ξεχωριστές ρυθμιστικές δικλείδες. Στην περιοχή λειτουργίας μικρής απαίτησης σε μίγμα, το καύσιμο εισέρει μόνον από τον έναν αγωγό, ενώ ο άλλος παραμένει κλειστός. Στις μεγάλες απαιτήσεις φόρτισης, όταν ο πρώτος αγωγός έχει ανοίξει σχεδόν τελείως, ανοίγει και ο δεύτερος αγωγός. Το εισρέον μίγμα διαμοιράζεται στους δύο αγωγούς αναρρόφησης και ο κύλινδρος κάτω από πλήρη φόρτιση και υψηλές στροφές (μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ) πληρώνεται καλά. Ο πολλαπλός εξαεριοτήρας αποτελείται από δύο ή τρεις απλούς εξαεριοτήρες, που συναρμολογούνται σ' ένα σώμα και χρησιμοποιούν τον ίδιο θάλαμο πλωτήρα. Οι αγωγοί αναρρόφησης δεν ανοίγουν ο ένας κατόπιν του άλλου, αλλά συγχρόνως, επειδή οι ρυθμιστικές δικλείδες έχουν σύνδεση παράλληλη μεταξύ τους. Στην κατασκευή π.χ. ενός 4-κύλινδρου κινητήρα δύο διπλών εξαεριοτήρων, ο κάθε κύλινδρος πρέπει να πληρώνεται από έναν αγωγό αναρρόφησης. Το πλεονέκτημα αυτής της κατασκευής είναι ότι όλοι οι κύλινδροι πληρώνονται με την ίδια ποσότητα καυσίμου και η ροή του μίγματος διακλαδώνεται ελάχιστα. Για τον λόγο αυτόν, οι πολλαπλοί εξαεριοτήρες είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για κινητήρες υψηλών απαιτήσεων.



Διάφοροι τύποι εξαεριοτήρων

Από έναν εξαεριοτήρα έχουμε τις παρακάτω απαιτήσεις, γρήγορο και ασφαλές ξεκίνημα, χαμηλή εν κενό λειτουργία (ρελαντί), οικονομικότερη κατανάλωση μερικής ισχύος, ταχύτερη ανταπόκριση κάτω από συνθήκες επιτάχυνσης και πιο πλούσιο μίγμα για υψηλότερη απόδοση στη λειτουργία μέγιστης ισχύος. Ρυθμοί παροχής καυσίμου και σχηματισμός μίγματος ρυθμίζονται έτσι, ώστε σε κανένα σημείο λειτουργίας να μην υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες τιμές οι επιβλαβείς ουσίες (ρύποι) στα καυσαέρια. Στις χαμηλές καταναλώσεις καυσίμου ο λόγος πρέπει αέρα να είναι $\lambda = 1.1$, όπως φαίνεται και στο σχ. (2.2.2).



Σχ. (2.2.2) Εξάρτηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και της ωφέλιμης ισχύος από τον λόγο του αέρα με σταθερή τη θέση της ρυθμιστικής βαλβίδας και του αριθμού των στροφών.

Προς επίτευξη μεγίστης ισχύος, είναι αναγκαίος ένας λόγος αέρα $\lambda = 0.9$, επειδή στη τιμή αυτή αντιστοιχεί η μέγιστη ταχύτητα της φλόγας στον χώρο καύσης. Είναι αναγκαίο στο σημείο αυτό να σημειωθεί πως ο εξαερωτήρας πρέπει κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής να:

- μετρά τη ροή αέρος στη μηχανής
- παραδίδει τη σωστή ποσότητα καυσίμου για να κρατηθεί το μίγμα καυσίμου / αέρα στο κατάλληλο επίπεδο (ρυθμιζόμενο για παράγοντες όπως η θερμοκρασία)
- αναμιγνύει και τα δύο ομοιόμορφα

Αυτή η συγκεκριμένη εργασία θα ήταν απλή εάν ο αέρας και η βενζίνη χαρακτηρίζονταν ως ιδανικά ρευστά. Στην πράξη, εντούτοις, οι αποκλίσεις τους από την ιδανική συμπεριφορά λόγω του ιξώδους, της ρευστής έλξης, και της αδράνειας, απαιτούν πολύπλοκες ρυθμίσεις για να αντισταθμίσουν τις εξαιρετικά υψηλές ή χαμηλές ταχύτητες μηχανών. Ένας εξαερωτήρας πρέπει να παρέχει το κατάλληλο μίγμα καυσίμου - αέρα ανεξάρτητα από ένα ευρύ φάσμα των περιβαλλοντικών θερμοκρασιών, ατμοσφαιρικών πιέσεων, ταχυτήτων μηχανών και φορτίων και φυγοκεντρικών δυνάμεων σε διάφορες καταστάσεις όπως:

- ψυχρή εκκίνηση
- θερμή εκκίνηση
- χαμηλή ταχύτητα
- επιτάχυνση
- υψηλή ταχύτητα (υψηλή δύναμη με πλήρως ανοιχτή τη ρυθμιστική βαλβίδα)
- με μερικώς ανοιχτή τη ρυθμιστική βαλβίδα

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί πως οι σύγχρονοι εξαερωτήρες απαιτούνται να το κάνουν αυτό διατηρώντας τα ποσοστά εκπομπών ρύπων χαμηλά. Για να λειτουργήσουν όμως σωστά υπό όλους αυτούς τους όρους και για να υποστηρίξουν διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας στα διάφορα αυτοκίνητα οι περισσότεροι εξαερωτήρες περιέχουν ένα σύνθετο σύνολο μηχανισμών.

Ένας εξαερωτήρας ή καρμπυρατέρ αποτελείται ουσιαστικά από έναν ανοικτό σωλήνα και μέσω του οποίου ο αέρας μπορεί να περνά στην πολλαπλή εισαγωγής της μηχανής. Ο σωλήνας και όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι υπό τη μορφή venturi και η οποία στενεύει

σε ένα τμήμα του και αντίστοιχα διευρύνεται έπειτα πάλι, προκαλώντας έτσι την αύξηση της ταχύτητας της ροής του αέρα στο στενότερο μέρος.

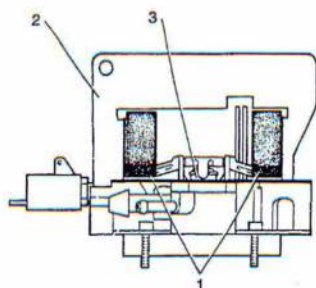
Κάτω από τον σωλήνα venturi βρίσκεται μια βαλβίδα με μια πεταλούδα και η οποία αποκαλείται ως ρυθμιστική βαλβίδα. Ένας περιστρεφόμενος δίσκος που μπορεί να πάρει θέση κατά μήκος της ροής του αέρα, ώστε να επιτρέπει την πλήρη εισροή του αέρα, ή μπορεί να περιστραφεί έτσι ώστε εντελώς να σταματά τη ροή του αέρα. Αυτή η βαλβίδα ελέγχει τη ροή του αέρα μέσω του λαιμού του εξαερωτήρα και έτσι την ποσότητα μίγματος αέρα / καυσίμου που το σύστημα θα εφοδιάσει τον κινητήρα, ρυθμίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη δύναμη και την ταχύτητά του. Η ρυθμιστική βαλβίδα συνδέεται, συνήθως μέσω ενός καλωδίου ή ενός μηχανικού συνδέσμου ράβδων και ενώσεων ή σπάνια με πνευματική σύνδεση, με το πεντάλ του γκαζιού του αυτοκινήτου.

Θα πρέπει δε να σημειωθεί πως τα καύσιμα εισάγονται στο ρεύμα αέρα μέσω των μικρών τρυπών στο στενότερο μέρος venturi. Η ροή των καυσίμων θεωρείται να ανταποκρίνεται σε μια συγκεκριμένη τιμή πτώσης πίεσης venturi, και να ρυθμίζεται με τη βοήθεια των ακριβώς βαθμονομημένων στομιών, τα οποία λέγονται jets, στην διαδρομή των καυσίμων.

Ο εξαερωτήρας αποτελείται από τα εξής συστήματα ή κυκλώματα:

- Σύστημα πλωτήρα
- Σύστημα λειτουργίας χωρίς φορτίο (ρελαντί) και χαμηλών στροφών
- Μετρητικό σύστημα παροχής βενζίνης (ζιγκλέρ)
- Σύστημα επιτάχυνσης
- Σύστημα εμπλουτισμού μείγματος κρύας εκκίνησης (τσοκ).

Η στάθμη του καυσίμου μέσα στη λεκάνη παραμένει σταθερή με τη βοήθεια του μηχανισμού του πλωτήρα και μιας βελονοειδούς βαλβίδας.



- 1. Επιπλέοντα μέρη
- 2. Περιθλήμα
- 3. Βελονοειδής θαλβίδα

Σχήμα 6.4: Πλωτήρας.

Ένας σωλήνας, ο οποίος στα άκρα του φέρει ακροφύσιο, συνδέει τη δεξαμενή καυσίμου με το σωλήνα αναρρόφησης αέρα στο στενωτικό δακτύλιο (venturi). Στον εξαερωτήρα δημιουργείται ρεύμα αέρα από τα έμβολα του κινητήρα κατά το χρόνο αναρρόφησης.

Με ελάττωση της διατομής του σωλήνα (venturi) αυξάνεται η ταχύτητα ροής του αέρα. Στο σωλήνα που βρίσκεται η μικρότερη διατομή έχουμε τη μεγαλύτερη ταχύτητα ροής αέρα και τη μέγιστη υποπίεση. Αυτή η λειτουργία προκύπτει από το θεώρημα του Bernoulli, σύμφωνα με το οποίο όταν ένα ρευστό ρέει μέσα σε ένα σωλήνα που παρουσιάζει στένωση, η ταχύτητα του ρευστού αυξάνεται στο σημείο της στένωσης, ενώ η πίεση ελαττώνεται, δηλαδή εμφανίζεται υποπίεση. Λόγω της υποπίεσης εκρέει από το ακροφύσιο του αναβρυτήρα βενζίνη, η οποία με την ταχύτητα του διερχόμενου αέρα διασπάται σε μικρά σταγονίδια.

Με την προϋπόθεση ότι η διατομή στον αγωγό του αέρα είναι σταθερή και το ακροφύσιο μέσα στη στένωση του venturi έχει την κατάλληλη διάμετρο, επιτυγχάνεται μείγμα σταθερής αναλογίας. Οι απαιτήσεις όμως του κινητήρα σε καύσιμο μείγμα ποικίλουν ανάλογα με το φορτίο του. Για τη λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται το διάφραγμα γκαζιού (πεταλούδα). Ο οδηγός με το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού, μέσω μούλικου συστήματος, ελέγχει την πεταλούδα του γκαζιού. Επομένως, ελέγχει τον αέρα που αναρροφάται από τους κυλίνδρους και κατά συνέπεια αυξομειώνεται η ποσότητα του μείγματος που οδηγείται σε αυτούς.

Αυτή η λειτουργία, όμως, δεν είναι αρκετή για να ανταποκριθεί ο κινητήρας στις μεταβολές του φορτίου. Είναι απαραίτητη η χρήση μηχανισμών διόρθωσης του μείγματος.

Τέτοιοι μηχανισμοί είναι:

α) Αποπνικτικής ψυχρής εκκίνησης (τσοκ)

Κατά την εκκίνηση ενός ψυχρού κινητήρα, ένα μεγάλο μέρος του καυσίμου αποχωρίζεται από το μείγμα και με υγρή μορφή επικάθεται στα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής και των κυλίνδρων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δημιουργία ενός πολύ φτωχού μείγματος, το οποίο δεν είναι αναφλέξιμο μέσα στους κυλίνδρους του κινητήρα. Είναι απαραίτητος, λοιπόν, ο εμπλουτισμός του μείγματος, ώστε το μείγμα να γίνει πολύ πλούσιο, σχεδόν 1:3. Ο εμπλουτισμός του μείγματος μπορεί να γίνει με εμπλουτισμό καυσίμου μεταβάλλοντας χειροκίνητα τη στάθμη του πλωτήρα πριν την εκκίνηση και με μείωση της διατομής της εισαγωγής του αέρα στον εξαερωτήρα.

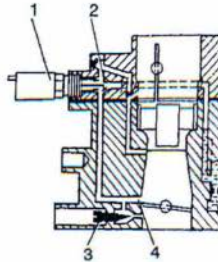
Η μείωση της εισαγωγής του αέρα πραγματοποιείται με μια πεταλούδα αέρα (αποπνικτικά). Οι πεταλούδες αέρα μπορούν να κινηθούν με μηχανικό τρόπο (μέσω συρματόσχοινου) και με ηλεκτρομαγνητικό ή θερμικό στοιχείο αυτόματα. Όταν ο έλεγχος της πεταλούδας αέρα είναι χειροκίνητος, ο οδηγός πρέπει να παρακολουθεί τη διαδικασία θέρμανσης του κινητήρα (ζέσταμα) και να μειώνει προοδευτικά τις στροφές. Κατά την αυτόματη ρύθμιση, μηχανισμοί ευαίσθητοι στη θερμοκρασία ελέγχουν τον αποπνικτικά, ώστε η εκκίνηση να γίνεται ομαλά χωρίς την παρέμβαση του οδηγού.

β) Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ρελαντί

Κατά τη λειτουργία του κινητήρα χωρίς φορτίο (ρελαντί) η πεταλούδα του γκαζιού είναι σχεδόν κλειστή, η ροή του αναρροφούμενου αέρα πολύ μικρή και κατά συνέπεια, η ταχύτητά του στο στεγνωτικό δακτύλιο (venture) πολύ μικρή και δεν υπάρχει η απαιτούμενη υποπίεση για να αναρροφηθεί βενζίνη από τον αναβρυτήρια. Στην περίπτωση αυτή, ένας παράλληλος αγωγός ξεκινά από τη δεξαμενή σταθερής στάθμης και καταλήγει λίγο μετά την πεταλούδα του γκαζιού σε σημείο που με κλειστή πεταλούδα υπάρχει μεγάλη υποπίεση. Αυτός ο αγωγός είναι ο αγωγός βραδυπορείς (ρελαντί).

Η ροή της βενζίνης από τον αγωγό της βραδυπορείς σταματά με το άνοιγμα της πεταλούδας γιατί η υποπίεση στο σημείο εκροής μειώνεται. Όταν ο κινητήρας σβήνει, καύσιμο από τον αγωγό βραδυπορείς θα μπορούσε να εκρέει στην πολλαπλή εισαγωγής και να παραμένει άκαυτο. Για να αποφευχθεί η εκροή καυσίμου από τον αγωγό βραδυπορείς τοποθετείται μια

ηλεκτρονική βαλβίδα , η οποία ενεργοποιείται από το διακόπτη ανάφλεξης. Όταν ο κινητήρας σταματάει να λειτουργεί, αυτή απενεργοποιείται και φράζει τη δίοδο της βενζίνης προς τον αγωγό βραδυπορείς. Με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει εκροή καυσίμου και ο κινητήρας δεν βουκώνει στην επόμενη εκκίνηση.



1. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
2. Είσοδος καυσίμου
3. Κοχλίας (βίδα) ρύθμισης ρελαντί
4. Πεταλούδα γκαζιού

Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ρελαντί.

γ) Μηχανισμός επιτάχυνσης

Όταν ο οδηγός, προκειμένου να επιταχύνει το όχημα του, προκαλέσει αιφνίδιο άνοιγμα της πεταλούδας του γκαζιού, τότε, και μέχρι να αυξηθούν οι στροφές του κινητήρα, προκαλείται πτώση της υποπέσεις στο στεγνωτικό δακτύλιο (venturi) με αποτέλεσμα να δημιουργείται πολύ φτωχό μείγμα. Είναι απαραίτητη η χρήση μιας διάταξης που να παρέχει πρόσθετο καύσιμο για ένα χρονικό διάστημα, μέχρι να αυξηθούν οι στροφές και να αρχίσει να εκρέει από το σύστημα του κύριου ακροφυσίου η σωστή ποσότητα βενζίνης. Τη βασική λειτουργία εκτελεί μία αντλία επιτάχυνσης.

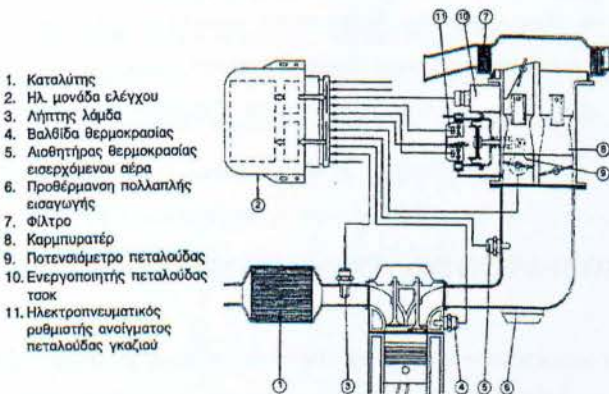
Η μικρή αυτή αντλία είναι εμβολοφόρα ή τύπου μεμβράνης. Ενεργοποιείται μηχανικά από το αιφνίδιο άνοιγμα της πεταλούδας. Η αντλία τύπου μεμβράνης μπορεί να ενεργοποιηθεί και από την υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής μέσω ενός μηχανισμού. Γενικά στα μηχανικά συστήματα η αυτόματη ενεργοποίηση των μηχανισμών πραγματοποιείται από τη διαφορά πιέσεων, που εμφανίζονται στα διάφορα κυκλώματα

Με την εφαρμογή ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, τις διαδικασίες αυτές ανέλαβαν οι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου, οι οποίες αντλούν τις απαιτούμενες πληροφορίες (υπό μορφή τάσεων) από τους αισθητήρες.

2.2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΕΞΑΕΡΙΩΤΗΡΑΣ

Ο ηλεκτρονικά ελεγχόμενος εξαερωτήρας είναι ένα σύστημα που διαμορφώνει το μείγμα στοιχειομετρικά, για τις διάφορες τιμές των στροφών και του φορτίου του κινητήρα. Συγκριτικά με τους μηχανικούς εξαερωτήρες εδώ δεν υπάρχουν τα συστήματα ψυχρής εκκίνησης, πρόσθετου μείγματος ρελαντί, εμπλουτισμού επιτάχυνσης και πλήρους φορτίου.

Τα συστήματα πλωτήρα, εκκίνησης και αφόρτιστης λειτουργίας ελέγχονται ηλεκτρονικά. Ένας μηχανισμός ελέγχει τη θέση της πεταλούδας. Είναι ένας ηλεκτρονικός μηχανισμός που ελέγχει την πλήρωση των κυλίνδρων. Διαθέτει ένα ωστήριο που μπορεί να κινηθεί αντίθετα προς τη δύναμη επαναφοράς ενός ελατηρίου μέσω μίας μεμβράνης και της υποπίεσης. Η πίεση διανέμεται μέσα από δύο ηλεκτροβαλβίδες, από τις οποίες η μία συνδέεται με την ατμόσφαιρα και η άλλη με την πολλαπλή εισαγωγής. Ένα ποτενσιόμετρο είναι τοποθετημένο στο ωστήριο που ελέγχει την πεταλούδα και πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα για τη θέση της πεταλούδας. Ο μηχανισμός που κινεί την πεταλούδα πραγματοποιεί αυτόματα μερική ρύθμιση των στροφών ρελαντί, ενώ η θέρμανση του κινητήρα εξασφαλίζεται από ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο τσοκ.



Διάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρονικά ελεγχόμενου εξαερωτήρα

Ένας μηχανισμός πεταλούδας αέρα, που ελέγχεται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα, χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της αναλογίας του μείγματος. Βρίσκεται στην είσοδο του αέρα στον εξαερωτήρα.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου δέχεται πληροφορίες από τον κινητήρα, τις αξιολογεί και ενεργοποιεί το μηχανισμό πεταλούδας γκαζιού ή το μηχανισμό πεταλούδας αέρα.

Οι πληροφορίες (σήματα) που παίρνει η ηλεκτρονική μονάδα είναι:

Θερμοκρασία κινητήρα

Διακόπτης ρελαντί

Θέση πεταλούδας

Στροφές κινητήρα

Αισθητήρας λ.

Ο Ecotronic-εξαερωτήρας μπορεί να ενταχθεί επίσης στον σχηματισμό μίγματος των κινητήρων με καταλύτη. Στον τριοδικό καταλύτη, ο οποίος ελαχιστοποιεί τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου, ο κινητήρας πρέπει να λειτουργεί με στοιχειομετρικό μίγμα δηλ. $\lambda=1.0$. Ο αισθητήρας-λάμδα ανιχνεύει το οξυγόνο των καυσαερίων μεταξύ του κινητήρα και του καταλύτη. Η μέτρηση φθάνει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και αυτή ρυθμίζει την προρυθμιστική πεταλούδα μέσω του ηλεκτροπνευματικού μηχανισμού, ώστε η σύνθεση του μίγματος να είναι πάντοτε ίση με $\lambda = 1.0$. Ο ηλεκτρονικός εξαερωτήρας τοποθετήθηκε στους κινητήρες αυτοκινήτων κατά το πρώτο στάδιο της χρήσης αμόλυβδης βενζίνης με σκοπό τον έλεγχο του μείγματος, ώστε να είναι επιτρεπτή η χρήση καταλυτικού μετατροπέα. Ένας αισθητήρας λ τοποθετημένος στην πολλαπλή εξαγωγής φρόντιζε να πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την ποιότητα των καυσαερίων. Ο έλεγχος του μείγματος όμως δεν ήταν ιδιαίτερα ακριβής. Οι τεχνικοί προχώρησαν στην αντικατάσταση του ηλεκτρονικού εξαερωτήρα με συστήματα ψεκασμού ηλεκτρονικά ελεγχόμενα.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΓΧΥΣΗΣ (ΨΕΚΑΣΜΟΥ) ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Οι μηχανικοί αυτοκινήτων άρχισαν να πειραματίζονται σε συστήματα έγχυσης καυσίμου με πίεση στις αρχές του 20^{ου} αιώνα σε πετρελαιοκινητήρες με απευθείας έγχυση καυσίμου μέσα στους κυλίνδρους. Πολύ αργότερα (δεκαετία 1950) άρχισαν πειραματικά να χρησιμοποιούν συστήματα έγχυσης καυσίμου σε βενζινοκινητήρες, κυρίως για αυτοκίνητα αγώνων, με σκοπό την αύξηση της υποδύναμης των κινητήρων.

Η έλευση της ηλεκτρονικής επανάστασης στη δεκαετία του 1980 κατάφερε να βρει τρόπο διείσδυσης στην αυτοκίνηση, παραγκωνίζοντας σε σύντομο χρονικό διάστημα το καρμπυρατέρ. Από ένα σημείο και μετά, τα μηχανικά συστήματα αντικαθίστανται από ισχυρά ολοκληρωμένα κυκλώματα (αρχικά αναλογικά και έπειτα ψηφιακά) τα οποία αναλαμβάνουν τον έλεγχο της λειτουργίας του κινητήρα. Η δημιουργία και ανάπτυξη του συστήματος έγχυσης καυσίμου (fuel injection) αρχικά χρησιμοποιούταν μόνο στις πετρελαιομηχανές αλλά από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 έχει επικρατήσει και στους βενζινοκινητήρες, αντικαθιστώντας σχεδόν τελείως τον εξαερωτήρα. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους ο εξαερωτήρας έχει εκλείψει σήμερα παντελώς από τα αυτοκίνητα είναι η ανάγκη συνεχών ρυθμίσεων και η μεγάλη κατανάλωση καυσίμου, η οποία δεν συμβαδίζει με τις διεθνείς προδιαγραφές εκπομπής καυσαερίων.

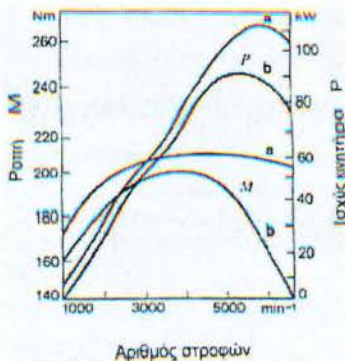
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Η ψηφιακή τεχνολογία που βρήκε εφαρμογή στον έλεγχο του βενζινοκινητήρα, κατέστησε εφικτή την ενοποίηση των συστημάτων έγχυσης και έναυσης και την κοινή διαχείρισή τους. Τον έλεγχο και την λειτουργία των συστημάτων έχει η Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα (εγκέφαλος), η οποία επεξεργάζεται τα σήματα εισόδου που αντανακλούν την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα (στροφές, φορτίο, θερμοκρασία) και με βάση τα δεδομένα που έχει αποθηκευμένα στη μνήμη της, παράγει τα κατάλληλα σήματα εξόδου για τη ρύθμιση της ποσότητας του εγγεόμενου καυσίμου και του χρόνου έναυσης. Τα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης αποτελούν σήμερα τη βέλτιστη δυνατότητα ελέγχου της έγχυσης και της έναυσης στον βενζινοκινητήρα, καθώς μεγιστοποιούνται τα οφέλη σε οικονομία καυσίμου, χαμηλές εκπομπές ρύπων στο καυσαέριο και αύξηση ισχύος με ομαλή λειτουργία του κινητήρα.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων έγχυσης (ψεκασμού) καυσίμου είναι:

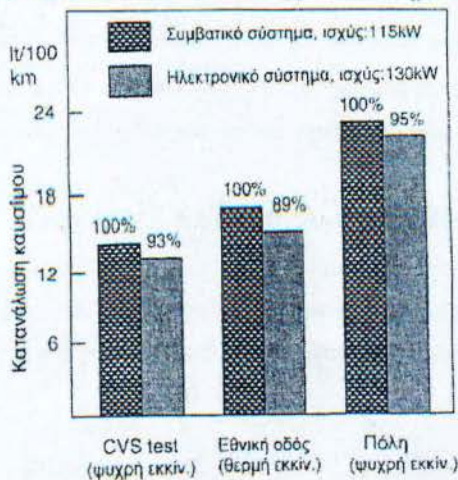
- Μικρότερη κατανάλωση καυσίμου. Ο ψεκασμός καυσίμου πραγματοποιείται με τη μορφή νέφους σταγονιδίων καυσίμου. Η ανάμειξη με τον αέρα είναι καλύτερη και η απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για την παροχή συγκεκριμένου έργου είναι μικρότερη.
- Παροχή ομοιόμορφου μείγματος σε όλους τους κυλίνδρους (πολλαπλός ψεκασμός). Η διαδρομή από τον εξαερωτήρα μέχρι τις βαλβίδες εισαγωγής δεν είναι ίδια για κάθε κύλινδρο σε ένα συμβατικό σύστημα με εξαερωτήρα. Με τον πολλαπλό ψεκασμό δόθηκε η δυνατότητα ψεκασμού στην είσοδο της βαλβίδας εισαγωγής.
- Υψηλότερη απόδοση των κινητήρων. Με τον ψεκασμό καυσίμου πραγματοποιείται καλύτερη πλήρωση των κυλίνδρων, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ροπή στρέψης και αύξηση της ειδικής ισχύος.
- Άμεση απόκριση στη διαδικασία της επιτάχυνσης. Στις απότομες επιταχύνσεις του κινητήρα, επειδή η πεταλούδα του γκαζιού ανοίγει αιφνίδια, παρουσιάζεται στιγμιαίος απεμπλουτισμός του μείγματος με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της απόκρισης του κινητήρα. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού πραγματοποιούν άμεσο εμπλουτισμό και η απόκριση του κινητήρα είναι ικανοποιητική.
- Βελτίωση της κρύας εκκίνησης και προθέρμανσης. Κατά την εκκίνηση του κινητήρα οι συνθήκες δημιουργίας μείγματος είναι δύσκολες. Τα συστήματα ψεκασμού αντιμετωπίζουν το πρόβλημα με την ακριβή μέτρηση του καυσίμου, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία του κινητήρα και τον αριθμό στροφών εκκίνησης. Μετά την εκκίνηση πραγματοποιείται άμεση προσαρμογή της ποσότητας καυσίμου και επιτυγχάνεται αμέσως κανονική λειτουργία του κινητήρα.
- Μικρότερη εκπομπή ρύπων. Η ποιότητα της καύσης καθορίζει το ποσοστό των ρύπων στα καυσαέρια. Η ποιότητα της καύσης εξαρτάται από τη σύσταση του μείγματος. Τα συστήματα ψεκασμού (με αισθητήρα λ) διατηρούν τη σύσταση του μείγματος στη στοιχειομετρική αναλογία σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του κινητήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των ρύπων όταν χρησιμοποιείται καταλυτικός μετατροπέας.

- Γενικότερα τα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης αποτελούν σήμερα τη βέλτιστη δυνατότητα ελέγχου της έγχυσης και της έναυσης στον βενζινοκινητήρα, καθώς μεγιστοποιούνται τα οφέλη σε οικονομία καυσίμου, χαμηλές εκπομπές ρύπων στο καυσαέριο και αύξηση ισχύος με ομαλή λειτουργία του κινητήρα.



Καμπύλες μέγιστης ροπής - μέγιστης ισχύος

a) Με ηλεκτρονική διαχείριση καυσίμου, b) Με συμβατικό σύστημα καυσίμου



Κατανάλωση καυσίμου (lt/100km). Σύγκριση μεταξύ ηλεκτρονικών και συμβατικών συστημάτων

2.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ

Το σύστημα έγχυσης καυσίμου (fuel injection) είναι ένα σύστημα των κινητήρων εσωτερικής καύσης το οποίο χρησιμεύει στην ανάμιξη καυσίμου και αέρα και την έγχυση του παραγόμενου μείγματος στο θάλαμο καύσης.

Τα κυριότερα συστήματα ψεκασμού είναι τα εξής:

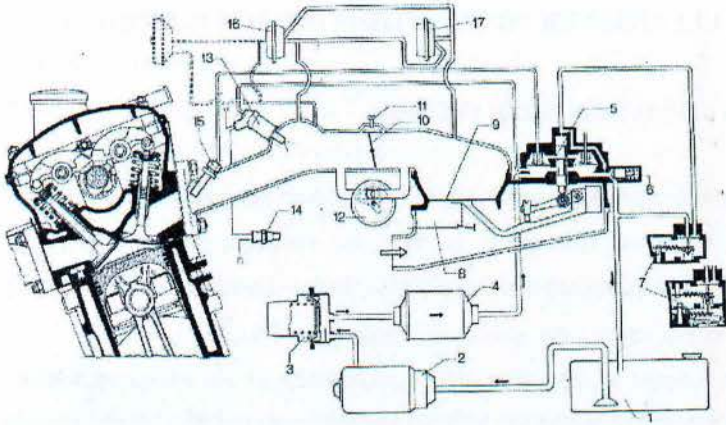
- K-Jetronic Μηχανικό - Υδραυλικό σύστημα ψεκασμού
- KE-Jetronic Μηχανικό-Υδραυλικό σύστημα ψεκασμού με ηλεκτρονικό έλεγχο
- L-Jetronic, LE- Jetronic Ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού
- Mono-Jetronic Κεντρικός ψεκασμός
- Motronic Συνδυασμένο σύστημα ανάφλεξης με πολλαπλό ψεκασμό

2.4.1 ΣΥΣΤΗΜΑ K-JETRONIC

Το σύστημα είναι ένα μη ηλεκτρονικό σύστημα. Η μέθοδος που χρησιμοποιεί είναι η συνεχής μέτρηση της μάζας ροής του αέρα, ώστε να γίνεται συνεχώς η μέτρηση του καυσίμου, για την όσο το δυνατόν καλύτερη καύση του μείγματος και καθαρότερα καυσαέρια.

Διαφέρει από τα μηχανικά συστήματα σε τρία σημεία:

- α) Το καύσιμο εγχέεται συνεχώς
- β) Δεν χρησιμοποιούνται μηχανικές οδηγίες
- γ) Η μέτρηση του καυσίμου βασίζεται στην μέτρηση της ροής του αέρα



Σχηματική διάταξη συστήματος K-JETRONIC

- | | |
|-----|-----------------------------|
| 1. | Ρεζερβουάρ καυσίμου |
| 2. | Αντλία καυσίμου |
| 3. | Συλλέκτης καυσίμου |
| 4. | Φίλτρο καυσίμου |
| 5. | Διανομέας καυσίμου |
| 6. | Σύστημα ρύθμισης πίεσης |
| 7. | Προθέρμανση ρυθμιστή πίεσης |
| 8. | Μετρητής ροής αέρα |
| 9. | Αισθητήρας θέσης |
| 10. | Πεταλούδα γκαζιού |
| 11. | Ρύθμιση ρελαντί |
| 12. | Τσοκ αέρα |
| 13. | Μπεκ ψυχρής εκκίνησης |
| 14. | Θερμοχρονοδιακοπτής |
| 15. | Μπεκ |
| 16. | Παριοριστής κενού |
| 17. | Βαλβίδα αέρα έναρξης |

2.4.1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ K-JETRONIC

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Το σύστημα παροχής καυσίμου σκοπό έχει να τροφοδοτεί τη μηχανή με τη σωστή ποσότητα καυσίμου υπό πίεση, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Αποτελείται από το ρεζερβουάρ, την ηλεκτρική αντλία καυσίμου, τον συλλέκτη καυσίμου, το φίλτρο καυσίμου, τον ρυθμιστή πίεσης και τα μπεκ ψεκασμού (Εγχυτήρες ή Βαλβίδες).

Το καύσιμο αναρροφάται από το ρεζερβουάρ με μια ηλεκτρική αντλία και πρεσάρεται δια μέσου του συλλέκτη και του φίλτρου και παρέχεται υπό πίεση στο διανομέα καυσίμου, που βρίσκεται στη μονάδα ελέγχου του μίγματος. Με τη βοήθεια ενός ρυθμιστή πίεσης, που βρίσκεται στο διανομέα, η ρύθμιση διατηρείται σταθερή. Από το διανομέα το καύσιμο πηγαίνει στους εγχυτήρες οι οποίοι το ψεκάζουν συνεχώς μπροστά από τις βαλβίδες εισαγωγής του κάθε κυλίνδρου. Κατά το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής το μίγμα αναρροφάται στους κυλίνδρους.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Η ηλεκτρική αντλία καυσίμου κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα με μόνιμο μαγνήτη και είναι κυψελωτή. Το στροφείο βρίσκεται τοποθετημένο έκκεντρα στο σώμα της αντλίας και περιέχει στην περιφέρειά του μεταλλικούς κυλίνδρους, οι οποίοι με τη φυγόκεντρο δύναμη πιέζονται στο σώμα της αντλίας και κατ' αυτόν τον τρόπο δρουν στεγανωτικά. Το καύσιμο κινείται στα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των κυλίνδρων

Το ηλεκτρικό μοτέρ περιβρέχεται με καύσιμο. Ο κίνδυνος έκρηξης έχει εξαιρεστεί, γιατί στο κέλυφος της αντλίας και του ηλεκτρικού μοτέρ δε δημιουργείται μίγμα αναφλέξιμο.

Η αντλία παρέχει περισσότερο καύσιμο από τη μέγιστη ποσότητα που χρειάζεται ο κινητήρας, με αποτέλεσμα για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας να διατηρείται σταθερή η πίεση του καυσίμου στο σύστημα. Η αντλία αρχίζει να λειτουργεί όταν γυρίσουμε το διακόπτη και συνεχίζει να λειτουργεί και όταν ο κινητήρας ξεκινήσει. Η παροχή καυσίμου, σε ενδεχόμενη περίπτωση ατυχήματος, διακόπτεται από ένα σύστημα ασφαλείας για να αποφευχθεί η πυρκαγιά του οχήματος.

ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ο συλλέκτης καυσίμου εξυπηρετεί δύο κυρίως σκοπούς:

- α) Να διατηρεί, για κάποιο χρονικό διάστημα, την πίεση του καυσίμου στο σύστημα μετά το σβήσιμο του κινητήρα (περίπου 3,5 bar).
- β) Να απορροφά τους θορύβους από την αντλία καυσίμου, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας

Εσωτερικά ο συλλέκτης καυσίμου χωρίζεται με μια μεμβράνη σε δύο θαλάμους. Ο κάτω θάλαμος χρησιμεύει σαν χώρος αποθήκευσης του καυσίμου, ενώ στον επάνω θάλαμο υπάρχει ένα ελατήριο. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα, ο κάτω θάλαμος γεμίζει με καύσιμο και η μεμβράνη πιέζει το ελατήριο μέχρι να τερματίσει. Σ' αυτή τη θέση έχουμε το μεγαλύτερο όγκο αποθήκευσης του καυσίμου.

Η μεμβράνη παραμένει σ' αυτή τη θέση όσο ο κινητήρας λειτουργεί. Όταν ο κινητήρας σβήσει, ο συλλέκτης καυσίμου διατηρεί το σύστημα καυσίμου υπό πίεση για ένα χρονικό διάστημα. Αυτό βοηθά στην επαναλειτουργία του κινητήρα, κυρίως όταν είναι πολύ ζεστός.

ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Το φίλτρο καυσίμου είναι τοποθετημένο στο κύκλωμα τροφοδοσίας μετά τον συλλέκτη καυσίμου. Το φίλτρο σκοπό έχει να κατακρατά τις διάφορες ακαθαρσίες του καυσίμου, οι οποίες μπορούν να εμποδίσουν τη λειτουργία της εγκατάστασης ψεκασμού. Στο εσωτερικό του φέρει ένα χάρτινο στοιχείο, οι πόροι του οποίου έχουν διάμετρο 4μm και στο μπροστινό τμήμα μια ψιλή σίτα.

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ο ρυθμιστής πίεσης σκοπό έχει να διατηρεί σταθερή την πίεση μέσα στο σύστημα τροφοδοσίας του καυσίμου. Ο ρυθμιστής πίεσης είναι τοποθετημένος μέσα στο κέλυφος του διανομέα καυσίμου και ρυθμίζει την πίεση παροχής του συστήματος. Η πίεση κυμαίνεται από

4,5 έως 5 bar περίπου. Επειδή η ηλεκτρική αντλία παρέχει περισσότερο καύσιμο απ' αυτό που ο κινητήρας καταναλώνει, ένα έμβολο ανοίγει ένα πέρασμα στο ρυθμιστή.

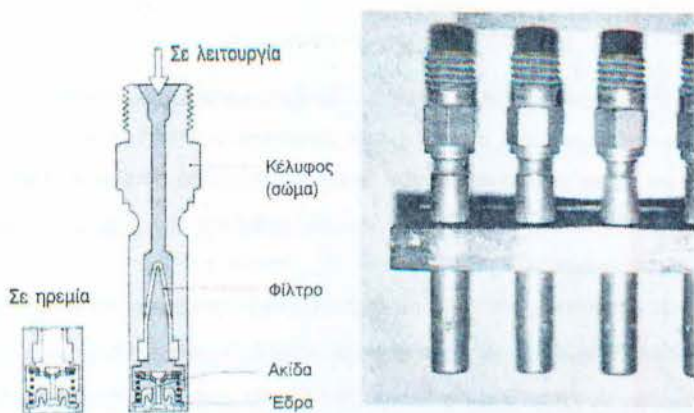
Μέσα από αυτό το πέρασμα περνάει το πλεόνασμα του καυσίμου και επιστρέφει στο ρεζερβουάρ. Η δύναμη του ελατηρίου πάνω στο έμβολο του ρυθμιστή ισορροπεί. Αν η αντλία μειώσει την παροχή τότε το ελατήριο πιέζει το έμβολο μειώνοντας τη διατομή εξαγωγής. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε μικρότερη εξαγωγή καυσίμου και η πίεση στο σύστημα επανέρχεται στην τιμή που προβλέπεται. Όταν ο κινητήρας σβήσει, η αντλία σταματάει να λειτουργεί. Η πίεση στο σύστημα πέφτει κάτω από την πίεση ανοίγματος της βαλβίδας ψεκασμού (μπεκ), ο ρυθμιστής κλείνει τη δίοδο επιστροφής και έτσι αποφεύγεται η παραπέρα πτώση πίεσης στο σύστημα.

ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ (ΜΠΕΚ)

Σε ένα σύστημα μηχανικού ψεκασμού υπάρχει ένας εγχυτήρας για κάθε κύλινδρο. Ο ρόλος των εγχυτήρων είναι να ψεκάσουν το καύσιμο που παρέχεται από το διανομέα σε συγκεκριμένο σημείο της πολλαπλής εισαγωγής, που βρίσκεται πριν από τις βαλβίδες εισαγωγής.

Οι εγχυτήρες είναι στερεωμένοι σε ειδική βάση σταθερά στο σώμα της πολλαπλής εισαγωγής. Η ειδική βάση παρέχει καλή μόνωση από τη θερμοκρασία του κινητήρα. Με τη θερμομόνωση αποφεύγεται το φαινόμενο δημιουργίας φυσαλίδων ατμού κατά τη διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα για να μη παρουσιάζει διακοπές σε τυχόν άμεση επαναλειτουργία.

Ένας εγχυτήρας αποτελείται από το κυρίως σώμα, μέσα στο οποίο υπάρχει ένα φίλτρο συγκράτησης ξένων σωματιδίων και από το ακροφύσιο. Το ακροφύσιο αποτελείται από μία βελονοειδή βαλβίδα με ημισφαιρική κεφαλή και από ένα ελατήριο. Το ελατήριο διατηρεί τη βαλβίδα κλειστή. Μόλις η πίεση του καυσίμου στους αγωγούς προσαγωγής των εγχυτήρων υπερβεί τα 3,3bar ο εγχυτήρας ανοίγει αυτόματα. Η ημισφαιρική κεφαλή της βελόνας εξασφαλίζει καλό διασκορπισμό του καυσίμου ενώ κατά τον ψεκασμό δονείται ηχηρά (τρίζει) με υψηλή συχνότητα, περίπου 1500Hz.



Όταν ο κινητήρας σβήσει, ο εγχυτήρας κλείνει στεγανά, μόλις η πίεση καυσίμου πέσει κάτω από την πίεση ανοίγματος των βαλβίδων ψεκασμού. Με τον τρόπο αυτό, , αποφεύγεται η ροή του καυσίμου στο στόμιο της εισαγωγής μετά το σβήσιμο του κινητήρα

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Η παρασκευή του μίγματος επιτυγχάνεται μέσω του ρυθμιστή του μίγματος. Αποτελείται από το παροχόμετρο αέρα και τον διανομέα καυσίμου. Ο σκοπός του παροχόμετρου αέρα είναι να μετρά την ποσότητα αέρα που αναρροφάται από τον κινητήρα. Η συνολική ποσότητα του αναρροφώμενου από τον κινητήρα αέρα, διαρρέει τον ανιχνευτή ροής αέρα, που είναι τοποθετημένος πριν από την πεταλούδα. Μέσα στο παροχόμετρο του αέρα υπάρχει ένα βεντούρι μ' έναν κινητό δίσκο. Ο αέρας που περνά μέσα από το βεντούρι μετακινεί τον δίσκο από τη θέση ηρεμίας σε μία απόσταση συγκεκριμένη. Με τη βοήθεια ενός συστήματος μοχλών, η κίνηση του δίσκου μεταφέρεται σ' ένα έμβολο ρύθμισης, το οποίο καθορίζει την ποσότητα δοσολογίας του καυσίμου.

Ο ανιχνευτής ροής του αέρα είναι κατασκευασμένος κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σε περίπτωση επιστροφής φλόγας (καρμπυρασιών), να μετακινείται ο δίσκος σε αντίθετη κατεύθυνση. Ένα έλασμα καθορίζει τη θέση ηρεμίας με σβηστό τον κινητήρα. Το βάρος του δίσκου και του συστήματος των μοχλών εξισορροπούν μ' ένα αντίβαρο.

ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ο διανομέας καυσίμου διανέμει την ποσότητα καυσίμου στους κυλίνδρους, ανάλογα με τη θέση του δίσκου ροής στον ανιχνευτή ροής αέρα. Η θέση του δίσκου είναι ένα μέτρο για την ποσότητα αέρα που αναρροφάται από τον κινητήρα. Αυτή η θέση του δίσκου ροής μεταφέρεται, μέσω μοχλών, στο έμβολο ρύθμισης. Το έμβολο ρύθμισης καθορίζει την ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται.

Η μετακίνηση του εμβόλου εξαρτάται από την κίνηση του δίσκου ροής. Έτσι με μικρή κίνηση του δίσκου ροής έχουμε και μικρή μετακίνηση του εμβόλου και ανάλογα μικρό άνοιγμα της θυρίδας ελέγχου. Όταν η κίνηση του δίσκου ροής είναι μεγάλη, το έμβολο ανοίγει μια μεγαλύτερη διαδρομή στις θυρίδες ελέγχου.

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Η πίεση ρύθμισης προέρχεται από την πίεση του συστήματος μέσω διακλάδωσης με μία οπή στραγγαλισμού. Η οπή στραγγαλισμού χρησιμεύει στο διαχωρισμό του κυκλώματος της πίεσης του συστήματος και της πίεσης ρύθμισης. Η σύνδεση του διανομέα και του ρυθμιστή πίεσης γίνεται μέσω αγωγού. Κατά την ψυχρή εκκίνηση η πίεση ρύθμισης είναι μικρή, περίπου 0,3 bar. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του κινητήρα όμως, αυξάνεται και η πίεση ρύθμισης και φθάνει περίπου στα 3,7 bar. Το στραγγαλιστικό διαχωρισμού εμποδίζει την ταλάντωση του δίσκου ροής. Ο ρυθμιστής πίεσης επηρεάζει την κατανομή του καυσίμου. Όταν η πίεση ρύθμισης είναι μικρή, η ποσότητα του αναρροφόμενου αέρα ανασηκώνει το δίσκο ροής του αέρα. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε περισσότερο καύσιμο στον κινητήρα. Όταν η πίεση ρύθμισης είναι μεγαλύτερη, η αναρροφόμενη ποσότητα του αέρα δεν έχει τη δύναμη να σηκώσει το δίσκο ροής αέρα, με αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερη παροχή καυσίμου προς τον κινητήρα. Μετά το σβήσιμο του κινητήρα με μια βαλβίδα φραγμού, επιτυγχάνεται η διατήρηση της πίεσης και η στεγανοποίηση του κυκλώματος. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί, η βαλβίδα φραγμού είναι ανοικτή, ενώ όταν ο κινητήρας σβήσει τότε η βαλβίδα κλείνει.

ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Μέσα στο διανομέα καυσίμου υπάρχουν οι βαλβίδες διαφορικής πίεσης και χρησιμεύουν στη διατήρηση σταθερής πτώσης πίεσης στα διαφράγματα ρύθμισης (η διαφορά της πίεσης φθάνει τα 0,1 bar) ανεξάρτητα από την παροχή καυσίμου.

Ο επάνω θάλαμος της βαλβίδας χωρίζεται από τον κάτω θάλαμο με μία μεμβράνη. Η έδρα της βαλβίδας βρίσκεται στον επάνω θάλαμο. Κάθε Θάλαμος είναι συνδεδεμένος με μία μετρητική εγκοπή στη γραμμή ψεκασμού. Οι πάνω θάλαμοι είναι στεγανοί μεταξύ τους. Οι μεμβράνες βρίσκονται υπό την πίεση ενός ελατηρίου. Η διαφορική πίεση καθορίζεται από την πίεση των ελατηρίων. Οι κάτω Θάλαμοι όλων των βαλβίδων συνδέονται μεταξύ τους περιφερειακά και βρίσκονται υπό την πίεση του συστήματος.

Όταν μια μεγάλη ποσότητα του καυσίμου περνά στον επάνω θάλαμο μέσω της μετρητικής εγκοπή ζ , η μεμβράνη ανοίγει προς τα κάτω και ανοίγει η διατομή εξόδου της βαλβίδας έως ότου η πίεση του ελατηρίου επιφέρει τη διαφορά πίεσης στην καθορισμένη τιμή των 0,1 bar). Όταν η παροχή του καυσίμου μειωθεί, η μεμβράνη πιέζεται λιγότερο στενεύοντας τη διατομή της βαλβίδας, μέχρι η διαφορά της πίεσης να γίνει πάλι 0,1 bar).

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Το ποσόν καυσίμου, που συνέχεια εκτοξεύεται από τα μπεκ ψεκασμού, αποθηκεύεται πριν τις βαλβίδες εισαγωγής του κινητήρα. Όταν οι βαλβίδες εισαγωγής ανοίγουν, το ρεύμα του αέρα της εισαγωγής παρασύρει το καύσιμο και με το στροβιλισμό κατά την εισαγωγή δημιουργείται ένα μίγμα αναφλέξιμο

ΨΥΧΡΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ - ΜΠΕΚ ΨΥΧΡΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Κατά την ψυχρή εκκίνηση υπάρχουν απώλειες καυσίμου, λόγω υγροποίησης ενός μέρους του καυσίμου στο μίγμα. Για την αντιστάθμιση αυτών των απωλειών και τη διευκόλυνση της εκκίνησης του κρύου κινητήρα, πρέπει κατά τη στιγμή της εκκίνησης να ψεκάζεται επιπλέον καύσιμο. Ο ψεκασμός αυτής της συμπληρωματικής ποσότητας καυσίμου μέσα στο κανάλι της εισαγωγής, επιτυγχάνεται μέσω του μπεκ ψυχρής εκκίνησης. Η διάρκεια λειτουργίας του μπεκ

ψυχρής εκκίνησης περιορίζεται χρονικά από έναν θερμοχρονοδιακόπτη, ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα. Κατά τον εμπλουτισμό το μίγμα γίνεται πλουσιότερο, δηλαδή ο λόγος

"λ" προσωρινά γίνεται μικρότερος από τη μονάδα 1.

Το μπεκ ψυχρής εκκίνησης λειτουργεί ηλεκτρομαγνητικά. Στο μπεκ είναι τοποθετημένο το πηνίο ενός ηλεκτρομαγνήτη. Σε κατάσταση ηρεμίας ο οπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη, με τη βοήθεια ενός ελατηρίου, πιέζεται πάνω σ' ένα στεγνωτικό δακτύλιο και κλείνει το μπεκ. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης διεγείρεται, ανασηκώνεται ο οπλισμός του μαγνήτη από την έδρα της βαλβίδας και απελευθερώνει τη ροή του καυσίμου. Το καύσιμο πηγαίνει εφαπτομενικά σ' ένα ακροφύσιο και εκεί γίνεται ο στροβιλισμός του. Με το ακροφύσιο στροβυλισμού επιτυγχάνεται ο διασκορπισμός του καυσίμου και μέσα στην πολλαπλή εισαγωγή και πίσω από την πεταλούδα εμπλουτίζεται ο αέρας με καύσιμο.

ΘΕΡΜΟΧΡΟΝΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

Ο θερμοχρονοδιακόπτης, ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα, καθορίζει το χρόνο ψεκασμού του μπεκ ψυχρής εκκίνησης. Ο χρόνος λειτουργίας εξαρτάται από τη θέρμανση του θερμοχρονοδιακόπτη, από τη θερμοκρασία του κινητήρα, από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και από τη θέρμανση της αντίστασης του διακόπτη. Κατά την εκκίνηση ενός ζεστού κινητήρα δεν ψεκάζεται επιπλέον καύσιμο. Η θέρμανση είναι απαραίτητη για να περιοριστεί η μεγάλη διάρκεια λειτουργίας του μπεκ ψυχρής εκκίνησης $I < 0$ I για να μη μπουκώνει ο κινητήρας.

Ο θερμοχρονοδιακόπτης αποτελείται από ένα ηλεκτρικά θερμαινόμενο διμεταλλικό έλασμα, το οποίο ανάλογα με τη θερμοκρασία του ανοίγει ή κλείνει μια ηλεκτρική επαφή.

ΖΕΣΤΑΜΑ

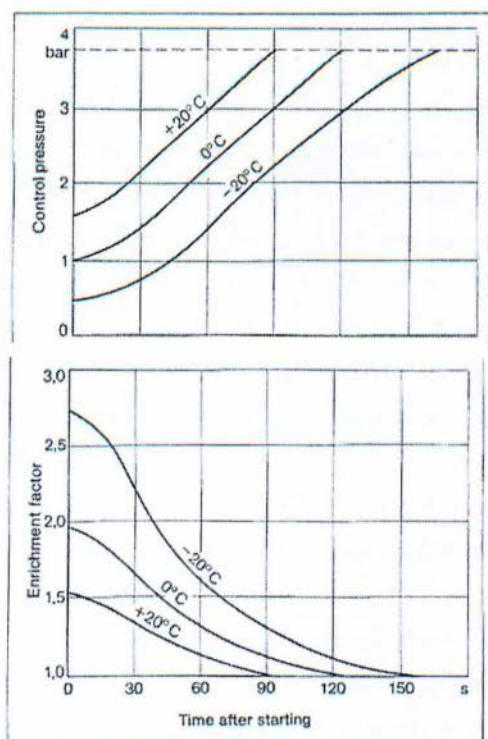
Ο εμπλουτισμός θέρμανσης πετυχαίνεται με το ρυθμιστή θερμής λειτουργίας, ο οποίος μειώνει την πίεση ρύθμισης του κρύου κινητήρα, ανάλογα με τη θερμοκρασία του, επιφέροντας έτσι μεγαλύτερο άνοιγμα στα διαφράγματα ρύθμισης.

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Με το ρυθμιστή θερμής λειτουργίας επιτυγχάνεται η μεταβολή της πίεσης ρύθμισης. Ο ρυθμιστής είναι τοποθετημένος στον κινητήρα, έτσι ώστε να δέχεται τη θερμοκρασία του και ταυτόχρονα να θερμαίνεται ηλεκτρικά. Έτσι προσαρμόζεται στη θερμοκρασία του κινητήρα. Αποτελείται από μία μεμβράνη η οποία ελέγχεται από ένα ελατήριο και ένα ηλεκτρικά θερμαινόμενο διμεταλλικό έλασμα.

Σε κρύα κατάσταση, το διμεταλλικό έλασμα πιέζει το ελατήριο της βαλβίδας μειώνοντας την ενεργό δύναμη του ελατηρίου στην κάτω πλευρά της βαλβίδας. Η διατομή ελέγχου της βαλβίδας ανοίγει περισσότερο, έτσι ώστε να εκτονώνεται περισσότερο καύσιμο από το όλο κύκλωμα και να υπάρχει πτώση της πίεσης ρύθμισης.

Μετά την εκκίνηση, το διμεταλλικό έλασμα θερμαίνεται ηλεκτρικά από τον κινητήρα, λυγίζει και μειώνει την δύναμη του πάνω στο ελατήριο της βαλβίδας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η δύναμη του ελατηρίου πάνω στη βαλβίδα. Η βαλβίδα μικραίνει τη διατομή εκκίνησης και συνεπώς αυξάνεται η πίεση στον ρυθμιστή θερμής λειτουργίας. Ο εμπλουτισμός ζεστάματος τελειώνει όταν το διμεταλλικό έλασμα ανασηκωθεί τελείως από το ελατήριο της βαλβίδας. Τώρα, μέσω της πίεσης του ελατηρίου της βαλβίδας και μόνο, ρυθμίζεται η πίεση ρύθμισης στην ονομαστική της τιμή. Κατά την ψυχρή εκκίνηση η πίεση ρύθμισης ανέρχεται σε 0,5bar.



Χαρακτηριστικά του Ρυθμιστή Θερμής Λειτουργίας-Προθέρμανσης σε διάφορες θερμοκρασίες του κινητήρα. Ο λόγος εμπλουτισμού (Enrichment factor) 1.0 αντιστοιχεί σε μέτρηση καυσίμου μίγματος με τον κινητήρα να βρίσκεται σε θερμοκρασία κατάστασης κανονικής λειτουργίας,

ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

Οι κινητήρες στην περιοχή μερικού φορτίου λειτουργούν με πολύ φτωχό μίγμα, ενώ σε πλήρες φορτίο πρέπει να εμπλουτίζονται. Γι αυτόν τον σκοπό υπάρχει ένας ειδικός ρυθμιστής θερμής λειτουργίας. Σ' αυτού του τύπου τον ρυθμιστή θερμής λειτουργίας χρησιμοποιούνται δύο ελατήρια βαλβίδων. Το εξωτερικό βρίσκεται τοποθετημένο στο κέλυφος, ενώ το εσωτερικό σε μία μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή χωρίζει τον ρυθμιστή σ' έναν πάνω και σ' έναν κάτω θάλαμο. Στον πάνω θάλαμο, μέσω ενός αγωγού προς το κανάλι εισαγωγής πίσω από την πεταλούδα, επενεργεί η πίεση εισαγωγής. Ο κάτω θάλαμος, ανάλογα με τον τύπο κατασκευής, επικοινωνεί είτε κατευθείαν με την ατμόσφαιρα είτε μέσω ενός δεύτερου αγωγού με το φίλτρο αέρα.

Λόγω της χαμηλής πίεσης εισαγωγής στο ρελαντί και στην περιοχή μερικού φορτίου, η μεμβράνη ανασηκώνεται μέχρι το ανώτερο σημείο τερματισμού της. Το εσωτερικό ελατήριο παίρνει τη μμείγιστη προέκτασή του. Η προέκταση των δύο ελατηρίων της βαλβίδας προκαλεί μ' αυτόν τον τρόπο μία συγκεκριμένη πίεση ρύθμισης σ' αυτές τις περιοχές. Με μεγαλύτερο άνοιγμα της πεταλούδας στο πλήρες φορτίο αυξάνεται στην εισαγωγή η πίεση, η μεμβράνη ανασηκώνεται από το πάνω σημείο τερματισμού και πιέζεται προς το κατώτερο σημείο τερματισμού. Το εσωτερικό ελατήριο αποφορτίζεται, η πίεση ρύθμισης πέφτει σε μία συγκεκριμένη τιμή και έτσι επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του μίγματος.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η προσαρμογή του μίγματος στις συνθήκες λειτουργίας ρελαντί, (μερικό φορτίο, πλήρες φορτίο), επιτυγχάνεται μέσω του βεντούρι του πνεύμονα. Έτσι έχουμε πλούσιο μίγμα στο ρελαντί και πλήρες φορτίο και φτωχό μίγμα στο μερικό φορτίο.

ΤΣΟΚ ΑΕΡΑ

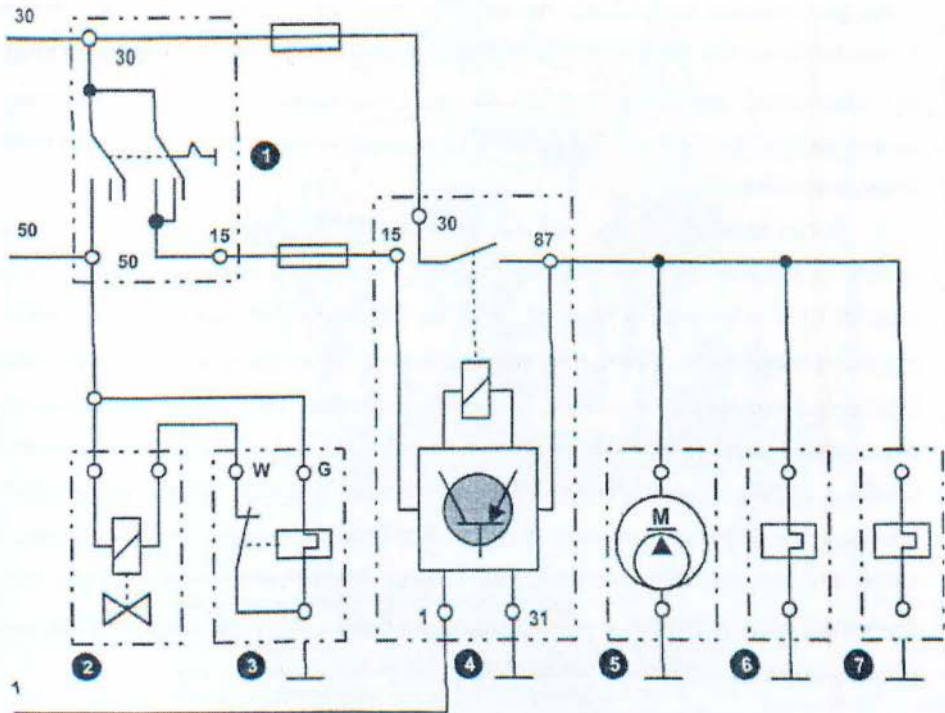
Σ' έναν κινητήρα κρύο υπάρχει μεγάλη αντίσταση τριβής και πρέπει να υπερνικηθεί στο ρελαντί από τον κινητήρα. Μέσω του τσοκ αέρος αναρροφάται περισσότερος αέρας από τον κινητήρα, παρακάμπτοντας την πεταλούδα. Αυτός ο συμπληρωματικός αέρας μετριέται από το παροχόμετρο και λαμβάνεται υπόψη κατά την παροχή καυσίμου και ο κινητήρας δέχεται περισσότερο μίγμα. Έτσι έχουμε σταθεροποίηση του ρελαντί σε κρύο κινητήρα.

Μέσα στο τσοκ αέρα υπάρχει ένα διάφραγμα και ένα διμεταλλικό έλασμα. Το έλασμα χρησιμεύει για τη ρύθμιση της διατομής του αγωγού bypass. Το διμεταλλικό έλασμα θερμαίνεται ηλεκτρικά. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα, το άνοιγμα του διαφράγματος ρυθμίζεται, έτσι ώστε κατά την ψυχρή εκκίνηση να έχουμε μμείγιστη διατομή, η οποία σταδιακά κλείνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και τελικά κλείνει τελείως. Συνήθως το τσοκ αέρος τοποθετείται σε σημείο τέτοιο, ώστε να δέχεται τη θερμοκρασία του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διακοπή λειτουργίας του τσοκ αέρα, όταν ο κινητήρας ζεσταθεί.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

Η λειτουργία των παραπάνω εξαρτημάτων επιτυγχάνεται από το ρελέ ελέγχου, το οποίο μπαίνει σε λειτουργία με τον διακόπτη εκκίνησης. Κατά την ψυχρή εκκίνηση του κινητήρα δίνεται από το διακόπτη εκκίνησης τάση στο μπεκ ψυχρής εκκίνησης και στο χρονοδιακόπτη με τον ακροδέκτη 50. Η διαδικασία εκκίνησης έχει καθορισμένη χρονική διάρκεια περίπου 8-14 sec, μετά από αυτή τη χρονική διάρκεια, ο θερμοχρονοδιακόπτης απομονώνει το μπεκ ψυχρής εκκίνησης για να μην μπουκώσει ο κινητήρας. Όταν η θερμοκρασία του κινητήρα ξεπεράσει τους 35°C, ο χρονοδιακόπτης διακόπτει τη σύνδεση με το μπεκ ψυχρής εκκίνησης και δεν ψεκάζεται επιπλέον καύσιμο

Ο διακόπτης εκκίνησης τροφοδοτεί το ρελέ ελέγχου με τάση, αυτό μπαίνει σε λειτουργία μόλις ο κινητήρας αρχίσει να λειτουργεί. Με τον ακροδέκτη 1 οι παλμοί του πολλαπλασιαστή χρησιμεύουν για τη λειτουργία του κινητήρα. Οι παλμοί αξιολογούνται με μια ηλεκτρονική συνδεσμολογία από το ρελέ ελέγχου. Μετά τον πρώτο παλμό το ρελέ ελέγχου δίνει τάση στην αντλία καυσίμων, στο ρυθμιστή θερμής λειτουργίας και στο ρυθμιστή αυξημένου ρελαντί (τσοκ). Το ρελέ ελέγχου λειτουργεί τόσο χρόνο, όσο διαρκεί η ανάφλεξη και ο κινητήρας λειτουργεί. Όταν οι παλμοί από τον πολλαπλασιαστή σταματήσουν, περίπτωση ατυχήματος, τότε μετά από 1" από τον τελευταίο παλμό του πολλαπλασιαστή, διακόπτεται η λειτουργία του ρελέ ελέγχου. Έτσι η παροχή καυσίμου διακόπτεται από την αντλία καυσίμου, ενώ η ανάφλεξη είναι σε λειτουργία.



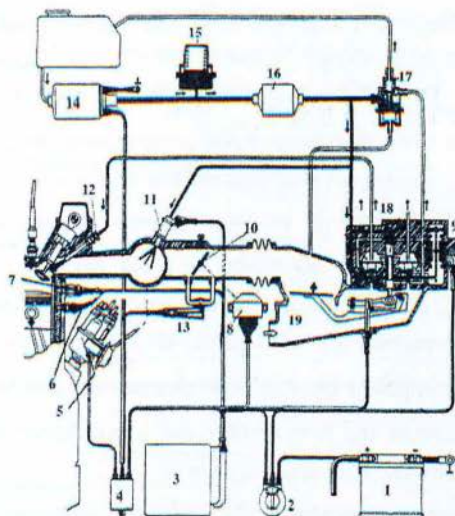
1. Διακόπτης εκκίνησης - 2. Εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης -3. Θερμοχρονοδιακόπτης -
 4. Ρελέ ελέγχου - 5. Ηλεκτρική αντλία καυσίμου - 6. Ρυθμιστής σερβοπίεσης -
 7. Βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα

2.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ KE-JETRONIC

Το KE-Jetronic βασίζεται στον μηχανισμό του K-Jetronic, αλλά είναι επιπρόσθετα εξοπλισμένο με μία ηλεκτρονική ρυθμιστική συσκευή και αισθητήρες για τη θερμοκρασία του κινητήρα, τη θέση και κίνηση της ρυθμιστικής δικλείδας και του δίσκου αποκοπής. Ο καθαρός μηχανισμός της μέτρησης του καυσίμου δια του ρυθμιστικού εμβόλου είναι ηλεκτρονικός και γι'

αυτό και η προσθήκη του "Electronisch", KE-Jetronic. Για να παρεμβαίνει η ηλεκτρονική ρυθμιστική συσκευή στη ρύθμιση της ροής του καυσίμου, ο ρυθμιστής θερμής λειτουργίας αντικαταστάθηκε από τον ηλεκτρουδραυλικό διακόπτη πίεσης, ο οποίος λαμβάνει εντολές από την ηλεκτρονική ρυθμιστική συσκευή. Ο ηλεκτρουδραυλικός διακόπτης πίεσης επιτρέπει συνεχή ροή καυσίμου από τον βασικό κύκλο λειτουργίας στους κάτω θαλάμους των βαλβίδων διαφορικής πίεσης.

Η εκεί πίεση επιδρά στη μεμβράνη και συγχρόνως στο μέγεθος του ανοίγματος, δια του οποίου το καύσιμο ρέει στις βαλβίδες έγχυσης. Υψηλότερη πίεση στους κάτω θαλάμους σημαίνει ότι ρέει λιγότερο καύσιμο στις βαλβίδες έγχυσης. Σε λειτουργία διακοπής ώθησης (το όχημα λειτουργεί τον κινητήρα, ο κινητήρας λειτουργεί δίχως καύσιμο), ο ηλεκτρουδραυλικός διακόπτης πίεσης ανοίγει την πίεση του συστήματος τόσο, ώστε στους κάτω θαλάμους να δημιουργείται μεγάλη πίεση και η μεμβράνη να αποκόπτει πλήρως τη ροή καυσίμου προς τις βαλβίδες έγχυσης. Η ηλεκτρονική ρυθμιστική συσκευή φροντίζει για τον εμπλουτισμό του καυσίμου του μίγματος στην κρύα εκκίνηση, στη θερμή λειτουργία, στην επιτάχυνση, στην πλήρη ισχύ και στη διακοπή λειτουργίας ώθησης. Μπορεί, επίσης, να αναλάβει επιπλέον λειτουργίες όπως προσαρμογή του σχηματισμού μίγματος σε μεταβαλλόμενη πίεση αέρα, ή ρύθμιση-λάμδα για τους τριοδικούς καταλύτες.



- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 μπιναριά. | 10 ρυθμιστική δοσλειίδα |
| 2 διασώπιης εκκίνησης. | 11 βιάφριδα κρύιης εκκίνησης. |
| 3 ηλεκτρονική ρυθμιστική ανοκενή. | 12 βιάφριδα έγχυσης. |
| 4 ρυθμιστικό ρελέ. | 13 σφύρτης πρσίθετοι αέρα. |
| 5 διανομέας ανάφλεξης. | 14 ηλεκτρική αντλία κωασίμου. |
| 6 αισθητήρας θερμοκρασίας του κινητήρα. | 15 σιθεροποιητής πίεσης κωασίμου. |
| 7 θερμικός χρονοδιασώπιης. | 16 φάτρο. |
| 8 διασώπιης δοσλειίδας. | 17 ρυθμιστής πίεσης. |
| 9 ηλεκτρο-υδραυλικός διασώπιης πίεσης. | 18 διανομέας κωασίμου. |
| 19 μετρητής αέρα με δίσκο αποκοπίης και ποτενομόμετρο. | |

KE-JETRONIC της BOSCH

2.4.2.1 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ

Η ανάγκη για τον έλεγχο της ποιότητας καύσης και της ελαχιστοποίησης των ρύπων, οδήγησε στην επιβεβλημένη χρήση του αισθητήρα λάμδα σε συνδυασμό με τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα.

Ο αισθητήρας “λ” είναι ένας ηλεκτρολύτης σε στερεά μορφή. Αποτελείται από ένα κεραμικό αεροστεγές σώμα, κατασκευασμένο από οξειδίο του Ζιρκονίου (ZrO_2), καλυμμένο εσωτερικά και εξωτερικά από ηλεκτρόδια, κατασκευασμένα από πλατίνα. Το ένα άκρο του αισθητήρα είναι εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα, ενώ το άλλο στα καυσαέρια. Στις υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων, όταν τα μόρια του οξυγόνου έλθουν σε επαφή με την πλατίνα,

ιονίζονται. Αν οι συγκεντρώσεις των μορίων του οξυγόνου στα ηλεκτρόδια είναι διαφορετικές, τότε εμφανίζεται μια τάση (διαφορά δυναμικού) μεταξύ τους.

Μέσα από το κεραμικό σώμα του αισθητήρα, το οποίο στις υψηλές θερμοκρασίες γίνεται αγώγιμο διέρχονται ιόντα οξυγόνου, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρολύτης. Όταν ο αισθητήρας ελέγχει καυσαέρια προερχόμενα από πλούσιο καύσιμο μείγμα, τα μόρια του οξυγόνου θα είναι λίγα. Αντίστοιχα, σε ένα φτωχό μίγμα τα μόρια του οξυγόνου στα καυσαέρια θα είναι περισσότερα. Σε κάθε περίπτωση, τα μόρια του οξυγόνου στα καυσαέρια θα είναι λιγότερα από ότι του ατμοσφαιρικού αέρα, γεγονός που θα προκαλεί μια τάση μεγαλύτερης ή μικρότερης τιμής, ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Η αυτή η τάση μεταφέρεται ως σήμα της κατάστασης του καυσίμου μείγματος στην ηλεκτρονική μονάδα διαχείρισης του κινητήρα (ECU), που με τη σειρά της δίνει εντολές στους εγχυτήρες καυσίμου να διορθώσουν την τροφοδοσία, προσθέτοντας, ή αφαιρώντας καύσιμο.

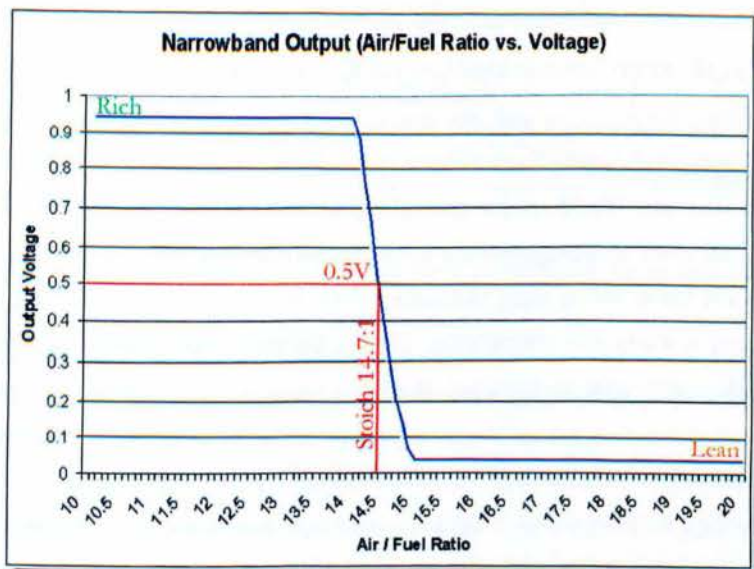
Ο στόχος είναι η σύσταση του καυσίμου μείγματος να διορθώνεται συνεχώς, προσεγγίζοντας τη στοιχειομετρική αναλογία $\lambda=1$. Αυτό εξασφαλίζει ομαλότητα λειτουργίας, οικονομία καυσίμου και χαμηλούς ρύπους. Ο αισθητήρας λ συναντάται σε κινητήρες εσωτερικής καύσης με ψεκασμό, ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενο καρμπυρατέρ.

NARROWBAND ΚΑΙ WIDEBAND ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΛΑΜΛΑ

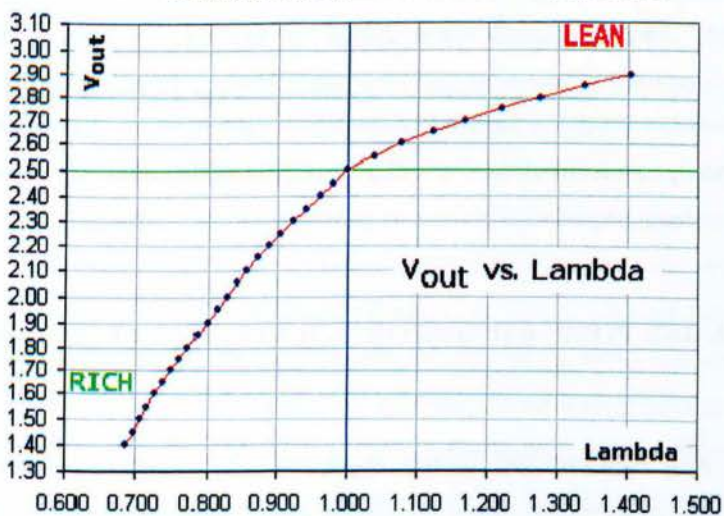
Οι narrowband αισθητήρες λ είναι αυτοί που κατά βάση συναντιούνται στα εμπορικά οχήματα. Δίνουν σήμα στην ηλεκτρονική μονάδα διαχείρισης του κινητήρα 0 έως 1 volt. Είναι ακριβείς, όμως καταγράφουν κυρίως μείγματα με αναλογία κοντά στη στοιχειομετρική, δηλαδή αέρα/βενζίνη με αναλογία κοντά στο 14 με 15/1. Ουσιαστικά, οι conventional καταγράφουν αποκλειστικά αν το μείγμα είναι γενικώς πλούσιο ή φτωχό, με μικρό εύρος τιμών.

Σε πιο σύγχρονους κινητήρες και ειδικότερα σε υπερτροφοδοτούμενους ή άμεσου ψεκασμού, χρησιμοποιούνται οι wideband (μεγάλου εύρους) αισθητήρες λ . Όπως αναφέρει και το όνομά τους, έχουν τη δυνατότητα για μεγαλύτερο εύρος ακρίβειας, δίνοντας στη μονάδα διαχείρισης σήμα από 0 έως 5 volt. Ένας wideband λ καταγράφει συγκεκριμένες τιμές σε πολύ μεγαλύτερος εύρος από έναν συμβατικό, καλύπτοντας πολύ πλούσια ή πολύ φτωχά μείγματα (συνήθως από 9/1 έως και 21/1). Η χρήση ενός αισθητήρα λ μεγάλου εύρους έχει ιδιαίτερα

οφέλι στη σωστή ρύθμιση του κινητήρα, σε πραγματικό χρόνο, στη μείωση της κατανάλωσης και στον περιορισμό των ρύπων.



Διάγραμμα εύρους για Narrowband αισθητήρα λάμδα



Διάγραμμα εύρους για Wideband αισθητήρα λάμδα

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ ΣΤΟ ΚΕ-JETRONIC

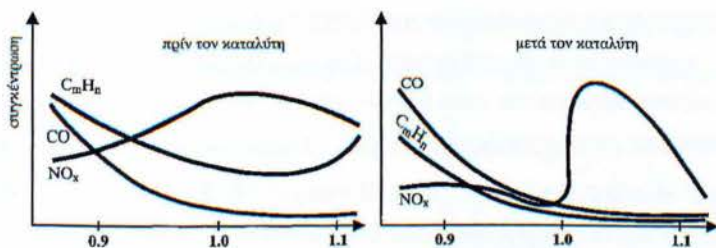
Για να έχουμε προσαρμογή του ψεκαζόμενου καυσίμου στην επιθυμητή σχέση αέρα-καυσίμου $\lambda=1$, μεταβάλλεται η πίεση στον κάτω θάλαμο του διανομέα καυσίμου. Η διαφορά του διανομέα καυσίμου με τον κοινό διανομέα καυσίμου του K jetronic είναι ότι η πίεση στους κάτω θαλάμους στις βαλβίδες διαχωρίζεται από την πίεση του συστήματος μέσω ενός σταθερού διαφράγματος. Ένα επιπλέον διάφραγμα αποκαθιστά τη σύνδεση μεταξύ των κάτω θαλάμων και των επιστροφών του καυσίμου. Το διάφραγμα αυτό ελέγχεται από μια βαλβίδα χρονισμού.

Η βαλβίδα αυτή είναι ηλεκτρομαγνητική με μεταβλητή διατομή. Όταν η βαλβίδα είναι ανοικτή εκτονώνεται η πίεση στους κάτω θαλάμους. Όταν είναι κλειστή τότε δημιουργείται στους κάτω θαλάμους η πίεση του συστήματος. Όταν η βαλβίδα ανοιγοκλείνει με γρήγορο ρυθμό, τότε μεταβάλλεται η πίεση στους κάτω θαλάμους, ανάλογα με τη σχέση του χρόνου κλεισίματος και του χρόνου ανοίγματος. Η χρονική βαλβίδα ελέγχεται από τους ηλεκτρικούς παλμούς μιας ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου, η οποία αναλαμβάνει την όλη διαχείριση.

Αν ο αισθητήρας λ "αναγνωρίσει" πολύ οξυγόνο στα καυσαέρια (φτωχό μίγμα), το πληροφορεί στην ηλεκτρονική μονάδα για αυτή την κατάσταση λειτουργίας. Αυτή με τη σειρά της ενεργοποιεί ανάλογα τη χρονική βαλβίδα, η οποία εκτονώνει την πίεση στους κάτω θαλάμους του διανομέα καυσίμου, καμπυλώνοντας έτσι και τη μεμβράνη του προς τα κάτω. Η μείωση της πίεσης στους κάτω θαλάμους συνεπάγεται και ανάλογη μείωση της πίεσης στους επάνω θαλάμους, λόγω των βαλβίδων διαφοράς πίεσης. Έτσι έχουμε αντίστοιχη αύξηση της πτώσης πίεσης στις δοσομετρικές θυρίδες, με αποτέλεσμα να μεταφερθεί μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου στους επάνω θαλάμους και να εμπλουτιστεί τελικά το μίγμα.

2.4.2.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΑΛΥΤΗ ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΟΤΤΟ

Η εκπομπή ρύπων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, εκ των οποίων ένας είναι ο σχηματισμός μίγματος. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι επιβλαβείς ουσίες μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και υδρογονάνθρακες σε συνάρτηση με τον λόγο αέρα λ .



Επιβλαβείς ουσίες στα καυσαέρια του κινητήρα Οττο σε συνάρτηση με τον λόγο αέρα πριν και μετά τον καταλύτη

Από το σχήμα γίνεται φανερή η μεγάλη επίδραση του λόγου αέρα λ στην εκπομπή ρύπων. Για να μειωθεί το CO στα καυσαέρια, πρέπει να είναι το $\lambda = 1.1$. Σε φτωχά μίγματα, για να επιτευχθεί καλής ποιότητας καύση, η σύνθεση του μίγματος πρέπει να είναι ίδια σε κάθε κύλινδρο και από κύκλο λειτουργίας σε κύκλο λειτουργίας να μην προκύπτουν διαφορές. Η απαίτηση αυτή επιτυγχάνεται καλύτερα σε πολυβάθμιο εξαεριοτήρα και ακόμη ευκολότερα με την έγχυση. Με χρήση εξαεριοτήρα, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της επιτάχυνσης, το CO αυξάνει, λόγω της απαίτησης του εμπλουτισμού του μίγματος. Και με τα δύο συστήματα σχηματισμού μίγματος (χρήση εξαεριοτήρα, έγχυση), δεν αποφεύγεται η ταχεία αύξηση του CO υπό συνθήκες μέγιστης ισχύος, εάν δεν παρατηθούμε από την απαίτηση του εμπλουτισμού του μίγματος στη λειτουργία της πλήρους ισχύος ($\lambda = 0.9$). Αυτή η παραίτηση φυσικά θα σήμαινε μείωση της μέγιστης ισχύος του κινητήρα. Για να μην υπερβαίνεται το όριο εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), 4.5% κατ όγκον στα καυσαέρια, κατά την εν κενώ λειτουργία του κινητήρα για μεγάλο χρονικό διάστημα με χρήση εξαεριοτήρα, προστίθεται ένας επιπρόσθετος μηχανισμός παροχής μίγματος. Η ρύθμιση της εν κενώ λειτουργίας του κινητήρα πραγματοποιείται δια του ρυθμιστικού κοχλίου του επιπρόσθετου μηχανισμού παροχής μίγματος (έχουμε μεταβολή της ποσότητας του μίγματος της εν κενώ λειτουργίας και όχι της σύνθεσης του μίγματος), ώστε η ποσότητα του CO στα καυσαέρια να παραμένει αμετάβλητη.

Η εκπομπή υδρογονανθράκων στο $\lambda = 1.1$ έχει ελάχιστη τιμή που πάλι αυξάνεται σε φτωχότερη περιοχή λειτουργίας, εξαιτίας των υπολοίπων της καύσης, που όμως μπορούν να μειωθούν με την καλή ανάμιξη του μίγματος. Η θερμοκρασία των τοιχωμάτων του χώρου

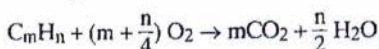
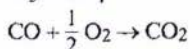
καύσης επιδρά επίσης στην εκπομπή υδρογονανθράκων. Τα τοιχώματα πρέπει να εκτίθενται λιγότερο στη θερμοκρασία, για να αποφεύγεται το πρόωρο σβήσιμο της φλόγας. Με τη μείωση της επιφάνειας των άνω τοιχωμάτων μειώνεται η επίδραση της ψύξης.

Η μέγιστη εκπομπή οξειδίων του αζώτου γίνεται στο $\lambda = 1.05$ περίπου, επειδή εκεί έχουμε τη μέγιστη θερμοκρασία στον θάλαμο καύσης του κινητήρα και την παρουσία επαρκούς οξυγόνου. Μια μεγάλη μείωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου θα επιτυγχανόταν μόνο δια της μεγάλης αύξησης του λόγου αέρα. Η εκπομπή οξειδίων του αζώτου μειώνεται επίσης δια της οδήγησης των καυσαερίων πίσω στον κινητήρα. Μία καθορισμένη ποσότητα καυσαερίων προστίθεται στη ροή του εισαγόμενου αέρα και έτσι το θερμό μίγμα και η θερμοκρασία καύσης μειώνονται.

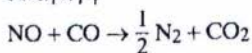
Εξακριβώνεται ότι και με τους δύο τρόπους σχηματισμού μίγματος, εξαεριωτήρα και εγκατάστασης έγχυσης, μπορούμε να μειώσουμε μόνον τις εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Κατά τη λειτουργία υπό συνθήκες μερικής ισχύος και τα δύο συστήματα σχηματισμού μίγματος εκπέμπουν τις ίδιες ποσότητες επιβλαβών ουσιών. Στη λειτουργία της ώθησης και υπό συνθήκες επιτάχυνσης, η εγκατάσταση έγχυσης εκπέμπει λιγότερους ρύπους του εξαεριωτήρα.

Στα καυσαέρια του κινητήρα Otto, υπάρχουν οι παρακάτω επιβλαβείς ουσίες μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξειδία αζώτου και ενώσεις μολύβδου. Τα πρόσθετα μολύβδη της βενζίνης αυξάνουν την αντοχή της στο κτύπημα. Εάν ο κινητήρας λειτουργεί με αμόλυβδη βενζίνη, δεν υπάρχουν πλέον ενώσεις μολύβδου. Οι τρεις άλλες επιβλαβείς ουσίες μειώνονται έμμεσα στον κινητήρα. Ο καλύτερος τρόπος είναι η χρήση καταλύτη, ο οποίος επιτυγχάνει μείωση ρυπογόνων εκπομπών περίπου 90%, όταν ο κινητήρας λειτουργεί με λόγο αέρα $\lambda = 1.0$. Από τις διάφορες εγκαταστάσεις καταλύτη, εδώ περιγράφεται ο τριοδικός καταλύτης. Όπως δηλώνει και το όνομά του, μετατρέπει ταυτόχρονα τις τρεις επιβλαβείς ουσίες CO, C_mH_n και NO_x σε μη δηλητηριώδεις ουσίες: διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), νερό (H₂O) και άζωτο (N₂). Λαμβάνουν χώρα οι παρακάτω χημικές αντιδράσεις,

Οξειδωση



Αναγωγή

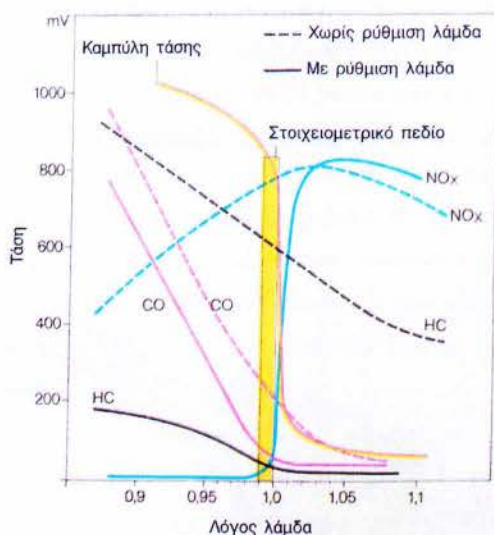


Το μονοξείδιο του αζώτου ανάγεται με τη βοήθεια του μονοξειδίου του άνθρακα σε άζωτο με ταυτόχρονο σχηματισμό διοξειδίου του άνθρακα. Ο βαθμός μετατροπής κ δίδεται από την αρχική συγκέντρωση των ρύπων, μείον την τελική συγκέντρωση των ρύπων, διά την αρχική συγκέντρωση των ρύπων. Για μία μετατροπή επιβλαβών ουσιών κατά 90%, έχουμε $\kappa = (1-0.1)/1 = 0.9, 90\%$.



Καθαρισμός των καυσαερίων με καταλυτική επεξεργασία

Για να μη συμβαίνει συγχρόνως αναγωγή και οξείδωση, τα καυσαέρια πρέπει να περιέχουν λίγο οξυγόνο. Γι' αυτό, ο κινητήρας πρέπει να λειτουργεί με στοιχειομετρικό μίγμα $\lambda = 1.0$ και ο εξαεριστήρας, και η εγκατάσταση έγχυσης να ρυθμίζονται στην τιμή αυτή, σε κάθε κατάσταση λειτουργίας.



Στοιχειομετρικό πεδίο λάμδα, μέσα στο οποίο επιτυγχάνεται ταυτόχρονη μείωση και των τριών ρύπων

Ο τριοδικός καταλύτης λειτουργεί κατόπιν μόνο μαζί μ' έναν ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο "σχηματιστή" μίγματος. Η ηλεκτρονική συσκευή ρύθμισης λαμβάνει πληροφορίες για τη σύνθεση του μίγματος από έναν αισθητήρα στο ρεύμα καυσαερίων. Αυτός ο αισθητήρας, "ο αισθητήρας λάμδα", εγκαθίσταται μεταξύ του κινητήρα και του τριοδικού καταλύτη. Παρέχει ηλεκτρικό σήμα τάσης που είναι ανεξάρτητο του λόγου αέρα. Η όλη εγκατάσταση κατασκευάζεται στον αγωγό των καυσαερίων. Εξωτερικά του ηλεκτροδίου από πλατίνα ρέει καυσαέριο με χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, ενώ το εσωτερικό ηλεκτρόδιο από πλατίνα έρχεται σ' επαφή με τον αέρα του περιβάλλοντος. Η διαφορά συγκέντρωσης οξυγόνου δημιουργεί μια ηλεκτρική τάση στα ηλεκτρόδια. Ο αισθητήρας λάμδα εργάζεται από τους 300 °C και άνω, λόγω του στερεού ηλεκτρολύτη (οδηγεί τα ιόντα οξυγόνου από τη θερμοκρασία αυτή και άνω). Για να φτάνει γρήγορα ο αισθητήρας λάμδα στη θερμοκρασία λειτουργίας του εξοπλίζεται με μία ηλεκτρική αντίσταση.

Ο τριοδικός καταλύτης αποτελείται από ένα φέρον σώμα με ενδιάμεσο στρώμα, το οποίο φέρει το ειδικό υλικό του καταλύτη. Ένας καταλύτης είναι μια δραστική ουσία που αυξάνει την ταχύτητα αντίδρασης με χημική διεργασία και όχι με αύξηση της κατανάλωσης. Το φέρον σώμα κατασκευάζεται σ' έναν θάλαμο χαλύβδινων φύλλων, από κεραμικό υλικό ή από χαλύβδινα

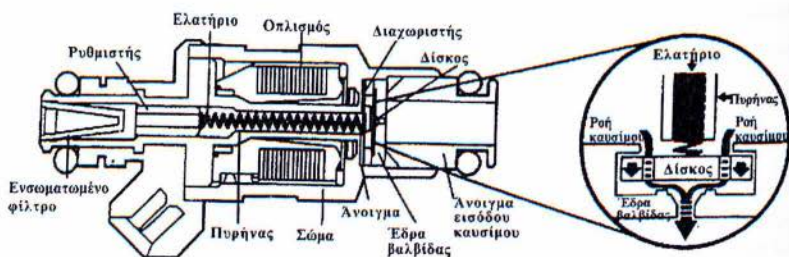
φύλλα και συνίσταται από στενά παράλληλα κανάλια διαμέσου των οποίων ρέει το καυσαέριο. Το φέρον (σο)μα από κεραμικό περιέχει 400 κανάλια ανά τετραγωνικό πέραςμα επιφάνειας διατομής, μ' ένα πάχος τοιχώματος περίπου 0.2 mm. Στο φέρον σώμα τίθεται το ενδιάμεσο στρώμα από γ-Αϊ203. Αυτή η ουσία αυξάνει την ενεργό άνω επιφάνεια η οποία ανέρχεται σε 10 έως 25 m²/g. Πάνο) στο ενδιάμεσο στρώμα, βρίσκεται το υλικό του καταλύτη από πλατίνα και ρόδιο 1.5 έως 2 g ανά λίτρο φέροντος όγκου. Με την πλατίνα διακόπτονται οι αντιδράσεις οξειδωσης και με το ρόδιο αντίθετα οι αντιδράσεις αναγωγής.

Ο βαθμός μετατροπής είναι ανεξάρτητος της θερμοκρασίας. Για μία καλή μετατροπή, η θερμοκρασία του καταλύτη πρέπει να είναι πάνω από 300°C, αλλά από την άλλη να μην υπερβαίνεται η θερμοκρασία των 900°C (μείωση του χρόνου ζωής του καταλύτη). Η θέση κατασκευής του τριοδικού καταλύτη στην εγκατάσταση καυσαερίου πρέπει να επιλέγεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο καταλύτης να λειτουργεί στην επιθυμητή περιοχή θερμοκρασιών, κάτω απ' όλες τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Η μετατροπή επίσης χειροτερεύει, εάν φθάνουν στον καταλύτη προσθήκες βενζίνης, ελαίου, κ.λ.π.. Ιδιαίτερα επικίνδυνος είναι ο μόλυβδος και γι' αυτό κινητήρες με εγκαταστάσεις καταλύτη πρέπει να χρησιμοποιούν μόνον αμόλυβδη βενζίνη.

2.4.3 ΣΥΣΤΗΜΑ D-JETRONIC

Το 1967 εμφανίστηκε το πρώτο ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού, το D-Jetronic, ελεγχόμενης πίεσης στη βαλβίδα εισαγωγής. Μια ηλεκτρική αντλία καυσίμου παρέχει βενζίνη στους αγωγούς πίεσης των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων έγχυσης (μπέκ) και ο ρυθμιστής πίεσης διατηρεί σταθερή την πίεση έγχυσης στα 3 bar. Χρονικό σημείο και ποσότητα έγχυσης καθορίζονται με την εκκίνηση και τη διάρκεια του ανοίγματος των βαλβίδων έγχυσης. Οι βαλβίδες έγχυσης εγγέουν ανά κύκλο λειτουργίας, δηλ. σε δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα μία έγχυση καυσίμου, στον αγωγό αναρόφησης. Για απλοποίηση της κατασκευής, οι βαλβίδες έγχυσης χωρίζονται σε δύο ομάδες (4-κύλινδρος κινητήρας 2X2 βαλβίδες, 6-κύλινδρος κινητήρας 2X3 βαλβίδες). Οι βαλβίδες έγχυσης της κάθε ομάδας είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένες και γι' αυτό ανοίγουν ταυτόχρονα. Η αρχή της έγχυσης καθορίζεται με ένα έκκεντρο που δρα στους διακόπτες επαφής στον διανομέα. Ο χρόνος έγχυσης ρυθμίζεται

από την ηλεκτρονική συσκευή ρύθμισης. Οι βαλβίδες έγχυσης παραμένουν ανοιχτές στην ορμή της ροής 2 ms στην εν κενώ λειτουργία και 8 ms στην πλήρη λειτουργία. Τη διάρκεια ανοίγματος και συνεπώς την ποσότητα έγχυσης καθορίζει η ρυθμιστική συσκευή σε συνδυασμό με την απόλυτη στατική πίεση στον διανομέα αναρόφησης, πίσω από τη ρυθμιστική δικλείδα, τον αριθμό στροφών του κινητήρα και τη θερμοκρασία του αέρα αναρρόφησης.



Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα έγχυσης

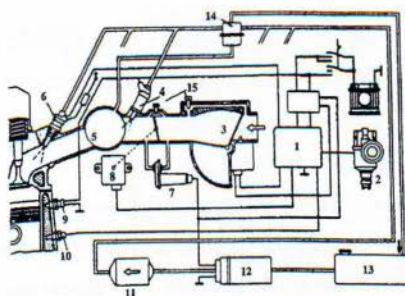
Η βαλβίδα έγχυσης (μπέκ) περιέχει έναν ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος ελέγχει την κίνηση της βελόνας που φράζει την έξοδο του. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης δεχτεί έναν παλμό ρεύματος, η βελόνα σηκώνεται και το καύσιμο ψεκάζεται στον κύλινδρο. Η πίεση με την οποία ψεκάζεται το καύσιμο είναι η ίδια με την πίεση που εισέρχεται το καύσιμο στο μπέκ.

Το καύσιμο ψεκάζεται στον κύλινδρο για όσο χρονικό διάστημα η έξοδος της βαλβίδας έγχυσης παραμένει ανοιχτή, δηλαδή για όσο χρονικό διάστημα υπάρχει ηλεκτρονικός παλμός στον ηλεκτρομαγνήτη ο οποίος έλκει τη βελόνα.

Ρυθμίζοντας το μήκος του ηλεκτρονικού παλμού και τη συχνότητα των παλμών που εφαρμόζονται στον ηλεκτρομαγνήτη του μπέκ, ελέγχουμε την ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται από τον κάθε ένα μπέκ χωριστά. Αυτό είναι και το κύριο πλεονέκτημα του ηλεκτρονικά ελεγχόμενου εγχυτήρα. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι μπορούμε να ελέγχουμε το χρόνο που θα γίνει ο ψεκασμός, ανεξάρτητα από τη θέση των πιστονιών

για τον κάθε μπέκ χωριστά. Αυτό είναι χρήσιμο σε περιπτώσεις που έχουν παρουσιαστεί κτυπήματα προαναφλέξεων σε ένα ορισμένο κύλινδρο.

Τέλος, η ποσότητα ψεκασμού είναι ανεξάρτητη από τις στροφές του κινητήρα, πράγμα το οποίο είναι χρήσιμο σε ειδικές περιπτώσεις, όπως κατά την επιτάχυνση κ.λπ.



- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 ηλεκτρονική ρυθμιστική συσκευή. | 8 δικιάτης. |
| 2 διανομέας ανάφλεξης. | 9 θερμοκός χρονοδικτύτης. |
| 3 μετρητής υείρας. | 10 αισθητήρας θερμοκρασίας. |
| 4 βαλβίδα κενής εισόησης. | 11 φίλτρο. |
| 5 σπάλινος αναρρόφησης. | 12 αντάμια κενού. |
| 6 βαλβίδα έγχυσης. | 13 αποθήκη κενού. |
| 7 σήρας πρόσθετου υείρας. | 14 ρυθμιστής πίεσης. |
| 15 ριέση της εν κενό λειτουργίας | |

Σύστημα D-JETRONIC

Το σύστημα D-Jetronic παρόλο που ήταν σε γενικές γραμμές αποδοτικό και αξιόπιστο ,εμφάνιζε κάποια μειονεκτήματα.Ένα από αυτά ήταν ότι η αρχή της έγχυσης ελέγχεται από το μηχανικά ελεγχόμενο σύστημα έκκεντρο-διακοπών επαφής,το οποίο παρουσίαζε φθορές.

Γενικότερα το σύστημα παρουσίαζε αδυναμίες λόγω συνεργασίας αρκετών μηχανικών μερών με ηλεκτρονικά συστήματα.Κάτι το οποίο βελτιώθηκε στις επόμενες εκδοχές συστημάτων έγχυσης L και LE Jetronic.

Στα συστήματα ηλεκτρονικά διακοπόμενου ψεκασμού διαχωρίζονται ανάλογα με τον αριθμό των εγχυτήρων.Πιο συγκεκριμένα

-Πολλαπλός ψεκασμός,όπου σε κάθε κύλινδρο αντιστοιχεί ένας εγχυτήρας που ψεκάζει το καύσιμο κατευθείαν πριν από την βαλβίδα ή τις βαλβίδες εισαγωγής.

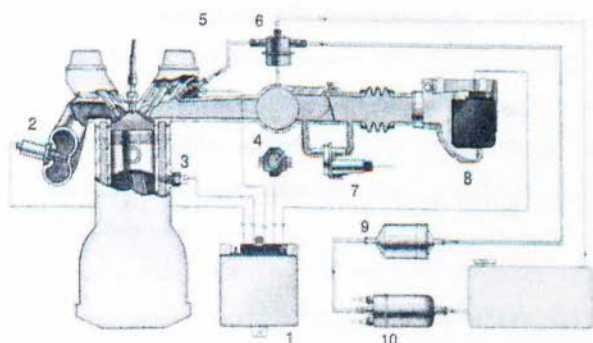
-Κεντρικός ψεκασμός,όπου ο ψεκασμός πραγματοποιείται από έναν ή δύο εγχυτήρες προσαρμοσμένους σε ένα σώμα πάνω από την πεταλούδα εισαγωγής αέρα.Το μείγμα αέρα

καυσίμου κατευθύνεται μέσω της πολλαπλής εισαγωγής στους κυλίνδρους περνώντας με στροβιλισμό από τις βαλβίδες εισαγωγής.

2.4.4 ΣΥΣΤΗΜΑ L-JETRONIC ΚΑΙ LE-JETRONIC

Το σύστημα L-jetronic είναι ένα σύστημα ηλεκτρονικά ελεγχόμενου ψεκασμού πολλών σημείων. Η αρχή του συστήματος είναι ο ακριβής καθορισμός της ποσότητας καυσίμου που εγχύεται σε κάθε κύλινδρο, για τη δεδομένη στιγμή λειτουργίας. Γι' αυτό το λόγο το σύστημα διαθέτει έναν εγχυτήρα για κάθε κύλινδρο και χαρακτηρίζεται ως σύστημα έγχυσης πολλών σημείων. Οι εγχυτήρες είναι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους και ενεργοποιούνται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κατά τρόπο που εξαρτάται από τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα. Το γράμμα L στον χαρακτηρισμό του συστήματος είναι το αρχικό γράμμα της γερμανικής λέξης Luft που σημαίνει αέρας.

Χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η ακριβής μέτρηση του αναρροφούμενου αέρα και βάσει αυτής της μέτρησης καθορίζεται η ποσότητα έγχυσης καυσίμου, ώστε να έχουμε τη στοιχειομετρική αναλογία κάθε στιγμή λειτουργίας του κινητήρα. Η προσαρμογή του μείγματος στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό του χρόνου έγχυσης από την ηλεκτρονική μονάδα. Η ηλεκτρονική μονάδα δέχεται πληροφορίες για τις ουσιαστικές παραμέτρους λειτουργίας από διάφορους αισθητήρες (σχήμα 6.40). Το αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών είναι η ελαχιστοποίηση των ρύπων και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου από τη μια και η αύξηση της ειδικής ισχύος και η καλύτερη κατανομή της ροπής στρέψης του κινητήρα.



Σύστημα L-JETRONIC

1. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου 2. Αισθητήρας "λ" 3. Αισθητήρας θερμοκρασίας 4. Αισθητήρας θέσης πεταλούδας 5. Ηλεκτρομαγνητικό μπεκ ψεκασμού 6. Ρυθμιστής πίεσης 7. Βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα 8. Μετρητής όγκου αέρα 9. Φίλτρο βενζίνης 10. Αντλία βενζίνης

Το σύστημα L-jetronic αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

- Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου
- Σύστημα εισαγωγής και μέτρησης αέρα
- Σύστημα λήψης επεξεργασίας δεδομένων και προσαρμογής καυσίμου.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Περιλαμβάνει την ηλεκτρική αντλία καυσίμου, το φίλτρο βενζίνης, το σωλήνα καυσίμου, το ρυθμιστή πίεσης, το μπεκ ψεκασμού και το μπεκ ψυχρής εκκίνησης. Το καύσιμο κυκλοφορεί στο σύστημα τροφοδοσίας, μόλις ανοίξουμε το διακόπτη του αυτοκινήτου. Η ηλεκτρική αντλία αντλεί το καύσιμο από το ρεζερβουάρ και το στέλνει με πίεση 2,5 bar προς το φίλτρο και το σωλήνα διανομής του καυσίμου. Από αυτόν το σωλήνα διακλαδίζονται άλλοι εύκαμπτοι σωλήνες που καταλήγουν στα μπεκ. Στην άλλη άκρη του σωλήνα διανομής, βρίσκεται ο ρυθμιστής πίεσης, ο οποίος κρατάει την πίεση ψεκασμού σταθερή. Στο σύστημα τροφοδοσίας κυκλοφορεί περισσότερο καύσιμο από αυτό που ψεκάζεται από τα μπεκ. Αυτό το επιπλέον καύσιμο, το στέλνει ο ρυθμιστής πίεσης πίσω στο ρεζερβουάρ.

Ο έλεγχος της αντλίας καυσίμου πραγματοποιείται συνήθως με τους παρακάτω τρόπους:

- Έλεγχος από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU)
- Έλεγχος από το διακόπτη της αντλίας καυσίμου.

Σε μερικά μοντέλα ο κινητήρας της αντλίας καυσίμου αλλάζει ταχύτητα σε δύο στάδια, ανάλογα με την ποσότητα καυσίμου που απαιτείται από τον κινητήρα. Η ρύθμιση γίνεται μέσα από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Το αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας είναι μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και παράταση του χρόνου ζωής του κινητήρα.

Το φίλτρο καυσίμου έχει την ίδια ειδική κατασκευή όπως στα υπόλοιπα συστήματα ψεκασμού.

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Η ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται, εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια έγχυσης των εγχυτήρων. Προϋπόθεση για να συμβαίνει αυτό είναι η επικρατούσα πίεση του συστήματος να είναι σταθερή. Η τιμή της προσδιορίζεται στα 2,5 ή 3bar και επιτυγχάνεται με τον ρυθμιστή πίεσης του συστήματος (εικόνα 6.15). Είναι τοποθετημένος στην άκρη του κεντρικού αγωγού διανομής καυσίμου. Αποτελείται εξωτερικά από ένα μεταλλικό περίβλημα και εσωτερικά χωρίζεται σε δύο θαλάμους με μία μεμβράνη, πάνω στην οποία υπάρχει ο φορέας και η πλάκα μιας βαλβίδας επίπεδης έδρας. Ο ένας θάλαμος περιέχει ένα προφορτισμένο σπειροειδές ελατήριο, το οποίο πιέζει τη μεμβράνη να κλείσει η έδρα της βαλβίδας. Ο θάλαμος αυτός συνδέεται με την πολλαπλή εισαγωγής με έναν αγωγό. Η υποπίεση ασκεί μια δύναμη στη μεμβράνη αντίθετη με τη δύναμη του ελατηρίου. Στον άλλο θάλαμο υπάρχει καύσιμο με την πίεση του συστήματος τροφοδοσίας (2,5 ή 3bar). Έτσι, επιτυγχάνεται πάντα μία δυναμική ισορροπία μεταξύ της πίεσης του ενός και του άλλου θαλάμου, δηλαδή, της πίεσης που επικρατεί στο κύκλωμα καυσίμου και της υποπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η σταθερή πτώση πίεσης στις βαλβίδες των εγχυτήρων.

ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ (ΜΠΕΚ)

Τα μπεκ στα διακοπόμενα συστήματα injection, ελέγχονται ηλεκτρονικά από την Η.Μ.Ε. Κάθε κύλινδρος στη μηχανή έχει το δικό του μπεκ. Όταν δεν περνάει ρεύμα από το πηνίο, η βελόνα του μπεκ πιέζεται προς τα κάτω και κλείνει το στόμιο του μπεκ. Όταν περνάει ρεύμα από το πηνίο, η βελόνα έλκεται προς τα επάνω και τραβιέται περίπου 0,1 mm από τα

τοιχώματά της. Έτσι αφήνεται το καύσιμο να ρεύσει προς τα έξω. Προσοχή, στα διακοπτόμενα συστήματα η μέτρηση του καυσίμου που ψεκάζεται στη μηχανή, γίνεται εδώ στη βελόνα του μπεκ. Η ανύψωση της βελόνας από την έδρα της έχει πάντα την ίδια απόσταση. Επίσης η πίεση του καυσίμου που ψεκάζεται, εξαρτάται από το χρόνο που το πηνίο του μπεκ δέχεται ρεύμα και ανοίγει τη βελόνα για να ψεκαστεί καύσιμο. Ο χρόνος έχει μεγάλη σημασία και καθορίζεται από την Η.Μ.Ε. Μετριέται σε ms.

Ο ψεκασμός πρέπει να γίνεται υπό γωνία 25°-30° για να αποφεύγεται η δημιουργία φιλμ καυσίμου λόγω συμπύκνωσης στα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής. Τα πηνία των εγχυτήρων ενεργοποιούνται συχνά δύο φορές σε κάθε πλήρη κύκλο λειτουργίας, ψεκάζοντας κάθε φορά τη μισή απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για ένα κύκλο λειτουργίας του κινητήρα. Ο χρόνος ανοίγματος και κλεισίματος των εγχυτήρων είναι απειροελάχιστος. Πραγματοποιούν άνοιγμα σε χρόνο μικρότερο του 1,5 msec και κλείσιμο μικρότερο του 1msec.

Ο ψεκασμός του καυσίμου για κάθε παλμό έγχυσης γίνεται συγχρόνως από όλους τους εγχυτήρες, ανεξάρτητα από τη θέση των βαλβίδων εισαγωγής. Στις βαλβίδες που είναι κλειστές, το καύσιμο προαποθηκεύεται μέχρι το επόμενο άνοιγμα τους και αναρροφάται από το ρεύμα αέρα.

Η βασική ποσότητα ψεκαζόμενου καυσίμου υπολογίζεται με βάση την ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα και τις στροφές του κινητήρα. Κατά την ψυχρή εκκίνηση χρησιμοποιείται και σε αυτό το σύστημα ένας εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης. Ο έλεγχος του αρχικά πραγματοποιείται με έναν θερμοχρονολογία με διμεταλλικό έλασμα.

Αργότερα, για να βελτιωθεί η ικανότητα "ψυχρής" εκκίνησης, η διάρκεια ψεκασμού του εγχυτήρα ελέγχεται όχι μόνο από το χρονοδιακόπτη, αλλά και από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου σύμφωνα με τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Αποτελείται από την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (Εγκέφαλος) και τους επιμέρους αισθητήρες που καταγράφουν ορισμένες λειτουργίες του κινητήρα και στέλνουν ηλεκτρικά σήματα στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος βρίσκεται μέσα σε μεταλλικό περίβλημα για προστασία από θερμότητα και υγρασία. Τα ηλεκτρικά εξαρτήματα του εγκεφάλου είναι τοποθετημένα

επάνω σε αγωγίμες πλακέτες, ενώ η τοποθέτηση των εξαρτημάτων ισχύος των τελικών βαθμίδων στο μεταλλικό τμήμα του εγκεφάλου, εγγυάται μία καλή αποβολή της θερμότητας. Η σύνδεση του εγκεφάλου με τα μπεκ, τους εντολείς μέτρησης και του δικτύου ρεύματος, επιτυγχάνεται με ένα πολυπολικό φις. Η συνδεσμολογία εισόδου είναι κατασκευασμένη έτσι που να ασφαλίζεται ο εγκέφαλος από ανάποδη πολικότητα και βραχυκυκλώματα.

Ο εγκέφαλος δέχεται τα εξής σήματα:

- Από τον αισθητήρα ροής αέρα, σήματα για την ποσότητα του αέρα που αναρροφά και για τη θερμοκρασία του αέρα.
- Από το διακόπτη της πεταλούδας, για το σημείο που κινείται η πεταλούδα, ανάμεσα στο ρελαντί και στο φουλ.
- Από το διανομέα, για την ταχύτητα της μηχανής.
- Από ειδικούς αισθητήρες, για τη θερμοκρασία της μηχανής.
- Από το γενικό ρελέ. Το ρελέ με τη σειρά του έχει δεχθεί σήματα για το εάν χρειάζεται επιπλέον αέρα η μηχανή, που την τροφοδοτεί ο ειδικός ρυθμιστής αέρα. Όλα αυτά τα σήματα τα δέχεται ο εγκέφαλος, τα επεξεργάζεται και μετά στέλνει στα μπεκ δικό του σήμα και καθορίζει πότε θα ανοίξουν τα μπεκ και για πόσο χρόνο θα παραμείνουν ανοιχτά. Τα σήματα για να ανοίξουν τα μπεκ, στέλνονται ταυτόχρονα σε όλα τα μπεκ, τα οποία ανοίγουν και κλείνουν ταυτόχρονα. Σε κάθε στροφή του στροφαλοφόρου, τα μπεκ ανοίγουν και κλείνουν ανά μία φορά.

Στα σήματα που στέλνονται στον εγκέφαλο, γίνεται επεξεργασία και αξιοποίηση και στη συνέχεια ο εγκέφαλος στέλνει τα κατάλληλα σήματα στα μπεκ και προσδιορίζει πόσο χρόνο θα ψεκάσουν καύσιμο. Τα σήματα που στέλνονται από τους αισθητήρες είναι τριών ειδών:

1. Σήματα για την κύρια λειτουργία της μηχανής και προέρχονται: α) από τη μέτρηση της ταχύτητας

β) από τη μέτρηση της ποσότητας του αέρα που απορροφάει για καύση η μηχανή.

2. Σήματα για αντιμετώπιση ορισμένων καταστάσεων όπως:

- ξεκίνημα της μηχανής όταν ο καιρός είναι πολύ κρύος
- υπερθέρμανση της μηχανής
- υπερφόρτωση του οχήματος.

Ο εγκέφαλος τότε θα δώσει σήμα στα μπεκ, να παραδώσουν περισσότερο ή λιγότερο καύσιμο, ανάλογα με την περίπτωση.

3. Σήματα για πιο ακριβέστερη λειτουργία της μηχανής.

- Για να πετύχουμε άριστες συνθήκες οδήγησης του οχήματος, πρέπει να έχουμε συμπληρωματικές πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας της μηχανής Π.χ. ποιότητα και σύνθεση εκπεμπόμενων καυσαερίων. Οι στροφές της μηχανής είναι ένα από τα πιο καθοριστικά σήματα που παίρνει ο εγκέφαλος. Στα αυτοκίνητα με ηλεκτρονική ανάφλεξη, το σήμα έρχεται από το διανομέα.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΕΡΑ

Το σύστημα εισαγωγής του αέρα είναι αυτό που επιτρέπει την είσοδο και τη μέτρηση της ποσότητας και της θερμοκρασίας του αναρροφούμενου αέρα που οδηγείται στους θαλάμους καύσης του κινητήρα. Η ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα αποτελεί βασικό παράγοντα υπολογισμού της διάρκειας έγχυσης.

Το σύστημα εισαγωγής και μέτρησης αέρα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Φίλτρο αέρα
- Μετρητής ροής αέρα
- Μηχανισμός πεταλούδας επιταχυντή
- Βαλβίδα πρόσθετου αέρα
- Πολλαπλή εισαγωγής
- Φίλτρο αέρα.

ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΑΕΡΑ

Ο μετρητής ροής αέρα, είναι το βασικότερο εξάρτημα στα συστήματα πολλαπλού ψεκασμού. Ένα κατά προσέγγιση μέτρο της ποσότητας του αναρροφούμενου αέρα είναι η υποπίεση που επικρατεί κάθε στιγμή στην πολλαπλή εισαγωγής. Η υποπίεση αυτή εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα που διαμορφώνονται ανάλογα με το φορτίο, το οποίο ελέγχεται από τη γωνία της πεταλούδας του γκαζιού.

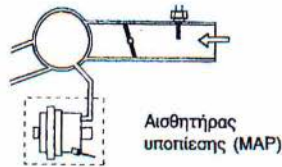
Οι μετρητές αέρα διαχωρίζονται σε :

- Μετρητής Μ.Α.Ρ
- Μετρητής Όγκου Αέρα

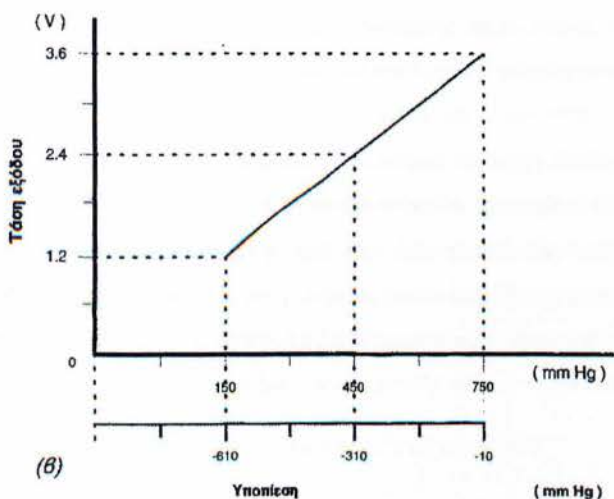
-Μετρητής Μάζα Αέρα

ΜΕΤΡΗΤΗΣ Μ.Α.Ρ

Για τη μέτρηση του αέρα χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας υποπίεσης πολλαπλής εισαγωγής (M.A.P, Manifold Absolute Pressure ή Manifold Air Pressure).



Ο αισθητήρας Μ.Α.Ρ. εξωτερικά φέρει ένα εξωτερικό κλειστό περίβλημα που καταλήγει ο ένα μικρό σωλήνα για τη σύνδεση του στην πολλαπλή εισαγωγής. Στο εσωτερικό του υπάρχει ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) με ένα τσιπ σιλικόνης και ένας στεγανός θάλαμος, ο οποίος διατηρείται σε μία προκαθορισμένη τιμή υποπίεσης. Δηλαδή, η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής εφαρμόζεται σε μια πλευρά του τσιπ σιλικόνης του αισθητήρα, ενώ η άλλη πλευρά του τσιπ εκτίθεται στην υποπίεση του θαλάμου υποπίεσης. Το τσιπ όταν η σιλικόνη παραμορφώνεται, η πίεση πολλαπλής εισαγωγής αλλάζει, οπότε η αντίσταση του τσιπ σιλικόνης αυξομειώνεται σύμφωνα με το βαθμό παραμόρφωσης



Διάγραμμα λειτουργίας του αισθητήρα M.A. P και χαρακτηριστική λειτουργίας του

ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΟΓΚΟΥ ΑΕΡΑ

Η συσκευή μέτρησης όγκου αέρα είναι ενσωματωμένη στον αγωγό αναρρόφησης αέρα, μετά το φίλτρο αέρα και πριν την πεταλούδα του επιταχυντή

Πάνω στον άξονα στήριξης των περυγίων και πίσω από αυτά είναι προσαρμοσμένος ο δρομέας ενός ποτενσιόμετρου. Ο δρομέας παρασύρεται από την κίνηση του περυγίου και μετακινείται. Με αυτόν τον τρόπο η πτώση τάσης που εμφανίζεται στο ποτενσιόμετρο είναι ανάλογη με το άνοιγμα του περυγίου, δηλαδή με την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα. Ταυτόχρονα, παρασύρεται σε περιστροφή και το περύγιο αντιστάθμισης και αυτό συμπιέζει τον αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος στο πάνω μέρος του μετρητή, ώστε να επιτυγχάνεται η απόσβεση των κραδασμών.

Ο μηχανισμός μέτρησης είναι σχεδιασμένος, ώστε να εξασφαλίζεται μία λογαριθμική σχέση μεταξύ της γωνίας του περυγίου μέτρησης και της ποσότητας του αέρα που αναρροφάται. Η λογαριθμική σχέση προσδίδει στο σύστημα την ιδιότητα να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στην αφόρτιστη λειτουργία, όπου έχουμε μικρή ροή αέρα.

Για τη ρύθμιση του μείγματος στην αφόρτιστη λειτουργία υπάρχει ένας παρακαμπτήριος αγωγός στο κάτω μέρος του μετρητή, απ' όπου μια μικρή ποσότητα αέρα παρακάμπτει το περύγιο μέτρησης.

Μέσα στο χώρο του ποτενσιομέτρου βρίσκεται ο διακόπτης της αντλίας καυσίμου, όταν έχει επιλεγεί αυτό το σύστημα ασφαλείας, για τη διακοπή της ροής του καυσίμου, σε περίπτωση σύγκρουσης.

Στον μετρητή ροής αέρα και μπροστά από το πτερύγιο μέτρησης είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής. Αυτός ο αισθητήρας ανιχνεύει τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής. Ο αισθητήρας αποτελείται από ένα θερμίστορ N.T.C. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα προκαλούν τη μεταβολή της αντίστασης του θερμίστορ. Η μεταβολή της αντίστασης έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της τάσης αναφοράς του αισθητήρα, η οποία αποτελεί το εισερχόμενο σήμα για την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.



ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΑΕΡΑ

Η στοιχειομετρική αναλογία αέρα-καυσίμου, όπως έχουμε προαναφέρει, είναι 14,7:1 κατά βάρος. Με δεδομένο τον όγκο του σωλήνα προσαγωγής αέρα, το βάρος του αναρροφούμενου αέρα εξαρτάται από την πυκνότητα του. Ο μετρητής ροής αέρα δε μετρά τη ροή του αέρα σε μάζα αέρα, αλλά σε όγκο αέρα. Επομένως, σε διαφορετική πυκνότητα η μέτρηση του όγκου δεν αντιστοιχεί στη στοιχειομετρικά αντιστοιχούσα μάζα. Ο μετρητής μάζας αέρα, όπως φανερώνει και η ονομασία του, μετράει την ποσότητα της μάζας και όχι του όγκου του αέρα

εισαγωγής. Επομένως ο εγκέφαλος πρέπει να τροποποιεί τα δεδομένα της μέτρησης λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία, τη βαρομετρική πίεση και άλλους παράγοντες.

Ο μετρητής μάζας του εισερχόμενου αέρα είναι ένας από τους νεότερους τύπους μετρητών. Το σύστημα, που εφαρμόστηκε αρχικά από την BOSCH, ονομάστηκε LH-jetronic. Με τη χρήση αυτού του μετρητή το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν επηρεάζεται από την πυκνότητα του αέρα, η οποία εξαρτάται από την πίεση και κυρίως από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αποτελείται από το εξωτερικό περιβλήμα, που μοιάζει με σωλήνα, στο εσωτερικό του οποίου είναι τοποθετημένο ένα μεταλλικό νήμα (σύρμα) από πλατίνα (Pt).

2.4.4.1 ΓΕΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι συνθήκες που επικρατούν στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του κινητήρα μεταφέρονται ως σήματα από τους αισθητήρες στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU) μετά από επεξεργασία των σημάτων ελέγχει τους ενεργοποιητές.

Η βασική διάρκεια ψεκασμού υπολογίζεται από δύο σήματα:

1. Από το σήμα μέτρησης φορτίου του κινητήρα (Μετρητής υποπίεσης πολλαπλής Μ.Α.Ρ., Μετρητής όγκου αέρα, Μετρητής μάζας αέρα)
2. Από το σήμα των στροφών του κινητήρα.

Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με ένα πρόγραμμα που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη της ECU, ώστε να προσδιορίζεται η βέλτιστη διάρκεια ψεκασμού καυσίμου για κάθε κατάσταση του κινητήρα, βασιζόμενη σε σήματα από διάφορους άλλους αισθητήρες.

Μέθοδος ψεκασμού καυσίμου και χρονισμός ψεκασμού

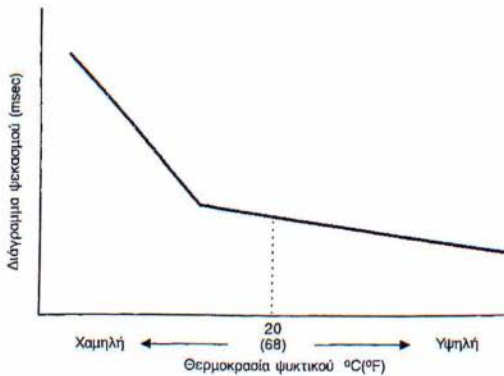
Ο ψεκασμός καυσίμου μπορεί να γίνει από τους εγχυτήρες σε όλους τους κυλίνδρους ταυτόχρονα, ή σε ομάδες κυλίνδρων κατ' ακολουθία, ή σε κάθε κύλινδρο ξεχωριστά.

Ο χρονισμός ψεκασμού καυσίμου μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με το μοντέλο. Ορισμένοι κινητήρες ξεκινούν κάθε στιγμή με έναν προκαθορισμένο χρονισμό και άλλοι κινητήρες ξεκινούν με ένα χρονισμό που υπολογίζεται από την ηλεκτρονική μονάδα, σύμφωνα με τον αέρα, τις στροφές του κινητήρα κ.λπ.

Έλεγχος διάρκειας ψεκασμού

Εκτός από τη βασική διάρκεια ψεκασμού, η βέλτιστη διάρκεια ψεκασμού προϋποθέτει διορθώσεις. Οι διορθώσεις διαφέρουν και εξαρτώνται από το μοντέλο του κινητήρα.

Κατά τη διάρκεια της εκκίνησης είναι δύσκολο στο σύστημα μέτρησης αέρα να προσδιορίζει την ακριβή ποσότητα αέρα Γι' αυτό το λόγο η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου επιλέγει από τη μνήμη της μια βασική διάρκεια ψεκασμού, που είναι κατάλληλη για τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού, ανεξάρτητα από τη μέτρηση του αέρα Στη συνέχεια προστίθεται μια διόρθωση από τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής και μια διόρθωση τάσης για να επιτευχθεί η πραγματική διάρκεια ψεκασμού. Αν το σύστημα διαθέτει εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης, ο ψεκασμός από αυτόν τον εγχυτήρα βελτιώνει την ικανότητα εκκίνησης

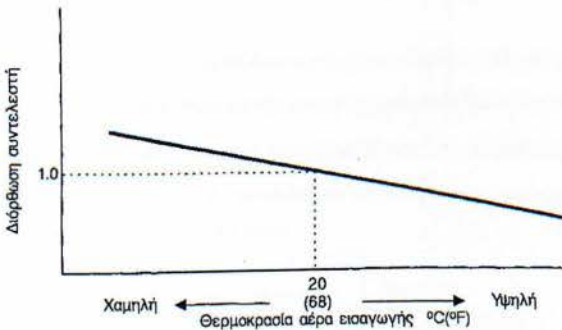


Χαρακτηριστική διάρκειας ψεκασμού σε σχέση με τη θερμοκρασία του κινητήρα

Όταν ο κινητήρας λειτουργεί στη φάση προθέρμανσης, η βασική διόρθωση προέρχεται από τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα στις διάφορες συνθήκες γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με τις πληροφορίες που δέχεται η ECU και τις απαιτήσεις του κινητήρα.

Διόρθωση από τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου πρέπει να γνωρίζει με ακρίβεια τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής, ώστε να διατηρήσει τη σχέση αέρα-καυσίμου που απαιτείται εκείνη τη στιγμή από τον κινητήρα. Γι' αυτό το λόγο η ECU θεωρεί τους 20°C ότι είναι η "κανονική θερμοκρασία" και αυξάνει ή μειώνει την ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται, ανάλογα με το αν η θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής μειώνεται ή αυξάνεται σε σχέση με αυτή τη θερμοκρασία



Διόρθωση της διάρκειας ψεκασμού ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής

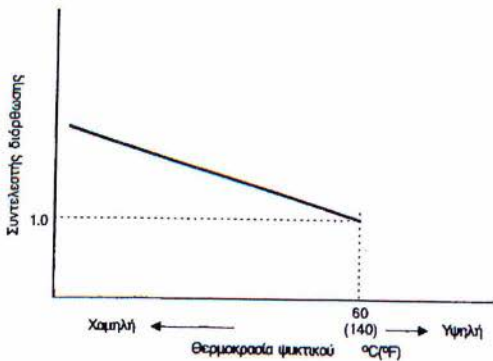
Ψυχρή εκκίνηση

Όταν ο κινητήρας παίρνει εμπρός, πρέπει να ψεκαστεί πρόσθετο καύσιμο, γιατί μέρος του καυσίμου αυτού συμπυκνώνεται στα κρύα τοιχώματα του κυλίνδρου. Για να αντιμετωπισθεί η κατάσταση ο εγκέφαλος παίρνοντας σήμα για την κρύα μηχανή από τον διακόπτη της μηχανής, δίνει εντολή στα μπεκ να μείνουν περισσότερο χρόνο ανοικτά. Μόλις γυρίσουμε το διακόπτη της μηχανής, το ρελέ τροφοδοτεί με ρεύμα και ενεργοποιεί το μπεκ ψυχρής εκκίνησης. Το μπεκ αυτό, ψεκάζει καύσιμο μέσα στην πολλαπλή, για να κάνει πιο πλούσιο το μίγμα για όλους τους κυλίνδρους. Όταν το μπεκ δε δέχεται ρεύμα, ένα ελατήριο πιέζει τον κινητό οπλισμό του πηνίου επάνω στην έδρα του και κρατάει το μπεκ κλειστό. Όταν όμως το πηνίο δεχθεί ρεύμα, ο οπλισμός του διεγείρεται και ανασηκώνεται από την έδρα του και η βαλβίδα του μπεκ ανοίγει και ψεκάζει καύσιμο.

Το μπεκ για κρύο ξεκίνημα, είναι τοποθετημένο στην πολλαπλή εισαγωγής και ψεκάζει κατά τη φορά του ρεύματος της πεταλούδας. Το μπεκ για κρύο ξεκίνημα λειτουργεί πάντοτε σε συνδυασμό με το θερμικό χρονοδιακόπτη.

Διόρθωση της σχέσης αέρα-καυσίμου κατά τις απότομες μεταβολές φορτίου

Μία απότομη μεταβολή φορτίου είναι η στιγμή που αλλάζουν οι στροφές του κινητήρα κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης. Όταν ο εγκέφαλος ανιχνεύει επιτάχυνση του κινητήρα παίρνοντας πληροφορίες από τον μετρητή αέρα, τις στροφές του κινητήρα και τη θέση της πεταλούδας, αυξάνει τον όγκο του ψεκασμού για να βελτιωθεί η απόδοση της επιτάχυνσης.



Διόρθωση της διάρκειας ψεκασμού ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα

Όταν ο εγκέφαλος ανιχνεύει επιβράδυνση του κινητήρα, μειώνει τον όγκο του ψεκασμού, λειτουργία που είναι απαραίτητη για να εμποδίσει ένα υπερπλούσιο ψεκασμό κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης.

Εμπλουτισμός πλήρους φορτίου

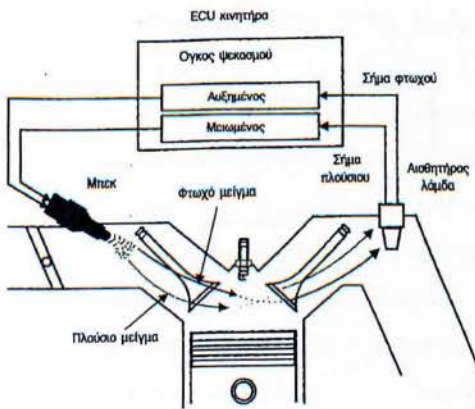
Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με πλήρες φορτίο ο όγκος ψεκασμού αυξάνεται σύμφωνα με το φορτίο. Σε ορισμένους κινητήρες η ανίχνευση του πλήρους φορτίου γίνεται από τη /ωνία ανοίγματος της πεταλούδας, ενώ σε άλλους από τη μέτρηση του αέρα εισαγωγής.

Στη μνήμη του εγκεφάλου είναι αποθηκευμένος ο μέγιστος επιτρεπτός αριθμός στροφών του κινητήρα για την ομαλή λειτουργία. Μόλις ο εγκέφαλος αναγνωρίσει μια μικρή υπέρβαση του

ορίου στροφών διακόπτει την έγχυση, με αποτέλεσμα να πέσουν οι στροφές. Όταν οι στροφές πέσουν κάτω του ορίου, επαναλαμβάνεται η έγχυση. Αν ο οδηγός επιμένει να πατά το πεντάλ του γκαζιού, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με συνεχείς αυξομειώσεις των στροφών γύρω από το αποθηκευμένο όριο. Η απόδοση του κινητήρα μειώνεται και ο οδηγός οφείλει να μειώσει τις απαιτήσεις του από τον κινητήρα.

Διόρθωση του μείγματος από τον αισθητήρα λάμδα

Η ηλεκτρονική μονάδα δέχεται τα σήματα από τον αισθητήρα λάμδα και διορθώνει τη διάρκεια ψεκασμού, ώστε να κρατήσει τη σχέση αέρα-καυσίμου μέσα σε μία στενή περιοχή κοντά στη στοιχειομετρική σχέση αέρα-καυσίμου. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται λειτουργία κλειστού βρόγχου.



Διόρθωση μείγματος από τον αισθητήρα λ

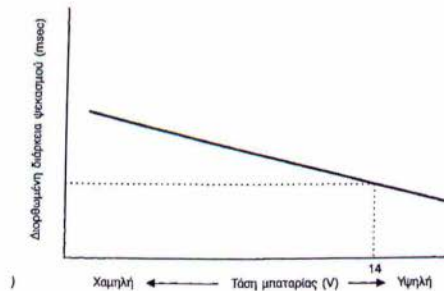
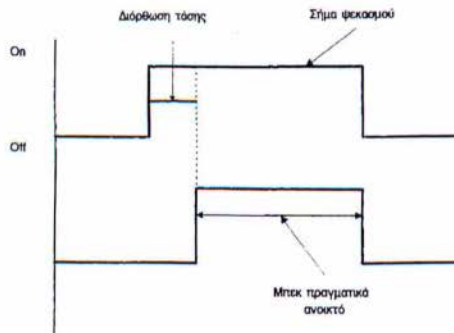
Για να εξασφαλιστεί η καλή λειτουργία του κινητήρα, η στοιχειομετρική ρύθμιση της σχέσης αέρα-καυσίμου δεν πραγματοποιείται κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες λειτουργίας:

- Κατά τη διάρκεια της εκκίνησης
- Κατά τη διάρκεια της θερμής λειτουργίας
- Κατά τη διάρκεια της απότομης επιτάχυνσης (σε ορισμένους κινητήρες)
- Κατά τη διάρκεια πλήρους φορτίου.

Διόρθωση τάσης

Μεταξύ του χρόνου που η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου στέλνει ένα σήμα έγχυσης στους εγχυτήρες και του χρόνου που οι εγχυτήρες πραγματικά ανοίγουν, υπάρχει μία μικρή χρονική καθυστέρηση. Αυτή η καθυστέρηση γίνεται μεγαλύτερη, όταν μειώνεται η τάση του συστήματος φόρτισης. Αυτό σημαίνει ότι η χρονική διάρκεια που οι βαλβίδες των εγχυτήρων παραμένουν ανοικτές, θα είναι μικρότερη από αυτή που υπολογίζεται από τον εγκέφαλο, ώστε η πραγματική σχέση αέρα-καυσίμου να είναι φτωχότερη από την απαιτούμενη.

Στη διαδικασία διόρθωσης της τάσης, ο εγκέφαλος αντισταθμίζει αυτήν την καθυστέρηση, αυξάνοντας τη διάρκεια του σήματος ψεκασμού με μια περίοδο που αντιστοιχεί στο χρόνο αυτής της καθυστέρησης. Έτσι διορθώνεται η πραγματική περίοδος ψεκασμού, ώστε να αντιστοιχεί με αυτήν που υπολογίζεται από την ηλεκτρονική μονάδα.



Διόρθωση της διάρκειας ψεκασμού ανάλογα με την τάση του συσσωρευτή

Λειτουργίες ανάγκης (SAFE MODE)

Αν ένας αισθητήρας, είτε από βλάβη του ίδιου, είτε της ηλεκτρικής συνδεσμολογίας (φίς) πάψει να πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η λειτουργία του κινητήρα δεν πρέπει να σταματήσει. Για να εξακολουθήσει ο κινητήρας να λειτουργεί, πρέπει το σήμα που έπαιρνε ο εγκέφαλος να αντικατασταθεί με ένα εναλλακτικό σε μία μέση τιμή.

Τέτοια εναλλακτικά σήματα είναι καταχωρημένα στη μνήμη του εγκεφάλου και ανακαλούνται κάθε φορά που το σήμα ενός αισθητήρα δε φθάνει στον εγκέφαλο.

Μερικά τέτοια εναλλακτικά σήματα είναι:

- Όταν ο αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα δε δίνει σήμα, ο εγκέφαλος θεωρεί δεδομένη τη θερμοκρασία των 100°C.
- Όταν ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα δε δίνει σήμα, ο εγκέφαλος θεωρεί δεδομένη τη θερμοκρασία των 20°C.
- Όταν ο αισθητήρας "λ" δε δίνει σήμα, θεωρείται δεδομένη η τιμή $\lambda=1$.
- Όταν δεν υπάρχει σήμα από το ποτενσιόμετρο της πεταλούδας, τότε δεν μπορεί να γίνει ρύθμιση του χρόνου έγχυσης με βάση το χαρακτηριστικό πεδίο λάμδα και ο χρόνος υπολογίζεται μόνο από το σήμα των στροφών του κινητήρα.

Σύστημα ανακύκλωσης και καύσης αναθυμιάσεων καυσίμου

Τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι εφοδιασμένα με ένα σύστημα, που δεσμεύει τις αναθυμιάσεις του καυσίμου σε ένα δοχείο ενεργού άνθρακα και στη συνέχεια το οδηγεί στους θαλάμους καύσης μέσα από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Το δοχείο ενεργού άνθρακα είναι τοποθετημένο συνήθως στο χώρο του κινητήρα. Ο ενεργός άνθρακας έχει την ιδιότητα να δεσμεύει τους ατμούς καυσίμου, που δημιουργούνται όταν το αυτοκίνητο είναι σταθμευμένο. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα, ατμοσφαιρικός αέρας περνά μέσα από το δοχείο ενεργού άνθρακα, εμπλουτίζεται με τους δεσμευμένους υδρογονάνθρακες και στη συνέχεια οδηγείται στην πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα του γκαζιού. Για τον έλεγχο της ανακύκλωσης των αναθυμιάσεων και την διατήρηση της στοιχειομετρικής αναλογίας υπάρχει μια ανεπίστροφη ρυθμιστική βαλβίδα, η οποία ελέγχεται από ένα πρόγραμμα που βρίσκεται στην μνήμη του εγκεφάλου.

2.4.5 ΣΥΣΤΗΜΑ MONO-JETRONIC

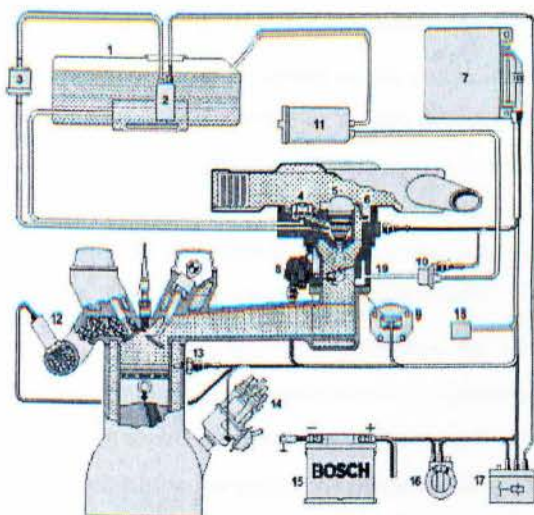
Το Mono-Jetronic είναι ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ψεκασμού μονού σημείου και χαμηλής πίεσης, μ' έναν ηλεκτρομαγνητικό εγχυτήρα για όλους τους κυλίνδρους.

Το κύριο κομμάτι του Mono-Jetronic είναι η συσκευή ψεκασμού με τον ηλεκτρομαγνητικό εγχυτήρα. Η έγχυση του καυσίμου είναι διακεκομμένη και πάνω από την πεταλούδα στραγγαλισμού.

Η διανομή του καυσίμου στους κυλίνδρους γίνεται μέσω της πολλαπλής εισαγωγής. Διάφοροι αισθητήρες μαζεύουν όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα, που είναι απαραίτητες για την καλύτερη προσαρμογή του μίγματος. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου υπολογίζει τα σήματα για τη ρύθμιση του εγχυτήρα, της πεταλούδας και της βαλβίδας ανακούφισης.

Τα συστήματα από τα οποία αποτελείται το Mono-Jetronic είναι:

- α) Σύστημα παροχής καυσίμου.
- β) Λήψη στοιχείων για τη λειτουργία του κινητήρα.
- γ) Επεξεργασία στοιχείων για τη λειτουργία.



Διάγραμμα του συστήματος Mono-Jetronic

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| 1. Ρεζερβουάρ καυσίμου | 2. Ηλεκτρική αντλία καυσίμου |
| 3. Φίλτρο καυσίμου | 4. Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου |
| 5. Ηλεκτρομαγνητικός εγχυτήρας αέρα | 6. Αισθητήρας θερμοκρασίας |
| 7. ECU | 8. Ρυθμιστής πεταλούδας |
| 9. Ρυθμιστής πεταλούδας | 10. Ανακουφιστική βαλβίδα |
| 11. Δοχείο ενεργού άνθρακα | 12. Αισθητήρας λάμδα |
| 13. Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα | 14. Διανομέας |
| 15. Μπαταρία | 16. Διακόπτης κινητήρα |
| 17. Ρελέ | 18. Διαγνωστικό φως |
| 19. Συσκευή ψεκασμού | |

Σύστημα παροχής καυσίμου

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται το σύστημα παροχής καυσίμου είναι:

- α) το ρεζερβουάρ
- β) η ηλεκτρική αντλία καυσίμου
- γ) το φίλτρο
- δ) ο ρυθμιστής πίεσης
- ε) η συσκευή ψεκασμού

Το σύστημα παροχής καυσίμου χρησιμοποιείται στη μεταφορά του καυσίμου από το ρεζερβουάρ στη συσκευή ψεκασμού. Η ηλεκτρική αντλία μεταφέρει το καύσιμο συνεχώς από το ρεζερβουάρ, μέσω του φίλτρου και του ρυθμιστή πίεσης, στη συσκευή ψεκασμού. Η ηλεκτρική αντλία καυσίμου μπορεί να είναι τοποθετημένη είτε εξωτερικά είτε να είναι βυθισμένη στο ρεζερβουάρ.

Συνήθως η αντλία καυσίμου που χρησιμοποιείται στο Mono-Jetronic είναι βυθιζόμενη, τοποθετείται μέσα στο ρεζερβουάρ σε ειδική βάση και περιλαμβάνει ένα φίλτρο, δοχείο στροβιλισμού, καθώς και υποδοχές για τις συνδέσεις, είτε ηλεκτρικές είτε υδραυλικές. Ο κινητήρας της αντλίας και η αντλία βρίσκονται στο ίδιο κέλυφος και περιβρέχονται συνεχώς με καύσιμο λόγω έλλειψης οξυγόνου, δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης. Επάνω στο καπάκι είναι προσαρμοσμένες οι ηλεκτρικές και οι υδραυλικές συνδέσεις καθώς και η βαλβίδα αντεπιστροφής, που έχει σαν στόχο να διατηρεί την πίεση του συστήματος για κάποιο χρονικό διάστημα μετά το σταμάτημα της αντλίας προς αποφυγή δημιουργίας φυσαλίδων, λόγω θερμοκρασίας.

Η αντλία είναι χαμηλής πίεσης και διαβαθμισμένη, δηλαδή έχει μια αντλία με κανάλια πλευρικά και μια αντλία η οποία είναι περιφερειακή. Η κινητική ενέργεια του καυσίμου από μία φτερωτή μετατρέπεται σε πίεση. Το καύσιμο από τα πλευρικά κανάλια διοχετεύεται στο κύριο κανάλι και μέσω της ανεπίστροφης βαλβίδας οδηγείται στο σύστημα τροφοδοσίας.

2.4.5.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι αισθητήρες παίρνουν όλες τις σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα ανά πάσα στιγμή. Αυτές οι πληροφορίες πηγαίνουν στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου υπό μορφή ηλεκτρικών σημάτων.

Στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μετατρέπονται σε σήματα ψηφιακά, επεξεργάζονται και κατόπιν ενεργοποιούν τους διάφορους ρυθμιστές. Οι πληροφορίες που πρέπει να πηγαίνουν στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου έχουν σχέση με τη γωνία της πεταλούδας, τον αριθμό στροφών του κινητήρα, τη θερμοκρασία του αέρα της εισαγωγής, την πλήρωση του κινητήρα, τη

θερμοκρασία του κινητήρα, αισθητήρα Λάμδα, τις διάφορες λειτουργικές καταστάσεις του κινητήρα (πλήρες φορτίο, ρελαντί) καθώς και με τη μπαταρία (τάση) και -εάν υπάρχουν- με το αυτόματο κιβώτιο και τον κλιματισμό.

Τροφοδοσία αέρα στον κινητήρα

Στο Mono-Jetronic ο καθορισμός του αέρα πλήρωσης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του αριθμού στροφών του κινητήρα και τη γωνία της πεταλούδας. Ο οδηγός προσδιορίζει τη θέση της πεταλούδας, άρα και την ποσότητα του αέρα που αναρροφάται από τον κινητήρα με το πεντάλ γκαζιού. Μ' αυτόν τον τρόπο διαλέγει ένα συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας. Το ποτενσιόμετρο, που υπάρχει στην πεταλούδα, παίρνει τη γωνία απόκλισης της πεταλούδας. Καταστάσεις οι οποίες επηρεάζουν την ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα από τον κινητήρα -εκτός από την πεταλούδα- είναι ο αριθμός στροφών του κινητήρα και η πυκνότητα του αέρα. Το σώμα της πεταλούδας στο Mono-Jetronic, είναι ένα ευαίσθητο όργανο μέτρησης του αέρα και στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μεταφέρει ένα πολύ ακριβές σήμα της γωνίας της πεταλούδας. Η εγκατάσταση της ανάφλεξης παρέχει την πληροφορία για τον αριθμό στροφών. Η πίεση του καυσίμου είναι σταθερή στον εγχυτήρα σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση.

Θερμοκρασία του κινητήρα

Η θερμοκρασία του κινητήρα έχει επίδραση στην κατανάλωση του καυσίμου. Ένας αισθητήρας στο κύκλωμα της ψύξης μετρά τη θερμοκρασία του κινητήρα και μεταφέρει ένα ηλεκτρικό σήμα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου επεξεργάζεται τη μεταβολή της αντίστασης με τη θερμοκρασία. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας αποτελείται από ένα σώμα μέσα στο οποίο υπάρχει μία αντίσταση NTC.

Γωνία πεταλούδας

Το σήμα της γωνίας της πεταλούδας χρησιμεύει στη μονάδα ελέγχου, για τον υπολογισμό της θέσης της πεταλούδας και της γωνιακής ταχύτητας της πεταλούδας. Η θέση της πεταλούδας είναι ένα σημαντικό στοιχείο, για τη διαδικασία λήψης του βαθμού πλήρωσης αέρα, για τον υπολογισμό του χρόνου έγχυσης και για τη ρύθμιση της πεταλούδας με αυτόματο τσοκ. Η γωνιακή ταχύτητα της πεταλούδας χρησιμεύει στην αντιστάθμιση των διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας. Για να επιτύχουμε άψογη και καθαρή λειτουργία του κινητήρα,

πρέπει η ευκρίνεια του σήματος του βαθμού πλήρωσης αέρα και του χρόνου έγχυσης να είναι τόσο μεγάλη, ώστε να είναι πραγματοποιήσιμη μια ρύθμιση της σχέσης αέρα = καυσίμου με ακρίβεια. Η περιοχή του κινητήρα, στην οποία ο βαθμός πλήρωσης μεταβάλλεται πολύ σε σχέση με τη γωνία της πεταλούδας, βρίσκεται σε μικρές γωνίες της πεταλούδας και στις χαμηλές στροφές, π.χ. ρελαντί.

Ποτενσιόμετρο της πεταλούδας

Ο βραχίονας επαφών του ποτενσιόμετρου συνδέεται κατευθείαν με τον άξονα της πεταλούδας. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις και οι αντιστάσεις του ποτενσιόμετρου είναι τοποθετημένες πάνω σε μία ελαστική πλάκα, που είναι βιδωμένη στο κάτω μέρος της συσκευής έγχυσης. Η τροφοδοσία γίνεται μ' έναν σταθεροποιητή τάσης SV. Για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ευκρίνειας του σήματος, η γωνία της πεταλούδας -για την περιοχή μεταξύ του ρελαντί και πλήρους ισχύος διανέμεται σε δύο επαφές αντίστασης. Σε καθένα από τα ελλείματα αντίστασης αντιστοιχεί και ένα έλλασμα συλλέκτη. Ο βραχίονας επαφών έχει τέσσερις ψήκτρες, για κάθε αγωγό του ποτενσιόμετρου. Οι ψήκτρες των ελλασμάτων των αντιστάσεων και των ελλασμάτων των συλλεκτών, είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Μι αυτόν τον τρόπο το σήμα μεταφέρεται από το έλλασμα της αντίστασης στο έλλασμα του συλλέκτη.

Το πρώτο έλλασμα περιλαμβάνει περιοχές γωνίας από 00_240 και το δεύτερο από 180_900. Μέσα στη μονάδα ελέγχου, με τη βοήθεια ενός μετατροπέα, μετατρέπονται τα σήματα της γωνίας πεταλούδας, ξεχωριστά, από αναλογικά σε ψηφιακά. Ένας στεγανωτικός δακτύλιος εμποδίζει την υγρασία στο ποτενσιόμετρο.

Θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής

Η πυκνότητα του αέρα της εισαγωγής εξαρτάται από τη θερμοκρασία του. Για να αντισταθμιστεί η επίδραση αυτής της θερμοκρασίας, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας μετράει τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής στην πλευρά της συσκευής έγχυσης και στέλνει το σήμα στη μονάδα ελέγχου. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής έχει μία αντίσταση NTC. Για

να είναι εύκολη και γρήγορη η λήψη των αλλαγών της θερμοκρασίας του αέρα, η αντίσταση NTC βρίσκεται στην άκρη του αισθητήρα, έτσι ώστε να βρίσκεται στην περιοχή της υψηλότερης ταχύτητας του αέρα. Η ηλεκτρική σύνδεση και το φως του εγχυτήρα σχηματίζουν ένα τετραπολικό φως.

Καταστάσεις λειτουργίας

Η αναγνώριση των καταστάσεων λειτουργίας, όπως ρελαντί ή πλήρης ισχύς, είναι σημαντική για τον εμπλουτισμό, για την πλήρη ισχύ και τη διακοπή στο ρελαντί. Έτσι έχουμε την ιδανικότερη ποσότητα έγχυσης σ' αυτές τις καταστάσεις λειτουργίας.

Η περίπτωση του ρελαντί με την πεταλούδα κλειστή, αναγνωρίζεται μέσω της επαφής ενός διακόπτη ρελαντί, που βρίσκεται στο ρυθμιστή πεταλούδας. Η επαφή του ρελαντί κλείνει με τη βοήθεια ενός μικρού ωστηρίου που βρίσκεται στον άξονα με τη βοήθεια της πεταλούδας. Η μονάδα ελέγχου ενεργοποιεί την πλήρη ισχύ μέσω του ηλεκτρικού σήματος του ποτενσιόμετρου της πεταλούδας.

Επεξεργασία των δεδομένων λειτουργίας του κινητήρα

Τα διάφορα αναλογικά σήματα, που προέρχονται από τους αισθητήρες, μετατρέπονται από τον αναλογικό - ψηφιακό μετατροπέα σε στοιχεία τα οποία, μέσω μιας συσκευής ανάγνωσης, εισάγονται στον μικροεπεξεργαστή. Το κύριο κομμάτι της μονάδας ελέγχου είναι ένας μικροεπεξεργαστής, ο οποίος ρυθμίζει όλες τις λειτουργικές καταστάσεις του κινητήρα σύμφωνα με τα διάφορα στάνταρ που είναι καταγραμμένα στη μνήμη του.

Έγχυση καυσίμου

Το σύστημα έγχυσης πρέπει να είναι σε θέση να τροφοδοτεί τον κινητήρα, τόσο με μικρές ποσότητες καυσίμου (ρελαντί), αλλά και με μεγάλη ποσότητα (κατάσταση πλήρους

φορτίου). Η ομοιόμορφη κατανομή του μίγματος αέρα - καυσίμου σ' όλους τους κυλίνδρους είναι ο σκοπός του συστήματος MonoJetronic. Ο έγχυτήρας είναι τοποθετημένος στο κέλυφος και στο επάνω μέρος της συσκευής έγχυσης και η στήριξή του επιτυγχάνεται με βραχίονα.

Είναι τοποθετημένος στο κέντρο της εισαγωγής του αέρα και πάνω από την πεταλούδα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολύ καλή ανάμιξη του καυσίμου με το ρεύμα του αέρα. Η έγχυση γίνεται σε μορφή κώνου εκτόξευσης και στην περιοχή της ισχυρότερης ροής του αέρα μεταξύ της πεταλούδας και του περιβλήματός της.

Προσαρμογή του μίγματος

Κατά την εκκίνηση του κρύου κινητήρα, επικρατούν κακές συνθήκες εξαέρωσης του ψεκαζόμενου καυσίμου, δηλαδή κρύα τοιχώματα πολλαπλής εισαγωγής, κρύος χώρος καύσης και κρύα χιτώνια, υψηλή πίεση αέρα εισαγωγής και κρύος αέρας εισαγωγής.

Αυτές οι συνθήκες εξαέρωσης έχουν σαν αποτέλεσμα την υγροποίηση κάποιας ποσότητας καυσίμου επάνω στα κρύα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής, σε μορφή στρώματος υγρού. Για να σταματήσει γρήγορα η δημιουργία του στρώματος καυσίμου στα τοιχώματα της εισαγωγής και για να καεί όλη η ποσότητα του καυσίμου, πρέπει κατά το χρόνο της εκκίνησης να παρέχεται καύσιμο περισσότερο από αυτό που χρειάζεται για την καύση σε σχέση με την ποσότητα του αέρα εισαγωγής. Η υγροποίηση του καυσίμου εξαρτάται από τη θερμοκρασία της πολλαπλής εισαγωγής. Οι ενεργοί χρόνοι έγχυσης κατά την εκκίνηση καθορίζονται από τη μονάδα ελέγχου, σε σχέση με τη θερμοκρασία του κινητήρα.

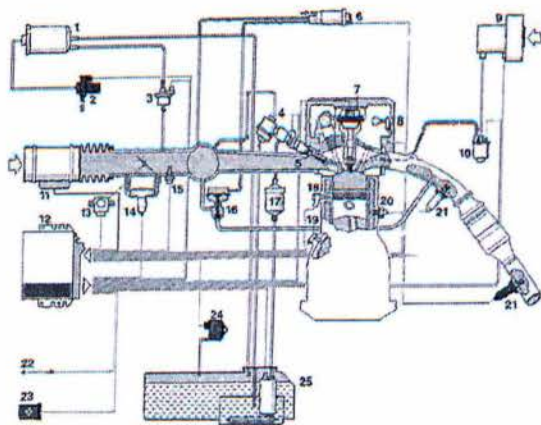
Εκτός από τη θερμοκρασία των τοιχωμάτων της πολλαπλής εισαγωγής, το στρώμα του καυσίμου εξαρτάται επίσης και από την ταχύτητα ροής του αέρα στην εισαγωγή. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ροής, τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα υγροποίησης του καυσίμου στα τοιχώματα της εισαγωγής. Γι' αυτό το λόγο μειώνεται ο χρόνος έγχυσης και αυξάνει ο αριθμός στροφών. Για την επιτυχία μικρών χρόνων εκκίνησης, πρέπει αφενός το στρώμα στο τοίχωμα να αναπτυχθεί πολύ γρήγορα δηλαδή, σε λίγο χρόνο μεγάλη παροχή καυσίμου- και αφετέρου να ληφθούν μέτρα, ώστε ο κινητήρας να μην μπουκώσει.

Για την εκπλήρωση αυτών των βασικών απαιτήσεων οι χρόνοι έγχυσης, στην αρχή, είναι αρκετά μεγάλοι και μειώνονται σταδιακά με την αύξηση των στροφών εκκίνησης. Η απαιτούμενη για την καύση ποσότητα αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής.

Ο ψυχρός αέρας είναι πιο πυκνός από το ζεστό αέρα. Έτσι με σταθερή θέση πεταλούδας, το γέμισμα των κυλίνδρων μειώνεται με αυξανόμενη θερμοκρασία αέρα. Η συσκευή ψεκασμού του Mono-Jetronic διαθέτει έναν αισθητήρα θερμοκρασίας, ο οποίος μεταφέρει τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής στη μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου διορθώνει το χρόνο ή την ποσότητα έγχυσης με τη βοήθεια ενός συντελεστή εμπλουτισμού, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα.

2.4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ MOTRONIC

Το MOTRONIC συνδυάζει το σύστημα της ανάφλεξης με το σύστημα ψεκασμού και ελέγχει τα δύο συστήματα ηλεκτρονικά. Κατ' αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια ο χρόνος ανάφλεξης και η ποσότητα του καυσίμου. Πυρήνας του MOTRONIC είναι η Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, μέσα στην οποία λειτουργεί ψηφιακά ένας μικροϋπολογιστής.



Διάγραμμα λειτουργίας MOTRONIC

1. Δοχείο ενεργού άνθρακα
2. Διακοπτής κινητήρα
3. Βαλβίδα ανακούφισης
4. Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου
5. Μπεκ
6. Αισθητήρας πίεσης
7. Παλλασιασιστής
8. Αισθητήρας φάσης
9. Βοηθητική αντλία αέρα
10. Βοηθητική βαλβίδα αέρα
11. Μετρητής μάζας αέρα
12. ECU
13. Αισθητήρας πεταλούδας
14. Τσοκ
15. Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα
16. Ανακυκλοφορία καυσαερίων
17. Φίλτρο καυσίμου
18. Αισθητήρας κτυπήματος

Ψεκασμός καυσίμου

Ο ηλεκτρονικά ελεγχόμενος, διακοπτόμενος ψεκασμός της βενζίνης, βασίζεται στο δοκιμασμένο σύστημα ψεκασμού της βενζίνης L-JETRONIC. Μία σημαντική διαφορά υπάρχει στην επεξεργασία των σημάτων, που εδώ γίνεται ψηφιακά και επιτρέπει μεγαλύτερη περιοχή λειτουργίας.

Μέτρηση ποσότητας αέρα

Η αναρροφούμενη από τη μηχανή ποσότητα αέρος είναι ένα δεδομένο μέτρησης για την κατάσταση του φορτίου της. Το κλαπέτο στο μετρητή της ποσότητας του αέρα, μετράει τη συνολική από τον κινητήρα αναρροφούμενη ποσότητα του αέρα. Αυτή η δεδομένη ποσότητα (μαζί με τον αριθμό των στροφών), εξυπηρετεί σαν πρωτεύων παράγοντας που απαιτείται για τον υπολογισμό του σχηματισμού του σήματος "φορτίο" και απ' αυτό, της βασικής ποσότητας ψεκασμού. Από τη μετρημένη ποσότητα αέρος και τον καταγραφόμενο αριθμό των στροφών, ο μικροϋπολογιστής υπολογίζει παράλληλα την ακριβή γωνία ανάφλεξης και τον αντίστοιχο χρόνο ψεκασμού, ο οποίος όπως και στη γωνία ανάφλεξης είναι προσαρμοσμένος σε κάθε φάση λειτουργίας.

Έγχυση καυσίμου

Το σύστημα του καυσίμου διαφέρει στα εξαρτήματά του ελάχιστα από το γνωστό L-JETRONIC. Μία ηλεκτρικά κομπλαρισμένη αντλία με κυλινδρικά στοιχεία, προωθεί το καύσιμο από το ρεζερβουάρ με μία πίεση περίπου 2,5 bar, μέσω ενός φίλτρου προς το σωλήνα διανομής. Αυτός διανέμει το καύσιμο συμμετρικά προς τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα μπεκ ψεκασμού. Στο τέλος του σωλήνα διανομής του καυσίμου, βρίσκεται ένας ρυθμιστής της πίεσης, ο οποίος ρυθμίζει σταθερά τη διαφορά πίεσης μεταξύ της πίεσης του καυσίμου και της πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής.

Ο ρυθμιστής της πίεσης, ξαναεπιστρέφει το περίσσιο καύσιμο, μέσω ενός αποσβεστήρα ταλαντώσεων, στο ρεζερβουάρ. Βάση αυτής της σταθερής ανακύκλωσης του καυσίμου, στο

σύστημα είναι προς διάθεση πάντα ένα σχετικό ψυχρό καύσιμο και κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο σχηματισμός φυσαλίδων αέρος, με αποτέλεσμα τη σίγουρη εκκίνηση σε υψηλές θερμοκρασίες. Το φίλτρο καυσίμου είναι υψηλής διήθησης και τοποθετείται προς την κατεύθυνση ροής.

Ο ρυθμιστής πίεσης είναι ο ίδιος μ' αυτόν του L-JETRONIC και σκοπός του είναι να διατηρεί την πίεση στο σύστημα στα 2,5 bar.

Στον σωλήνα διανομής συνδέονται τα μπεκ ψεκασμού και η πίεση είναι πάντοτε ίδια. Η λειτουργία των μπεκ είναι ίδια με του L-JETRONIC. Λειτουργούν με τη βοήθεια ηλεκτρικών παλμών που στέλνει ο εγκέφαλος.

Ανάφλεξη Καυσίμου

Αντί της μηχανικής φυγοκεντρικής και δια κενού ρύθμισης του διανομέα, μπήκε στη μονάδα ελέγχου, ένα ηλεκτρονικά απομνημονευμένο πεδίο αναγνώρισης της ανάφλεξης. Ακόμη, η γωνία ανάφλεξης μπορεί να επηρεαστεί, αν ληφθεί υπ' όψιν η θερμοκρασία της μηχανής και του αναρροφούμενου αέρα, καθώς και η θέση του στραγγαλιστικού κλαπέτου και διάφοροι άλλοι παράγοντες.

Στο MOTRONIC, το μικροκομπιούτερ εξακριβώνει τη γωνία ανάφλεξης κάθε φορά μόνο μεταξύ δύο διαδικασιών ανάφλεξης, από τους σηματοδότες πληροφοριών φορτίου και αριθμού στροφών. Από το απομνημονευμένο πεδίο αναγνώρισης του μικροκομπιούτερ, λαμβάνεται η τιμή της γωνίας ανάφλεξης. Ο μικροϋπολογιστής διορθώνει αυτή την τιμή του πεδίου αναγνώρισης σε εξάρτηση και άλλων μεγεθών επιρροής, όπως θερμοκρασία κινητήρα, θερμοκρασία αναρροφούμενου αέρα, θέση στραγγαλιστικού κλαπέτου και πετυχαίνει έτσι πάντα το ιδανικό χρονικό σημείο ανάφλεξης.

Την πληροφορία του αριθμού στροφών τη λαμβάνει ένας επαγωγικός σηματοδότης, άμεσα από τον στροφαλοφόρο άξονα, μέσω του γριναζωτού στεφανιού εκκίνησης. Μέσω αυτού επιτυγχάνεται μία σημαντικά υψηλότερη ακρίβεια απ' ό,τι σε διανομέα με επαγωγικό ή δότη HALL.

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι η απόσταση ασφαλείας ως προς τα όρια κτυπήματος (πηράκια) μειώνεται και ότι μπορεί η γωνία ανάφλεξης να προσαρμοσθεί καλύτερα στην

καμπύλη για τη μέγιστη ροπή στρέψεως. Το αποτέλεσμα είναι μία καλύτερη εκμετάλλευση του καυσίμου και μία υψηλότερη ροπή στρέψεως.

Μέσω των δυνατοτήτων του ψηφιακά απομνημονευμένου πεδίου αναγνώρισης, μπορεί να ρυθμίζεται η γωνία ανάφλεξης σε κάθε σημείο λειτουργίας ακριβώς, χωρίς η μετατόπιση της ανάφλεξης να επηρεάζει άλλες περιοχές. Αυτό αυξάνει το βαθμό απόδοσης του κινητήρα και μειώνει την κατανάλωση του καυσίμου.

Η αναπροσαρμογή σε διάφορες φάσεις λειτουργίας, υπολογίζεται κάτω από τα εξής κριτήρια:

- α) Κατανάλωση
- β) Ροπή στρέψεως
- γ) Καυσαέρια
- δ) Μείωση κτυπημάτων (κρουστική καύση)
- ε) Συμπεριφορά οδήγησης

Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου

Στην κεντρική μονάδα ελέγχου γίνονται η επεξεργασία και η αναγνώριση των διαφόρων σημάτων που εισέρχονται μέσω των αισθητήρων και είναι τα δεδομένα λειτουργίας του κινητήρα. Με βάση τα δεδομένα, προκύπτει μέσω του "πεδίου λ", ο χρόνος έγχυσης. Ο χρόνος αυτός διορθώνεται μέσω διορθωτικών συντελεστών, ανάλογα με τις στιγμιαίες συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή θερμοκρασία αέρος, επιτάχυνση, θερμοκρασία κινητήρα, αρχική ψυχρή εκκίνηση. Μέσω ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (IC), που βρίσκεται στην τελική βαθμίδα ενίσχυσης, προκύπτει το τελικό ρυθμιστικό σήμα προς το μπεκ.

Επίσης η μονάδα ελέγχου, σε συνδυασμό με τη ρύθμιση έγχυσης, προσδιορίζει την ιδανικότερη γωνία ανάφλεξης -μέσω του πεδίου ανάφλεξης- αλλά και τη δυναμική ρύθμιση της γωνίας Duell -μέσω του πεδίου Duell.

Εκτός από αυτές τις λειτουργίες, η κεντρική μονάδα ελέγχου κάνει και άλλες ρυθμίσεις όπως

- Μειώνει στο ελάχιστο τα καυσαέρια, μέσω του κυκλώματος ρύθμισης με τον αισθητήρα λάμδα.
- Ρυθμίζει το όριο αναφλέξεων του κινητήρα.

- Ρυθμίζει τις στροφές λειτουργίας χωρίς φορτίο, δηλαδή ρελαντί, σε κρύο ή ζεστό κινητήρα.
- Ρύθμιση του εκκεντροφόρου άξονα.
- Εξαερισμός του ρεζερβουάρ και καύση των αναθυμιάσεων της βενζίνης, με ειδικό κύκλωμα και φίλτρο ενεργού άνθρακα.
- Ρύθμιση της ισχύος του κινητήρα.
- Ρύθμιση των στροφών λειτουργίας χωρίς φορτίο, ανάλογα με τη θέση του επιλογέα ταχυτήτων, μηχανικό ή αυτόματο.

Για την ηλεκτρική τροφοδοσία της μονάδας ελέγχου, υπάρχει μία επαφή τάσης και ένας παλμογράφος που παράγει τον βασικό παλμό. Με βάση αυτόν τον παλμό γίνονται οι υπολογισμοί από το μικροεπεξεργαστή. Ο βασικός παλμός έχει συχνότητα 6 MHz.

Πλεονεκτήματα του συστήματος MOTRONIC

-Εξοικονόμηση καυσίμου, ιδιαίτερα έναντι κινητήρων με κοινό καρμπυρατέρ και κοινή ανάφλεξη, καθώς επίσης και έναντι κινητήρων με ψεκασμό βενζίνης και τρανζίστορ - ανάφλεξης.

-Εξοικονόμηση καυσίμου, μέσω σωστά υπολογισμένης δόσης καυσίμου για τον εμπλουτισμό στη φάση λειτουργίας, "πορεία θέρμανσης του κινητήρα" (μέσω του πεδίου αναγνώρισης), με αντίστοιχο σωστά υπολογισμένο χρονικό σημείο ανάφλεξης.

-Εξοικονόμηση καυσίμου, μέσω σωστά υπολογισμένης δόσης καυσίμου εξαρτούμενης από τον αριθμό των στροφών, για τον εμπλουτισμό σε λειτουργία με πλήρες φορτίο.

-Μείωση της κατανάλωσης, με διακοπή της ροής του καυσίμου, κατά τη λειτουργία ώθησης μέσω της συνδεσμολογίας ώθησης.

-Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης, μέσα στα όρια των νομικών προδιαγραφών εκπομπής καυσαερίων, με την αναπροσαρμογή της ποσότητας του καυσίμου και της γωνίας ανάφλεξης σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα (με τη βοήθεια του πεδίου αναγνώρισης - λάμδα και του πεδίου αναγνώρισης της γωνίας ανάφλεξης).

-Σίγουρη εκκίνηση και συμπεριφορά εν ψυχρώ εκκίνησης, για την κατάλληλη γωνία ανάφλεξης και ακριβώς υπολογισμένη δόση καυσίμου.

-Σταθεροποίηση ρελαντί.

-Κατάλληλη πορεία της ροπής στρέψεως σε χαμηλό αριθμό στροφών, προσδίδει υψηλή ελαστικότητα στον κινητήρα, με αποτελεσματικά πλεονεκτήματα στην οδήγηση, σε οικονομικά χαμηλό αριθμό στροφών και κατά το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα (στο σασμάν).

-Το χρονικό σημείο ανάφλεξης, έχει καθοριστεί στην περιοχή του πλήρους φορτίου επί της μέγιστης ροπής στρέψεως, εκτός των περιοχών όπου πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα όρια που αρχίζει να χτυπά (πηράκια) ο κινητήρας.

-Καλή συμπεριφορά οδήγησης, μέσω αποτελεσματικής αναπροσαρμογής της ποσότητας του καυσίμου και της γωνίας ανάφλεξης.

-Καυσαερία με φτωχές επιβλαβείς ουσίες, μέσω της κατάλληλης αναπροσαρμογής της ποσότητας του καυσίμου και του χρονικού σημείου ανάφλεξης εξαρτούμενων από την κατάσταση των φορτίων.

-Είναι δυνατή, πρόσθετη διόρθωση της εκπομπής των καυσαερίων με ελεγχόμενη ρύθμιση λάμδα και καταλυτικής επεξεργασίας των καυσαερίων. -Χωρίς συντήρηση. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα, δεν εμφανίζεται καμμία μεταβολή των χαρακτηριστικών ανάφλεξης.

-Απλούστερη δυνατότητα επέκτασης για το χειρισμό πρόσθετων λειτουργιών του κινητήρα, όπως π.χ. ελεγχόμενης ρύθμισης του αριθμού των στροφών του ρελαντί, διακοπή καύσης στους κυλίνδρους, ηλεκτρονικός χειρισμός του κιβωτίου ταχυτήτων και επανάκαυση των καυσαερίων.

2.4.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Η τεχνολογία άμεσου ψεκασμού εφαρμόζεται ευρέως σε πετρελαιοκινητήρες πλοίων, αλλά και σε όλους τους σύγχρονους diesel κινητήρες με την ονομασία common rail. Ωστόσο, πρακτικά κυρίως προβλήματα, όπως ο καθορισμός με ακρίβεια της ποσότητας και της χρονικής στιγμής ψεκασμού του μείγματος, επιβράδυναν χρονικά την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος σε βενζινοκινητήρες. Στα προβλήματα αυτά τη λύση έδωσε ο βελτιωμένος ηλεκτρονικός έλεγχος με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου.

Η βασικότερη διαφορά ανάμεσα στα συστήματα GDI - Gasoline Direct Injection, αφορά στην πίεση και στην περιοχί ψεκασμού του καυσίμου. Στους βενζινοκινητήρες, ο ψεκασμός πραγματοποιείται με μεγαλύτερη πίεση απευθείας στο θάλαμο καύσης, ενώ σε ορισμένους κινητήρες diesel στον προθάλαμο. Η πίεση ψεκασμού στους κινητήρες Diesel είναι συνήθως η διπλάσια από τους βενζινοκινητήρες, αν και υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ξεπερνά ακόμα και τα 1.000 bar.

Μετά τους Ιάπωνες κατασκευαστές, όπως η Toyota και η Mitsubishi, η Alfa Romeo παρουσίασε την σειρά κινητήρων άμεσου ψεκασμού JTS και η Audi-Volkswagen παρουσίασε μια νέα γενιά κινητήρων βενζίνης άμεσου ψεκασμού FSI. Αντιπροσωπευτικός, από τη νέα σειρά κινητήρων με την κωδική ονομασία FSI (Fuel Stratified Injection), είναι ένας τετρακύλινδρος δλίτρος κινητήρας με απόδοση 150 ίππους στις 6.000 Σαλ. και 200Nm ροπής στις 3.500 Σαλ. Το μπλοκ είναι ίδιο με αυτό του επίσης δλίτρου κινητήρα απόδοσης 130 ίππων που εξοπλίζει τα A4 και A6, με τη διαφορά ότι η κεφαλή φέρει πλέον 16 αντί για 20 βαλβίδες. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, δύο από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του άμεσου ψεκασμού είναι η μειωμένη κατανάλωση -περίπου κατά 15% και η μειωμένη εκπομπή ρύπων.

Η διαφορά του συστήματος άμεσου ψεκασμού από τα συμβατικά συστήματα ψεκασμού είναι ότι το καύσιμο μείγμα ψεκάζεται υπό υψηλή πίεση και με ακρίβεια απευθείας στο θάλαμο καύσης από έναν εγχυτήρα (μπεκ), ο οποίος βρίσκεται μετά τη βαλβίδα εισαγωγής. Το μπεκ είναι τοποθετημένο σχεδόν στο πλάι της κυλινδροκεφαλής και ψεκάζει το καύσιμο κατά διαστήματα που διαρκούν λιγότερο από χιλιοστά του δευτερολέπτου, υπό πίεση άνω των 110bar, δηλαδή περίπου 32 φορές μεγαλύτερη από αυτήν των συστημάτων πολλαπλών σημείων.

Σε συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα υπό υψηλά φορτία, έχουμε καύση ομοιογενούς μείγματος, ενώ σε μικρά φορτία καύση στρωματοποιημένου μείγματος. Στη φάση ομογενοποίησης, η πεταλούδα η οποία είναι τοποθετημένη στον αυλό με τη μεγαλύτερη διάμετρο και ελέγχεται ηλεκτρονικά είναι οριζοντιωμένη. Έτσι, ο αέρας εισέρχεται στο θάλαμο καύσης ομαλά και από τους δύο αυλούς, και με πλήρη παροχή αέρα (πτωχό μείγμα).

Στις χαμηλές στροφές του κινητήρα με μικρά φορτία, στη φάση στρωματοποίησης, η πεταλούδα φράζει τη δίοδο, με αποτέλεσμα ο αέρας να εισέρχεται με μεγαλύτερη πίεση και ταχύτητα από τον αυλό με τη μικρότερη διάμετρο, προσκρούοντας στη διαμορφωμένη επιφάνεια του εμβόλου, με συνέπεια το μείγμα να κατευθύνεται κοντά στο σπινθηριστή. Αναλυτικότερα, όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία σε αέρα του στοιχειομετρικού μείγματος τόσο πιο φτωχό είναι

το μείγμα, άρα μικρότερη και η κατανάλωση. Όμως, όταν το μείγμα είναι υπερβολικά φτωχό, η καύση είναι αδύνατη. Για αυτόν το λόγο η επιφάνεια του εμβόλου είναι διαμορφωμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργείται ομοιογενές μείγμα, το μεγαλύτερο ποσοστό του οποίου κατευθύνεται κάτω από το σπινθηριστή. Επίσης, η διαμορφωμένη κοιλότητα στην επιφάνεια του εμβόλου επιτρέπει την επίτευξη υψηλής σχέσης συμπίεσης.

Με αυτό τον τρόπο ο στροβιλισμός του αέρα ακολουθεί αντίθετη φορά από αυτή στους συμβατικούς κινητήρες χωρίς να "στομώνει" το σπινθηριστή και να υπάρχει πιο ομοιόμορφη κατανομή του μείγματος. Παράλληλα, μειώνονται οι θερμικές απώλειες διατηρώντας αυξημένο το βαθμό απόδοσης του θερμοδυναμικού κύκλου καύσης. Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού όπως και ο FSI, συνεργάζονται άψογα με την επανακυκλοφορία των καυσαερίων EGR (Electronic Gas Recirculation). Μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα ρυθμίζει την επανακυκλοφορία μέρους των καυσαερίων, τα οποία εισάγονται μαζί με τον αέρα στο θάλαμο καύσης (δημιουργώντας ακόμα πιο φτωχό μείγμα), με αποτέλεσμα τη μείωση των ρύπων και ειδικά των οξειδίων του αζώτου NO_x.

Συμπερασματικά, οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού παρουσιάζουν αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών, όπως η καλύτερη και ομαλότερη απόδοση ισχύος, η καλύτερη απόκριση κατά την επιτάχυνση και το πιο σημαντικό όλα αυτά επιτυγχάνονται με μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Επιπλέον, τα αρκετά χαμηλότερα επίπεδα εκπομπής ρύπων, με άμεση επίπτωση και στη φορολογία σε ορισμένες χώρες, καθιστούν τους κινητήρες βενζίνης άμεσου ψεκασμού τους πιο οικονομικούς και οικολογικούς, εν όψει μάλιστα των μελλοντικών αυστηρότερων προδιαγραφών.

2.4.7.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Για την επίτευξη της βέλτιστης θερμοδυναμικής απόδοσης, της οικονομίας και οικολογικής λειτουργίας, οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού έχουν σαν ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους την δυνατότητα να λειτουργούν με δύο διαφορετικά προγράμματα ψεκασμού ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης.

Το πρώτο πρόγραμμα είναι το «Πρόγραμμα Φτωχού Μίγματος». Χρησιμοποιείται στο ρελαντί κάτω από κανονικές συνθήκες οδήγησης, με σταθερή ταχύτητα και χωρίς ξαφνικές επιταχύνσεις. Το καύσιμο ψεκάζεται σε μικρή ποσότητα μέσα στον κύλινδρο, στα τελευταία στάδια του χρόνου συμπίεσης πριν την ανάφλεξη. Έτσι, σχηματίζεται πολύ κοντά στο μπουζί ένα ομοιογενές, πολύ φτωχό μίγμα (αναλογία 40:1, όταν το στοιχειομετρικό είναι 14,7:1 και ένας συμβατικός κινητήρας δεν μπορεί να λειτουργήσει με μίγμα φτωχότερο από 22:1), κατάλληλο για καύση.

Ειδικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για τον καλύτερο σχηματισμό του μίγματος. Η κεφαλή του εμβόλου έχει καμπύλη διαμόρφωση, που προκαλεί το στροβιλισμό του μίγματος γύρω από άξονα κάθετο στον άξονα του κυλίνδρου. Οι αυλοί εισαγωγής είναι σχεδόν κατακόρυφοι και ευθύγραμμοι ενισχύοντας το ρεύμα του αέρα εισαγωγής. Το καύσιμο ψεκάζεται από ειδικά μπεκ υψηλής πίεσης και στροβιλισμού, μέσα στον κύλινδρο, και σε μεγάλη απόσταση από το μπουζί.

Στη συνέχεια, αναμιγνύεται με τον αέρα που στροβιλίζεται χάρη στην ειδική διαμόρφωση της κεφαλής του εμβόλου. Με όλα αυτά γίνεται δυνατή η λειτουργία του κινητήρα με πολύ φτωχό μίγμα επιτυγχάνοντας θερμοδυναμική απόδοση στα επίπεδα υπερτροφοδοτούμενου κινητήρα ντίζελ.



Επιφάνεια εμβόλων κινητήρα άμεσου ψεκασμού ALFA ROMEO JTS

Το άλλο πρόγραμμα λειτουργίας του κινητήρα άμεσου ψεκασμού είναι το «Πρόγραμμα Υψηλής Απόδοσης». Χρησιμοποιείται κατά την επιτάχυνση και σε συνθήκες πλήρους φορτίου

για παράδειγμα οδήγηση σε ανηφόρα με φορτωμένο αυτοκίνητο ή με συνέχεια πατημένα γκάζι και ταχύτητα που πλησιάζει την τελική.

Σε αυτό το πρόγραμμα, το καύσιμο ψεκάζεται όταν το έμβολο κινείται ακόμα προς τα κάτω, κατά το χρόνο εισαγωγής. Έτσι, σχηματίζεται ένα ομοιογενές στοιχειομετρικό ή και πλούσιο μίγμα, όπως και στους συμβατικούς κινητήρες — μόνο που εδώ η απόδοση είναι καλύτερη, χάρη στα ειδικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του κινητήρα άμεσου ψεκασμού που αναφέραμε παραπάνω, αλλά και στους λόγους που εξηγούνται στη συνέχεια. Το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας μέσα στον κύλινδρο κατά το χρόνο εισαγωγής και εξατμίζεται ψύχοντας, έτσι, τον εισερχόμενο αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συστολή του εισερχόμενου αέρα και τη δημιουργία χώρου για να εισέλθει και άλλος αέρας στον κύλινδρο.

Έχουμε, δηλαδή, καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου με αέρα. Η ψύξη του αέρα εισαγωγής περιορίζει, επίσης, το φαινόμενο της προανάφλεξης, που επίσης μειώνει την απόδοση των συμβατικών κινητήρων, στους οποίους το φαινόμενο είναι έντονο κατά την επιτάχυνση, κυρίως λόγω της συγκέντρωσης γυρού καυσίμου στα τοιχώματα των θυρίδων εισαγωγής. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί στον κινητήρα άμεσου ψεκασμού, αφού το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας μέσα στον κύλινδρο, ενώ η ψύξη του αέρα εισαγωγής μειώνει, όπως εξηγήσαμε πριν, ακόμα περισσότερο τον κίνδυνο προανάφλεξης. Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που αυξάνουν την απόδοση σε συνθήκες πλήρους φορτίου είναι ο ψεκασμός σε δύο στάδια. Μόνο το 25% του καυσίμου ψεκάζεται κατά το χρόνο εισαγωγής, ενώ το υπόλοιπο ψεκάζεται στα τελευταία στάδια του χρόνου συμπίεσης, όπως συμβαίνει και στο «Πρόγραμμα Φτωχού Μίγματος».

Έτσι, το μίγμα στην αρχή της συμπίεσης είναι πολύ φτωχό και στο τέλος είναι πλούσιο. Η προανάφλεξη εμφανίζεται συνήθως με στοιχειομετρικό μίγμα. Επιπλέον, ο ψεκασμός σε δύο στάδια μειώνει την εκπομπή άκαυστων υδρογονανθράκων. Στο τελευταίο στάδιο της συμπίεσης, ο θάλαμος καύσης είναι χωρισμένος σε δύο μέρη, λόγω της ειδικής διαμόρφωσης της κεφαλής του εμβόλου. Στη μια πλευρά βρίσκεται το πολύ φτωχό μίγμα, που σχηματίστηκε κατά το χρόνο εισαγωγής, και στην άλλη το πλούσιο μίγμα, που σχηματίζεται στο τελευταίο στάδιο της συμπίεσης.

Το φτωχό μίγμα δεν μπορεί να αναφλεγεί, ενώ το πλούσιο δεν μπορεί να καεί πλήρως, λόγω έλλειψης αέρα. Όμως, λόγω της εξέλιξης της καύσης στην πλευρά του πλούσιου μίγματος, το άκαυστο καύσιμο εκτοπίζεται προς την πλευρά του φτωχού, το οποίο έτσι εμπλουτίζεται και

αναφλέγεται και αυτό. Το αποτέλεσμα είναι η πλήρης καύση του μίγματος. Η εξάλειψη της προανάφλεξης, για όλους τους λόγους που εξηγήσαμε, επιτρέπει την αύξηση της συμπίεσης μέχρι και 12,5:1, που, σε συνδυασμό με την πλήρη καύση του μίγματος, αποτελούν παράγοντες σημαντικής αύξησης της απόδοσης του κινητήρα και σε συνθήκες υψηλών απαιτήσεων.

Το τελικό αποτέλεσμα των δύο προγραμμάτων λειτουργίας είναι μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, που ξεκινάει από 20% και φτάνει το 33%, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας. Και, βέβαια, αυτό μεταφράζεται σε αντίστοιχα ποσοστά μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Τί άλλο όμως επιτυγχάνει; Εκτός από τη μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, η τεχνολογία άμεσου ψεκασμού επιτρέπει την παραπέρα μείωση και των υπόλοιπων ρύπων. Οι υδρογονάνθρακες μειώνονται χάρη στη γρηγορότερη προθέρμανση του καταλύτη μετά την εκκίνηση.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του τρόπου δημιουργίας και καύσης του μίγματος. Πιο συγκεκριμένα οι τρόποι είναι οι εξής δύο:

Ο ένας είναι με τη δημιουργία ομοιογενούς μείγματος μέσα στον θάλαμο καύσης και ο άλλος με ψεκασμό στρωματοποιημένου (κατευθυνόμενου) μείγματος. Η εκάστοτε φάση λειτουργίας στην οποία μπαίνει ο κινητήρας, επιλέγεται ανάλογα με τη ροπή και τις στροφές του, αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως η αναζωογονοποίηση του καταλύτη NOx.

Σε συνθήκες υψηλού φορτίου ο κινητήρας λειτουργεί στη φάση ομοιογενούς μίγματος, το καύσιμο εγχέεται κατά τη διάρκεια που εισάγεται αέρας στον θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα να υπάρχει επάρκεια χρόνου, ώστε το μείγμα που θα δημιουργηθεί και χαρακτηρίζεται από ομοιογένεια αέρα-καυσίμου. Σε χαμηλά φορτία και ταχύτητες ο κινητήρας λειτουργεί σε φάση ομοιογενούς μίγματος, η έγχυση του καυσίμου γίνεται κατά τη συμπίεση και λίγο πριν την ανάφλεξη. Το χαρακτηριστικό αυτής της φάσης είναι ότι λόγω της καθυστερημένης έγχυσης καυσίμου, δεν υπάρχει χρόνος για την ομογενοποίηση του μίγματος. Έτσι, κοντά στην ακίδα του μπουζί το μίγμα είναι πολύ πλούσιο και σταδιακά προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου γίνεται φτωχότερο. Ο κινητήρας διαθέτει ένα σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR) όπου μία ποσότητα καυσαερίων επιστρέφει από την πολλαπλή εξαγωγής πίσω στον θάλαμο καύσης.

Η κατεύθυνση του μίγματος προς το μπουζί μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και αυτό γίνεται με τον ειδικό σχεδιασμό του επάνω μέρους του

εμβόλου που έχει μία ειδική υποδοχή (χούφτα) που βοηθά να επιτευχθεί η κατάλληλη στοιχειομετρία και η μεταφορά του μίγματος.

Επίσης βασικό ρόλο παίζει και η παρουσία κλαπέτου στους αυλούς εισαγωγής, το οποίο με τη στρέψη του κατευθύνει ανάλογα το ρεύμα αέρα προς τις βαλβίδες εισαγωγής για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.

Ο κινητήρας λειτουργεί σε στρωματοποιημένη λειτουργία όταν απαιτούνται μεσαία φορτία κινητήρα και σχετικά χαμηλός αριθμός στροφών. Ο λόγος λάμδα βρίσκεται μεταξύ 1,6 έως 3. Αυτό επιτρέπει στην πεταλούδα του γκαζιού να ανοίγει περισσότερο μειώνοντας έτσι την αντίσταση που προκαλείται κατά την εισαγωγή του αέρα.

Στη στρωματοποιημένη λειτουργία ο σχηματισμός μίγματος γίνεται μόνο κατά το διάστημα των 40°- 50°. Αυτός είναι καθοριστικός παράγοντας για την αναφλεξιμότητα του μίγματος. Αν το διάστημα μεταξύ ψεκασμού και ανάφλεξης είναι μικρότερο, το μίγμα δεν είναι αναφλέξιμο, επειδή δεν θα έχει προετοιμαστεί επαρκώς και ένα μεγαλύτερο διάστημα θα οδηγούσε σε περαιτέρω ομογενοποίηση σε όλο το θάλαμο καύσης.

Η καύση λαμβάνει χώρα μόνο στην περιοχή γύρω από το μπουζί, στο κέντρο του θαλάμου καύσης έτσι μειώνονται οι απώλειες θερμότητας που προκαλούνται από τα τοιχώματα του κυλίνδρου και έχουμε υψηλότερη θερμική απόδοση. Το μπεκ είναι τοποθετημένο με τέτοιο τρόπο ώστε το καύσιμο να ψεκάζεται μέσα στην ειδική εσοχή καυσίμου και να καθοδηγείται προς το μπουζί.

Οι σημαντικότερες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί με στρωματοποιημένη φάση λειτουργίας είναι:

- Να υπάρχει αντιστοιχία του φορτίου του κινητήρα και της ταχύτητας
- Δεν υπάρχει βλάβη στο σύστημα εξαγωγής
- Η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού να είναι πάνω από 50 °C
- Ο αισθητήρας NOx να είναι ενεργός

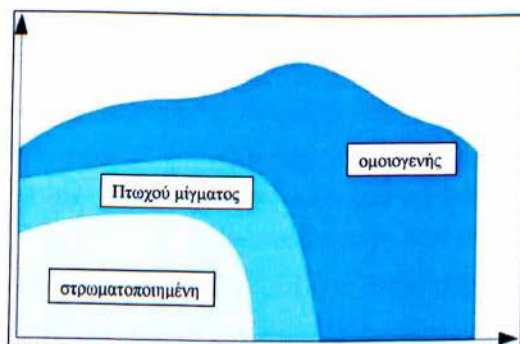
-Η θερμοκρασία του καταλύτη να είναι μεταξύ 250 °C και 500 °C

Εκτός από την στρωματοποιημένη λειτουργία και την ομοιογενή λειτουργία ο κινητήρας διαθέτει μια τρίτη κατάσταση λειτουργίας την ομοιογενή λειτουργία πτωχού μίγματος. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας παρέχει μια περαιτέρω μείωση στην κατανάλωση καυσίμου. Η μονάδα

ελέγχου του κινητήρα επιλέγει τον τρόπο λειτουργίας ανάλογα με την ροπή, την ισχύ, τα καυσάερια και γενικότερα τις εκάστοτε απαιτήσεις.

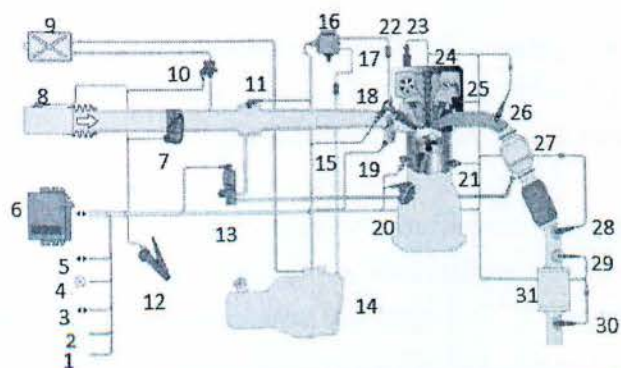


Απεικόνιση φάσεων λειτουργίας άμεσου ψεκασμού



Διάγραμμα φάσεων λειτουργίας , Αξονας Y: Φορτίο Κινητήρα ,
Αξονας X: Ταχύτητα Κινητήρα

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ



1. Λυχνία βλάβης
2. Immobilizer
3. Διαγνωστικό φως
4. Λυχνία προειδοποίησης καυσαερίων
5. Έξοδος CAN
6. HME
7. Πεταλούδα γκαζιού και αισθητήρας θέσης
8. Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής
9. Φίλτρο ενεργού Άνθρακα
10. Βαλβίδα ανακούφισης
11. Αισθητήρας πίεσης και θερμοκρασίας αέρα
12. Πεντάλ γκαζιού
13. Βαλβίδα ανακυκλοφορίας καυσαερίων
14. Ρεζερβουάρ και αντλία καυσίμου
15. Ποτενσιόμετρο πολλαπλής εισαγωγής
16. Αντλία υψηλής πίεσης
17. Αισθητήρας πίεσης καυσίμου (χαμηλή)
18. Μπεκ
19. Αισθητήρας κρούσης
20. Αισθητήρας ταχύτητας κινητήρα
21. Δότης θερμοκρασίας ψυκτικού
22. Αισθητήρας πίεσης καυσίμου (υψηλή)

- 23. Βαλβίδα ρύθμισης εκκεντροφόρου
- 24. Μπουζί
- 25. Δότης Hall
- 26. Αισθητήρας λάμδα
- 27. Προκαταλήτης
- 28. Αισθητήρας λάμδα

2.4.7.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου

Οι πρόσθετες λειτουργίες που εμφανίζονται είναι οι εξής :

- Αισθητήρας NOx
- Αισθητήρας θερμοκρασίας Καυσαερίων
- ποτενσιόμετρο επανακυκλοφορίας καυσαερίων
- ποτενσιόμετρο στο περύγιο της πολλαπλής εισαγωγής
- Δότης πίεσης καυσίμου
- Ρύθμιση χρονισμού εκκεντροφόρου και βαλβίδων εισαγωγής
- Διαγνωστικά λειτουργίας

Το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα βασίζεται στην ροπή του κινητήρα και συγκεντρώνει, αξιολογεί, συντονίζει και υλοποιεί όλες τις απαιτήσεις ροπής.

Οι εσωτερικές πληροφορίες που εισέρχονται στο σύστημα είναι:

- Εκκίνηση κινητήρα
- Προθέρμανση καταλύτη
- Έλεγχος ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα
- Περιορισμός της ισχύος

- Ρυθμιστής ταχύτητας
- Έλεγχος του λόγου Λάμδα

Οι εξωτερικές πληροφορίες που εισέρχονται στο σύστημα είναι οι εξής:

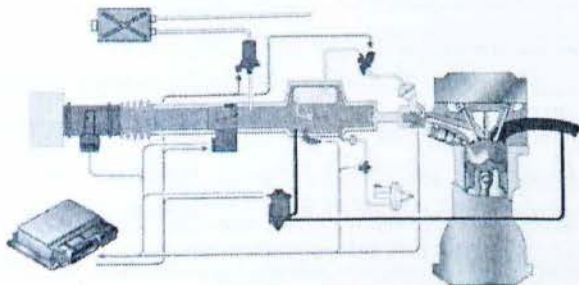
- Οι εντολές του οδηγού
 - Αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων (σημείο αλλαγής σχέσης)
 - Σύστημα πέδησης (σύστημα ελέγχου πρόσφυσης TCS και ABS)
 - Σύστημα κλιματισμού (άνοιγμα-κλείσιμο του συμπιεστή του κλιματιστικού)
- Αυτόματο σύστημα ελέγχου ταχύτητας (cruise control)

Η ΗΜΕ του κινητήρα διαχειρίζεται τις εσωτερικές και εξωτερικές πληροφορίες ώστε η ροπή να αποδίδεται καταλλήλως και με βάση αυτές τις πληροφορίες αποφασίζεται με ποια κατάσταση λειτουργίας θα δουλέψει ο κινητήρας.

Σύστημα εισαγωγής

Το σύστημα εισαγωγής έχει προσαρμοστεί για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός κινητήρα άμεσου ψεκασμού. Η βασική τροποποίηση αφορά στη ροή του αέρα μέσα στον κύλινδρο η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με τον εκάστοτε τρόπο λειτουργίας.

Η πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα διαχωρίζεται σε δύο αυλούς σε διάταξη ο ένας πάνω από τον άλλον. Κατά την στρωματοποιημένη λειτουργία ενεργοποιείται ο επάνω αυλός και ο χαμηλότερος παραμένει κλειστός. Ο επάνω αυλός έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε ο εισερχόμενος αέρας να εισέρχεται με αυξημένη ταχύτητα και με τους κατάλληλους στροβιλισμούς ώστε να διεξάγεται σωστά η διαδικασία σχηματισμού μίγματος. Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα υπολογίζει την ποσότητα ανακυκλοφορίας καυσαερίων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ενεργοποιείται και προσδιορίζει αυτήν την ποσότητα.



Σύστημα εισαγωγής

Σχέση συμπίεσης

Με την έγχυση καυσίμου απευθείας μέσα στον κύλινδρο, η θερμότητα εξάγεται από τον εισερχόμενο αέρα και έτσι ο αέρας ψύχεται. Αυτό μειώνει την τάση του κινητήρα για χτύπημα και να επιτρέπει την αύξηση της σχέσης συμπίεσης με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμικής απόδοσης του κινητήρα.

Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων

Ο χρονισμός των βαλβίδων έχει ως μέγιστη απόκλιση τις 40° από τη βασική, αρχική ρύθμιση και μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα και την ταχύτητα.

Επιπλέον η εισαγωγή των καυσαερίων ανακυκλοφορίας καθορίζεται από τη λειτουργία του μεταβλητού χρονισμού, έχοντας σαν πλεονέκτημα το ότι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου μειώνονται, μειώνεται η θερμοκρασία κατά τη διαδικασία της καύσης και βελτιώνεται η καμπύλη της ροπής.

Ηλεκτρονικός έλεγχος γκαζιού

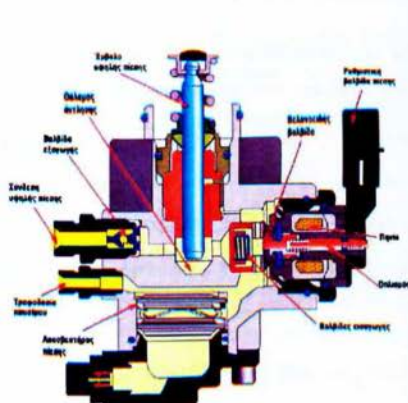
Το ηλεκτρονικό γκάζι είναι βασική προϋπόθεση για άμεσο ψεκασμό βενζίνης. Βοηθά στη ρύθμιση της πεταλούδας, ανεξαρτήτως της θέσης του πεντάλ του γκαζιού. Αυτό έχει σαν πλεονέκτημα ότι ο κινητήρας αντλεί αέρα με λιγότερη αντίσταση, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου.

Σύστημα καυσίμου

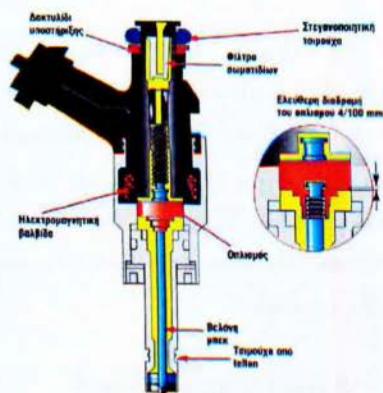
Το σύστημα καυσίμου χωρίζεται σε ένα σύστημα χαμηλής πίεσης καυσίμου και ένα σύστημα υψηλής πίεσης. Επιπλέον υπάρχει και το φίλτρο ενεργού άνθρακα.

Στο σύστημα καυσίμου χαμηλής πίεσης, το καύσιμο μεταφέρεται στην αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου από μία ηλεκτρική αντλία που βρίσκεται στη δεξαμενή καυσίμου. Η πίεση των καυσίμων κατά την κανονική λειτουργία είναι 3 bar και φτάνει έως και τα 5,8 bar κάτω από συνθήκες θερμής εκκίνησης.

Στο σύστημα υψηλής πίεσης καυσίμου το καύσιμο διοχετεύεται στο διανομέα καυσίμου από την αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου. Στο διανομέα καυσίμου, η ρυθμιστική βαλβίδα προσαρμόζει την πίεση μεταξύ 50 και 100 bar και το καύσιμο ψεκάζεται από το μπεκ υψηλής πίεσης.



α) Ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης



β) Μπέκ υψηλής πίεσης

Σύστημα εξαγωγής καυσαερίων

Το σύστημα εξάτμισης είναι προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις ενός κινητήρα άμεσου ψεκασμού. Η επεξεργασία των καυσαερίων στο παρελθόν ήταν ένα σημαντικό πρόβλημα για τους κινητήρες άμεσου ψεκασμού. Αυτό συμβαίνει επειδή το νόμιμο επιτρεπτό όριο των οξειδίων του αζώτου (NOx) δεν μπορεί να επιτευχθεί κατά τη λειτουργία στρωματοποιημένου μίγματος ή την λειτουργία ομοιογενούς πτωχού μίγματος με τη χρήση ενός συμβατικού καταλύτη κλειστού βρόχου. Έτσι τοποθετήθηκε ένας ειδικός καταλύτης αποθήκευσης που συγκεντρώνει τα NOx και όταν γεμίσει το σύστημα μεταβαίνει σε κατάσταση αναγέννησης, απελευθερώνοντας τα οξείδια του αζώτου και μετατρέποντας τα σε άζωτο. Στο σύστημα

εξάτμισης έχει τοποθετηθεί ένας καταλύτης αποθήκευσης των οξειδίων του Αζώτου (NOx). Κατά την στρωματοποιημένη λειτουργία έχουμε λάμδα > 1 πράγμα που καθιστά αδύνατη τη μετατροπή του NOx σε Αζώτο όπως γίνεται στη λειτουργία φτωχού μίγματος. Γι αυτό το λόγο αποθηκεύονται στον καταλύτη αποθήκευσης NOx μέχρι και για 90 δευτερόλεπτα και ύστερα ακολουθεί η διαδικασία αναγέννησης καυσαερίων η οποία διαρκεί περίπου 2 δευτερόλεπτα.

Σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων

Ο κινητήρας διαθέτει ένα σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR). Αυτό αποτελείται από μία ρυθμιστική βαλβίδα, με τον ανάλογο αισθητήρα και έναν αγωγό που μέσω αυτού επιστρέφεται μία ποσότητα καυσαερίων από την πολλαπλή εξαγωγής πίσω στους αυλούς εισαγωγής και στον θάλαμο καύσης. Τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης καυσαερίων και σε συνδυασμό με τον μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων είναι ότι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου μειώνονται, μειώνεται η θερμοκρασία κατά τη διαδικασία της καύσης και βελτιώνεται η καμπύλη της ροπής.

Σύστημα ψύξης καυσαερίων

Ο στόχος του συστήματος είναι η ψύξη των καυσαερίων σε τέτοιο βαθμό που η θερμοκρασία στην επιφάνεια του καταλύτη αποθήκευσης των NOx να είναι εντός των 250°C και 500°C. Αυτό γίνεται καταρχάς, επειδή ο καταλύτης αποθήκευσης NOx μπορεί να αποθηκεύσει μόνο τα οξείδια του αζώτου σε αυτό το εύρος θερμοκρασίας και, δεύτερον επειδή ο καταλύτης αποθήκευσης NOx καταστρέφεται εάν βρεθεί σε θερμοκρασίες πάνω από 850°C. Για το λόγο αυτό έχουμε τρεις σωλήνες εξάτμισης πριν τον καταλύτη αποθήκευσης που με την επιφάνεια τους ψύχουν τα καυσαέρια. Ακόμη ένας αισθητήρας λάμδα τοποθετημένος πριν από τον καταλύτη, χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η αναλογία του οξυγόνου στα καυσαέρια. Έτσι πετυχαίνεται μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων η οποία είναι πλέον μεταξύ 30°C και 100°C.

2.4.7.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

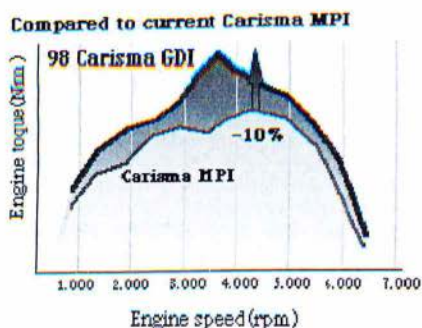
Η κατασκευή οικονομικότερων σε κατανάλωση καυσίμου κινητήρων (άρα χαμηλότερων εκπομπών CO₂), μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πολύ 'φτωχού' μίγματος αέρα - βενζίνης. Το ζήτημα που ανακύπτει είναι, ότι ένα πολύ 'φτωχό' μίγμα με λόγο αέρα προς βενζίνη 30:1 (σε αντίθεση με το στοιχειομετρικό 14:1 που χρησιμοποιούν οι συμβατικοί MPI πολλαπλού ψεκασμού βενζινοκινητήρες), δεν είναι αναφλέξιμο σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα.

Προκειμένου να παρακαμφθεί το ζήτημα της μη αναφλεξιμότητας του μίγματος σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα, προτείνεται η διαστρωμάτωση του μίγματος μέσα στον κύλινδρο, έτσι ώστε να προκύπτει αναφλέξιμο μίγμα κοντά στο μπουζί, και στον υπόλοιπο χώρο του κυλίνδρου. Η διαστρωμάτωση αυτή δεν μπορεί να επιτευχθεί στους συμβατικούς βενζινοκινητήρες πολλαπλού ψεκασμού, δεδομένου ότι το μίγμα δημιουργείται εκτός του χώρου καύσης και είναι κατά συνέπεια ομοιογενές. Είναι δυνατόν όμως να επιτευχθεί, με ψεκασμό της βενζίνης κατευθείαν μέσα στο χώρο καύσης, με κατάλληλη διαμόρφωση του εμβόλου και έλεγχο της ροής του αέρα.

Στους κινητήρες αυτούς, ο ψεκασμός πραγματοποιείται κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο, αμέσως μετά την συμπίεση του (σκέτου) αέρα. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα αυξημένης συμπίεσης, επειδή η εξάτμιση της βενζίνης δημιουργεί μια ψύξη στον χώρο καύσης και έτσι μειώνεται ο κίνδυνος κρουστικής καύσης (πειράκια).

Το αποτέλεσμα είναι, σύμφωνα με τους κατασκευαστές, ένας κινητήρας που έχει μόνο πλεονεκτήματα σε σχέση με ένα κλασικό βενζινοκινητήρα πολλαπλού ψεκασμού του ίδιου κυβισμού:

- Μειωμένη κατανάλωση κατά 35% (για κύκλο πόλης).
- Αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος και ροπής έως και 10%.
- Αύξηση της επιτάχυνσης του οχήματος κατά 10%.
- Ακόμη μεγαλύτερη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων (μείωση των οξειδίων του αζώτου κατά 97% με χρήση νέου τύπου καταλύτη).



Διάγραμμα σύγκρισης ροπής κινητήρων της Mitsubishi με σύστημα πολλαπλού ψεκασμού MPI και με σύστημα άμεσου ψεκασμού GDI

Fuel consumption and CO2

		Fuel consumption (l/100km)					CO2 (g/km)				
		2	4	6	8	10	120	140	160	180	200
Petrol engine	GDI	[Bar chart showing fuel consumption]					[Bar chart showing CO2 emissions]				
	MPI	[Bar chart showing fuel consumption]					[Bar chart showing CO2 emissions]				
Diesel engine	IDI (Indirect Injection)	[Bar chart showing fuel consumption]					[Bar chart showing CO2 emissions]				
	DI (Direct Injection)	[Bar chart showing fuel consumption]					[Bar chart showing CO2 emissions]				

Συγκριτικός πίνακας καταναλώσεων και εκπομπών ρύπων μεταξύ κινητήρων Mitsubishi με συστήματα MPI και GDI και DIESEL

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος άμεσου ψεκασμού συνοψίζονται ως εξής:

- Αποδοτικότερη καύση.

Πολύ καλύτερος διασκορπισμός του καυσίμου μέσα στον θάλαμο καύσης, που επιταχύνει την ατμοποίηση και τελικά την καύση του.

- Καλύτερη ανάμειξη του αέρα με την βενζίνη.
- Καλύτερη και αμεσότερη απόκριση στην επιτάχυνση και στην επιβράδυνση του κινητήρα.
- Ανθεκτικότητα στο φαινόμενο της προανάφλεξης (πειράκια), είτε δουλεύουν με φτωχό μίγμα είτε με στοιχειομετρικό.

Αυτός είναι ένας από τους λόγους που επιτρέπεται η αύξηση της σχέσης συμπίεσης των βενζινοκινητήρων άμεσου ψεκασμού, η οποία βοηθά στην αύξηση του θερμοδυναμικού βαθμού απόδοσης του κινητήρα - άρα στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.

Στους κινητήρες έμμεσου ψεκασμού, καθώς το καύσιμο ψεκάζεται στους αιολούς της εισαγωγής, απορροφά θερμότητα και από αυτούς, με αποτέλεσμα η συνολική ψύξη του θαλάμου καύσης να είναι χαμηλότερη.

- Μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.

Εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμου όταν οι κινητήρες λειτουργούν με 'φτωχό' μίγμα στα μερικά φορτία. Ένας κινητήρας άμεσου ψεκασμού μπορεί να λειτουργήσει σε απόλυτη αναλογία με έναν κινητήρα έμμεσου ψεκασμού, δηλαδή με ομοιογενές μίγμα σύστασης κοντά στη στοιχειομετρική.

- Χαμηλότεροι ρύποι στα καυσαέρια.
- Υψηλότερη απόδοση κινητήρα.
- Ο άμεσος ψεκασμός προσφέρει πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια στον έλεγχο της ψεκαζόμενης ποσότητας καυσίμου, καθώς η βενζίνη ψεκάζεται απευθείας στον θάλαμο καύσης και δεν υπάρχουν φαινόμενα συμπύκνωσης και συσσώρευσής της στους αιολούς εισαγωγής, στις βαλβίδες κ.λπ. Αυτή η ακρίβεια είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της καύσης.

Τα μειονεκτήματα του συστήματος άμεσου ψεκασμού συνοψίζονται ως εξής:

- Οι ιαπωνικοί κινητήρες GDI δεν αποδίδουν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, εξαιτίας της διαφοράς ποιότητας των καυσίμων και της υψηλής περιεκτικότητας της "ευρωπαϊκής" βενζίνης σε θείο.
- Επειδή το μίγμα ψεκάζεται μετά τις βαλβίδες εισαγωγής, δεν καθαρίζονται οι βαλβίδες. Έτσι το πίσω μέρος των βαλβίδων γεμίζει με κατάλοιπα καύσης και χρειάζονται συχνά καθάρισμα.
- Είναι γενικά πιο ευαίσθητοι σε περίπτωση λειτουργίας τους με κακής πύτητας καυσίμου και πιο κοστοβόροι σε περίπτωση ζημιάς (π.χ ακριβότεροι εγχυτήρες)

Προοπτικές εξέλιξης

Η τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού δείχνει ότι τα περιθώρια εξέλιξης των κινητήρων εσωτερικής καύσης δεν έχουν ακόμα εξαντληθεί. Παρά τις αλληλέπληλες αναπροσαρμογές των ορίων ρύπων από τις ολοένα και αυστηρότερες περί κινητήρων και αυτοκίνησης. Αντίθετα απ' ότι συμβαίνει στους υπόλοιπους κινητήρες, στους κινητήρες βενζίνης άμεσου ψεκασμού το μίγμα στροβιλίζεται με διεύθυνση κάθετη στον άξονα του εμβόλου. Έτσι, εξασφαλίζεται η πλήρης και τέλεια καύση του μίγματος. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι όλες σχεδόν οι εταιρείες αυτοκινήτων έχουν εφαρμόσει συστήματα άμεσου ψεκασμού στους κινητήρες σε συνδυασμό με διάφορα εξελιγμένα συστήματα εξοικονόμησης καυσίμου και μείωσης των ρύπων όπως υβριδικές τεχνολογίες, το σύστημα STOP & START, τη χρήση υπερσυμπιεστή, μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων κ.α. Θα πρέπει δε να σημειωθεί πως τα ηλεκτρικά και τα υβριδικά αυτοκίνητα και οι ενεργειακές κυψέλες δεν έχουν ακόμα πείσει ότι μπορούν να αντικαταστήσουν τον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Όπου είναι και πάλι η πρώτη επιλογή στους κινητήρες αυτοκινήτων.

Προβλέπεται ότι οι νέοι τύποι βενζινοκινητήρων συστήματος αυτόματου ψεκασμού, θα περιλαμβάνουν τη διαστρωμάτωση του μίγματος μέσα στον κύλινδρο, με ψεκασμό της βενζίνης κατευθείαν μέσα στον χώρο καύσης, με κατάλληλη διαμόρφωση του εμβόλου και έλεγχο της ροής του αέρα. Το αποτέλεσμα θα είναι η κατασκευή κινητήρων μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου, αυξημένης αποδοδόμενης ισχύος και ροπής, αυξημένης επιτάχυνσης και υψηλότερης μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων.

Αναμένεται επίσης η έναρξη παραγωγής ενός νέου βενζινοκινητήρα άμεσου ψεκασμού της Alfa Romeo που ανακοινώθηκε από τον Όμιλο Fiat Chrysler, από τις αρχές του 2013, στο εργοστάσιο FMA, στην Pratola Serra. Ιδανικά σχεδιασμένος για εγκάρσια ή για διαμήκη τοποθέτησή του ως προς τον άξονα του αυτοκινήτου, ο νέος τετρακύλινδρος κινητήρας θα είναι 1.8lt, με ιπποδύναμη 300hp, θέτοντας νέα δεδομένα στην κατηγορία του. Επιπλέον θα είναι συμβατός με τα νέα ευρωπαϊκά και αμερικανικά πρότυπα εκπομπών ρύπων, Euro 6 και Tier 2 Bin 5 αντίστοιχα. Κατασκευασμένος εξ ολοκλήρου από αλουμίνιο, ο κινητήρας θα ενσωματώνει τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος άμεσου ψεκασμού βενζίνης 200-bar, διπλού συστήματος μεταβλητού χρόνου και μετά υπερσυμπιεστή.

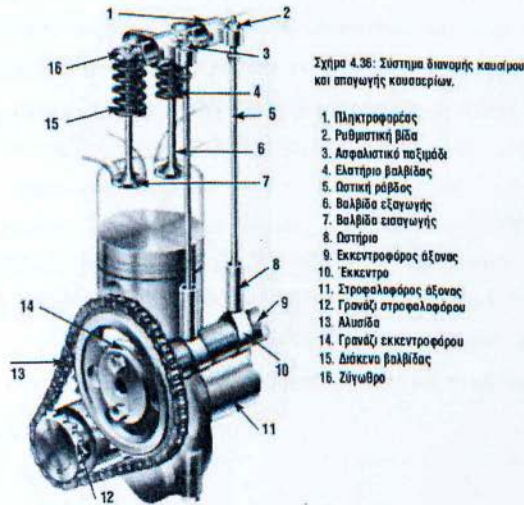
Ακόμη η τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού εισβάλλει και στους αγώνες μιας και η Porsche έγινε πρόσφατα η πρώτη εταιρεία που τοποθέτησε κινητήρα άμεσου ψεκασμού πολύ

υψηλού ρυθμού περιστροφής στην 911 GT3 R Hybrid , η οποία συμμετείχε στον αγώνα 24 ωρών του Nurburgring. Όσον αφορά στην Formula 1 η Ferrari έχει δείξει ενδιαφέρον για την εφαρμογή άμεσου ψεκασμού στους κινητήρες της το 2013 ή το 2014.

Κεφάλαιο 3^ο

3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ BENZΙΝΗΣ

Ο εκκεντροφόρος άξονας και οι βαλβίδες αποτελούν τα κύρια μέρη του συστήματος διανομής του καυσίμου και απαγωγής των καυσαερίων προς και από τον κάθε κύλινδρο. Ανάλογα με τον τρόπο σχεδίασης του κινητήρα, υπάρχουν και τα δευτερεύοντα τμήματα του συστήματος διανομής του καυσίμου, που είναι οι μηχανισμοί κίνησης των εξαρτημάτων αυτών.



Εξαρτήματα μετάδοσης κίνησης εκκεντροφόρου άξονα

3.1.1 Εκκεντροφόρος άξονας

Είναι ένας άξονας που φέρει ένα σύνολο έκκεντρων. Όταν ο εκκεντροφόρος περιστρέφεται τα έκκεντρα σπρώχνουν τα ωστήρια των βαλβίδων ενώ ανάλογα με την διάταξη του κινητήρα μπορεί να υπέρξει ένας ή και περισσότεροι εκκεντροφόροι. Οι περισσότεροι σύγχρονοι κινητήρες εξοπλίζονται με δύο εκκεντροφόρους που βρίσκονται στο επάνω μέρος της κυλινδροκεφαλής και λαμβάνουν κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω ιμάντα, οδοντωτών τροχών ή αλυσίδας (καδένα). Ο εκκεντροφόρος άξονας περιστρέφεται με τις μισές στροφές από ότι ο στροφαλοφόρος.

Στους παλιότερης τεχνολογίας κινητήρες ο εκκεντροφόρος βρίσκονταν στα πλάγια του κινητήρα και κινούσε τις βαλβίδες μέσω ωστικών ωστηρίων. Οι σύγχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούν «επικεφαλής εκκεντροφόρους» όπου θα πρέπει να πούμε πως έχουν σχέση με την σχεδίαση των βαλβίδων έτσι ώστε ο εκκεντροφόρος να βρίσκεται ενσωματωμένος στην κυλινδροκεφαλή και ακριβώς πάνω από αυτές. Ολόκληρος ο μηχανισμός γίνεται πιο συμπαγής σε διαστάσεις και βρίσκεται κοντύτερα στις βαλβίδες και έτσι τα μέρη του όλου μηχανισμού ανοίγματος και κλεισίματός τους μπορούν να είναι και πιο ελαφριά. Οι βαλβίδες μπορούν να ανοιγοκλείνουν πιο γρήγορα και συνεπώς ο κινητήρας να είναι πιο εύστροφος και πιο ελαστικός στην λειτουργία του. Στα συστήματα με έναν επικεφαλής εκκεντροφόρο (SOHC) ο ίδιος εκκεντροφόρος κινεί όλες τις βαλβίδες ενώ στους κινητήρες με δύο επικεφαλής εκκεντροφόρους (DOHC) ο ένας κινεί τις βαλβίδες εισαγωγής και ο άλλος τις βαλβίδες εξαγωγής.

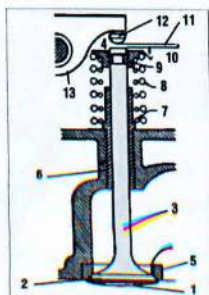
3.1.2 Βαλβίδες

Προορισμός των βαλβίδων είναι να ανοίγουν και να κλείνουν την κατάλληλη στιγμή του κύκλου λειτουργίας του κινητήρα, ώστε να εξασφαλίζεται η διαδοχική σειρά των χρόνων εισαγωγής, συμπίεσης, εκτόνωσης και εξαγωγής.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η βαλβίδα είναι τα εξής :

Η κεφαλή

1. Η έδρα
2. Το στέλεχος και
3. Η ουρά
4. Την υποδοχή της έδρας
5. Τον οδηγό
6. Το εσωτερικό ελατήριο
7. Το εξωτερικό ελατήριο
8. Την ασφάλεια
9. Τη ροδέλα
10. Το διάκενο
11. Τη βίδα ρύθμισης του διάκενου και
13. Ζύγωθρο



Η έδρα και ο οδηγός είναι μέρη της κυλινδροκεφαλής. Έχουν, όμως άμεση σχέση τόσο με την βαλβίδα όσο και μεταξύ τους, αφού από τη σωστή σχέση λειτουργίας τους, εξαρτάται η καλή λειτουργία όλου του συστήματος της βαλβίδας.

Οι βαλβίδες κατασκευάζονται από διάφορα κράματα χάλυβα. Για τις βαλβίδες εισαγωγής χρησιμοποιούνται νικελιούχα, χρωμονικελιούχα ή χρωμομολυβδαινιούχα κράματα χάλυβα. Για τις βαλβίδες εξαγωγής χρησιμοποιούνται χάλυβες υψηλής αντοχής, όπως πυριτιοχρωμιούχοι ή κοβαλτιοχρωμιούχοι χάλυβες ή ωστενιτικοί χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα νικελίου, χρωμίου, κ.λπ. Για αύξηση της αντοχής των βαλβίδων από διάβρωση, οι κεφαλές τους επικαλύπτονται, επιπρόσθετα, με ειδικό κράμα μετάλλων (νικέλιο 80% και χρώμιο 20%) ή με κράμα αλουμινίου.

Τύποι βαλβίδων

1. Οι απλές βαλβίδες
2. Οι βαλβίδες με επικάλυψη
3. Οι βαλβίδες που ψύχονται με νάτριο. Στις βαλβίδες αυτές το στέλεχος και η κεφαλή είναι κοίλα, ενώ ένα μέρος της κοιλότητας τους περιέχει νάτριο ή διάφορα άλατα για την καλύτερη ψύξη τους.

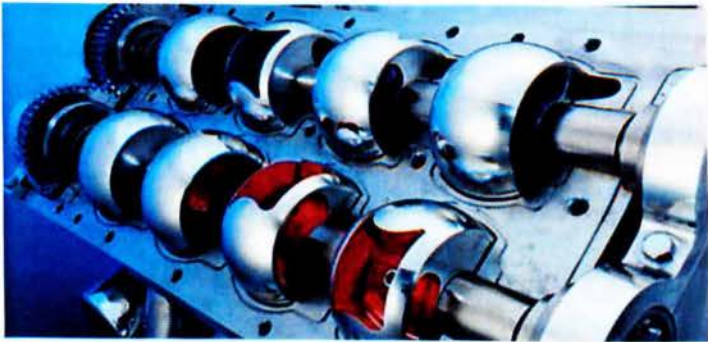
4. Οι δεσμοδρομικές βαλβίδες. Σε αυτές της βαλβίδες δεν υπάρχουν ελατήρια για την επαναφορά τους σε κλειστή θέση, αλλά κλείνουν και ανοίγουν με την βοήθεια μίας διάταξης από δύο έκκεντρα και ζύγωθρα τοποθετημένα έτσι ώστε το ένα ζεύγος να ωθεί την βαλβίδα και το δεύτερο να την επαναφέρει στην θέση της.



Σύστημα δεσμοδρομικών βαλβίδων της Ducati

Οι βαλβίδες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται, συνήθως στους πολύστροφους κινητήρες, με εμφανή αύξηση της ροπής, και μύωσης της κατανάλωσης σχεδόν 10% καταργώντας τα ελατήρια των βαλβίδων τα οποία, συμπεριζόμενα, καταναλώνουν ενέργεια. Με μειονέκτημα φυσικά τα πολλά μηχανικά μέρη.

5. Περιστροφικές βαλβίδες. Οι βαλβίδες αυτές έχουν σφαιρικό σχήμα με κοίλο εσωτερικό αγωγό και είναι τοποθετημένες επάνω σε έναν άξονα. Ο άξονας αυτός παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα, οπότε με την περιστροφή τους ο εσωτερικός αγωγός κατευθύνει το καύσιμο μίγμα προς το εσωτερικό του θαλάμου καύσης. Με της περιστροφικές βαλβίδες μειώνονται τα προβλήματα σε σχέση με της συμβατικές βαλβίδες, όπως το πώς θα παραμείνουν «δομικά σταθερές» σε ολοένα αυξημένους ρυθμούς περιστροφής και υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης στους σύγχρονους κινητήρες.



Σύστημα με δύο περιστροφικές βαλβίδες ανά κύλινδρο

6. Οι αυτορυθμιζόμενες βαλβίδες με αυτορυθμιζόμενα υδραυλικά ωστήρια. Στις βαλβίδες αυτές υπάρχει πλήρης επαφή στις αρθρώσεις. Με τον τρόπο αυτό, δεν υπάρχει καθόλου διάκενο μεταξύ ωστήριου και βαλβίδας και οι διαστολές του συστήματος εξουδετερώνονται από το υδραυλικά ρυθμιζόμενο ωστήριο.

3.1.3 Μηχανισμοί κίνησης των βαλβίδων

Ο μηχανισμός κίνησης περιλαμβάνει όλα εκείνα τα εξαρτήματα που χρειάζονται για να φθάσει η κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα μέχρι τις βαλβίδες.

Ανάλογα με τη θέση του εκκεντροφόρου ως προς τις βαλβίδες, ποικίλουν και τα εξαρτήματα που περιλαμβάνονται σε αυτόν για την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας. Όταν μάλιστα ο εκκεντροφόρος βρίσκεται στα πλάγια και οι βαλβίδες επικεφαλής, υπάρχει ένας πλήρης κινηματικός μηχανισμός.

A) Ωστήριο

Είναι ένας κύλινδρος κλειστός από τη μία πλευρά και ανοιχτός από την άλλη. Έχει σχήμα μικρού κυλινδρικού ποτηριού με διάμετρο περίπου 1,5 μέχρι 2,5 cm και ύψος 4 με 6 cm. Η βάση του έρχεται σε άμεση επαφή με τον εκκεντροφόρο άξονα, ενώ στο εσωτερικό του έρχεται και τοποθετείται η ωστική ράβδος.

Β) Ωστική ράβδος

Είναι μία κυλινδρική ράβδος με πεπλατυσμένες τις άκρες συνήθως, η άκρη που βρίσκεται μέσα στο ωστήριο είναι σφαιρική, ενώ η άλλη άκρη που έρχεται σε επαφή με το ζύγωθρο είναι κοίλη. Ο ρόλος της ράβδου αυτής είναι να μεταφέρει την κίνηση από το ωστήριο στο ζύγωθρο.

Γ) Ζύγωθρο

Το ζύγωθρο είναι ένας μικρός μεταλλικός μοχλός (πλήκτρο). Βρίσκεται στερεωμένο επάνω σε έναν άξονα, τον πλήκτρο φορέα, και μπορεί να περιστρέφεται γύρω από αυτόν. Δέχεται στη μια πλευρά του την κίνηση από την ωστική ράβδο και από την άλλη πλευρά πιέζει τη βαλβίδα να ανοίξει.

Δ) Πληκτροφορέας

Είναι ένας άξονας στον οποίο στερεώνονται τα ζύγωθρα των βαλβίδων. Ο άξονας αυτός έχει και τους αντίστοιχους αγωγούς για τη λίπανση των βαλβίδων, ενώ επάνω του βρίσκονται, επίσης, και τα ελατήρια «αποστάτες», που κρατούν στη σωστή θέση μεταξύ τους τα ζύγωθρα.

3.1.4 Μετάδοση κίνησης από τον στροφαλοφόρο στον εκκεντροφόρο άξονα

Οι τρόποι μετάδοσης της κίνησης από τον στροφαλοφόρο στον εκκεντροφόρο άξονα είναι οι εξής:

Μετάδοση με γρανάζια. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος άξονας είναι στα πλάγια του κινητήρα. Έχει υψηλό κόστος κατασκευής, χρειάζεται λίπανση, παρέχει όμως μεγάλη αξιοπιστία στην μεταφορά της κίνησης και προσφέρει αθόρυβη λειτουργία.

Μετάδοση με αλυσίδα. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής. Έχει και αυτός υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής, χρειάζεται λίπανση, παρέχει μεγάλη αξιοπιστία στην μεταφορά της κίνησης,

παρουσιάζει όμως, σχετικά θορυβώδη λειτουργία, που γίνεται περισσότερο έντονη μετά από πολλές ώρες λειτουργίας.

Μετάδοση με οδοντωτό μάντα. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής. Έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης και δεν χρειάζεται λίπανση. Για ασφάλεια, πάντως στη μεταφορά της κίνησης και για αθόρυβη λειτουργία, πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Η σχέση μετάδοσης από το **στροφαλοφόρο** στον **εκκεντροφόρο άξονα** για τους 4χρονους κινητήρες, είναι 2:1. Δηλαδή, στις δύο περιστροφές του **στροφαλοφόρου άξονα**, ο εκκεντροφόρος περιστρέφεται κατά μία στροφή.

3.1.5 Λειτουργία των βαλβίδων

Κατά την λειτουργία ενός τετράχρονου παλινδρομικού κινητήρα, οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής δεν ανοίγουν και κλείνουν ακριβώς στο ΑΝΣ (Άνω Νεκρό Σημείο) και ΚΝΣ (Κάτω Νεκρό Σημείο). Πιο συγκεκριμένα:

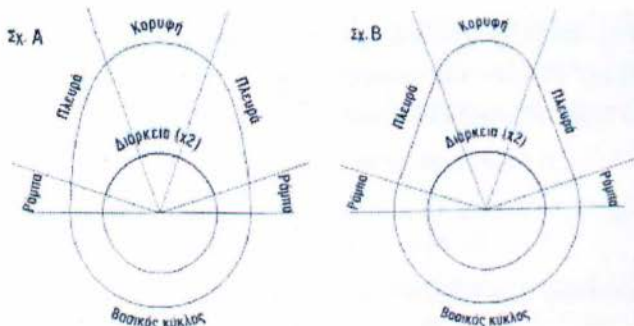
- Η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει πριν το **άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ)** και κλείνει μετά το κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ).
- Και η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει πριν το κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ) και κλείνει μετά το άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ).

Σκοπός των παραπάνω είναι η καλύτερη πλήρωση και παγίδευση του αέρα μέσα στον κύλινδρο, ώστε να μπορέσει η καύσιμη ύλη να καεί καλύτερα.

Σε έναν κινητήρα που λειτουργεί με υψηλές στροφές, η βαλβίδα εξαγωγής αρχίζει να ανοίγει αρκετά πριν το έμβολο φθάσει στο ΚΝΣ και κλείνει αφού περάσει το ΑΝΣ. Αντίστοιχα, η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει ενώ το έμβολο κινείται ακόμα προς το ΑΝΣ και κλείνει αρκετά μετά το ΚΝΣ, δηλαδή αφού το έμβολο αρχίσει να ανεβαίνει προς το ΑΝΣ. Με τον τρόπο αυτό, εκμεταλλευόμαστε τη δυναμική της κίνησης των αερίων από και προς τους κυλίνδρους και εξασφαλίζουμε μια βελτιωμένη πλήρωση των κυλίνδρων και μια καλύτερη εξαγωγή των

καυσαερίων. Το πρόωρο άνοιγμα και το καθυστερημένο κλείσιμο των βαλβίδων δημιουργούνται επικαλύψεις που δεν ενοχλούν όμως την ομαλή λειτουργία του κινητήρα, όσο οι στροφές του είναι υψηλές. Αντίθετα, σε χαμηλές στροφές και στο ρελαντί η δυναμική της κίνησης των αερίων είναι μειωμένη και υπάρχει αρκετός χρόνος ώστε να διαφύγουν καυσαέρια προς την πολλαπλή εισαγωγής και μείγμα προς τη βαλβίδα εξαγωγής. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας μη επιθυμητής διακίνησης των αερίων, που προέρχεται από την επικάλυψη του ανοίγματος των βαλβίδων στις χαμηλές στροφές, είναι ένα ασταθές ρελαντί και η κακή ανταπόκριση του κινητήρα στις επιταχύνσεις κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο στροφών.

Αν τοποθετηθεί λοιπόν στον κινητήρα ένας εκκεντροφόρος με γεωμετρικά χαρακτηριστικά τα οποία εξασφαλίζουν μεγάλο ονερλαρ στις βαλβίδες (Σχήμα Α), τότε ο κινητήρας θα είναι πολύ αποδοτικός στις υψηλές στροφές, αλλά σε χαμηλούς ρυθμούς λειτουργίας η απόδοσή του θα είναι πολύ χειρότερη από πριν. Και αντιστρόφως, χωρίς καθόλου ονερλαρ (Σχήμα Β) ο κινητήρας δεν θα ανεβάζει στροφές και η ωφέλιμη λειτουργία του θα περιοριστεί στις χαμηλές στροφές.



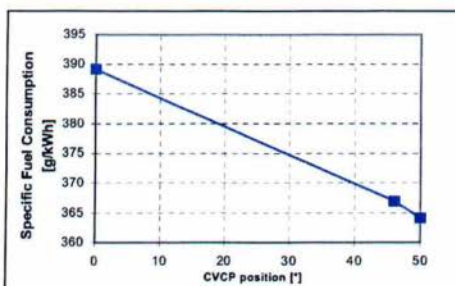
Στις χαμηλές στροφές επομένως πρέπει να υπάρχει μικρή επικάλυψη, για μέγιστη απόδοση του κινητήρα και στις υψηλές μεγάλη για να έχουμε πάντοτε την καλύτερη δυνατή ροπή.

Αρχικά οι κατασκευαστές κινητήρων υιοθέτησαν συμβιβαστικές λύσεις. Επέλεξαν δηλαδή τα στοιχεία του χρονισμού του κινητήρα ανάλογα με τη χρήση του. Στα επαγγελματικά π.χ. αυτοκίνητα μεταφορών τοποθετούνταν κινητήρες με σχεδόν μηδενικό ονερλαρ έτσι ώστε να λειτουργούν καλά στις χαμηλές στροφές, ενώ στους κινητήρες υψηλών επιδόσεων επιλέγονταν

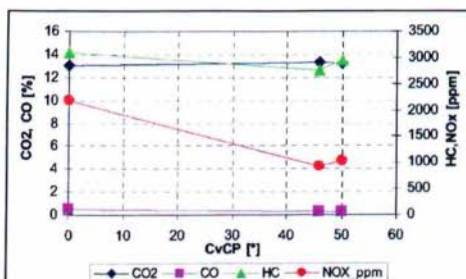
εκκεντροφόροι με πολύ μεγάλο overlap, όπου απέδιδαν εκπληκτικά στις υψηλές στροφές, αλλά στις χαμηλές σχεδόν έσβηναν.

3.2 Αρχή λειτουργίας συστήματος μεταβλητού χρονισμού

Με την καθιέρωση των πολυβάλβιδων κεφαλών, η επόμενη λύση σχετικά με την αύξηση της απόδοσης και τη μείωση της κατανάλωσης των σύγχρονων 4χρονων βενζινοκινητήρων είναι η υιοθέτηση των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού. Ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων επιτρέπει τη διαφοροποίηση των επικάλυψεων ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Χρησιμοποιείται σε σύγχρονους κινητήρες για να επιτύχουμε μεγαλύτερη ισχύ διατηρώντας σε ολόκληρο το φάσμα στροφών του κινητήρα τη ροπή στρέψης σε υψηλά επίπεδα. Παράλληλα μας δίνεται η δυνατότητα να μειώσουμε την κατανάλωση καυσίμου και τους εκπεμπόμενους ρύπους. Με το μεταβλητό χρονισμό επιτυγχάνεται η μετατόπιση της στιγμής που ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες, η μείωση της επικάλυψης των βαλβίδων στις χαμηλές στροφές ή η αύξηση της επικάλυψης στις υψηλές, αλλά και το βύθισμα σε ορισμένες κατασκευές. Το σύστημα του μεταβλητού χρονισμού βρίσκεται προσαρμοσμένο πάνω στον ένα από τους δύο ή και στους δύο εκκεντροφόρους ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα. Ένας κινητήρας διαθέτοντας σύστημα μεταβλητού χρονισμού, είναι δυνατό να αναμειξεί ένα μέρος των καυσαερίων με το εισαγόμενο μείγμα (διεργασία που σαν αποτέλεσμα έχει την μείωση των Nox) κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο, αποφεύγοντας έτσι τη χρήση της βαλβίδας ανακύκλωσης καυσαερίων. Εκτός από τον μεταβλητό χρονισμό των βαλβίδων σε ορισμένα συστήματα χρησιμοποιείται και μεταβλητή κατακόρυφη μετατόπιση (βύθισμα) των βαλβίδων με αποτέλεσμα ακόμη καλύτερη απόδοση και οικονομία καυσίμου.



Διάγραμμα στο οποίο είναι εμφανής η μείωση κατανάλωσης καυσίμου κατά την μεταβολή χρονισμού βαλβίδων σε μοίρες

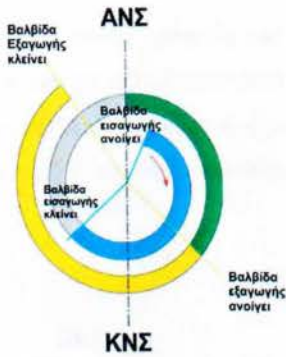


Διάγραμμα εκπομπών ρύπων σε διάφορους χρονισμούς βαλβίδων

Ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων αναλαμβάνει στον κινητήρα τη ρύθμιση του βέλτιστου χρονισμού των βαλβίδων για τις καταστάσεις λειτουργίας ρελαντί, μέγιστης ισχύος και ροπής όπως και επαναφοράς καυσαερίων.

Ρελαντί

Στο ρελαντί οι εκκεντροφόροι ρυθμίζονται έτσι ώστε ο εκκεντροφόρος εισαγωγής να ανοίξει με καθυστέρηση και συνεπώς να κλείσει με καθυστέρηση. Ο εκκεντροφόρος εξαγωγής ρυθμίζεται έτσι ώστε να κλείσει πολύ πριν το ΑΝΣ (άνω νεκρό σημείο). Αυτό έχει αποτέλεσμα σταθερότερο και πιο ομοιόμορφο ρελαντί λόγω της χαμηλής παραμένουσας ποσότητας αερίων από την καύση.



Ισχύς

Για την επίτευξη ικανοποιητικής ισχύος στους υψηλούς αριθμούς στροφών οι βαλβίδες εξαγωγής ανοίγονται με καθυστέρηση. Με τον τρόπο αυτό η διαστολή των αερίων της καύσης δρά για περισσότερο χρόνο στο έμβολο. Η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει μετά το ANΣ και κλείνει αρκετά μετά το ΚΝΣ. Με τον τρόπο αυτό αξιοποιείται το φαινόμενο της δυναμικής αυτοπλήρωσης του εισερχόμενου αέρα για να αυξηθεί η ισχύς.



Ροπή στρέψης

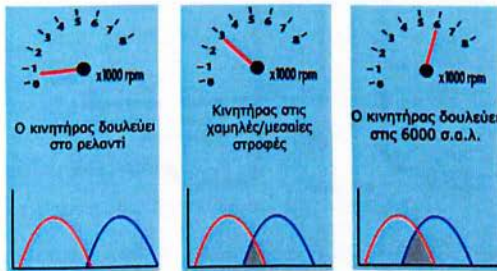
Για την επίτευξη της μέγιστης ροπής πρέπει ο βαθμός πλήρωσης (ογκομετρική απόδοση) των κυλίνδρων να είναι υψηλός. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να ανοίξουν νωρίτερα οι βαλβίδες εισαγωγής. Όταν ανοίξουν νωρίτερα θα κλείσουν και νωρίτερα και με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται η εξώθηση των φρέσκων αερίων. Ο εκκεντροφόρος εξαγωγής κλείνει λίγο πριν το ΑΝΣ.



Επαναφορά καυσαερίων

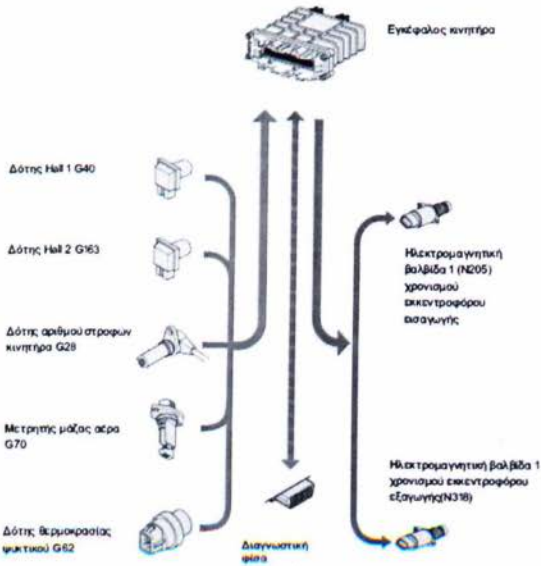
Με το χρονισμό των εκκεντροφόρων εισαγωγής και εξαγωγής επιτυγχάνεται η εσωτερική επαναφορά των καυσαερίων. Στη διαδικασία αυτή, τα καυσαέρια προερχόμενα από το κανάλι εξαγωγής πληρώνουν το κανάλι εισαγωγής στη φάση της επικάλυψης των βαλβίδων (βαλβίδες εισαγωγής και βαλβίδες εξαγωγής ανοιχτές ταυτόχρονα). Η ποσότητα των καυσαερίων που επαναφέρονται με την εσωτερική επαναφορά των καυσαερίων εξαρτάται από τη διάρκεια της επικάλυψης των βαλβίδων. Ο εκκεντροφόρος εισαγωγής ρυθμίζεται για να ανοίγει αρκετά πριν από το ΑΝΣ (άνω νεκρό σημείο), και ο εκκεντροφόρος εξαγωγής για να κλείνει λίγο πριν το ΑΝΣ. Τότε και οι δύο βαλβίδες είναι ανοιχτές και τα καυσαέρια επαναφέρονται. Το πλεονέκτημα της εσωτερικής επαναφοράς καυσαερίων έναντι της

εξωτερικής επαναφοράς είναι γρήγορη αντίδραση του συστήματος και ομοιόμορφη κατανομή των καυσαερίων επαναφοράς.



Στο διάγραμμα φαίνεται ο χρόνος όπου οι βαλβίδες εισαγωγής (μπλε καμπύλη) και εξαγωγής (κόκκινη καμπύλη) μένουν ανοιχτές. Καθώς αυξάνονται οι στροφές η επικάλυψη (overlap) μεγαλώνει.

3.2.1 Αισθητήρες και ενεργοποιητές που συμμετέχουν στην λειτουργία του συστήματος μεταβλητού χρονισμού



1) Μετρητής μάζας αέρα

Τα σήματα του μετρητή μάζας αέρα χρειάζονται στον εγκέφαλο κινητήρα για τον υπολογισμό του βαθμού πλήρωσης των κυλίνδρων. Από το βαθμό πλήρωσης ο εγκέφαλος κινητήρα υπολογίζει τη ροπή του κινητήρα λαμβάνοντας υπόψη του την τιμή λάμδα και το χρονισμό ανάφλεξης.

2) Δότης αριθμού στροφών κινητήρα

Ο αισθητήρας που είναι ηλεκτρομαγνητικού τύπου μεταβλητής αντίστασης είναι τοποθετημένος στη βάση του κινητήρα και απέναντι από έναν οδοντωτό τροχό 60 δοντιών (5), εκ των οποίων δύο έχουν αφαιρεθεί για την αναγνώριση του Α. Ν.Σ. Η μονάδα ελέγχου (ΗΜΕ) όταν αναγνωρίζει το δόντι που λείπει (4) κάνει ένα μέτρημα 20 δοντιών για να ταυτοποιήσει το ζεύγος των κυλίνδρων 1-4 και 50 δοντιών για το ζεύγος των κυλίνδρων 3-2. Στο σύστημα του

χρονισμού των εκκεντροφόρων το σήμα αυτό χρησιμοποιείται για τον χρονισμό των εκκεντροφόρων βάσει του αριθμού στροφών κινητήρα.

3) Δότες Hall

Και οι δύο δότες Hall βρίσκονται στο κάλυμμα της αλυσίδας χρονισμού του κινητήρα. Αυτοί πληροφορούν τον εγκέφαλο κινητήρα για τη θέση του εκκεντροφόρου εισαγωγής και εξαγωγής. Αυτό γίνεται διαβάζοντας το ρότορα ταχείας εκκίνησης του δότη που βρίσκεται στον εκάστοτε εκκεντροφόρο. Από τον δότη Hall G40 ο εγκέφαλος κινητήρα αναγνωρίζει τη θέση του εκκεντροφόρου εισαγωγής και από τον δότη Hall 2 G163 ο εγκέφαλος κινητήρα αναγνωρίζει τη θέση του εκκεντροφόρου εξαγωγής. Από το σήμα του δότη αριθμού στροφών κινητήρα ο εγκέφαλος κινητήρα αναγνωρίζει τη θέση του στροφάλου. Σε συνδυασμό με τα σήματα των εκκεντροφόρων ο εγκέφαλος υπολογίζει τη θέση των εκκεντροφόρων ως προς τον στροφάλο. Οι θέσεις αυτές χρειάζονται στον εγκέφαλο για τον ακριβή χρονισμό των εκκεντροφόρων και για την ταχεία εκκίνηση του κινητήρα.

4) Δότης θερμοκρασίας

Βρίσκεται στο κέλυφος του θερμοστάτη. Πληροφορεί τον εγκέφαλο κινητήρα για την πραγματική θερμοκρασία του κινητήρα. Το σήμα του δότη χρησιμοποιείται για τον χρονισμό των εκκεντροφόρων βάσει της θερμοκρασίας

5) Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ελέγχου χρονισμού εκκεντροφόρων

Οι ηλεκτροβαλβίδες μεταβλητού χρονισμού βρίσκονται στο καπάκι χρονισμού και αποτελούνται από ένα πηνίο, το πυρήνα και μία ράβδο. Το πηνίο ενεργοποιείται από τον εγκέφαλο ψεκασμού και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο που μετακινεί το πυρήνα. Ο πυρήνας συνδέεται με τη ράβδο και προκαλεί τη κίνησή της, ανοίγοντας ή κλείνοντας με αυτό το τρόπο τη δίοδο του λαδιού. Ο εγκέφαλος ενεργοποιεί τη κάθε ηλεκτροβαλβίδα (εισαγωγή ή εξαγωγή) ανεξάρτητα.

Η ηλεκτροβαλβίδα αλλάζει τη δίοδο του λαδιού προς τον μηχανισμό χρονισμού του εκκεντροφόρου εξαγωγής και τροφοδοτείται με γείωση όταν οι στροφές του κινητήρα ξεπεράσουν κάποιο αριθμό στροφών.

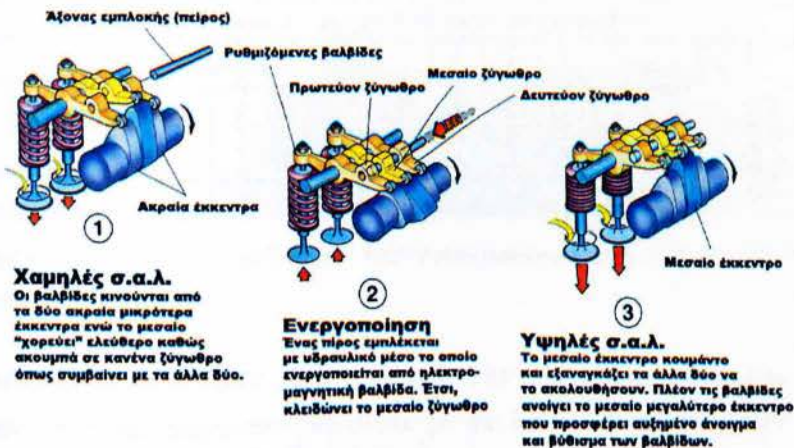
3.2.2 Είδη συστημάτων μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 ο Giovanni Torazza επινοεί για την Fiat ένα υδραυλικό σύστημα που μεταβάλλει τον χρονισμό και την βύθιση των βαλβίδων. Το 1975 η GM παρουσιάζει ένα παρόμοιο σύστημα για τις βαλβίδες εισαγωγής, στις χαμηλές στροφές, με στόχο την μείωση των εκπομπών ρύπων. Το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με μηχανικό VVT σύστημα ήταν η Alfa Romeo Spider του 1980.

A) Σύστημα VTEC της HONDA

Το σύστημα της Honda βασίζεται στην ύπαρξη δύο έκκεντρων για κάθε βαλβίδα στον εκκεντροφόρο. Μια μηχανική διάταξη είναι σε θέση να εμπλέκει και να απεμπλέκει το κατάλληλο έκκεντρο ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Ειδικότερα, η εμπλοκή και η απεμπλοκή γίνεται με έναν υδραυλικό μηχανισμό που μετακινεί έναν μεταλλικό πείρο. Όταν λοιπόν οι στροφές του κινητήρα περάσουν ένα ορισμένο όριο (π.χ. 4.500rpm) τότε ορισμένοι αισθητήρες που μετρούν συνεχώς κάποιες παραμέτρους του κινητήρα, δίνουν εντολή στην ΗΜΕ του για την ενεργοποίηση του VTEC.

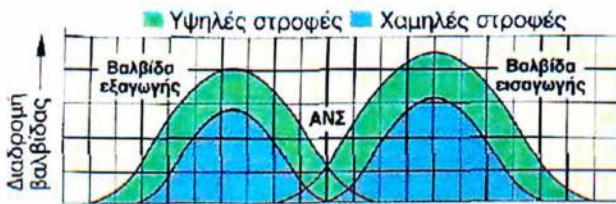
VTEC (Variable Timing Electronic Control) System



Ο μηχανισμός αποτελείται από τρία ζύγωθρα(κοκοράκια) που παίρνουν κίνηση από ίσο αριθμό έκκεντρων του εκκεντροφόρου. Ο κάθε εκκεντροφόρος έχει δυο ειδών έκκεντρα. Ένα για χαμηλές και ένα για υψηλές στροφές.

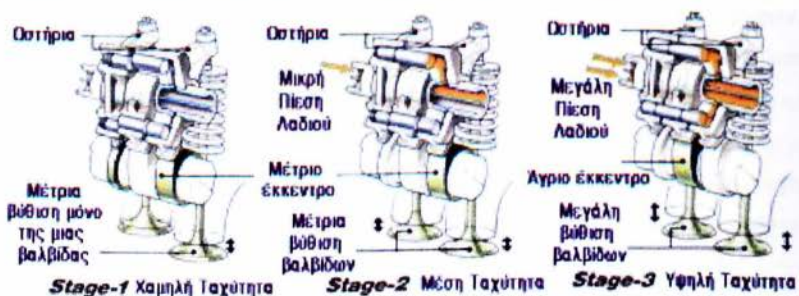
Τα ζύγωθρα μπορούν να κινούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο ή να παρακολουθούν την κίνηση του μεσαίου. Η κίνησή τους συντονίζεται από ένα άξονα εμπλοκής, που κινείται με υδραυλική πίεση έτσι ώστε ανάλογα με τη θέση του να συμπλέκει ή να αποσυμπλέκει το μεσαίο με τα ακραία ζύγωθρα. Το έκκεντρο που κινεί το μεσαίο ζύγωθρο έχει διαφορετικό ύψος και άλλη γωνία λειτουργίας σε σχέση με τα έκκεντρα που κινούν τα δύο ακραία. Στις χαμηλές στροφές οι βαλβίδες κινούνται από το πρωτεύον και το δευτερεύον ζύγωθρο. Το μεσαίο ταλαντώνεται ελεύθερα ενώ υπάρχει και ελατήριο που αποσβένει τη ταλάντωση. Στις υψηλές στροφές ενεργοποιείται η μαγνητική βαλβίδα και η πίεση του λαδιού του κινητήρα επενεργεί στο έμβολο Α. μετακινώντας τα έμβολα Α και Β προς τα δεξιά και αντίθετα προς το ελατήριο επαναφοράς τους και εμπλέκει τα τρία ζύγωθρα μεταξύ τους. Οι βαλβίδες τώρα ανοίγουν από το μεσαίο έκκεντρο, που δίνει μεγαλύτερη διάρκεια ανοίγματος και εξασφαλίζει το μέγιστο βύθισμα των βαλβίδων. Η θέση του άξονα, που συμπλέκει και αποσυμπλέκει τα ζύγωθρα, ρυθμίζεται

υδραυλικά μέσω μίας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας . Η λειτουργία της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας, που με αυτό το σύστημα αλλάζει το βόθισμα των βαλβίδων του κινητήρα, εξαρτάται από τον αριθμό στροφών, το φορτίο και τη θερμοκρασία του κινητήρα.



Διάγραμμα λειτουργίας VTEC

Η εξέλιξη του συστήματος VTEC είναι το 3 Stage VTEC το οποίο βασίζεται στο κλασικό VTEC δυο σταδίων, αλλά με τις κατάλληλες μετατροπές έχει γίνει σύστημα μεταβλητού χρονισμού τριών σταδίων. Ο μηχανισμός του συστήματος αυτού χρησιμοποιεί έναν εκκεντροφόρο ο οποίος έχει σχηματισμένα πάνω του τρία έκκεντρα για κάθε κύλινδρο. Τα έκκεντρα αυτά έχουν διαφορετική γεωμετρία και διαφορετικές διαστάσεις. Το μεσαίο είναι το μεγαλύτερο και δημιουργεί υψηλής απόδοσης χρονισμό και μεγάλη βύθιση της βαλβίδας. Το έκκεντρο που βρίσκεται δεξιά του δημιουργεί μέτριο χρονισμό και μέτρια βύθιση, ενώ το τρίτο έκκεντρο είναι σχεδιασμένο για ήπιο χρονισμό και μικρή βύθιση των βαλβίδων εισαγωγής.

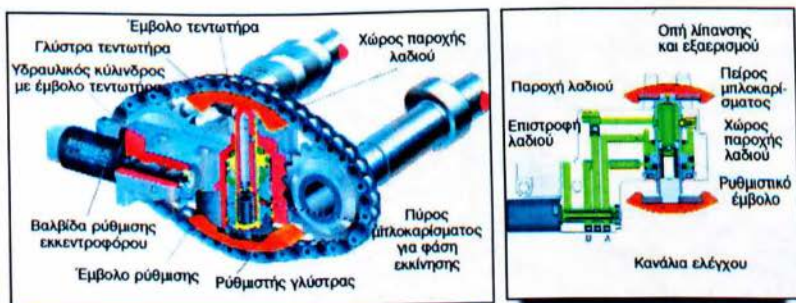


Λειτουργία 3 Stage VTEC

Β) Σύστημα VarioCam PORSCHE, VAG

Ο μεταβλητός αυτός χρονισμός μεταβάλλει τον χρονισμό του εκκεντροφόρου εισαγωγής, με την καδένα των εκκεντροφόρων, με την αλλαγή της γωνιακής θέσης του εκκεντροφόρου εισαγωγής σε σχέση με τον εκκεντροφόρο εξαγωγής με την χρήση του υδραυλικού εμβόλου στον ρυθμιστή τάσης.

Με τον τρόπο αυτόν το μήκος της αλυσίδας στο επάνω μέρος από μεγαλύτερο γίνεται μικρότερο από αυτό της κάτω πλευράς, ώστε να αλλάζει γωνιακά η θέση των δύο εκκεντροφόρων μεταξύ τους. Ο έλεγχος του ρυθμιστή τάσης γίνεται με την μεταβολή της υδραυλικής πίεσης που εφαρμόζεται στο έμβολο και ηλεκτροβαλβίδα ελέγχεται από το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα.

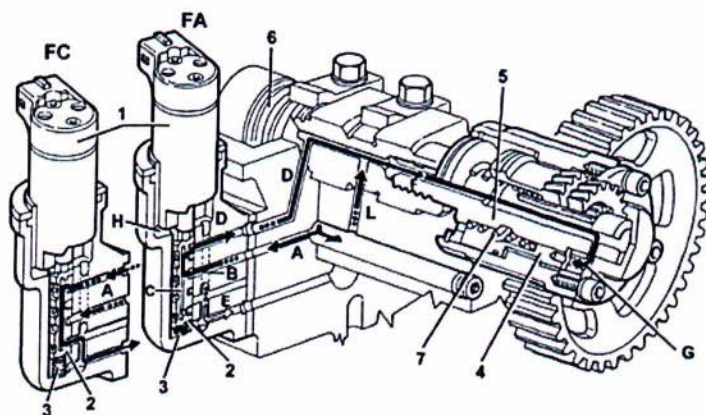


Όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλές στροφές, η μαγνητική βαλβίδα κλείνει τον έναν αγωγό του λαδιού. Το λάδι πιέζει το πείρο και τον κινεί αντίθετα προς τη δύναμη του ελατηρίου. Ο πείρος ελευθερώνει το ρυθμιστικό έμβολο το οποίο κινείται προς τα κάτω. Ο χώρος παροχής λαδιού έχει μία οπή εξαέρωσης στο πάνω του άκρο, από την οποία λαδώνεται συγχρόνως η αλυσίδα.

Στη θέση βραδυπορίας ο τεντωτήρας βρίσκεται στην πάνω θέση και ο εκκεντροφόρος εισαγωγής στη θέση αργοπορείας. Όταν ο τεντωτήρας ωθείται από το λάδι προς τα κάτω, τότε το κάτω μέρος της αλυσίδας επιμηκύνεται, ενώ το επάνω κονταίνει με αποτέλεσμα την περιστροφή των δύο εκκεντροφόρων μεταξύ τους. Στη θέση αυτή ο εκκεντροφόρος βρίσκεται στη θέση προπορείας.

Γ) Σύστημα Μεταβλητού χρονισμού FIAT,ALFA ROMEO,LANCIA

Ο μεταβλητός χρονισμός μεταβάλλει το χρονισμό στις βαλβίδες εισαγωγής, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του φορτίου και των στροφών του κινητήρα. Το σύστημα ελέγχεται απευθείας από τη μονάδα ελέγχου του ψεκασμού λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές που δίνονται από τους αισθητήρες στροφών κινητήρα και μετρητή ροής μάζας αέρα (MAF). Η ενεργοποίηση γίνεται με ηλεκτρομαγνητική εντολή προς τη βαλβίδα μεταβλητού. Η αλλαγή θέσης του εκκεντροφόρου εισαγωγής γίνεται μέσω της βαλβίδας μεταβλητού χρονισμού. Η διάταξη του μεταβλητού χρονισμού έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε δύο φάσεις, την κλειστή φάση και την ανοιχτή.



Λειτουργία σε κλειστή φάση FC – απενεργοποιημένη βαλβίδα μεταβλητού χρονισμού

Όταν απαιτείται η φάση κλεισίματος (ελάχιστος αριθμός στροφών και ζώνη μέγιστης ισχύος), ο ηλεκτρομαγνήτης (1) απενεργοποιείται, και έτσι το κινητό τμήμα της βαλβίδας (2) που είναι ανοικτό προς το ελατήριο ωσης (3), παραμένει ανυψωμένο, και δεν επιτρέπει στο λάδι

που έρχεται από τα κανάλια (A) να φτάσει στον ρυθμιστή. Σε αυτήν την περίπτωση ο χρονισμός των βαλβίδων εισαγωγής παραμένει αμετάβλητος (κλειστή).

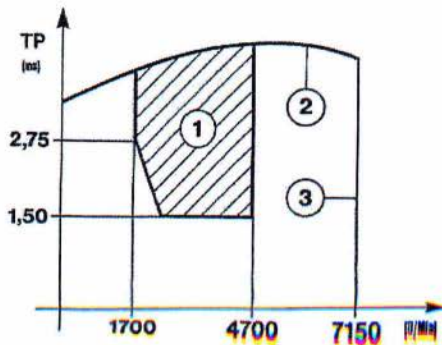
Λειτουργία σε ανοικτή φάση FA – ενεργοποιημένη βαλβίδα μεταβλητού χρονισμού

Όταν απαιτείται η ανοικτή φάση (μεσαίος αριθμός στροφών με υψηλή ροπή), ο ηλεκτρομαγνήτης (1) ενεργοποιείται, ανοίγοντας προς τα κάτω το κινητό τμήμα της βαλβίδας (2). Σε αυτήν την θέση, το λάδι, που προέρχεται από τα κανάλια (A) εισέρχεται στον θάλαμο (B) του εμβόλου και από εκεί, μέσω της αντίστοιχης τρύπας, στο κανάλι (C) που εξέρχεται ενδιάμεσα στο τελευταίο.

Από το προηγούμενο κανάλι, το λάδι, μπορεί να εξέλθει μόνο μέσω της πάνω τρύπας (σε επικοινωνία με τον αγωγό (D) διανομής λαδιού στον ρυθμιστή) έτσι ώστε η κάτω τρύπα, κατά το κατέβασμα του κινητού μέρους της βαλβίδας (2), να μην έρχεται σε επικοινωνία με τον αγωγό εξαγωγής (E).

Το λάδι μέσω των καναλιών (D) και (F), φτάνει στον θάλαμο (G) μετακινώντας, προς τον κινητήρα το έμβολο (4) που όντας εφοδιασμένο εξωτερικά με μια ελικοειδή οδόντωση είναι αναγκασμένο να περιστραφεί δεξιόστροφα. Η περιστροφή του μεταφέρεται, μέσω μιας αυλάκωσης με ευθεία δόντια, στο γρανάζι (5) το οποίο, βιδωμένο πάνω στο σπείρωμα του εκκεντροφόρου (6), μεταφέρει την περιστροφή του άξονα, αλλάζοντας έτσι κατά 25° στον κινητήρα τον χρονισμό των βαλβίδων εισαγωγής.

Κατά την απενεργοποίηση του ηλεκτρομαγνήτη, το κινητό τμήμα της βαλβίδας (2) επιστρέφει στην αρχική θέση, αναστέλλοντας την ροή του υπό πίεση λαδιού στο έμβολο (4), αλλά επιτρέποντας την επιστροφή του λαδιού εξαγωγής, χάρη στην ωθηση του ελατηρίου ωσης (7). Τα κανάλια (L) επιτρέπουν την λίπανση των κουζινέτων του εκκεντροφόρου στις διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Το λάδι για την διεξαγωγή φθάνει στον θάλαμο (H) του ηλεκτρομαγνήτη εξαγωγής μέσω του αγωγού διοχέτευσης (E).



Διάγραμμα λειτουργίας Μεταβλητού χρονισμού σε κινητήρα 1800 κ.εκ της Lancia

Στο παραπάνω διάγραμμα ισχύουν:

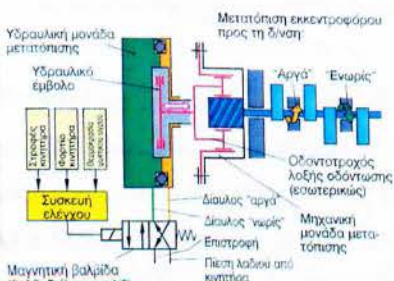
- TP= είναι το απαιτούμενο φορτίο του κινητήρα στη μονάδα του χρόνου (ms)
- Οριζόντιος άξονας= στροφές κινητήρα
- 1= περιοχή ενεργοποίησης μεταβλητού
- 2= καμπύλη TP-ισχύος
- 3= κόφτης στροφών κινητήρα

Δ) Σύστημα Vanos και Double Vanos της BMW

Ο μεταβλητός αυτός χρονισμός έχει αναπτυχθεί εξ'ολοκλήρου από την BMW. Υπάρχουν δύο τύποι VANOS. Το μονό VANOS (με ρύθμιση μόνο στον εκκεντροφόρο εισαγωγής) και το διπλό (DOUBLE) VANOS (με ρύθμιση τόσο στον εκκεντροφόρο εισαγωγής όσο και στον εκκεντροφόρο εξαγωγής).

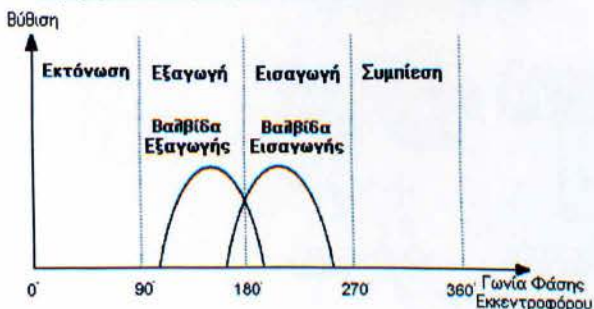
Το Vanos χρησιμοποιεί μια μαγνητική βαλβίδα, η οποία ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα παίρνει τέτοια θέση, ώστε να μεταβάλλεται η πίεση του λαδιού και να μετατοπίζει ένα υδραυλικό έμβολο.

Η αξονική κίνηση του εμβόλου μετατοπίζει μέσω της οδόντωσης του εκκεντροφόρου προς τη θέση νωρίς ή αργά σε σχέση με το γρανάζι της καδένας (αλυσοτροχός). Στο διπλό Vanos στρέφονται και οι δύο εκκεντροφόροι ως προς τον αλυσοτροχό. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη βελτιωμένη αύξηση της ροπής, τόσο στις χαμηλές όσο και στις μεσαίες στροφές.



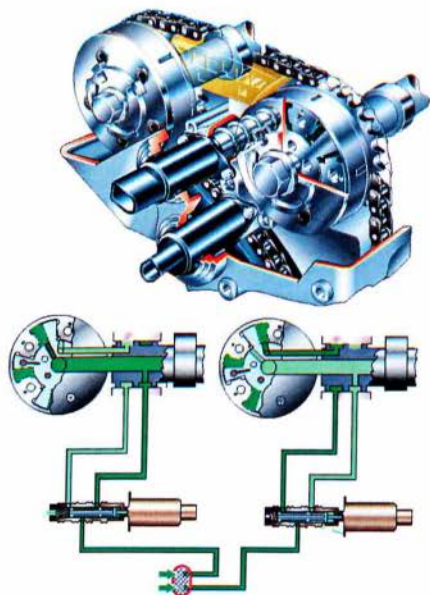
Το πρώτο διπλό VANOS εμφανίστηκε το 1995 στην BMW M3. Το σύστημα αυτό έχει έναν μηχανισμό αλλαγής της φάσης για κάθε έναν από τους εκκεντροφόρους. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερο ποσό επικάλυψης (overlapping) άρα και υψηλότερη απόδοση του κινητήριου συνόλου. Η διαφορά στην απόδοση φαίνεται εύκολα από τη σύγκριση των χαρακτηριστικών δυο κινητήρων της BMW, όπου ο ένας διαθέτει μονό και ο άλλος διπλό VANOS. Στον κινητήρα λοιπόν των 3.200 κυβικών εκατοστών που κινεί την BMW M3 του 1998, έχουμε διπλό VANOS και "ειδική απόδοση" 100PS/λίτρο. Ωστόσο στον κινητήρα των 3.000 κυβικών εκατοστών της παλαιότερης BMW M3 ο οποίος είχε μονό VANOS έχουμε "ειδική απόδοση" 95PS/λίτρο. Ένα διάγραμμα της λειτουργίας του διπλού VANOS της BMW παρουσιάζεται παρακάτω.

Υψηλή Ταχ. Περιστροφής - BMW Double VANOS



Ε) Σύστημα της DELPHI

Το σύστημα αποτελείται από μία γλίστρα , που έχει και διάφορες σπές λίπανσης, δύο μηχανισμούς μεταβολής χρονισμού, δύο ηλεκτροβαλβίδες. Το σύστημα μεταβλητού χρονισμού περιλαμβάνει την ανεξάρτητη μεταβολή των σημείων ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής. Η λειτουργία του βασίζεται στο υδραυλικό κύκλωμα που πρεσάρει λάδι στους δύο μηχανισμούς μεταβολής χρονισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δύο ηλεκτροβαλβίδων, από τις οποίες η μία ελέγχει την είσοδο του λαδιού στον εκκεντροφόρο εισαγωγής και η άλλη στον εκκεντροφόρο εξαγωγής.



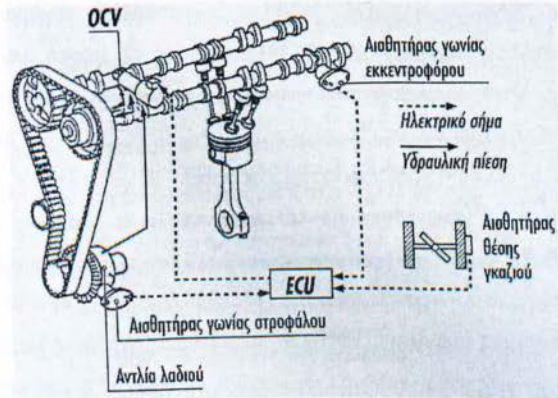
Ο εγκέφαλος του κινητήρα ελέγχει και τις δύο ηλεκτροβαλβίδες. Τα δόντια των βασικών κυλίνδρων εισαγωγής και εξαγωγής είναι διαφορετικά σε πλάτος, έτσι ώστε ο εκκεντροφόρος

εισαγωγής να περιστρέφεται κατά 25 μοίρες (50 μοίρες γωνία στροφάλου) ενώ ο εκκεντροφόρος εξαγωγής περιστρέφεται μόνο 11 μοίρες (22 μοίρες στροφάλου) από την αρχική θέση.

Ο ρότορας εισαγωγής έχει μία εγκοπή ασφάλισης που τον κρατάει στην αρχική του θέση όταν δεν υπάρχει πίεση λαδιού. Έτσι προστατεύεται από χτύπημα με το βασικό κύλινδρο όταν ξεκινάει να κινείται η αλυσίδα χρονισμού.

ΣΤ) Σύστημα VVT-i της TOYOTA

Η βασική διαφορά του συστήματος αυτού σχετίζεται με το σύστημα ελέγχου του χρονισμού και δικαιολογεί την ύπαρξη του (Intelligent=Εξυπνο) στο όνομά του. Για τη μεταβολή λοιπόν του χρονισμού του κινητήρα, ο υπολογιστής δεν ελέγχει μόνο τις στροφές λειτουργίας του κινητήρα αλλά μέσω διαφόρων αισθητήρων ελέγχει τις γωνία της πεταλούδας του αέρα, την πίεση που ασκείται στο πεντάλ του γκαζιού, αλλά και το αν το αυτοκίνητο ανεβαίνει ή κατεβαίνει δρόμο με κλίση.



Οι αισθητήρες καταγράφουν τις στροφές του κινητήρα και τη θέση του γκαζιού. Τα δεδομένα έρχονται στην κεντρική μονάδα ελέγχου (ECU) η οποία, με βάση την απαιτούμενη στιγμιαία απόδοση, καθορίζει το βέλτιστο χρονισμό των βαλβίδων και περιστρέφει υδραυλικά

τον εκκεντροφόρο εισαγωγής για προπορεία ή καθυστέρηση του ανοίγματος των βαλβίδων. Η υδραυλική πίεση που χρησιμοποιείται καθορίζεται από τη βαλβίδα ελέγχου λαδιού (OCV) που ελέγχεται από την κεντρική μονάδα ελέγχου του κινητήρα. Σε πολύ χαμηλές στροφές (όταν, για παράδειγμα, ο κινητήρας δουλεύει στο ρελαντί) η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστή λειτουργώντας σαν περιοριστής και δημιουργώντας υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής.

Σε αυτήν την κλίμακα στροφών (κάτω από τις 1.000 Σ.Α.Λ.), το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων δεν είναι επιθυμητό γιατί, λόγω της υποπίεσης, μέρος των καυσαερίων βγαίνει από τις βαλβίδες εισαγωγής και αναμιγνύεται με το μίγμα καυσίμου-αέρα. Αυτό επηρεάζει την καύση και έχει ως αποτέλεσμα την αστάθεια του αριθμού στροφών στις οποίες λειτουργεί ο κινητήρας στο ρελαντί. Σε αυτές τις στροφές, λοιπόν, το VVT-i καθυστερεί το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής. Στη μεσαία κλίμακα στροφών, το φορτίο του κινητήρα δεν είναι μεγάλο και οι απαιτήσεις εστιάζονται, κυρίως, στην οικονομία καυσίμου και τα καθαρά καυσαέρια. Σε αυτήν την περίπτωση, το VVT-i δίνει μια προπορεία στο χρονισμό των βαλβίδων, προκαλώντας ανακύκλωση των καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation), που αποτελεί μια συχνά εφαρμοζόμενη τεχνική για καλύτερη καύση στον κινητήρα και καθαρότερα καυσαέρια. Το όφελος προκύπτει από το γεγονός πως μέρος του άκαυστου καυσίμου που περιέχουν τα καυσαέρια ανακυκλώνεται, μειώνοντας το ποσοστό υδρογονανθράκων που φτάνει εντέλει στο περιβάλλον. Επιπλέον, η μίξη ανενεργών αερίων στο μείγμα καυσίμου-αέρα έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη θερμοκρασία καύσης και, επομένως, τη μείωση των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια. Όταν το φορτίο του κινητήρα είναι μεγάλο, όπως κατά τη διάρκεια πλήρους επιτάχυνσης ή ανάβασης σε δρόμο με μεγάλη κλίση, το ζητούμενο από τον κινητήρα είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποσότητα ισχύος και ροπής.

Επομένως, είναι αναγκαίο να αποφευχθούν οι απώλειες στην ποσότητα μίγματος καυσίμου-αέρα που θα εισαχθεί στον κύλινδρο. Έτσι, το VVT-i κανονίζει το πρόωρο άνοιγμα, και, επομένως, το πρόωρο κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής, πριν το έμβολο αρχίσει την άνοδο κατά τη φάση της συμπίεσης. Επιπλέον, σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας, η υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής είναι πολύ μικρή και δεν υπάρχει μίξη του καυσίμου με τα καυσαέρια, επομένως, ο κύλινδρος γεμίζει με καθαρό μίγμα καυσίμου-αέρα που είναι απαραίτητο για τέλεια καύση. Ωστόσο, το VVT-i, όντας ένα απλό στην κατασκευή και λειτουργία του σύστημα, λογικά παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η υπερκάλυψη του χρονισμού των βαλβίδων στις μεσαίες στροφές έχει θετικές επιδράσεις στην

κατανάλωση και την έκλυση καθαρότερων καυσαερίων. Όμως, το φτωχότερο μείγμα με το οποίο λειτουργεί ο κινητήρας προκαλεί απώλειες ισχύος. Για το λόγο αυτόν, όλοι οι κινητήρες που είναι εφοδιασμένοι με το VVT-i έχουν αυλούς εισαγωγής μεταβλητού μήκους, οι οποίοι, δημιουργώντας φαινόμενο αναρρόφησης, διευκολύνουν την έξοδο των καυσαερίων και αποτρέπουν την ανάμιξή τους με το καύσιμο.



3.2.3 Είδη συστημάτων με μεταβολή βυθίσματος των βαλβίδων

Η φυσική εξέλιξη των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων ήταν η μεταβολή του βυθίσματος των βαλβίδων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Variocam Plus της Porsche που εμφανίστηκε το 1991 στην 968. Στην Honda μερικές σχεδιαστικές αλλαγές στην γεωμετρία των έκκεντρων σε συνδυασμό με την αλλαγή φάσης του εκκεντροφόρου μας δίνουν το i-VTEC

A) Σύστημα Variocam Plus της PORSCHE

Το σύστημα μεταβλητού χρονισμού της Porsche, Variocam Plus είναι εξέλιξη του απλού Variocam που πρωτοπαρουσιάστηκε το 1991 στον κινητήρα της Porsche 968, αλλά και σε αυτόν της Boxter. Το νέο Variocam Plus παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2000 τοποθετημένο στον κινητήρα της νέας 911 Turbo, καθώς επίσης πρόσφατα τοποθετήθηκε και στη νέα 911 Carrera. Για τη μεταβολή της φάσης του εκκεντροφόρου χρησιμοποιεί την κλασική λύση του υδραυλικά κινούμενου τυμπάνου που συναντάμε και στο VANOS της BMW. Όσο για το μηχανισμό της

βύθισης και της διάρκειας των βαλβίδων, αυτός είναι εν μέρει διαφορετικός από τους υπόλοιπους VVT. Αποτελείται από έναν εκκεντροφόρο με ένα ήπιο έκκεντρο για κάθε βαλβίδα και δυο άγρια εκατέρωθέν του. Επιπλέον οι βαλβίδες είναι εφοδιασμένες με διαιρούμενα, υδραυλικά ελεγχόμενα καπελότα. Έτσι όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα ανάλογα με της στροφές λειτουργίας του κινητήρα, εμπλέκονται ή απεμπλέκονται τα άγρια έκκεντρα.



Το Variocam Plus προκάλεσε μεγάλο θαυμασμό, λόγω του ότι διαθέτει τον πιο απλό, μικρό και ελαφρύ μηχανισμό μεταβολής του βυθίσματος. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι τα καπελότα των βαλβίδων του συστήματος αυτού είναι ελάχιστα βαρύτερα από τα υπόλοιπα υδραυλικά καπελότα που χρησιμοποιούνται στους περισσότερους σύγχρονους κινητήρες. Το μόνο μειονέκτημα του συστήματος της Porsche είναι ότι έως τώρα έχει χρησιμοποιηθεί μόνο στον εκκεντροφόρο εισαγωγής. Βέβαια παραμένει και αυτό αρκετά πολύπλοκο και ακριβό.

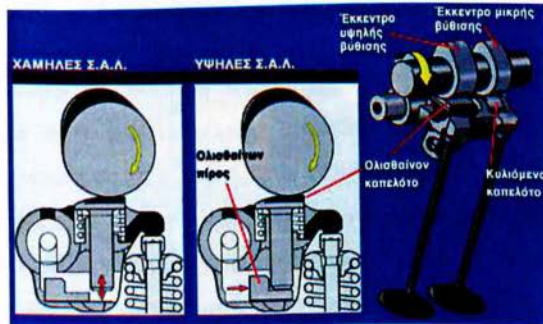
Β) Σύστημα VVTL-i της TOYOTA

Το VVTL-i θεωρείται ένα από τα πιο εξελιγμένα συστήματα μεταβλητού χρονισμού που υπάρχουν σήμερα. Συνδυάζει:

- Συνεχή μεταβολή της φάσης του εκκεντροφόρου
- Μεταβολή της βύθισης σε 2 στάδια
- Μεταβολή της διάρκειας σε 2 στάδια
- Είναι τοποθετημένος στον εκκεντροφόρο της εισαγωγής αλλά και σε αυτόν της εξαγωγής.

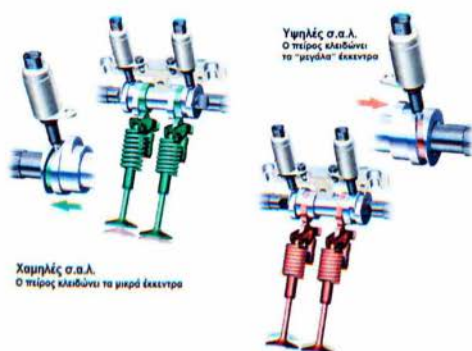
Θα μπορούσε να θεωρηθεί συνδυασμός του υπάρχοντος VVT-i και του VTEC της Honda, παρότι ο μηχανισμός για τη βύθιση των βαλβίδων διαφέρει από αυτόν της Honda. Όπως και στο VVT-i, ο χρονισμός επιτυγχάνεται αλλάζοντας τη γωνία του εκκεντροφόρου μέσω υδραυλικού μηχανισμού. Το σημαντικότερο είναι όμως το ευρύ φάσμα μεταβολής της φάσης του εκκεντροφόρου, που φτάνει τις 60° και το καθιστά ένα από τα πιο αποτελεσματικά συστήματα.

Επιπλέον το VVTL-I είναι εφοδιασμένο και με το σύστημα (Valve Lift System) το οποίο λειτουργεί όπως το VTEC. Ο εκκεντροφόρος λοιπόν διαθέτει 2 διαφορετικά έκκεντρα, ένα για μεγάλη βύθιση των βαλβίδων και μεγάλη διάρκεια και ένα για μικρή βύθιση και διάρκεια. Επίσης ένας υδραυλικά κινούμενος πείρος είναι σε θέση να εμπλέκει και να απεμπλέκει τα ωστήρια από το "άγριο" έκκεντρο. Ωστόσο όταν το ο μηχανισμός των ωστηρίων κινείται από το "άγριο" έκκεντρο, το ήπιο έκκεντρο ολισθαίνει πάνω σε έναν περιστρεφόμενο μικρό κύλινδρο έτσι ώστε να περιορίζονται οι απώλειες ισχύος λόγω τριβών.



Γ) Σύστημα Valvelift της AUDI

Ένα σχετικά νεώτερο σύστημα VVT με βύθιση είναι το Valvelift της Audi που είναι απλούστερο από το VTEC και από το VVTL-i καθώς δεν χρησιμοποιεί υδραυλικούς μηχανισμούς ή σετ με έκκεντρα.

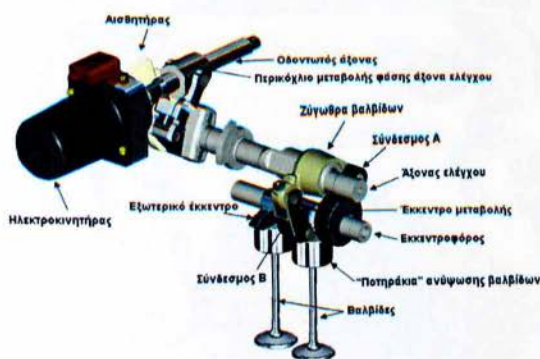


Ο εκκεντροφόρος δεν αποτελείται από ένα μονοκόμματο κομμάτι μετάλλου, αλλά από πέντε κομμάτια (για 4κύλινδρο σύνολο). Αποτελείται από έναν άξονα που επάνω του ολισθαίνουν τέσσερα κυλινδρικά τμήματα που φέρουν τέσσερα έκκεντρα το καθένα (Ένα για κάθε ζεύγος βαλβίδων) οπύ κινούνται αξονικά επάνω του σε έναν οδηγό, και κλειδώνουν σε συγκεκριμένη θέση με την βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών πείρων. Κάθε κυλινδρικό τμήμα φέρει δύο έκκεντρα με χαμηλό βύθισμα και δύο με διαφορετικό βύθισμα και διάρκεια, και δύο ελικοειδείς οδηγούς για τους πείρους οπύ καθώς βυθίζονται μετατοπίζουν τα έκκεντρα αξονικά για να έχουμε ομαλή μετάβαση, από το ένα έκκεντρο στο άλλο. Επιτυγχάνοντας έτσι χαμηλή κατανάλωση στις χαμηλές στροφές περιστροφής και αύξηση της ισχύος στις μεσαίες και υψηλές στροφές.

Δ) Σύστημα VVEL της NISSAN

Η Nissan παρουσίασε ένα νέο σύστημα χρονισμού των βαλβίδων του κινητήρα, που σύμφωνα με τους υπευθύνους προσφέρει καλύτερη απόκριση και δύναμη, μειωμένη κατανάλωση μέχρι και χαμηλές εκπομπές ρύπων. Η αρχή αυτού του συστήματος βασίζεται στην

κατάργηση της πεταλούδας εισαγωγής για τη ρύθμιση του εισερχόμενου αέρα, ενώ η τελευταία γίνεται αποκλειστικά με το χρονισμό και τη βύθιση των βαλβίδων εισαγωγής. Ο παραπάνω τρόπος λειτουργίας παρέχει καλύτερη πλήρωση του θαλάμου καύσης, προσφέροντας σημαντικά οφέλη σε σχέση με ένα συμβατικό κινητήρα. Το εν λόγω σύστημα καταργεί την πεταλούδα εισαγωγής, η οποία είναι υπεύθυνη για τον ποσότητα του αέρα που φθάνει στον κύλινδρο και το ρόλο αυτό αναλαμβάνουν ο χρονισμός και η βύθιση των βαλβίδων εισαγωγής. Χωρίς το «εμπόδιο» της πεταλούδας, η ποσότητα του αέρα που φτάνει ανά πάσα στιγμή στον κύλινδρο είναι μεγαλύτερη από ότι πριν με αποτέλεσμα την αποδοτικότερη καύση του μίγματος, σε σχέση με ένα κινητήρα που χρησιμοποιεί συμβατικό σύστημα.

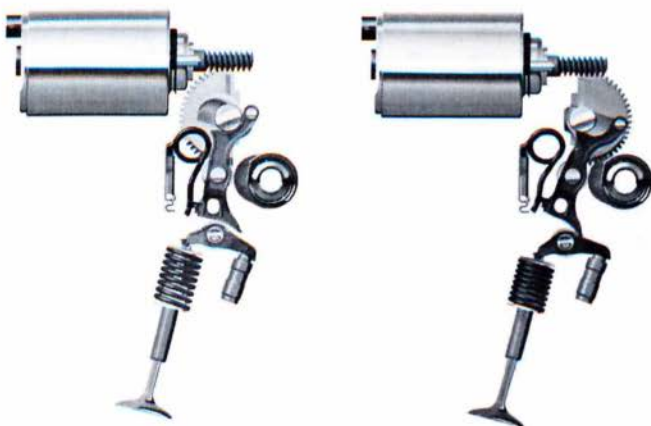


Στο σύστημα υπάρχει ένα ζυγώθρο βαλβίδων και δύο σύνδεσμοι που κλείνουν τις βαλβίδες εισαγωγής, μεταφέροντας την περιστροφική κίνηση από τον άξονα ελέγχου που έχει ένα έκκεντρο, στον εκκεντροφόρο άξονα. Η κίνηση του εκκεντροφόρου μπορεί να μεταβληθεί από την περιστροφή του άξονα ελέγχου, μέσω της κίνησης του περικοχλίου μεταβολής φάσης και του οδοντωτού άξονα από τον ηλεκτροκινητήρα, αλλάζοντας με αυτόν τον τρόπο το υπομόγλιο των συνδέσμων.

Ε) Σύστημα Valvetronic της BMW

Αυτή η τεχνολογία της BMW πρακτικά καταργεί την πεταλούδα του γκαζιού, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα που έχουν δύο προφίλ χρονισμού, εδώ στην

πραγματικότητα υπάρχουν άπειρα, αφού η μεταβολή του χρονισμού και της άρσης των βαλβίδων γίνονται συνεχώς και ανάλογα με τις δεδομένες συνθήκες, πρακτικά μεγιστοποιώντας τα οφέλη σε όλο το φάσμα των στροφών του κινητήρα. Στους συμβατικούς κινητήρες η ισχύς και οι στροφές του κινητήρα ελέγχονται από μια πεταλούδα η οποία ανοιγοκλείνει συνεχώς, με αποτέλεσμα όταν η πεταλούδα είναι κλειστή η αναρρόφηση που δημιουργείται από το κάθε έμβολο καθώς αυτό προσπαθεί να αναρροφήσει το καύσιμο μίγμα, αναγκάζει τον κινητήρα να λειτουργεί κάτω από συνθήκες υποπίεσης δυσκολεύοντας έτσι το έργο του.



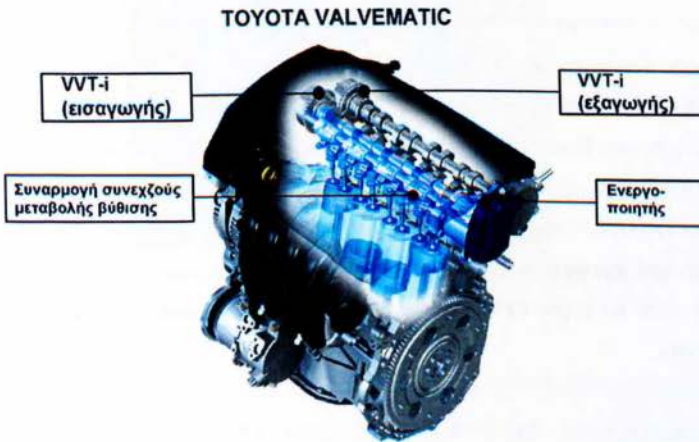
BMW VALVETRONIC – minimaler Ventilhub
BMW VALVETRONIC – minimum valve lift

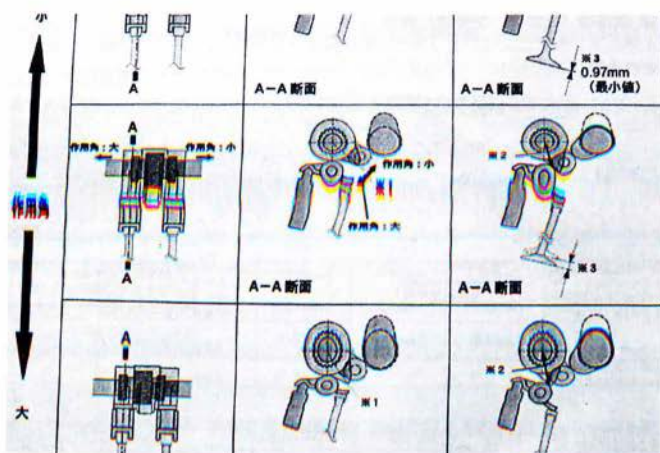
BMW VALVETRONIC – maximaler Ventilhub
BMW VALVETRONIC – maximum valve lift

Στο σύστημα αυτό ο εκκεντροφόρος δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τα ζύγωθρα των βαλβίδων αφού ανάμεσα τους παρεμβάλλεται ένα σύστημα μόχλευσης, με έναν άξονα και έναν μοχλό. Στη μία άκρη του μοχλού επεμβαίνει ο εκκεντρος άξονας που τον μετατοπίζει έτσι ώστε να μεταβάλλει την απόσταση του μοχλού και του εκκεντροφόρου με την βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα. Όταν ο εκκεντροφόρος περιστρέφεται ο μοχλός κινείται σαν εκκρεμές μεταδίδοντας την κίνηση στο ζύγωθρο της βαλβίδας. Όταν ο ηλεκτροκινητήρας περιστρέφει τον άξονα ουσιαστικά μεταβάλλει την γωνία μόχλευσης μεταξύ εκκεντροφόρου και βαλβίδας με αποτέλεσμα τη συνεχόμενη μεταβολή βυθίσματος - Διάρκειας ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα.

ΣΤ) Σύστημα Valvematic της TOYOTA

Το Valvematic της Toyota ρυθμίζει την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα με συνεχή έλεγχο της βύθισης και του χρονισμού ανοίγματος-κλεισίματος των βαλβίδων εισαγωγής. Αυτό διασφαλίζει βέλτιστα χαρακτηριστικά με βάση τη λειτουργική κατάσταση του κινητήρα, προσφέρει αύξηση της ισχύος (έως 10%), μείωση της κατανάλωσης (5-10%) αλλά είναι πιο μικρό κατασκευαστικά και απλό δομικά από ότι τα Valvetronic και VVEL. Στο σύνολο του το Valvematic απαρτίζεται έναν πρόσθετο άξονα που βρίσκεται ανάμεσα στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής, τον μηχανισμό που υποβοηθά στην μεταβολή της βύθισης και βρίσκεται από την μεριά του βολάν καθώς και το διπλό VVTi που αποδίδει κυρίως στις χαμηλές στροφές





Όπως φαίνεται και στο πρώτο σχήμα τονίζεται ο πρόσθετος άξονας με τον εκκεντροφόρο εισαγωγής. Ο ενδιάμεσος άξονας φέρει σετ όσα είναι και οι κύλινδροι. Οι βαλβίδες εισαγωγής κινούνται από τα έκκεντρα που παίρνουν κίνηση από τον ενδιάμεσο άξονα. Κάθε μηχανισμός αποτελείται από δύο δακτύλιους που ανάμεσα στους παρεμβάλλεται ένα ρόλερ. Οι δακτύλιοι και το ρόλερ στρέφονται πάνω στις οδοντώσεις του άξονα και την κίνησή τους την κανονίζει ένας ηλεκτροκινητήρας που βρίσκεται στην μεριά του βολάν. Οι οδοντώσεις και στα τρία στοιχεία είναι λοξές αλλά εκείνες του ρόλερ έχουν αντίθετη φορά και κάθε φορά που ο άξονας περιστρέφεται έχει ως αποτέλεσμα οι δακτύλιοι να κινούνται αντίθετα και να απομακρύνονται ή να πλησιάζουν από το ρόλερ. Έτσι, μπορεί να μεταβληθεί η γωνία του άξονα άρα και η βύθιση των βαλβίδων στον κινητήρα 2.0 κ.εκ με τους 158 ίππους μπορεί να αλλάξει από 0.97 χιλιοστά μέχρι 11 χιλιοστά.

Ζ) Σύστημα Multiair της FIAT

Με στόχο να επιτευχθεί ο καλύτερος δυνατός έλεγχος του ανοίγματος των βαλβίδων, ώστε να εξασφαλίζεται ο απόλυτος έλεγχος της μάζας του αέρα εισαγωγής ανεξάρτητα για κάθε ένα κύλινδρο, αλλά και σε κάθε φάση λειτουργίας του κινητήρα, η Fiat Powertrain Technologies (FPT) εξέλιξε μία τεχνολογία ηλεκτρο-υδραυλικής μεταβλητής ενεργοποίησης των βαλβίδων εισαγωγής, που προσφέρεται πλέον σε κινητήρες παραγωγής με την ονομασία Multiair.

Το σύστημα επενεργεί στις βαλβίδες εισαγωγής με τη βοήθεια εμβόλων που κινούνται από μηχανικά έκκεντρα και είναι συνδεδεμένα με τις βαλβίδες μέσω υδραυλικών θαλάμων, οι οποίοι ελέγχονται από σωληνοειδείς βαλβίδες. Όταν αυτές είναι κλειστές, το λάδι που υπάρχει μέσα στους υδραυλικούς θαλάμους συμπεριφέρεται σαν ένα συμπαγές σώμα και μεταφέρει στις βαλβίδες εισαγωγής τις κινήσεις των εκκέντρων του εκκεντροφόρου, τις οποίες ακολουθούν οι βαλβίδες όπως στα συμβατικά συστήματα. Όταν ανοίγουν οι σωληνοειδείς βαλβίδες, οι βαλβίδες εισαγωγής στους κυλίνδρους δεν ακολουθούν πλέον τις κινήσεις των εκκέντρων και κλείνουν με διαφορετικό «πρόγραμμα», ανάλογα με τις απαιτήσεις της οδήγησης.



Τρόπος σύνδεσης του συστήματος ενεργοποίησης των βαλβίδων εισαγωγής(αριστερά) με τον εκκεντροφόρο εξαγωγής(δεξιά). Σε αυτό το σύστημα καταργείται ο εκκεντροφόρος εξαγωγής.

Όταν είναι επιθυμητή η μέγιστη ισχύς, οι σωληνοειδείς βαλβίδες είναι πάντα κλειστές και το πλήρες άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής στους κυλίνδρους επιτυγχάνεται ακολουθώντας πλήρως το «πρόγραμμα» του εκκεντροφόρου, το οποίο είναι ειδικά σχεδιασμένο έτσι ώστε να μεγιστοποιεί την ισχύ στις υψηλές στροφές του κινητήρα (μεγάλη χρονική διάρκεια ανοίγματος των βαλβίδων).

Για ροπή στις χαμηλές στροφές, οι σωληνοειδείς βαλβίδες ανοίγουν σε τέτοια χρονική στιγμή που να επιτρέπουν το πρόωρο κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής. Αυτό εξαλείφει την ανεπιθύμητη ανάστροφη ροή του αέρα μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής και μεγιστοποιεί τη μάζα του αέρος που «παγιδεύεται» μέσα στους κυλίνδρους.

Στη λειτουργία με μερικό φορτίο του κινητήρα οι σωληνοειδείς βαλβίδες ανοίγουν νωρίτερα, προκαλώντας μερικό άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής και ελέγχοντας τη μάζα του «παγιδευμένου» στους κυλίνδρους αέρα ανάλογα με την επιθυμητή ροπή. Επίσης, αν κλείσουν οι σωληνοειδείς βαλβίδες μόλις ξεκινήσει η επενέργεια των εκκέντρων στις βαλβίδες εισαγωγής, η ροή του αέρα επιταχύνεται και έχει σαν αποτέλεσμα τον υψηλότερο στροβιλισμό μέσα στον κύλινδρο.

Οι τελευταίοι δύο τρόποι ενεργοποίησης μπορούν να συνδυαστούν μέσα στην ίδια φάση της εισαγωγής, δημιουργώντας ένα τρόπο λειτουργίας που λέγεται «πολλαπλού ανοίγματος» και βελτιώνει το εύρος του στροβιλισμού και της καύσης σε πολύ χαμηλά φορτία.

Τα πλεονεκτήματα της Τεχνολογίας Multiair για τους βενζινοκινητήρες μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

- Η μέγιστη ισχύς αυξάνεται μέχρι και 10%
- Η ροπή στις χαμηλές στροφές βελτιώνεται μέχρι και 15% χωρίς αύξηση της χωρητικότητας του κινητήρα
- Η μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών CO₂ φτάνει το 10%, σε ατμοσφαιρικούς και σε υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες με την ίδια χωρητικότητα
- Συνολικά η μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών CO₂ μπορεί να φτάσει μέχρι και το 25% με τη χρησιμοποίηση υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων μικρότερου κυβισμού αντί για συμβατικούς ατμοσφαιρικούς κινητήρες με τα ίδια επίπεδα επιδόσεων
- Η μείωση των εκπομπών των υπόλοιπων ρύπων εκτός του CO₂ μπορεί να φτάσει το 40% για τα HC/CO (άκαυτοι υδρογονάνθρακες και μονοξείδιο του άνθρακα) και το 60% για τα NO_x (οξειδία του αζώτου)
- Η σταθερή πίεση του αέρα και ο καλύτερος έλεγχος της μάζας του ανεξάρτητα για κάθε ένα κύλινδρο, αλλά και σε κάθε φάση λειτουργίας του κινητήρα, έχει σαν αποτέλεσμα μία πολύ καλύτερη δυναμική απόκριση του κινητήρα

Κεφάλαιο 4^ο

4.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ Μ.Ε.Κ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

4.1 Εισαγωγή

Η ισχύς ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης εξαρτάται από τη μάζα του μείγματος αέρα καυσίμου που πληρώνει τους κυλίνδρους. Η απόδοση αυξάνεται όταν βελτιώνεται η πλήρωση των κυλίνδρων, όσο δηλαδή περισσότερη μάζα μείγματος αέρα καυσίμου οδηγείται σε αυτούς. Σε ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης ατμοσφαιρικού (με αναρρόφηση) αέρα μπορούμε να αυξήσουμε την ισχύ του αυξάνοντας το χώρο πλήρωσης, δηλαδή τον κυβισμό του, ή αυξάνοντας τις στροφές του κινητήρα ή προσφέροντας περισσότερη μάζα μείγματος αέρα καυσίμου. Η καύση μεγαλύτερης μάζας καυσίμου μείγματος μπορεί να αυξηθεί με την αναλογία της ποσότητας αέρα σε αυτό, και επειδή με τη σειρά της η ποσότητα αυτή είναι ανάλογη της πυκνότητας του, η ισχύς ενός κινητήρα έχοντας ως προϋπόθεση τον ίδιο κυβισμό και τις ίδιες στροφές λειτουργίας, μπορεί να αυξηθεί με την προσυμπίεση του αέρα, πριν αυτός εισέλθει στους κυλίνδρους.

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών ονομάζεται υπερπλήρωση ή υπερτροφοδότηση. Η υπερτροφοδότηση των κινητήρων βελτιώνει σημαντικά την ισχύ και τη ροπή τους. Σκοπός της είναι η αύξηση της παροχής και της πυκνότητας του αέρα στον κύλινδρο της κινούμενης μηχανής, λόγω της συμπίεσης και έτσι επιτρέπει την έγχυση περισσότερου καυσίμου ώστε να έχουμε αύξηση της ισχύος διατηρώντας το ίδιο μέγεθος κινητήρα. Η βασική επιδίωξη είναι η λειτουργία του συστήματος με μέγιστο βαθμό απόδοσης ($\eta = \eta_{\max}$). Η υπερπλήρωση αποδείχτηκε η πιο επιτυχής μέθοδος για τη μείωση του κόστους του βάρους και όγκου των κινητήρων Μ.Ε.Κ, σε τέτοιο βαθμό που σήμερα η πλειοψηφία των κινητήρων υψηλών επιδόσεων παράγονται με τη χρήση υπερπληρωτών.

Το 1905 ο Ελβετός μηχανικός Alfred Buchi κατέθεσε μια ευρεσιτεχνία, όπου πρότεινε τη σύνδεση ενός αξονικού πολυβάθμιου συμπιεστή ενός 4-Χ κινητήρα Diesel και ενός

πολυβάθμιου αξονικού στρόβιλου σε ένα κοινό άξονα Το 1911 με 1914 έκανε μια σειρά από πειράματα με αυτήν τη διάταξη στην εταιρία SULZER στο Winterthur της Ελβετίας όπου και έφτασε μέχρι λόγο πίεσεως 3. Σε μια επόμενη ευρεσιτεχνία, το 1915, πρότεινε μια μέθοδο που θα διατηρούσε την πίεση εισαγωγής του κινητήρα σε πλήρες φορτίο μεγαλύτερη από την πίεση πριν το στρόβιλο, ώστε να ευνοείται η απόπλυση του κυλίνδρου. Επίσης ο κοινός άξονας με τον κινητήρα εγκαταλείφθηκε και ο στρόβιλος κινούσε απ' ευθείας το συμπιεστή στρόβιλο υπερπλήρωσης. Η πρώτη πρακτική εφαρμογή έγινε το 1925, με τις επιτυχείς δοκιμές των επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων Preussen και Hansastadt Danzig που παραγγέλθηκαν στο ναυπηγείο Vulkan στο Stettin από το Γερμανικό Υπουργείο Συγκοινωνιών. Τα πλοία ήταν διπλέλικά, με δύο 10-κύλινδρους 4-χρονους κινητήρες κατασκευασμένους από τη Vulkan, με άδεια κατασκευής (licence) της MAN.

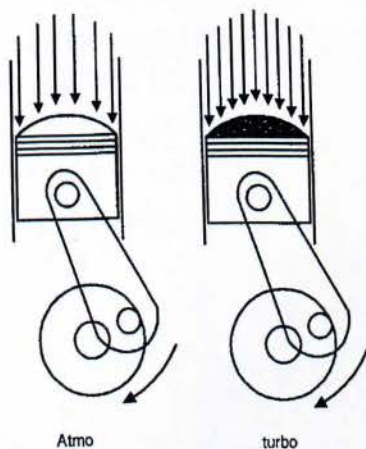
Μεγάλη πρόοδος στη υπερπλήρωση έγινε μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Η υπερπλήρωση αποδείχθηκε η πιο επιτυχής μέθοδος για να μειωθεί το κόστος το βάρος και ο όγκος των εγκαταστάσεων κινητήρων Diesel. Επίσης συνέβαλε στη βελτίωση των επιδόσεων αεροπορικών εμβολοφόρων κινητήρων σε μεγάλα ύψη, σε σύγκριση με κινητήρες φυσικής αναπνοής πριν την επικράτηση του αεροπορικού αεριοστρόβιλου. Στη ναυτιλία, ο στρόβιλο υπερπληρούμενος κινητήρας Diesel κυριαρχεί απόλυτα και σαν κύρια μηχανή αλλά και σαν βοηθητική.

Τη δεκαετία του '50 άρχισε η αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία να εφαρμόζει την τροφοδοσία των κινητήρων με υπερσυμπίεση. σύστημα που εφαρμόστηκε τροφοδοτούσε με πρόσθετο υπερσυμπιεσμένο αέρα απ' ευθείας το εσωτερικό του κυλίνδρου στο χρόνο συμπίεσης. Τη συμπίεση του αέρα αναλάμβαναν δύο εμβολοφόροι συμπιεστές οι οποίοι έπαιρναν κίνηση με ηλεκτρικό συμπλέκτη από τον κινητήρα. Οι συμπιεστές γέμιζαν τις δεξαμενές που ήταν εγκαταστημένες στο χώρο αποσκευών με αέρα. Η εισαγωγή του πρόσθετου αέρα γινόταν από μία επιπλέον βαλβίδα εισαγωγής με μεταβλητό χρονισμό που βρισκόταν στην κυλινδροκεφαλή. Το επιπλέον καύσιμο που χρειαζόταν για να είναι σταθερή η αναλογία αέρα-καυσίμου εισαγόταν στους κυλίνδρους από τη βαλβίδα εισαγωγής για το υπόλοιπο καύσιμο. Η κατασκευή του κινητήρα τροποποιήθηκε για τις νέες ανάγκες και έγιναν επίσης τροποποιήσεις στον εξεραωτήρα (καρμπυρατέρ) που τροφοδοτούσε τον κινητήρα και στην ανάφλεξη. Η εγκατάσταση των δεξαμενών αέρα παρουσίαζε μειωμένο βαθμό ασφάλειας σε περίπτωση σύγκρουσης και το σύστημα δεν προχώρησε εμπορικά. Οι περισσότερες εφαρμογές συστημάτων υπερσυμπίεσης

στην αυτοκινητοβιομηχανία έγιναν από τη δεκαετία του 1980 και μετέπειτα. Στο τέλος του 20ου αιώνα κάθε εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων διαθέτει ένα τουλάχιστον μοντέλο με υπερσυμπιεστή.

4.2 Αρχή λειτουργίας υπερπλήρωσης

Η αρχή λειτουργίας του υπερσυμπιεστή είναι απλή: εισάγει τον ατμοσφαιρικό αέρα, αφού προηγουμένως έχει αυξήσει την πίεση του, ώστε στον ίδιο όγκο να μπορέσει να χωρέσει περισσότερη μάζα αέρα, άρα και περισσότερο οξυγόνο. Με τον υπερσυμπιεστή ο κάθε κύλινδρος πληρώνεται με περισσότερο αέρα και έτσι στο εσωτερικό του μπορεί να καεί μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου και επομένως να παραχθεί περισσότερη θερμική ενέργεια και αύξηση της ωφέλιμης ισχύος.



Μια εικόνα των μεγεθών που παίζουν ρόλο στην αύξηση της ωφέλιμης ισχύος δίδει η σχέση

$P_E = p_E V h z n_i$. Στη μεταφορά από τον τετράχρονο στον δίχρονο κινητήρα, βάσει του παραπάνω τύπου, έπρεπε να οδηγηθούμε στον διπλασιασμό της ισχύος. Αυτό όμως δεν είναι

δυνατόν, επειδή η μέση ενεργός πίεση του εμβόλου p_e είναι στον δίχρονο κινητήρα μικρότερη απ' ότι στον τετράχρονο. Συνήθως, δεν είναι δυνατόν να αυξηθεί η ισχύς μέσω της αλλαγής του κύκλου λειτουργίας, επειδή για την επιλογή της είναι σημαντικά και άλλα μεγέθη. Σε μια αύξηση του κυβισμού V_h , ή του αριθμού στροφών n , δεν πρέπει να υπερβαίνουμε τη μέση ταχύτητα του εμβόλου v_μ και επίσης ο βέλτιστος λόγος εμβολισμού κ δεν πρέπει να μεταβάλλεται. Βάσει αυτών των περιορισμών, συνεπάγεται ότι είναι δυνατή ή μια αύξηση του κυβισμού, ή του αριθμού στροφών, ή μια αλλαγή του αριθμού των κυλίνδρων και του αριθμού στροφών, ή του αριθμού των κυλίνδρων και του κυβισμού. Συνδυάζοντας τα μεγέθη V_h , n , κ και v_μ . Όπου:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} H,$$

$$\kappa = \frac{H}{D},$$

παίρνουμε:

$$U_\mu = 2Hn$$

$$V_h = \frac{\pi}{32} \frac{1}{\kappa^2} \frac{v_\mu^3}{\pi^3}$$

Στην σχέση:

$$P_e = p_e V_h n i$$

επιθυμούμε να διπλασιάσουμε την ισχύ. Η αύξηση της ισχύος πρέπει να επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης των p_e , V_h , ζ και n . Τα μεγέθη i , κ και v_μ παραμένουν σταθερά. Για τον διπλασιασμό της ισχύος, διπλασιάζουμε κατά σειρά τη μέση ενεργό πίεση του εμβόλου, τον κυβισμό, τον αριθμό των κυλίνδρων και τον αριθμό των στροφών. Μία αύξηση της ωφέλιμης

ισχύος μέσω ανύψωσης της μέσης ενεργούς πίεσης ή του αριθμού των κυλίνδρων είναι δυνατή, χωρίς αλλαγή κάποιου άλλου μεγέθους. Μια αύξηση της ισχύος μέσω της ανύψωσης του αριθμού των στροφών δεν είναι δυνατή πρακτικά, επειδή τότε ο αριθμός των κυλίνδρων (και του κυβισμού) θα έπρεπε να αυξηθεί κατά την τρίτη δύναμη του λόγου της ισχύος. Μια αύξηση του κυβισμού ή του αριθμού των κυλίνδρων γίνεται μόνο εκεί, όπου υπάρχει αρκετός χώρος εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψιν και την αύξηση του βάρους του κινητήρα. Εάν δεν είναι δυνατή αυτή η λύση, τότε μένει μόνον η αύξηση της ισχύος, μέσω της ανύψωσης της μέσης ενεργούς πίεσης του εμβόλου.

Για τη δυνατότητα της ανύψωσης της μέσης ενεργούς πίεσης του εμβόλου δίνει πληροφορίες η εξίσωση:

$$p_e = \eta_t \eta_g \eta_m \lambda_1 H_a \frac{\theta_a}{\theta_0}$$

Ο θερμικός βαθμός η_t αυξάνεται με τον λόγο συμπίεσης ε . Στον κινητήρα Otto, τα όρια λειτουργίας περιορίζονται σε σχέση με τον λόγο συμπίεσης εκ της ανάγκης απρόσκοπτης λειτουργίας του κινητήρα δίχως χτυπήματα (πειράκια). Ο κινητήρας Diesel λειτουργεί ήδη με μία υψηλή σχέση συμπίεσης, ενώ μια περαιτέρω αύξησή της θα μείωνε τον μηχανικό βαθμό απόδοσης, αντί να αυξήσει τον θερμικό βαθμό. Με την πρόωρη χρονική στιγμή ανάφλεξης και τη μείωση των απωλειών της ροής κατά την εναλλαγή του φορτίου (π.χ. μέσω της λείανσης των οχητών των αερίων), μπορεί να αυξηθεί λίγο ο βαθμός ποιότητας καύσης η_g . Και στον κινητήρα Diesel καλύτερης ποιότητας καύση, έχει αποτέλεσμα τη βελτίωση του βαθμού ποιότητας η_g . Ο μηχανικός βαθμός η_m βελτιώνεται, όταν χρησιμοποιηθούν στον στροφαλοφόρο άξονα έδρανα με κυλινδρικούς αντί των απλών εδράνων. Η θερμογόνος δύναμη του μίγματος H_a καθορίζεται μέσω της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου και του απαιτούμενου λόγου αέρα. Αυτό, λοιπόν, που παραμένει ως το βασικό ενεργό μέσο για την αύξηση της μέσης ενεργούς πίεσης του εμβόλου είναι η αύξηση του βαθμού παροχής λ. Ο βαθμός παροχής λ αυξάνεται μέσω της υπερτροφοδότησης.

4.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης

Τα πλεονεκτήματα της υπερπλήρωσης για δεδομένη εξαγόμενη ισχύ από έναν κινητήρα είναι:

- Μικρότερος φυσικός όγκος (μικρότερος αριθμός κυλίνδρων, μικρότερο μήκος κινητήρα - 'downsizing'),

- Μικρότερο ποσοστό τριβών λόγω του μικρότερου αριθμού κυλίνδρων άρα και του μικρότερου αριθμού εδράνων,

- Μικρότερο βάρος, μεγαλύτερη ειδική μάζα,

- Χαμηλότερο κόστος ανά μονάδα παραγόμενης ισχύος, ειδικά για μεγαλύτερων διαστάσεων κινητήρες,

- Μειωμένος θόρυβος στην εξαγωγή λόγω του στροβίλου των καυσαερίων,

- Μικρότερη επίδραση της μείωσης της πυκνότητας του αέρα περιβάλλοντος,

- Χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων σε μόνιμη κατάσταση (υπό συγκεκριμένες συνθήκες), και

- Ειδικά για κινητήρες Diesel, μείωση της καθυστέρησης ανάφλεξης λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών εντός του κυλίνδρου.

Τα μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης είναι:

- Υψηλότερη μηχανική και θερμική φόρτιση,

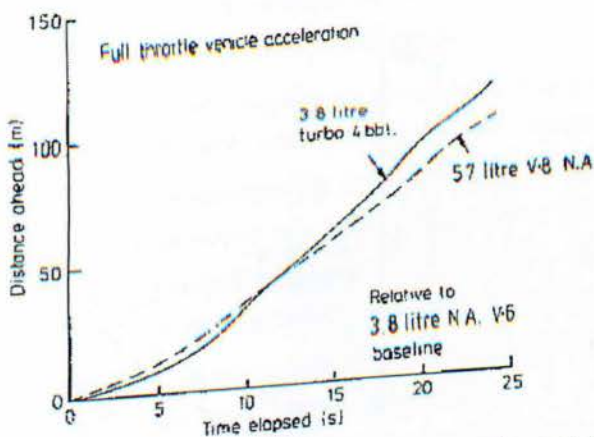
- Αργή επιτάχυνση,

- Ιδιαίτερα αυξημένες εκπομπές ρύπων κατά τη μεταβατική λειτουργία,

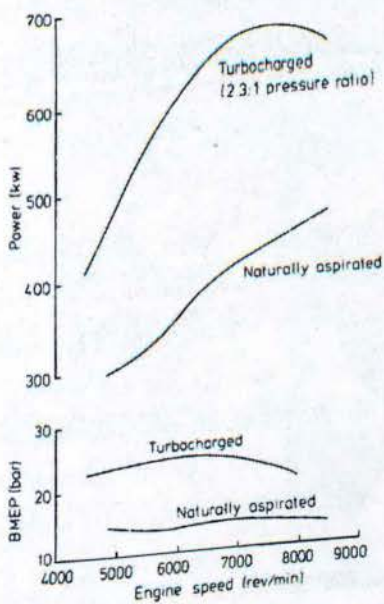
- Ελαφρώς αυξημένες εκπομπές ρύπων κατά την εκκίνηση κινητήρων οχημάτων

λόγω καθυστερημένης προθέρμανσης του καταλύτη,

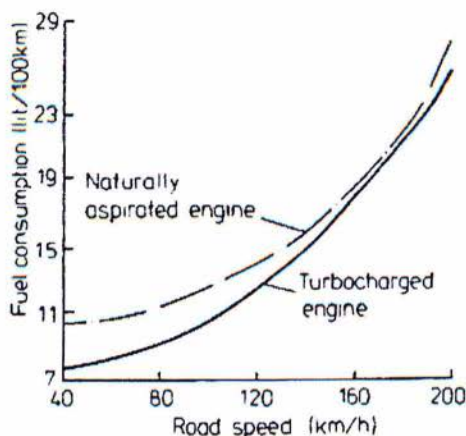
Πιθανόν αυξημένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου NOx λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών κύκλου (χωρίς ενδιάμεση ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης).



Σύγκριση απόδοσης, επιτάχυνσης υπερπληρωμένου κινητήρα 3.8 λίτρων με κινητήρα φυσικής αναπνοής 5,7 λίτρων



Σύγκριση απόδοσης υπερπληρωμένου με κινητήρα φυσικής αναπνοής της Porsche



Σύγκριση των επιπέδων κατανάλωσης καυσίμου στον δρόμο μεταξύ ενός στροβίλο-υπερπληρωμένου βενζινοκινητήρα με έναν κινητήρα φυσικής αναπνοής της ίδιας ισχύος

4.2.2 Κρουστική καύση

Όπως αναφέρθηκε στους κινητήρες Otto ο βαθμός υπερπλήρωσης περιορίζεται από την κρουστική καύση. Φαινόμενα κρουστικής καύσης εμφανίζονται όταν ποσότητα μίγματος καυσίμου-αέρα, το οποίο συμπιέζεται μέσα στον κύλινδρο της Μ.Ε.Κ., αυτανάφλεγει πριν δοθεί ο σπινθήρας, λόγω της ανάπτυξης αυξημένης θερμοκρασίας στο καύσιμο μίγμα. Αυτή η πολύ απότομη καύση δημιουργεί μεγάλη αύξηση της πίεσης στον κύλινδρο, ασκώντας τέτοια δύναμη που μπορεί να προκαλέσει στα έδρανα «κρουστική καύση» knock ή detonation· εξ ου και η γενική καθιέρωση του όρου (αλλιώς καλείται «στυράκια»). Η απότομη κρουστική καύση προκαλεί έντονη πίεση στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης και μεγάλο ρυθμό τοπικής μεταφοράς θερμότητας στα μετωπικά τοιχώματα του εμβόλου και του κυλίνδρου. Καθώς η κρουστική καύση είναι πιο πιθανό να συμβεί στο μακρινότερο σημείο από το σπινθηριστή, σε αυτές τις περιοχές συνήθως παρουσιάζονται βλάβες.

Για να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης κρουστικής καύσης σε μια μηχανή εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι:

1) Ο λόγος συμπίεσης πρέπει να διατηρηθεί αρκετά χαμηλά ώστε να κρατήσει την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω συμπίεσης σε ικανοποιητικό επίπεδο.

2) Τα καύσιμα που έχουν υψηλή θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι συγκεκριμένα. Η θερμοκρασία αυτανάφλεξης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, με σημαντικότερους τις ιδιότητες του καυσίμου, το λόγο αέρα/καυσίμου και την πίεση. Γενικά, η «αντίσταση στην κρουστική καύση» («αντικτυπική» ικανότητα) ενός καυσίμου μετράται με βάση τον αριθμό οκτανίων (RON). όσο περισσότερα οκτάνια περιέχει ένα καύσιμο, τόσο υψηλότερη θερμοκρασία αυτανάφλεξης έχει. Τα καύσιμα πολλών οκτανίων παράγονται με κατάλληλη διεργασία και επιλογή ακολουθώντας φιλτράρισμα του βασικού αργού πετρελαίου και χρήση διάφορων προσθέτων, όπως, παλαιότερα, του τετρααιθυλιούχου μολύβδου.

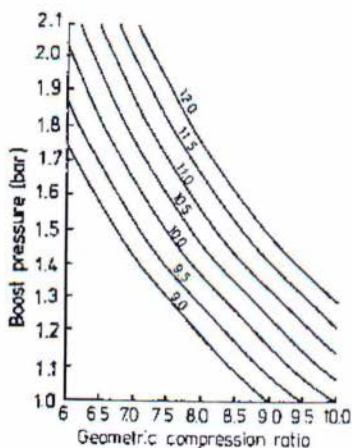
3) Μια τρίτη μέθοδος για τη μείωση της πιθανότητας κρουστικής καύσης είναι η μείωση της μέγιστης απόστασης του σπινθηριστή από το ακραίο σημείο του θαλάμου καύσης. Τέλος, το τελικό αέριο μπορεί να διατηρείται σχετικά κρύο με την τοποθέτηση τοιχωμάτων μεγάλης επιφάνειας, για το αέριο, στα ακραία σημεία του θαλάμου καύσης. Η μεταφορά θερμότητας προς τα τοιχώματα έχει την τάση να «σβήσει» το αέριο, εξ ου και η ονομασία «μέτωπο σβησίματος φλόγας».

4) Με την ψύξη του αέρα υπεπλήρωσης, ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία του συμπιεσμένου αέρα και να αυξηθεί η πυκνότητα του.

Συνεπώς οτιδήποτε μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του μίγματος κατά το τέλος του χρόνου συμπίεσης, είναι ανεπιθύμητο. Όμως, η υπερπλήρωση κάνει ακριβώς αυτό. Αυξάνοντας τη θερμοκρασία και την πίεση πολλαπλής εισαγωγής, η θερμοκρασία και η πίεση του μίγματος μέσα στον κύλινδρο θα αυξηθούν κατά τη διάρκεια της συμπίεσης. Εφόσον ο κατασκευαστής έχει αρχικά επιτρέψει ένα συγκεκριμένο περιθώριο ελεύθερο από κρουστική καύση, είναι πιθανό να υπερπληρωθεί, ελαφρώς, η μηχανή χωρίς να προκληθεί κρουστική καύση, αλλά έτσι θα μειωθεί το περιθώριο ασφαλείας. Σε άλλη περίπτωση, μέτρα όπως ο χαμηλός γεωμετρικός βαθμός συμπίεσης, η βραδυπορία του χρονισμού έναυσης ή η ψύξη του αέρα υπεπλήρωσης, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για να αντισταθμίσουμε την επίδραση της αύξησης της πίεσης του αερίου μίγματος.

4.2.3 Λόγος συμπίεσης σε σχέση με την πίεση υπερπλήρωσης

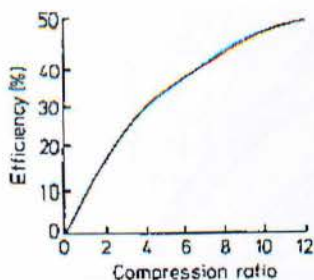
Για να αποφευχθεί η κρουστική καύση πολλοί κινητήρες Otto έχουν χαμηλό βαθμό συμπίεσης. Για παράδειγμα, ένας βαθμός συμπίεσης της τάξης του 9/1 για μια μηχανή φυσικής αναπνοής θα πρέπει να μειωθεί στο 6,7/1 για μια αύξηση πίεσης 0,5 bar, χωρίς αλλαγή στις παραμέτρους ελέγχου της κρουστικής καύσης. Αυτή η μείωση του βαθμού συμπίεσης δε μειώνει τη μάζα του μίγματος που βρίσκεται μέσα στον κύλινδρο όταν η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει (τουλάχιστον όχι σημαντικά), αλλά αντισταθμίζει την άνοδο της θερμοκρασίας από το συμπιεστή του υπερπληρωτή. Έτσι μειώνοντας το γεωμετρικό βαθμό συμπίεσης εξασφαλίζεται ένα περιθώριο ασφαλείας για λειτουργία χωρίς κρουστική καύση.



Σχέση μεταξύ της αύξησης πίεσης, του γεωμετρικού βαθμού συμπίεσης και του πραγματικού βαθμού συμπίεσης (οι καμπύλες γραμμές δείχνουν τον πραγματικό βαθμό συμπίεσης)

Ο βαθμός απόδοσης (και άρα η ισχύς εξόδου για συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμου) του θερμοδυναμικού κύκλου λειτουργίας της μηχανής εξαρτάται από το βαθμό συμπίεσης (ή αντίστοιχα βαθμό αποτόνωσης). Έτσι, μειώνοντας το βαθμό συμπίεσης για να αποφύγουμε την κρουστική καύση, η απόδοση του θερμοδυναμικού κύκλου μειώνεται. Ως αποτέλεσμα, είναι

πιθανό, αλλά όχι βέβαιο, η συνολική απόδοση της μηχανής να είναι μειωμένη. Η πτώση του βαθμού απόδοσης και η μείωση του βαθμού συμπίεσης δε συνδέονται γραμμικά.

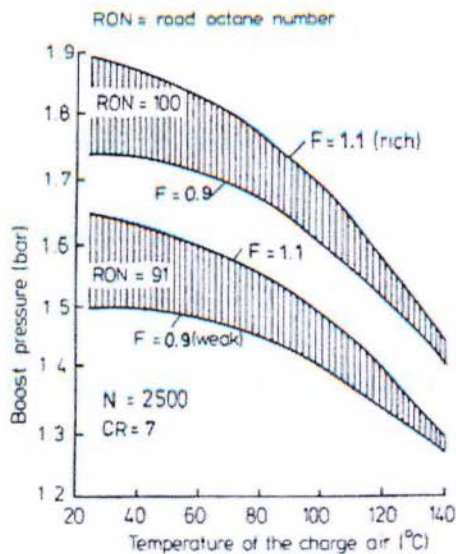


Βαθμός απόδοσης ιδανικού κύκλου Otto με στοιχειομετρική καύση

Ο βαθμός απόδοσης του απλού ιδανικού κύκλου Otto συναρτήσκει του βαθμού συμπίεσης. Αν και δεν είναι εντελώς ρεαλιστικό, δείχνει ότι μείωση του βαθμού συμπίεσης κατά 25%, συνεπάγεται μείωση του βαθμού απόδοσης μόνο κατά 10%. Σε συνδυασμό με τις απώλειες κατά τη θερμοδυναμική διαδικασία, οι τριβές στα έδρανα και άλλες μηχανικές απώλειες μειώνουν την ισχύ εξόδου που μεταδίδεται στη στροφαλοφόρο άτρακτο. Από τη στιγμή που ο μειωμένος βαθμός συμπίεσης αντισταθμίζει, εν μέρει, την αύξηση της πίεσης του κυλίνδρου λόγω της υπερπλήρωσης, το μηχανικό φορτίο (άρα και οι απώλειες τριβών) δε θα αλλάξει σημαντικά με τη υπερπλήρωση. Οπότε η απόλυτη απώλεια ισχύος λόγω τριβών θα παραμείνει περίπου σταθερή.

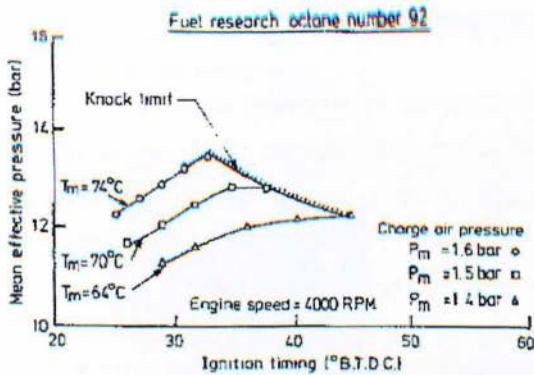
Η θερμοκρασία υπερπλήρωσης πρέπει να κρατηθεί όσο το δυνατόν χαμηλότερα ώστε ο βαθμός συμπίεσης να διατηρηθεί όσο γίνεται υψηλότερα αναλόγως με την ανάγκη για μη ύπαρξη κρουστικής καύσης. Αυτή η θεώρηση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, με σημαντικότερους, το σύστημα ελέγχου πίεσης υπερπλήρωσης, την ανάμιξη του αέρα με τη βενζίνη και το αν γίνεται χρήση ψυγείου του αέρα υπερπλήρωσης.

Ο αριθμός οκτανίων της βενζίνης έχει μεγάλη επίδραση στην πίεση υπερπλήρωσης, κάτι που συμβαίνει και με την ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης. Επιπροσθέτως, μεγαλύτεροι λόγοι καυσίμου/αέρα επιτρέπουν υψηλότερη πίεση υπερπλήρωσης.



Επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα υπερπλήρωσης στην πίεση υπερπλήρωσης, σε διαφορετικούς λόγους αέρα/καυσίμου και διάφορες ποσότητες καυσίμου

Ο αργοπορημένος χρονισμός έναυσης αποτελεί εναλλακτική ή συμπληρωματική λύση της μείωσης του βαθμού συμπίεσης, για μείωση της τάσης της μηχανής για κρουστική καύση. Επιβραδύνοντας την καύση, μειώνουμε τη θερμοκρασία του τελικού αερίου καθυστερώντας τη μεταφορά θερμότητας όταν το έμβολο βρίσκεται στη θέση του άνω νεκρού σημείου (ΑΝΣ). Έτσι ο όγκος του κυλίνδρου αυξάνεται σε ένα κρίσιμο χρονικό σημείο μειώνοντας τη συμπίεση και την άνοδο της θερμοκρασίας που θα είχαμε σε αντίθετη περίπτωση.

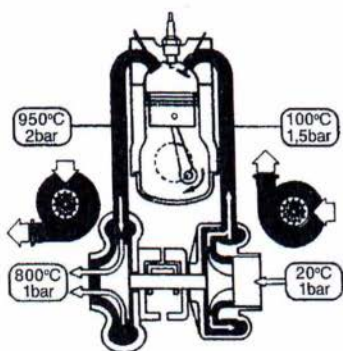


Επίδραση της περιορισμένης κρουστικής καύσης στο χρονισμό του σπινθηριστή, στη θερμοκρασία αέρα υπερπλήρωσης και στην πίεση αέρα υπερπλήρωσης

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι η αύξηση της πίεσης υπερπλήρωσης από 1,4 σε 1,6 προκάλεσε αύξηση της μέσης πραγματικής πίεσης (mean effective engine) από 12,3 bar σε 13,5 bar. Ο συνδυασμός της επίδρασης της αυξημένης πίεσης και της αυξημένης θερμοκρασίας καθιστά απαραίτητη την καθυστέρηση του χρονισμού έναυσης κατά 45 μοίρες γωνίας στροφάλου πριν το άνω νεκρό σημείο για πίεση υπερπλήρωσης 1,4 bar, 38 μοίρες γωνίας στροφάλου για πίεση 1,5 bar και 33 μοίρες γωνίας στροφάλου για πίεση 1,6 bar. Η καθυστέρηση στο χρονισμό έναυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υψηλότερη πίεση υπερπλήρωσης χωρίς κρουστική καύση.

4.2.4 Ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης

Η αύξηση της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, λόγω της συμπίεσης, συνεπάγεται την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής. Η αυξημένη θερμοκρασία ενός αερίου έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη πυκνότητα του αερίου, άρα και λιγότερη μάζα για συγκεκριμένο όγκο. Ο αέρας που περνά από το φίλτρο αέρα έχει θερμοκρασία 20° έως 30°C και πίεση 1bar. Μέχρι την είσοδο του συμπιεστή η θερμοκρασία παραμένει η ίδια. Στην έξοδο του συμπιεστή ο εισερχόμενος αέρας έχει αποκτήσει μία πίεση 1,5bar και μία θερμοκρασία 100°-120°C. Για το λόγο αυτό, γίνεται ψύξη του αέρα πριν την εισαγωγή στον κινητήρα.

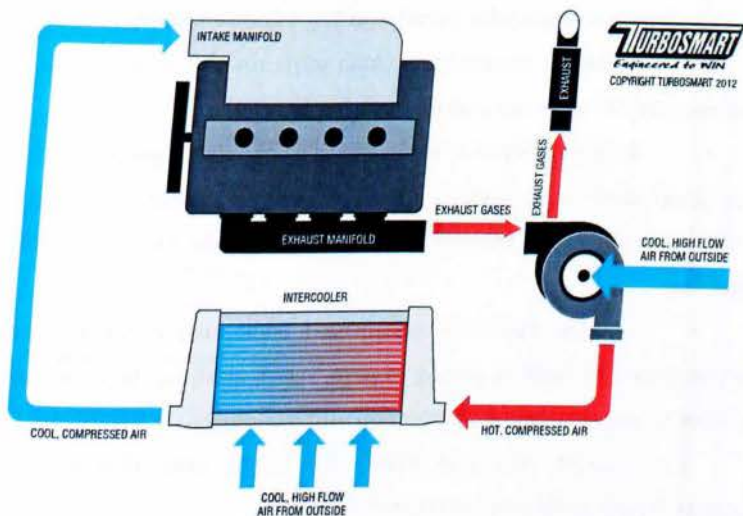


Θερμοκρασίες σε υπερπληρωμένο κινητήρα χωρίς σύστημα ψύξης του αέρα υπερπλήρωσης

Το σύστημα που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα είναι ένα ψυγείο εισερχόμενου αέρα που είναι γνωστό με την αγγλική του ονομασία: Intercooler.

Το intercooler, ή εναλλάκτης θερμότητας, είναι ένα ειδικό ψυγείο, το οποίο ψύχει τον πιεσμένο εισερχόμενο αέρα του συμπιεστή κινητήρα με τον εξωτερικό αέρα ως ψυκτικό μέσο, ή κάποιο άλλο υγρό (υδρόψυκτο intercooler). Είναι κατασκευασμένος συνήθως από αλουμίνιο, το οποίο έχει αρκετά υψηλή θερμική αγωγιμότητα και βοηθά έτσι στην ταχεία μεταφορά της θερμότητας από τον ζεστό εισερχόμενο αέρα του κινητήρα στον κρύο. Υπάρχουν επίσης

intercooler κατασκευασμένα από διάφορα είδη κραμάτων, που έχουν ως στόχο να μειώσουν το κόστος κατασκευής και να αυξήσουν την αντοχή τους.



Ένας επιπλέον λόγος που τοποθετούμε ένα intercooler σε ένα υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα είναι το φαινόμενο της κρουστικής καύσης που δημιουργείται στο θάλαμο καύσης όταν οι θερμοκρασίες του εισερχόμενου μείγματος είναι πολύ υψηλές, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα.

Τύποι συστημάτων ψύξης εισερχόμενου αέρα

Στα αυτοκίνητα παραγωγής υπάρχουν δύο τύποι intercooler:

- 1) Intercooler αέρος ή εναλλάκτης θερμότητας αέρος-αέρος
- 2) Intercooler νερού ή εναλλάκτης αέρος-νερού.

1. Intercooler αέρος.

Τα Intercooler αέρα είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα. Είναι απλά στην κατασκευή και δεν απαιτούν καθόλου συντήρηση εκτός από έναν περιοδικό έλεγχο για διαρροές και απώλεια πίεσης, ή κάποιο ενδεχόμενο εσωτερικό ή εξωτερικό καθαρίσμα. Συνήθως, κάποια υπολείμματα λαδιού εσωτερικά και διάφορα σωματίδια που εμποδίζουν τη ροή του αέρα. Επειδή πρέπει να έχουν αρκετή "θερμοαπαγωγική" ικανότητα, θα πρέπει να είναι μεγάλα σε διαστάσεις

και κατά συνέπεια απαιτούν αρκετό χώρο σε σημείο του αυτοκινήτου που να περνά ο εξωτερικός αέρας σχεδόν με την ταχύτητα κίνησης του οχήματος.

2. Intercooler νερού (chargecooler),

Το υδρόψυκτο intercooler αποτελείται από 4 βασικά εξαρτήματα:

- Το κυρίως intercooler το οποίο ψύχει τον εισερχόμενο αέρα μεταφέροντας ποσά θερμότητας από τον αέρα στο ψυκτικό υγρό (νερό).
- Το ψυγείο νερού το οποίο μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή αρκεί να τοποθετείται σε σωστή θέση και να διαθέτει αρκετή μετωπική επιφάνεια. Το ψυγείο νερού αναλαμβάνει να ψύξει το ήδη ζεστό ψυκτικό υγρό (νερό) το οποίο επιστρέφει κρύο πια στο κυρίως intercooler.
- Αντλία νερού (κυκλοφορητής) η οποία κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο. Η αντλία αυτή θα πρέπει να διαθέτει μεγάλη παροχή, ενώ η πίεσή της θα πρέπει απλά να καλύπτει τις απώλειες πίεσης μέσα στους αγωγούς του ψυκτικού υγρού.
- Δοχείο ψυκτικού υγρού. Το δοχείο αυτό εξισορροπεί τις διαστολές και εξασφαλίζει την αποθήκευση του ψυκτικού υγρού.

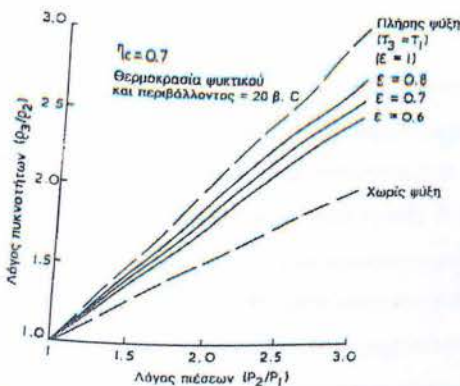
Τα intercooler νερού χρησιμοποιούνται

- α) όταν δεν υπάρχει χώρος πίσω από τη μετώπη του αμαξώματος,
- β) όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για τους σωλήνες που μεταφέρουν τον πιεσμένο αέρα και
- γ) όταν ο κινητήρας είναι τοποθετημένος στο πίσω μέρος του οχήματος

Συντελεστής απόδοσης

Η επιλογή ενός intercooler γίνεται σε κάθε περίπτωση με βάση τον συντελεστή απόδοσης του (efficiency). Τυπικές τιμές του ϵ είναι 0.6 - 0.9.

$$\epsilon = \frac{\text{πραγματική μεταφορά θερμότητας}}{\text{θεωρητικά μέγιστη μεταφορά θερμότητας}} = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_w}$$



Επίδραση του ε στην πυκνότητα αέρα πληρώσεως

Πτώση πίεσης

Από την πλευρά του ψυχόμενου αέρα, η ροή αυτού διαμέσου του ψυγείου εμπεριέχει κάποιες απώλειες πίεσης, αφού γίνεται διαμέσου των στενών σωληνώσεων που απαιτούνται για αποδοτική ψύξη. Αυτές οι απώλειες οδηγούν σε μικρότερη αύξηση της πυκνότητας του αέρα.

Παράδειγμα υπολογισμού απωλειών:

Έστω ότι έχουμε πίεση υπερπλήρωσης 0,82bar στην εισαγωγή ενός intercooler που τοποθετούμε σε ένα τυμβο κινητήρα (που πριν δεν είχε καθόλου) και 0,77bar πίεσης στην εξαγωγή του. Έστω ακόμη ότι εκείνη την ημέρα η βαρομετρική πίεση ήταν 0,97bar.

Έχουμε λοιπόν:

Απόλυτη πίεση στην εισαγωγή του intercooler: $P_{\text{εισ}} = 0,97 + 0,82$
 και Απόλυτη πίεση στην εξαγωγή $P_{\text{εξ}} = 0,97 + 0,7$
 Τότε η απώλεια μας θα είναι:

$$\text{Απώλεια \%} = 1 - \frac{\text{Απόλυτη πίεση στην εξαγωγή}}{\text{Απόλυτη πίεση στην εισαγωγή}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Απώλεια} = \eta \text{ 3\%}$$

Το δεύτερο μειονέκτημα της ψύξης του αέρα υπερπλήρωσης αφορά ένα πιο πρακτικό πρόβλημα, την παροχή ψυχρού αέρα ή νερού (που είναι προτιμότερο λόγω του μεγαλύτερου συντελεστή μεταφοράς θερμότητας). Εάν η πίεση υπερπλήρωσης είναι χαμηλή, όπως ισχύει γενικά στους κινητήρες Otto, και το διαθέσιμο ψυκτικό μέσο είναι σχετικά θερμό (π.χ. το νερό του συστήματος ψύξης του κινητήρα), τότε η ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης παρουσιάζει σχεδόν ασήμαντο όφελος και μάλιστα μόνο στην πλήρη ισχύ, απαιτώντας μάλιστα πολύ μεγάλων διαστάσεων εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος επιπροσθέτως θα οδηγήσει και σε σημαντική πτώση πίεσης του αέρα υπερπλήρωσης. Τρίτο μειονέκτημα είναι το κόστος, που όμως το όφελος από την ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης συνήθως το αντισταθμίζει. Τέλος, υπερβολική ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση στην πολλαπλή εισαγωγής.

Όπως είναι κατανοητό για να υπάρχει ουσιαστική βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα με την προσθήκη συστήματος ψύξης εισερχομένου αέρα, πρέπει η επιλογή του εναλλάκτη να γίνεται έπιτα από μελέτη.

4.3 Μέθοδοι υπερπλήρωσης

Τα συστήματα υπερπλήρωσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει διαφόρων κριτηρίων, όπως:

- 1) Τρόπος κίνησης συμπίεστη υπερπλήρωσης
- 2) Σύνδεση κινητήρα - διάταξης υπερπλήρωσης, τρόπος μετάδοσης ισχύος
- 3) Σχεδιασμός του συμπίεστη

Τρόπος κίνησης συμπιεστή

A) Κίνηση μέσω ηλεκτροκινητήρα ή βοηθητικής διάταξης (εξωτερική υπερπλήρωση).

Απαντάται σε κινητήρες Diesel και σε αεροπορικούς, ενώ αποτελεί διάταξη σάρωσης 2- X κινητήρων φυσικής αναπνοής (αντλία απόπλυσης)

B) Κίνηση με απορρόφηση έργου από τη στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα (μηχανική υπερπλήρωση). Χρησιμοποιείται σε κινητήρες Otto με ή χωρίς ενδιάμεση ψύξη εργαζόμενου μέσου. Η σχέση μετάδοσης μπορεί να είναι είτε σταθερή είτε μεταβλητή.

Γ) Κίνηση μέσω στροβίλου καυσαερίων. Η διάταξη αυτή μπορεί με τη σειρά της να είναι μονοβάθμια χωρίς ενδιάμεση ψύξη αέρα, με ενδιάμεση ψύξη αέρα ή να περιλαμβάνει δύο στάδια συμπίεσης και δύο αποτόνωσης (διβάθμια). Είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος υπερπλήρωσης.

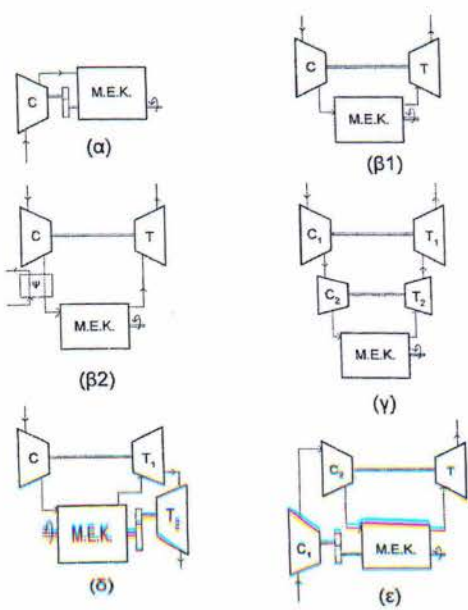
Δ) Συμπίεση μέσω κύματος πίεσης (σύστημα Comprex "πτερυγοτού δρομέα" της Brown Boveri).

Σύνδεση κινητήρα - διάταξης υπερπλήρωσης. Μετάδοση ισχύος

Είδη σύζευξης

- 1) Άμεση σύζευξη συμπιεστή στη στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα (μηχανική υπερπλήρωση - Σχήμα α)
- 2) Ζεύγος συμπιεστή - στροβίλου χωρίς άμεση σύμπλεξη με τον κινητήρα (στροβίλο- υπερπλήρωση - Σχήμα β, γ)
- 3) Σύζευξη συμπιεστή - στροβίλου υψηλής πίεσης και στροβίλος ισχύος χαμηλής πίεσης συνδεδεμένος στη στροφαλόφορο (turbocompound engines - Σχήμα δ). Χρήση σε αεροσκάφη.
- 4) Σύζευξη συμπιεστή υψηλής πίεσης - στροβίλου και συμπιεστής χαμηλής πίεσης συνδεδεμένος στη στροφαλοφόρο (Σχήμα ε). Χρήση σε 2-X κινητήρες και σε περιπτώσεις όπου απαιτείται βελτίωση της μεταβατικής λειτουργίας του κινητήρα.

5) Στρόβιλος ισχύος συνδεδεμένος με ζεύγος συμπιεστή - ΜΕΚ. Στην περίπτωση αυτή η στροφαλοφόρος άτρακτος αποδίδει εξ' ολοκλήρου την ισχύ της στο συμπιεστή. Χρησιμοποιείται σε μονάδες παραγωγής ισχύος (στην περίπτωση αυτή ο κινητήρας είναι τύπου ελεύθερων εμβόλων).



Διατάξεις υπερπλήρωσης. (α) μηχανική υπερπλήρωση, (β1) στροβιλουπερπλήρωση, (β2) στροβιλουπερπλήρωση με ενδιάμεση ψύξη, (γ) στροβιλουπερπλήρωση δύο βαθμίδων, (δ) στροβιλουπερπλήρωση με στρόβιλο ισχύος, (ε) διπλή στροβιλουπερπλήρωση με δύο συμπιεστές εν σειρά, ο πρώτος συζευγμένος με τον κινητήρα και ο δεύτερος με στρόβιλο

Σχεδιασμός του συμπιεστή

Εδώ έχουμε δύο κατηγορίες:

A) Συμπιεστές θετικού εκτοπίσματος. Αυτοί με τη σειρά τους χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους παλινδρομικούς και τους περιστροφικούς. Χρησιμοποιούνται σε μηχανική υπερπλήρωση.

Είδη παλινδρομικών: εμβολοφόροι, τύπου στροφαλοθαλάμου, τύπου ταλαντώμενων πτερυγίων

Είδη περιστροφικών: λοβοειδείς τύπου Roots, τύπου ολισθαινόντων πτερυγίων, κοχλιοειδείς τύπου Lysholm, κοχλιωτού τύπου (screw)

B) Συμπιεστές δυναμικού τύπου. Εδώ έχουμε τρεις κατηγορίες: αξονικοί, φυγοκεντρικοί και συμπιεστές μικτής ροής. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στροβίλο-υπερπλήρωσης.

4.3.1 Περιγραφή συμπιεστών

A) Λοβοειδείς συμπιεστής μηχανικού τύπου Roots

Ο ογκομετρικός υπερσυμπιεστής μηχανικού τύπου (Compressor) παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα μέσω ενός **ψάνα**. Έτσι, όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, αυξάνονται και οι στροφές του υπερσυμπιεστή, με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος και της ροπής.

Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές απορροφούν μόνιμα ισχύ από τον κινητήρα αφού συνδέονται με αυτόν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται σε κινητήρες μεγάλου κυβισμού. Χρησιμοποιήθηκαν πολύ τη δεκαετία του 1960 και πέρασαν λίγο στο περιθώριο τη δεκαετία του 1980. Αρκετά καινούργια μοντέλα της αγοράς εφαρμόζουν το σύστημα αυτό.

Στα νέα συστήματα υπάρχει ένας ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης ο οποίος αποσυνπλέκει το συμπιεστή από τον κινητήρα στις στροφές του ρελαντί και στις χαμηλές στροφές λειτουργίας. Με αυτόν τον τρόπο δεν επιβαρύνεται η λειτουργία του κινητήρα στις χαμηλές στροφές, ενώ μόλις οι στροφές του κινητήρα ανεβούν, ενεργοποιείται ο

ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης και θέτει σε λειτουργία τον υπερσυμπιεστή, αυξάνοντας τη ροπή και την ισχύ του κινητήρα.



Υπερσυμπιεστής τύπου Roots

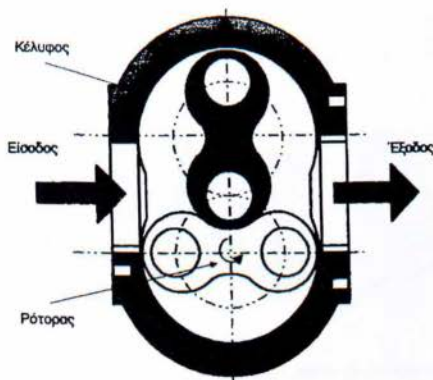
Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα αποτελούνται από δύο ή τρεις συνεργαζόμενους ρότορες . Οι ρότορες δεν εφάπτονται μεταξύ τους ή με το κέλυφος της συσκευής και περιστρέφονται αντίρροπα από ένα σύστημα γραναζιών που βρίσκεται έξω από τον θάλαμο λειτουργίας.

Το σύστημα με τους ρότορες τοποθετείται στην πολλαπλή εισαγωγής κάτω από τον εξαερωτήρα, ή αν υπάρχουν ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού, μετά τον μετρητή ροής αέρα και το σώμα της πεταλούδας. Οι ρότορες περιστρέφονται και εγκλωβίζουν μία ποσότητα αέρα, την οποία οδηγούν στο σύστημα παρασκευής του καυσίμου μείγματος.

Με την περιστροφή τους οι ρότορες δημιουργούν από την πλευρά της κατάθλιψης αυξημένη πίεση. Αποτέλεσμα της αυξημένης πίεσης με σταθερό όγκο είναι η αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η τοποθέτηση συστημάτων ψύξης του εισερχόμενου αέρα, για τα οποία θα αναφερθούμε αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.

Με την αύξηση των στροφών του κινητήρα αυξάνεται και η ταχύτητα περιστροφής του υπερσυμπιεστή, με αποτέλεσμα την αύξηση του αέρα που παρέχεται στον κινητήρα. Η τροφοδοσία του κινητήρα με περισσότερο καύσιμο μείγμα αυξάνεται με τις στροφές του επικίνδυνα Είναι απαραίτητη λοιπόν, η χρήση μιας ανακουφιστικής βαλβίδας της υπερσυμπίεσης. Η βαλβίδα αυτή εκτονώνει την υπερβολική πίεση στην εισαγωγή μέσω παρακα-

μπτήριου αγωγού (by-pass) προς την είσοδο του συμπιεστή, εξασφαλίζοντας τη ασφαλή λειτουργία του κινητήρα και η μακροχρόνια ζωή του.



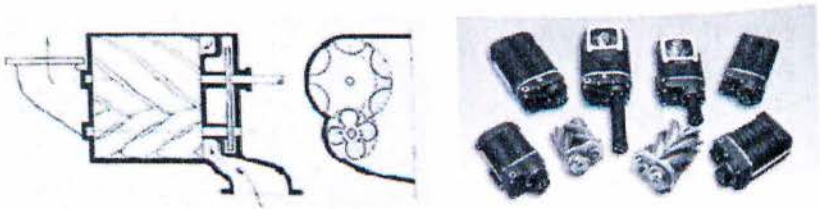
Υπερσυμπιεστής τύπου Roots με δύο ρότορες σε τομή

Στους σύγχρονους κινητήρες με ψεκασμό και ηλεκτρονική διαχείριση, η εμπλοκή του μηχανικού υπερσυμπιεστή είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενη, με τη βοήθεια ενός μαγνητικού συμπλέκτη. Ο έλεγχος πραγματοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία ελέγχει τον ηλεκτρονόμο (ρελέ) του μηχανικού υπερσυμπιεστή, ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας το μαγνητικό συμπλέκτη. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ελέγχει και την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής υποπίεσης, που επιτρέπει τη λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας του υπερσυμπιεστή (βαλβίδα by-pass).

B) Κοχλιοειδείς συμπιεστής τύπου Lysholm

Οι κοχλιοειδείς συμπιεστές Lysholm αποτελούνται από ένα ζεύγος δρομέων που έχουν τη μορφή κοχλίας και βρίσκονται κλεισμένοι σε ένα κέλυφος. Οι δρομείς περιστρέφονται χωρίς να έρχονται σε επαφή μεταξύ τους ή με το κέλυφος, ενώ τα κενά διατηρούνται όσο το δυνατόν μικρότερα. Ο αέρας εισέρχεται στον ενδιάμεσο (κοίλο) χώρο και συμπιέζεται από το κυρτό

σπείρωμα των δρομέων κατά τη ροή του από την εισαγωγή προς την εξαγωγή του συμπιεστή. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου συμπιεστή είναι το μικρό του μέγεθος (που οφείλεται στην υψηλή ταχύτητα περιστροφής) και η απουσία ελαίου στο συμπιεσμένο αέρα.

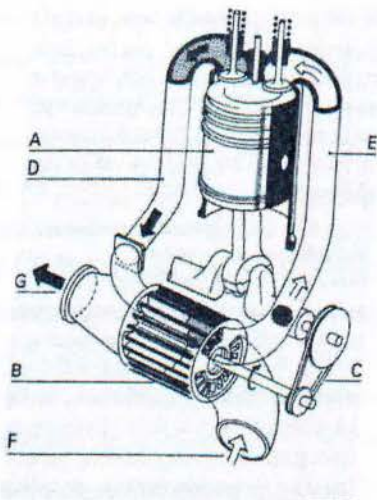


Κοχλιοειδής συμπιεστής τύπου Lysholm

Γ) Συμπιεστής φωστικών κυμάτων τύπου Comprex

Είναι ένα σύστημα υπερπληρώσεως που βασίζεται στη συμπίεση του αέρα με την εκμετάλλευση των κυμάτων πίεσης των καυσαερίων. Σε αυτόν τον τύπο υπερπληρωτή, χρησιμοποιείται ένας κυλινδρικός τύπος ρότορα που φέρει περιφερειακά, διαμήκη ευθύγραμμα πτερόγια σε ανομοιόμορφες αποστάσεις, τα οποία μαζί με τον εξωτερικό κέλυφος σχηματίζουν διαμήκεις κυψέλες.

- Υπερσυμπίεστης κυμάτων πίεσης Comprex
- A. Έμβολο κινητήρα
 - B. Ρότορας
 - C. Ιμάντας
 - D. Κουσαέρια
 - E. Συμπίεσμένος αέρας
 - F. Εισερχόμενος αέρας
 - G. Έξοδος καυσαερίων



Ο ρότορας αυτός είναι συνδεδεμένος με το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής και η ταχύτητα περιστροφής του είναι ανάλογη των στροφών της μηχανής. Η περιστροφή του ρότορα δεν πραγματοποιείται για τη συμπίεση του αέρα, αλλά για λόγους χρονισμού της διαδικασίας συμπίεσης του αέρα και για λόγους διατήρησης της ταχύτητας της ροής στην περιοχή του ήχου. Στη μια πλευρά (βάση) του κυλινδρικού κελύφους του ρότορα καταλήγουν οι αγωγοί εισόδου και εξόδου του αέρα, ενώ στην άλλη οι αντίστοιχοι αγωγοί των καυσαερίων. Ο αγωγός εξόδου του αέρα έχει μικρότερη διατομή από τον αγωγό εισόδου του, λόγω της αύξησης της πυκνότητας κατά τη διαδικασία της συμπίεσης. Αντίστοιχα ο αγωγός εξόδου των καυσαερίων έχει μεγαλύτερη διατομή από τον αγωγό εισόδου των καυσαερίων, λόγω της μείωσης της πυκνότητας τους κατά την διαδικασία της εκτόνωσης.

Ο αέρας και τα καυσαέρια έρχονται σε επαφή στο εσωτερικό των διαμήκων κυψελίδων του ρότορα και συνεπώς, ένα μικρό ποσοστό των καυσαερίων ανακυκλοφορεί εντός του

κυλίνδρου, λόγω της ανάμιξης τους με τον συμπιεζόμενο αέρα. Τα καυσαέρια εισερχόμενα από την μια πλευρά του ρότορα δημιουργούν κρουστικά κύματα (αφού η ταχύτητα είναι ηχητική λόγω της περιστροφής του ρότορα), τα οποία ανακλώνται διαδοχικά στις δύο πλευρές (βάσεις) του κέλφους και προκαλούν τη συμπίεση του αέρα που εισέρχεται από την απέναντι πλευρά του ρότορα. Επειδή το σύστημα απαιτεί την επίτευξη ταχύτητας του ήχου εντός του ρότορα, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία των καυσαερίων, η συγκεκριμένη μέθοδος υπερπλήρωσης λειτουργεί ικανοποιητικά μόνο για δεδομένο εύρος λειτουργίας της μηχανής. Για τη μείωση του θορύβου από τα ωστικά κύματα, τα πτερύγια του ρότορα δεν βρίσκονται σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις.

Πλεονεκτήματα της υπερπλήρωσης μέσω κυμάτων πίεσης

α) Γρήγορη απόκριση στις αλλαγές του φορτίου του κινητήρα γιατί η ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ των καυσαερίων και του εισερχόμενου αέρα εκτελείται με την ταχύτητα του ήχου.

Ρ) Υψηλή συμπίεση στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα.

Μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης μέσω κυμάτων πίεσης

α) Περιορισμένη ευελιξία όσον αφορά την τοποθέτηση του μηχανισμού, λόγω της παρουσίας ιμάντα για τη μετάδοση της κίνησης αλλά και των αγωγών των αερίων.

β) Αυξημένες ποσότητες καυσαερίων και αέρα σύρωσης.

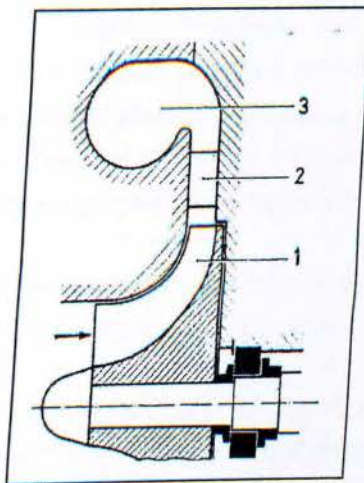
γ) Θορυβώδης λειτουργία.

δ) Πολύ μεγάλη ευαισθησία στην αυξημένη αντίσταση στην πλευρά χαμηλής πίεσης.

Δ) Συμπιεστές δυναμικής ροής

Ακτινικός συμπιεστής

Ο σημαντικότερος εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής είναι ο ακτινικός (φυγοκεντρικός) συμπιεστής, και ονομάζεται έτσι λόγω της ακτινικής έξοδου του αέρα. Η κατεύθυνση της εισερχόμενης ροής είναι συνήθως αξονική. Οι ακτινικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σε εφαρμογές στροβίλο-υπερπλήρωσης με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης ενώ ο λόγος πίεσης φθάνει μέχρι το 10:1 ανά βαθμίδα. Επίσης σε μικρά μεγέθη είναι φθηνότεροι και ευκολότεροι στην κατασκευή με χύτευση, αλλά σε μεγάλα μεγέθη απαιτούν πολύπλοκη μηχανουργική επεξεργασία, που γίνεται με εργαλειομηχανές CNC, ελεγχόμενες από υπολογιστή. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι πιο στιβαροί στην κατασκευή άρα έχουν μεγαλύτερη αντοχή στη μηχανική διάβρωση, αλλά έχουν και μεγαλύτερη ροπή αδρανείας. Η ταχύτητα περιστροφής τους είναι τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από αυτήν της εμβολοφόρου Μ.Ε.Κ. Συνεπώς είναι αδύνατον να συνδεθούν μηχανικά με τη στροφαλοφόρο άτρακτο, όπως γίνεται με τους συντελεστές θετικού εκτοπίσματος



Ακτινικός συμπιεστής : 1)πτερωτή , 2) διαχύτης, 3)σπειροειδές κέλυφος

Διαμέσου της περωτής (1) η ταχύτητα του ρευστού αυξάνει λόγω μεταφοράς ορμής από τα πτερύγια της και στη συνέχεια η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε στατική πίεση στο διαχύτη (2) και στο σπειροειδές κέλυφος (3). Σε στροβιλοϋπερπληρωτές αρχικά χρησιμοποιήθηκαν φυγοκεντρικοί συμπιεστές με οπισθοκλινή πτερύγια και καλύπτρα (shroud) προερχόμενοι από βιομηχανικούς συμπιεστές αλλά μόνο για χαμηλά επίπεδα υπερπληρώσεως. Για μεγαλύτερους λόγους πίεσεως ($>2:1$) λόγω προβλημάτων με φυγοκεντρικές τάσεις εγκαταλείφθηκε η καλύπτρα καθώς και τα οπισθοκλινή πτερύγια και χρησιμοποιήθηκαν ακτινικά πτερύγια και εισαγωγέας (inducer). Πλέον προτιμώνται περωτές με μη συνδεδεμένα πτερύγια στο επάνω τμήμα τους (shroudless impeller). Στην περίπτωση αυτή η διεύθυνση της ροής ορίζεται από τα πτερύγια και το πίσω μέρος της περωτής στη μια πλευρά και το περιβάλλον τοίχωμα στην άλλη.

Αξονικός συμπιεστής

Οι αξονικοί συμπιεστές αποτελούνται από εναλλασσόμενες σειρές κινουμένων πτερυγίων (rotor) και σειρές σταθερών πτερυγίων (stator). Τα πρώτα επιταχύνουν τη ροή ενώ τα δεύτερα διαχέουν τη ροή, αυξάνοντας την πίεση. Ο αξονικός συμπιεστές ήταν ευκολότερο να σχεδιαστούν, διότι η ροή μπορεί να παρασταθεί σχετικά ικανοποιητικά θεωρώντας 2-διάστατη ροή αεροτομών. Επίσης, λόγω της μακρόχρονης εξέλιξης τους κυρίως για εφαρμογές αεριοστρόβιλων προώσεως αεροπλάνων, ο μέγιστος βαθμός απόδοσης στα σημεία σχεδίασής τους είναι αρκετά υψηλός. Οι αξονικοί συμπιεστές έχουν μεγάλη παροχή ανά μονάδα διατομής εισόδου, αλλά μικρό λόγο πίεσεως (περίπου 2) ανά βαθμίδα (stator + rotor) και έτσι, για μεγάλες αυξήσεις πίεσεως ο συμπιεστής πρέπει να έχει πολλές βαθμίδες και άρα μεγάλο μήκος.

4.3.2 Στρόβιλοι

Ο στρόβιλος παράγει το έργο εξάγοντας ενέργεια από την εκτόνωση ρευστού που βρίσκεται σε υψηλή πίεση. Διακρίνονται σε ακτινικούς και αξονικούς ανάλογα με τη διεύθυνση της ροής. Οι ακτινικοί χρησιμοποιούνται σε μικρές εφαρμογές (οχήματα), ενώ οι αξονικοί χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικούς, σιδηροδρομικούς και ναυτικούς κινητήρες Diesel.

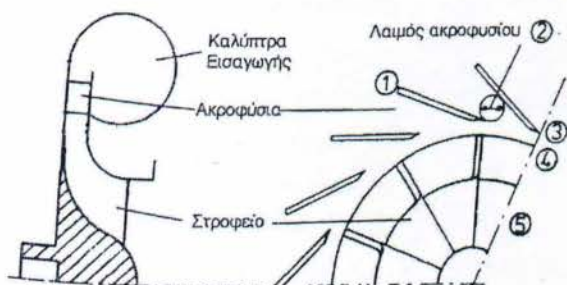
Ακτινικός στρόβιλος

Ο ακτινικός στρόβιλος έχει μορφή φυγοκεντρικού συμπιεστή. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι εδώ η ροή εισέρχεται ακτινικά με κατεύθυνση προς το κέντρο της περωτής, ενώ έχουμε την ύπαρξη περυγίων ακροφύσιου (αντί διαχύτη) μεταξύ περωτής και κελύφους.

Ο ακτινικός στρόβιλος μπορεί να λειτουργήσει με υψηλούς λόγους αποτόνωσης (έως 4:1) και με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, καλύπτοντας ευρύ φάσμα εφαρμογών στις

ΜΕΚ. Επιπλέον η κατασκευή του είναι ευκολότερη και οικονομικότερη σε σχέση με τον αξονικό στρόβιλο, έχοντας μικρότερες διαστάσεις.

Κύρια μέρη του ακτινικού στρόβιλου είναι το κέλυφος, τα ακροφύσια εισόδου και η περωτή. Σε ακτινικούς στρόβιλους μικρών διαστάσεων παραλείπονται τα ακροφύσια για βελτίωση των συνθηκών ροής. Στην περίπτωση αυτή το κόστος κατασκευής μειώνεται με τίμημα μια μικρή μείωση στο βαθμό απόδοσης.



Ακτινικός στρόβιλος

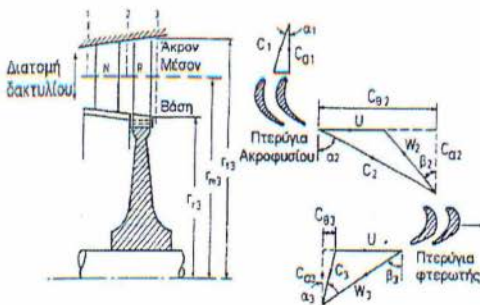
Αξονικός στρόβιλος

Σε εφαρμογές στροβιλοϋπερπλήρωσης μια βαθμίδα-δακτύλιος ακροφυσίων (στάτορας) και περωτή (ρότορας), αρκεί για την εκτόνωση των καυσαερίων υπερπληρωμένων κινητήρων με συμπιεστή μιας βαθμίδας. Σε ειδικές περιπτώσεις πολύ υψηλών λόγων πίεσεως έχουν χρησιμοποιηθεί δύο στροβιλοϋπερπληρωτές με συμπιεστές και στρόβιλους αντίστοιχα εν σειρά (two-stage turbocharging). Μέσα στον στάτορα η ροή αποκτά συστροφή την οποία αφαιρεί το στροφείο απορροφώντας ενέργεια από το ρευστό. Τα περύγια του στρόβιλου επειδή

διαβρέχονται από τα καυσάερια, λειτουργούν σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες. Η μεγάλη ταχύτητα περιστροφής τους δημιουργεί ισχυρές φυγοκεντρικές δυνάμεις οι οποίες σε συνδυασμό με τη υψηλή θερμοκρασία καταπονούν ιδιαίτερα τα πτερύγια. Επιπλέον στην περίπτωση υπέρξεως συστήματος παλμών δημιουργούνται ισχυρές ταλαντώσεις στα πτερύγια. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών λειτουργίας και της οριακής φορτίσεως θα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς η μεταβολή της θερμοκρασίας εξόδου των καυσαερίων.

Πάντως οι σημερινοί συμπιεστές μπορούν να δώσουν σε μία βαθμίδα λόγο πιέσεων που πρακτικά υπερκαλύπτει τα όρια μέσης πίεσης κινητήρων παραγωγής και αντίστοιχα οι στρόβιλοι μπορούν να εκτονώσουν αυτές τις πιέσεις με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως σε μια βαθμίδα.

Το ύψος των πτερυγίων αξονικών στρόβιλων για υπερπληρωτές είναι μικρό σε σχέση με την διάμετρο του δίσκου του στροφείου και γι αυτό σε απλές αναλύσεις της ροής η ανάλυση των συνθηκών στο «μέσο ύψος πτερυγίου» δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.



Αξονικός στρόβιλος

Σχεδιαμός στρόβιλου

Σε εφαρμογές στρόβιλου υπερπληρωτών για λόγους κατασκευαστικής οικονομίας μία βασική σχεδίαση στρόβιλου προσαρμόζεται σε διάφορες απαιτήσεις παροχών και άρα σε διάφορα μεγέθη κινητήρων, μεταβάλλοντας το όριο πνιγμού (choking limit) μέσω μεταβολής του δακτυλίου ακροφυσίων.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους:

- α) Αλλαγή της γωνίας των πτερυγίων ακροφυσίων.
- β) Βράχυνση των πτερυγίων ακροφυσίων κατά μήκος.
- γ) Βράχυνση των πτερυγίων ακροφυσίων και στροφείου καθ' ύψος.

Επειδή ο τρίτος τρόπος επιφέρει και την μεγαλύτερη αλλαγή, οι κατασκευαστές στροβιλουπερπληρωτών συνήθως προσφέρουν ένα βασικό τύπο στροφείου με δύο- τρία ύψη πτερυγίων, που καλύπτουν μεγάλο εύρος μεγεθών κινητήρων, καθώς επίσης για κάθε ύψος διάφορους δακτυλίους ακροφυσίων.

Ένας τρόπος να αυξηθούν οι επιδόσεις ενός στροβίλου είναι να εφαρμοσθεί ένας διαχύτης στην έξοδό του. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των καυσαερίων που αλλιώς θα χανόταν λόγω ανάμιξης στον κατάντι οχετό.

Με το διαχύτη ο στρόβιλος αντιλαμβάνεται ότι εργάζεται σε μεγαλύτερο λόγο εκτονώσεως και η ισχύς του αυξάνεται.

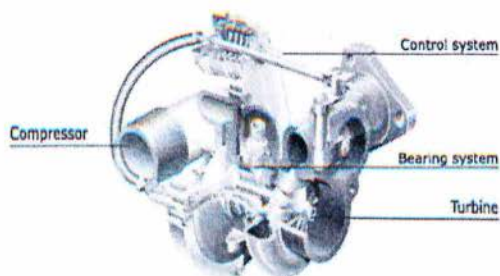
Σημειώνεται εδώ ότι διαχύτες εφαρμόζονται και στον αυλό καυσαερίων μεγάλων κινητήρων με σύστημα σταθερής πίεσεως ώστε να χρησιμοποιείται η κινητική ενέργεια των αερίων, μετατρέπόμενη ομαλά σε αύξηση της πίεσεως στο δοχείο καυσαερίων πριν το στρόβιλο.

4.4 Στροβίλο-υπερπλήρωση

Επικρατέστερη μέθοδος υπερπλήρωσης θεωρείται σήμερα ο συνδυασμός εμβολοφόρου κινητήρα Otto ή Diesel με ζεύγος στροβίλο-υπερπληρωτή (turbocharging), συνήθως με ενδιάμεσο ψυγείο του αέρα υπερπλήρωσης (intercooler). Το ζεύγος στροβίλοσυμπιεστή αποτελείται, συνήθως, από φυγοκεντρικό (ακτινικό) συμπιεστή και αποτόνωση του καυσαερίου σε ακτινικό (για μικρούς όγκους εμβολισμού, π.χ. εφαρμογές αυτοκινήτων) ή αξονικό (για μεγαλύτερους όγκους εμβολισμού, π.χ. φορτηγά, βιομηχανικούς, ναυτικούς κινητήρες) στρόβιλο. Συμπιεστής και στρόβιλος είναι μηχανικά συνδεδεμένοι στην ίδια άτρακτο, το οποίο σημαίνει ότι το έργο για την κίνηση του συμπιεστή παρέχεται από το στρόβιλο, μέσω των καυσαερίων, χωρίς να αφαιρέσει πολύτιμο μηχανικό έργο από τον κινητήρα. Το σύστημα αυτό συνδυάζει σχετικά απλή κατασκευή και δυνατότητα επίτευξης ιδιαίτερα υψηλής συγκέντρωσης ισχύος της συνδεδεμένης εμβολοφόρου Μ.Ε.Κ.

Για λόγους κόστους και χώρου, οι συμπιεστές των εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ. είναι συνήθως ακτινικοί (φυγοκεντρικοί) και πολύ σπανιότερα αξονικοί, σε αντίθεση με τους στροβίλους που απαντώνται και στις δύο μορφές. Κατασκευαστικοί, πάντως, λόγοι συνήθως περιορίζουν τους ακτινικούς στροβίλους σε μικρές μονάδες, δεδομένου ότι πρέπει να χυτευθούν με ακρίβεια και με υψηλής θερμικής ανοχής υλικά (σε μικρούς 4-Χ κινητήρες Otto αυτοκινήτων, που

λειτουργούν με στοιχειομετρική αναλογία καυσίμου-αέρα, οι θερμοκρασίες μπορεί να ξεπεράσουν τους 1000°C, και οι στροφές από 50.000 μέχρι και 240.000, καθορίζοντας ανάλογα και το υλικό κατασκευής, με πρόσφατη επιλογή τη χρήση κεραμικών υλικών), τεχνική η οποία είναι οικονομική μόνο σε περίπτωση παραγωγής μικρών μονάδων και σε μεγάλες ποσότητες.



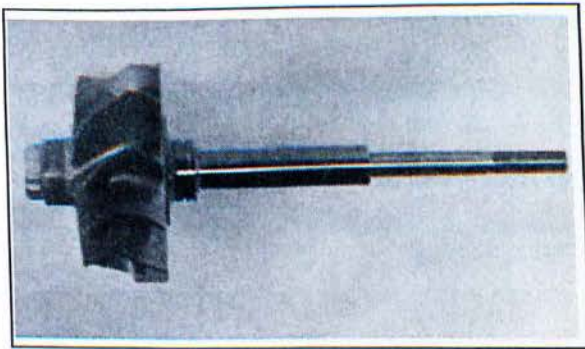
Στροβίλο-υπερπληροτής (turbocharger)

Οι πτερωτές των συμπιεστών κατασκευάζονται είτε από χυτά υλικά είτε από σφυρήλατα, όπως κράματα αλουμινίου, χάλυβας (για υψηλή αντοχή), ή ακόμη και τιτάνιο (λύση υψηλότερου κόστους). Το κέλυφος του συμπιεστή κατασκευάζεται συνήθως από χυτό αλουμίνιο.



Πτερωτή και κέλυφος ακτινικού συμπιεστή

Οι περωτές των στροβίλων παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες ως προς την επιλογή των υλικών, καθώς ανήκουν στο θερμό τμήμα του στροβιλο-υπερπληρωτή, και συνεπώς οι απαιτήσεις τόσο θερμικής όσο και μηχανικής αντοχής είναι ιδιαίτερα υψηλές. Οι ακτινικοί στρόβιλοι κατασκευάζονται μέσω χύτευσης ακριβείας, ενώ οι αξονικοί στρόβιλοι αποτελούνται από σφυρήλατο δίσκο με ξεχωριστά πτερύγια. Ο δίσκος του ρότορα συνήθως αποτελείται από κράμα χάλυβα - χρωμίου - νικελίου (chrome - nickel steel) και τα πτερύγια από Nimonic 80A (τυπική σύσταση 50%Ni-20%Cr με προσμίξεις τιτανίου και αλουμινίου). Όσον αφορά το κέλυφος του στροβίλου, χρησιμοποιούνται υλικά όπως σίδηρος με προσμίξεις σφαιροειδή γραφίτη ώστε να αντιμετωπιστούν οι δυσμενείς θερμικές καταπονήσεις



Περωτή στροβίλου

Σύστημα λιπάνσεως και εδράσεως του στροβιλο-υπερπληρωτή

Το σύστημα λιπάνσεως σχεδιάζεται έτσι ώστε να προσφέρει προστασία στον στροβιλο-υπερπληρωτή σε περίπτωση κρατήσεως ανάγκης της μηχανής, ώστε το λιπαντικό να απάγει την παραμένουσα θερμότητα των μεταλλικών μερών ή κατά την εκκίνηση, κατά την οποία υπάρχει ένα χρονικό διάστημα μεταξύ της εκκίνησης του κινητήρα και της άφιξης του λιπαντικού σ' αυτόν. Συνήθως η λίπανση γίνεται μέσω του λιπαντικού του κινητήρα προκειμένου να αποφύγουμε την πολυπλοκότητα εγκατάστασης ξεχωριστού συστήματος λίπανσης. Όμως σε ορισμένες διατάξεις κρίνεται απαραίτητη η χρήση δεξαμενής λιπαντικού που τροφοδοτεί τον υπερπληρωτή μέσω βαρύτητας για 15-20 min.

Στους μικρότερους υπερπληρωτές η σχεδίαση της λιπάνσεως των εδράνων είναι τέτοια ώστε σε περίπτωση κρατήσεως ανάγκης με μέγιστη θερμοκρασία καυσαερίων (π.χ. 550 °C) και μέγιστες στροφές υπερπληρωτή (π.χ. 25.000 rpm) με αρχική θερμοκρασία λαδιού 750 °C, το λιπαντικό θα απάγει αρκετή θερμότητα από τα έδρανα χωρίς υπερθέρμανση μέχρι να σταματήσει η περιστροφή του στροφείου.

4.4.1 Έδρανα ολίσθησης

Σε έναν υπερπληρωτή με στρόβιλο και συμπιεστή σε κοινό άξονα, υπάρχουν τέσσερις πιθανές διατάξεις εδράνων:

1. Εξωτερικά έδρανα
2. Εσωτερικά έδρανα

Εξωτερικά έδρανα

Διατάξεις με εξωτερικά έδρανα χρησιμοποιούν λεπτότερους άξονες στα έδρανα απ' ότι μεταξύ των στροβιλομηχανών, όπου ο άξονας πρέπει να φέρει την ισχύ του στροβίλου προς το συμπιεστή. Επίσης επειδή η απόσταση μεταξύ των εδράνων είναι σχετικά μεγάλη, ακτινικά φορτία σε περίπτωση προβλημάτων ζυγοσταθμίσεως του στροφείου δεν είναι μεγάλα. Η διάταξη προσφέρεται για αυτόνομα συστήματα λιπάνσεως, για κάθε έδρανο, που είναι απαραίτητα αν χρησιμοποιούνται κύλινδρο- ή ενοσφαιροτριβείς σε αντίθεση με τα κουζινέτα, που μπορούν να λειτουργήσουν με το λιπαντικό λάδι του κινητήρα. Επίσης η θέση των εξωτερικών εδράνων επιτρέπει εύκολη προσπέλαση για έλεγχο και συντήρηση. Το κυριότερο μειονέκτημα είναι η αναγκαία μορφολογία της ροής εισόδου στο συμπιεστή, που αναγκαστικά λόγω της υπάρξεως του συγκροτήματος εδράνου δεν μπορεί να οδηγείται σε ευθεία προς τον εισαγωγέα του συμπιεστή. Επίσης οι στυλίσκοι στηρίξεως του περιβλήματος του εδράνου παρεμβάλλονται στη ροή προς το συμπιεστή και μπορεί να διεγείρουν ταλαντώσεις των πτερυγίων του.

Εσωτερικά έδρανα

Τα εσωτερικά έδρανα αφήνουν ανεμπόδιστη προσαγωγή αέρα και καυσαερίων. Η διάταξη αυτή επιτρέπει σχεδίαση ευπροσάρμοστων εξαρτημάτων όπως ο συμπιεστής, το συγκρότημα εδράνων, ο στρόβιλος μαζί με τον άξονα, το κέλυφος του στροβίλου και του

συμπιεστή, με αποτέλεσμα εύκολη εξάρμωση των τμημάτων για επιθεωρήσεις, αλλά όχι και των ιδίων των εδράνων, που είναι λιγότερο επισκέψιμα. Επειδή τα έδρανα βρίσκονται κοντά μεταξύ τους η τυχόν έλλειψη ζυγοστάθμισης του στροφείου και το βάρος του προβάλλοντος τροχού του στροβίλου μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ταλαντώσεων. Η διάμετρος των εδράνων είναι αναγκαστικά μεγαλύτερη, επειδή εφαρμόζουν στον άξονα μεταξύ στροβίλου και συμπιεστή, και αυτό αυξάνει τις απώλειες τριβών. Σε απλά έδρανα χρησιμοποιείται το λιπαντικό του κινητήρα.

Είδη εδράνων

A) Floating ακτινικά έδρανα

Αυτά τα έδρανα χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των ακτινικών φορτίων κατά την περιστροφή της ατράκτου. Απαιτούν υψηλό βαθμό ζυγοστάθμισης επειδή η συντήρησή τους δεν είναι ικανοποιητική με τα σημερινά δεδομένα. Βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε μεγάλου μεγέθους αργόστροφες μηχανές. Χρησιμοποιούνται και σε μικρού μεγέθους υψηλόστροφες μηχανές, όμως πρέπει να περιέχουν επιπλέον ένα εξωτερικό στρώμα λιπαντικού μεταξύ εδράνου-έδρασης εκτός του εσωτερικού μεταξύ εδράνου- άξονα ώστε να έχουν αυξημένη μηχανική αντοχή και καλή συμπεριφορά σε ταλαντώσεις. Συνήθως χρησιμοποιείται χυτοσίδηρος ή αλουμίνιο με έδρανα από χυτοσίδηρο ή ατσάλι.

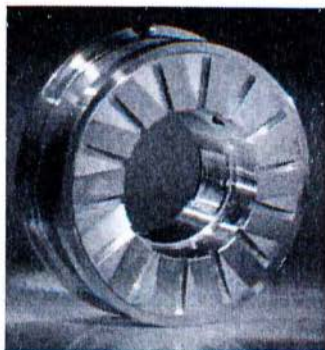


Β) Σφαιρικά-κυλινδρικά (Ball-roller bearings)

Έχουν χαμηλές απώλειες τριβών το οποίο αποτελεί πλεονέκτημα στην εκκίνηση από κρύο όπου το ιξώδες του λιπαντικού είναι υψηλό, σε επιδόσεις επιταχύνσεως σε αλλαγές φορτίου, καθώς και σε χαμηλές στροφές. Αυτό συνιστά τη χρήση τους σε μεγάλου μεγέθους μηχανές (π.χ ναυτικοί κινητήρες).

Γ) Απλά έδρανα (Plain bearings)

Οι απλοί τριβείς έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσιμης ζωής (20000+ ώρες). Μπορούν να τροφοδοτηθούν χωρίς πρόβλημα από το σύστημα λιπάνσεως του κινητήρα, το λιπαντικό όμως πρέπει να περνά από φίλτρο 0.05 mm. Μερικές φορές κυρίως σε μικρότερους υπερπληρωτές τα έδρανα "κολυμπούν" στο λάδι και περιστρέφονται με περίπου 20% των στροφών του άξονα κατά την λειτουργία. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει απόσβεση των κραδασμών, μείωση του θορύβου και εξισορρόπηση μικρών προβλημάτων ζυγοστάθμισης του στροφείου.



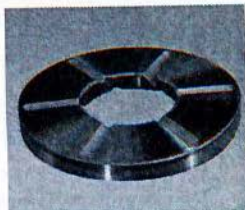
Απλό ακτινικό έδρανο

Δ) Ωστικά έδρανα (thrust bearings)

Σε ορισμένες διατάξεις στροβίλου υπερπληρωτών, τμήμα της αξονικής ώσης του στροβίλου ισορροπείται από την ώση του συμπιεστή. Παρόλα αυτά σε περιπτώσεις λειτουργίας εκτός σημείου σχεδίασης, καθώς και σε περιπτώσεις μεταβατικής λειτουργίας υπάρχει

σημαντική αξονική συνιστώσα η οποία απαιτείται να αντιμετωπιστεί με κάποια μορφή ωστικού εδράνου.

Σε αντίθεση με τα έδρανα του άξονα, που παραλαμβάνουν σχετικά μικρά φορτία, το ωστικό έδρανο μπορεί να υφίσταται σημαντική φόρτιση, ειδικά σε μεγάλου μεγέθους μηχανές.

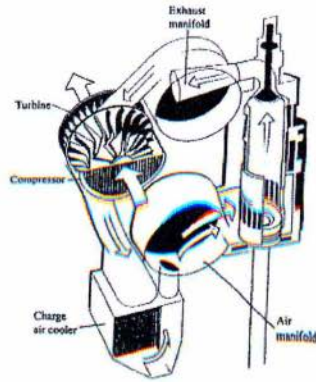


Ωστικό έδρανο

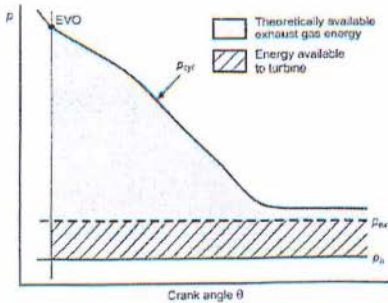
4.4.2 Συστήματα ροής καυσαερίων προς τον στροβιλοσυμπιεστή

Α) Σύστημα σταθερής πίεσεως (Constant pressure turbocharging)

Στο σύστημα σταθερής πίεσεως τα καυσαέρια από τους κυλίνδρους οδηγούνται σε κοινό συλλέκτη καυσαερίων με μεγάλη διάμετρο, όπου γίνεται η απόσβεση της ενέργειας των κυμάτων πίεσεως. Οι χρονικές διακυμάνσεις πίεσεως και παροχής εξομαλύνονται, με αποτέλεσμα ο στρόβιλος που ακολουθεί να λειτουργεί υπό σταθερές χρονικά συνθήκες. Συστήματα απαιτεί την ύπαρξη συλλέκτη καυσαερίου με μεγάλο όγκο συνήθως κυλινδρικού σχήματος, στον οποίο συνδέεται μόνο ένας υπερπληρωτής.



Σύστημα σταθερής πίεσης

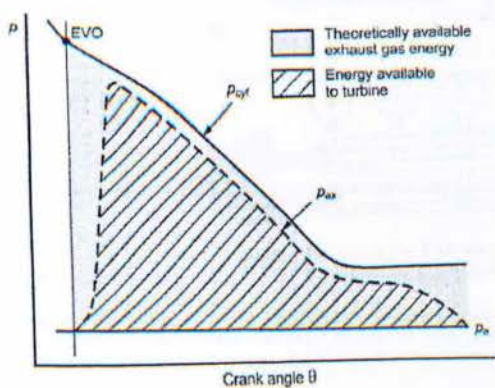
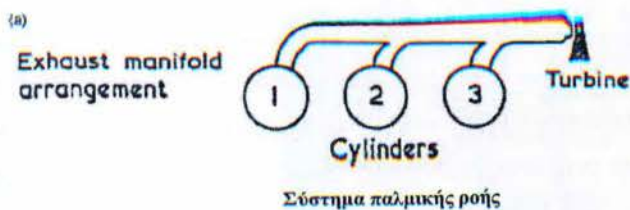


Διάγραμμα πίεσης καυσαερίων σε σύστημα σταθερής πίεσης

B) Σύστημα παλμικής ροής (Pulse pressure turbocharging)

Το σύστημα παλμικής ροής ή σύστημα παλμών επιτρέπει τη χρήση στροβιλοσυμπιεστών με χαμηλό βαθμό αποδόσεως. Χρησιμοποιείται κυρίως σε τετράχρονα μηχανές. Στο σύστημα παλμικής ροής στενοί αγωγοί συνδέουν τις βαλβίδες εξαγωγής με το στρόβιλο. Η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών της βαλβίδας τη στιγμή που ανοίγει, δημιουργεί έναν παλμό εκτονώσεως, ο οποίος ταξιδεύει μέχρι το στρόβιλο εντός του στενού αγωγού με ηχητική

ταχύτητα, ανεξάρτητα από τη ταχύτητα ροής της μάζας των καυσαερίων. Ο παλμός μεταφέρει στο στρόβιλο μεγάλο ποσό ενέργειας στατικής πίεσης και μικρότερο ποσό κινητικής ενέργειας. Εκεί ένα μέρος της ενέργειας ανακλάται και ένα μέρος προκαλεί την περιστροφή του στρόβιλου.



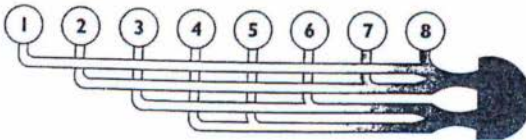
Διάγραμμα πίεσης καυσαερίων σε σύστημα παλμών

Γ) Σύστημα μετατροπής παλμών

Με τους μετατροπείς παλμών, γίνεται προσπάθεια συμβιβασμού των συστημάτων σταθερής πίεσης και παλμών, ώστε να διατηρηθεί η διαθέσιμη ενέργεια στην έξοδο του κινητήρα, αλλά ταυτόχρονα να επιτευχθούν και σταθερές συνθήκες ροής στην είσοδο του στρόβιλου.

Οι μετατροπείς παλμών (pulse converters) είναι ειδικά διαμορφωμένες συμβολές πολλαπλών σωληνώσεων, ώστε να συνδέονται πολλοί κύλινδροι στην ίδια είσοδο στροβίλου. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα στη χρήση του συστήματος αυτού είναι ότι περισσότεροι κύλινδροι τροφοδοτούν το στρόβιλο από ότι στην περίπτωση του συστήματος παλμών. Έτσι, η διατομή εισόδου του στροβίλου είναι μεγαλύτερη από τη διατομή αυλού του κάθε κυλίνδρου και έτσι μειώνεται η επίδραση των ανακλώμενων παλμών.

Οι μετατροπείς παλμών στην απλούστερη μορφή τους αποτελούνται από μια στένωση μέσω της οποίας η ροή επιταχύνεται, και σε συνέχεια έναν διαχύτη που γίνεται ανάκτηση της πίεσως. Με τη διάταξη αυτή μειώνεται η αστάθεια της ροής χωρίς να μειώνεται σημαντικά το ενεργειακό της περιεχόμενο και συγχρόνως μειώνεται η παρεμβολή παλμών στην απόπλυση. Μάλιστα σε ορισμένους τύπους τέτοιων εξαρτημάτων δημιουργείται στην κατάλληλη φάση μία υποπίεση ευνοϊκή για την απόπλυση.

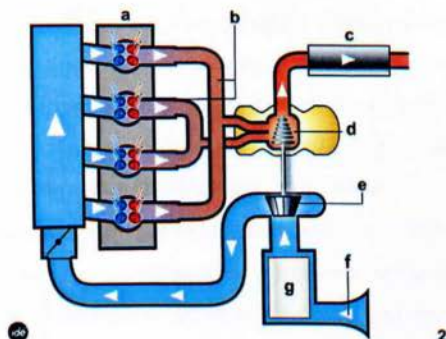


Σύστημα μετατροπεία παλμών σε 8 κύλινδρο κινητήρα

Στροβίλο-υπερπληρωτής διπλής ροής εισόδου (Twin entry-Twin scroll)

Το turbo διπλής ροής εισόδου, το «Twin Scroll», συνδυάζεται με δύο -αντί του ενός- αυλούς εξαγωγής των καυσαερίων που καταλήγουν στο μέρος που βρίσκεται ο στρόβιλος. Έτσι, τα καυσαέρια εξάγονται κατά μία έννοια, για τετρακύλινδρο, διαδοχικά από τους κυλίνδρους 1-4 και 2-3 ώστε να εξασφαλίζεται θεωρητικά αδιάκοπη κινητική ενέργεια. Η λειτουργία του Twin Scroll προϋποθέτει εξαιρετικά ακριβή ηλεκτρονικό έλεγχο από τον εγκέφαλο του κινητήρα που ελέγχει και το σύστημα άμεσου ψεκασμού. Εξακύλινδροι κινητήρες αντιστοιχίζονται εύκολα με διαιρεμένη πολλαπλής και στρόβιλο διπλής εισόδου, ενώ οι κινητήρες V8 μπορούν να εξοπλιστούν με έναν στροβίλο-υπερπληρωτή διπλής εισόδου (4 κύλινδροι σε κάθε εισαγωγή) ή 2 μικρότερους διπλής εισόδου με την πολλαπλή εισαγωγής διαιρεμένη σε ζευγάρια. Πρακτικά

είναι δύσκολο να συνδυαστεί στρόβιλος διπλής εισόδου με ένα σύστημα ελέγχου της βαλβίδας παράκαμψης καυσαερίων. Επιπλέον, οι θερμικές καταπονήσεις είναι πολύ υψηλές σε ένα διαιρεμένο περίβλημα, ως εκ τούτου οι περισσότεροι βενζινοκίνητοι κινητήρες με στροβιλο-υπερπληρωτή χρησιμοποιούν στροβίλους μονής εισόδου (single entry).



Τετρακύλινδρος κινητήρας με twin scroll turbo

4.4.3 Συστήματα ελέγχου πίεσης στροβιλο-υπερπληρωτή

Προκειμένου να αποδίδει ο στροβιλοσυμπιεστής και σε μεσαίες στροφές χωρίς ταυτόχρονα να αυξηθεί η πίεση σε επικίνδυνα επίπεδα στις υψηλές στροφές λειτουργίας του, χρησιμοποιούνται κάποια συστήματα ελέγχου της πίεσης.

A) Σύστημα παράκαμψης καυσαερίων, Wastegate

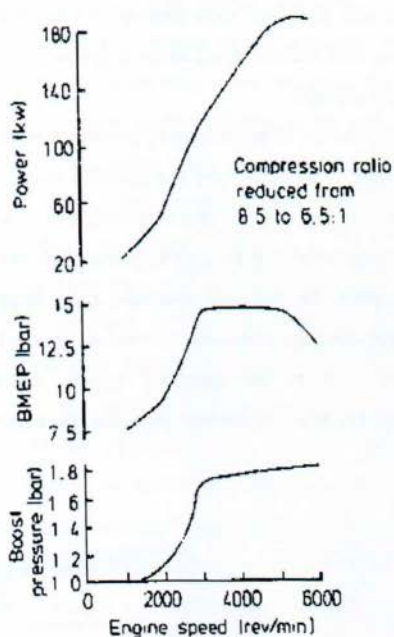
Το σύστημα παράκαμψης καυσαερίων αποτελεί την πιο απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη λύση στις εφαρμογές υπερπλήρωσης. Η χρήση της προϋποθέτει τη σύζευξη σε χαμηλή ταχύτητα περιστροφής κινητήρα. Αποτελείται από μια βαλβίδα η οποία ρυθμίζεται από ένα έμβολο που ενεργοποιείται από την πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής. Όταν η πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής αυξηθεί πέραν ενός συγκεκριμένου ορίου, η βαλβίδα ανοίγει μια διέξοδο προς την εξάτμιση, οπότε ένα μέρος των καυσαερίων διαφεύγει προς αυτή που επιτρέπει στα καυσαέρια να παρακάμψουν το στρόβιλο. Στη συνέχεια η πίεση υπερπλήρωσης

παραμένει σχεδόν σταθερή, επιτρέποντας έτσι τη λειτουργία στη μέγιστη ταχύτητα περιστροφής χωρίς να φθάσει ο συμπιεστής στην περιοχή της πάλμωσης, κάτι που δεν θα ήταν δυνατό χωρίς τη χρήση της βαλβίδας παράκαμψης καυσαερίων.

Υπάρχει η μηχανικά ρυθμιζόμενη βαλβίδα, η οποία εξαρτάται από την πίεση που επικρατεί στην πολλαπλή εισαγωγής και

Η ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη βαλβίδα στην οποία, Η πίεση του στροβίλοσυμπιεστή ρυθμίζεται ηλεκτρονικά λαμβάνοντας υπόψη πολλές παραμέτρους λειτουργίας του κινητήρα, όπως τη θέση της πεταλούδας γκαζιού, τυχόν σήμα αυταναφλέξεων (πειράκις), θερμοκρασία περιβάλλοντος και κινητήρα, στροφές κινητήρα, υψομετρικές διαφορές και την πίεση (μέσω ενός αισθητήρα) στην πολλαπλή εισαγωγής. Ο ηλεκτρονικός εγκέφαλος του συστήματος ενεργοποιεί την παροχή πίεσης στη βαλβίδα εκτόνωσης, μέσω μιας παλινδρομικής βαλβίδας που συνδέει την πολλαπλή εισαγωγής με τη βαλβίδα εκτόνωσης όποτε απαιτείται ενεργοποίηση της, ή με την πλευρά της αναρρόφησης αέρα, πριν από την τουρπίνα, όσο δεν χρειάζεται ρύθμιση.

Στιγμιαίο υπερπλήρωση (Overboost). Σε ορισμένες κατασκευές με ηλεκτρονική ρύθμιση, όταν πατηθεί το πεντάλ του γκαζιού μέχρι τέλους, ενεργοποιείται βραχυπρόθεσμα ένα σύστημα αύξησης της πίεσης. Η αύξηση επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση της παλινδρομικής βαλβίδας που κλείνει τη βαλβίδα εκτόνωσης, ώστε ολόκληρη η ποσότητα του καυσαερίου να διοχετευτεί στην τουρπίνα και να ανεβάσει για ελάχιστο χρόνο την πίεση. Με τον τρόπο αυτόν βελτιώνεται η επιτάχυνση του οχήματος.



Απόδοση της Porsche 911 Turbo (με έλεγχο της βαλβίδας παράκαμψης καυσαερίων)

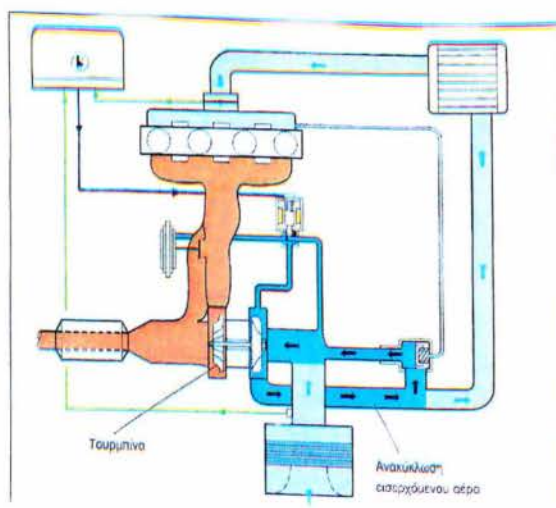


B) Βαλβίδα εκτόνωσης-ανακύκλωσης (Blow off Valve)

Κατά την επιβράδυνση του οχήματος με τον κινητήρα, δημιουργείται μπροστά από την κλειστή πεταλούδα γκαζιού μια υψηλή πίεση που προέρχεται από την συνέχιση της λειτουργίας του στροβίλο- συμπιεστή λόγω της αδρανείας περιστροφής του. Στη συνέχεια επιβραδύνεται

σημαντικά η περιστροφή του, έτσι ώστε όταν ξανανοίξει η πεταλούδα να εισχωρεί απότομα μία ποσότητα αέρα υπό πίεση, ενώ απαιτείται και κάποιος χρόνος για να επανέλθουν οι στρόφες της τουρμπίνας στα επιθυμητά επίπεδα.

Για να αποφευχθούν αυτές οι παρενέργειες, χρησιμοποιείται ένα σύστημα ανακύκλωσης του αέρα. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μία Βαλβίδα που είναι συνδεδεμένη με την πολλαπλή εισαγωγής. Όταν η πίεση υπερβεί ένα συγκεκριμένο μέγεθος, η Βαλβίδα ανοίγει και διοχετεύει την πίεση προς την ατμόσφαιρα. Σε σύγχρονους κινητήρες η Βαλβίδα ενεργοποιείται ηλεκτρομαγνητικά και η πίεση δεν αφήνεται ελεύθερη, αλλά διοχετεύεται προς την είσοδο του συμπιεστή, οπότε ο παρεχόμενος αέρας ανακυκλώνεται σε μεγάλο βαθμό. Με τον τρόπο αυτό, η τουρμπίνα συνεχίζει να κινείται με αμείωτες σχεδόν στρόφες και είναι έτοιμη να επαναλειτουργήσει χωρίς καθυστέρηση, αμέσως μόλις ανοίξει η πεταλούδα γκαζιού.



Λειτουργία βαλβίδας ανακύκλωσης

Γ) Στρόβιλος Μεταβλητής γεωμετρίας (Variable Geometry Turbo VGT)

Λόγω των διαφορών στα χαρακτηριστικά λειτουργίας κινητήρα- στροβιλουπερπληρωτή, ο ιδανικός στρόβιλος θα έπρεπε να έχει μικρή ενεργό διατομή σε χαμηλές ταχύτητες και μεγάλη σε μεγάλες ταχύτητες. Η βαλβίδα παράκαμψης το κατορθώνει αυτό αυξάνοντας την συνολική

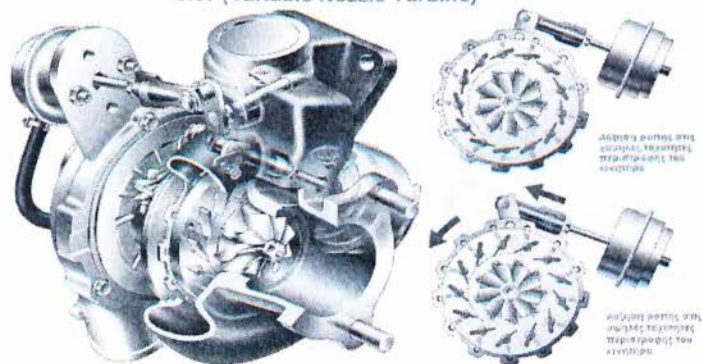
ενεργό διατομή στα καυσαέρια εξόδου στις υψηλές ταχύτητες. Αυτός ο τρόπος όμως συνεπάγεται απώλειες, αφού η διαθέσιμη ενέργεια των καυσαερίων που διέρχονται μέσω της βαλβίδας δεν αξιοποιείται. Μια πιο αποδοτική λύση θα ήταν ένα σύστημα μεταβλητής γεωμετρίας που θα μπορούσε να πραγματοποιήσει σύζευξη με τον κινητήρα σε κάθε περίπτωση λειτουργίας. Πιο αποδοτική είναι η μεταβολή της γεωμετρίας του στροβίλου, έτσι ώστε να μπορεί να αυξήσει την αποδιδόμενη ισχύ στροβίλου σε χαμηλά φορτία μηχανής και να αποτρέψει την υπερβολική υπερπλήρωση σε υψηλά φορτία.

Ο στρόβιλος μεταβλητής γεωμετρίας, που είναι γνωστός ως Variable Geometry Turbine (VGT) , έχει μικρά κινούμενα περύγια τα οποία μπορούν να κατευθύνουν τη ροή των καυσαερίων μεταβάλλοντας παράλληλα την ταχύτητα αυτών. Με τα κινούμενα αυτά περύγια επιτυγχάνεται δηλαδή μεταβολή της ενεργού διατομής του ακροφυσίου του στροβίλου. Η γωνία των πτερυγίων ποικίλει ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία του υπερπληρωτή, έχοντας ως άμεσο επακόλουθο την ελαχιστοποίηση του turbo lag, όπως είναι γνωστή η καθυστέρηση της απόκρισης του υπερπληρωτή.

Σε λειτουργία με μικρές ποσότητες καυσαερίου, τα περύγια εισαγωγής στον σρόβιλο αποκτούν μία τέτοια κλίση που στενεύει το διάυλο εισόδου των καυσαερίων. Τα αέρια αποκτούν έτσι μια σχετικά μεγάλη ταχύτητα ενώ ταυτόχρονα το ρεύμα του εισερχομένου αέρα κατευθύνεται προς την ακραία πλευρά των πτερυγίων, οπότε η ακτίνα επενέργειας μεγαλώνει (μεγαλύτερος βραχίονας ροπής). Οι στροφές του στροβίλου αυξάνονται, οπότε η πίεση του στροβίλου συμπίεστη και η ροπή του κινητήρα μεγαλώνουν.

Σε λειτουργία με μεγάλο όγκο καυσαερίων τα περύγια ανοίγουν, η διατομή εισόδου των αερίων στην τουρμπίνα μεγαλώνει, τα καυσαέρια καλύπτουν όλο το μήκος των περιστρεφόμενων πτερυγίων, ενώ η ταχύτητα τους ελαττώνεται. Σε αυτή τη ρύθμιση η τουρμπίνα μπορεί να λειτουργήσει με μεγάλες ποσότητες καυσαερίου, χωρίς να αυξηθεί η πίεση του στροβίλου συμπίεστη σε επικίνδυνα επίπεδα.

VNT (Variable Nozzle Turbine)



Σύστημα υπερτροφοδότησης μεταβλλόμενης γεωμετρίας από τετρακύλινδρο της Volvo

Στροβιλοσυμπίεστής μεταβλητής γεωμετρίας

Τα συστήματα VGT δεν βρήκαν ποτέ μεγάλη εφαρμογή στους βενζινοκινητήρες. Ακόμη και σήμερα δεν τα προτιμούν (εκτός από την Porsche στην 911 turbo 997) και επιλέγουν την λύση της διπλής υπερτροφοδότησης. Ο λόγος που δεν κατάφεραν τα VGT να γίνουν δημοφιλή στους βενζινοκινητήρες είναι κυρίως επειδή η θερμοκρασία των καυσαερίων αγγίζει τους 1.000 C (εν συγκρίσει με τους 700-800 C των diesel) με αποτέλεσμα να απαιτούνται ιδιαίτερα ανθεκτικά υλικά που να αντέχουν σε τόσο υψηλές θερμοκρασίας.

4.4.4 Υστέρηση στροβιλο-υπερπληρωτή

Το βασικό μειονέκτημα της στροβιλο-υπερπλήρωσης κατά τη μεταβατική λειτουργία εντοπίζεται στη μη-μηχανική σύνδεση του κινητήρα (στροφαλοφόρος άτρακτος) με το ζεύγος υπερπλήρωσης. Ως αποτέλεσμα αυτού, κατά την αύξηση των στροφών ή φορτίου του κινητήρα, το παραγόμενο από το στρόβιλο έργο πρέπει πρώτα να υπερνικήσει την αδράνεια του ζεύγους υπερπλήρωσης, ώστε στη συνέχεια να μπορέσει να επιταχύνει τον συμπίεστή, που με τη σειρά του θα τροφοδοτήσει τον κινητήρα με την αυξημένη παροχή αέρα που απαιτείται για να αντιμετωπιστεί το αυξημένο φορτίο ή για να επιτευχθεί η επιθυμητή αύξηση στροφών. Στην πράξη, η εντολή του οδηγού για αύξηση στροφών μέσω του πατήματος του πεντάλ του

«γκαζιού» σε κινητήρες αυτοκινήτων οδηγεί σε σχεδόν ακαριαία αύξηση της παροχής του εγχυόμενου καυσίμου στους κυλίνδρους. Όμως, ο συμπιεστής δε μπορεί να ανταποκριθεί εξίσου άμεσα και να τροφοδοτήσει τον κινητήρα με την αναλογικά απαιτούμενη αυξημένη ποσότητα αέρα, αφού ο στρόβιλος που τον κινεί δεν έχει προλάβει να αυξήσει το παραγόμενο έργο αποτόνωσης. Αυτό συμβαίνει γιατί:

- Πρέπει πρώτα να αυξηθούν οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες εντός του κυλίνδρου,
- Πρέπει να επιταχυνθεί το ρεύμα καυσαερίου στην πολλαπλή εξαγωγής,
- Χάνονται πολύτιμα ποσά θερμότητας προς τα πιο ψυχρά τοιχώματα του κυλίνδρου και της πολλαπλής εξαγωγής,
- Πρέπει να επιταχυνθεί ο κινηματικός μηχανισμός του κινητήρα (έμβολα, διωστήρες, στρόφαλα), και κυρίως,
- Το ποσό ενέργειας που είναι τελικά διαθέσιμο για αποτόνωση στο στρόβιλο πρέπει να υπερνικήσει την αδράνεια του ζεύγους υπερπλήρωσης, η οποία συνήθως είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Μετά την πάροδο μερικών δευτερολέπτων, οπότε και έχει επιταχυνθεί το ζεύγος υπερπλήρωσης, μπορεί ο συμπιεστής, κινούμενος πλέον σε αρκετά υψηλότερες στροφές, να παρέχει την επιπλέον ποσότητα αέρα στον κύλινδρο, οπότε και ο λόγος ισοδυναμίας αέρα-καυσίμου επανέρχεται σε φυσιολογικά επίπεδα.

Το παραπάνω φαινόμενο είναι γνωστό με τον όρο υστέρηση του υπερπληρωτή (turbocharger lag) και απαντάται τόσο σε κινητήρες πετρελαίου όσο και βενζίνης. Η υστέρηση του υπερπληρωτή είναι τόσο εντονότερη όσο μεγαλώνει η μέση πραγματική πίεση του κινητήρα, και άρα το μέγιστο δυνατό επιβαλλόμενο φορτίο σε αυτόν, και όσο χαμηλότερο είναι το αρχικό σημείο λειτουργίας.

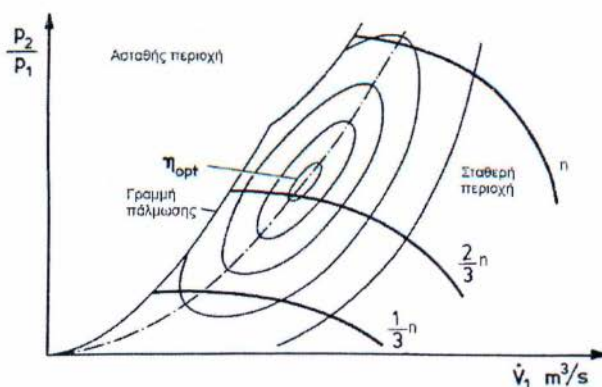
4.4.5 Χάρτης συμπιεστή στροβιλο-υπερπλήρωσης

Στον χάρτη αυτόν διακρίνονται δύο περιοχές, μία ευσταθούς και μία ασταθούς λειτουργίας, που διαχωρίζονται από τη γραμμή πάλμωσης. Επίσης διακρίνεται η περιοχή στραγγαλισμού της ροής, στη δεξιά πλευρά του χάρτη, όπου οι καμπύλες σταθερών στροφών γίνονται σχεδόν κάθετες και η ροή διηχητική. Οι καμπύλες σταθερής ταχύτητας περιστροφής είναι σχεδόν οριζόντιες κοντά στην γραμμή πάλμωσης, ενώ πέφτουν απότομα καθώς

απομακρύνονται από αυτήν. Οι καμπύλες σταθερού βαθμού απόδοσης ομαδοποιούνται κατά μήκος μίας καμπύλης στραγγαλισμού της ροής, ελάχιστα δεξιά της γραμμής πάλμωσης.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του χάρτη λειτουργίας ενός συμπιεστή δυναμικής ροής μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Οι καμπύλες σταθερής ταχύτητας περιστροφής έχουν μεταβλητή κλίση. Για ακτινικούς συμπιεστές, είναι πρακτικά οριζόντιες κοντά στη γραμμή πάλμωσης και πέφτουν απότομα με την απομάκρυνσή τους από αυτήν.
- Ο λόγος πιέσεων σχετίζεται με την ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή· συγκεκριμένα, υψηλός λόγος πιέσεων (άρα και μεγάλη μέση πραγματική πίεση του κινητήρα) μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε υψηλές ταχύτητες περιστροφής του συμπιεστή.
- Υπάρχει μια περιοχή ασταθούς λειτουργίας, αριστερά της γραμμής πάλμωσης, εντός της οποίας είναι πρακτικά αδύνατη η λειτουργία του συμπιεστή. Ως εκ τούτου, είναι αδύνατον να επιτευχθεί υψηλός λόγος πιέσεων με μικρή παροχή.

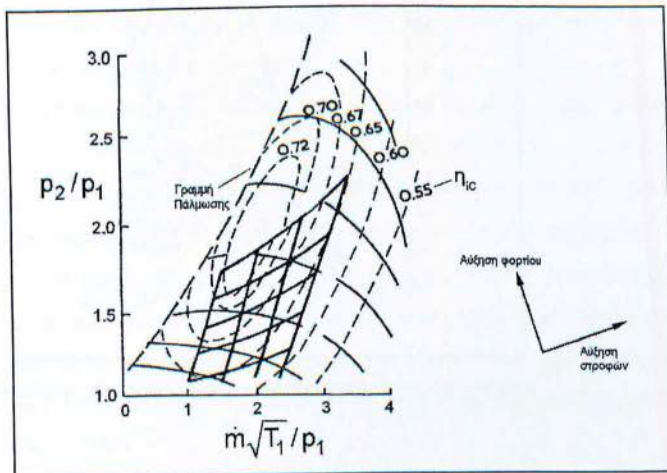


Χάρτης λειτουργίας ακτινικού συμπιεστή δυναμικής ροής

4.4.6 Επιλογή στροβίλο-υπερπληρωτή σε σχέση με τον κινητήρα

Για την σωστή επιλογή κινητήρα - στροβίλου-υπερπληρωτή απαιτείται κατά πρώτον ο υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής αέρα. Ο συμπιεστής επιλέγεται ανάλογα με το εύρος στροφών - φορτίου του κινητήρα. Θα πρέπει κατά τη λειτουργία του συστήματος να επιτυγχάνεται ικανοποιητικός ισεντροπικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή και απράλληλα να έχουμε ασφαλές περιθώριο από τη γραμμή πάλμωσης. Στη συνέχεια, επιλέγεται και ο στρόβιλος, ο οποίος ρυθμίζεται μεταβάλλοντας τη γωνία πρόσπτωσης της ροής στο ακροφύσιο. Η ισχύς του στροβίλου καθορίζεται από την ενεργό επιφάνεια προσβολής του καυσαερίου, και με αυτόν τον τρόπο ρυθμίζεται άμεσα και πίεση του συμπιεστή.

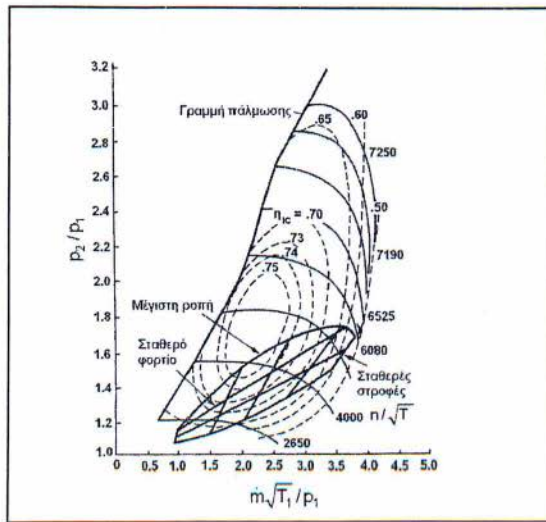
Η επιλογή του χάρτη του συμπιεστή (και όχι του στροβίλου) για τον προσδιορισμό του σημείου λειτουργίας γίνεται διότι ο στρόβιλος λειτουργεί με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης σε μεγαλύτερο εύρος παροχών, οπότε δεν αποτελεί το "αδύναμο σημείο" του στροβίλο-υπερπληρωτή, σε αντίθεση με το συμπιεστή. Επιπλέον, κατά τη λειτουργία με σύστημα παλμών (μεταβλητής) πίεσης - συνήθως περίπτωση σε οχήματα - δεν είναι σαφές ποια τιμή της πίεσης θα χρησιμοποιήσουμε στον αντίστοιχο χάρτη.



Καμπύλες λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα σε χάρτη συμπιεστή

Η επιλογή στροβίλο-υπερπληρωτή δεν ενδεικνύεται να γίνει (τουλάχιστον στα οχήματα) βάσει σημείου λειτουργίας που αναφέρεται σε μέγιστη ισχύ. Αν συμβεί αυτό, τότε ο βαθμός απόδοσης του συστήματος σε χαμηλά φορτία είναι ιδιαίτερα χαμηλός και η απόκρισή του καθίσταται προβληματική. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται εν μέρει με τη χρήση στροβίλου μεταβλητής διατομής (μειώνοντας την ενεργή επιφάνεια του στροβίλου με την πτώση του φορτίου έχουμε αυξημένες πιέσεις υπερπλήρωσης). Επιπλέον, το ταίριασμα σε σημεία λειτουργίας χαμηλού φορτίου είναι επιθυμητό για κίνηση οχήματος εντός πόλης όπου απαιτούνται αποθέματα ροπής και όσο το δυνατόν λιγότερες αλλαγές σχέσης στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται περίπτωση ατυχούς συνδυασμού τετράχρονου κινητήρα - συμπίεστή. Παρατηρούμε ότι το πεδίο λειτουργίας του κινητήρα αντιστοιχεί ως επί το πλείστον σε χαμηλούς βαθμούς απόδοσης του συμπίεστή.



Ακατάλληλος συνδυασμός στροβίλο-υπερπλήρωτη και τετράχρονου κινητήρα

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί στρόβιλος μεταβλητής επιφάνειας είναι δυνατόν να έχουμε μεγάλες πιέσεις σε υψηλά φορτία και κατά συνέπεια υπέρμετρη αύξηση των στροφών

του υπερπληρωτή. Αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση βαλβίδας παράκαμψης καυσαερίου (waste-gate valve).

Γενικότερα πάντως η επιλογή του κατάλληλου σημείου λειτουργίας σε χαμηλές στροφές αποτελεί περίπλοκο ζήτημα, καθώς στην προσπάθεια να παράγουμε υψηλή ροπή δυσκολευόμαστε να επιτύχουμε κατάλληλο λόγο αέρα - καυσίμου προς αποφυγήν εκπομπών αιθάλης.

Χρήση δύο στροβίλο-υπερπληρωτών σε έναν κινητήρα

Σε ορισμένες εφαρμογές τοποθετούνται δύο στροβίλοσυμπιεστές, ανάλογα με τις ανάγκες λειτουργίας του κινητήρα και τα χαρακτηριστικά του η διάταξη λειτουργίας των turbo μπορεί να είναι:

A) Παράλληλη διάταξη, όπου δύο όμοιοι στροβίλοσυμπιεστές λειτουργούν ταυτόχρονα, και ο κάθε υπερπληρωτής δέχεται τα καυσαέρια από τους μισούς σε αριθμό κυλίνδρους από το συνολικό αριθμό. Στους κινητήρες τύπου V οι υπερπληρωτές τοποθετούνται ένας από κάθε πλευρά. Στην παράλληλη διάταξη χρησιμοποιούνται συνήθως δύο turbo μικρότερης διάστασης από την περίπτωση χρήσης ενός μόνο turbo, έχοντας έτσι πιο άμεση απόκριση και ομαλότερη λειτουργία του κινητήρα.

B) Σειριακή διάταξη, όπου χρησιμοποιείται ένα μικρό turbo το οποίο τροφοδοτεί τον κινητήρα με συμπιεσμένο αέρα στις χαμηλές στροφές λειτουργίας, και ένα μεγαλύτερο turbo το οποίο λειτουργεί σε υψηλότερες στροφές. Στις χαμηλές στροφές τα καυσαέρια τροφοδοτούν μόνο το turbo μικρής παροχής, όταν οι στροφές του κινητήρα ανέβουν σε επίπεδο, που η παροχή αέρα του μικρού turbo πλέον δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του κινητήρα, τότε τα καυσαέρια οδηγούνται στο μεγαλύτερο turbo και με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η παροχή του αέρα στον κινητήρα. Με αυτήν την διάταξη έχουμε την μέγιστη δυνατή απόδοση λόγω της ύπαρξης του μεγάλου turbo, χωρίς την ύπαρξη μεγάλης υστέρησης στις χαμηλές στροφές λόγω της ύπαρξης του μικρού turbo.

Γ) Σύνθετη διάταξη, όπου χρησιμοποιούνται δύο turbo ίσης ή όχι παροχής και λειτουργούν ως εξής: το πρώτο turbo συμπιέζει τον αέρα μέχρι το σημείο που έχει δυνατότητα, μετά ο ήδη συμπιεσμένος αέρας κατευθύνεται στο δεύτερο turbo, το οποίο συμπιέζει

περαιτέρω το αέρα και μετά τον στέλνει στους κυλίνδρους. Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται όταν ο κινητήρας χρειάζεται αέρα με υψηλή πίεση συμπίεση που για να παρεχόταν από ένα turbo, θα έπρεπε να είχε πολύ μεγάλο μέγεθος με μεγάλα προβλήματα υστέρησης.

4.5 Συνδυασμένη υπερπλήρωση

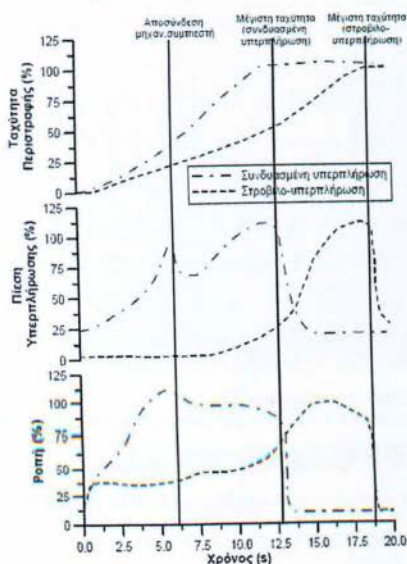
Με τον όρο συνδυασμένη υπερπλήρωση, αναφερόμαστε στο σύστημα υπερπλήρωσης κατά το οποίο ένας συμπιεστής θετικής εκτόπισης κινούμενος από την στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα είναι συνδεδεμένος σε σειρά με ένα ζεύγος στροβίλο-υπερπλήρωσης. Πρόκειται δηλαδή για ένα συνδυασμό μηχανικής υπερπλήρωσης και στροβίλο-υπερπλήρωσης. Οι δύο συμπιεστές τροφοδοτούν τον κινητήρα με υψηλότερης πίεσης αέρα υπερπλήρωσης, έχοντας τη δυνατότητα να επιτύχουν υψηλότερες μέσες πραγματικές πιέσεις και μεγαλύτερη συγκέντρωση ισχύος (αν και το βασικό ζητούμενο έγκειται στη βελτίωση της μεταβατικής λειτουργίας του κινητήρα/οχήματος).

Το σύστημα συνδυασμένης υπερπλήρωσης επιδιώκει να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα της μηχανικής υπερπλήρωσης με αυτά της στροβίλο-υπερπλήρωσης σε μία διάταξη: Ένας συμπιεστής θετικής εκτόπισης, συνήθως λοβοειδής (Roots blower) ή κοχλιοειδής (Lysholm), είναι απευθείας συνδεδεμένος με την στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα μέσω ενός κιβωτίου σταθερής σχέσης μετάδοσης κι ενός ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη και τροφοδοτεί έναν συμπιεστή στροβίλο-υπερπλήρωσης δυναμικής (ακτινικής) ροής.

Η χρήση ενός συστήματος συνδυασμένης υπερπλήρωσης μπορεί να αποτελέσει μια αρκετά αποδοτική λύση στο πρόβλημα της μεταβατικής λειτουργίας (β), ιδιαίτερα όσον αφορά τους κινητήρες οχημάτων, οι οποίοι καλούνται να λειτουργήσουν σε ένα ευρύ πεδίο στροφών/φορτίων και υπό συχνές συνθήκες επιτάχυνσης. Εντοπίζονται δύο σημεία στα οποία το εν λόγω σύστημα βελτιώνει την απόκριση του κινητήρα κατά την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής ή του φορτίου. Ειδικότερα:

- 1) Η ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή σχετίζεται άμεσα με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, εξαιτίας της μηχανικής σύνδεσής του με την στροφαλοφόρο άτρακτο, και

2) Υψηλή πίεση υπερπλήρωσης μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και σε χαμηλές στροφές (του κινητήρα) και παροχές αέρα χάρη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συμπιεστών θετικής εκτόπισης



Σύγκριση επιτάχυνσης κινητήρα με στροβίλο-υπερπλήρωση και συνδυασμένη υπερπλήρωση

Προφανώς, ο κινητήρας επωφελείται από αυτή τη διάταξη και σε συνθήκες σταθερής λειτουργίας, με την παροχή αέρα να είναι υψηλότερη από αυτή της απλής στροβίλο-υπερπλήρωσης, καθώς οι δύο λόγοι πίεσης πολλαπλασιάζονται λόγω της εν-σειρά διάταξης. Σε χαμηλές στροφές και φορτία, όπου η ενέργεια των καυσαερίων δεν επαρκεί ώστε να επιταχύνει τον στροβίλο-συμπίεστη, είναι ενεργός ο μηχανικός συμπίεστης. Παρόμοια, σε περίπτωση επιτάχυνσης από χαμηλές ή μέσες στροφές, ο μηχανικός συμπίεστης βοηθάει στην πιο άμεση απόκριση του κινητήρα καθώς ακολουθεί πιστά την επιτάχυνση του δεύτερου. Με τον τρόπο αυτό, τα μη-ευνοϊκά χαρακτηριστικά ροής του στροβίλο-υπερπληρωτή στις χαμηλές και μέσες στροφές που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, βελτιώνονται σημαντικά, αφού ο μηχανικός συμπίεστης παρέχει πίεση υπερπλήρωσης ανεξάρτητα του φορτίου του κινητήρα. Ακόμα, από τη στιγμή που οι λόγοι πίεσης των δύο συμπιεστών πολλαπλασιάζονται, είναι δυνατή η χρήση μικρότερου στροβίλο-υπερπληρωτή, με προφανές όφελος από τη μειωμένη

αδράνεια (και επομένως την ταχύτερη απόκριση) του ζεύγους στροβίλο- υπερπλήρωσης. Σε περιπτώσεις σταθερής λειτουργίας σε μέσες και υψηλές στροφές ή μεταβατικής λειτουργίας σε υψηλές στροφές, η παροχή του αέρα παρακάμπτει τον μηχανικό συμπιεστή, ο οποίος έχει απεμπλακεί από την στροφαλοφόρο άτρακτο, και ο στροβίλο-υπερπληρωτής είναι το μόνο μέσο υπερπλήρωσης.

Τα πιο σοβαρά μειονεκτήματα της συνδυασμένης υπερπλήρωσης είναι η μηχανική σύνδεση μεταξύ του συμπιεστή θετικής εκτόπισης και του κινητήρα που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ωφέλιμης ισχύος του κινητήρα άρα και του βαθμού απόδοσής του, καθώς και η ανάγκη για ένα περίπλοκο σύστημα ελέγχου που να συνυπολογίζει διάφορες μεταβλητές του κινητήρα και των υπερπληρωτών (όπως στροφές και φορτίο του κινητήρα, ταχύτητα του οχήματος, πίεση υπερπλήρωσης, κ.α.).

Συνοψίζοντας, τα πλεονεκτήματα της συνδυασμένης υπερπλήρωσης

είναι:

• Αρκετά ομαλή καμπύλη ροπής με σημαντική αύξηση της ροπής του κινητήρα στο πεδίο των χαμηλών στροφών σε σύγκριση με την απλή στροβίλο-υπερπλήρωση, που οδηγεί σε

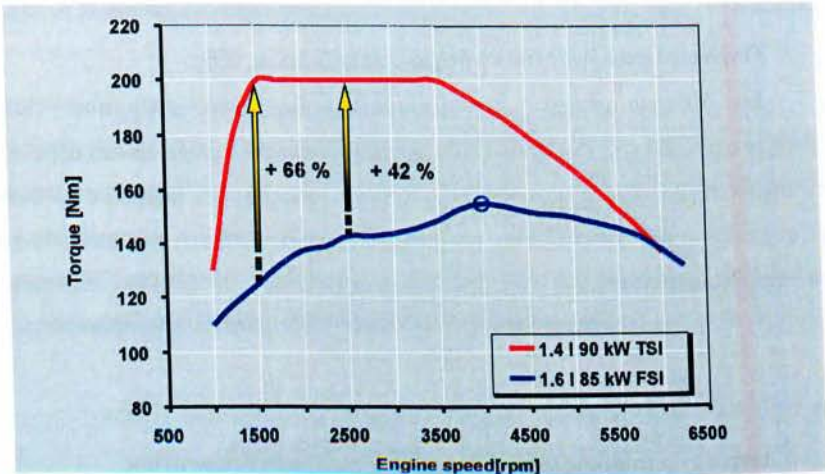
- Μικρότερο εύρος εφαρμογής του περιοριστή καυσίμου (fuel limiter), και
- Κύρια χρήση του στροβίλο-υπερπληρωτή στο πεδίο των μέσων και υψηλών

στροφών του κινητήρα, όπου τα χαρακτηριστικά του ταιριάζουν καλύτερα με τις απαιτήσεις ενός εμβολοφόρου κινητήρα.

4.5.1 Εφαρμογές συνδυασμένης υπερπλήρωσης

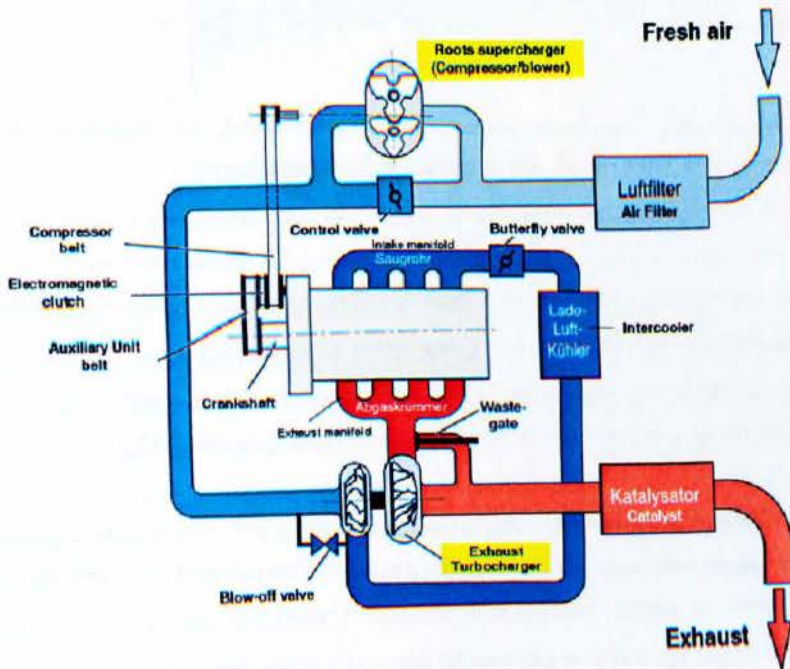
Η αγωνιστική Lancia Delta S4 τα οποία ήταν το πρώτο αυτοκίνητο στα οποία συνυπήρχαν μηχανικός υπερσυμπιεστής (kompressor) και στροβίλοσυμπιεστής εξάτμισης (turbo). Τα τελευταία χρόνια ο όμιλος Volkswagen έχει αναπτύξει μια σειρά κινητήρων TSI με σύστημα συνδυασμένης υπερπλήρωσης

Τα αρχικά TSI σημαίνουν Twin Supercharging Injection. Έχει ονομαστεί έτσι προκειμένου να υποδείξει τη διπλή υπερπλήρωση στον συγκεκριμένο κινητήρα καθώς και τον άμεσο ψεκασμό καυσίμου κατευθείαν στο θάλαμο καύσης. Ο πρώτος βενζινοκινητήρας με διπλή υπερπλήρωση και άμεσο ψεκασμό έχει σαν ύριο χαρακτηριστικό του την χαμηλή κατανάλωση (7,2lt/100km) σε συνδυασμό με υψηλές επιδόσεις (Ροπή στρέψης 240Nm και Ισχύ 170PS).



Σύγκριση ροπής κινητήρα 1.4 TSI με ατμοσφαιρικό κινητήρα 1.6 FSI

Air Flow in the VW Twincharged TSI



Σχηματική διάταξη λειτουργίας κινητήρα TSI

Ο τρόπος λειτουργίας του κινητήρα συνοψίζεται ως εξής:

Στο σύστημα υπάρχει ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο ρυθμιστικό κλαπέτο(Control Valve),το οποίο ελέγχει την είσοδο του αναρροφούμενου ατμοσφαιρικού αέρα στον μηχανικό υπερσυμπιεστή.Αναλόγως τις συνθήκες λειτουργίας ο αέρας είτε περνάει στην είσοδο του Roots και συμπιέζεται,είτε παρακάμπει τον μηχανικό υπερσυμπιεστή και κατευθύνεται απευθείας στον στροβίλοσυμπιεστή.

Λειτουργία φυσικής αναπνοής σε συνθήκες χαμηλού φορτίου

Το κλαπέτο είναι σε τελείως ανοικτή θέση,οριζόντια.Ο αέρας προσπερνάει τον μηχανικό συμπιεστή και κατευθύνεται στο στροβίλοσυμπιεστή.Ο στροβίλοσυμπιεστής ήδη περιστρέφεται από τα καυσάερια του κινητήρα,αλλά οι στροφές του είναι πολύ χαμηλές και παράγει πολύ μικρή υπερπίεση.

Συνδυασμένη λειτουργία μηχανικού υπερσυμπιεστή και στροβίλοσυμπιεστή σε υψηλότερα φορτία και στροφές λειτουργίας έως 2.400στρ/λεπτό

Σε αυτό το φάσμα λειτουργίας,το κλαπέτο είναι είτε κλειστό,είτε μερικώς ανοιχτό για να ρυθμίζει την πίεση υπερπίεσης.Ο μηχανικός συμπιεστής ενεργοποιείται από έναν μαγνητικό συμπλέκτη και παίρνει κίνηση μέσω ιμάντα από την τροχαλία του στροφαλοφόρου άξονα.Ο μηχανικός συμπιεστής αναρροφά τον εισερχόμενο ατμοσφαιρικό αέρα και τον συμπιέζει.Ο συμπιεσμένος αέρας κατευθύνεται στον στροβίλοσυμπιεστή,ο οποίος συμπιέζει ακόμα περισσότερο τον ήδη συμπιεσμένο αέρα σε μια πίεση της τάξεως έως 2,5 bar.

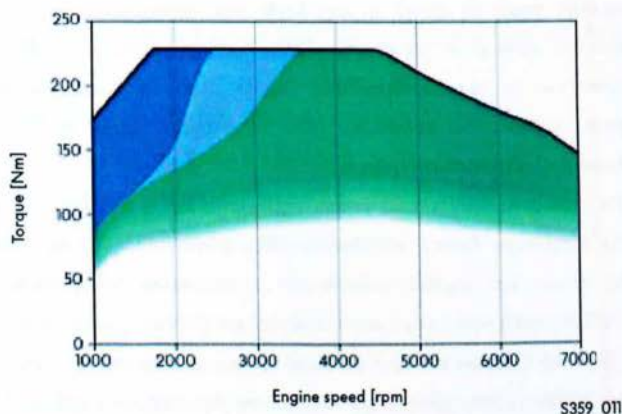
Συνδυασμένη λειτουργία μηχανικού υπερσυμπιεστή και στροβίλοσυμπιεστή σε υψηλότερα φορτία και στροφές λειτουργίας μεταξύ 2.400στρ/λεπτό και 3.500 στρ/λεπτό

Σε αυτό το φάσμα λειτουργίας,η υπερπίεση παράγεται από τον στροβίλοσυμπιεστή μόνο.Εάν το όχημα χρειαστεί να επιταχυνθεί άμεσα,ο στροβίλοσυμπιεστής δεν θα μπορούσε να ανταποκριθεί γρήγορα λόγω υστέρησης.Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο,η ηλεκτρονική μονάδα

ενεργοποιεί στιγμιαία τον μηχανικό συμπιεστή και ρυθμίζει το κλαπέτο ανάλογα με τις ανάγκες υπερπίεσης, ώστε να βοηθήσει τον στροβιλοσυμπιεστή να παράγει την απαιτούμενη υπερπίεση.

Λειτουργία μόνο του στροβιλοσυμπιεστή

Για στροφές λειτουργίας του κινητήρα από 3.500 στρ/λεπτό, ο στροβιλοσυμπιεστής μπορεί να παράγει την απαιτούμενη υπερπίεση από μόνος του για κάθε φορτίο. Το κλαπέτο είναι σε τελείως ανοιχτή θέση και ο εισερχόμενος ατμοσφαιρικός αέρας κατευθύνεται απευθείας στον στροβιλοσυμπιεστή. Η ενέργεια των καυσαερίων είναι επαρκής για τον στροβιλοσυμπιεστή για οποιαδήποτε συνθήκη φορτίου. Η πίση υπερπλήρωσης είναι έως 2.0 bar.



Στο παραπάνω διάγραμμα ο οριζόντιος άξονας είναι οι στροφές λειτουργίας του κινητήρα και ο κάθετος άξονας είναι η ροπή. Η πρώτη (μπλε) περιοχή είναι αυτή στη οποία ο μηχανικός συμπιεστής λειτουργεί μόνος του και ο στροβιλοσυμπιεστής βρίσκεται ακόμα σε αδράνεια. Η δεύτερη (γαλάζια) περιοχή είναι αυτή στην οποία υπάρχει συνδυασμένη υπερπλήρωση, και η τελευταία (πράσινη) περιοχή είναι αυτή στην οποία ο στροβιλοσυμπιεστής λειτουργεί μόνος του.

Ανακεφαλαίωση

Με την ιστορική αναδρομή και επισκόπηση των συστημάτων που περιγράψαν στα κεφάλαια της εργασίας,οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια διαρκής μελέτη και προσπάθεια εξέλιξης τόσο στους κινητήρες Otto,όσο και στα συστήματα που έχουν πρωταρχικό ρόλο στην λειτουργία των κινητήρων. Από τα πρώιμα μηχανικά συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου,η εξέλιξη έχει οδηγήσει στην εφαρμογή πλήρως ηλεκτρονικά ελεγχόμενων συστημάτων έγχυσης καυσίμου.Από των μηχανικό έλεγχο των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής,στην σημερινή εποχή η τεχνολογία και τεχνογνωσία έχει φέρει σε εφαρμογή συστήματα στα οποία πλέον δεν υπάρχει ο εκκεντροφόρος άξονας,και ο έλεγχος των βαλβίδων πραγματοποιείται με ηλεκτρουδραυλικές βαλβίδες.Από τα συστήματα φυσικής αναπνοής αέρα,έχουμε περάσει σε πολύπλοκα και τεχνολογικά άρτια συνδυασμένα συστήματα υπερπλήρωσης,ηλεκτρονικά ελεγχόμενα.

Το ζητούμενο ήταν και θα είναι,η δημιουργία και η εξέλιξη κινητήρων οι οποίοι θα έχουν την υψηλότερη δυνατή απόδοση,θα είναι φιλικόι προς το περιβάλλον,με μειωμένες εκπομπές ρύπων και χαμηλή κατανάλωση καυσίμου,και τέλος ομαλή λειτουργία και αξιοπιστία.Η σταδιακή εξέλιξη έχει φέρει τεράστια πρόοδο στους τομείς αυτούς.

Όλη αυτή η πορεία εξέλιξης που αναλύθηκε στα κεφάλαια της εργασίας δείχνει ότι τα περιθώρια βελτίωσης και εξέλιξης των «παραδοσιακών» βενζινοκινητήρων,όχι μόνο δεν έχουν εξαντληθεί,άλλα με βάση τις συνεχόμενες τεχνολογικές καινοτομίες και τους συνδυασμούς των ήδη παρχουσών τεχνολογιών,από τις μεγάλες κατασκευάστριες εταιρείες ,η εποχή αυτή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μια από τις καλύτερες και σημαντικότερες στην πορεία των κινητήρων Otto έως σήμερα.

Βιβλιογραφία

- Κινητήριες μηχανές Τόμος Β , Ίδρυμα Ευγενίδου
- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ΙΙ ,Καραπάνος Χ.,Κοτσιλιέρης Α.,Κουντουράς Λ.
- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Μαυρίδης Κ.
- Τεχνολογία αυτοκινήτου , Max Bohner
- Ηλεκτρομηχανικά & Ηλεκτρονικά Συστήματα Αυτοκινήτου .Ιωάννου Χ.,Μανιάς ,Μαραμπέας Π.
- Συστήματα Ελέγχου & Αυτοματισμών Αυτοκινήτου, Ιωαννίδου Μ., Μάρης Θ. , Μπαργιώτας Δ.
- Νέα τεχνολογία αυτοκινήτου injection καταλύτες ,Δότσιος Ν.
- Bosch Fuel Injection Systems ,Forbes Aird
- Πέρα από το 2000 , Αθήνα ΙΔΕΕΑ ΕΠΕ
- Σεμινάριο μεταβλητού χρονισμού , Καραμπάσης
- Fundamentals of Turbocharging , Nicholas Baines
- Turbocharging the internal combustion engine ,Watson N. , Janota MS
- Εναλλαγή αερίων και υπερπλήρωση MEK , Ρακόπουλος Κ.Δ ,Γιακουμής Ε.Γ
- Καύση ρύπανση εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης . Ρακόπουλος Κ.Δ ,Χουντάλας Δ.Θ
- Gas Turbine Engineering Handbook, Second Edition
- Self Study Programme 359 , TSI Engine and Dual-charging
- E-learn self study program ALFA ROMEO
- Διαδικτυακός τόπος SAE.org
- Διαδικτυακός τόπος Wikipedia
- Διαδικτυακός τόπος ABB.com
- Διαδικτυακός τόπος howstuffworks.com
- Διαδικτυακός τόπος Autozine.org