

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΓΧΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

**ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ**



**ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΠΕΝΤΖΩΝΗΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Συστήματα άμεσης έγχυσης καυσίμου βενζινοκινητήρων ( F.S.I. )

Περίληψη θέματος :

- 1 Σύσταση και προσαρμογή μίγματος στους βενζινοκινητήρες, συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.
- 2 Αναφορά στον εξαερωτήρα, ( καρμπυρατέρ ) πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα και λόγοι που μας οδήγησαν στα σύγχρονα συστήματα έγχυσης
- 3 Κατάταξη συστημάτων έγχυσης :
  - Μηχανικά συστήματα έγχυσης K-JETRONIC, KE-JETRONIC.
  - MONO-JETRONIC.
  - L-JETRONIC, LE-JETRONIC.
  - MOTRONIC
- 4 Αναφορά στο τρόπο λειτουργίας κάθε συστήματος, πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα.
- 5 Ανάλυση και επεξήγηση στο τρόπο λειτουργίας, βενζινοκινητήρων αμέσου ψεκασμού. (F.S.I.) Φάσεις λειτουργίας
- 6 Αισθητήρες λειτουργίας κινητήρα, υλικά κατασκευής και διαφορές από τους κινητήρες εμέσου ψεκασμού.
- 7 Τελευταίες εξελίξεις – συμπεράσματα και προβλέψεις για την εξέλιξη στο μέλλον, πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα σε σχέση με τα συστήματα εμέσου ψεκασμού
- 8 Εποπτικά μέσα συστημάτων αμέσου ψεκασμού.



3.6 V6 FSI

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΘΕΜΑ .....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΣΚΟΠΟΣ.....	13

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕΚ .....	14
1.2 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΟΤΤΟ .....	19
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	19
1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ.....	21

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ,  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.

2.1 ΒΕΝΖΙΝΗ .....	23
2.2 ΑΠΟΣΤΑΣΗ.....	23
2.3 ΤΑΣΗ ΑΤΜΩΝ .....	24
2.4 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ .....	25
2.5 ΣΥΣΤΑΣΗ.....	25
2.6 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ.....	26
2.7 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΘΕΙΟ .....	27
2.8 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ – ΟΞΕΙΔΩΣΗ .....	27
2.9 ΚΟΜΜΙΩΔΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ .....	27
2.10 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΟΞΕΙΔΩΣΗ .....	28
2.11 ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	28
2.12 ΚΤΥΠΗΜΑ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΚΤΑΝΙΟΥ.....	29
2.13 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΚΤΥΠΗΜΑ.....	30
2.14 ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΚΤΑΝΙΟΥ.....	33

2.15	ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	36
2.16	ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	38
2.17	ΈΝΑΥΣΗ.....	40
2.18	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ - ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΛΟΓΟΥ Λ.....	43

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ – ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΟΔΗΓΟΥΝ ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΈΓΧΥΣΗΣ

3.1	ΤΙ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑΣ (ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ) ΚΑΙ ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ .....	45
3.2	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ .....	47
3.2.1	ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΡΕΛΑΝΤΙ ΣΤΟΝ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ.....	48
3.2.2	ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ.....	49
3.2.3	Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΣΤΟΝ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ .....	49
3.2.4	ΑΝΤΛΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ .....	50
3.2.5	Η ΈΜΦΡΑΞΗ ΣΤΟΝ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ.....	51
3.2.6	ΠΛΩΤΗΡΕΣ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΩΝ .....	52
3.3.1	ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΈΓΧΥΣΗΣ.....	54
3.3.2	ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΈΓΧΥΣΗΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ .....	54
3.3.3	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ.....	57

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΈΓΧΥΣΗΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΖΟΝΤΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ

4	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΈΓΧΥΣΗΣ.....	59
4.1	ΣΥΣΤΗΜΑ Κ-JETRONIC .....	60
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ Κ-JETRONIC.....	62
4.1.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	62
4.1.3	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	62
4.1.4	ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	63
4.1.5	ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	64
4.1.6	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	64
4.1.7	ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ (ΜΠΕΚ) .....	65

4.1.8	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	65
4.1.9	ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	66
4.1.10	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	66
4.1.11	ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	67
4.1.12	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	68
4.1.13	ΨΥΧΡΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ – ΜΠΕΚ ΨΥΧΡΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ .....	68
4.1.14	ΘΕΡΜΟΧΡΟΝΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ .....	69
4.1.15	ΖΕΣΤΑΜΑ .....	70
4.1.16	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ) .....	70
4.1.17	ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ .....	71
4.1.18	ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΟΥ .....	71
4.1.19	ΤΣΟΚ ΑΕΡΑ .....	72
4.1.20	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ .....	72
4.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΧΥΣΗΣ ΚΕ - JETRONIC .....	73
4.2.1	Ανάλυση των υποσυστημάτων του ΚΕ-JETRONIC .....	76
4.2.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	76
4.2.3	ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ .....	77
4.2.4	ΗΛΕΚΤΡΟΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΗΣ .....	77
4.2.5	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ) .....	78
4.2.6	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΡΥΟ .....	78
4.2.7	ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ .....	79
4.2.8	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ .....	79
4.2.9	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ .....	80
4.2.10	ΡΕΛΑΝΤΙ.....	80
4.3	ΣΥΣΤΗΜΑ L – JETRONIC / LE-JETRONIC .....	81
4.3.1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	84
4.3.2	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	85
4.3.3	ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	85
4.3.4	ΣΩΛΗΝΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ - ΔΙΑΚΛΑΔΩΤΗΡΑΣ .....	86
4.3.5	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	86
4.3.6	ΜΠΕΚ .....	86

4.3.7	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	87
4.3.8	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....	87
4.3.9	ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΠΟΥ ΑΝΑΡΡΟΦΑ Η ΜΗΧΑΝΗ .....	88
4.3.10	ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ .....	89
4.3.11	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ .....	89
4.3.12	ΨΥΧΡΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ .....	91
4.3.13	ΜΠΕΚ ΨΥΧΡΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ .....	91
4.3.14	ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ .....	91
4.3.15	ΖΕΣΤΑΜΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ .....	92
4.3.16	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ .....	92
4.3.17	ΒΑΛΒΙΔΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΑ (Τσοκ) .....	93
4.3.18	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΚΛΑΠΕΤΟΥ .....	94
4.3.19	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ .....	94
4.3.20	ΠΑΛΜΟΙ ΨΕΚΑΣΜΟΥ.....	95
4.4	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΜΟΝΟ-JETRONIC .....	96
4.4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	96
4.4.2	ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	96
4.4.3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	98
4.4.4	ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	99
4.4.5	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	99
4.4.6	ΔΟΧΕΙΟ ΕΝΕΡΓΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ .....	100
4.4.7	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ .....	100
4.4.8	ΠΛΗΡΩΣΗ ΜΕ ΑΕΡΑ .....	101
4.4.9	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ .....	102
4.4.10	ΓΩΝΙΑ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ.....	102
4.4.11	ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ .....	103
4.4.12	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ .....	104
4.4.13	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ .....	104
4.4.14	ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	104
4.4.15	ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ.....	105
4.4.16	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ "λ" .....	106

4.4.17	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	107
4.4.18	ΕΓΧΥΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΕΓΧΥΤΗΡΑΣ.....	107
4.4.19	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	109
4.4.20	ΡΥΘΜΙΣΗ ΛΟΓΟΥ "λ" .....	110
4.4.21	ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΤΡΟΦΩΝ ΡΕΛΑΝΤΙ .....	111
4.4.22	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ .....	112
4.4.23	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ .....	112
4.4.24	ΑΝΑΣΤΟΛΕΑΣ ΣΤΡΟΦΩΝ (ΚΟΦΤΗΣ).....	112
4.4.25	ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ .....	113
4.4.26	ΑΝΑΓΚΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ.....	113
4.4.27	ΣΥΣΚΕΥΗ ΨΕΚΑΣΜΟΥ.....	114
4.4.28	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΜΕ ΡΕΥΜΑ .....	115
4.4.29	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ .....	115
4.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΤΡΟΝΙΚ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	117
4.5.1	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΤΡΟΝΙΚ.....	117
4.5.2	ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	120
4.5.3	ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	120
4.5.4	ΕΓΧΥΣΗ - ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	120
4.5.5	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΛΑΜΔΑ .....	121
4.5.6	ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΕΩΣ (DUELL) .....	122
4.5.7	ΑΝΑΦΛΕΞΗ .....	123
4.5.8	ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	125
4.5.9	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ.....	126
4.5.10	ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	126
4.5.11	ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ .....	127
4.5.12	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	128
4.5.13	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	129
4.5.14	ΤΕΛΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ .....	130



## **Κεφάλαιο 5°**

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΤΟ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ, ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ – ΦΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

5.1	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ.....	133
5.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ .....	138
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ FSI 2.0 .....	142
5.3	ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	143
5.3.1	ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	143
5.3.2	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ .....	145
5.3.3	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ .....	146
5.3.4	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.....	146
5.3.5	ΣΧΕΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....	147
5.3.6	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΓΚΑΖΙ .....	148
5.3.7	ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	148
5.3.8	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ .....	150
5.3.9	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ .....	150
5.3.10	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ .....	151
5.3.11	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ .....	152
5.4	ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	152
5.4.1	ΦΑΣΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ .....	153
5.4.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ.....	154
5.4.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ .....	154
5.4.4	ΗΜΕ .....	154
5.4.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.....	155
5.4.6	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ .....	155
5.5	ΟΜΟΙΟΓΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	156
5.5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	156
5.5.2	ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	156

5.5.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	157
5.5.4	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ .....	157
5.5.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ .....	157
5.6	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΜΟΙΟΓΕΝΟΥΣ ΠΤΩΧΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ.....	158
5.6.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ .....	158
5.6.2	ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	158
5.6.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	158
5.6.4	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ .....	159
5.6.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ .....	159

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ - ΕΠΟΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ.

6	ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ .....	160
6.1	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ .....	161
6.2	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	163
6.3	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	164
6.3.1	ΔΟΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΠΕΝΤΑΛ ΦΡΕΝΟΥ .....	164
6.3.2	ΔΟΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	165
6.3.3	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΚΡΟΥΣΗΣ .....	166
6.3.4	ΔΟΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ (ΔΙΑΝΟΜΕΑ) .....	167
6.3.5	ΔΟΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ (ΨΥΓΕΙΟ) .....	167
6.3.6	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΛΑΜΔΑ G39.....	168
6.3.7	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΛΑΜΔΑ G150 .....	169
6.3.8	ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΓΙΑ ΘΥΡΙΔΑ ΑΥΛΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ .....	169
6.3.9	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΕΡΒΟΦΡΕΝΟ.....	170
6.3.10	ΠΛΗΚΤΡΟ ΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ .....	170
6.3.11	ΡΕΛΕ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΟΤΡΟΝΙC.....	171
6.3.12	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΕΣ ΜΕ ΤΕΛΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΙΣΧΥΟΣ .....	172
6.3.13	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΜΕ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΙΝΗΣΗΣ .....	172
6.3.14	ΒΑΛΒΙΔΑ ΓΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΧΡΟΝΙΣΜΟ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΩΝ.....	173
6.3.15	ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΜΕD 7.5.....	175

6.4	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	176
6.4.1	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ .....	176
6.4.2	ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	177
6.4.3	ΜΠΛΟΚ ΚΙΝΗΤΗΡΑ .....	178
6.4.4	ΚΑΡΤΕΡ .....	178
6.4.5	ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ .....	179
6.4.6	ΈΜΒΟΛΑ .....	180
6.4.7	ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΓΡΑΝΑΖΙΩΝ ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ .....	181
6.4.8	ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ .....	182
6.4.9	ΠΑΡΟΧΗ ΛΑΔΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥΣ .....	182
6.4.10	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ .....	183
6.4.11	ΑΝΤΙΚΡΑΔΑΣΜΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ .....	183
6.4.12	ΕΝΤΑΤΗΡΕΣ .....	184
6.4.13	ΦΙΛΤΡΟ ΛΑΔΙΟΥ .....	185
6.4.14	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ .....	185
6.4.15	ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ .....	186
6.4.16	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	187
6.4.17	ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	187
6.4.18	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ "Λ" .....	188
6.4.19	ΗΜΕ ΜΟΤΡΟΝΙΚ ΜΕD 17.5 .....	188
6.5	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	189

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>**

ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ, ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	192
7.2	Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 4G93 GDI .....	194
7.3	Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΗΡΙ ΤΗΣ PSA .....	202
7.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΤΟΥ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	206
7.5	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	209
7.6	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ .....	210
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	211



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εν λόγω πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση των συστημάτων άμεσης έγχυσης καυσίμου σε βενζινοκινητήρες καθώς και η λειτουργία αυτών στην σημερινή βιομηχανία αυτοκινήτων. Ως εκ τούτου, αναλύονται σημαντικά στοιχεία όπως η σύσταση και προσαρμογή μίγματος στους βενζινοκινητήρες και οι συνθήκες λειτουργίας τους, ποια η χρήση του εξαερωτήρα ή διαφορετικά γνωστός ως καρμπυρατέρ, ποια τα συστήματα έγχυσης που εντοπίζονται στις μέρες μας, αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που εντοπίζονται, ποιοι αισθητήρες λειτουργίας κινητήρα εντοπίζονται, καθώς και ποιες οι τελευταίες εξελίξεις και συμπεράσματα –προβλέψεις με σκοπό την εξέλιξη στο μέλλον αλλά και τα εποπτικά μέσα συστημάτων άμεσου ψεκασμού.

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕΚ

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.



Σχέδιο 1: Η Σφαίρα του Ήρωνος

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. 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. Συγκεκριμένα 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 πρόταση αυτή όμως ποτέ δεν υλοποιήθηκε. Μέχρι το 1860 που χρησιμοποιήθηκε η μηχανή εσωτερικής καύσης για πρώτη φορά σε όχημα, η κίνηση των οχημάτων γινόταν με ατμομηχανές. Το πρώτο ατμοκίνητο όχημα ήταν του μηχανικού Nicholas Cugnot, το 1769. Το όχημα αυτό ήταν τρίκυκλο με ένα τεράστιο καζάνι εμπρός από τον εμπρόσθιο τροχό του.



Σχέδιο 1.2 Το πρώτο ατμοκίνητο όχημα

Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης που λειτούργησε ικανοποιητικά κατασκευάστηκε από τον Jean-Joseph-Etienne Lenoir. Η μηχανή αυτή χρησιμοποιούσε ως καύσιμο ένα μίγμα από κάρβουνο, φωταέριο και αέρα. Το 1860, ο Lenoir 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 Lenoir ήταν πιο μικρό και είχε καλύτερη οδική συμπεριφορά. Εν τούτοις, η μηχανή εσωτερικής καύσης του Lenoir είχε πολύ χαμηλή απόδοση.

Το 1862, ο Beau de Rochas (1815-1893) δημοσίευσε μια κριτική της μηχανής του Lenoir, στην οποία για πρώτη φορά ανέφερε την δυνατότητα διαχωρισμού του κύκλου λειτουργίας σε ανεξάρτητες φάσεις, αναφέρθηκε δηλαδή στην αρχή λειτουργίας του σημερινού τετράχρονου κινητήρα. Επίσης σχολιάζοντας την αυξημένη κατανάλωση καυσίμου της συγκεκριμένης μηχανής, την απέδωσε στην απουσία συμπίεσης του μίγματος πριν από την καύση. Πρότεινε εξ άλλου την ιδέα της μεγιστοποίησης του όγκου του κυλίνδρου, με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση της ψυχομένης επιφάνειας αυτού, σε μια προσπάθεια μείωσης των απωλειών θερμότητας του κυλίνδρου. Ο Αυστριακός Siegfried Marcus έκανε πειράματα με μηχανές που χρησιμοποιούσαν ως καύσιμο τη βενζίνη. Ο Marcus τοποθέτησε μια μηχανή πάνω σε μια χειράμαξα το 1864 και η κατασκευή αυτή θα πρέπει να θεωρηθεί ως το πρώτο βενζινοκίνητο αυτοκίνητο.



Η πρώτη όμως, μηχανή με βενζίνη που ήταν αρκετά αποδοτική ώστε να διαδοθεί ευρέως, θα κατασκευαζόταν την επόμενη δεκαετία. Ο Γερμανός μηχανικός Nikolaus August Otto (1832-1891), κατασκεύασε μια τροποποιημένη μορφή κινητήρα, στην οποία το έμβολο προκαλούσε την κίνηση. Ο Otto κατασκεύασε μια τέτοια τετράχρονη μηχανή το 1876, με βελτιωμένη αλλά όχι ικανοποιητική απόδοση. Ο κινητήρας Otto, όπως ονομάστηκε, αποτελούσε μια τεράστια βελτίωση σε σχέση με τη μηχανή του Lepoir και γρήγορα διαδόθηκε η χρήση του. Η σχεδίαση και η φιλοσοφία του κινητήρα αυτού αποτέλεσαν τη βάση των σημερινών εξελιγμένων μηχανών εσωτερικής καύσης. Λίγα χρόνια αργότερα, στις αρχές του 1855 ο Γερμανός μηχανολόγος μηχανικός Carl Friedrich Benz (1844-1929) κατασκεύασε τον πρώτο πραγματικά αποδοτικό βενζινοκινητήρα εσωτερικής καύσης, τον οποίο τοποθέτησε σε ένα όχημα δικής του κατασκευής. Το όχημα αυτό του Benz (Σχήμα 1.3), ήταν το πρώτο εύχρηστο αυτοκίνητο με βενζινοκίνητη μηχανή εσωτερικής καύσης και είχε τρεις τροχούς, όμοιους με εκείνους του ποδηλάτου, ενώ ανέπτυξε ανώτατη ταχύτητα 15 χιλιομέτρων την ώρα και αποτέλεσε τον προάγγελο των μετέπειτα εξελίξεων.



Σχέδιο 1.3 Το τρίτροχο αυτοκίνητο του Benz

Πραγματική επανάσταση στις μηχανές υγρού καυσίμου έφερε ο Dr. Rudolf Diesel όταν το 1892 έθεσε τις βάσεις για τον σύγχρονο πετρελαιοκινητήρα υψηλής απόδοσης, που πρακτικά λειτουργεί μέχρι σήμερα. Πρόκειται για 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).

Η ευρεία αποδοχή των μηχανών εσωτερικής καύσης επέτρεψε να διατεθούν περισσότεροι πόροι για την ανάπτυξή τους, η φιλοσοφία κατασκευής και σχεδίασης να απαλλαχθεί τελείως από την επίδραση των ατμομηχανών, και να φτάσουμε έτσι σταδιακά στην πλήρη πρακτικά επικράτηση τους. Παρ' όλα αυτά, η κατοχή οχήματος ήταν προνόμιο των πλουσίων, καθώς η κατασκευή του ήταν υπερβολικά μεγάλου κόστους. Αυτή η κατάσταση άλλαξε χάρη στον Αμερικανό βιομήχανο Henry Ford (1863-1947), ο οποίος κατασκεύασε το πρώτο του αυτοκίνητο το 1893 και το 1899 ίδρυσε τη γνωστή δική του εταιρία κατασκευής αυτοκινήτων τυποποιώντας την παραγωγή του. Κλείνοντας θα πρέπει να αναφερθεί ότι ουσιαστική αλλαγή της αρχικής κατασκευής του Rudolf Diesel έγινε μόλις στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1990, με την εισαγωγή των ηλεκτρικών και της ανάπτυξης των εξελιγμένων συστημάτων έγχυσης καυσίμου. Μέχρι τότε οι διαφοροποιήσεις από την κατασκευή του R. Diesel θα πρέπει να θεωρηθούν ως «βελτιώσεις μικρής σχετικά έκτασης».

## **1.2 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΟΤΤΟ**

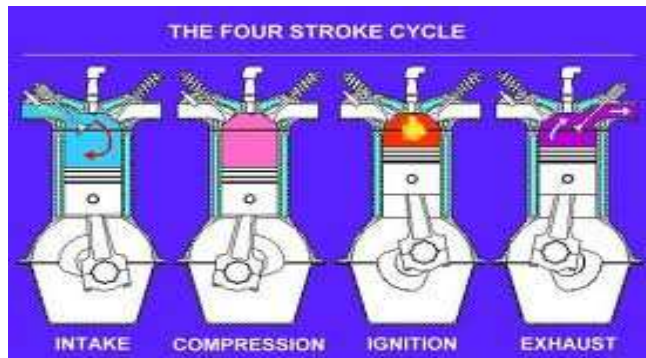
Οι διεργασίες που εκτελούνται στο καύσιμο μίγμα σε ένα κύκλο λειτουργίας (κύκλος Otto) ενός τετράχρονου βενζινοκινητήρα είναι πέντε και πραγματοποιούνται σε τέσσερις χρόνους,

Στον 1ο χρόνο γίνεται η εισαγωγή ή αναρρόφηση του καυσίμου μίγματος.

Στο 2ο χρόνο πραγματοποιείται η συμπίεση του καυσίμου μίγματος.

Στον 3ο χρόνο γίνεται η Καύση και Εκτόνωση του καυσίμου μίγματος – καυσαερίων

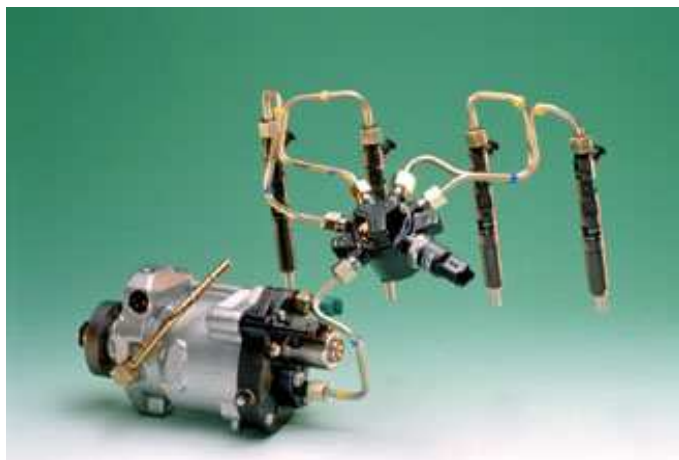
Και στον 4ο χρόνο η Εξαγωγή των καυσαερίων.



Σχέδιο 1.4 Ο κύκλος του ΟΤΤΟ

### 1.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Τα συστήματα ψεκασμού αναλαμβάνουν την διοχέτευση του καυσίμου στους βενζινοκινητήρες και τους Diesel κινητήρες και καθορίζουν την σύσταση του στοιχειομετρικού μίγματος (αέρα/καυσίμου). Από τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας η μηχανική μέθοδος ψεκασμού, το γνωστό καρμπρατέρ, έχει αντικατασταθεί από τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα (injection). Η διάρκεια καθώς και η ποσότητα που κάθε φορά οι εγχυτήρες (μπεκ) ψεκάζουν καύσιμο στον θάλαμο καύσης καθορίζεται από την διασταύρωση διαφόρων δεδομένων, όπως αυτά του αισθητήρα λάμδα, οι συνθήκες φορτίου, η θερμοκρασία του αέρα κ.α., τα οποία επεξεργάζεται ο εγκέφαλος του κινητήρα. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση, χαμηλότερη κατανάλωση και μειωμένες εκπομπές ρύπων.

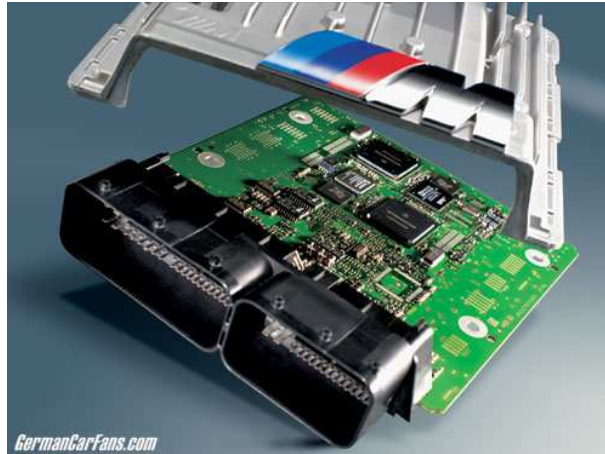


Σχέδιο 1.5 Σύστημα ψεκασμού βενζίνης

Αρχικά είχαν εμφανιστεί τα συστήματα ψεκασμού μονού σημείου τα οποία πολύ γρήγορα εκτοπίστηκαν από αυτά των πολλαπλών σημείων (MPI). Ωστόσο, η τελευταία εξέλιξη στον τομέα των συγκεκριμένων συστημάτων έχει να κάνει με τα άμεσου ψεκασμού. Η ειδοποιός διαφορά σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα αφορά στον ψεκασμό του καυσίμου που γίνεται απευθείας στο θάλαμο καύσης μέσω ενός μπεκ που 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 και υπό πίεση που ξεπερνά τα 110bar, δηλαδή περίπου 32 φορές μεγαλύτερη από αυτήν των συστημάτων πολλαπλών σημείων. Το όφελος αφορά στην αυξημένη ισχύ, στην ελαφρώς μειωμένη κατανάλωση, στην καλύτερη απόκριση στο γκάζι και στους μειωμένους ρύπους. Μερικά από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα κινητήρων άμεσου ψεκασμού είναι -μεταξύ άλλων- οι FSI και TSI της VW, οι JTS της Alfa Romeo και οι SCi της Ford.

Η διαχείριση του συστήματος ψεκασμού και της ανάφλεξης γίνεται από τον εγκέφαλο του κινητήρα (ECU), ο οποίος ρυθμίζει την τροφοδοσία καυσίμου στον κινητήρα σύμφωνα με την στοιχειομετρική αναλογία που απαιτείται κάθε χρονική στιγμή. Το καύσιμο ψεκάζεται από ειδικά ακροφύσια με τη βοήθεια μιας αντλίας υπό υψηλή πίεση στο αυλό εισαγωγής ή απευθείας στον θάλαμο καύσης (άμεσος ψεκασμός).

Όταν η ECU δίνει εντολή στο σύστημα ψεκασμού στην πράξη ορίζει την στιγμή που θα ενεργοποιηθεί η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του εγχυτήρα (μπεκ) και την διάρκεια που θα μείνει ανοιχτή ρυθμίζοντας έτσι την ποσότητα του μίγματος στον θάλαμο καύσης. Όσον αφορά στο σύστημα ανάφλεξης η ECU ρυθμίζει την στιγμή της ανάφλεξης του σπινθηριστή (μπουζί) καθώς και την προπορεία ανάφλεξης (αβάνς).



Σχέδιο 1.6 Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου (ECU)

#### 1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Η πρώτη εφαρμογή της τεχνολογίας άμεσου ψεκασμού βενζίνης έγινε το 1925 από τον Σουηδό μηχανικό Jonas Hesselman. Ο κινητήρας Hesselman λειτουργούσε με εξαιρετικά φτωχό μίγμα αρχικά ως καύσιμο χρησιμοποιούσε βενζίνη και στη συνέχεια ύστερα από τροποποιήσεις έκαψε ντίζελ ή κηροζίνη. Ο άμεσος ψεκασμός βενζίνης βρήκε πρακτική εφαρμογή σε κινητήρες γερμανικών, σοβιετικών και αμερικάνικων αεροσκαφών κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Στην αυτοκινητοβιομηχανία το πρώτο σύστημα άμεσου ψεκασμού βενζίνης αναπτύχθηκε από την Bosch και εφαρμόστηκε στο Mercedes-Benz 300SL το 1955, το οποίο ήταν το πρώτο спор αυτοκίνητο παραγωγής που χρησιμοποιεί ψεκασμό καυσίμου και μάλιστα άμεσο.

Λίγα χρόνια αργότερα στις αρχές της δεκαετίας του 1970 η American Motors Corporation (AMC) εφάρμοσε άμεσο ψεκασμό σε έναν εξακύλινδρο εν σειρά κινητήρα με επανασχεδιασμένη Κυλινδροκεφαλή. Ο κινητήρας δοκιμάστηκε στο μοντέλο Hornet του 1973 αλλά παρουσιάστηκαν αρκετά προβλήματα κυρίως στον μηχανισμό του ψεκασμού.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, η Ford ανέπτυξε ένα σύστημα άμεσου ψεκασμού υπό την ονομασία "ProCo", χρησιμοποιώντας μια αντλία υψηλής πίεσης και μπεκ άμεσου ψεκασμού. Όμως το σχέδιο ματαιώθηκε γιατί υπήρχαν προβλήματα με τον ηλεκτρονικό έλεγχο του ψεκασμού, το κόστος της αντλίας

υψηλής πίεσης ήταν υψηλό και οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου υπερβαίνουν τα νομοθετημένα όρια.

Η πρώτη εμφάνιση του άμεσου ψεκασμού στη ιστορία της σύγχρονης αυτοκίνησης έγινε το 1996 με τον κινητήρα 1.8 GDI της ιαπωνικής Mitsubishi και ένα χρόνο αργότερα στον 3,5 V6 GDI της ίδιας εταιρίας.

## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>**

**Σύσταση και προσαρμογή μίγματος στους βενζινοκινητήρες, συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.**

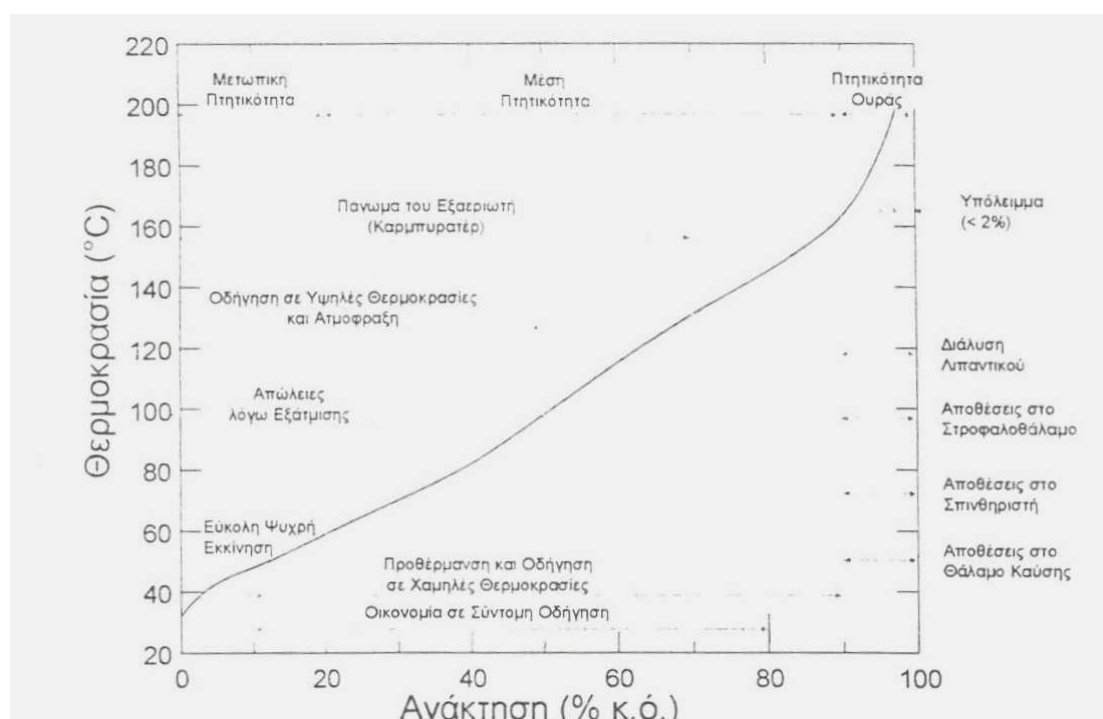
### **2.1 Βενζίνη**

Η πτητικότητα είναι μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες των βενζινών. Επειδή μία βενζίνη περιέχει πολλές διαφορετικές ενώσεις, δεν έχει ένα συγκεκριμένο σημείο βρασμού, αλλά μια καμπύλη στην οποία το αρχικό από το τελικό σημείο διαφέρουν κατά 170 °C περίπου. Η περιοχή βρασμού της βενζίνης εξαρτάται από τη σύστασή της. Οι βενζίνες περιέχουν πάρα πολλά συστατικά (περίπου 400) κι έτσι

εμφανίζουν ομαλές καμπύλες βρασμού, ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί στήλη με υψηλό βαθμό διαχωρισμού. Για τον προσδιορισμό της πτητικότητας των βενζινών χρησιμοποιείται η καμπύλη απόσταξης και η τάση ατμών.

## 2.2 Απόσταξη

Η καμπύλη απόσταξης προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο ASTM D 86, όπου αποστάζουν 100 mL δείγματος υπό ελεγχόμενες συνθήκες θέρμανσης. Από τα δεδομένα κατασκευάζεται η καμπύλη απόσταξης, η οποία δίνει στοιχεία για τη συμπεριφορά του καυσίμου, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Καμπύλη απόσταξης

## 2.3 Τάση Ατμών

Επειδή η βενζίνη είναι μίγμα πολλών συστατικών, δεν μπορεί να προσδιοριστεί η τάση ατμών της όπως σε μία απλή ένωση. Για τις βενζίνες προσδιορίζεται η τάση ατμών κατά Reid (ASTM D 323). Στη μέθοδο αυτή ο λόγος ατμών-υγρού είναι 4:1, και η θερμοκρασία 37.8 °C (100 °F). Στο δείγμα αφού έχει ψυχθεί τοποθετείται σε

μεταλλικό υποδοχέα και συνδέεται με το θάλαμο της αέριας φάσης που είναι συνδεδεμένος με μανόμετρο. Η συσκευή τοποθετείται σε θερμοστατημένο λουτρό και ανακινείται περιοδικά μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του μανόμετρου και αναφέρεται σαν τάση ατμών κατά Reid (Reid Vapor Pressure, RVP).

Η τάση ατμών επιδιώκεται να είναι υψηλότερη το χειμώνα (ευκολότερη εκκίνηση σε χαμηλές θερμοκρασίες) και χαμηλότερη το καλοκαίρι (αποφυγή προβλημάτων ατμόφραξης). Συνήθεις τιμές το χειμώνα από 45°C -80°C και το καλοκαίρι από 35°C -70°C.

## 2.4 Πυκνότητα

Η πυκνότητα ενός καυσίμου δίνει το λόγο της μάζας ενός συγκεκριμένου όγκου καυσίμου προς τον όγκο αυτό. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της πυκνότητας είναι η ASTM D 1298, όπου το πυκνόμετρο που είναι ένας γυάλινος βαθμονομημένος πλωτήρας βυθίζεται μέσα στο καύσιμο, και η πυκνότητα διαβάζεται στο σημείο που η κλίμακα τέμνει την επιφάνεια του υγρού. Η πυκνότητα αναφέρεται πάντα στους 15 °C. Οι μονάδες της πυκνότητας στο SI είναι kg/m<sup>3</sup> ή g/mL.

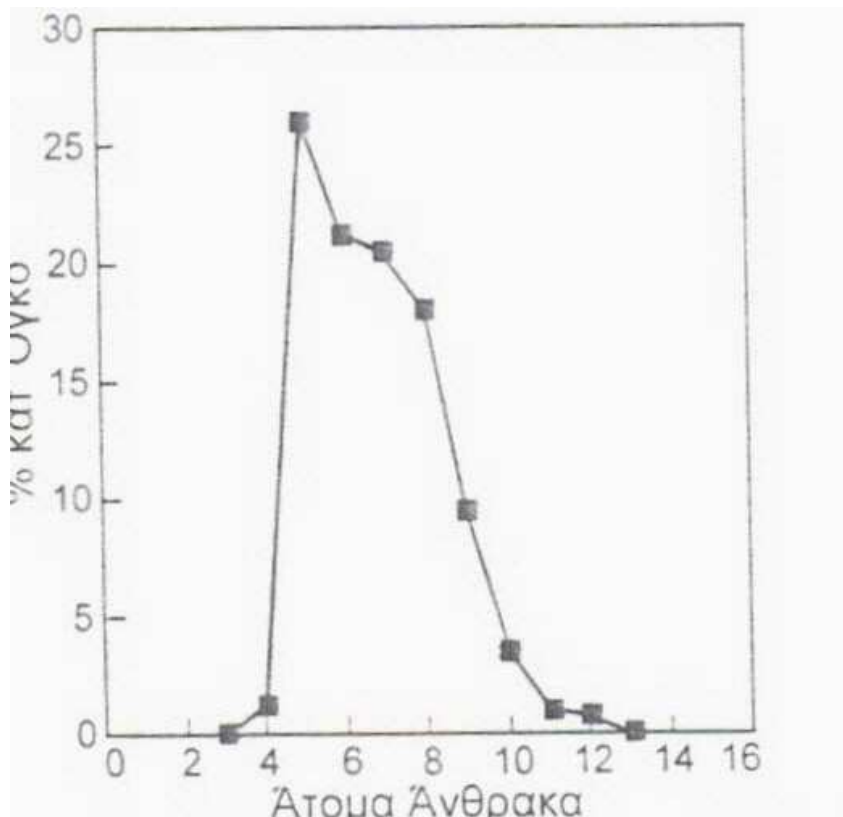
Αναφερόμενοι σε μόρια με τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα, η πυκνότητα των διαφόρων τύπων υδρογονανθράκων μεταβάλλεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Παραφίνες < ολεφίνες < ναφθένια < αρωματικά.

## 2.5 Σύσταση

Η σύσταση των βενζινών αναφέρεται κυρίως σε συστατικά η περιεκτικότητα των οποίων πρέπει να βρίσκεται κάτω από συγκεκριμένα όρια, είτε για περιβαλλοντικούς, είτε για άλλους λόγους (κλιματολογικές συνθήκες π.χ.). Η βενζίνη περιέχει υδρογονάνθρακες με 4 έως 12 άτομα άνθρακα στο μόριο που μπορεί να είναι κορεσμένοι (παραφινικοί και ναφθενικοί), ακόρεστοι (ολεφινικοί) και αρωματικοί.(σχήμα 2.2).





Σχήμα 1.2: Κατανομή υδρογονανθράκων

## 2.6 Περιεκτικότητα σε Υδρογονάνθρακες

Η περιεκτικότητα στις κατηγορίες υδρογονανθράκων είναι σημαντική γιατί μέσω αυτής μπορεί να γίνει η εκτίμηση της τάσης της βενζίνης για σχηματισμό κομμιωδών ουσιών και αποθέσεων. Η πιο απλή μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των διαφόρων τύπων υδρογονανθράκων είναι η ASTM D 1319, όπου ο διαχωρισμός γίνεται σε τριχοειδή στήλη πληρωμένη με silica, ενώ σαν διαλύτης έκλυσης χρησιμοποιείται ισοπροπυλική αλκοόλη. Το αποπεντανιωμένο δείγμα (ASTM D 2001) διαχωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: κορεσμένα, ολεφίνες, και αρωματικά. Ο διαχωρισμός των κορεσμένων σε παραφίνες και ναφθένια γίνεται μέσω της πυκνότητας και του δείκτη διάθλασης του κλάσματος των κορεσμένων (ASTM D 2159).

Οι πιο σύγχρονες τεχνικές χρησιμοποιούν μεθόδους αέριας χρωματογραφίας που δίνουν πλήρη διαχωρισμό της βενζίνης στα επιμέρους συστατικά της. Κρίσιμη παράμετρο αποτελεί η περιεκτικότητα της βενζίνης σε βενζόλιο (ισχυρό

καρκινογόνο, προκαλεί λευχαιμία). Ο προσδιορισμός του βενζολίου γίνεται χρωματογραφικά.

## **2.7 Περιεκτικότητα σε Θείο**

Η περιεκτικότητα σε θείο των βενζινών είναι πολύ χαμηλή (50 ppm). Η παρουσία του θείου είναι ανεπιθύμητη για περιβαλλοντικούς λόγους, επειδή συμβάλλει στο σχηματισμό αποθέσεων στο θάλαμο καύσης και επειδή μειώνει τη δραστηριότητα των καταλυτικών μετατροπών των αυτοκινήτων. Η περιεκτικότητα σε θείο προσδιορίζεται με φθορισμό ακτίνων Χ (ASTM D 4294). Το θείο βρίσκεται στη βενζίνη στη μορφή меркаπτανών, δισουλφιδίων και θειοφαινίων. Οι меркаптάνες είναι ανεπιθύμητες επειδή είναι δύσσομες και διαβρωτικές. Απομακρύνονται συνήθως με διεργασίες γλύκανσης. Ο προσδιορισμός τους γίνεται με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση με νιτρικό άργυρο (ASTM D 2337).

## **2.8 Σταθερότητα – Οξείδωση**

Οι εργαστηριακές μέθοδοι που σχετίζονται με την αντοχή και τη σταθερότητα του καυσίμου είναι ο προσδιορισμός των κομμωδών ουσιών και της σταθερότητας στην οξείδωση.

## **2.9 Κομμώδεις Ουσίες**

Οι κομμώδεις ουσίες παράγονται από την οξείδωση και τον πολυμερισμό των ολεφινών και διολεφινών και είναι συνήθως αδιάλυτες στο καύσιμο. Οι κομμώδεις ουσίες προσδιορίζονται με τη μέθοδο ASTM D 381. Συγκεκριμένος όγκος βενζίνης εξατμίζεται κάτω από συνθήκες ελεγχόμενης θέρμανσης σε ρεύμα αέρα. Το υπόλειμμα ζυγίζεται, εκχυλίζεται με κ-επτάνιο και ξαναζυγίζεται. Οι κομμώδεις ουσίες είναι το κλάσμα του υπολείμματος που είναι αδιάλυτο στο επτάνιο. Οι κομμώδεις ουσίες δίνουν μια ένδειξη της τάσης για σχηματισμό αποθέσεων στο σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα και στις βαλβίδες. Το σύνολο του

υπολείμματος πριν την εκχύλιση με επτάνιο δίνει μια ένδειξη των μη πτητικών συστατικών της βενζίνης.

### **2.10 Σταθερότητα στην Οξείδωση**

Η σταθερότητα στην οξείδωση μιας βενζίνης εξαρτάται άμεσα από τη σύστασή της. Οι ολεφινικές ενώσεις παρουσιάζουν πολύ μικρότερη σταθερότητα σε σύγκριση με τις παραφινικές και τις αρωματικές ενώσεις. Οι ολεφινικές ενώσεις προέρχονται από τις διεργασίες πυρόλυσης. Ειδικά οι διεργασίες θερμικής πυρόλυσης παράγουν ακόμη και διολεφίνες, οι οποίες οξειδώνονται γρήγορα και δίνουν αδιάλυτες κομμώδεις ουσίες. Η σταθερότητα στην οξείδωση των βενζινών μετριέται με τη μέθοδο ASTM D 525. Η βενζίνη τοποθετείται σε κατάλληλο υποδοχέα μέσα σε όλμο, ο οποίος γεμίζει με οξυγόνο μέχρι πίεση 100 psi και τοποθετείται σε λουτρό θερμοκρασίας 100°C. Η πίεση καταγράφεται μέχρι να αρχίσει απότομη πτώση της, δηλαδή ρυθμός πτώσης 2 psi ανά 15 min. Ο χρόνος επώασης είναι το χρονικό διάστημα από την τοποθέτηση του όλμου στο λουτρό μέχρι να παρατηρηθεί η πτώση πίεσης. Χρόνος επώασης 240 min αντιστοιχεί σε σταθερότητα σε συνθήκες αποθήκευσης τουλάχιστον έξι μήνες, αν και μπορεί να διατηρηθεί ακόμη για δύο χρόνια, ανάλογα με τη σύσταση της βενζίνης.

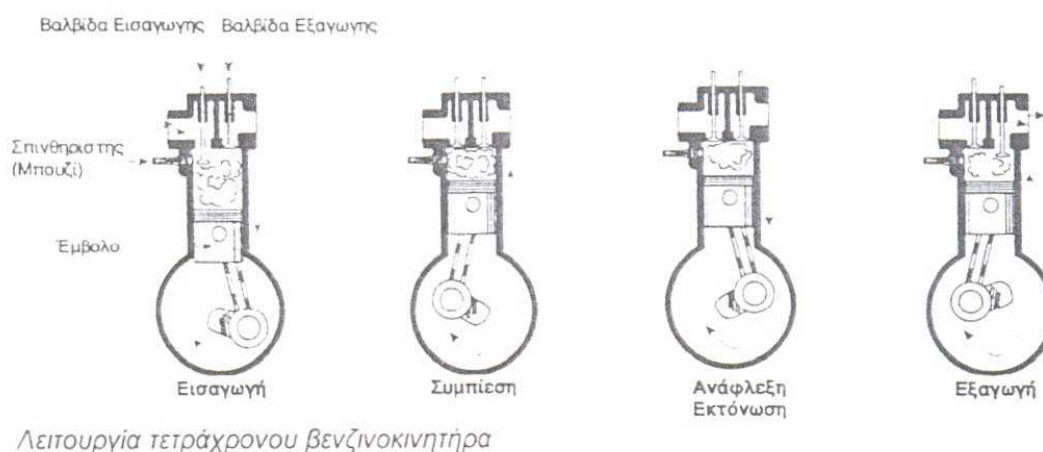
### **2.11 Διαβρωτικότητα**

Η διάβρωση αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα όχι μόνο λόγω της φθοράς του εξοπλισμού, αλλά επειδή τα μέταλλα που αποσπώνται μπορεί να δράσουν ως καταλύτες αντιδράσεων οξείδωσης συστατικών του καυσίμου και σχηματισμού αποθέσεων. Επιπρόσθετα τα προϊόντα της διάβρωσης προκαλούν φραγή σε φίλτρα και διαφράγματα και αυξάνουν τη φθορά των εξαρτημάτων. Η διάβρωση είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε νερό, οξυγονούχα συστατικά, είδος και περιεκτικότητα σε θειούχες ενώσεις, καθώς και αντιδιαβρωτικά πρόσθετα. Η μέθοδος διάβρωσης χάλκινου ελάσματος, (ASTM D 130) δίνει μια ένδειξη της διαβρωτικότητας του καυσίμου. Ένα φρεσκογυαλισμένο χάλκινο έλασμα

εμβαπτίζεται σε ποσότητα του δείγματος και τοποθετείται σε χώρο θερμοκρασίας 50°C για 3 ώρες. Ο βαθμός αμαύρωσης ή διάβρωσης βρίσκεται κατόπιν σύγκρισης με πρότυπη κλίμακα της ASTM.

## 2.12 Κτύπημα και αριθμός Οκτανίου

Η καθοριστική για την ποιότητα της βενζίνης ιδιότητα είναι η Αντικροτικότητα της η οποία σχετίζεται με το λεγόμενο “ κτύπημα” και μετρείται με τον Αριθμό Οκτανίου. Αν εξετάσουμε τι συμβαίνει στον κινητήρα του αυτοκινήτου από την στιγμή που εισέρχεται το καύσιμο στο θάλαμο καύσης θα παρατηρήσουμε τα εξής:



**Σχήμα 2.2: Λειτουργία τετράχρονου βενζινοκινητήρα**

Το μίγμα βενζίνης – αέρα συμπιέζεται και κατά την στιγμή που το έμβολο πλησιάζει στο Άνω Νεκρό σημείο, στο μπουζί (σπινθηριστής) δημιουργείται σπινθήρας και το καύσιμο μίγμα αναφλέγεται. Η φλόγα αναπτύσσεται στο θάλαμο της καύσης με περίπου σταθερό ρυθμό και σταθερή αύξηση της πίεσης. Μπροστά από το μέτωπο της φλόγας, το υπολειπόμενο άκαυστο μίγμα συμπιέζεται και ταυτόχρονα αυξάνονται η θερμοκρασία και η πυκνότητά του. Όταν η ανύψωση της θερμοκρασίας είναι τέτοια ώστε να προκαλέσει την αυτανάφλεξη των συστατικών του άκαυστου μίγματος πριν να φτάσει η φλόγα σε αυτό, προκαλείται απότομη αύξηση της πίεσης που γίνεται αντιληπτή σαν μεταλλικό κτύπημα διαφορετικής έντασης. Επιπτώσεις του φαινομένου αυτού είναι η υπερθέρμανση και η απώλεια ισχύος.

Κτύπημα μπορεί να εμφανιστεί σε κάθε κινητήρα ανάλογα με την ποιότητα του καυσίμου ενώ ουσιαστικά επηρεάζουν το φαινόμενο ο σχεδιασμός και οι συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.

### **2.13 Παράγοντες που επηρεάζουν το κτύπημα**

1. Θερμοκρασία: Αύξηση της θερμοκρασίας του άκαυστου μίγματος αυξάνει την πιθανότητα κτυπήματος σε βενζινοκινητήρες. Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να προκληθεί με:

- α. Αύξηση της σχέσης συμπίεσης.
- β. Αύξηση της θερμοκρασίας του εισαγόμενου αέρα.
- γ. Αύξηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού.
- δ. Αύξηση της θερμοκρασίας του κυλίνδρου και των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης.
- ε. Προπορεία σπινθήρα.

2. Πυκνότητα: Αύξηση της πυκνότητας του άκαυστου μίγματος αυξάνει την πιθανότητα κτυπήματος.

3. Χρόνος: Αύξηση του χρόνου παραμονής του άκαυστου μίγματος σε συνθήκες αυτανάφλεξης αυξάνουν την πιθανότητα κτυπήματος. Η αύξηση του χρόνου παραμονής μπορεί να συμβεί με :

- α. Αύξηση της απόστασης που διανύει η φλόγα.
- β. Μείωση της τύρβης του μίγματος που συνεπάγεται μείωση της ταχύτητας της φλόγας.
- γ. Μείωση της ταχύτητας του κινητήρα (που μειώνει την τύρβη και αυξάνει το διαθέσιμο χρόνο για προφλογικές αντιδράσεις).

4. Σύσταση καυσίμου μίγματος:

Όταν η σχέση συμπίεσης και τα χαρακτηριστικά του κινητήρα είναι δεδομένα, η πιθανότητα κτυπήματος μειώνεται με:

- α. Αύξηση της αντικροτικότητας (ΑΟ) του καυσίμου.
- β. Για πλούσια ή πτωχά μίγματα.
- γ. Αύξηση της υγρασίας του αέρα.

Η απόδοση (E) ενός κινητήρα δίνεται από την σχέση:

$$E = 1 - (1/r)^{\nu-1}$$

όπου: r: Σχέση συμπίεσης

$$\nu = C_p/C_v$$

$C_p$  ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση.

$C_v$  ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο.

Για μίγματα αέρα-καυσίμου είναι  $\gamma=1.296$

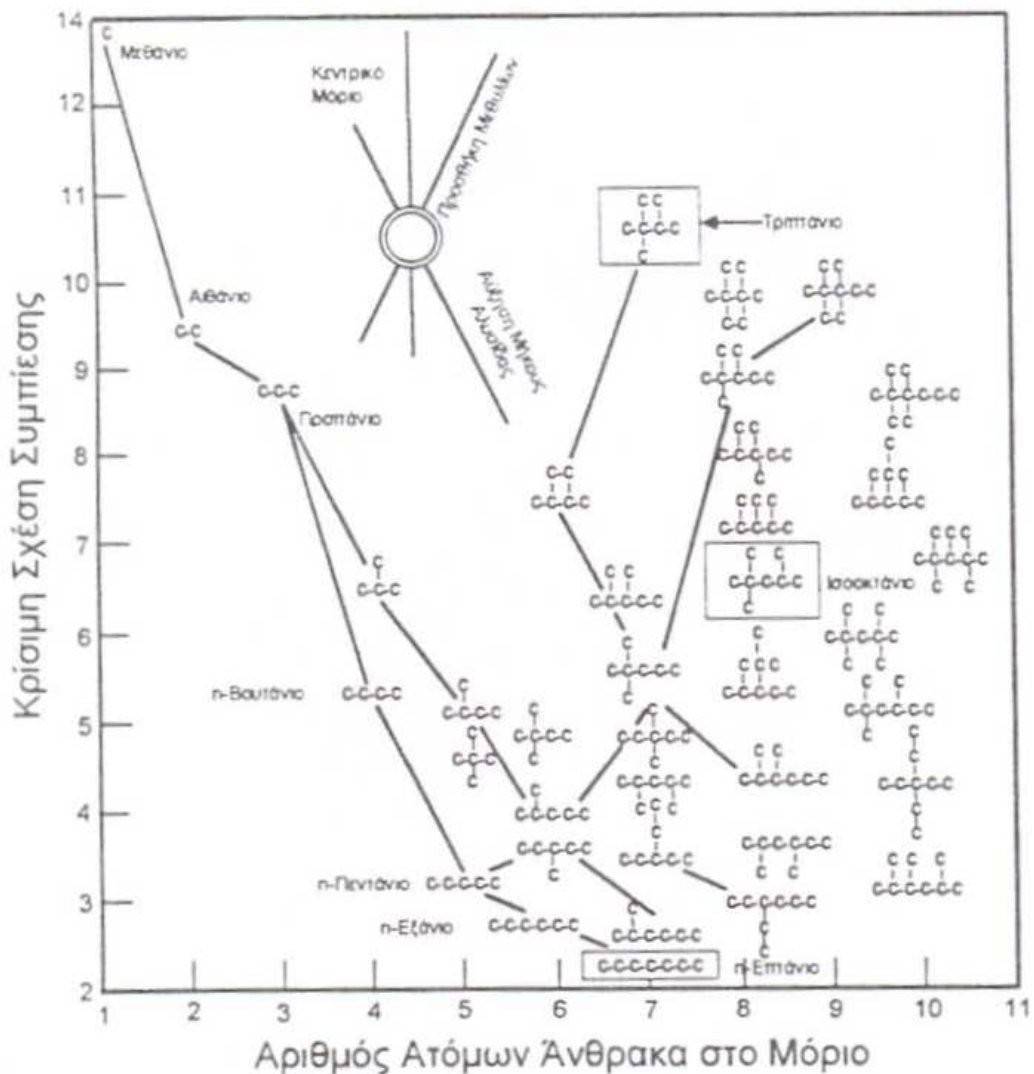
Μεγαλύτερη Σχέση Συμπίεσης r συνεπάγεται αύξηση της απόδοσης του κινητήρα.

Όμως η αύξηση της r δημιουργεί απαιτήσεις για καύσιμο μεγαλύτερης αντικροτικότητας.

Η κατάταξη των υδρογονανθράκων κατά σειρά φθίνουσας αντικροτικότητας είναι η παρακάτω:

Αρωματικοί> Ισοπαραφινικοί> Ναφθενικοί>Ολεφινικοί>Κανονικοί Παραφινικοί.

Στα επόμενα σχήματα φαίνεται παραστατικά η εξάρτηση της κρίσιμης σχέσης συμπίεσης στην οποία παρατηρείται κτύπημα από την δομή διαφόρων υδρογονανθράκων.



Σχήμα 2.3: Αντικροτικότητα παραφινικών υδρογονανθράκων

Παρατηρούμε τα εξής:

1. Επιμήκυνση της Ανθρακικής αλυσίδας αυξάνει την τάση για κτύπημα (μείωση της κρίσιμης σχέσης συμπίεσης).
2. Διακλαδώσεις στην αλυσίδα μειώνουν την τάση για κτύπημα.
3. Διακλάδωση και δημιουργία συμπαγούς μορίου (συσπείρωση) μειώνει την τάση για κτύπημα.
4. Στην περιοχή των αερίων, οι ολεφίνες έχουν χαμηλότερες κρίσιμες σχέσεις συμπίεσης από τις κανονικές παραφίνες αλλά η τάση αυτή αντιστρέφεται στην περιοχή των υγρών (περισσότερα από τρία άτομα άνθρακα). Η αύξηση είναι μεγαλύτερη όσο ο διπλός δεσμός μετατοπίζεται προς το κέντρο του μορίου

5. Οι κυκλοπαραφίνες (ναφθένια) έχουν μεγαλύτερη κρίσιμη σχέση συμπίεσης από τις κανονικές παραφίνες ευθείας αλύσου. Προσθήκη διπλού δεσμού στο κυκλοπεντάνιο προς σχηματισμό κυκλοπεντενίου ή δύο διπλών δεσμών προς σχηματισμό, κυκλοπενταδιενίου μειώνει την κρίσιμη σχέση συμπίεσης. Όμως ο αρωματικός δακτύλιος (βενζόλιο) δίνει πολύ υψηλή κρίσιμη σχέση συμπίεσης. Προσθήκη παραπλεύρων διακλαδώσεων στο βενζόλιο (π.χ. τολουόλιο) μειώνει την κρίσιμη σχέση συμπίεσης.

#### 2.14 Αριθμός Οκτανίου

Ο αριθμός Οκτανίου (Α.Ο.) που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της αντικροτικότητας του καυσίμου στηρίζεται σε μια (αυθαίρετη) κλίμακα μέτρησης από 0 μέχρι 100.

Η τιμή αριθμού οκτανίου 0 χαρακτηρίζει το κανονικό επτάνιο ( $\kappa\text{-C}_7\text{H}_{16}$ ) το οποίο είναι παραφινικός υδρογονάνθρακας και εμφανίζει μεγάλη τάση για κτύπημα σε βενζινοκινητήρες.

Η τιμή αριθμού οκτανίου 100 χαρακτηρίζει το 2,2,4-τριμέθυλο-πεντάνιο (ισο-οκτάνιο) του οποίου η τάση για κτύπημα είναι μικρή.

Ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου είναι το επί τοις εκατό ποσοστό του ισο-οκτανίου σε μίγμα  $\kappa$ -επτανίου/ισο-οκτανίου το οποίο παρουσιάζει την ίδια αντικροτικότητα με το εξεταζόμενο καύσιμο υπό τις ίδιες συνθήκες.

Ενώσεις με καλύτερη αντικροτική συμπεριφορά από το ισο-οκτάνιο έχουν  $\text{AO} > 100$ . Η μέτρηση των καυσίμων αυτών γίνεται με πρότυπα μίγματα ισο-οκτανίου/TEL και οι τιμές αυτές χαρακτηρίζονται ως Αριθμοί Λειτουργίας (ΑΛ-Perfomance Number). Για την περίπτωση αυτή ισχύει η σχέση:  $\text{AO} = 100 + \text{ΑΛ} - 100/3$ .

Για τις εργαστηριακές μετρήσεις του Αριθμού Οκτανίου χρησιμοποιούνται πρότυποι μονοκύλινδροι κινητήρες CFR (Cooperative Fuel Research-ASTM D 2699) με μεταβαλλόμενη σχέση συμπίεσης από 4/1 μέχρι 10/1. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι δοκιμών στην μηχανή CFR με διαφορετικές συνθήκες που παρουσιάζονται στους κατωτέρω πίνακες.



Οι μέθοδοι F1-RON και F2-MON αναφέρονται στις προδιαγραφές της βενζίνης.

Επίσης γίνονται και οδικές με τρήσεις με κανονικά αυτοκίνητα.

Οι μέθοδοι μέτρησης του αριθμού οκτανίου είναι οι εξής:

- F1 Research (RON) Ερευνητική.
- F2 Motor (MON) Κινητήρα.
- F3 Aviation Lean Mixture Καυσίμων Αεροπορίας (Φτωχού Μίγματος).
- F4 Aviation Rich Mixture Καυσίμων Αεροπορίας (Πλούσιου Μίγματος).
- F5 LPG Motor Method Κινητήρα Υγραερίων.

Διαφορές F1-RON και F2-MON.

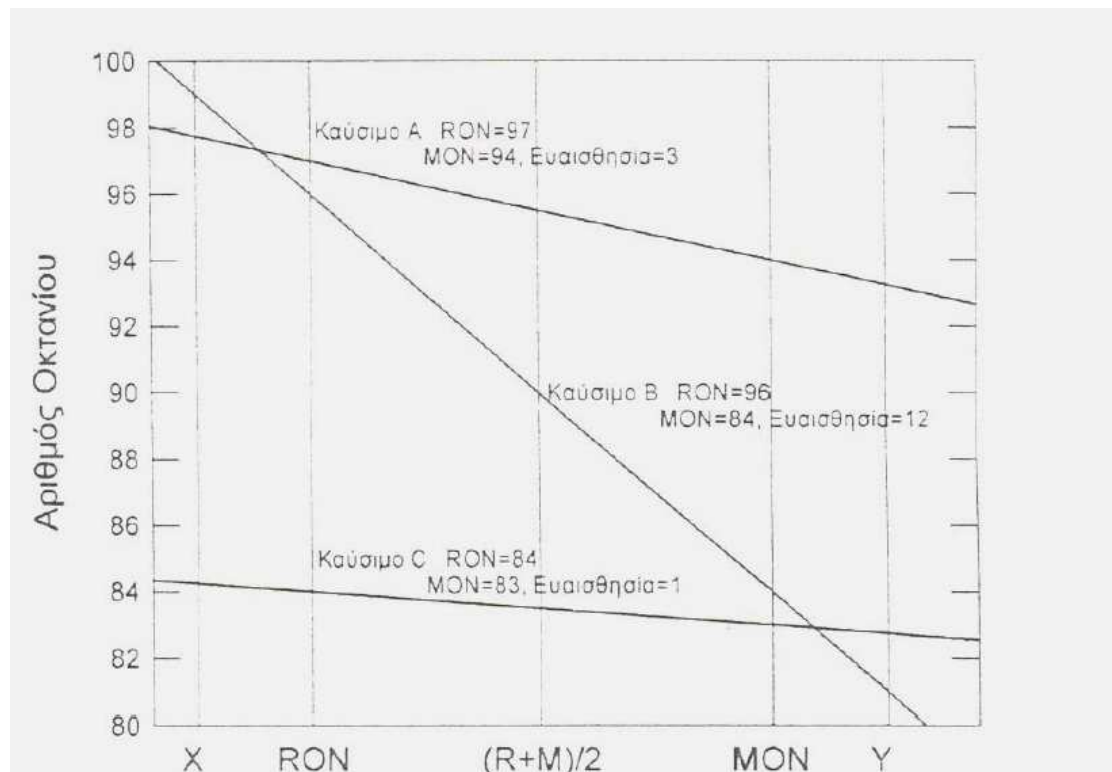
Η μέθοδος F1-RON είναι ενδεικτική για την συμπεριφορά της βενζίνης σε κανονικές ταχύτητες και η F2-MON για μεγάλες ταχύτητες. Συνήθως η τιμή του MON είναι μικρότερη του RON.

Ο μέσος όρος  $(RON+MON)/2$  ονομάζεται Δείκτης Αντικροτικότητας (Antiknock Index) και είναι ένδειξη της συμπεριφοράς του καυσίμου όταν χρησιμοποιείται στους πολυκύλινδρους κινητήρες των αυτοκινήτων.

Η διαφορά RON-MON ονομάζεται Ευαισθησία (sensitivity) του καυσίμου και είναι ένδειξη της διαφορετικής συμπεριφοράς του καυσίμου στις δοκιμές.

Διαφορές F1-RON και F2-MON

Μέθοδος	F1	F2
Ταχύτητα Κινητήρα (στροφές/λεπτό)	600	900
Θερμοκρασία Εισαγόμενου Αέρα (°C)	15-52	38
Θερμοκρασία Μίγματος Αέρα-Καυσίμου (°C)		49
Προπορεία Σπινθήρα (μοίρες πριν από το ANΣ)	13	*
* μεταβλητή συναρτήσεσι της Σχέσης Συμπύεσης		



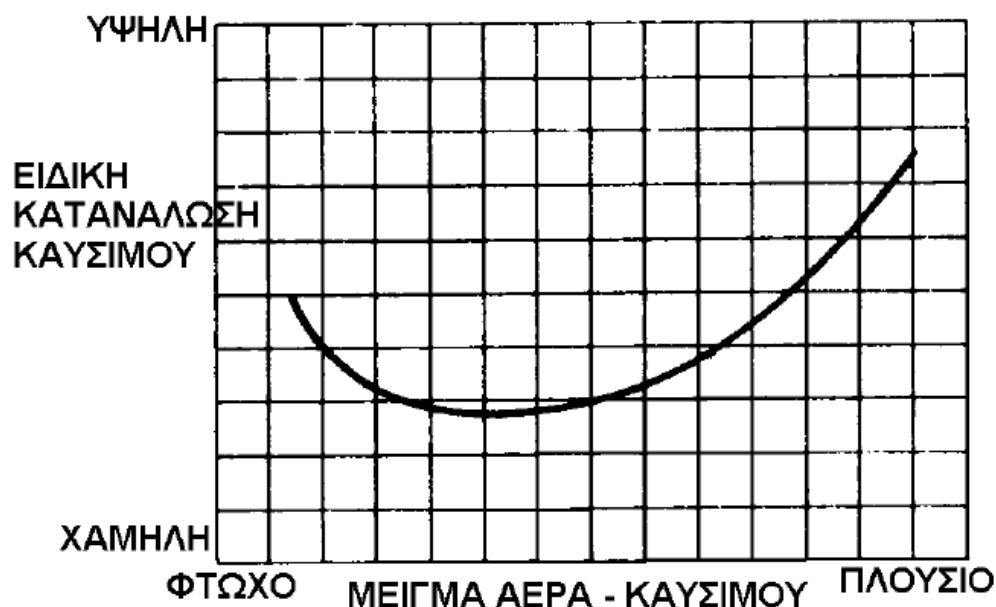
Σχήμα 2.5: Παραδείγματα βενζινών με διαφορετική ευαισθησία

## 2.15 Αναλογία αέρα καυσίμου

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. 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.



Σχήμα 2.6: Ειδική κατανάλωση και μείγμα αέρα-καυσίμου

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.

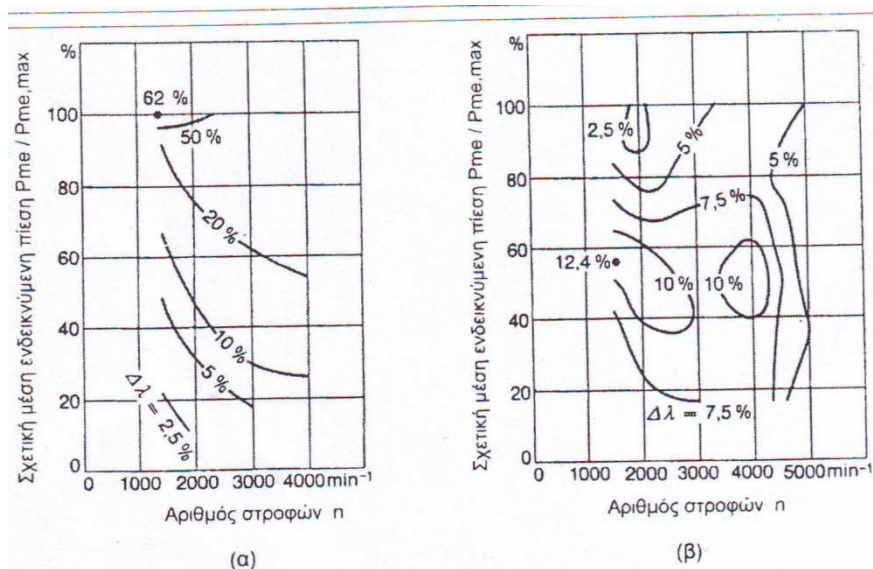
## 2.16 Προπαρασκευή μίγματος

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.



**Σχήμα 2.7: Μεταβολές της ποιότητας μίγματος λ στους επιμέρους κυλίνδρους α) ενός βενζινοκινητήρα με καρμπυρατέρ β) ενός με ψεκασμό πολλαπλών σημείων**

## 2.17 Έναυση

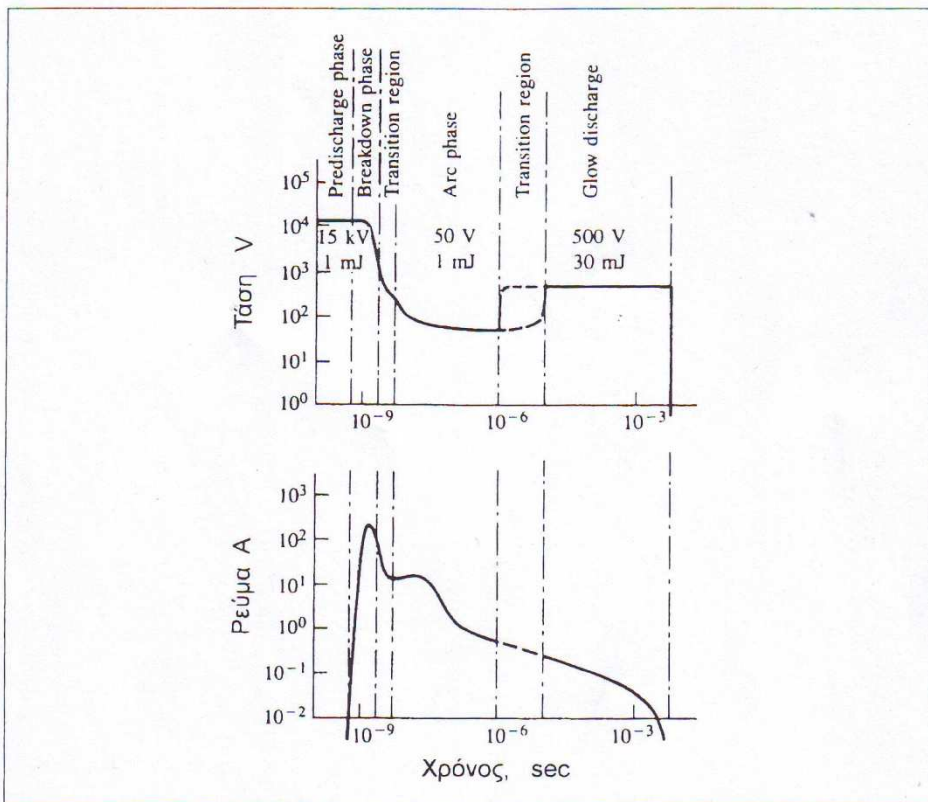
Στον βενζινοκινητήρα, η απαιτούμενη ενέργεια για την ανάφλεξη του μίγματος παρέχεται από σπινθήρα, ο οποίος παράγεται μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή (μπουζί). Η πρόκληση σπινθήρα συμβαίνει όταν η παρεχόμενη από το υποσύστημα έναυσης υψηλή τάση προς τον σπινθηριστή γίνει τέτοια ώστε μεταξύ των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

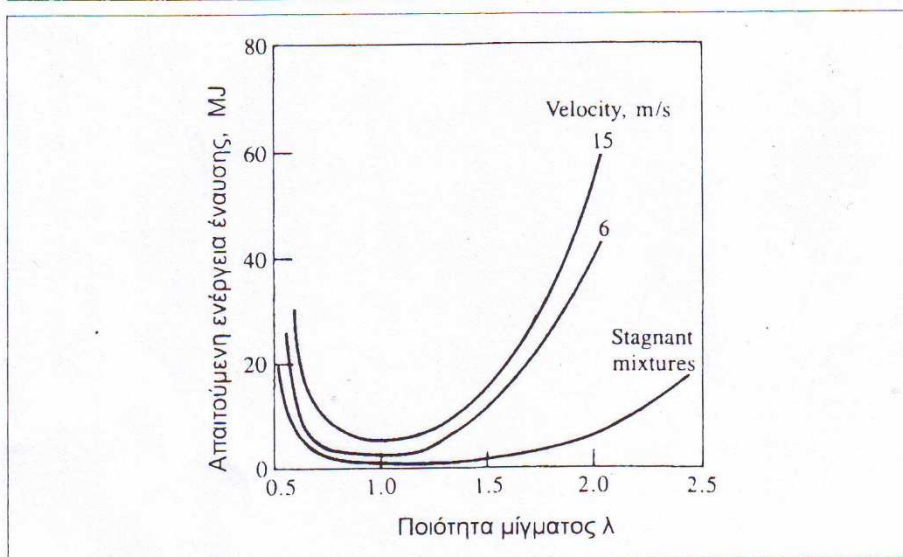
- Φάση διηλεκτρικής κατάρρευσης. Κατά τη φάση αυτή η υπέρβαση από την τιμή της παρεχόμενης τάσης ενός συγκεκριμένου ορίου (περίπου 15kV)

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 οξείδωσης) 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 μόρια 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).



Σχήμα 2.8: Χρονική εξέλιξη της τάσης και του ρεύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή σε ένα συμβατικό σύστημα ανάφλεξης κατά την έναυση



Σχήμα 2.9: Επίδραση της ποιότητας μίγματος  $\lambda$  και της ταχύτητας ροής στην τιμή της απαιτούμενης ενέργειας ανάφλεξης για μίγμα προπανίου αέρα σε πίεση 0,17atm

Το απαιτούμενο ποσό ενέργειας ανάφλεξης εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:



- Ποιότητα μίγματος  $\lambda$ . Η απόκλιση της σύστασης μίγματος από τη στοιχειομετρική σχέση ( $\lambda=1$ ) οδηγεί σε αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας ανάφλεξης (σχήμα 2.9). 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.

## 2.18 Συνθήκες λειτουργίας - προσαρμογή λόγου $\lambda$

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  $\lambda$  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  $\lambda$  υπάρχει η διάκριση μεταξύ της προσαρμογής μίγματος 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.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### Αναφορά στον Εξαερωτήρα (Καρμπυρατέρ) – Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Καθώς και Λόγοι που Οδηγούν στα Σύγχρονα Συστήματα Έγχυσης

#### 3.1 Τι Ορίζεται Εξαερωτήρας (Καρμπυρατέρ) και Πως Λειτουργεί

Ο εξαερωτήρας είναι ένας μηχανισμός (συσκευή) 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. Άντ' 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. Βέβαια μια απλούστερη έκδοση υπάρχει, όπου τον συναντά κανείς και συνηθέστερα στις μικρές μοτοσικλέτες και τα μοτοποδήλατα, όπου η βελόνα ελέγχεται άμεσα από τη θέση ρυθμιστικών βαλβίδων. Αυτοί βέβαια οι τύποι εξαερωτήρων ή διαφορετικά γνωστοί ως καρμπυρατέρ είναι συνήθως εξοπλισμένοι με αντλίες επιτάχυνσης με σκοπό να αποκαταστήσουν μια τυχούσα ανεπάρκεια του συστήματος. Ο πιο κοινός βέβαια εξαερωτήρας μεταβλητού venturi (σταθερής κατάθλιψης) είναι ο εξαερωτήρας SU πλάγιας φοράς και τα παρόμοια πρότυπα που παράγονται από την Hitachi, την Zenith -Stromberg καθώς και άλλους κατασκευαστές στην αγορά του αυτοκινήτου . Μια σχετική ενδιαφέρουσα παραλλαγή ήταν βέβαια ο εξαερωτήρας VV της Ford και με μεταβλητό venturi ο οποίος ήταν ουσιαστικά ένας σταθερού venturi εξαερωτήρας και χωρίς βελονοειδή βαλβίδα αλλά ουσιαστικά με μια αρθρωμένη και μια κινητή πλευρά venturi για να προκαλεί στένωση στο λαϊμό στις χαμηλές στροφές και διεύρυνση του στις υψηλές στροφές. Αυτό το γεγονός εξασφάλισε την καλή μίξη και τη ροή αέρος ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής. Μερικά μοντέλα της Ford εξοπλίστηκαν με VV εξαερωτήρες. 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.



**Σχήμα 3.1** Εξαερωτήρας

### **3.2 Βασικά Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Εξαερωτήρα**

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.

### **3.2.1 Το Κύκλωμα Ρελαντί στον Εξαερωτήρα**

Με τον τρόπο τον οποίο ανοίγει η ρυθμιστική βαλβίδα, μπορεί και «ανοίγει» ελαφρώς από την πλήρως κλειστή θέση, το λεγόμενο «πιάτο» της ρυθμιστικής βαλβίδας και το οποίο «ξεσκεπάζει» πρόσθετες τρύπες εφοδιασμού καυσίμων που βρίσκονται πίσω της. Εκεί βέβαια υπάρχει μια περιοχή χαμηλής πίεσης η οποία δημιουργείται από το φράξιμο της ροής του αέρα από το πιάτο της ρυθμιστικής βαλβίδας. Αυτό επιτρέπει βέβαια την εισροή σε περισσότερη ποσότητα καύσιμου αντισταθμίζοντας το μειωμένο κενό που δημιουργείται όταν ανοίγει η ρυθμιστική βαλβίδα, κάνοντας, κατά συνέπεια, ομοιόμορφη τη μετάβαση στη δοσολογία της ροής του καυσίμου μέσω του κανονικού ανοικτού κυκλώματος της ρυθμιστικής βαλβίδας.

### **3.2.2 Το Κύριο Κύκλωμα Ανοικτής Ρυθμιστικής Βαλβίδας στον Εξαερωτήρα**

Καθώς η ρυθμιστική βαλβίδα στον εξαερωτήρα «ανοίγει» σταδιακά, το πολλαπλό κενό μειώνεται, δεδομένου ότι υπάρχει λιγότερος περιορισμός στη ροή αέρος, που μειώνει τη ροή μέσω του ρελαντί. Αυτό εμφανίζεται όπου ξεκινά ο λαιμός μορφής venturi των εξαερωτήρων, λόγω της αρχής Bernoulli, δηλαδή καθώς η ταχύτητα αυξάνεται, η πίεση πέφτει. Ο σωλήνας Venturi αυξάνει την ταχύτητα του αέρα, και αυτή η υψηλή ταχύτητα σε συνδυασμό με την χαμηλή πίεση που δημιουργείται, απορροφά καύσιμο μέσω του ρεύματος αέρος από ένα ακροφύσιο ή περισσότερα ακροφύσια που βρίσκονται στο κέντρο του σωλήνα venturi.

Μερικές φορές ένας ή περισσότεροι πρόσθετοι «συμπληρωματικοί» σωλήνες venturi τοποθετούνται μέσα στον αρχικό σωλήνα venturi για να αυξήσουν την επίδραση. Όπως η ρυθμιστική βαλβίδα είναι κλειστή, η ροή αέρος μέσω του σωλήνα venturi μειώνεται έως ότου η χαμηλωμένη πίεση να είναι ανεπαρκής να διατηρήσει την ροή καυσίμου, και το κύκλωμα ρελαντί αναλαμβάνει πάλι, όπως περιγράφεται ανωτέρω.

### **3.2.3 Η Δυναμική Βαλβίδα στον Εξαερωτήρα**

Για την λειτουργία της «ανοικτής» λειτουργίας ρυθμιστικής βαλβίδας, ένα πλουσιότερο μίγμα θα μπορεί να παράγει περισσότερη δύναμη, θα αποτρέψει την εκपुरσοκρότηση, και έτσι θα κρατήσει τον κινητήρα ψυχρότερο. Αυτό το γεγονός επιτυγχάνεται συνήθως με μια «δυναμική βαλβίδα» εφοδιασμένη με ένα ελατήριο, η οποία κρατιέται κλειστή από το κενό του κινητήρα. Όπως ανοίγει η ρυθμιστική βαλβίδα, το κενό του κινητήρα μειώνεται και το ελατήριο ανοίγει τη βαλβίδα για να αφήσει να περάσουν περισσότερα καύσιμα στο κύριο κύκλωμα. Η λειτουργία της δυναμικής βαλβίδας που εμφανίζει ο δίχρονος κινητήρας και είναι η αντίστροφη της κανονικής - είναι κανονικά ανοιχτή και σε καθορισμένες στροφές κλείνει.

### **3.2.4 Αντλία Επιτάχυνσης στον Εξαερωτήρα**

Η μεγαλύτερη αδράνεια που έχει η υγρή βενζίνη, έναντι του αέρα, σημαίνει ότι εάν η ρυθμιστική βαλβίδα ανοίξει ξαφνικά, η ροή αέρος θα αυξηθεί

γρηγορότερα από τη ροή του καυσίμου, προκαλώντας μια προσωρινή «κατάσταση αδυναμίας» που αναγκάζει τη μηχανή να εμφανίσει αδυναμία κατά την επιτάχυνση. Αυτό αντιμετωπίζεται με την χρήση μιας μικρής μηχανικής αντλίας, συνήθως είτε τύπου «δύτη» είτε τύπου διαφραγμάτων που ωθείται από τη σύνδεση της ρυθμιστικής βαλβίδας, η οποία ωθεί ένα μικρό ποσό βενζίνης μέσω ενός σωλήνα, απ' όπου γίνεται έγχυση στο λαιμό του εξαερωτήρα.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως αυτό το πρόσθετο ποσό καυσίμου επιδρά στην παροδική αδυναμία του κινητήρα. Οι περισσότερες αντλίες επιτάχυνσης είναι ρυθμισμένες ουσιαστικά κατά τον όγκο ή και κατά κάποιο τρόπο κατά τη διάρκεια. Τελικά τα σφραγίσματα γύρω από τα κινούμενα μέρη της αντλίας κείνται έτσι ώστε η παραγωγή της αντλίας να μειώνεται. Αυτή η μείωση του ποσού που η αντλία επιτάχυνσης τροφοδοτεί προκαλεί αδυναμία κατά την επιτάχυνση μέχρι τα σφραγίσματα στην αντλία να ανοίξουν.

### **3.2.5 Η Έμφραξη στον Εξαερωτήρα**

Όταν η μηχανή είναι κρύα, το καύσιμο ατμοποιείται δυσκολότερα και τείνει να συμπυκνωθεί στα τοιχώματα στην πολλαπλής εισαγωγής, μη τροφοδοτώντας επαρκώς τους κυλίνδρους του κινητήρα και καθιστώντας δύσκολη την εκκίνησή του, κατά συνέπεια, απαιτείται βέβαια ένα πιο πλούσιο μίγμα με περισσότερα καύσιμα αναλογικά με τον αέρα και με σκοπό να εκκινήσει και να λειτουργήσει τον κινητήρα έως ότου αυτός θερμανθεί.

Για να παρέχει πρόσθετο καύσιμο, χρησιμοποιείται συνήθως μια έμφραξη. Αυτή είναι μια συσκευή που περιορίζει τη ροή του αέρα στην είσοδο του εξαερωτήρα, πριν από τον σωλήνα venturi. Με αυτόν τον περιορισμό σε ισχύ, πρόσθετο κενό αναπτύσσεται στο βαρελάκι του εξαερωτήρα, το οποίο απορροφά πρόσθετο καύσιμο μέσω του κύριου μετρικού συστήματος για να συμπληρώσει το καύσιμο που απορροφάται από τα κυκλώματα ρελαντί και ανοιχτής βαλβίδας. Αυτό



παρέχει το πλούσιο μίγμα που απαιτείται για να στηρίξει τη λειτουργία στις χαμηλές θερμοκρασίες των κινητήρων.

Επιπλέον, η έμφραξη συνδέεται με ένα «γρήγορο έκκεντρο ρελαντί» ή παρόμοια διάταξη που αποτρέπει το πλήρες κλείσιμο της ρυθμιστικής βαλβίδας, η οποία θα μπορούσε να σταματήσει την τροφοδοσία του σωλήνα venturi και να προκαλέσει την κακή λειτουργία του κινητήρα. Αυτό χρησιμεύει επίσης ως ένας τρόπος να ενισχυθεί η προθέρμανση του κινητήρα γρήγορα, με το να δουλεύει σε μια υψηλότερη από την κανονική ταχύτητα. Επιπλέον, αυξάνει τη ροή αέρος σε όλο το σύστημα εισαγωγής που βοηθά να ψεκάσει καλύτερα το κρύο καύσιμο.

Θα πρέπει τέλος να σημειωθεί πως μερικοί εξαερωτήρες δεν έχουν μια έμφραξη αλλά άντ' αυτού χρησιμοποιούν ένα κύκλωμα εμπλουτισμού μιγμάτων ή μέσω ενός εμπλουτιστή. Κυρίως δε χρησιμοποιείται στις μικρές μηχανές, ειδικότερα μοτοσυκλέτες. Οι εμπλουτιστές λειτουργούν με το άνοιγμα ενός δευτεροβάθμιου κυκλώματος καυσίμου κάτω από τις ρυθμιστικές βαλβίδες. Αυτό το κύκλωμα λειτουργεί ακριβώς όπως το κύκλωμα ρελαντί, και όταν ενεργοποιείται, παρέχει απλά το πρόσθετο καύσιμο όταν κλείνει η ρυθμιστική βαλβίδα.

### **3.2.6 Πλωτήρες εξαερωτήρων**

Με σκοπό να εξασφαλίσει έναν σωστό ανεφοδιασμό καυσίμου, ο εξαερωτήρας έχει ένα «πλωτήρα» ή ένα «κύπελλο» που περιέχει μια ποσότητα καυσίμου που έχει περίπου την ατμοσφαιρική πίεση. Αυτή η δεξαμενή ξαναγεμίζει συνεχώς με καύσιμο που παρέχεται από μια αντλία καυσίμου. Το σωστό βέβαια επίπεδο καυσίμου στο πλωτήρα διατηρείται με τη βοήθεια μιας βαλβίδας ελέγχου επίπλευσης, με παρόμοιο τρόπο με αυτόν που υιοθετείται στα καζανάκια των τουαλετών.

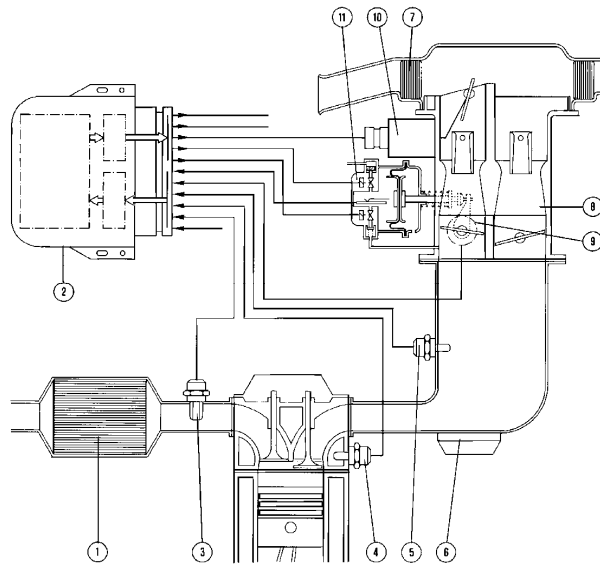
Είναι γεγονός πως όπως το καύσιμο καταναλώνεται, το επίπεδο της επίπλευσης πέφτει, και αυτό προκαλεί το άνοιγμα της βαλβίδας ελέγχου. Όταν το επίπεδο του καυσίμου αυξάνει, το επίπεδο της επίπλευσης αυξάνει και κλείνει τη βαλβίδα. Το επίπεδο του καυσίμου στο πλωτήρα μπορεί συνήθως να ρυθμιστεί, είτε από απλή διαδικασία όπως η κάμψη ενός βραχίονα με τον οποίο το επιπλέον

σώμα συνδέεται. Αυτή είναι συνήθως μια κρίσιμη ρύθμιση, η ρύθμιση της οποίας υποδεικνύεται από τις γραμμές που χαράσσονται σε ένα παράθυρο στον πλωτήρα, ή με μια μέτρηση για το πόσο μακριά βρίσκεται ο πλωτήρας από την κορυφή του εξαερωτήρα όταν αποσυντίθεται, ή με κάτι παρόμοιο. ο πλωτήρας μπορεί να κατασκευαστεί από διάφορα υλικά, όπως από φύλλα ορείχαλκου που στερεοποιούνται σε μια κοίλη μορφή, ή από πλαστικό.

Οι κοίλοι πλωτήρες μπορούν να προκαλέσουν μικρές διαρροές και οι πλαστικοί μπορούν τελικά να γίνουν πορώδεις και να χάσουν την ικανότητα επίπλευσής τους. Στη κάθε περίπτωση ο πλωτήρας θα αποτύχει να επιπλεύσει, το επίπεδο καυσίμου θα είναι πολύ υψηλό, και ο κινητήρας δεν θα λειτουργεί σωστά εκτός αν ο πλωτήρας αντικατασταθεί. Η ίδια η βαλβίδα λόγω της θέσης της προσπαθεί να κλείσει διαγωνίως τη δίοδο, και έτσι αποτυγχάνει να αποκόψει εντελώς τη ροή του καυσίμου.

Αυτό προκαλεί την υπερβολική ροή καυσίμου και την κακή λειτουργία του κινητήρα. Αντιθέτως, όπως το καύσιμο εξατμίζεται από το πλωτήρα, αφήνει ιζήματα και υπολείμματα, που φράζουν τις διόδους και μπορεί να παρεμποδιστεί η λειτουργία του. Αυτό είναι πρόβλημα που το συναντούμε συγκεκριμένα σε αυτοκίνητα που χρησιμοποιούνται μόνο για κάποιο μέρος του έτους και που αφήνεται με τους πλωτήρες πλήρεις για μήνες. Για να περιοριστεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιούνται πρόσθετες ουσίες σταθεροποιητών καυσίμων .

Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας του ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενου καρμπυρατέρ  
ECOTRONIC (PIERBURG)



1. Καταλύτης
2. Ηλ. μονάδα ελέγχου
3. Λήπτης λάμδα
4. Βαλβίδα θερμοκρασίας
5. Αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα
6. Προθέρμανση πολλαπλής εισαγωγής
7. Φίλτρο
8. Καρμπυρατέρ
9. Ποτενσιόμετρο πεταλούδας
10. Ενεργοποιητής πεταλούδας τσοκ
11. Ηλεκτροπνευματικός ρυθμιστής ανοίγματος

### 3.3.1 Λόγοι που Οδήγησαν στα Σύγχρονα Συστήματα Έγχυσης

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 το καρμπυρατέρ 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. Επιπλέον, το καρμπυρατέρ έχει μεγαλύτερο κόστος από το σύστημα ψεκασμού. Όταν οι νόμοι για την προστασία του περιβάλλοντος απαίτησαν τη συνεργασία του συστήματος τροφοδοσίας με τον καταλύτη, τα καρμπυρατέρ θα έπρεπε να φορτωθούν με τα ίδια ηλεκτρονικά συστήματα με αυτά

του συστήματος ψεκασμού τη στιγμή που, χάρη στη μαζικοποίηση της παραγωγής τους, οι τιμές των ακροφυσίων (μπεκ) που χρησιμοποιούνται στο δεύτερο, έπεφταν.

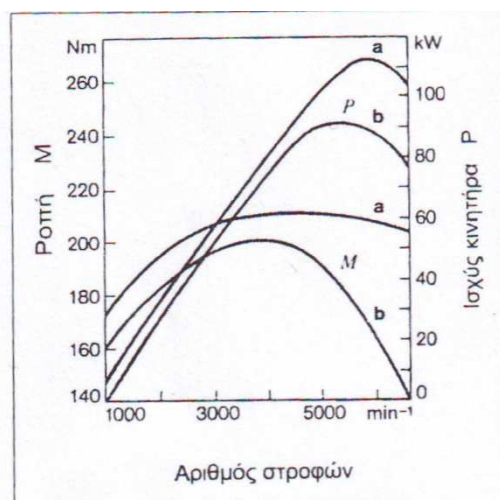
### **3.3.2 Σύγχρονα Συστήματα Έγχυσης Βενζινοκινητήρων**

Η εφαρμογή ψηφιακής τεχνολογίας στον έλεγχο του βενζινοκινητήρα, κατέστησε εφικτή την ενοποίηση των συστημάτων έγχυσης και έναυσης και την από κοινού διαχείρισή τους. Πυρήνας των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι ο ψηφιακός μικροϋπολογιστής, ο οποίος επεξεργάζεται τα σήματα εισόδου που αντανακλούν την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα (στροφές, φορτίο, θερμοκρασία) και με βάση τα δεδομένα που έχει αποθηκευμένα στη μνήμη του, παράγει τα κατάλληλα σήματα εξόδου για τη ρύθμιση της ποσότητας του εγχεόμενου 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.

Ειδικότερα οι λόγοι που οδήγησαν στα σύγχρονα συστήματα έγχυσης και τα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν έναντι των συμβατικών συστημάτων είναι:

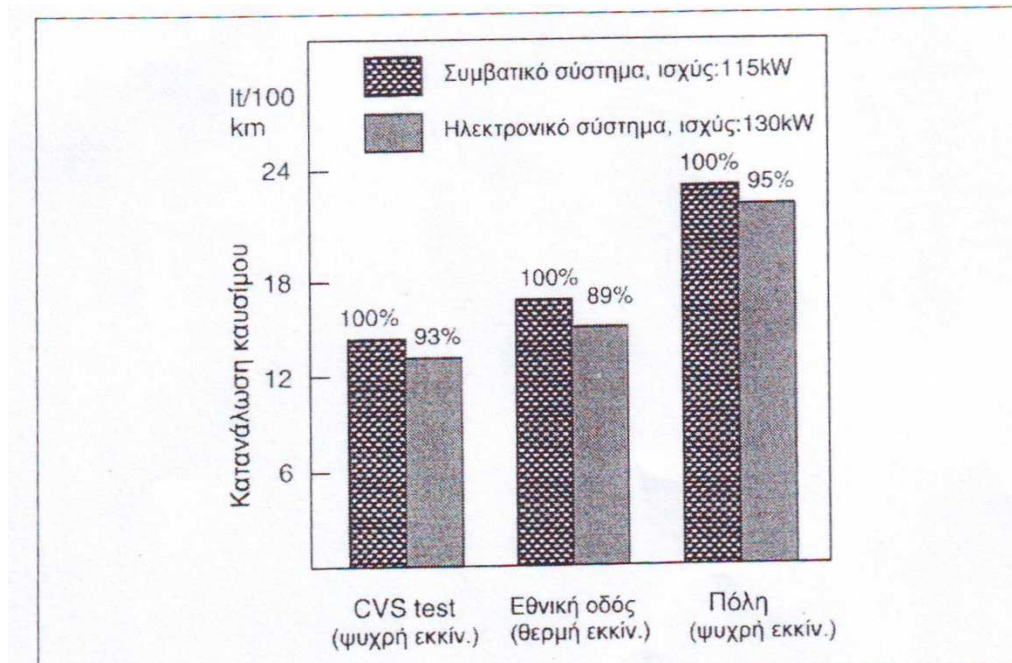
- Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου με σύγχρονη τήρηση χαμηλών ορίων εκπομπής ρύπων, με τη βέλτιστη ηλεκτρονική ρύθμιση της γωνίας προπορίας έναυσης για κάθε σημείο λειτουργίας.
- Οικονομία σε καύσιμο, εξαιτίας του ακριβούς υπολογισμού του απαιτούμενου εμπλουτισμού κατά την προθέρμανση, αλλά και του βέλτιστου υπολογισμού της προπορίας έναυσης.
- Οικονομία σε μέγεθος με ακριβή δοσολογία, ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα, του καυσίμου που απαιτείται για τον εμπλουτισμό του πλήρους φορτίου.
- Οικονομία καυσίμου λόγω της διακοπής του ψεκασμού κατά την επιβράδυνση – ρυμούλκηση του κινητήρα.

- Αξιοπίστη εκκίνηση του ζεστού και κρύου κινητήρα, με τη βέλτιστη προϋπόθεση εκκίνησης και την ακριβή ποσότητα εμπλουτισμού που απαιτείται.
- Ηλεκτρονική σταθεροποίηση στροφών ρελαντί.
- Βέλτιστη καμπύλη μέγιστης ροπής στο τμήμα χαμηλού αριθμού στροφών με συνέπεια τη βελτίωση της ελαστικότητας του κινητήρα. Έτσι προκύπτουν σημαντικά πλεονεκτήματα κατά την οδήγηση σε χαμηλές στροφές με την υψηλότερη δυνατή ταχύτητα στο κιβώτιο (οικονομία καυσίμου).
- Χαμηλές εκπομπές ρύπων στο καυσαέριο, με βέλτιστη ρύθμιση της ποσότητας που ψεκάζεται, καθώς και της προπορίας έναυσης, κατά τις διάφορες φάσεις λειτουργίας του κινητήρα (εκκίνηση – προθέρμανση, ρελαντί, μερικό φορτίο, επιτάχυνση, επιβράδυνση).
- Περαιτέρω βελτίωση όσον αφορά στις εκπομπές ρύπων στο καυσαέριο με εφαρμογή του ελέγχου στοιχειομετρικού μίγματος ( $\lambda=1$ ), σε συνδυασμό με την τεχνολογία του ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα.
- Μείωση συνολικού κόστους συστήματος, καθώς χρησιμοποιείται μόνο ένας μικροϋπολογιστής, ένα κιβώτιο, αλλά και οι ίδιοι αισθητές και για τα δύο συστήματα.
- Ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων συντήρησης του συστήματος καθώς οποιαδήποτε βλάβη ανιχνεύεται εύκολα όταν συμβεί, ενώ τα χαρακτηριστικά έναυσης και έγχυσης δε μεταβάλλονται με τον χρόνο όπως στα συμβατικά συστήματα.



Σχήμα 3.2: Καμπύλες μέγιστης ροπής – μέγιστης ισχύος

a) με ηλεκτρονική διαχείριση κινητήρα, b) με συμβατικά συστήματα



Σχήμα 3.3: Κατανάλωση καυσίμου (lt/100km).

#### Σύγκριση μεταξύ ηλεκτρονικών και συμβατικών συστημάτων

- 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 (σχήμα 3.2 και 3.3).

#### 3.3.3 Συστήματα ψεκασμού πολλαπλών σημείων

Ο ψεκασμός πολλαπλών σημείων, παρέχει ιδανικές προϋποθέσεις για τη βελτιστοποίηση των πλεονεκτημάτων που παρέχουν τα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης, καθώς σε κάθε κύλινδρο αντιστοιχεί ένας εγχυτήρας, ο οποίος ψεκάζει καύσιμο περιοδικά μπροστά από τη βαλβίδα εισαγωγής.

Έτσι δεν παρουσιάζονται φαινόμενα συμπύκνωσης ατμών καυσίμου στη βαλβίδα πολλαπλής εισαγωγής, αφού από αυτή περνά μόνο αέρας, με αποτέλεσμα την ακριβή δοσολογία του πρόσθετου καυσίμου που απαιτείται κατά τις φάσεις της

προθέρμανσης, των επιταχύνσεων και του πλήρους φορτίου (οικονομία καυσίμου). Επίσης παρέχεται η δυνατότητα στον κατασκευαστή, να βελτιώσει τη σχεδίαση της πολλαπλής εισαγωγής, με στόχο την επίτευξη ομοιόμορφης κατανομής και καλύτερης πλήρωσης των κυλίνδρων με καύσιμο μίγμα (εκμετάλλευση των δημιουργούμενων κυμάτων πίεσης, κατά το άνοιγμα ή κλείσιμο των βαλβίδων). Επιπλέον του αποτελεσματικότερου διασκορπισμού του καυσίμου, που μπορεί να επιτευχθεί με τις διάφορες τεχνολογίες σχεδίασης του ακροφύσιου του εγχυτήρα, η σύσταση του μίγματος που εισέρχεται στους κυλίνδρους είναι ομοιόμορφη. Άμεση συνέπεια των παραπάνω, είναι η βελτίωση του φαινομένου της καύσης και επομένως η αύξηση της επιτυγχανόμενης μέγιστης ροπής και ισχύος του κινητήρα. Για τους λόγους αυτούς τα σύγχρονα συστήματα ψεκασμού έχουν επικρατήσει σήμερα στην κατηγορία του μεσαίου και μεγάλου κυβισμού βενζινοκινητήρων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

**Κατάταξη Συστημάτων Έγχυσης Καθώς και Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα που Εντοπίζονται Σχετικά**

#### 4. Κατηγορίες Συστημάτων Έγχυσης

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. Αρχικά χρησιμοποιούταν μόνο στις πετρελαιομηχανές αλλά, από τα τέλη της δεκαετίας του '80 έχει επικρατήσει και στους βενζινοκινητήρες, αντικαθιστώντας σχεδόν τελείως τον εξαερωτήρα\_(καρμπιρατέρ),

Κάθε σύστημα έγχυσης είναι σχεδιασμένο και ρυθμισμένο για συγκεκριμένο τύπο καυσίμου, με τα περισσότερα συστήματα να προορίζονται για κινητήρες πετρελαίου ή βενζίνης. Με την έλευση των συστημάτων έγχυσης καυσίμου ( EFI ) , το ηλεκτρομηχανολογικό υλικό των συστημάτων έγχυσης έχει γίνει κοινό για αυτούς τους δύο τύπους καυσίμου και οι διαφορετικές ρυθμίσεις επιτυγχάνονται με αλλαγές στο προγραμματιζόμενο λογισμικό του EFI.

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

##### 4.1 Σύστημα 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 μίγματος και περισσότερο καθαρά καυσαέρια.



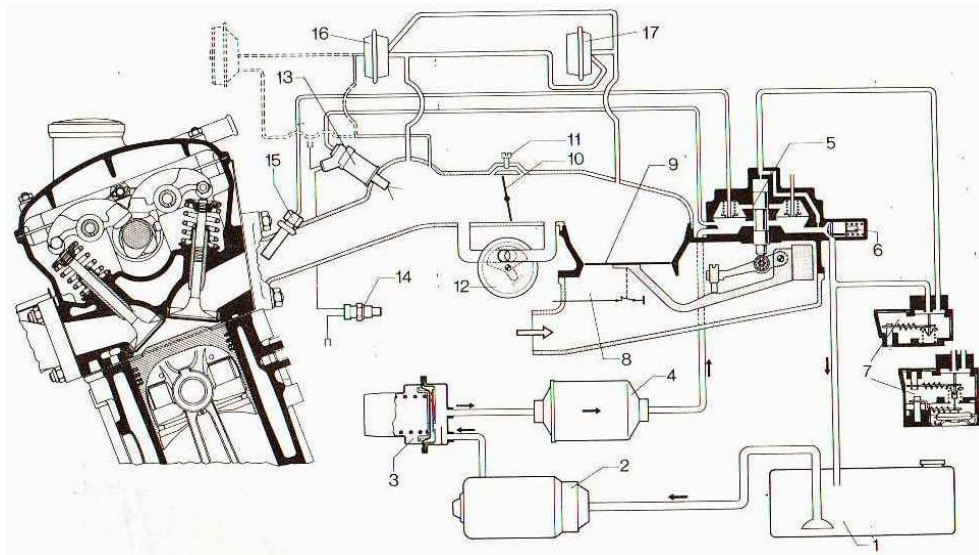
διαφέρει από τα μηχανικά συστήματα σε τρία σημεία:

α) Το καύσιμο εγχέεται συνεχώς

β) Δεν χρησιμοποιούνται μηχανικές οδηγίες

γ) Η μέτρηση του καυσίμου βασίζεται στην μέτρηση της ροής του αέρα

Λειτουργικό διάγραμμα 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. Περιοριστής κενού
17. Βαλβίδα αέρα έναρξης

#### **4.1.2 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.

#### **4.1.3 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 μμοτέρ περιβρέχεται με καύσιμο. Ο κίνδυνος έκρηξης έχει εξαλειφτεί, γιατί στο κέλυφος της αντλίας και του ηλεκτρικού μμοτέρ δε δημιουργείται μίγμα αναφλέξιμο.

Η αντλία παρέχει περισσότερο καύσιμο από τη μμέγιστη 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.

#### **4.1.4 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 της.

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.

#### **4.1.5 ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Το φίλτρο καυσίμου είναι τοποθετημένο στο κύκλωμα τροφοδοσίας με 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

#### **4.1.6 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.

#### **4.1.7 ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ (ΜΠΕΚ)**

Οι εγχυτήρες είναι στερεωμένοι σε ειδική βάση συγκράτησης, έτσι ώστε να έχουν καλή μόνωση από τη θερμότητα του κινητήρα, για να αποφευχθεί η δημιουργία φυσαλίδων στον αγωγό ψεκασμού, μμετά το σβήσιμο του κινητήρα. Οι εγχυτήρες εκτοξεύουν το καύσιμο, που παρέχεται από τον διανομέα καυσίμου στο κανάλι εισαγωγής, πριν από τις βαλβίδες εισαγωγής των κυλίνδρων. Ανοίγουν αυτόματα και αυτόνομα, μμόλις η πίεση ανοίγματος ξεπεράσει τα 3,3 bar φέρουν μια ακίδα, η άκρη της οποίας κατά τον ψεκασμό με υψηλή συχνότητα τρίζει. Μ'

αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε καλό διασκορπισμό του καυσίμου, ακόμη και σε μικρές ποσότητες.

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

#### **4.1.8 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 μμέσα από το βεντούρι μετακινεί τον δίσκο από τη θέση ηρεμίας σε μία απόσταση συγκεκριμένη. Με τη βοήθεια ενός συστήματος μμοχλών, 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 (καρμπυρασιόν), 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 μμοχλών εξισορροπούν μ' ένα αντίβαρο.

#### **4.1.9 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

Ανάλογα με τη θέση του εμβόλου, στο κυλινδράκι των μετρητικών θυρίδων δημιουργείται η ελεύθερη διατομή των θυρίδων, μέσα από τις οποίες το καύσιμο πηγαίνει στις διαφορικές βαλβίδες και από κει στα μπεκ.

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 θυρίδες ελέγχου. Όταν η κίνηση του δίσκου ροής είναι μεγάλη, το έμβολο ανοίγει μια μεγαλύτερη διαδρομή στις θυρίδες ελέγχου

#### **4.1.10 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 αναρροφώμενου αέρα ανασηκώνει το δίσκο ροής του αέρα. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε περισσότερο καύσιμο στον κινητήρα. Όταν η πίεση ρύθμισης είναι μεγαλύτερη, η αναρροφώμενη 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.

#### **4.1.11 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 εγκοπής, 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,).

#### **4.1.12 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

#### **4.1.13 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 μμέσα 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 εφαιπτομενικά σ' ένα ακροφύσιο και εκεί γίνεται ο στροβιλισμός του. Με το ακροφύσιο στροβιλισμού επιτυγχάνεται ο διασκορπισμός του καυσίμου και μμέσα στην πολλαπλή εισαγωγή και πίσω από την πεταλούδα εμπλουτίζεται ο αέρας με καύσιμο.

#### **4.1.14 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  $1 < 0$  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.

#### **4.1.15 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.

#### **4.1.16 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.

#### **4.1.17 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 μέγιστη 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.

#### **4.1.18 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.

#### **4.1.19 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 by-pass. Το διμεταλλικό έλασμα θερμαίνεται ηλεκτρικά. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα, το άνοιγμα του διαφράγματος ρυθμίζεται, έτσι ώστε κατά την ψυχρή εκκίνηση να έχουμε μμεγάλη 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.

#### **4.1.20 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

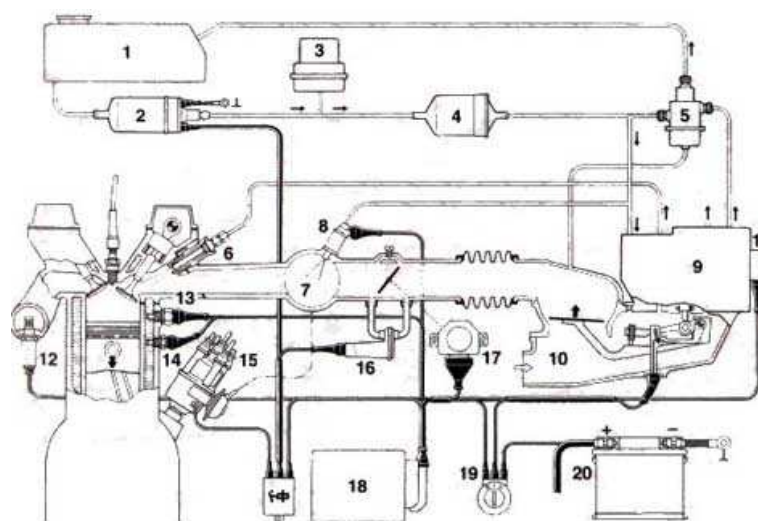
οι παλμοί του πολλαπλασιαστή χρησιμεύουν για τη λειτουργία του κινητήρα. Οι παλμοί αξιολογούνται με μια ηλεκτρονική συνδεσμολογία από το ρελέ ελέγχου. Μετά τον πρώτο παλμό το ρελέ ελέγχου δίνει τάση στην αντλία καυσίμων, στο ρυθμιστή θερμής λειτουργίας και στο ρυθμιστή αυξημένου ρελαντί (τσοκ). Το ρελέ 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.

## **4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΧΥΣΗΣ ΚΕ - JETRONIC**

Το ΚΕ-JETRONIC είναι ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει το σύστημα Κ-JETRONIC με μια μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου. Η σημαντικότερη διαφορά του Κ-JETRONIC από το ΚΕ-JETRONIC είναι ότι στο ΚΕ-JETRONIC υπάρχουν πρόσθετοι αισθητήρες και μια μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου, η οποία επεξεργάζεται με συγκεκριμένα προγράμματα όλες τις πληροφορίες που φθάνουν από τους αισθητήρες. Τα σήματα των αισθητήρων καταγράφουν την κατάσταση του κινητήρα ανά πάσα στιγμή.

Οι διορθώσεις του μίγματος ελέγχονται ηλεκτρονικά και πάντα σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των πληροφοριών, μέσω ενός ηλεκτροϋδραυλικού ενεργοποιητή, με σκοπό τη βελτίωση της οικονομίας, της ισχύος, αλλά ταυτόχρονα με μικρότερες εκπομπές καυσαερίων. Επίσης η ηλεκτρονική μονάδα μας εξασφαλίζει καλύτερες ρυθμίσεις σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του κινητήρα.

Διάγραμμα λειτουργίας του KE - JETRONIC



1. Ρεζερβουάρ καυσίμου
2. Ηλεκτρική αντλία καυσίμου
3. Συσσωρευτής καυσίμου
4. Φίλτρο καυσίμου
5. Ρυθμιστής πίεσης συστήματος
6. Βαλβίδες ψεκασμού καυσίμου (μπεκ)
7. Πολλαπλή εισαγωγής
8. Μπεκ ψυχρής εκκίνησης
9. Διανομέας καυσίμων
10. Αισθητήρας ροής αέρα
11. Ηλεκτροϋδραυλικός ενεργοποιητής πίεσης
12. Αισθητήρας λάμδα
13. Θερμοχρονοδιακόπτης
14. Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα
15. Διανομέα ανάφλεξης
16. Βαλβίδα βοηθητικού αέρα
17. Πεταλούδα γκαζιού
18. ECU
19. Διακόπτης μηχανής
20. Μπαταρία

#### **4.2.1 Ανάλυση των υποσυστημάτων του KE-JETRONIC**

Αρκετά από τα εξαρτήματα του συστήματος KE-Jetronic και οπτικά είναι ίδια με τα εξαρτήματα του συστήματος K-Jetronic. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι είναι και αντικαταστάσιμα μεταξύ τους.

Στην περίπτωση του K-JETRONIC ο έλεγχος βασίζεται στο μέγεθος του ανοίγματος των διαφορικών βαλβίδων, το οποίο είχε σχέση με τη δύναμη με την οποία ο αέρας μετακινούσε το δίσκο του αισθητήρα ροής αέρα, καθώς επίσης και συνάρτηση της πίεσης ελέγχου του αισθητήρα προθέρμανσης. Για τη ρύθμιση του μίγματος, η πτώση πίεσης μεταξύ των δύο θαλάμων των διαφορικών βαλβίδων διατηρείται σταθερή, ενώ αντίθετα στο KE μπορεί να διαφοροποιηθεί από τον ηλεκτροϋδραυλικό ενεργοποιητή (απότομη επιβράδυνση). Επίσης στο KE-JETRONIC

το VENTURI του πνεύμονα έχει σταθερή γωνία διατομής. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε ένα μίγμα Το οποίο είναι  $\lambda=1$  σε όλο Το φάσμα λειτουργίας.

#### **4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Το σύστημα παροχής καυσίμου αποτελείται από την αντλία καυσίμου, το συσσωρευτή καυσίμου, το φίλτρο και από τα μπεκ. Η λειτουργία τους έχει περιγραφεί στο σύστημα K-JETRONIC. Η διαφορά που υπάρχει στο σύστημα παροχής καυσίμου μεταξύ του KE και του K-JETRONIC, είναι ότι στο KE-JETRONIC ο ρυθμιστής πίεσης δεν είναι ενσωματωμένος στον διανομέα καυσίμου, αλλά είναι ένα ιδιαίτερο εξάρτημα.

Ο διανομέας καυσίμου του KE διαφέρει από το K-JETRONIC και ως προς την κατασκευή του αλλά και ως προς τη λειτουργία του σε ορισμένα σημεία όπως είναι οι διαφορικές βαλβίδες, στις οποίες το ελατήριο είναι τοποθετημένο στον κάτω θάλαμο. Επάνω στο έμβολο του διανομέα εφαρμόζεται μόνιμα η πίεση από το πρωτεύον κύκλωμα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε σταθερές κινήσεις στο ίδιο το έμβολο.

Η αναλογία του καυσίμου καθορίζεται από τη θέση του δίσκου ροής αέρα, ο οποίος σε συνδυασμό με το έμβολο του διανομέα καθορίζουν και το άνοιγμα εισόδου καυσίμου στο διανομέα, καθώς επίσης και σε συνδυασμό με την πίεση στις διαφορικές βαλβίδες. (Η πίεση ελέγχεται από τον ηλεκτροϋδραυλικό ρυθμιστή πίεσης).

#### **4.2.3 ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ**

Το σύστημα παροχής αέρα αποτελείται από το φίλτρο αέρα και από τον αισθητήρα ροής αέρα (δίσκο). Επάνω στο βραχίονα του δίσκου βρίσκεται ένα ποτενσιόμετρο, το οποίο πληροφορεί τον εγκέφαλο :

- α) για τη θέση του δίσκου
- β) για την ταχύτητα με την οποία ο δίσκος μετακινείται.



Ειδικές κατασκευές και ελατήρια μας εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία στο βραχίονα, καθώς επίσης και τη θέση ηρεμίας του δίσκου.

#### **4.2.4 ΗΛΕΚΤΡΟΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΗΣ**

Ο Ηλεκτροϋδραυλικός ενεργοποιητής μεταβάλλει την πίεση στον κάτω θάλαμο της διαφορικής βαλβίδας σύμφωνα με την κατάσταση του κινητήρα, με σήματα (παλμούς) ρεύματος, τα οποία διαμορφώνει ο εγκέφαλος. Αποτελείται από ένα σύστημα μαγνητών (μόνιμου και ηλεκτρομαγνήτη), οι οποίοι μετακινούν κατάλληλα ένα διάφραγμα, το οποίο με τη σειρά του μεταβάλλει την πίεση στον κάτω θάλαμο της διαφορικής βαλβίδας.

Ο ηλεκτρομαγνήτης του ηλεκτροϋδραυλικού ενεργοποιητή ελέγχεται με παλμούς ρεύματος από τον εγκέφαλο, ο οποίος μεταφράζει την πραγματική κατάσταση του κινητήρα ανά πάσα στιγμή.

Το χρησιμοποιούμενο ρεύμα είναι της τάξης των 16 MA. Σε αυτή την τιμή το διάφραγμα του Ηλεκτροϋδραυλικού ενεργοποιητή κλείνει την είσοδο του καυσίμου κι έτσι η πίεση στον κάτω θάλαμο της διαφορικής βαλβίδας φθάνει στην κατώτερη τιμή. Αυτό σημαίνει πλούσιο μίγμα, αφού το καύσιμο αυξάνεται προς τα μπεκ. Εάν δεν υπάρχει ρεύμα ελέγχου, ο ηλεκτροϋδραυλικός ενεργοποιητής λειτουργεί με τη βασική ρύθμιση. Στη βασική θέση ρύθμισης η αναλογία μίγματος είναι  $\lambda=1$ . Αντίθετα ένα ρεύμα 40 MA θα απελευθέρωνε την είσοδο του καυσίμου, με αποτέλεσμα η πίεση του κάτω θαλάμου να είναι ίση με την πίεση στον άνω θάλαμο.

#### **4.2.5 ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ)**

Ο εγκέφαλος είναι μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία εκτιμά τις πληροφορίες που λαμβάνει από τους αισθητήρες σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα και μετατρέπει τα στοιχεία αυτά σε ρεύμα ελέγχου του ηλεκτροϋδραυλικού ενεργοποιητή.

Η μονάδα ελέγχου είναι κατασκευασμένη με αναλογική-ψηφιακή τεχνολογία. Συνήθως έχει 25 ακροδέκτες στους οποίους καταλήγουν τα σήματα από τους αισθητήρες. Η ρύθμιση του μίγματος γίνεται μηχανικά. Οι διορθώσεις όμως του μίγματος κατά τη λειτουργία του κινητήρα και ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται, γίνεται μέσω των αισθητήρων και του εγκεφάλου.

#### **4.2.6 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΡΥΟ**

Κατά την εκκίνηση με κινητήρα κρύο το μίγμα είναι φτωχό, εξαιτίας της συμπύκνωσης του καυσίμου στα κρύα τοιχώματα των αγωγών. Ο εμπλουτισμός γίνεται μ' ένα μπεκ πρόσθετο (μπεκ ψυχρής εκκίνησης), το οποίο ελέγχεται από έναν θερμοχρονοδιακόπτη για να αποφύγουμε το μπούκωμα του κινητήρα. Ο θερμοχρονοδιακόπτης, σταματάει την έγχυση του μπεκ ψυχρής εκκίνησης μετά από ένα χρονικό διάστημα περίπου 8 SEC.

#### **4.2.7 ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Η προθέρμανση (πρόσθετη ποσότητα καυσίμου), πετυχαίνεται με τον ηλεκτροϋδραυλικό ρυθμιστή πίεσης με σήμα του εγκεφάλου, ο οποίος έχει πάρει πληροφορίες για τη θερμοκρασία του κινητήρα από τον αισθητήρα θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί πληροφορεί συνεχώς τον εγκέφαλο για την κατάσταση της θερμοκρασίας του κινητήρα.

#### **4.2.8 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ**

Όταν η πεταλούδα επιτάχυνσης ανοίξει απότομα, το μίγμα στιγμιαία είναι φτωχό και γ' αυτό απαιτείται πρόσθετο καύσιμο για μία χρονική περίοδο. Ο εγκέφαλος αναγνωρίζει τότε ο κινητήρας βρίσκεται στη φάση της επιτάχυνσης

(φορτίο - χρόνος). Η ταχύτητα με την οποία πατάμε το πεντάλ όταν επιταχύνουμε, καθορίζεται από την απόκλιση του δίσκου του αισθητήρα ροής αέρα. Αυτή η κατάσταση καταγράφεται από το ποτενσιόμετρο, που είναι ενσωματωμένο στο βραχίονα του δίσκου ροής αέρα και το σήμα αυτό μεταφέρεται στον εγκέφαλο. Το σήμα της επιτάχυνσης είναι μέγιστο όταν η επιτάχυνση ξεκινά από το ρελαντί και αντίστοιχα μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της ισχύος του κινητήρα.

#### **4.2.9 Φορτίο Μέγιστο**

Ο εμπλουτισμός καυσίμου σε αυτό το στάδιο είναι προγραμματισμένος να εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα. Η μέγιστη ροπή προβλέπεται για συγκεκριμένο αριθμό στροφών του κινητήρα, δηλαδή από 1.500 - 3.000 στροφές και πάνω από 4.000 στροφές. Ο αισθητήρας πεταλούδας γκαζιού ενημερώνει τον εγκέφαλο τότε η επαφή μέγιστου φορτίου είναι κλειστή.

#### **4.2.10 ΡΕΛΑΝΤΙ**

Κατά τη διάρκεια του ρελαντί και κυρίως όταν ο κινητήρας είναι κρύος, πρέπει να αντιμετωπίσουμε απώλειες τριβών αλλά και την ομαλή λειτουργία του κινητήρα. Γι' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να αυξηθεί η ποσότητα μίγματος. Αυτό το πετυχαίνουμε με τη βαλβίδα βοηθητικού αέρα.

Η παρουσία του εγκεφάλου επέτρεψε την τοποθέτηση ενός περιστρεφόμενου ενεργοποιητή ρελαντί, ο οποίος ελέγχεται από τον εγκέφαλο μέσω ενός κλειστού βρόγχου, ο οποίος με τη σειρά του ρυθμίζει το ρελαντί. ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να σταθεροποιεί της στροφές του ρελαντί σε οποιοσδήποτε συνθήκες, ταυτόχρονα όμως επεμβαίνει στην οικονομία και στην ασφάλεια. Σε περίπτωση επιβράδυνσης σε ευθεία ή όταν το αυτοκίνητο κατεβαίνει, μεγάλη κατηφόρα και ο οδηγός αφήσει το πεντάλ γκαζιού (Χωρίς να βγάλει ταχύτητα), τότε

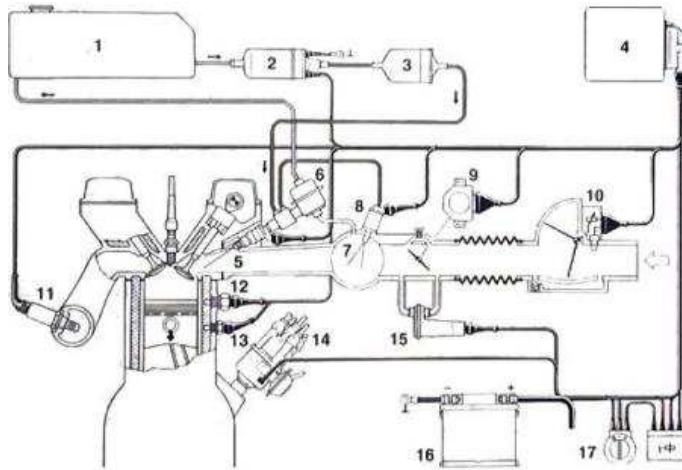
ο εγκέφαλος παίρνει ένα σήμα από τον αισθητήρα πεταλούδας ότι το πεντάλ βρίσκεται σε θέση ρελαντί, ενώ από το σύστημα διανομέα ρεύματος παίρνει σήμα ότι οι στροφές είναι υψηλές.

Αποτέλεσμα της επεξεργασίας των σημάτων αυτών είναι να δώσει εντολή μ' ένα ρεύμα αντίστροφο στον ηλεκτροϋδραυλικό ρυθμιστή πίεσης, ο οποίος απελευθερώνει τη δίοδο του καυσίμου κι έτσι και οι δύο θάλαμοι των διαφορικών να έχουν την ίδια πίεση. Η μηδενική διαφορά της πίεσης έχει σαν αποτέλεσμα την ακινητοποίηση της μεμβράνης. Το ελατήριο όμως που υπάρχει στον κάτω θάλαμο, σπρώχνει τη μεμβράνη προς τα επάνω και κλείνει την έξοδο του καυσίμου προς τα μπεκ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των στροφών του κινητήρα.

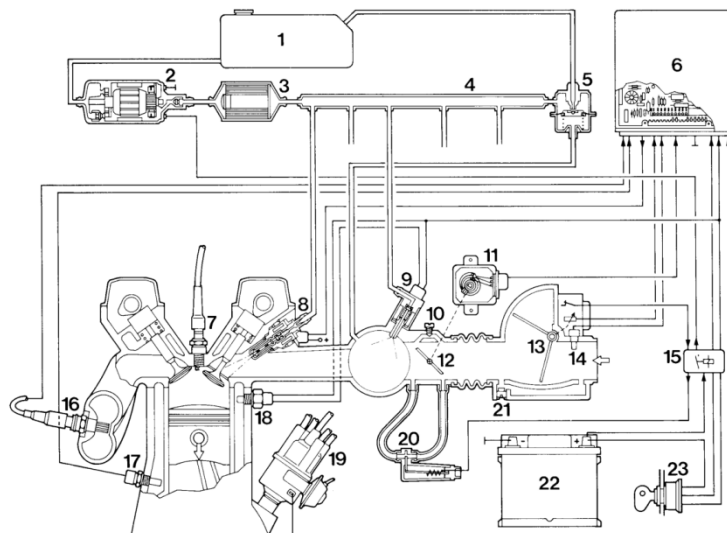
### **4.3 ΣΥΣΤΗΜΑ L – JETRONIC / LE-JETRONIC**

Το L- JETRONIC είναι ένα σύστημα διακοπτόμενου ψεκασμού, στο οποίο τα μπεκ ψεκάζουν το καύσιμο κατευθείαν στα ανοίγματα των βαλβίδων εισαγωγής. Το σύστημα βασίζεται στη μέτρηση του εισερχόμενου αέρα. Ο ψεκασμός γίνεται διακοπτόμενος, κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα, τα οποία καθορίζονται ηλεκτρονικά. Οσον αφορά στο σύστημα LE-JETRONIC είναι μια απλοποιημένη και πιο σύγχρονη παραλλαγή του συστήματος L-JETRONIC. Η βασικότερη διαφορά είναι ότι η παραγωγή της Η.Μ.Ε. (ECU) ήταν πολύ φθηνότερη λόγω των πιο σύγχρονων εξαρτημάτων, με πιο απλουστευμένες και τυποποιημένες συνδέσεις και το ότι εξαλείφτηκε το πρόβλημα της εκκίνησης με ψυχρό κινητήρα.

#### **Διάγραμμα λειτουργίας του L – JETRONIC**



1. Ρεζερβουάρ
2. Ηλεκτρική αντλία καυσίμου
3. Φίλτρο καυσίμου
4. ECU
5. Μπεκ έγχυσης καυσίμου
6. Οδηγός καυσίμου και ρυθμιστής πίεσης καυσίμου
7. Πολλαπλή εισαγωγής
8. Μπεκ ψυχρής εκκίνησης
9. Κλαπέτο γκαζιού
10. Αισθητήρας ροής αέρα
11. Αισθητήρας λάμδα
12. Θερμοχρονοδιακόπτης
13. Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα
14. Διανομέας ανάφλεξης
15. Τσοκ αέρα
16. Μπαταρία
17. Διακόπτης κινητήρα



1. Ρεζερβουάρ καυσίμου
2. Αντλία καυσίμου
3. Φίλτρο καυσίμου
4. Συλλέκτης καυσίμου
5. Ρυθμιστής πίεσης
6. Εγκέφαλος
7. Μπουζί
8. Μπεκ
9. Μπεκ ψυχρής εκκίνησης
10. Προσαρμογή ρελαντί
11. Αισθητήρας πεταλούδας γκαζιού
12. Πεταλούδα γκαζιού
13. Αισθητήρας ροής αέρα
14. Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα
15. Ρελέ
16. Αισθητήρας λάμδα
17. Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού
18. Θερμοχρονοδιακόπτης
19. Διανομέας
20. Τσοκ αέρα
21. Ρυθμιστής CO
22. Μπαταρία
23. Διακόπτης λειτουργίας

Το όλο σύστημα ελέγχεται ηλεκτρονικά και αποτελείται από τα εξής τμήματα:

1. Το σύστημα τροφοδοσίας αντλεί το καύσιμο από το ρεζερβουάρ, δημιουργεί την απαραίτητη πίεση, τη διατηρεί σταθερή και πιέζει το καύσιμο να ψεκαστεί από τα μπεκ στα ανοίγματα των βαλβίδων εισαγωγής.
2. Στο σύστημα με τους αισθητήρες, οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε κατάλληλα μέρη της μηχανής, ανιχνεύουν και καταγράφουν τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας της, όπως είναι η ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα, η θέση της πεταλούδας, η ταχύτητα και η θερμοκρασία της μηχανής και στέλνουν ανάλογα σήματα στον εγκέφαλο.
3. Στο σύστημα μέτρησης του καυσίμου, τα σήματα που παραδίδονται από τους αισθητήρες αξιολογούνται στη Μονάδα Ηλεκτρονικού Ελέγχου. Αυτή με τη σειρά της στέλνει σήματα στα μπεκ και καθορίζει πότε και πόσο χρόνο θα ψεκάσουν καύσιμο.

#### **4.3.1 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.

#### **4.3.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

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

Το ηλεκτρικό μοτέρ βρέχεται από το καύσιμο. Ο κίνδυνος έκρηξης έχει εξαιρεθεί 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, έτσι ώστε 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. Σε περίπτωση ατυχήματος η παροχή καυσίμου διακόπτεται από ένα σύστημα ασφαλείας, για να αποφευχθεί η φωτιά του οχήματος.

#### **4.3.3 ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Το φίλτρο καυσίμου είναι τοποθετημένο αμέσως μετά την αντλία βενζίνης και σκοπός του είναι να παραδίδει καύσιμο χωρίς σκουπίδια

#### **4.3.4 ΣΩΛΗΝΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ - ΔΙΑΚΛΑΔΩΤΗΡΑΣ**

Σκοπό έχει να εφοδιάζει όλα τα μπεκ με ίση ποσότητα καυσίμου, αλλά ταυτόχρονα να εξασφαλίζει την ίδια πίεση σε όλα τα μπεκ. Επίσης εφοδιάζει με καύσιμο το μπεκ ψυχρής εκκίνησης.

#### **4.3.5 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**



Ο ρυθμιστής πίεσης εξασφαλίζει στο σύστημα τροφοδοσίας, μία σταθερή πίεση. Συνήθως είναι τοποθετημένος στα άκρα του σωλήνα τροφοδοσίας του καυσίμου. Αποτελείται από μία μεταλλική θήκη και στη μέση χωρίζεται σε δύο θαλάμους, το θάλαμο του ελατηρίου και το θάλαμο καυσίμου. Όταν αρχίσει να λειτουργεί η αντλία βενζίνης, το καύσιμο πιέζεται και γεμίζει το επάνω μέρος, ενώ πιέζει το διάφραγμα προς το κάτω. Ταυτόχρονα όμως απελευθερώνει το στόμιο του σωλήνα, που πηγαίνει στο ρεζερβουάρ και έτσι μέρος του καυσίμου επιστρέφει εκεί. Το κάτω μέρος του ρυθμιστή πίεσης επικοινωνεί, μέσω ενός σωλήνα, με την πολλαπλή εισαγωγής. Από εκεί ξεκινάει μία πίεση αέρος, που επηρεάζει και αυτή το διάφραγμα. Ο συνδυασμός αυτός των πιέσεων, εξασφαλίζει μέσω του διαφράγματος, μία πίεση καυσίμου σταθερή στα μπεκ, περίπου 2,5 bar.

#### **4.3.6 ΜΠΕΚ**

Τα μπεκ στα διακοπτόμενα 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.

#### **4.3.7 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ**

Το μίγμα σχηματίζεται στην πολλαπλή εισαγωγής και στους κυλίνδρους της μηχανής. Η ποσότητα βενζίνης, η οποία θα ψεκάσει, ψεκάζεται από το μπεκ προ της βαλβίδας εισαγωγής. Κατά το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής, ο αναρροφούμενος αέρας παρασύρει μαζί του την αεριοποιημένη βενζίνη στο θάλαμο καύσης και με το στροβιλισμό που δημιουργείται κατά την κάθοδο του εμβόλου, σχηματίζεται το αναφλέξιμο μίγμα.

#### **4.3.8 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ**

Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε κατάλληλες θέσεις στη μηχανή του αυτοκινήτου, ανιχνεύουν τις διάφορες λειτουργίες και στέλνουν σήματα στην κεντρική μονάδα ελέγχου (Κ.Μ.Ε.). 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. Σε μερικές περιπτώσεις, το σήμα για την ταχύτητα έρχεται από τον αρνητικό ακροδέκτη του πολλαπλασιαστή.

#### **4.3.9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΠΟΥ ΑΝΑΡΡΟΦΑ Η ΜΗΧΑΝΗ**

Ο σκοπός όλων των συστημάτων injection, είναι να μας δώσουν το τέλειο μίγμα αέρα - βενζίνης για να έχουμε μια τέλεια καύση. Η μηχανή του αυτοκινήτου, καθώς δουλεύει, αναρροφεί μία ποσότητα αέρα. Αν μετρηθεί αυτή η ποσότητα του αέρα πριν εισέλθει στους κυλίνδρους για να γίνει η καύση, τότε ο εγκέφαλος θα πάρει το σήμα από τη μέτρηση και στη συνέχεια θα στείλει σήμα στα μπεκ να ψεκάσουν ανάλογη ποσότητα καυσίμου. Έτσι θα έχουμε το τέλειο μίγμα. Τη μέτρηση του αέρα που αναρροφά η μηχανή την κάνει ο μετρητής ποσότητας αέρα

#### **4.3.10 ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ (Περιγραφή)**

Καθώς ο αέρας φεύγει από το φίλτρο, μπαίνει στην πολλαπλή. Στην είσοδο της πολλαπλής υπάρχει ο μετρητής αέρα. Αποτελείται από ένα πτερύγιο, το οποίο είναι στερεωμένο και περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα, ο οποίος έχει και ένα ελατήριο. Όσο πιο πολύς αέρας μπαίνει, τόσο το πτερύγιο κινείται προς τα αριστερά. Στον άξονα του πτερυγίου είναι τοποθετημένο ένα ηλεκτροδυναμόμετρο, το οποίο μετατρέπει την κίνηση του πτερυγίου σε βολτάζ. Το βολτάζ μεταδίδεται στον εγκέφαλο σαν σήμα. Απέναντι από το πτερύγιο του μετρητή υπάρχει ένα άλλο πτερύγιο, το οποίο ενεργεί σαν αντίβαρο στο κύριο πτερύγιο. Στο άκρο του περάσματος υπάρχει μία βίδα που μικραίνει και μεγαλώνει το στόμιο του

περάσματος, καθώς τη βιδώνουμε και τη ξεβιδώνουμε. Είναι η βίδα ρύθμισης ρελαντί.

#### **4.3.11 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ**

Ο εγκέφαλος του L-Jetronic, βρίσκεται σ' ένα μεταλλικό περίβλημα, το οποίο του παρέχει προστασία έναντι πεπιεσμένου νερού (πλυντήριο) και των θερμικών ακτινοβολιών της μηχανής. Τα ηλεκτρικά εξαρτήματα του εγκεφάλου είναι τοποθετημένα επάνω σε αγώγιμες πλακέτες, ενώ η τοποθέτηση των εξαρτημάτων ισχύος των τελικών βαθμίδων στο μεταλλικό τμήμα του εγκεφάλου, εγγυάται μία καλή αποβολή της θερμότητας.

Με τη χρήση των μικροκυκλωμάτων και των εξαρτημάτων τύπου Hybrid , ο αριθμός των εξαρτημάτων μειώθηκε. Η ολοκληρωμένη λειτουργία των γκρουπ σε μικροκυκλώματα (π.χ. Φίλτρο Σχηματισμού Τετραγωνικών Παλμών, Διαχωριστήρας Συχνοτήτων, Διαχωριστής - Χειριστής Πολλαπλασιασμού Παλμών) και των εξαρτημάτων σε εξάρτημα τύπου Hybrid, αύξησε την αξιοπιστία του εγκεφάλου. 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 ασφαρίζεται ο εγκέφαλος από ανάποδη πολικότητα και βραχυκυκλώματα.

Για τον έλεγχο του εγκεφάλου και των εντολέων, η BOSCH διαθέτει ειδικές συσκευές ελέγχου, οι οποίες συνδέονται με πολυπολικό φισ, μεταξύ της πλεξούδας - καλωδίων και του εγκεφάλου.

Από την εικόνα βλέπουμε ότι 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.

#### **4.3.12 ΨΥΧΡΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ**

Όταν η μηχανή 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.

#### **4.3.13 ΜΠΕΚ ΨΥΧΡΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ**

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.

#### **4.3.14 ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ**

Αποτελείται από μία λεπτή βέργα, που είναι κατασκευασμένη από δύο μέταλλα. Η βέργα θερμαίνεται ηλεκτρικά. Τα δύο μέταλλα όταν θερμαίνονται, δε διαστέλλονται το ίδιο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κάμπτεται η βέργα. Όταν η θερμοκρασία αυξηθεί, η βέργα κάμπτεται περισσότερο και κάνει επαφή με μία άλλη βέργα. Μόλις γίνει επαφή ανάμεσα στις δύο βέργες, προκαλείται γείωση στο ρεύμα του μπεκ κρύας εκκίνησης και το μπεκ σταματάει να ψεκάζει καύσιμο. Δηλαδή το μπεκ ψυχρής εκκίνησης και ο θερμικός χρονοδιακόπτης λειτουργούν σαν ένα σύνολο. Είναι κρύα η μηχανή, λειτουργεί το μπεκ, ζεσταίνεται η μηχανή, λειτουργεί ο θερμικός χρονοδιακόπτης και διακόπτει τη λειτουργία του μπεκ. Ο θερμικός χρονοδιακόπτης είναι τοποθετημένος σε τέτοιο σημείο, ώστε να μετράει τη θερμοκρασία της μηχανής. Συνήθως είναι σφηνωμένος στο μπεκ της μηχανής.

#### **4.3.15 ΖΕΣΤΑΜΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ**

Μετά τη φάση του κρύου ξεκινήματος, ακολουθεί η φάση ζεστάματος της μηχανής. όταν η μηχανή ζεσταθεί, ο ψεκασμός καυσίμου μειώνεται στα φυσιολογικά επίπεδα. Τη λειτουργία αυτή, την εκτελεί ο αισθητήρας θερμοκρασίας της μηχανής στέλνοντας τα κατάλληλα σήματα στον εγκέφαλο.

#### **4.3.16 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ**

Μετράει τη θερμοκρασία της μηχανής και στέλνει ένα σήμα στον εγκέφαλο. Με βάση αυτό το σήμα, ο εγκέφαλος κάνει τα μπεκ να ψεκάζουν περισσότερο καύσιμο. Όταν η μηχανή ζεσταθεί, διακόπτεται η παροχή καυσίμου. Ο Αισθητήρας θερμοκρασίας μηχανής βρίσκεται βυθισμένος στο ψυκτικό υγρό. Αποτελείται από

μία αντίσταση NTC. Η αντίσταση NTC έχει την ιδιότητα, όταν η θερμοκρασία αυξάνει, να μειώνεται η ηλεκτρική της αντίσταση.

#### **4.3.17 ΒΑΛΒΙΔΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΑ (Τσοκ)**

Όταν η μηχανή είναι κρύα, παρουσιάζεται δυσκολία στη λειτουργία της, λόγω της συστολής των μερών της. Πρέπει το συντομότερο να αποκτήσει τη θερμοκρασία λειτουργίας.

Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αναρροφήσει περισσότερο αέρα από το κανονικό και κατά συνέπεια ο εγκέφαλος να δώσει σήμα στα μπεκ να ψεκάσουν περισσότερο καύσιμο. Αυτή τη δουλειά κάνει το τσοκ,

Κάτω από την πεταλούδα, υπάρχει ένας σωλήνας που την παρακάμπτει και από αυτόν μπορεί να περάσει αέρας προς τον κύλινδρο, χωρίς να περάσει από το άνοιγμα της πεταλούδας. Αυτό συμβαίνει όταν βρει την πεταλούδα σχεδόν κλειστή. Επάνω στο σωλήνα αυτού, έχει τοποθετηθεί η βαλβίδα βοηθητικού αέρα (τσοκ).

Το τσοκ έχει ένα φιλμ που συνδέεται ηλεκτρικά και παίρνει ρεύμα από το ρελέ της μηχανής. Έχει επίσης ένα έλλασμα, το οποίο περιβάλλεται από ένα θερμαντικό ηλεκτρικό στοιχείο. Το στοιχείο αυτό κρατεί το έλλασμα ζεστό, μόνιμα και σταθερά. Αν όμως αυξηθεί η θερμοκρασία του ελάσματος από ηλεκτρική αιτία, δηλαδή από τη θερμοκρασία της μηχανής, τότε το έλλασμα κάμπτεται επειδή τα δύο μέταλλα που το αποτελούν έχουν διαφορετικό συντελεστή διαστολής.

Όταν η μηχανή είναι κρύα, το άνοιγμα της βαλβίδας συμπίπτει με την τρύπα της ροδέλας και ο αέρας περνάει από το πτερύγιο του αισθητήρα ροής αέρα, βρίσκει την πεταλούδα κλειστή και αναγκάζεται να περάσει από το σωλήνα παράκαμψης. Η μηχανή τροφοδοτείται με περισσότερο αέρα, ο εγκέφαλος στέλνει περισσότερο καύσιμο και η μηχανή ζεσταίνεται.

Όταν το διμεταλλικό έλλασμα δεχθεί περισσότερη θερμοκρασία, αφού η μηχανή ζεσταίνεται, τότε κάμπτεται περισσότερο, αναγκάζει τη ροδέλα να περιστραφεί και κλείνει το άνοιγμα του σωλήνα παράκαμψης. Τότε σταματάει να εισέρχεται αέρας και ο εγκέφαλος ελαττώνει το καύσιμο. Μ' αυτόν τον τρόπο, η βαλβίδα βοηθητικού αέρα ζεσταίνει τη μηχανή, όταν αυτή είναι κρύα.

#### **4.3.18 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΚΛΑΠΕΤΟΥ**

Ο διακόπτης του κλαπέτου είναι τοποθετημένος στην πολλαπλή εισαγωγής και τίθεται σε λειτουργία μέσω του άξονα του κλαπέτου. Στις πρόσθετες θέσεις, ρελαντί και φουλ φορτίο, συνδέεται κάθε φορά μία επαφή.

#### **4.3.19 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ**

Κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης, ψεκάζεται πρόσθετη βενζίνη. Σε μεταπήδησεις από μία κατάσταση λειτουργίας σε μια άλλη, προκύπτουν αποκλίσεις από το κανονικό μίγμα, οι οποίες πρέπει να διορθωθούν για να καλυτερεύσουν τη συμπεριφορά οδήγησης.

Όταν από σταθερές στροφές ανοίξει ξαφνικά το κλαπέτο (γκάζι), τότε ρέει προς τους χώρους καύσης, διαμέσου του μετρητή ποσότητας του αέρα, περισσότερη ποσότητα αέρα από την υπάρχουσα. Η ποσότητα αυτή είναι αναγκαία για να μπορέσει να φθάσει η υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής σε νέα επίπεδα. Κατόπιν αυτού, το κλαπέτο φραγμού υπερπηδά στιγμιαία από την υπάρχουσα θέση προς το τέρμα, ώσπου ν' ανοίξει το κλαπέτο (γκάζι) εντελώς.

Αυτή η υπερπήδηση δημιουργεί μία αυξημένη διανομή της βενζίνης (εμπλουτισμός, επιτάχυνση), με αποτέλεσμα αυτή η φάση μεταπήδησης να λειτουργεί σωστά. Κατά τη θερμή φάση λειτουργίας της μηχανής (μεταπήδηση από χαμηλή θερμοκρασία προς θερμοκρασία λειτουργίας της μηχανής), αυτός ο εμπλουτισμός που δημιουργείται κατά την επιτάχυνση δεν είναι αρκετός. Σ' αυτή την κατάσταση λειτουργίας, εκτιμάται από τον εγκέφαλο επιπλέον η ταχύτητα με



την οποία τινάζεται το κλαπέτο φραγμού στο μετρητή ποσότητας αέρα, λαμβάνοντας το ανάλογο ηλεκτρικό σήμα.

#### **4.3.20 ΠΑΛΜΟΙ ΨΕΚΑΣΜΟΥ**

Οι σχηματισμένοι παλμοί ψεκασμού, που προέρχονται από τη βαθμίδα πολλαπλασιασμού, ενισχύονται εν συνεχεία από την Τελική Βαθμίδα. Οι μετά την τελική βαθμίδα ενισχυόμενοι παλμοί χειρίζονται τα μπεκ. Όλα τα μπεκ ανοιγοκλείνουν ταυτοχρόνως. Σε κάθε μπεκ είναι συνδεδεμένη εν σειρά μία προαντίσταση, για τον περιορισμό του ρεύματος. Οι εγκέφαλοι των 6κύλινδρων και 8-κύλινδρων μηχανών έχουν δύο τελικές βαθμίδες, εκ των οποίων η κάθε μία χειρίζεται 3 ή 4 μπεκ. Και οι δύο τελικές βαθμίδες εργάζονται την ίδια στιγμή.

Ο χρόνος ψεκασμού στο L-Jetronic είναι έτσι επιλεγμένος, που να ψεκάζεται η βενζίνη σε κάθε στροφή του εκκεντροφόρου δύο φορές το μισό της αναγκαίας ποσότητας, για κάθε κύκλο λειτουργίας του κυλίνδρου. Παράλληλα του χειρισμού των μπεκ μέσω προαντιστάσεων, υπάρχουν εγκέφαλοι με ρυθμισμένη τελική βαθμίδα. Σ' αυτούς τους εγκέφαλους τα μπεκ λειτουργούν χωρίς προαντιστάσεις. Επιπλέον η διαδικασία χειρισμού των μπεκ ακολουθεί ως εξής:

Η τελική βαθμίδα του L-Jetronic τροφοδοτεί με ρεύμα συγχρόνως 3 ή 4 μπεκ. Αμέσως μετά την έλξη των βελόνων των μπεκ μέσω των παλμών, το ρεύμα των μπεκ για την υπόλοιπη διάρκεια των παλμών μειώνεται σε ένα πιο αδύνατο ρεύμα, το ονομαζόμενο Ρεύμα Συγκράτησης.

Δημιουργία των παλμών στον εγκέφαλο μιας 4-κύλινδρης μηχανής:  
Επειδή οι παλμοί ενεργοποιούν αρχικά τα μπεκ με υψηλό ρεύμα, λαμβάνεται αυτό σε σύντομα χρονικά διαστήματα. Κατ' αυτόν τον τρόπο η τελική βαθμίδα φορτίζεται λιγότερο και έτσι είναι δυνατό σε μία τελική βαθμίδα να συνδεθούν έως και 12 μπεκ.

## 4.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ MONO-JETRONIC

### 4.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

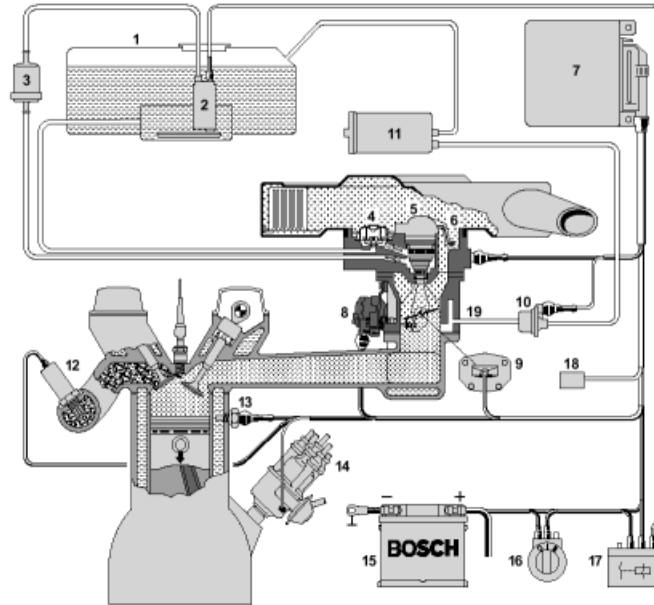
Το κύριο κομμάτι του Mono-Jetronic είναι η συσκευή ψεκασμού με τον ηλεκτρομαγνητικό εγχυτήρα. Η έγχυση του καυσίμου είναι διακεκομμένη και πάνω από την πεταλούδα στραγγαλισμού.

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.

**4.4.2** 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       | 6. Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα |
| 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 φιλ                  | 19. Συσκευή ψεκασμού            |

#### 4.4.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

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 χρησιμεύει 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 αυτεπίστροφης βαλβίδας οδηγείται στο σύστημα τροφοδοσίας.

#### **4.4.4 ΦΙΛΤΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Το φίλτρο καυσίμου σκοπό έχει να καθαρίζει τα ξένα σώματα από το καύσιμο, έτσι ώστε να μην εμποδίζεται η λειτουργία των περαιτέρω εξαρτημάτων, όπως του ρυθμιστή πίεσης αλλά κυρίως του εκχυτήρα. Η θέση του στο αυτοκίνητο είναι στο κάτω μέρος, αλλά σε τέτοιο σημείο ώστε να προστατεύεται από τα διάφορα χτυπήματα. Αποτελείται από ένα δακτύλιο στεγανοποίησης χυτευμένο και περιτύλιγμα χαρτιού. Για το διαχωρισμό της καθαρής από την ακάθαρτη πλευρά υπάρχει ένας δακτύλιος στεγανότητας, από σκληρό πλαστικό, που είναι συγκολλημένο με το κέλυφος του φίλτρου. Η διάρκεια ζωής του φίλτρου κυμαίνεται από 50.000 - 70.000 Km. Προσοχή απαιτείται στην τοποθέτηση του φίλτρου.

#### **4.4.5 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Ο ρυθμιστής πίεσης του καυσίμου, διατηρεί σταθερή τη διαφορά πίεσης μεταξύ του καυσίμου και του περιβάλλοντος που υπάρχει στον εκχυτήρα. Βρίσκεται ενσωματωμένος στο υδραυλικό τμήμα του συστήματος ψεκασμού.

Ο ρυθμιστής πίεσης χωρίζεται σε δύο θαλάμους με μία μεμβράνη, στον κάτω θάλαμο - όπου γίνεται η εισαγωγή του καυσίμου- και στον πάνω θάλαμο -όπου υπάρχει ένα ελατήριο τεντωμένο και πιέζει τη μεμβράνη. Μια βαλβίδα συνδέεται με τη μεμβράνη και πιέζεται από το ελατήριο επάνω στη έδρα της. Η πίεση του καυσίμου εξασκεί επάνω στην επιφάνεια της μεμβράνης μια δύναμη. Όταν αυτή η δύναμη υπερνικήσει την αντίθετη δύναμη του ελατηρίου, τότε η βαλβίδα ανασηκώνεται από την έδρα της και το καύσιμο επιστρέφει στο ρεζερβουάρ. Στην κατάσταση ισορροπίας, η διαφορά πίεσης στον πάνω και στον κάτω θάλαμο είναι περίπου 100 Kpa.

Η διαδρομή της βαλβίδας αλλάζει ανάλογα με την παροχή και την κατανάλωση. Η πίεση ρύθμισης, για μια μεγάλη περιοχή όπου παρέχεται καύσιμο, παραμένει σε συγκεκριμένα όρια. Όταν ο κινητήρας σβήσει, η παροχή καυσίμου σταματάει. Μια βαλβίδα στο ρυθμιστή πίεσης και μια ανεπίστροφη βαλβίδα στην αντλία καυσίμου υπάρχουν για να διατηρούν, για κάποιο χρονικό διάστημα, την πίεση στο υδραυλικό τμήμα της συσκευής ψεκασμού.

#### **4.4.6 ΔΟΧΕΙΟ ΕΝΕΡΓΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Οι αναθυμιάσεις του καυσίμου από το ρεζερβουάρ και οι προδιαγραφές που υπάρχουν στις διάφορες χώρες για τη μείωση των καυσαερίων, οδήγησαν τους κατασκευαστές στη δημιουργία ενός συστήματος κατακράτησης των αναθυμιάσεων του καυσίμου. Το σύστημα αυτό περιέχει ένα δοχείο ενεργού άνθρακα συνδεδεμένο με το ρεζερβουάρ.

Το καύσιμο που περιέχεται στις αναθυμιάσεις απορροφάται από τον ενεργό άνθρακα. Ο αέρας που περνάει από το δοχείο του ενεργού άνθρακα συμπαρασύρει και την ποσότητα καυσίμου και διαμέσου της πολλαπλής εισαγωγής πηγαίνει στους κυλίνδρους για καύση.

#### **4.4.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

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.

#### **4.4.8 ΠΛΗΡΩΣΗ ΜΕ ΑΕΡΑ**

Για να πετύχουμε μία συγκεκριμένη σχέση καυσίμου - αέρα, σε κάθε κύκλο λειτουργίας του κινητήρα, πρέπει να μετριέται η ποσότητα του αέρα που αναρροφάται. Όταν αυτή η ποσότητα του αέρα είναι γνωστή, τότε με κατάλληλη ρύθμιση του εγχυτήρα και του χρόνου ρύθμισης, μπορούμε να υπολογίσουμε και την αντίστοιχη ποσότητα καυσίμου.

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 MonoJetronic, 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.

#### **4.4.9 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

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

#### **4.4.10 ΓΩΝΙΑ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ**

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.

#### **4.4.11 ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ**

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 ελλείσματα αντίστασης αντιστοιχεί και ένα έλλασμα συλλέκτη. Ο βραχίονας επαφών έχει τέσσερις ψήκτρες, για κάθε αγωγό του ποτενσιόμετρου. Οι ψήκτρες των ελλεισμάτων των αντιστάσεων και των ελλεισμάτων 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.

#### **4.4.12 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ**

Η πληροφορία για τον αριθμό στροφών, που απαιτείται για τη ρύθμιση α/π, παίρνεται από τον χρόνο περιόδου ανάφλεξης. Τα σήματα τα οποία προέρχονται από την ανάφλεξη, πηγαίνουν στη μονάδα ελέγχου, όπου και επεξεργάζονται. Αυτά έρχονται έτοιμα για επεξεργασία από την ανάφλεξη ή από τα σήματα χαμηλής τάσης στον ακροδέκτη του πολλαπλασιαστή. Αυτά τα σήματα χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση των εντολών για έγχυση. Έτσι κάθε σήμα από την ανάφλεξη ενεργοποιεί μια εντολή για έγχυση.

#### **4.4.13 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ**

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.

#### **4.4.14 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

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.

#### **4.4.15 ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ**

Από την τάση της μπαταρίας εξαρτάται ο χρόνος έγχυσης και διακοπής του εγχυτήρα. Εάν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας υπάρχουν διακυμάνσεις της τάσης της μπαταρίας, τότε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου διορθώνει την καθυστέρηση απόκρισης που προκαλείται αλλάζοντας το χρόνο έγχυσης.

Σε περιπτώσεις χαμηλής τάσης. Π.χ. εκκίνηση με κρύο κινητήρα, το σήμα έγχυσης παρατείνεται. Η παράταση αυτή του σήματος έγχυσης δημιουργεί αντιστάθμιση της χαρακτηριστικής παροχής της ηλεκτρικής αντλίας καυσίμου. η οποία κάτω από αυτές τις συνθήκες δεν αυξάνει τελείως την πίεση του συστήματος παροχής. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου καταγράφει την τάση της μπαταρίας σαν ένα σήμα εισόδου συνεχόμενο μέσω ενός αναλογικού ψηφιακού μετατροπέα του μικροϋπολογιστή.

#### **4.4.16 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ "λ"**

Ο αισθητήρας "λ" βρίσκεται τοποθετημένος στην εξάτμιση του κινητήρα σε σημείο τέτοιο, ώστε να υπάρχει η απαραίτητη θερμοκρασία για τη λειτουργία του σε όλο το φάσμα λειτουργίας του κινητήρα. Τα είδη των αισθητήρων είναι δύο, ο θερμαινόμενος και ο μη θερμαινόμενος. Σκοπός της ύπαρξης του αισθητήρα "λ" είναι να μεταφέρει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ένα ηλεκτρικό σήμα για τη σύνθεση του μίγματος ανά πάσα στιγμή. Έτσι είναι δυνατή η ρύθμιση του μίγματος σε  $\lambda=1$ . Το σώμα του αισθητήρα αποτελείται από ειδικό κεραμικό και πάνω στην επιφάνειά του υπάρχει ένα πορώδες ηλεκτρόδιο πλατίνας. Η άκρη του αισθητήρα βρίσκεται μέσα στο ρεύμα των καυσαερίων και είναι διαμορφωμένη κατά τρόπο τέτοιο, ώστε η εξωτερική πλευρά του ηλεκτροδίου να εκτίθεται στα καυσαέρια και η εσωτερική πλευρά του ηλεκτροδίου να έρχεται σε επαφή με τον αέρα του περιβάλλοντος. Η λειτουργία του αισθητήρα βασίζεται στην ιδιότητα του κεραμικού υλικού να επιτρέπει τη διαπίδυση του οξυγόνου του αέρα. Το κεραμικό υλικό γίνεται αγωγίμο σε υψηλές θερμοκρασίες. Εάν η περιεκτικότητα οξυγόνου στις δύο πλευρές του ηλεκτροδίου είναι διαφορετική, τότε δημιουργείται στο ηλεκτρόδιο μια ηλεκτρική τάση. Για μία σύνθεση του μίγματος  $\lambda=1$  προκύπτει μια απότομη μεταβολή της τάσης.

Το κεραμικό του αισθητήρα είναι στερεωμένο σε μια βιδωτή βάση στήριξης και υπάρχουν προστατευτικοί σωλήνες και ηλεκτρικές συνδέσεις. Η εσωτερική αντίσταση και η τάση εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Μία λειτουργία ασφαλής είναι δυνατή σε θερμοκρασίες καυσαερίων πάνω από  $350^{\circ}\text{C}$  -για τον μη θερμαινόμενο- και πάνω από  $200^{\circ}\text{C}$  -για το θερμαινόμενο.

Στον θερμαινόμενο αισθητήρα το κεραμικό θερμαίνεται εσωτερικά με τη βοήθεια ενός κεραμικού θερμαντικού σώματος, έτσι ώστε ακόμη και με χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων, η θερμοκρασία του κεραμικού του αισθητήρα να μένει πάνω από το όριο λειτουργίας των  $350^{\circ}\text{C}$ . Μ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ψύξη του κεραμικού του αισθητήρα με καυσαέρια κρύα.

#### **4.4.17 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου επεξεργάζεται τα στοιχεία σύμφωνα με την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα μέσω των αισθητήρων. βρίσκεται τοποθετημένη σε ένα πλαστικό κέλυφος. Η συνήθης τοποθέτησή της είναι είτε μέσα στην καμπίνα των επιβατών, είτε μέσα στην υδρορροή και μακριά από εστίες θερμικής ακτινοβολίας του κινητήρα.

Τα κύρια μέρη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου είναι: τα διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία -τα οποία είναι τοποθετημένα επάνω σε μία πλακέτα-, ένας σταθεροποιητής τάσης 5 v και οι κλίμακες της τάσης εξόδου. Ένα πολυβύσμα 25-πολικό χρησιμεύει στη σύνδεση της μονάδας ελέγχου με τη μπαταρία, με τους διάφορους ρυθμιστές αλλά και με τους αισθητήρες.

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.

#### **4.4.18 ΕΓΧΥΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ – ΕΓΧΥΤΗΡΑΣ**

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 εγχυτήρας 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.

Η στεγανοποίηση του εγχυτήρα με το περιβάλλον επιτυγχάνεται με στεγανωτικούς δακτυλίους. Ένα πλαστικό καπάκι κλείνει το χώρο τοποθέτησης του εγχυτήρα προς τα επάνω. Μέσα στο καπάκι υπάρχουν και οι ηλεκτρονικές συνδέσεις. Ο εγχυτήρας αποτελείται από ένα κέλυφος και την κυρίως βαλβίδα.

Το κέλυφος του εγχυτήρα περιέχει το πηνίο και την υποδοχή της ηλεκτρικής σύνδεσης. Ο κυρίως εγχυτήρας περιέχει το σώμα του και τη βελόνα με το μαγνητικό σπλισμό. Όταν το πηνίο δεν διαρρέετε από ρεύμα, ένα ελατήριο με τη βοήθεια της πίεσης του συστήματος πιέζει τη βελόνα του εγχυτήρα στην έδρα της. Όταν το πηνίο διεγείρεται, η βαλβίδα ανασηκώνεται από την έδρα της, έτσι ώστε το καύσιμο να βγαίνει από το ημισφαιρικό άνοιγμα.

Στο μπροστινό άκρο της βελόνας υπάρχει μια ακίδα έγχυσης, η οποία εξέρχεται από την τρύπα του σώματος της βαλβίδας. Η μορφή αυτής της ακίδας φροντίζει για τον καλό ψεκασμό του καυσίμου. Το μέγεθος του διάκενου μεταξύ της ακίδας έγχυσης και του σώματος της βαλβίδας, καθορίζει τη μέγιστη παροχή καυσίμου, με τον εγχυτήρα διαρκώς ανοιχτό. Λόγω του ότι η πίεση του καυσίμου είναι σταθερή, η πραγματική ποσότητα έγχυσης εξαρτάται μόνο από το χρόνο που η βαλβίδα παραμένει ανοιχτή.

Λόγω της υψηλής συχνότητας των παλμών έγχυσης, πρέπει οι εγχυτήρες να παρουσιάζουν πολύ μικρούς χρόνους λειτουργίας. Οι χρόνοι ανοίγματος και κλεισίματος του εγχυτήρα είναι μικρότεροι από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου. Αυτό οφείλεται στον καλό σχεδιασμό του μαγνητικού πηνίο  $u$  και στη βελόνα της βαλβίδας. Έτσι εξασφαλίζεται μια ακριβής δοσολογία για μικρότερες ποσότητες.

#### **4.4.19 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ**

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.

#### **4.4.20 ΡΥΘΜΙΣΗ ΛΟΓΟΥ "λ"**

Η ρύθμιση "λ" ρυθμίζει το μίγμα αέρα - καυσίμου ακριβώς στη σχέση  $\lambda=1$ . Ένας αισθητήρας "λ" στο ρεύμα των καυσαερίων μεταφέρει συνέχεια ένα σήμα με τη βοήθεια του οποίου η μονάδα ελέγχου ελέγχει το μίγμα αέρα καυσίμου κατά τη

στιγμιαία καύση και εάν είναι ανάγκη αυξάνει ή μειώνει το χρόνο ψεκασμού του καυσίμου. Η ρύθμιση "λ" συνδέεται με τη βασική ρύθμιση του συστήματος παρασκευής μίγματος και ταυτόχρονα φροντίζει το σύστημα να συνεργάζεται με τον τριοδικό καταλύτη.

Με τον αισθητήρα "λ" δημιουργείται ένα κύκλωμα ρύθμισης, το οποίο αναγνωρίζει και διορθώνει τις αποκλίσεις από τη στοιχειομετρική σχέση αέρα - καυσίμου.

Η αρχή ρύθμισης στηρίζεται στη μέτρηση του υπολοίπου οξυγόνου στα καυσαέρια με τον αισθητήρα "λ". Το υπόλοιπο οξυγόνο είναι ένα μέτρο για τη σύνθεση του μίγματος αέρα - καυσίμου που παρέχεται στον κινητήρα. Ο αισθητήρας "λ" στην εξάτμιση δίνει πληροφορίες αν το μίγμα είναι φτωχό ή πλούσιο. Σε περίπτωση απόκλισης από αυτή την τιμή, δημιουργείται στο σώμα εξόδου του αισθητήρα μία τάση, την οποία αξιολογεί το κύκλωμα ρύθμισης. Έτσι υψηλή τάση αισθητήρα σημαίνει πλούσιο μίγμα, περίπου 800 mV, ενώ χαμηλή τάση αισθητήρα σημαίνει φτωχό μίγμα, περίπου 200 mV. Κάθε μεταβολή από πλούσιο σε φτωχό και αντίθετα προκαλεί τη μεταβολή του σήματος του αισθητήρα "λ". Ο διορθωτικός συντελεστής "λ" χρησιμοποιείται για τη διόρθωση του χρόνου ψεκασμού του εγχυτήρα. Η παροχή καυσίμου για τιμές "λ" πάνω από 1 αυξάνεται και για τιμές κάτω από 1 μειώνεται. Η ρύθμιση "λ" παρακολουθεί τις αποκλίσεις από την ιδανική τιμή  $\lambda=1$  και τις προσαρμόζει. Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται τόσο ακριβής η παροχή καυσίμου, ώστε η σχέση αέρα - καυσίμου να είναι η καλύτερη για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας.

#### **4.4.21 ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΤΡΟΦΩΝ ΡΕΛΑΝΤΙ**

Με τη ρύθμιση ρελαντί μειώνεται ο αριθμός στροφών του ρελαντί και σταθεροποιείται. Ο ρυθμιστής φροντίζει για τη σταθερότητα των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί, σε όλη τη διάρκεια ζωής του αυτοκινήτου.

Το Mono-Jetronic δε χρειάζεται συντήρηση, γιατί κατά το ρελαντί δεν είναι απαραίτητο να ρυθμιστεί ούτε ο αριθμός στροφών, αλλά ούτε και το μίγμα.

Στη ρύθμιση ρελαντί ελέγχουμε το μηχανισμό που ανοιγοκλείνει την πεταλούδα, έτσι ώστε οι στροφές του ρελαντί να διατηρούνται στον προγραμματισμένο αριθμό, κάτω απ' όλες τις συνθήκες λειτουργίας, π.χ. ζεστός ή κρύος κινητήρας, φορτίο, ηλεκτρική εγκατάσταση. Για πορεία σε μεγάλα υψόμετρα, όπου η πυκνότητα του αέρα είναι μειωμένη, είναι αναγκαία η μεγαλύτερη γωνία πεταλούδας στο ρελαντί.

#### **4.4.22 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ**

Ο ρυθμιστής πεταλούδας μπορεί να επηρεάσει την παροχή αέρα στον κινητήρα και επενεργεί στην πεταλούδα, μέσω του άξονά της. Ένα μοτέρ συνεχούς ρεύματος μεταδίδει την κίνηση στον άξονα ρύθμισης, μέσω ατέρμονα - κορώνας και ανάλογα με τη φορά περιστροφής του μοτέρ, ανοίγει η πεταλούδα ή αντιστρέφοντας τους πόλους του ηλεκτρικού μοτέρ, κλείνει. Μέσα στον άξονα ρύθμισης μία επαφή είναι ενσωματωμένη και κλειστή όταν ο άξονας ακουμπά στον μοχλό της πεταλούδας. Έτσι δίνει το σήμα ρελαντί στη μονάδα ελέγχου.

#### **4.4.23 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ**

Όταν ο οδηγός πατάει τέρμα το γκάζι, περιμένει τη μέγιστη απόδοση του κινητήρα. Η μέγιστη απόδοση από έναν κινητήρα πετυχαίνεται με εμπλουτισμό μίγματος κατά 10-15%, σε σχέση με τη στοιχειομετρική σχέση. Το ύψος του εμπλουτισμού πλήρους ισχύος είναι απομνημονευμένο στη μονάδα ελέγχου. Ο εμπλουτισμός πλήρους ισχύος επενεργεί μόλις η πεταλούδα υπερβεί προκαθορισμένη γωνία (λίγες μοίρες πριν το τέρμα).

#### **4.4.24 ΑΝΑΣΤΟΛΕΑΣ ΣΤΡΟΦΩΝ (ΚΟΦΤΗΣ)**

Οι πολύ υψηλές στροφές μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή του κινητήρα. Με τον κόφτη στροφών αποφεύγεται η υπέρβαση κάποιου μέγιστου



επιτρεπόμενου αριθμού στροφών. Μετά από μικρή υπέρβαση αυτών των καθορισμένων για κάθε κινητήρα στροφών, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου διακόπτει τους παλμούς ψεκασμού. Όταν οι στροφές πέσουν κάτω από τον προκαθορισμένο αριθμό, τότε μπαίνει πάλι σε λειτουργία ο ψεκασμός.

#### **4.4.25 ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ**

Η χαρακτηριστική παροχή της ανακουφιστικής βαλβίδας επιτρέπει σε χαμηλές διαφορές πίεσης (πλήρης ισχύς), μια μεγάλη παροχή αέρα σάρωσης και σε μεγάλες διαφορές πίεσης (ρελαντί), μια μικρή παροχή αέρα σάρωσης. Το κέλυφος της ανακουφιστικής βαλβίδας είναι από ανθεκτικό συνθετικό και έχει δύο υποδοχές σωληνώσεων, για τη σύνδεσή της με το δοχείο ενεργού άνθρακα και με την πολλαπλή εισαγωγής. Σε κατάσταση ενεργοποίησης το πηνίο τραβά τον οπλισμό, ο στεγανωτικός δακτύλιος του οπλισμού εφαρμόζει στην έδρα και κλείνει την εξαγωγή της βαλβίδας. Ο οπλισμός είναι στερεωμένος σ' ένα λεπτό μονόπλευρα πακτωμένο έλασμα, το οποίο, όταν το πηνίο είναι διεγερμένο, ανασηκώνει τον οπλισμό με το στεγανωτικό. Με αυξανόμενη τη διαφορά πίεσης μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής της βαλβίδας, το έλασμα, λόγω των δυνάμεων που επενεργούν, κλείνει προς την κατεύθυνση της ροής και πλησιάζοντας την έδρα στεγανότητας μειώνει τη διατομή ροής. Μια ανεπίστροφη βαλβίδα στην εισαγωγή της ανακουφιστικής βαλβίδας εμποδίζει την εισροή ατμών καυσίμου από το δοχείο του ενεργού άνθρακα στην πολλαπλή εισαγωγής, όταν ο κινητήρας σταματά δακτύλιο από την έδρα του και κλείνει τη βαλβίδα.

#### **4.4.26 ΑΝΑΓΚΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ**

Κάποιες λειτουργίες στη μονάδα ελέγχου, ελέγχουν συνεχώς την ορθότητα όλων των σημάτων των αισθητηρίων. Αν κάποιο σήμα αποκλίνει από τη συγκεκριμένη ορθή περιοχή λειτουργίας του, τότε πρέπει να υπάρχει σφάλμα σε κάποιον αισθητήρα ή στις συνδέσεις του. Για να μη σταματήσει το αυτοκίνητο (σε περίπτωση σφάλματος κάποιου σήματος) αλλά να μπορεί να φτάσει στο

κοντινότερο συνεργείο, πρέπει στη θέση του λανθασμένου σήματος να επέμβει κάποιο εναλλακτικό σήμα.

Όταν αναγνωριστεί κάποιο σφάλμα λειτουργίας ενός αισθητήρα ή του ρυθμιστή της πεταλούδας, τότε ακολουθεί μια αντίστοιχη εγγραφή στη μνήμη διάγνωσης σφαλμάτων. Αυτή η εγγραφή παραμένει για αρκετούς κύκλους λειτουργίας, έτσι ώστε το συνεργείο να είναι σε θέση να εντοπίσει κάποιο σφάλμα που παρουσιάζεται σποραδικά.

#### **4.4.27 ΣΥΣΚΕΥΗ ΨΕΚΑΣΜΟΥ**

Η συσκευή ψεκασμού του συστήματος Mono-Jetronic, τοποθετείται κατευθείαν πάνω στην πολλαπλή εισαγωγής και τροφοδοτεί τον κινητήρα με λεπτά διασκορπισμένο καύσιμο. Χαρακτηρίζεται από τον κεντρικό ψεκασμό της βενζίνης και ο αέρας που αναρροφάται από τον κινητήρα προσδιορίζεται έμμεσα, συνδυάζοντας τα δύο μεγέθη -γωνία πεταλούδας και αριθμό στροφών.

Το κάτω μέρος της συσκευής ψεκασμού περιλαμβάνει την πεταλούδα με το ποτενσιόμετρο, για τη μέτρηση της γωνίας ανοίγματος της πεταλούδας. Σε μία βάση, που είναι τοποθετημένη στο κάτω μέρος, βρίσκεται ο ρυθμιστής πεταλούδας, για τη ρύθμιση των στροφών ρελαντί.

Το επάνω μέρος περιλαμβάνει το συνολικό σύστημα καυσίμου της συσκευής ψεκασμού και αποτελείται από: α) τον εγχυτήρα, β) το ρυθμιστή πίεσης και γ) τα κανάλια καυσίμου, που βρίσκονται στο βραχίονα στήριξης της συσκευής ψεκασμού.

Πρόκειται για δύο κανάλια που οδηγούν στο χώρο τοποθέτησης του εγχυτήρα, μέσα από τα οποία τροφοδοτείται με καύσιμο. Το κάτω κανάλι χρησιμεύει για την παροχή καυσίμου. Το πάνω κανάλι συνδέεται με τον κάτω θάλαμο του ρυθμιστή πίεσης, από τον οποίο -μέσω της βαλβίδας του ρυθμιστή- επιστρέφει το πλεόνασμα καυσίμου στο ρεζερβουάρ.

Αυτή η διάταξη των καναλιών εξασφαλίζει, ακόμη και με πλεόνασμα ατμού καυσίμου, την επαρκή συγκέντρωση καυσίμου στον εγχυτήρα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής εκκίνηση του κινητήρα. Μία στένωση του φίλτρου του εγχυτήρα περιορίζει την ελεύθερη διατομή μεταξύ του καναλιού παροχής και

επιστροφής σε μια συγκεκριμένη διατομή, έτσι ώστε το πλεόνασμα καυσίμου να κατανέμεται στα δύο ρεύματα. Το ένα ρεύμα διαρρέει τον εγχυτήρα, ενώ το άλλο ρεύμα τον περιβρέχει. Μ' αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται μία έντονη πλύση και μία γρήγορη ψύξη του εγχυτήρα. Στο καπάκι του πάνω μέρους βρίσκεται τοποθετημένος ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα, για τη λήψη της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής.

#### **4.4.28 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΜΕ ΡΕΥΜΑ**

Μπαταρία τροφοδοτεί το δίκτυο με ηλεκτρική ενέργεια. Ο διακόπτης εκκίνησης είναι ένας διακόπτης πολλαπλής χρήσης. Μ' αυτόν παρέχεται κεντρικά ρεύμα στο βασικό μέρος του δικτύου, συμπεριλαμβανομένης της ανάφλεξης και του ψεκασμού της βενζίνης και εκτελείται η εκκίνηση.

Το Ρελέ ενεργοποιείται από το διακόπτη εκκίνησης και μέσω αυτού μεταφέρεται η τάση τροφοδοσίας στην κεντρική μονάδα ελέγχου και στα άλλα ηλεκτρικά στοιχεία.

#### **4.4.29 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ**

Η 25-πολική μονάδα ελέγχου, μέσω μιας πλεξούδας, συνδέεται με όλα τα στοιχεία του συστήματος Mono-Jetronic καθώς και με το ηλεκτρικό δίκτυο του αυτοκινήτου. Τάση τροφοδοσίας της μονάδας ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου τροφοδοτείται από την τάση του δικτύου, μέσω δύο ακροδεκτών.

Μέσω του ενός ακροδέκτη τάσης είναι συνδεδεμένη συνέχεια με το θετικό πόλο της μπαταρίας. Αυτή η συνεχής τάση τροφοδοσίας της μονάδας ελέγχου χρησιμεύει για τη διατήρηση του περιεχομένου της μνήμης, ακόμη και μετά το σταμάτημα του αυτοκινήτου.

Βάζοντας σε κίνηση το αυτοκίνητο, η μονάδα ελέγχου τροφοδοτείται με τάση από το δεύτερο ακροδέκτη. Για να αποφεύγονται αιχμές τάσης π.χ. λόγω της

επαγωγιμότητας του πολλαπλασιαστή, είναι απαραίτητη η τροφοδοσία της μονάδας ελέγχου, όχι κατευθείαν από τον ακροδέκτη του διακόπτη κίνησης αλλά μέσω ενός ρελέ (κεντρικό ρελέ).

### **A) Γείωση της μονάδας ελέγχου**

Η γείωση της μονάδας ελέγχου γίνεται με δύο ξεχωριστούς αγωγούς. Για τη σωστή λήψη των σημάτων από τους αισθητήρες, χρειάζεται η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μια γείωση ξεχωριστή. Μέσω της δεύτερης γείωσης διέρχονται τα μεγάλα ρεύματα των κλιμάκων εξόδου για τη λειτουργία των ρυθμιστικών μηχανισμών.

### **B) Σύνδεση αισθητήρα "λ"**

Για την προστασία του αγωγού του αισθητήρα "λ" από τις αιχμές τάσης, ο αγωγός είναι μέσα στην πεταλούδα περιτυλιγμένος με μπλεντάζ.

### **Γ) Αντλία καυσίμου. Σύνδεση ασφαλείας**

Για να μην έχουμε παροχή καυσίμου μετά από το σβήσιμο του κινητήρα π.χ. ατύχημα, το ρελέ της αντλίας ενεργοποιείται κατευθείαν από τη μονάδα ελέγχου. Η αντλία μετά την εκκίνηση, καθώς και με κάθε παλμό ανάφλεξης, ενεργοποιείται για 1" περίπου. Αν ο κινητήρας σταματήσει με γυρισμένο το διακόπτη στην εκκίνηση, τότε το ρελέ της αντλίας καυσίμου σταματά την παροχή ρεύματος προς την αντλία.

## **ΣΥΣΤΗΜΑ MOTRONIC**

### **4.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το MOTRONIC συνδυάζει το σύστημα της ανάφλεξης με το σύστημα ψεκασμού κι 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.

#### 4.5.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΤΡΟΝΙΚ

-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 αναγνώριση - 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.

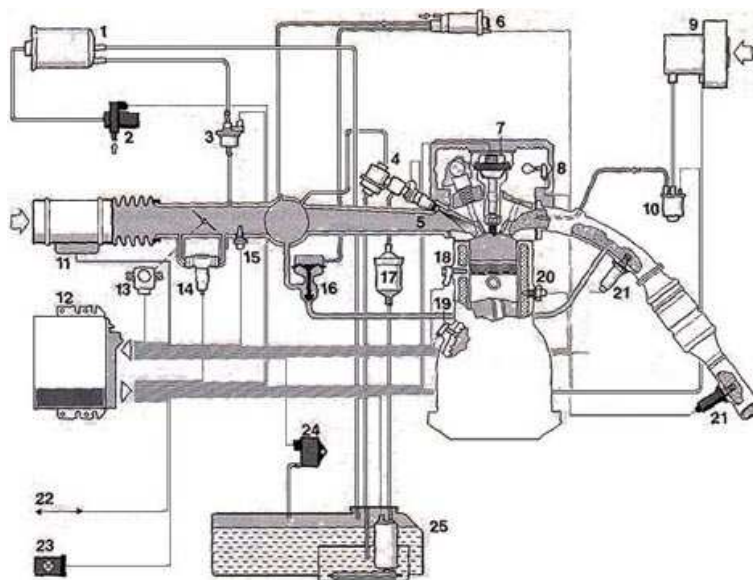
-Καυσαέρια με φτωχές επιβλαβείς ουσίες, μέσω της κατάλληλης αναπροσαρμογής της ποσότητας του καυσίμου και του χρονικού σημείου ανάφλεξης εξαρτουμένων από την κατάσταση των φορτίων.

-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 καμία 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.

Διάγραμμα λειτουργίας του MOTRONIC



1. Δοχείο ενεργού άνθρακα
2. Διακοπτής κινητήρα
3. Βαλβίδα ανακούφισης
4. Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου
5. Μπεκ
6. Αισθητήρας πίεσης
7. Παλλαπλασιαστής
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
19. Αισθητήρας κτυπήματος
20. Αισθητήρας κτυπήματος
21. Αισθητήρας κτυπήματος
22. Αισθητήρας κτυπήματος
23. Αισθητήρας κτυπήματος
24. Αισθητήρας κτυπήματος
25. Αισθητήρας κτυπήματος

#### **4.5.2 ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

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.

#### **4.5.3 ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

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

#### **4.5.4 ΕΓΧΥΣΗΣ - ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Το σύστημα τροφοδοσίας του καυσίμου, αποτελείται από την ηλεκτρική αντλία καυσίμου, το φίλτρο καυσίμου, τον σωλήνα διανομής, το ρυθμιστή της πίεσης και τον αποσβεστήρα ταλαντώσεων, όπως και τα μπεκ ψεκασμού.

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.

Σωλήνας διανομής στο 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.

#### **4.5.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΛΑΜΔΑ**

Η καλύτερη αναπροσαρμογή της σχέσης αέρος - καυσίμου σε κάθε φάση λειτουργίας, επιτυγχάνεται μέσω ενός πεδίου αναγνώρισης - λάμδα, εντός της μονάδας ελέγχου.

Το πεδίο αναγνώρισης - λάμδα είναι ηλεκτρονικά απομνημονευμένο σε τμήμα συνδεσμολογίας της μονάδας ελέγχου. Ένα τέτοιο πεδίο αναγνώρισης, εξακριβώθηκε πειραματικά επάνω σ' ένα δοκιμαστήριο κινητήρων και τελικά



προσαρμόστηκε σε όχημα σύμφωνα με τα προδεδωμένα κριτήρια κατανάλωσης, καυσαέρια και συμπεριφορά οδήγησης. Με το πεδίο αναγνώρισης - λάμδα, μπορεί να ρυθμιστεί η σχέση αέρος - καυσίμου σε κάθε φάση λειτουργίας, κάτω από τις ακόλουθες απαιτήσεις

- της ελαχιστοποίησης της κατανάλωσης καυσίμου
- της υψηλής συμπεριφοράς οδήγησης
- της χαμηλής εκπομπής καυσαερίων και
- της απαίτησης απόδοσης.

Επίσης επηρεάζει το επιλεγμένο σημείο λειτουργίας και όχι την επιλογή των υπολοίπων σημείων λειτουργίας.

Στη λειτουργία του πλήρους φορτίου, το MOTRONIC ρυθμίζει τη σχέση αέρος - καυσίμου στη συνολική περιοχή του αριθμού στροφών, σε μία τιμή για τη μέγιστη ροπή στρέψεως, που είναι  $\lambda=0,85 \dots 0,95$ . Επιπλέον, το στραγγαλιστικό κλαπέτο γνωστοποιεί την κατάσταση λειτουργίας "πλήρες φορτίο".

Στη λειτουργία του μέσου φορτίου, το MOTRONIC αναπροσαρμόζει τη σχέση αέρος - καυσίμου σε χαμηλή κατανάλωση του καυσίμου και χαμηλή εκπομπή καυσαερίων. Στην περιοχή των στροφών ρελαντί, αυτό που προέχει είναι το ομαλότερο γύρισμα της μηχανής και μία πρόσθετη ελεγχόμενη ρύθμιση - λάμδα είναι δυνατή.

#### **4.5.6 ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΕΩΣ (DUCELL)**

Η συσσωρευμένη ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πολλαπλασιαστή, μειώνεται σε σταθερή γωνία κλίσεως και αυξανόμενο αριθμό σπινθήρων. Αυτός είναι ο λόγος που πέφτει η προδιαγραφόμενη για την ανάφλεξη υψηλή τάση. Για να προκύψουν τα απαιτούμενα στοιχεία απόδοσης του συστήματος της ανάφλεξης σε ελαχιστοποιημένη απώλεια απόδοσης στον πολλαπλασιαστή και στο τελικό τρανζίστορ (ενισχυτής), πρέπει να φθάσει στο πρωτεύον ρεύμα στο χρονικό σημείο ανάφλεξης, μία συγκεκριμένη τιμή. Για να γίνει αυτό είναι απαραίτητος ένας χειρισμός της γωνίας κλίσεως, ο οποίος εξαρτάται από τον αριθμό στροφών και την τάση της μπαταρίας.

Ο χειρισμός πραγματοποιείται μ' ένα πεδίο αναγνώρισης της γωνίας κλίσεως. Ο χρόνος της ροής του ρεύματος στον πολλαπλασιαστή, προρυθμίζεται από τον αριθμό στροφών και την τάση της μπαταρίας, έτσι που να προκύπτει αμέσως στο τέλος της σταθερής περιοχής του χρόνου της ροής του ρεύματος το επιθυμητό αναγκαίο πρωτεύον ρεύμα. Μία διόρθωση επιταχύνσεως είναι προυπολογισμένη, έτσι που το περίσσιο επιθυμητό ρεύμα να φτάσει για όλες τις διαδικασίες επιτάχυνσης, παρ' όλο που η γωνία κλίσεως είναι μικρή. Η τελική βαθμίδα (τρανζίστορ ενισχυτή) λειτουργεί με οριοθετημένο ρεύμα, έτσι που όταν το επιθυμητό ρεύμα φτάσει πριν το χρονικό σημείο ανάφλεξης, να παραμείνει το πρωτεύον ρεύμα σταθερό έως το χρονικό σημείο ανάφλεξης.

#### **4.5.7 ΑΝΑΦΛΕΞΗ**

Ο μικροϋπολογιστής υπολογίζει τη γωνία ανάφλεξης μεταξύ δύο διαδικασιών ανάφλεξης από τις πληροφορίες του φορτίου και του αριθμού στροφών, της θερμοκρασίας και της θέσης του στραγγαλιστικού κλαπέτου. Από αυτό προκύπτει ταχεία αναπροσαρμογή σε κάθε κατάσταση λειτουργίας και ιδανική συμπεριφορά στην απόδοση, κατανάλωση και καυσαέρια.

Ένα τέτοιο πεδίο αναγνώρισης, εξακριβώθηκε πειραματικά πάνω σ' ένα δοκιμαστήριο κινητήρων και τελικά προσαρμόσθηκε σε όχημα σύμφωνα με τα προδεδομένα κριτήρια κατανάλωσης καυσαερίων και συμπεριφοράς οδήγησης. Κατόπιν αυτό απομνημονεύθηκε ηλεκτρονικά, έτσι που κατά το διάστημα του χρόνου λειτουργίας του κινητήρα, να μη μπορεί πλέον να μεταβάλλει τίποτα τα χαρακτηριστικά της ανάφλεξης.

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 γραναζωτού στεφανιού εκκίνησης. Μέσω αυτού επιτυγχάνεται μία σημαντικά υψηλότερη ακρίβεια απ' ότι 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) Κουσαέρια
- δ) Μείωση κτυπημάτων (πηράκια)
- ε) Συμπεριφορά οδήγησης

Έτσι ρυθμίζεται, π.χ. στο ρελαντί, η ανάφλεξη σε ικανοποιητικές τιμές καυσαερίων σε ομαλό γύρισμα και χαμηλή κατανάλωση, ενώ στο μερικό φορτίο η συμπεριφορά οδήγησης και η κατανάλωση του καυσίμου βρίσκονται σε αξιόλογα επίπεδα. Στο πλήρες φορτίο το κέντρο βάρους βρίσκεται στη μέγιστη ροπή στρέψεως, κάτω όμως από την αποφυγή μιας λειτουργίας με κτυπήματα (πηράκια).

Σε όλες τις περιοχές λειτουργίας, όπως επίσης και στην εκκίνηση, είναι υπολογισμένες στο πεδίο αναγνώρισης και οι διορθωτικές τιμές. Από ένα διακόπτη

που είναι προσαρμοσμένος πάνω στη μονάδα ελέγχου, ρυθμίζεται η μετατόπιση της ανάφλεξης στις επάνω περιοχές του φορτίου, ανάλογα με την ποιότητα καυσίμου.

#### **4.5.8 ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ**

Συγκρίνοντας ένα τρανζιστοποιημένο σύστημα ανάφλεξης με διανομέα, το MOTRONIC έχει έναν σημαντικά απλοποιημένο διανομέα υψηλής τάσης, ο οποίος είναι κομπλαρισμένος απ' ευθείας στον εκκεντροφόρο άξονα.

Το κύκλωμα υψηλής τάσης, αποτελείται από:

Πολλαπλασιαστή,

Διανομέα υψηλής τάσης,

Καλώδια υψηλής τάσης,

Αντιπαρασιτικές πίπες,

Μπουζί.

Ο πολλαπλασιαστής συνδέεται στην πλευρά του πρωτεύοντος με τον θετικό πόλο της μπαταρίας, μέσω του διακόπτη ανάφλεξης. Κατά το χρόνο που τρέχει ρεύμα μέσα από το πρωτεύον, είναι συνδεδεμένος με το σώμα, μέσω του τρανζίστορ ανάφλεξης της συσκευής ελέγχου. Η συσκευή ελέγχου αναλαμβάνει τη ρύθμιση των λειτουργιών, όπως, μετατόπιση της γωνίας ανάφλεξης, εξαρτούμενη από στροφές και φορτίο και τον έλεγχο της γωνίας κλίσης. Έτσι εκπίπτουν η φούσκα κενού, η μηχανική φυγοκεντρική ρύθμιση και ο παλμοδότης. Στο MOTRONIC, μοναδική αποστολή του διανομέα είναι η διανομή της υψηλής τάσης.

#### **4.5.9 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ**

Παράλληλα με τη διάρκεια του σπινθήρα, το ύψους του ρεύματος του σπινθήρα και την ταχύτητα που ανεβαίνει η υψηλή τάση, η προσφορά υψηλής τάσης ενός συστήματος ανάφλεξης έχει ιδιαίτερη σημασία. Η προσφορά υψηλής τάσης εξαρτάται κυρίως από τη συσσωρευμένη ενέργεια του πολλαπλασιαστή. Αποτελείται από δύο πηνία από χαλκό, που είναι τυλιγμένα σ' έναν πυρήνα από σίδηρο, το ένα γύρω από τ' άλλο. Κατά τη διαδικασία της αποθήκευσης και στο χρονικό σημείο της ανάφλεξης, το ρεύμα του πρωτεύοντος κυκλώματος του πολλαπλασιαστή διακόπτεται. Την ίδια στιγμή διακόπτεται μαζί και το μαγνητικό πεδίο και δημιουργείται στο δευτερεύον πηνίο η τάση ανάφλεξης.

#### **4.5.10 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ**

Ο διανομέας υψηλής τάσης διανέμει την υψηλή τάση από τον πολλαπλασιαστή προς το κάθε μπουζί. Δεν κατέχει πλέον αρμοδιότητες ελέγχου και γι' αυτόν το λόγο το σχήμα της κατασκευής του είναι πεπλατυσμένο. Επειδή για το γύρισμά του δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια συγχρονισμού, κατά κανόνα είναι τοποθετημένος στο πλάι του καπακιού της μηχανής και το ράουλο κάθετα απ' ευθείας στο τέλος του εκκεντροφόρου άξονα.

Ο διανομέας της υψηλής τάσης αποτελείται από:

1. Μονωμένο καπάκι βάσης,
2. Ράουλο με αντιπαρασιτικό,
3. Καπάκι με συνδέσεις,
4. Κάλυμμα.

Το κάλυμμα παρέχει καλύτερη αντιπαρασιτική προστασία. Είναι κατασκευασμένο από ηλεκτρικά αγωγίμο πλαστικό με επίστρωση από γραφίτη. Όμως, στην περιοχή σύνδεσης γύρω από το θόλο, το κάλυμμα δεν είναι αγωγίμο.

#### **4.5.11 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ**

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.

Με τη μέτρηση της ποσότητας του αέρα, λαμβάνονται υπ' όψη και οι αλλαγές του κινητήρα, οι οποίες μπορεί να παρουσιαστούν κατά το διάστημα της ζωής του οχήματος, όπως φθορές, επικαθήσεις στο θάλαμο καύσεως, απορρύθμιση του διάκενου βαλβίδων. Επειδή η αναρροφούμενη ποσότητα αέρος περνάει πρώτα από τον μετρητή της ποσότητας του αέρα πριν προχωρήσει στον κινητήρα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε μία επιτάχυνση την έγκαιρη πληροφόρηση της συγκεκριμένης ποσότητας αέρος προς τη μονάδα ελέγχου, δια του σήματος του μετρητή της ποσότητας του αέρα. Αυτό επιτρέπει στις εναλλαγές του φορτίου, τη σωστή αναπροσαρμογή του μίγματος σε κάθε χρονικό σημείο.

#### **4.5.12 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου σκοπό έχει να μαζεύει και να αξιολογεί τα διάφορα δεδομένα, που μεταφέρουν οι διάφοροι αισθητήρες, σχετικά με την

κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα. Μετά την αξιολόγηση των στοιχείων, στέλνει τις κατάλληλες εντολές στα μπεκ έγχυσης και το χρονισμό της ανάφλεξης με βάση τις προγραμματισμένες συναρτήσεις των χαρακτηριστικών πεδίων.

Κατασκευαστικά, η μονάδα ελέγχου αποτελείται από ηλεκτρονικά εξαρτήματα που είναι τοποθετημένα σε δύο πλακέτες, την επάνω και την κάτω. Στην επάνω πλακέτα, βρίσκονται τα εξαρτήματα των ψηφιακών κυκλωμάτων, όπως η πρόσθετη μνήμη του προγράμματος, ο μετατροπέας των αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά, ο μικροεπεξεργαστής του προγράμματος και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα για την επεξεργασία των σημάτων της ανάφλεξης και της αναγνώρισης των στροφών.

Στην κάτω πλακέτα υπάρχουν το κύκλωμα ρύθμισης της ηλεκτρικής αντλίας καυσίμου, καθώς επίσης και οι τελικές βαθμίδες ενίσχυσης για το σήμα της έγχυσης και της ανάφλεξης. Για την απαγωγή της θερμότητας χρησιμοποιούνται ψύκτρες. Ο μικροϋπολογιστής της μονάδας ελέγχου υπολογίζει τη διάρκεια έγχυσης, παίρνοντας το σήμα ποσότητας του αναρροφούμενου αέρα, το σήμα στροφών του κινητήρα και τους διορθωτικούς συντελεστές. Η συνδεσμολογία της μονάδας ελέγχου με τους αισθητήρες, τη μπαταρία και τα ρυθμιστικά στοιχεία, πετυχαίνεται μέσω 35-πολικού φιο.

#### **4.5.13 Λειτουργίες της μονάδας 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

- 1.Μειώνει στο ελάχιστο τα καυσαέρια, μέσω του κυκλώματος ρύθμισης με τον αισθητήρα λάμδα.
- 2.Ρυθμίζει το όριο αναφλέξεων του κινητήρα.
- 3.Ρυθμίζει τις στροφές λειτουργίας χωρίς φορτίο, δηλαδή ρελαντί, σε κρύο ή ζεστό κινητήρα.
- 4.Ρύθμιση του εκκεντροφόρου άξονα.
- 5.Εξαερισμός του ρεζερβουάρ και καύση των αναθυμιάσεων της βενζίνης, με ειδικό κύκλωμα και φίλτρο ενεργού άνθρακα.
- 6.Ρύθμιση της ισχύος του κινητήρα.
- 7.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

#### **4.5.14 ΤΕΛΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

Τα σήματα ρύθμισης που παράγει η μονάδα ελέγχου κατά την επεξεργασία των δεδομένων, είναι πολύ ασθενικά και από μόνα τους δε μπορούν να κάνουν τις ρυθμίσεις των διαφόρων συστημάτων, όπως είναι η ρύθμιση του τυλίγματος του πολλαπλασιαστή ή η ρύθμιση του μπεκ έγχυσης. Γι' αυτόν το λόγο υπάρχουν οι τελικές βαθμίδες ενίσχυσης όπου ενισχύονται τα ρυθμιστικά σήματα.

##### **Τελική βαθμίδα ανάφλεξης**



Η τελική βαθμίδα ανάφλεξης έχει σαν σκοπό την ενίσχυση του σήματος εξόδου προς τον πολλαπλασιαστή. Για να πετύχουμε την επιθυμητή ανάφλεξη σε όλο το φάσμα λειτουργίας και για να αποφύγουμε προαντιστάσεις, ο χρόνος για τη ροή του ρεύματος στο τύλιγμα δίνεται πιο νωρίς από τον μικροεπεξεργαστή, σε συνάρτηση με την τάση της μπαταρίας και τις στροφές.

Για να μην έχουμε απώλεια ισχύος στη μονάδα ελέγχου, ελατώνουμε τους χρόνους ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων έγχυσης, ρυθμίζοντας κατάλληλα την τιμή του ρεύματος προς αυτές, για ν' απαλλαγούμε από οριακές αντιστάσεις ρεύματος. Αυτό πετυχαίνεται στην αντίστοιχη τελική βαθμίδα ενίσχυσης του ρεύματος έγχυσης από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC). Η ρύθμιση γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το ρεύμα κατά τη λειτουργία της βαθμίδας να ανεβαίνει στα 7,5 A και να κατεβαίνει στο τέλος της διάρκειας έγχυσης στη μικρότερη τιμή 3 A (για 6-κύλινδρους κινητήρες).

### **Τελική βαθμίδα ισχύος για την αντλία καυσίμου**

Για το ξεκίνημα και το σταμάτημα της ηλεκτρικής αντλίας καυσίμου, η ρύθμιση του σήματος γίνεται από την μονάδα ελέγχου, μέσω της αντίστοιχης τελικής βαθμίδας ενίσχυσης σήματος και ενός ρελέ.

Με την επεξεργασία των παραπάνω παραμέτρων προκύπτει το ρυθμιστικό σήμα της τελικής βαθμίδας έγχυσης και ενεργοποιούνται κατάλληλα τα μπεκ, έχοντας σαν βάση ανά πάσα στιγμή το φορτίο του κινητήρα και τις στροφές από το χαρακτηριστικό πεδίο λάμδα, υπολογίζεται ο βασικός χρόνος έγχυσης. Στη συνέχεια με τη βοήθεια των διαφόρων διορθωτικών συντελεστών, έχουμε την τελική διαμόρφωση του χρόνου έγχυσης, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.

Για την ακριβή μέτρηση του ψεκαζόμενου καυσίμου, εκτός από την ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα και τις στροφές του κινητήρα, άλλα στοιχεία τα οποία χρειάζονται είναι η θερμοκρασία του κινητήρα, η θερμοκρασία του αναρροφούμενου αέρα, η τάση της μπαταρίας, η θέση της πεταλούδας του επιταχυντή, μερικό φορτίο, πλήρες φορτίο, ρελαντί.

### **Διάταξη συστήματος μέτρησης του καυσίμου**

-Η προσαρμογή του χρόνου έγχυσης σε συνθήκες εμπλουτισμού αρχικής εκκίνησης, επιτυγχάνεται μέσω διορθωτικών συντελεστών ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα και το σήμα της αρχικής εκκίνησης.

-Οι μεταβολές στην πυκνότητα του αναρροφούμενου αέρα εξισώνονται από τη δράση του αντίστοιχου συντελεστή διόρθωσης, που διαμορφώνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα.

-Η θέση του εκτονωτικού κλαπέτου με το διακόπτη γκαζιού, παίζει ρόλο για την προσαρμογή του μίγματος σε συνθήκες ρελαντί, μερικού ή πλήρους φορτίου.

-Με την ενεργοποίηση του συστήματος Cut-off, η διακοπή της έγχυσης γίνεται αναγκαία όταν αναγνωριστούν συνθήκες ρυμούλκησης του κινητήρα.

-Οι πραγματικοί χρόνοι έγχυσης πρέπει να οριοθετηθούν προς τα πάνω και προς τα κάτω. Αυτό σημαίνει ότι ο τελικός χρόνος έγχυσης πρέπει να βρίσκεται μεταξύ ενός ανώτερου και ενός κατώτερου χρονικού ορίου. Αυτά τα όρια χρησιμεύουν για να μην έχουμε φτωχό μίγμα, αλλά και ένα

### **Επιπλέον Λειτουργίες**

-Όριο στο μέγιστο αριθμό στροφών με την τοποθέτηση του κόφτη.

-Έλεγχος του ρεύματος στην τελική βαθμίδα ανάφλεξης.

-Ηλεκτρονική ρύθμιση λειτουργίας της αντλίας καυσίμου.

-Δυναμική ρύθμιση του βαθμού συμπίεσης με την αναγνώριση των κτυπημάτων του κινητήρα.

-Εξαερισμός του ρεζερβουάρ και καύση των αναθυμιάσεων της βενζίνης, για την ελαχιστοποίηση των άκαυστων υδρογονανθράκων.

-Σταμάτημα της τροφοδοσίας ορισμένων κυλίνδρων σε μερικό φορτίο, για λιγότερη κατανάλωση.

-Χρήση ηλεκτρονικού πεντάλ γκαζιού.

-Ηλεκτρονική ρύθμιση του σασμάν, για τον έλεγχο των στροφών ανάλογα με τη θέση του επιλογέα ταχυτήτων, σε μηχανικό ή αυτόματο σασμάν.

## Κεφάλαιο 5°

### Ανάλυση και Επεξήγηση στο Τρόπο Λειτουργίας, Βενζινοκινητήρων Άμεσου Ψεκασμού – Φάσεις Λειτουργίας



Σχέδιο 5.1 Ο κινητήρας 2.0 FSI

#### 5.1 Βενζινοκινητήρες Άμεσου Ψεκασμού

Αποτελεί γεγονός πως οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσανατολίζονται εδώ και αρκετά χρόνια σε διάφορες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας με μειωμένες εκπομπές ρύπων. Μερικές από αυτές είναι η μείωση του βάρους, τα εναλλακτικά καύσιμα ή η συνεχής εξέλιξη των υβριδικών οχημάτων και των ενεργειακών κυψελών. Η τεχνολογική εξέλιξη στα σύγχρονα αυτοκίνητα επιτρέπει τον ηλεκτρονικό πλέον έλεγχο των περισσότερων συστημάτων, καθώς αυτός αποτελεί την πιο πρακτική, οικονομική και αποδοτική λύση. Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της ηλεκτρονικής στη σημερινή τετράτροχη πραγματικότητα αφορά στο σύστημα ψεκασμού και στο σύστημα ανάφλεξης του κινητήρα.

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 (διότι η θεωρία υπάρχει εδώ και πολλές δεκαετίες), 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.

Ο παραδοσιακός εξαερωτήρας (καρμπρατέρ) έχει αντικατασταθεί αν και κυκλοφορούν ακόμα αρκετές χιλιάδες αυτοκίνητα παλαιάς τεχνολογίας εδώ και αρκετά χρόνια, αφού ο ψεκασμός του μείγματος ελέγχεται πλέον ηλεκτρονικά. Αρχικά είχαν εμφανιστεί τα συστήματα ψεκασμού μονού σημείου (SPI - Single Point Injection) για να εξελιχθούν μετέπειτα τα συστήματα ψεκασμού πολλαπλών σημείων (MPI - Multi Point Injection) με τα οποία εξοπλίζονται οι περισσότεροι σύγχρονοι κινητήρες.

Η βασικότερη διαφορά ανάμεσα στα συστήματα GDI - Gasoline Direct Injection, αφορά στην πίεση και στην περιοχή 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 Audi παρουσίασε μια νέα γενιά κινητήρων βενζίνης άμεσου ψεκασμού. Αντιπροσωπευτικός, από τη νέα σειρά κινητήρων με την κωδική ονομασία FSI (Fuel Stratified Injection), είναι ένας τετρακύλινδρος δίλιτρος κινητήρας με απόδοση 150 ίππους στις 6.000 Σαλ. και 200Nm ροπής στις 3.500 Σαλ. Το μπλοκ είναι ίδιο με αυτό του επίσης δίλιτρου 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 FSI (αντιπροσωπευτικό δείγμα της τεχνολογίας GD) 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 πτωχό μείγμα), με αποτέλεσμα τη μείωση των ρύπων και ειδικά των οξειδίων του αζώτου NOx.

Στην περίπτωση του FSI, κατά τη φάση εξαγωγής, η βαλβίδα επανακυκλοφορίας διοχετεύει περισσότερο από το 30% των καυσαερίων πίσω στο θάλαμο καύσης. Δύο καταλύτες ελέγχουν την ποιότητα των καυσαερίων, ένας τριοδικός μετά την πολλαπλή εξαγωγής και ένας καταλυτικός μετατροπέας NOx πριν από το σιγαστήρα της εξάτμισης. 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.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα κινητήρα που συνδυάζει χαμηλή κατανάλωση και αυξημένη απόδοση είναι ο κινητήρας της Ford ο οποίος εξοπλίζει το Fusion. Πρόκειται για έναν τρικύλινδρο κινητήρα 1.100κ.εκ. άμεσου ψεκασμού, ο οποίος ανήκει στη νέα "οικογένεια" DISI - Direct-Injection, Spark-Ignition, με - υπετροφοδοτούμενη- απόδοση 110 ίππους και 160Nm ροπής από τις 1.800σ.α.λ., ενώ η σχέση συμπίεσης είναι 10,5:1. Ο συνδυασμός υπετροφοδοτή και συστήματος μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων (VCT) αποδίδει αναλογικά μεγαλύτερη ισχύ από τους κινητήρες της τύπου Zetec, όπως ο 1,6 λίτρων με απόδοση 101 ίππους που εξοπλίζει το Focus.

Στην εγχώρια αγορά, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου GDI διαθέτουν και οι Ιαπωνικές εταιρείες ωστόσο αυτοί οι 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. Τα χαμηλά επίπεδα ρύπων και η μείωση της κατανάλωσης είναι δύο παράμετροι που

επιτάσσουν την άμεση υιοθέτηση και κατ' επέκταση την εφαρμογή μιας τέτοιας τεχνολογίας.

## **5.2 Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Βενζινοκινητήρων Άμεσου Ψεκασμού και Μείωση Αερίων Διοξειδίου του Άνθρακα**



**Σχέδιο 5.2 Εισαγωγή καυσίμου**

Ένα ερώτημα βέβαια που ήδη έχει δημιουργηθεί μέχρι τώρα είναι, πώς μειώνονται οι εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα και των επιβλαβών αερίων μέσω της χρήσης των βενζινοκινητήρων άμεσου ψεκασμού; Η απάντηση μπορεί να αναφερθεί ως εξής. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το προϊόν τέλει καύσης και η εκπεμπόμενη ποσότητά του είναι ευθέως ανάλογη με το καύσιμο που καίγεται. Αν καταφέρουμε να παραγάγουμε το ίδιο αποτέλεσμα καταναλώνοντας λιγότερο καύσιμο, τότε έχουμε αυτόματα μειώσει και το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό, βέβαια, σημαίνει αύξηση της θερμοδυναμικής απόδοσης.

Είναι γνωστό το γεγονός αυτό εδώ και μερικές δεκαετίες, με τους κινητήρες ντίζελ, στους οποίους ο ψεκασμός ανέκαθεν ήταν άμεσος ακόμα και με προθάλαμο καύσης, το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας στον κύλινδρο. Θα πρέπει να σημειωθεί πως το πετρέλαιο κίνησης αναφλέγεται αμέσως μόλις η θερμοκρασία ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, ανεξάρτητα από την αναλογία αέρα-καυσίμου. Γι' αυτό και η τεχνολογία ντίζελ αναπτύχθηκε πολύ πριν η μικροηλεκτρονική επιτρέψει τον ακριβή έλεγχο του μίγματος. Αντίθετα, η αυτοανάφλεξη της βενζίνης είναι σχεδόν αδύνατη. Χρειάζεται ηλεκτρικός σπινθήρας από το μπουζί στη σωστή χρονική στιγμή, αλλά και στοιχειομετρική αναλογία αέρα καυσίμου και μεγάλη ακρίβεια στο χρόνο και στη θέση σχηματισμού του μίγματος, ώστε σε συνδυασμό με το σπινθήρα, να έχουμε μια καλή έκρηξη και μια ομοιόμορφη καύση. Χρειάστηκε πρώτα η πλήρης κατανόηση των φυσικών παραμέτρων της καύσης του μίγματος και η εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής για τον ακριβέστερο έλεγχο αυτών των παραμέτρων, ώστε να επιτευχθεί το αυτονόητο: ένας κινητήρας με τη θερμοδυναμική απόδοση ενός ντίζελ και τις επιδόσεις ενός βενζινοκινητήρα. Το μυστικό για την πραγματοποίηση όλων των παραπάνω βρίσκεται στη δυνατότητα του κινητήρα άμεσου ψεκασμού βενζίνης να λειτουργεί 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 με τον τρόπο που είπαμε προηγουμένως, 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. 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 υγρού 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».

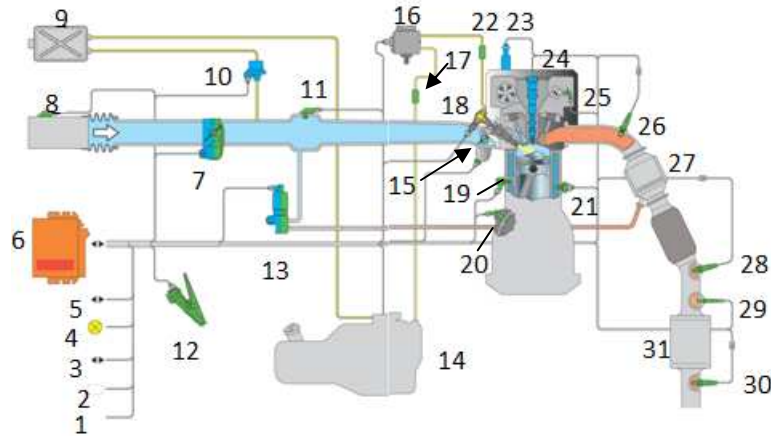
Έτσι, το μίγμα στην αρχή της συμπίεσης είναι πολύ φτωχό και στο τέλος είναι πλούσιο. Η προανάφλεξη εμφανίζεται συνήθως με στοιχειομετρικό μίγμα. Επιπλέον, ο ψεκασμός σε δύο στάδια μειώνει την εκπομπή άκαυστων υδρογονανθράκων. Στο τελευταίο στάδιο της συμπίεσης, ο θάλαμος καύσης είναι χωρισμένος σε δύο 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.

### Σχέδιο 5.3 Διάγραμμα λειτουργίας κινητήρα FSI 2.0



1. Λυχνία βλάβης
2. Ιμομπιλάιζερ
3. Διαγνωστικό φιλς
4. Λυχνία προειδοποίησης καυσαερίων
5. Έξοδος CAN
6. ΗΜΕ
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

- 29. Δότης θερμοκρασίας καυσαερίων
- 30. Αισθητήρας NOx
- 31. Καταλύτης

## 5.3 Τρόπος λειτουργίας κινητήρα

### 5.3.1 Γενικά στοιχεία

Ο κινητήρας της τεχνολογίας FSI έχει την ικανότητα επιλογής του τρόπου δημιουργίας και καύσης του μείγματος. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι λειτουργίας. 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.

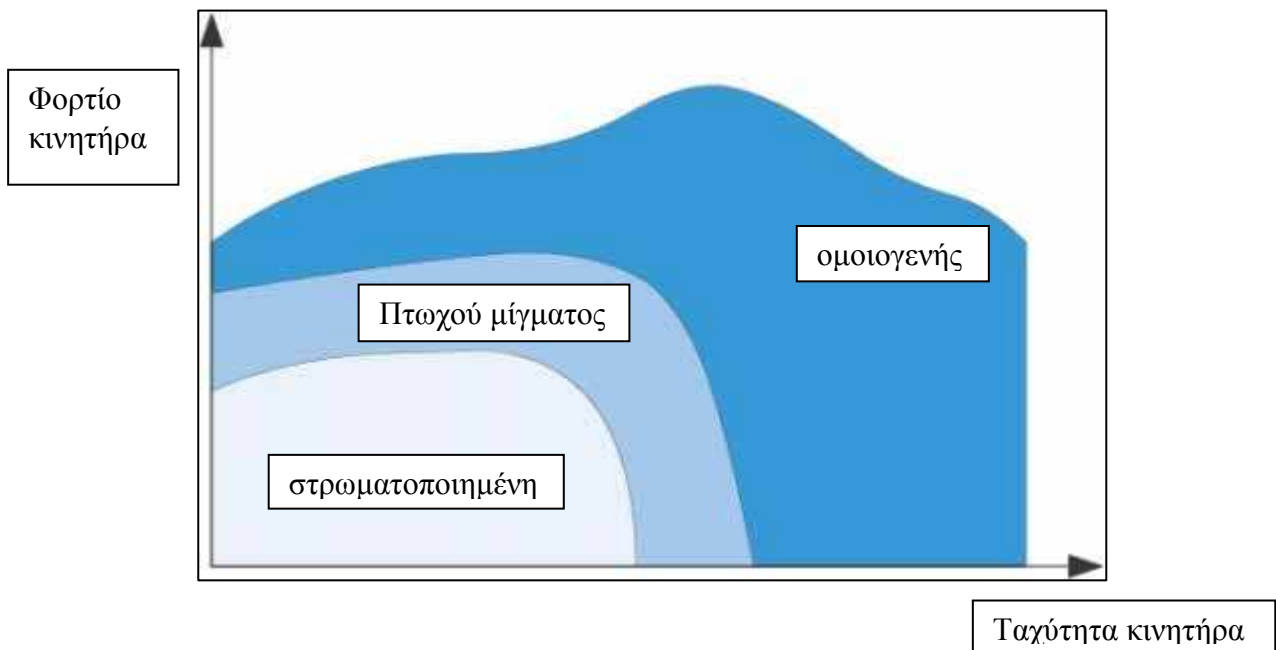
Σε χαμηλά φορτία και ταχύτητες ο κινητήρας λειτουργεί σε φάση ομοιογενούς μίγματος, η έγχυση του καυσίμου γίνεται κατά τη συμπίεση και λίγο πριν την ανάφλεξη. Το χαρακτηριστικό αυτής της φάσης είναι ότι λόγω της καθυστερημένης έκχυσης καυσίμου, δεν υπάρχει χρόνος για την ομοιογενοποίηση του μίγματος. 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.

Εκτός από την στρωματοποιημένη λειτουργία και την ομοιογενή λειτουργία ο κινητήρας διαθέτει μια τρίτη κατάσταση λειτουργίας την ομοιογενής 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 καυσαέρια και γενικότερα τις εκάστοτε απαιτήσεις.

Σχέδιο 5.4 Διάγραμμα φάσεων λειτουργίας



### 5.3.2 Μονάδα ελέγχου του κινητήρα

Η μονάδα ελέγχου των κινητήρων άμεσου ψεκασμού κυρίως είναι η Bosch Motronic

MED η οποία βρίσκεται δίπλα από τον αεραγωγό και έχει 121 ακίδες.

Οι πρόσθετες λειτουργίες που εμφανίζονται είναι οι εξής :

- Αισθητήρας NOx
- Αισθητήρας θερμοκρασίας Καυσαερίων
- ποτενσιόμετρο επανακυκλοφορίας καυσαερίων
- ποτενσιόμετρο στο πτερύγιο 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.

### 5.3.3 Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων

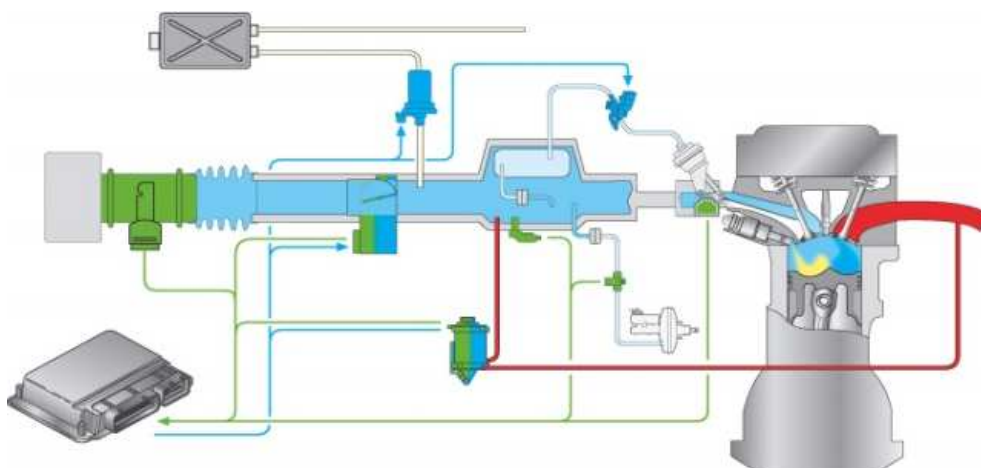
Ο χρονισμός των βαλβίδων έχει ως μέγιστη απόκλιση τις 40° από τη βασική, αρχική ρύθμιση και μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα και την ταχύτητα.

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.

### 5.3.4 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.

Σχέδιο 5.5: Το σύστημα εισαγωγής



1. Μετρητής μάζας αέρα, με δότη θερμοκρασίας αέρα.
2. Αισθητήρας πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής για τον υπολογισμό του ποσοστού των καυσαερίων επανακυκλοφορίας.
3. Αισθητήρα που ελέγχει και τροποποιεί τη ροή του αέρα μέσα στον κύλινδρο μέσω ρυθμιστικής βαλβίδας.
4. Μια ηλεκτρική βαλβίδα για ανακύκλωση των καυσαερίων.
5. Αισθητήρας πίεσης σερβόφρενου για τον έλεγχο της υποπίεσης.
6. Μονάδα ελέγχου πεταλούδας γκαζιού.
7. Δοχείο ενεργού άνθρακα.
8. Μονάδα ελέγχου Motronic.

### **5.3.5 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.

### **5.3.6 Ηλεκτρονικό γκάζι**

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.



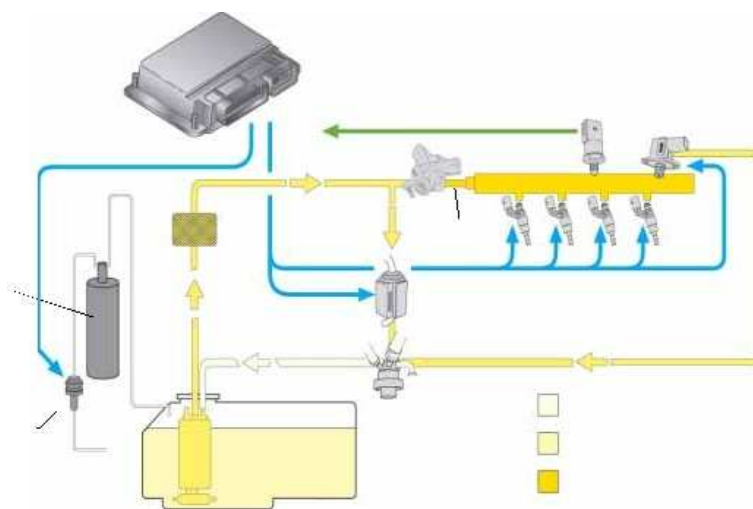
### 5.3.7 Σύστημα καυσίμου

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.

Σχέδιο 5.6: Το σύστημα καυσίμου



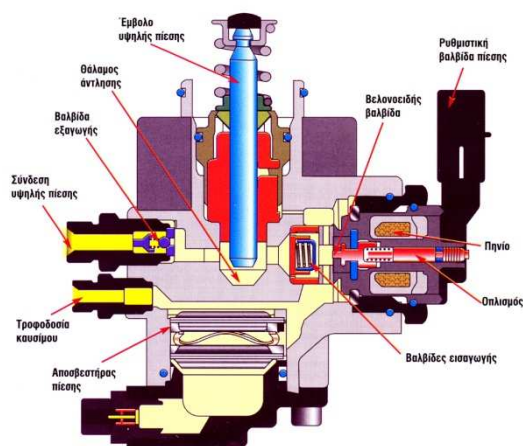
Το σύστημα χαμηλής πίεσης αποτελείται από:

1. Τη δεξαμενή καυσίμου
2. Την ηλεκτρική αντλία καυσίμου
3. Το φίλτρο καυσίμου
4. Τον μετρητή καυσίμου
5. Τον ρυθμιστή πίεσης καυσίμου

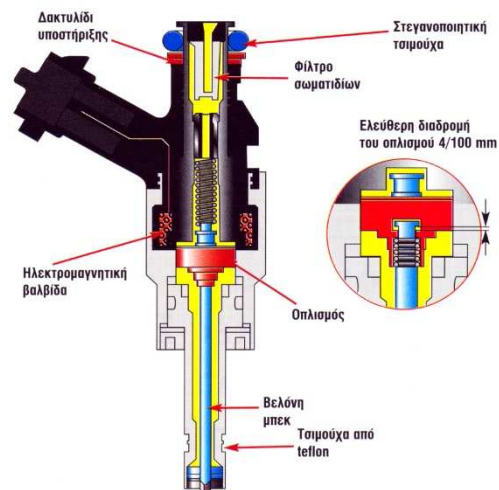
Το σύστημα υψηλής πίεσης αποτελείται από:

6. Την αντλία υψηλής πίεσης
7. Τον σωλήνα υψηλής πίεσης
8. Το διανομέα καυσίμου
9. Αισθητήρα πίεση καυσίμου
10. Την ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης
11. Τα μπεκ υψηλής πίεσης

Σχέδιο 5.7 Η ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης



Σχέδιο 5.8 Το μπεκ υψηλής πίεσης



### **5.3.8 Σύστημα ανάφλεξης**

Το σύστημα ανάφλεξης πρέπει να αναφλέξει το μίγμα αέρα-καυσίμου στη σωστή χρονική στιγμή. Για να επιτευχθεί αυτό, η ΗΜΕ προσδιορίζει την στιγμή της ανάφλεξης, την ένταση της ανάφλεξης και τη χρονική της διάρκεια. Οι παράμετροι της ανάφλεξης καθορίζουν τη ροπή του κινητήρα, τις εκπομπές των καυσαερίων και την κατανάλωση καυσίμου.

### **5.3.9 Σύστημα εξάτμισης**

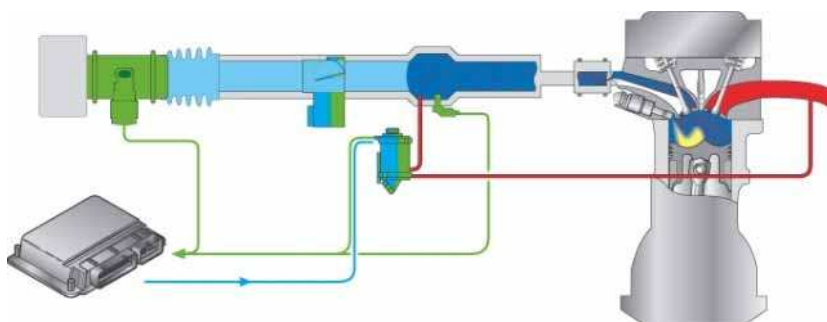
Το σύστημα εξάτμισης είναι προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις ενός κινητήρα άμεσου ψεκασμού. Η επεξεργασία των καυσαερίων στο παρελθόν ήταν ένα σημαντικό πρόβλημα για τους κινητήρες άμεσου ψεκασμού. Αυτό συμβαίνει επειδή το νόμιμο επιτρεπτό όριο των οξειδίων του αζώτου (NOx) δεν μπορεί να επιτευχθεί κατά 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.

### **5.3.10 Σύστημα ανακυκλοφορίας 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.

Σχέδιο 5.9 Διάγραμμα ανακυκλοφορίας καυσαερίων



### 5.3.11 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.

## 5.4 Στρωματοποιημένη λειτουργία

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.

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

#### **5.4.1 Φάση εισαγωγής**

Η ρυθμιστική βαλβίδα ανοίγει όσο το δυνατόν περισσότερο, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Όμως δεν μπορεί να ανοίξει εντελώς γιατί πρέπει να υπάρχει μία υποπίεση ώστε να ενεργοποιείται το φίλτρο ενεργού άνθρακα και η λειτουργία επανακυκλοφορίας καυσαερίων. Μέσα στον κύλινδρο η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται χάρις το ειδικό σχήμα της κεφαλής του εμβόλου. Το καύσιμο ψεκάζεται προς το τέλος της φάσης της συμπίεσης. Ξεκινά περίπου 60° πριν το ANΣ και τελειώνει περίπου 45° πριν από την ανάφλεξη.

Η γεωμετρία του εγχυτήρα είναι τέτοια ώστε το καύσιμο να διαχέεται κατάλληλα και να κατευθύνεται προς την ειδική εσοχή του εμβόλου. Μέσω αυτής

της εσοχής και κατά την ανοδική κίνηση του εμβόλου το καύσιμο μεταφέρεται προς το μπουζί και αναμιγνύεται με τον αέρα εισαγωγής.

#### **5.4.2 Διαδικασία σχηματισμού μίγματος**

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.

Το μίγμα που βρίσκεται γύρω από το μπουζί στο κέντρο του θαλάμου καύσης είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο και αποτελείται από σταγονίδια καυσίμου που περιβάλλονται από ένα εξωτερικό στρώμα φρέσκου αέρα και καυσαερίων ανακυκλοφορίας.

#### **5.4.3 Διαδικασία καύσης**

Η ανάφλεξη ξεκινά όταν το μίγμα αέρα-καυσίμου βρίσκεται ακριβώς στην ακίδα του μπουζί. Τότε το μίγμα αναφλέγεται ενώ τα αέρια ανακυκλοφορίας ενεργούν ως μονωτική ασπίδα. Έτσι οι απώλειες θερμότητας μέσω του τοιχώματος του κυλίνδρου μειώνονται και η θερμική απόδοση του κινητήρα αυξάνεται.

#### **5.4.4 ΗΜΕ**

Σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, το παραγόμενο έργο του κινητήρα καθορίζεται μόνο από την ποσότητα καυσίμου. Η μάζα του αέρα και η γωνία ανάφλεξης είναι ήσσονος παράγοντες σημασίας. Η μάζα του αέρα είναι δευτερεύουσας σημασίας, διότι η ρυθμιστική βαλβίδα είναι ορθάνοιχτη για να

μειώσει τις απώλειες του γκαζιού και το σημείο ανάφλεξης λόγω της καθυστερημένης διαδικασίας του ψεκασμού.

#### **5.4.5 Σύστημα εισαγωγής**

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.

#### **5.4.6 Σύστημα εξάτμισης**

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 Άζωτο 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.

### **5.5 Ομοιογενής λειτουργία**

Κατά την ομοιογενή λειτουργία ο κινητήρας λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως και ένας κινητήρας με ψεκασμό στην πολλαπλή εισαγωγής. Η βασική διαφορά είναι ότι το καύσιμο στον άμεσο ψεκασμό, ψεκάζεται απευθείας μέσα στον κύλινδρο. Η ροπή του κινητήρα καθορίζεται από το σημείο ανάφλεξης και από την μάζα του αέρα εισαγωγής. Η ποσότητα του εγχέομένου καυσίμου προσαρμόζεται με τη μάζα του αέρα, έτσι ώστε να έχουμε λόγο λάμδα = 1.

### **5.5.1 Εισαγωγή καυσίμου**

Η πεταλούδα του γκαζιού ανοίγει ανάλογα με τη θέση του πεντάλ του γκαζιού. Η πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα διαχωρίζεται σε δύο αυλούς σε διάταξη ο ένας πάνω από τον άλλον και το σημείο λειτουργίας καθορίζει ποιός αυλός θα είναι ανοιχτός.

- Όταν απαιτείται μεσαίο φορτίο κινητήρα και ταχύτητας, ο κάτω αυλός είναι κλειστός και ο αέρας εισαγωγής εισέρχεται από τον επάνω αυλό.
- Όταν το φορτίο του κινητήρα και η ταχύτητα αυξάνεται, η μάζα του αέρα δεν είναι επαρκής και έτσι ανοίγει και ο κάτω αυλός.

### **5.5.2 Ψεκασμός καυσίμου**

Ο ψεκασμός γίνεται απευθείας μέσα στον κύλινδρο περίπου 300° πριν το ΑΝΣ. Μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας εξάγονται από τον αέρα που είναι παγιδευμένος μέσα στο θάλαμο καύσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η σχέση συμπίεσης μπορεί να είναι μεγαλύτερη από έναν κινητήρα έμμεσου ψεκασμού.

### **5.5.3 Διαδικασία σχηματισμού μίγματος**

Η έγχυση του καυσίμου γίνεται κατά τη διάρκεια όλης της φάσης της εισαγωγής. Αυτό σημαίνει ότι είναι διαθέσιμο ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για το σχηματισμό μίγματος με αποτέλεσμα να έχουμε ένα ομοιογενές



(ομοιόμορφα κατανεμημένο) μίγμα καυσίμου-αέρα που ο σχηματισμός του δημιουργείται από τη μορφή του εσωτερικού του κυλίνδρου.

#### **5.5.4 Διαδικασία καύσης**

Στην ομοιογενή λειτουργία, το σημείο ανάφλεξης είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη ροπή του κινητήρα, την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές των καυσαερίων.

Όταν έχουμε απαιτήσεις υψηλού φορτίου το ποσοστό των καυσαερίων ανακυκλοφορίας μπορεί να φτάσει και το 25%, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά φρέσκου αέρα, για το λόγο αυτό η πεταλούδα ανοίγει περισσότερο μειώνοντας τις απώλειες κατά την εισαγωγή του αέρα.

#### **5.5.5 Σύστημα εξάτμισης**

Οι υδρογονάνθρακες (HC) και το μονοξειδίου του άνθρακα (CO) αντιδρούν με το οξυγόνο (O) για να οξειδώσουν τα οξείδια του αζώτου (NOx) για να σχηματιστεί νερό (H<sub>2</sub>O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Τα οξείδια του αζώτου ταυτόχρονα μετατρέπονται σε άζωτο (N<sub>2</sub>) από αυτήν την αντίδραση.

### **5.6 Λειτουργία ομογενούς πτωχού μίγματος**

Η λειτουργία ομογενούς πτωχού μίγματος μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται μεταξύ της στρωματοποιημένης λειτουργίας και της ομοιογενούς λειτουργίας. Το μίγμα που βρίσκεται θάλαμο καύσης είναι ομοιογενές και πτωχό σε περιεκτικότητα καυσίμου. Σε αυτή τη λειτουργία, η αναλογία αέρα-καυσίμου είναι περίπου  $\lambda=1,55$ . Οι προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν είναι οι ίδιες με της στρωματοποιημένης λειτουργία.

### **5.6.1 Διαδικασία εισαγωγής**

Όπως και στην στρωματοποιημένη λειτουργία, η ρυθμιστική βαλβίδα ανοίγει στο μέτρο του δυνατού και ο κάτω αυλός εισαγωγής είναι κλειστός. Αυτό μειώνει τις απώλειες πρώτον του εισερχόμενου αέρα και δεύτερον προκαλεί μια έντονη ροή αέρα προς τον κύλινδρο.

### **5.6.2 Ανάφλεξη καυσίμου**

Το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας μέσα στον κύλινδρο σε γωνία περίπου  $300^\circ$ , πριν από την ανάφλεξη και κατά τη διάρκεια της εισαγωγής. Η ποσότητα ψεκασμού ρυθμίζεται από τη μονάδα ελέγχου του κινητήρα με τέτοιο τρόπο ώστε η αναλογία αέρα-καυσίμου να είναι περίπου  $\lambda = 1,55$ .

### **5.6.3 Διαδικασία σχηματισμού μίγματος**

Λόγω της χρονικής στιγμής ( $300^\circ$ ) του ψεκασμού, υπάρχει αρκετός χρόνος για το σχηματισμό μίγματος πριν από την ανάφλεξη, με αποτέλεσμα μια ομοιογενή κατανομή μίγματος στο θάλαμο καύσης.

### **5.6.4 Διαδικασία καύσης**

Όπως και στην ομοιογενή λειτουργία φόρτισης, το σημείο ανάφλεξης μπορεί να επιλεγεί ελεύθερα, λόγω της ομοιογένειας του μίγματος αέρα-καυσίμου. Η διαδικασία καύσης λαμβάνει χώρα σε όλη την περιοχή του θαλάμου καύσης.

### **5.6.5 Σύστημα εξάτμισης**

Κατά τη λειτουργία πτωχού ομοιογενούς μίγματος τα οξείδια του αζώτου (NOx) εναποτίθενται σε έναν ειδικό καταλύτη αποθήκευσης NOx. Όταν ο χώρος του καταλύτη γεμίσει το σύστημα μεταβαίνει σε κατάσταση αναγέννησης, απελευθερώνοντας τα οξείδια του αζώτου από τον καταλύτη αποθήκευσης και τα μετατρέπει σε άζωτο.

Οι υδρογονάνθρακες και το διοξείδιο του άνθρακα οξειδώνονται κυρίως με το οξυγόνο που υπάρχει σε αφθονία στα καυσαέρια, και όχι με το οξυγόνο που υπάρχει στα οξείδια του αζώτου. Για το λόγο αυτό, τα οξείδια του αζώτου δεν μετατρέπονται σε άζωτο αλλά ρέουν μέσω ενός κλειστού κυκλώματος στον καταλύτη αποθήκευσης. Ο καταλύτης αποθήκευσης NOx εκτός από τις επιστρώσεις της πλατίνας, του ροδίου και παλλαδίου, έχει και επίστρωση με οξείδια του βαρίου. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα να αποθηκεύονται τα οξείδια του αζώτου.

## **Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>**

### **Αισθητήρες λειτουργίας Κινητήρων - εποπτικά μέσα, υλικά κατασκευής και διαφορές από τους κινητήρες εμέσου ψεκασμού.**

#### **6. Εισαγωγή-ορισμός αισθητήρα**

Αρχικά λοιπόν θα πρέπει να σημειωθεί πως αισθητήρας (sensor) είναι μία διάταξη η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους. Μετατρέπει το φυσικό μέγεθος που μετριέται (μετρούμενο μέγεθος) σε ηλεκτρικό σήμα. Θα πρέπει δε να διευκρινιστεί πως η γενική έκφραση «ηλεκτρικό σήμα εξόδου» ενός αισθητήρα είναι, είτε η τάση (αν ο αισθητήρας μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε τάση), είτε το ρεύμα (αν ο αισθητήρας μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε ρεύμα). Μερικά σχετικά παραδείγματα φυσικών μεγεθών

που συνήθως μετρώνται με αισθητήρες είναι η θερμοκρασία, η θέση και η μετατόπιση ενός αντικειμένου, η στάθμη υγρών, η ταχύτητα και η επιτάχυνση ενός κινούμενου αντικειμένου, η δύναμη, η ροή ρευστού, η τάση, το ρεύμα, η υγρασία, η ακτινοβολία και άλλα.

Τα σημερινά προηγμένα συστήματα ελέγχου των αυτοκινήτων έχουν απαίτηση ενός μεγάλου αριθμού σημάτων εισόδου "έξυπνων" αισθητήρων, για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις συμπεριφοράς και αξιοπιστίας των αυτοκινήτων. Αυτοί οι αισθητήρες πρέπει να έχουν υψηλές προδιαγραφές, συστήματα προστασίας και αυτοδιάγνωσης, σε συνδυασμό με πάρα πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής

## 6.1 Αισθητήρες αυτοκινήτων

Ο ανταγωνισμός που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων κατασκευαστών οχημάτων, τους οδηγεί στην ενσωμάτωση εντός των οχημάτων όλο και περισσότερο σύνθετων συστημάτων. Ο κανόνας αυτός ισχύει όχι μόνον για τα επιβατηγά αλλά και για τα επαγγελματικά ή δημοσίας χρήσεως οχήματα, όπως είναι τα φορτηγά ή τα λεωφορεία, αλλά επίσης και για τις μοτοσυκλέτες. Οι σημαντικές βελτιώσεις που έχουν επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια έχουν να κάνουν με:

- αυξημένη ασφάλεια κατά την οδήγηση
- μειωμένη κατανάλωση καυσίμου
- μειωμένη μόλυνση του περιβάλλοντος
- αυξημένη άνεση και λειτουργικότητα
- βελτιωμένες διαγνωστικές λειτουργίες

Για να υλοποιηθούν βέβαια όλα αυτά, υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος φυσικών μεγεθών (μηχανικών, θερμικών αλλά και διάφορων άλλων) τα οποία θα πρέπει να μετρώνται σε διάφορα σημεία του αυτοκινήτου και να οδηγούνται στον αντίστοιχο μικροελεγκτή. Ο εν λόγω μικροελεγκτής, παρακολουθεί τις μετρούμενες τιμές και ενεργοποιεί τις κατάλληλες κάθε φορά διαδικασίες ελέγχου. Στα σύγχρονα κορυφαία οχήματα, το πλήθος των αισθητήρων μετράται πλέον σε εκατοντάδες, και οι κινητήρες των οχημάτων μετατρέπονται όλο και περισσότερο σε κινητά ηλεκτρονικά φρούρια.

Σε γενικές γραμμές, η τάση που υπάρχει αυτή την στιγμή είναι να αποφεύγουμε τις ανεξάρτητα λειτουργούσες μονάδες και κατευθυνόμαστε σε μία κατασκευή όπου με την βοήθεια των κατάλληλων διαύλων το όχημα να είναι πλήρως δικτυωμένο. Κατά κάποιο τρόπο δηλαδή, ο στόχος είναι το κάθε μέρος του οχήματος να είναι ενήμερο για το τι κάνουν όλα τα υπόλοιπα. Ορισμένες από τις λειτουργίες του αυτοκινήτου που θα ήταν αδιανόητες δίχως αισθητήρες είναι:

- ABS (anti-lock braking system, σύστημα αποφυγής μπλοκαρίσματος τροχών): η πίεση στα τακάκια του κάθε τροχού ελέγχεται ηλεκτρονικά και ελαττώνεται ούτως ώστε να αποτρέπεται το μπλοκάρισμα των τροχών, με σκοπό τον καλύτερο έλεγχο του οχήματος.
- ASR (acceleration slip regulation, 'traction control', έλεγχος πρόσφυσης): αποτρέπει την ανεξάρτητη ολίσθηση (σπινιάρισμα) των τροχών.
- ESP (Electronic Stability Program, Πρόγραμμα Ηλεκτρονικής Ευστάθειας): αποτρέπει την πλαγιολίσθηση (ντεραπάρισμα) με σκοπό να διατηρήσει το όχημα στην επιθυμητή από τον οδηγό πορεία.
- ACC (Adaptive Cruise Control, Προσαρμοζόμενος Έλεγχος Ταξιδιού): αυτόματη διατήρηση της βέλτιστης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, σύμφωνα πάντα με την τρέχουσα ταχύτητα του οχήματος
- Ελαχιστοποίηση της εκπομπής βλαβερών ρύπων, μέσω παρακολούθησης των αερίων στην εξαγωγή και κατάλληλη ρύθμιση του μείγματος αέρα/καυσίμου

- Ομαλή λειτουργία κινητήρα στέλνοντας πληροφορίες στην κεντρική μονάδα έλεγχου και διαγνωστικά συστήματα βλαβών.
- Ενεργοποίηση των αερόσακων σε περίπτωση πρόσκρουσης, μόνον στην περίπτωση όπου η αντίστοιχη θέση του συνεπιβάτη είναι κατειλημμένη.
- Άνοιγμα ενός παραθύρου στην περίπτωση όπου αυτό δεν είναι δυνατόν να κλείσει χωρίς να αντιμετωπίζει αντίσταση (επειδή για παράδειγμα έχει σφηνώσει κάποιο δάκτυλο).
- Προειδοποιητικά σήματα στην περίπτωση όπου οι πόρτες δεν είναι όλες κλειστές την ώρα που το όχημα κινείται, ή όταν δεν υπάρχει αρκετό καύσιμο στο ντεπόζιτο, όταν υπάρχει κίνδυνος πάγου, όταν δεν έχουν ασφαλίσει οι ζώνες ασφαλείας κ.λπ.

Την στιγμή που έχουν να κάνουν με την ανθρώπινη ζωή αλλά και η φήμη μίας ολόκληρης εταιρείας αυτοκινήτων εξαρτάται από την αξιοπιστία τους, οι συγκεκριμένοι αισθητήρες υπόκεινται σε εξαιρετικά αυστηρές προδιαγραφές. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες οι εν λόγω αισθητήρες λειτουργούν είναι όντως προκλητικές: θερμοκρασίες που κυμαίνονται από τις εξαιρετικά 'παγωμένες' (-40°C) μέχρι τις απόλυτα 'καυστικές' ενός υπερθερμασμένου κινητήρα (160°C με σύντομες εκτινάξεις στους 200°C), καθώς επίσης βροχή, πάγος, άλατα κατά του πάγου, λάδια, υγρά φρένων, οξέα από μπαταρίες, σκόνη, καυσαέρια, δονήσεις, μηχανικές τάσεις και ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία που προέρχονται από το άμεσο περιβάλλον. Και βέβαια εκτός από το να παραμένουν λειτουργικοί, οι εν λόγω αισθητήρες θα πρέπει να διατηρούν την ακρίβεια των μετρήσεων τους εντός προκαθορισμένων και αυστηρών ορίων κάτω από όλες τις παραπάνω συνθήκες και για πολλά χρόνια. Την ίδια εν τω μεταξύ στιγμή υπάρχουν αφόρητες πιέσεις όσον αφορά το οικονομικό κόστος των αισθητήρων. Σαν αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, μόνον ένα πολύ μικρό ποσοστό από το πραγματικά τεράστιο πλήθος αισθητήρων που διατίθενται στο εμπόριο είναι σε θέση να ικανοποιήσει τα κριτήρια επιλογής.

## **6.2 Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου**

Η ΗΜΕ (ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο όλων των λειτουργιών του ηλεκτρικού συστήματος αλλά και άλλων υποσυστημάτων του οχήματος. Για τη λειτουργία ενός υπολογιστικού συστήματος απαιτείται η εισαγωγή δεδομένων και η ύπαρξη των συναρτήσεων ώστε να εξαχθεί το απαιτούμενο αποτέλεσμα. Τα δεδομένα στον υπολογιστή ενός αυτοκινήτου παρέχονται αυτόματα από τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι σε διάφορα σημεία του κινητήρα και των λειτουργικών συστημάτων.

Το Motronic MED 7.5 είναι το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα 1.6 FSI άμεσου ψεκασμού βενζίνης και επιτρέπει την υψηλή απόδοση του κινητήρα με χαμηλή κατανάλωση καυσίμων μέσω της προσαρμογής σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Ο κινητήρας 1.6 FSI είναι από τους πρώτους κινητήρες άμεσου ψεκασμού ευρείας παραγωγής και αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα της εν λόγω τεχνολογίας.

Ο χαρακτηρισμός MED 7.5 σημαίνει:

M = Motronic

E = ηλεκτρονικό γκάζι

D = άμεση έγχυση

7.5 = Έκδοση και επίπεδο ανάπτυξης

Οι πρόσθετοι αισθητήρες που εμφανίζονται στο MED 7.5 είναι οι εξής :

- NOx
- θερμοκρασίας Καυσαερίων
- ποτενσιόμετρο επανακυκλοφορίας καυσαερίων
- ποτενσιόμετρο στο πτερύγιο της πολλαπλής εισαγωγής
- πίεσης καυσίμου
- ρύθμισης χρονισμού εκκεντροφόρου και βαλβίδων εισαγωγής
- Διαγνωστικά λειτουργίας

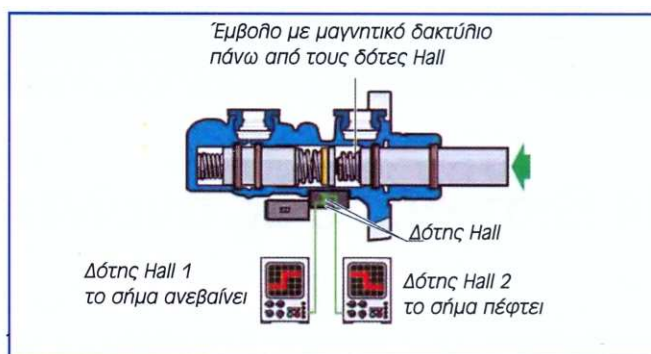
### **6.3 Αισθητήρες Λειτουργίας**

Παρακάτω γίνεται αναφορά στους αισθητήρες του κινητήρα 1.6 FSI

### 6.3.1 Δότης θέσης πεντάλ φρένου φρένου

Στο πάτημα του πεντάλ φρένου η ράβδος πίεσης μέσα στην πρωτεύουσα αντλία φρένων μετατοπίζει το έμβολο με το μαγνητικό δακτύλιο (μόνιμος μαγνήτης). Για λόγους ασφαλείας έχουν τοποθετηθεί δύο δότες Hall. Όταν το πεντάλ φρένου δεν είναι πατημένο, το έμβολο με το μαγνητικό δακτύλιο είναι στη θέση ηρεμίας. Τα ηλεκτρονικά αξιολόγησης του δότη θέσης πεντάλ φρένου στέλνουν μια τάση σήματος 0 - 2 Volt στον εγκέφαλο του κινητήρα και στον εγκέφαλο τροφοδοσίας δικτύου όπου αναγνωρίζεται ότι το πεντάλ φρένου δεν είναι πατημένο. Όταν πατηθεί το πεντάλ φρένου το έμβολο μετατοπίζει πάνω από τους δότες Hall.

Μόλις ο μαγνητικός δακτύλιος του εμβόλου περάσει πάνω από το σημείο ηλεκτρικής ζεύξης του δότη Hall, τα ηλεκτρονικά αξιολόγησης στέλνουν στον εγκέφαλο μια τάση σήματος, χαμηλότερης των 2 Volt της τάσης δικτύου. Έτσι αναγνωρίζεται, ότι το πεντάλ φρένου είναι πατημένο.



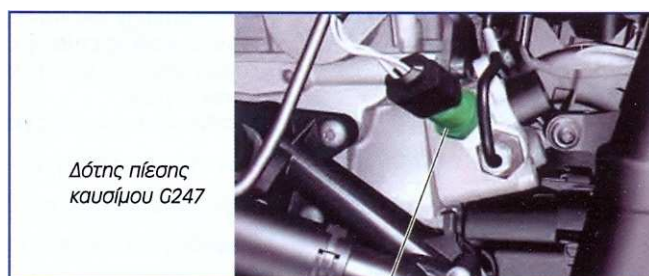
### Δότης πίεσης πεντάλ φρένου

### 6.3.2 Δότης πίεσης καύσιμου



Ο δότης βρίσκεται από την πλευρά του βολάν στο κάτω τμήμα του αυλού εισαγωγής και είναι βιδωμένος στο σωλήνα διανομής καυσίμου. Μετρά την πίεση του καυσίμου στο σύστημα υψηλής πίεσης καυσίμου και στέλνει το σήμα στον εγκέφαλο.

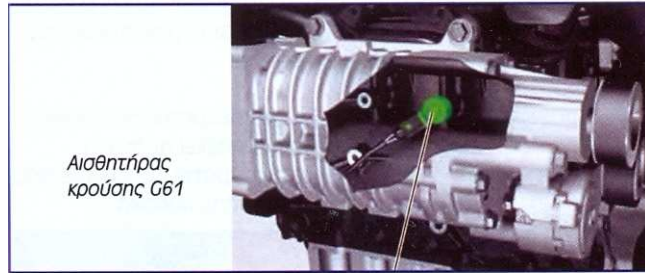
Ο εγκέφαλος αξιολογεί τα σήματα και ρυθμίζει μέσω TNC (ρυθμιστικής βαλβίδας για πίεση καυσίμου) την πίεση στο σωλήνα διανομής καυσίμου. Εάν χαλάσει ο δότης πίεσης καυσίμου, η βαλβίδα ρύθμισης πίεσης καυσίμου απενεργοποιείται, η ηλεκτρική αντλία καυσίμου ενεργοποιείται στην πλήρη ισχύ και ο κινητήρας λειτουργεί με την υφιστάμενη πίεση καυσίμου τότε η ροπή του κινητήρα μειώνεται δραστικά.



**Δότης πίεσης καυσίμου**

### **6.3.3 Αισθητήρας κρούσης**

Ο αισθητήρας κρούσης είναι βιδωμένος στο μπλοκ κυλίνδρων κάτω από τον συμπιεστή. Από τα σήματα του αισθητήρα κρούσης αναγνωρίζεται επιλεκτικά σε κάθε κύλινδρο κρουστική καύση. Εάν αναγνωριστεί κρουστική καύση, γίνεται μετατόπιση της γωνίας ανάφλεξης στον αντίστοιχο κύλινδρο, ως τη στιγμή που θα εξαφανιστεί η κρούση. Εάν χαλάσει ο αισθητήρας κρούσης ο χρονισμός της γωνίας ανάφλεξης όλων των κυλίνδρων γίνεται με αργοπορία. Αυτό προκαλεί αυξημένη κατανάλωση καυσίμου και μειώνονται η ισχύς και η ροπή.



### Αισθητήρας κρούσης

#### 6.3.4 Δότης θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού (διανομέα)

Βρίσκεται στο διανομέα Ψυκτικού υγρού. Μετρά τη θερμοκρασία του Ψυκτικού υγρού και την μεταδίδει στον εγκέφαλο. Η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού ανάμεσα σε άλλα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ποσότητας ψεκασμού, του χρονικού σημείου ανάφλεξης, και για τον έλεγχο των λειτουργιών δυναμικής συμπεριφοράς οχήματος. Εάν δεν υπάρχει αυτό το σήμα, ο εγκέφαλος κινητήρα υπολογίζει μια θερμοκρασία βάσει ηλεκτρονικά χαρτογραφημένου πεδίου και την χρησιμοποιεί για τις διάφορες λειτουργίες.

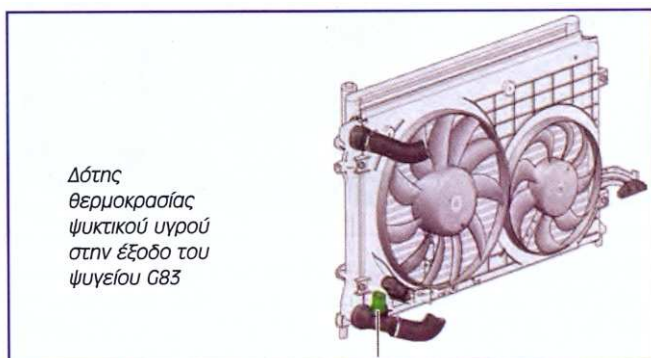


### Δότης θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού (διανομέα)

#### 6.3.5 Δότης θερμοκρασίας ψυκτικού (ψυγείο)

Ο δότης θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού βρίσκεται στο σωλήνα στην έξοδο του Ψυγείου και μετρά εκεί την θερμοκρασία εξόδου του Ψυκτικού υγρού από το ψυγείο. Με τη σύγκριση των δύο σημάτων του δότη θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού στο διανομέα και του δότη θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού του ψυγείου

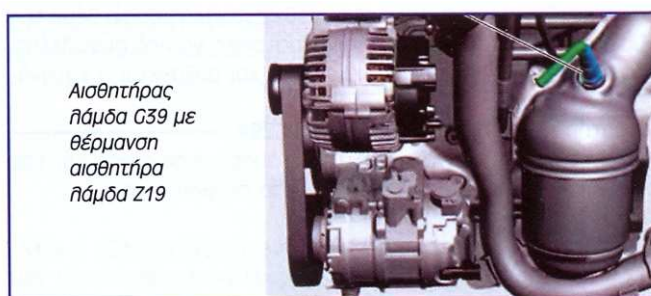
ενεργοποιούνται ανάλογα τα βεντιλατέρ Ψυγείου. Εάν δεν υπάρχει το σήμα του δότη θερμοκρασίας Ψυκτικού υγρού, χρησιμοποιείται ως υποκατάστατη τιμή η θερμοκρασία του δότη θερμοκρασίας Ψυκτικού υγρού του διανομέα.



**Δότης θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού (ψυγείο)**

### 6.3.6 Αισθητήρας λάμδα G39

Μετά τον καταλύτη χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας λάμδα μετάβασης. Αυτό είναι δυνατό, γιατί σε όλη σχεδόν τη λειτουργία του κινητήρα είναι δυνατή η λειτουργία με Λάμδα 1. Ο αισθητήρας είναι βιδωμένος στο σωλήνα της εξάτμισης μπροστά από τον καταλύτη που είναι κοντά στον κινητήρα. Με τον αισθητήρα αυτόν προσδιορίζεται το ποσοστό οξυγόνου στα καυσαέρια μπροστά από τον καταλύτη. Η θέρμανση του αισθητήρα λάμδα φροντίζει ώστε ο αισθητήρας λάμδα να αναπτύσσει πολύ γρήγορα την θερμοκρασία λειτουργίας του. Από την τάση του σήματος ο εγκέφαλος κινητήρα αναγνωρίζει αν ο κινητήρας λειτουργεί με πλούσιο ή φτωχό μίγμα αερίου-καυσίμου. Εάν δεν υπάρχει το σήμα, δεν γίνεται ρύθμιση λάμδα, αλλά μια προρύθμιση της ποσότητας ψεκασμού, η προσαρμογή λάμδα κλειδώνει, και το σύστημα δοχείου ενεργού άνθρακα περνά σε λειτουργία ανάγκης.



## Αισθητήρας λάμδα G39

### 6.3.7 Αισθητήρας λάμδα G150

Και αυτός ο αισθητήρας λάμδα είναι αισθητήρας λάμδα μετάβασης. Η θέρμανση του αισθητήρα λάμδα φροντίζει ώστε ο αισθητήρας λάμδα να αναπτύξει πολύ γρήγορα τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Ο αισθητήρας λάμδα μετά τον καταλύτη χρησιμεύει για τον έλεγχο της λειτουργίας του καταλύτη. Εάν δεν υπάρχει σήμα η λειτουργία του καταλύτη δεν επιτηρείται πλέον.

πειται πιεσον.



### Αισθητήρας λάμδα G150

### 6.3.8 Ποτενσιόμετρο για θυρίδα αυλού εισαγωγής

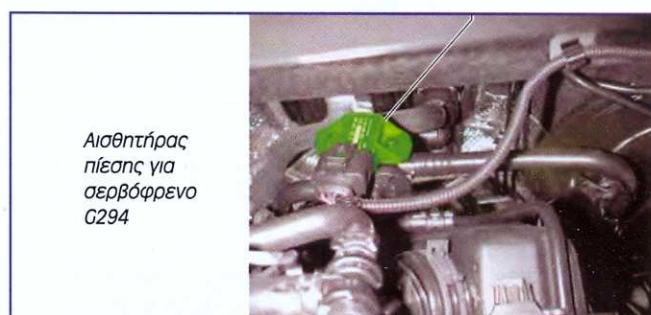
Είναι στερεωμένο στο κάτω μέρος του αυλού εισαγωγής και συνδέεται με τον άξονα των πεταλούδων αυλού εισαγωγής και αναγνωρίζει τη θέση των θυρίδων αυλού εισαγωγής. Η θέση έχει σημασία, γιατί η ενεργοποίηση των θυρίδων αυλού εισαγωγής επηρεάζει τη ροή αέρα στο θάλαμο καύσεως και την προσαγόμενη ποσότητα αέρα. Γι' αυτό η θέση των θυρίδων αυλού εισαγωγής επηρεάζει τα καυσαέρια και πρέπει να ελέγχεται με την οροδιάγνωση. Εάν δεν υπάρχει το σήμα από το ποτενσιόμετρο, δεν αναγνωρίζεται πλέον αν οι θυρίδες αυλού εισαγωγής είναι ανοιχτές ή κλειστές. Ως υποκατάστατη τιμή υιοθετείται μια μεσαία θέση της θυρίδας και προσδιορίζονται οι αντίστοιχες γωνίες ανάφλεξης, όμως υπάρχουν απώλειες ισχύος και ροπής και αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου.



### Ποτενσιόμετρο για θυρίδα αυλού εισαγωγής

#### 6.3.9 Αισθητήρας πίεσης για σερβόφρενο

Βρίσκεται στο σωλήνα μεταξύ του αυλού εισαγωγής και του σερβόφρενου και μετρά την πίεση στο σερβόφρενο. Από το σήμα τάσης του αισθητήρα πίεσης αναγνωρίζει ο εγκέφαλος κινητήρα αν η υποπίεση επαρκεί για τη λειτουργία του σερβόφρενου. Εάν είναι πολύ χαμηλή, απενεργοποιείται πχ, ο κλιματισμός. Τότε κλείνει λίγο η πεταλούδα και η υποπίεση αυξάνεται πάλι. Όταν δεν υπάρχει το σήμα, υιοθετείται μια τιμή πίεσης από ηλεκτρονικά χαρτογραφημένο πεδίο και βάσει αυτής υπολογίζεται η αντίστοιχη λειτουργία.

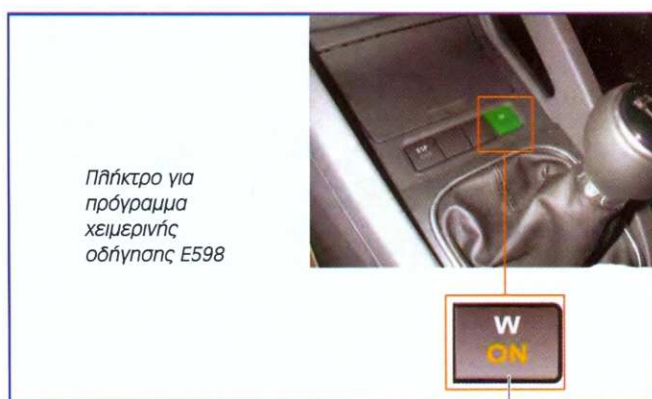


### Αισθητήρας πίεσης για σερβόφρενο

#### 6.3.10 Πλήκτρο για πρόγραμμα χειμερινής οδήγησης

Το πλήκτρο για το πρόγραμμα χειμερινής οδήγησης είναι στερεωμένο στην κεντρική κονσόλα μπροστά από τον επιλογέα. Το πρόγραμμα χειμερινής οδήγησης προβλέπεται για την οδήγηση σε λείο οδόστρωμα. Χρησιμοποιείται μόνο σε ορισμένους κινητήρες.

Στο πάτημα του πλήκτρου, ενεργοποιείται στον εγκέφαλο κινητήρα ένα χαρακτηριστικό πεδίο άνεσης και επίσης μια πιο επίπεδη χαρακτηριστική γραμμή στο πεντάλ γκαζιού. Τότε η διαθέσιμη ροπή περιορίζεται αναλόγως της ταχύτητας και του αριθμού στροφών. Σε ολισθηρό οδόστρωμα (νερά, πάγος, χιόνι, λάσπη κλπ.) διευκολύνεται το ξεκίνημα. Εάν το πλήκτρο χαλάσει, υπάρχει μόνο το κανονικό πρόγραμμα οδήγησης.



**Πλήκτρο για πρόγραμμα χειμερινής οδήγησης**

### 6.3.11 Ενεργοποιητές Ρελέ τροφοδοσίας ρεύματος για Motronic

Το ρελέ τροφοδοσίας ρεύματος για Motronic βρίσκεται στο χώρο κινητήρα αριστερά στο κουτί ηλεκτρονικών. Με τη βοήθεια του ρελέ τροφοδοσίας ρεύματος ο εγκέφαλος είναι σε θέση - ακόμα και μετά από το σβήσιμο του κινητήρα να εκτελεί ορισμένες λειτουργίες και να εργάζεται σε κατάσταση μεταλειτουργίας. Σ' αυτήν την κατάσταση λειτουργίας ανάμεσα στα άλλα οι δότες πίεσης συντονίζονται μεταξύ τους και ενεργοποιούνται οι πολλαπλασιαστές ή το βεντιλατέρ ψυγείου. Εάν το ρελέ χαλάσει, οι αντίστοιχοι αισθητήρες και ενεργοποιητές δεν ενεργοποιούνται πλέον. Ο κινητήρας σβήνει και δεν πρόκειται να ξεκινήσει πλέον.

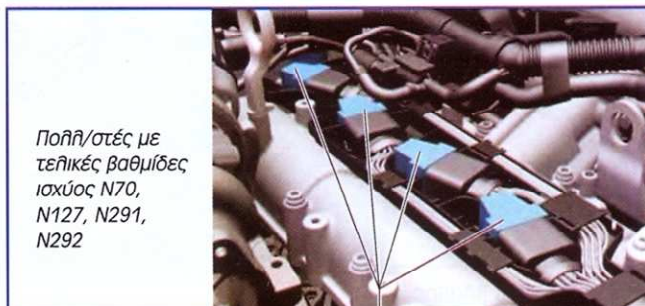




## Ρελέ τροφοδοσίας ρεύματος για Motronic

### 6.3.12 Πολλαπλασιαστές με τελικές βαθμίδες ισχύος

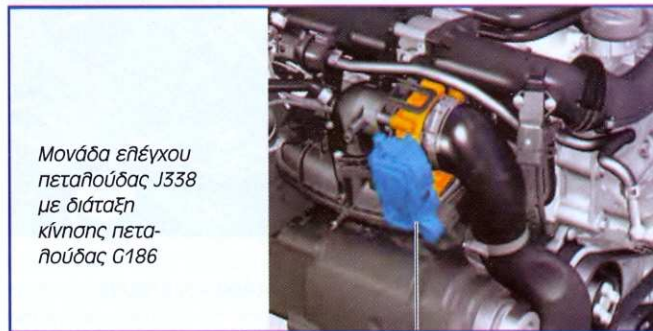
Οι πολλαπλασιαστές με τελικές βαθμίδες ισχύος είναι διατεταγμένοι κεντρικά στην Κυλινδροκεφαλή. Οι πολλαπλασιαστές με τελικές βαθμίδες ισχύος έχουν αποστολή να αναφλέγουν το μίγμα καυσίμου-αέρα τη σωστή χρονική στιγμή. Η γωνία ανάφλεξης ρυθμίζεται μεμονωμένα για κάθε κύλινδρο. Εάν χαλάσει κάποιος πολλαπλασιαστής, απενεργοποιείται ο ψεκασμός του αντίστοιχου κυλίνδρου. Αυτό είναι δυνατό το πολύ σε έναν κύλινδρο.



### Πολλαπλασιαστές με τελικές βαθμίδες ισχύος

### 6.3.13 Μονάδα ελέγχου πεταλούδας με διάταξη κίνησης πεταλούδας

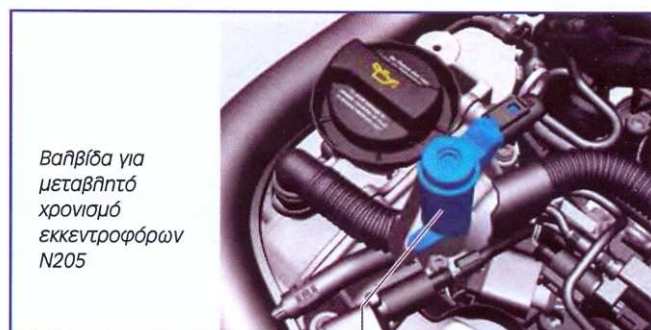
Η μονάδα ελέγχου πεταλούδας με διάταξη κίνησης πεταλούδας βρίσκεται στο κανάλι αναρρόφησης, μπροστά από τον αυλό εισαγωγής. Η διάταξη κίνησης της πεταλούδας είναι ένα ηλεκτρομοτέρ, το οποίο ενεργοποιείται από τον εγκέφαλο. Μέσω ενός μικροσκοπικού μηχανισμού μετάδοσης κινεί την πεταλούδα. Η ρύθμιση δεν έχει διαβαθμίσεις αλλά χρησιμοποιεί το ΜΟ του εύρους από το ρελαντί ως τη θέση πλήρους φορτίου. Εάν χαλάσει το ηλεκτρομοτέρ κίνησης πεταλούδας, η πεταλούδα σύρεται στη θέση λειτουργίας ανάγκης, διατίθενται μόνο οι λειτουργίες ανάγκης και οι λειτουργίες άνεσης (Π.χ. ρύθμιση σταθερής ταχύτητας) απενεργοποιούνται.



### Μονάδα ελέγχου πεταλούδας με διάταξη κίνησης πεταλούδας

#### 6.3.14 Βαλβίδα για μεταβλητό χρονισμό εκκεντροφόρων

Βρίσκεται στο περίβλημα των εκκεντροφόρων και συμπεριλαμβάνεται στο κύκλωμα λίπανσης του Κινητήρα. Δια της ενεργοποίησης της βαλβίδας μεταβλητού χρονισμού εκκεντροφόρων κατανέμεται το λάδι στον υδραυλικό ρυθμιστή αναλόγως του καναλιού λαδιού που ελευθερώνεται, ο εσωτερικός ρότορας μετατοπίζεται σε θέση προπορίας ή αργοπορίας, ή αντίστοιχα διατηρείται στη θέση του. Δεδομένου ότι ο εσωτερικός ρότορας είναι βιδωμένος με τον εκκεντροφόρο εισαγωγής, εκτελείται στον αντίστοιχο βαθμό και ο μεταβλητός χρονισμός του εκκεντροφόρου εισαγωγής. Εάν χαλάσει η βαλβίδα για το μεταβλητό χρονισμό εκκεντροφόρων, ο μεταβλητός χρονισμός των εκκεντροφόρων είναι πλέον αδύνατος, ο εκκεντροφόρος εισαγωγής παραμένει στη θέση "αργοπορία" και υπάρχουν απώλειες ροπής.



### Βαλβίδα για μεταβλητό χρονισμό εκκεντροφόρων



### 6.3.15 Σχεδιάγραμμα με όλους τους αισθητήρες του MED 7.5

Μετρητής ροής μάζας αέρα

Θερμοκρασία αέρα

Πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής

Ταχύτητα κινητήρα

Θέση εκκεντροφόρου

Βαλβίδα ελέγχου θέσης γκαζιού

Αισθητήρες γωνίας

Θέση πεντάλ κατά την επιτάχυνση 1

Θέση πεντάλ κατά την επιτάχυνση 2

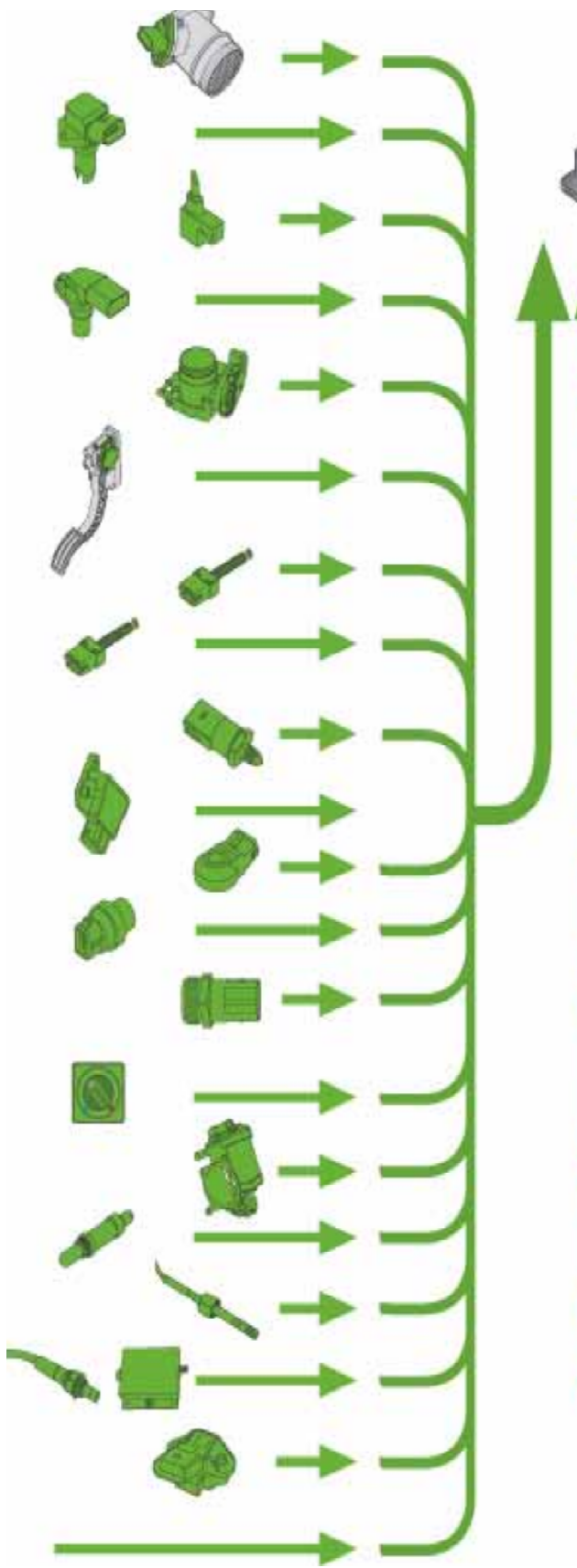
Φώτων φρένου

Πεντάλ φρένου

Πεντάλ συμπλέκτη

Πίεση καυσίμου

Πτερύγιο της πολλαπλής εισαγωγής



## 6.4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά στοιχεία του κινητήρα άμεσου ψεκασμού 1.8 TFSI του ομίλου VW, ο οποίος αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα της τεχνολογίας άμεσου ψεκασμού.

### 6.4.1 Κατασκευαστικά κινητήρα

Ο κινητήρας 1.8 TFSI ανήκει σε μια νέα γενιά κινητήρων με 4 κυλίνδρους σε σειρά. Οι ακόλουθες προτεραιότητες λήφθηκαν υπόψη για την εξέλιξη του συγκεκριμένου κινητήρα:

- Μείωση κόστους παραγωγής
- Η τοποθέτηση του στον διαμήκη ή στον εγκάρσιο άξονα
- Να ξεπεράσει τις αυστηρές προδιαγραφές προστασίας πεζών αλλά και επιβατών στην περιοχή των ποδιών, σε περίπτωση σύγκρουσης
- Να ξεπεράσει τις νέες αυστηρές προδιαγραφές θορύβου, καυσαερίων
- Βελτιωμένη απόδοση, μηχανική και θερμοδυναμική, μαζεμένες διαστάσεις και βελτιωμένη ηχητική
- Βελτιωμένη διαδικασία συντήρησης και επισκευής
- Οικονομία και μειωμένοι ρύποι



Ο κινητήρας 1.8 TFSI

### **Τεχνικά χαρακτηριστικά**

Χωρητικότητα: 1798 cc

Ισχύς: 118 kW (160 CV) στις 5000 - 6200 Σαλ.

Ροπή: 250Nm στις 1500 - 4200 Σαλ

Διάμετρος / διαδρομή: 82.5 - 84.2 mm

Λόγος συμπίεσης: 10.5

Βάρος κινητήρα: 144 kg

Σύστημα Ψεκασμού: Bosch Motronic MED 17.5

Εξαγωγή: 3 way cat

### **6.4.2 Κύρια χαρακτηριστικά**

Βενζινοκινητήρας (άμεσου ψεκασμού), 4 κύλινδροι, 4 βαλβίδες / κύλινδρο.

- Χαμηλή κατανάλωση.
- Εξαιρετική απόκριση και ελαστικότητα
- Μέγιστη άνεση.

Διαχείριση καυσαερίων: Προκαταλύτης/Καταλύτης, 1 κοινός αισθητήρας «λ»

### 6.4.3 Μπλοκ κινητήρα

- Γκρι χυτοσίδηρος
- Μαντεμένιος στρόφαλος με 5 κουζινέτα και αντικραδασμικούς άξονες ενσωματωμένους στο μπλοκ
- Καδένα χρονισμού στη άκρη του μπλοκ εσωτερικά
- Κατεργασία επιφανείας κυλίνδρων με ψεκασμό υγρών 3 σταδίων
- Μπέκ ψεκασμού λαδιού στο κάτω μέρος των εμβόλων



Μπλοκ κινητήρα

### 6.4.4 Κάρτερ

#### Άνω μέρος του κάρτερ

- Κατασκευασμένο από κράμα αλουμινίου
- Επιπρόσθετη ενίσχυση στο μπλοκ.
- Στηρίζει την αντλία λαδιού
- Βιδώνει πάνω στο μπλοκ
- Στεγανοποιείται με υγρή σιλικόνη.

#### Κεντρικό τμήμα

Κατασκευασμένο από πολυαμίδιο, ειδικά σχεδιασμένο για να μην αφρίζει το λάδι, αλλά και να αποφεύγεται το πιτσίλισμα λαδιού σε γρήγορη οδήγηση

### Κάτω Τμήμα

- Σιδερένιο (λαμαρίνα με καταλυτική επιφάνεια)
- Τάπα λαδιού
- Βιδώνει στο αλουμινένιο τμήμα και στεγανοποιείται με υγρή σιλικόνη



Κάρτερ

### 6.4.5 Στροφαλοφόρος

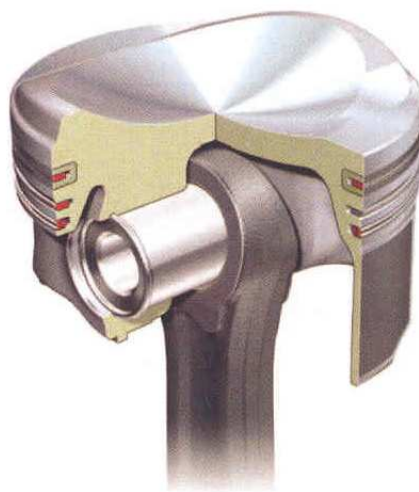
- Στροφαλοφόρος με 5 σημεία στήριξης κατασκευασμένος από θερμικά επεξεργασμένο ατσάλι
- 8 αντίβαρα για βελτιωμένη λειτουργία
- Κουζινέτα διπλού μετάλλου
- Κουζινέτο πείρου εμβόλου διμεταλλικό, διμεταλλικό κουζινέτο μπιέλας
- Τραπεζοειδής μπιέλα, τυχαίας κοπής, με εσωτερική δίοδο λαδιού
- Μπρούτζινο κουζινέτο για τον πείρο εμβόλου
- Στήριξη καβαλέτων και στο μπλοκ με βίδες. Ρυθμίσεις ανοχών στροφάλου μέσω του κεντρικού καβαλέτου.



Στροφαλοφόρος άξονας

#### 6.4.6 Έμβολα

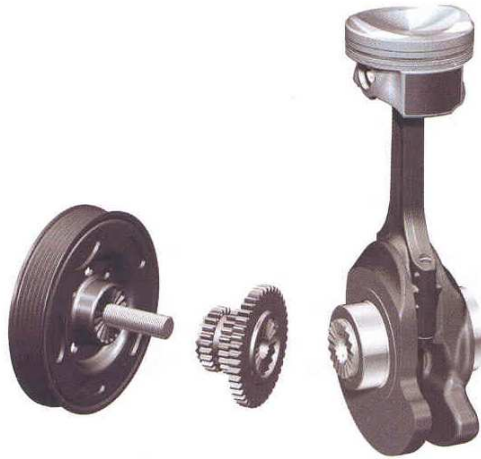
Ειδικό σχήμα για λειτουργία FSI (στροβιλισμός). Το ελατήριο συμπίεσης πατάει πάνω σε άλλο εμφυτευμένο ελατήριο, τεχνική δανεισμένη από τους πετρελαιοκινητήρες. Τα πλεονεκτήματα είναι, μικρότερο βάρος, μεγαλύτερη αντοχή, ομαλότερη λειτουργία, μικρότερες απώλειες. Το επάνω έχει τετραγωνική διατομή, το μεσαίο κωνική, ενώ το κάτω είναι διπλό για τον καθαρισμό του χιτωνίου από το λαδί.



Έμβολο

#### 6.4.7 Συγκρότημα γραναζιών στροφάλου

Η μετάδοση της κίνησης σε εκκεντροφόρους, αντίβαρα και αντλία λαδιού γίνεται με καδένα μέσω του συγκροτήματος γραναζιών του στροφάλου. Οι ενώσεις τους έχουν εγκοπές με αποτέλεσμα την μέγιστη ασφάλεια και ακαμψία περιστροφής σε συνδυασμό με μικρές διαστάσεις γραναζιών.



Γρανάζια στροφάλου

#### 6.4.8 Κυλινδροκεφαλή

- Αλουμινένια cross-flow
- Τετραπλό έκκεντρο κίνησης της υψηλής αντλίας καυσίμου
- Γρανάζι αισθητήρα C40 στο κέντρο του εκκεντροφόρου
- 3 φυλλη μεταλλική φλάντζα κεφαλής
- Σύστημα ωστηρίων (SVO)
- Κλαπέτα αυλών εισαγωγής
- Το κάλυμμα βαλβίδων στηρίζει και τους εκκεντροφόρους
- Χλωριωμένες βαλβίδες εισαγωγής, ενισχυμένες έδρες. Οι βαλβίδες εξαγωγής είναι γεμισμένες με sodium (Νάτριο)
- Μεταβλητός χρονισμός στην εισαγωγή



- Εκκεντροφόρος εξαγωγής οδηγούμενος από γρανάζι και καδένα
- Μεταβολή εισαγωγής κατά 60° περιστροφής στρόφαλου



Κεφαλή-εκκεντροφόροι-βαλβίδες

#### 6.4.9 Παροχή λαδιού στους εκκεντροφόρους

- Από πρεσσαριστό αλουμίνιο
- Φωλιάζει στους εκκεντροφόρους και παρέχει λιπαντικό υπό πίεση στα κουζινέτα των εκκεντροφόρων
- Παροχή λαδιού στον μηχανισμό μεταβλητού χρονισμού
- Φωλιάζει και την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του μεταβλητού χρονισμού.

#### 6.4.10 Μεταβλητός χρονισμός

Το σύστημα χρονισμού οδηγείται από τον στρόφαλο μέσω τριών καδενών:

- Καδένα για τα αντίβαρα
- Καδένα για τους εκκεντροφόρους
- Καδένα για την αντλία λαδιού

Οι καδένες είναι οδοντωτές 1/4" με 4 εσωτερικές λάμες και 5 λάμες οδηγούς.

Για τον χρονισμό του κινητήρα υπάρχουν σκουρόχρωμοι σύνδεσμοι που πρέπει να έρθουν σε συγκεκριμένα σημάδια των γραναζιών,

Πλεονεκτήματα καδένας ΗΥ-VO:

- Ομαλή λειτουργία, ελάχιστη φθορά
- Εξοικονόμηση χώρου
- Εξαιρετικά εύκαμπτες
- Ο βαθμός μηχανολογικής απόδοσης πλησιάζει το 99%

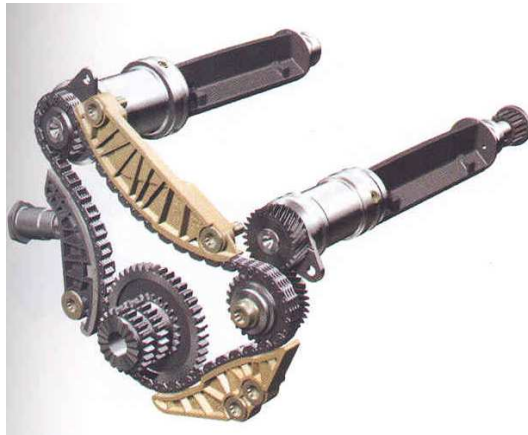
#### 6.4.11 Αντικραδασμικοί άξονες

Είναι δύο, περιστρέφονται με τη διπλάσια ταχύτητα από αυτή του στροφάλου.

Είναι τοποθετημένοι εσωτερικά του μπλοκ με τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μεγαλύτερη αντοχή σε στρεπτικές δυνάμεις
- Ελαχιστοποίηση του αφρίσματος του λαδιού

Ο δεξιός αντικραδασμικός οδηγείται από ενδιάμεσο γρανάζι για να γυρίζει αντίθετα από την περιστροφή του στροφάλου.



Αντικραδασμικοί άξονες

#### 6.4.12 Εντατήρες

Υπάρχουν 3 εντατήρες, ένας για κάθε καδένα

- Υδραυλικός για τους εκκεντροφόρους. Έχει εξωτερική πρόσβαση
- Μηχανικός για τους αντικραδασμικούς. Έχει εξωτερική πρόσβαση
- Μηχανικός για την αντλία λαδιού



Εντατήρες

#### 6.4.13 Φίλτρο λαδιού

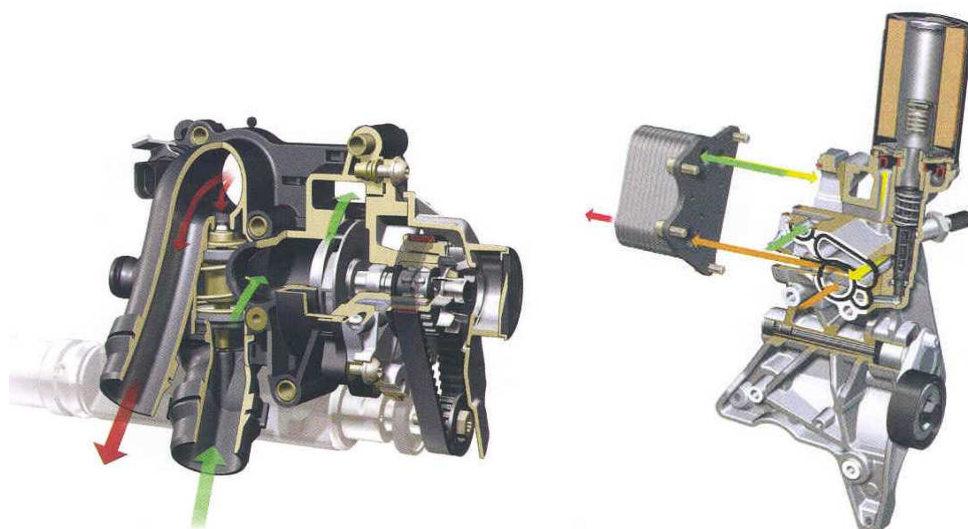
Στη βάση υπάρχει ενσωματωμένη ειδική βαλβίδα εκκένωσης, ώστε το λάδι να επιστρέφει στο κάρτερ κατά το ξεβίδωμα του φίλτρου

#### 6.4.14 Σύστημα ψύξης

Περιλαμβάνει την ηλεκτρική αντλία μεταψύξης η οποία περιστρέφει το ψυκτικό υγρό κατά την αντίθετη φορά. Μπορεί να δουλέψει έως και 15 λεπτά μετά το σβήσιμο του κινητήρα. Στην αντλία νερού, ο αισθητήρας θερμοκρασίας και ο

Θερμοστάτης είναι τοποθετημένοι στο ίδιο κέλυφος εκτός του μπλοκ και κάτω από την πολλαπλή εισαγωγής.

Η αντλία νερού παίρνει κίνηση από γρανάζι που είναι τοποθετημένο στην άκρη του ενός αντικραδασμικού άξονα. Επίσης έχει ενσωματωμένο ανεμιστήρα για ψύξη του μάντα με στόχο τη μεγαλύτερη αξιοπιστία.



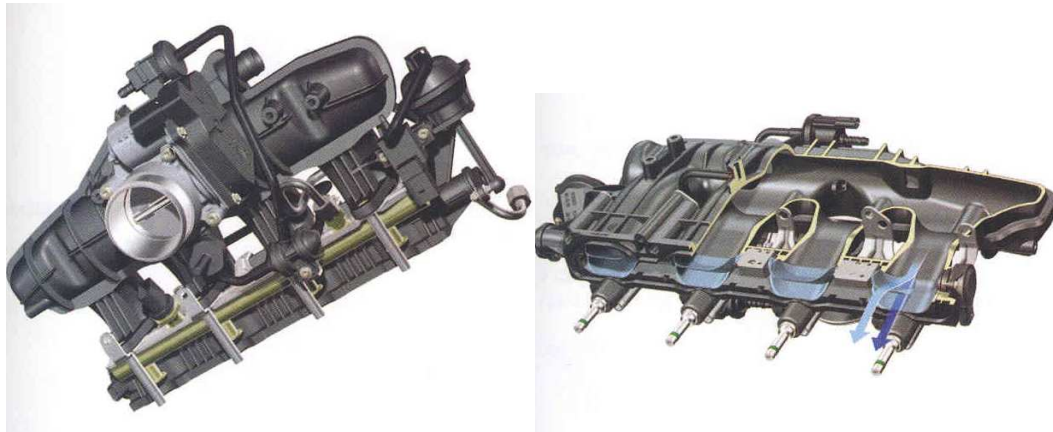
Σύστημα ψύξης

Φίλτρο λαδιού

#### 6.4.15 Πολλαπλή εισαγωγής

Η πολλαπλή εισαγωγής είναι παρόμοια με αυτή του 2.0 TFSI. Το υλικό κατασκευής είναι το πολυαμίδιο. Έχει ενσωματωμένα και τα κλαπέτα των αυλών εισαγωγής, των οποίων η ενεργοποίηση πλέον είναι μηχανική μέσω υποπίεσης. Τα κλαπέτα εισαγωγής είναι επανασχεδιασμένα για αποτελεσματικότερη ροή και καλύτερη στεγανότητα όταν αυτά είναι κλειστά. Τη θέση τους τη διαβάζει ο εγκέφαλος μέσω του ενός ποτενσιόμετρου, το οποίο είναι τοποθετημένο στην μία άκρη της πολλαπλής.

Πολλαπλή εισαγωγής



#### 6.4.16 Σύστημα ψεκασμού

Το σύστημα ψεκασμού έχει σχεδιαστεί να δουλεύει και με βενζίνη χαμηλών οκτανίων (Otto R0Z 95/91 fuel).

Δεν υπάρχει βαλβίδα ανακούφισης της υψηλής πίεσης καυσίμου, αυτή η λειτουργία εκτελείται πλέον από την ίδια την αντλία υψηλής.

Η πίεση στο κύκλωμα χαμηλής μεταβάλλεται από 3.5 μέχρι 6 bar, αναλόγως τις απαιτήσεις καυσίμου που υπολογίζει ο εγκέφαλος.

Η πίεση υψηλής ρυθμίζεται επίσης από αισθητήρα μέσω ηλεκτρομαγνητικού ρυθμιστή πίεσης.

#### 6.4.17 Κύκλωμα υψηλής πίεσης

Ο αισθητήρας πάνω στο κύκλωμα υψηλής μπορεί να διαβάσει πιέσεις έως και 200 bar



## Σύστημα ψεκασμού

### Αντλία υψηλής πίεσης

- Οδηγείται από τετραπλό έκκεντρο
- Μεταβάλλει την πίεση μεταξύ 50 και 150 bar
- Η λειτουργία ανακούφισης θα ενεργοποιηθεί όταν η πίεση στο κύκλωμα υψηλής θα ξεπεράσει τα 200 bar
- Το τετραπλό έκκεντρο εξασφαλίζει ικανή πίεση και στα 4 μπέκ και στους τέσσερις χρόνους του κινητήρα

### 6.4.18 Αισθητήρας "λ"

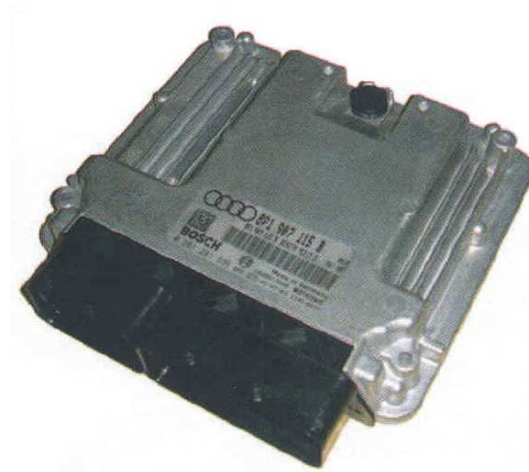
Κοινός αισθητήρας «λ» με 4 επαφές και τιμή λειτουργίας = 1. Είναι τοποθετημένος ανάμεσα σε προκαταλύτη και καταλύτη



Αισθητήρας λ

### 6.4.19 HME Motronic MED 17.5

Η πλακέτα έχει σχεδιαστεί ώστε να **εκτελέσει** και μελλοντικές λειτουργίες,



Motronic MED 17.5

## 6.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

- Η βασικότερη διαφορά ανάμεσα στο σύστημα άμεσου ψεκασμού και τα συστήματα έμμεσου ψεκασμού, είναι ότι ο ψεκασμός πραγματοποιείται με μεγαλύτερη πίεση απευθείας στο θάλαμο καύσης.
- Ο κινητήρας μπορεί να δουλέψει σε διαφορετικά προγράμματα λειτουργίας ανάλογα με το φορτίο και την ταχύτητα του κινητήρα παρέχοντας στρωτή λειτουργία επιτάχυνσης και προοδευτική λειτουργία κατά την αύξηση του φορτίου και της ταχύτητας.

Σε απαιτήσεις υψηλών φορτίων, έχουμε καύση ομοιογενούς μείγματος, ενώ σε μικρότερα φορτία καύση στρωματοποιημένου μείγματος. Ακόμη υπάρχει και μία τρίτη κατάσταση λειτουργίας η καύση ομοιογενούς πτωχού μίγματος όπου παρέχει μια περαιτέρω μείωση στην κατανάλωση καυσίμου και μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται μεταξύ της στρωματοποιημένης και της ομοιογενούς λειτουργίας. Στη φάση ομογενοποίησης, η πεταλούδα όπου ελέγχεται ηλεκτρονικά είναι οριζοντιωμένη. Έτσι, ο αέρας εισέρχεται στο θάλαμο καύσης ομαλά, χωρίς απώλειες και με πλήρη παροχή αέρα και από τους δύο αυλούς εισαγωγής που υπάρχουν (πτωχό μείγμα). Στις χαμηλές στροφές του κινητήρα με μικρά φορτία, στη φάση στρωματοποίησης, η πεταλούδα οδηγεί τον αέρα στον αυλό με τη μικρότερη

διάμετρο, με αποτέλεσμα ο αέρας να εισέρχεται με μεγαλύτερη πίεση και ταχύτητα, προσκρούοντας στην ειδικά διαμορφωμένη επιφάνεια του εμβόλου, με συνέπεια το μίγμα να κατευθύνεται κοντά στο σπινθηριστή. Αναλυτικότερα, όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία σε αέρα του στοιχειομετρικού μίγματος τόσο πιο φτωχό είναι το μίγμα, άρα μικρότερη και η κατανάλωση

- Το καύσιμο ψεκάζεται κατευθείαν πάνω στην επιφάνεια του εμβόλου το οποίο έχει μία ειδικά διαμορφωμένη κοιλότητα (σαν χούφτα) με τέτοιο τρόπο, ώστε να βοηθήσει στην δημιουργία ομοιογενούς μίγματος και το να κατευθύνει κάτω από το σπινθηριστή στο κέντρο του θαλάμου.
- Μέσα στον θάλαμο 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.
- 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 μέχρι και 12,5:1 με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμικής απόδοσης του κινητήρα.

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 ψεκασμού πολλαπλών σημείων.

- Μία άλλη καινοτομία που συναντάται στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού, είναι ότι υπάρχει ένα σύστημα επανακυκλοφορίας 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 NOx. Στην περίπτωση του FSI, κατά τη φάση εξαγωγής,



η βαλβίδα επανακυκλοφορίας διοχετεύει περισσότερο από το 30% των καυσαερίων πίσω στο θάλαμο καύσης.

- Δύο καταλύτες ελέγχουν την ποιότητα των καυσαερίων, ένας τριοδικός μετά την πολλαπλή εξαγωγής και ένας καταλύτης αποθήκευσης NOx, πριν από το σιγαστήρα της εξάτμισης, που αρχικά αποθηκεύει και στη συνέχεια μεταβαίνει σε κατάσταση αναγέννησης και μετατρέπει τα οξείδια του αζώτου σε Άζωτο.

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

- Οι προσθήκες της HME που εμφανίζονται στα συστήματα άμεσου ψεκασμού είναι οι εξής :

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

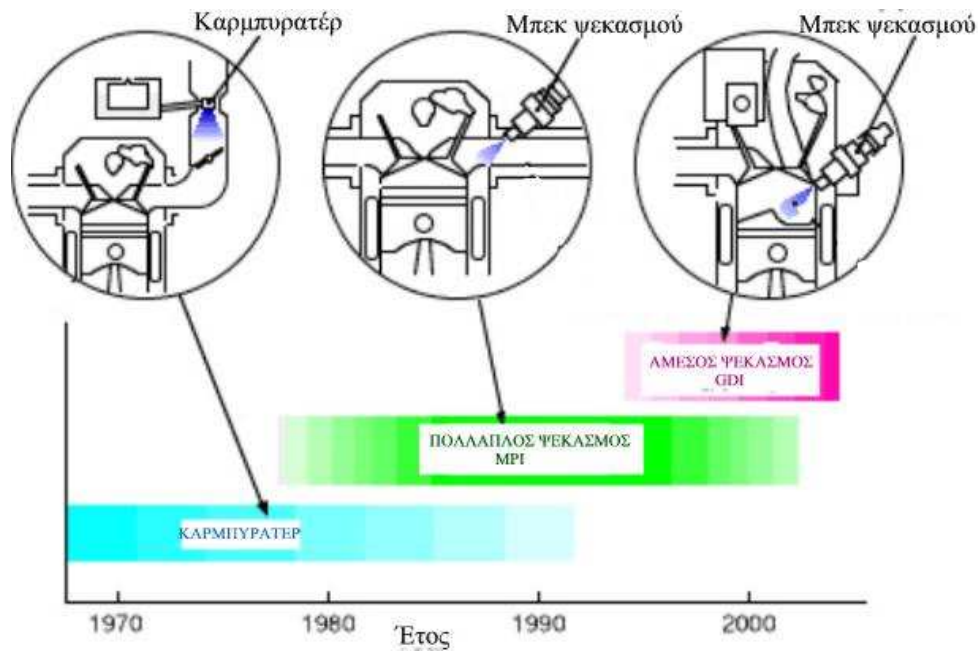
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ, ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

#### 7.1 Εισαγωγή

Στα έτη που ακολούθησαν από τη δεκαετία του '80 και ύστερα, διαπιστώθηκε πολύ σημαντική πρόοδος στην εξέλιξη των κινητήρων. Στην εξέλιξη αυτή συνεισέφερε αφενός η ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής και των επεξεργαστών και αφετέρου η θέσπιση υψηλών και αυστηρών ορίων εκπομπής ρύπων στις Η.Π.Α. και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, η διάταξη του καρμπυρατέρ αντικαταστάθηκε από διατάξεις ψεκασμού. Σε πρώτη φάση εφαρμόστηκε η διάταξη μονού ψεκασμού – single point, (με ένα μπέκ που ψέκαζε πριν την πεταλούδα γκαζιού) και σε δεύτερη φάση εφαρμόστηκε η διάταξη πολλαπλού ψεκασμού- multi point injection – MPI (με πολλά μπεκ, ένα για κάθε κύλινδρο, που ψεκάζει πριν την αντίστοιχη βαλβίδα εισαγωγής). (σχήμα 7.1) Η διάταξη πολλαπλού ψεκασμού αποτελεί την πλέον διαδεδομένη περίπτωση στους βενζινοκινητήρες, παρέχοντας πολύ υψηλή απόδοση και έλεγχο των εκπεμπόμενων ρύπων.



**Σχήμα 7.4: Διατάξεις καρμπυρατέρ και ψεκασμού βενζινοκινητήρων**

Παρόλο αυτά, η επιβολή συνεχώς αυστηρότερων διατάξεων για τα όρια εκπομπής ρύπων (εκπομπή  $\text{CO}_2 < 140\text{g/Km}$  και κατανάλωση καυσίμου  $4,6 \text{ lt /100Km}$  για τα νέα αυτοκίνητα από το 2008: Association of European Car Manufacturers ACEA) αφενός και ο ανταγωνισμός των αυτοκινητοβιομηχανιών αφετέρου οδήγησε στην ανάπτυξη πιο εξελιγμένων τύπων κινητήρων. Μια πολλά υποσχόμενη καινοτομία, είναι οι βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού (Gasoline Direct Injection – GDI ή High Pressure injection - HPI).

Η κατασκευή οικονομικότερων σε κατανάλωση καυσίμου κινητήρων (άρα χαμηλότερων εκπομπών  $\text{CO}_2$ ), 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 κλασσικό 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).

Παρακάτω περιγράφονται δύο κινητήρες άμεσου ψεκασμού, ο GDI της Mitsubishi και ο HPi της PSA:

## **7.2 Ο κινητήρας 4G93 GDI της Mitsubishi Motors**

Τα κύρια χαρακτηριστικά του κινητήρα GDI της Mitsubishi είναι:

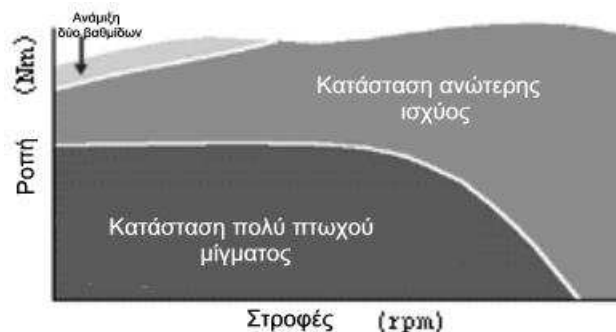
- Κατακόρυφη είσοδος του αέρα για βέλτιστη ροή στον κύλινδρο.
- Καμπυλωμένα πρόσωπα των εμβόλων για καλύτερη καύση.
- Αντλία βενζίνης υψηλής πίεσης.
- Μπέκ στροβιλισμού υψηλής πίεσης.



Σχήμα 7.2: Κινητήρας 4G93 GDI της Mitsubishi Motors

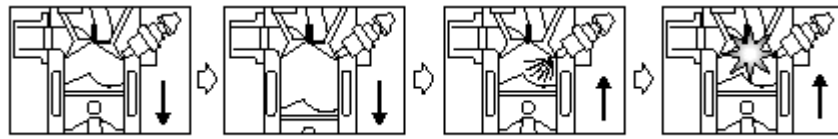
### Λειτουργία

Ο κινητήρας λειτουργεί σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις καύσης, ανάλογα με την εκάστοτε ζήτηση. Για ταχύτητες έως και 120 Km/h με χαμηλές απαιτήσεις ισχύος, χρησιμοποιείται καύση πολύ πτωχού μίγματος (Ultra-Lean Combustion Mode) (λόγος 40:1) για μέγιστη οικονομία. Σε υψηλές ταχύτητες και για υψηλά φορτία, αυτόματα λειτουργεί σε κατάσταση “ανώτερης ισχύος” (Superior Output Mode). Ειδικά για λειτουργία στην Ευρώπη, ο κινητήρας διαθέτει μια τρίτη κατάσταση λειτουργίας “μίγμα δύο βαθμίδων” (Two-Stage Mixing). Η τρίτη αυτή κατάσταση χρησιμοποιείται όταν απαιτείται υψηλή επιτάχυνση από στάση ή από χαμηλές ταχύτητες.



Σχήμα 7.3: Διάγραμμα ροπής σε συνάρτηση των στροφών του κινητήρα

### Κατάσταση καύσης πολύ φτωχού μίγματος (Ultra-Lean Combustion Mode):

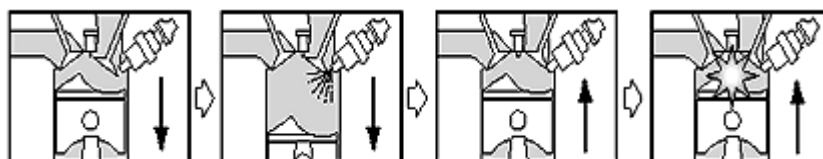


Λιαστρομάτωση μίγματος αέρα-βενζίνης

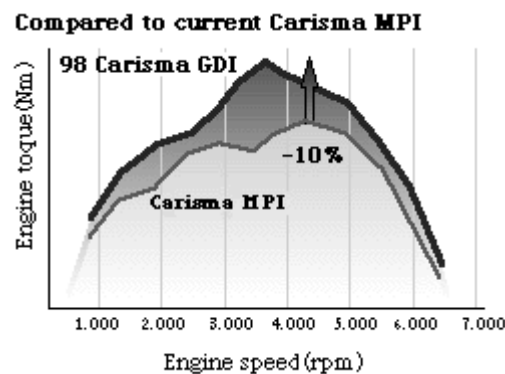


Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας, επιτυγχάνεται λειτουργία με λόγο αέρα προς βενζίνη 40:1. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, προς το τέλος της φάσης συμπίεσης, το μπεκ ψεκάζει προς την κεφαλή του εμβόλου, μια ελικοειδή περιστρεφόμενη ριπή καυσίμου. Αυτή η περιστροφή σε συνδυασμό με την κατακόρυφη κίνηση του εισαγόμενου αέρα, κρατάει την ποσότητα της βενζίνης συγκεντρωμένη κοντά στις ακίδες του μπουζί. Όταν δημιουργηθεί ανάφλεξη, το μέτωπο της φλόγας ελέγχεται από την σφαιρική εσοχή του εμβόλου. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει σπατάλη βενζίνης και επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου όπως παρουσιάζεται και στον ακόλουθο πίνακα:

### Κατάσταση καύσης 'ανώτερης ισχύος' (Superior Output Mode)

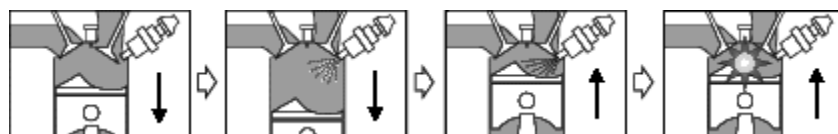


Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας, ο ψεκασμός γίνεται κατά την διάρκεια της φάσης εισαγωγής. Η βενζίνη ψεκάζεται με μια μεγάλης διάρκειας κωνοειδή ροπή, έτσι ώστε από την εξάτμισή της να επιτευχθεί ψύξη του κυλίνδρου. Η ψύξη αυτή, περιορίζει την κρουστική καύση (πειράκια) και επιτρέπει τη αύξηση του λόγου συμπίεσης στο 12.5:1. Το αποτέλεσμα είναι αξιοσημείωτη αύξηση της ροπής και της ισχύος όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

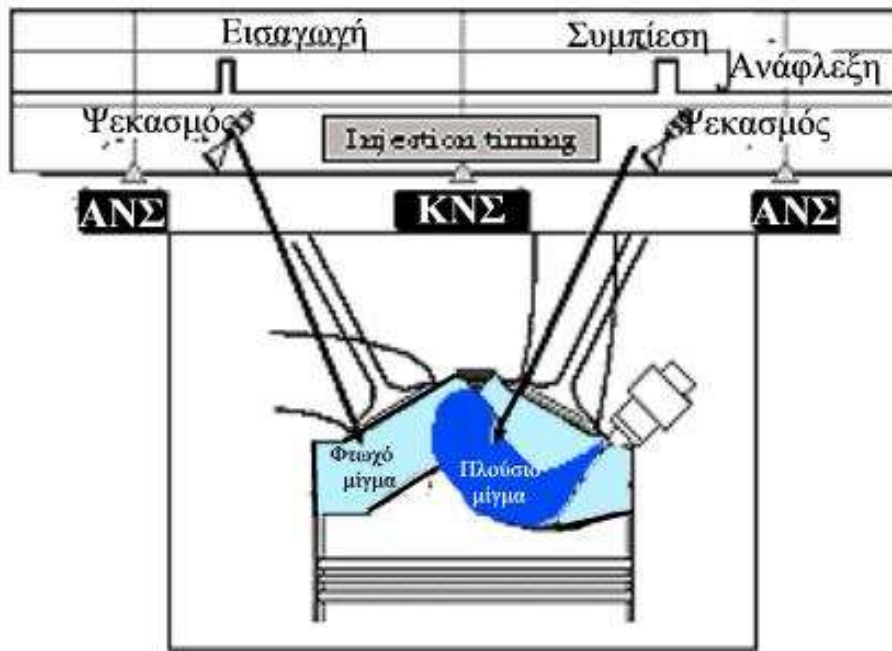


**Σχήμα 5.4: Αύξηση ροπής και ισχύος κατά τη λειτουργία ‘άνωτερης ισχύος’**

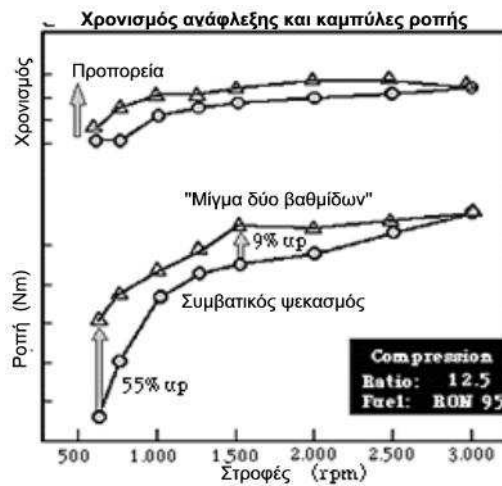
#### **Κατάσταση ‘μίγμα δύο βαθμίδων’ (Two-Stage Mixing)**



Ο ψεκασμός λαμβάνει χώρα δύο φορές με διαφορετικό μίγμα την κάθε φορά. Ο πρώτος πραγματοποιείται στη φάση εισαγωγής, όπου ψεκάζεται μικρή ποσότητα καυσίμου για την ψύξη του κυλίνδρου. Ο λόγος αέρα καυσίμου είναι 60:1, κατά αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει κίνδυνος αυτανάφλεξης. Η δεύτερη ποσότητα βενζίνης ψεκάζεται προς το τέλος της φάσης συμπίεσης και το μίγμα πλέον γίνεται ‘πλούσιο’ με λόγο 12:1. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται πλήρης ανάφλεξη του πλούσιου μίγματος.



Το αποτέλεσμα είναι η απόδοση υψηλής ροπής για γρήγορες επιταχύνσεις από χαμηλές στροφές. Για παράδειγμα στις 650 στροφές παρατηρείται αύξηση της ροπής κατά 55%.



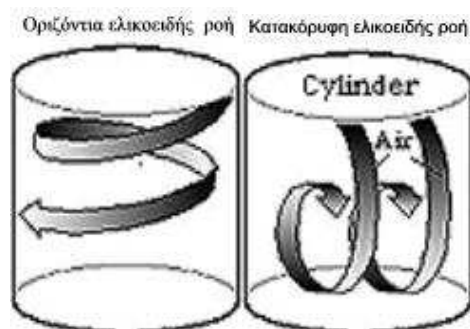
Σχήμα 7.5: Μεταβολή ροπής και χρονισμού κατά την κατάσταση μίγματος δύο βαθμίδων

### Η ροή του αέρα στον κύλινδρο

Η ροή του αέρα στον κύλινδρο έχει υψηλή σημασία για την επίτευξη ομαλής καύσης. Στους συμβατικούς βενζινοκινητήρες MPI, δημιουργείται μια οριζόντια ελικοειδής κίνηση του μίγματος, που όμως διαθέτει το μειονέκτημα της μεταφοράς



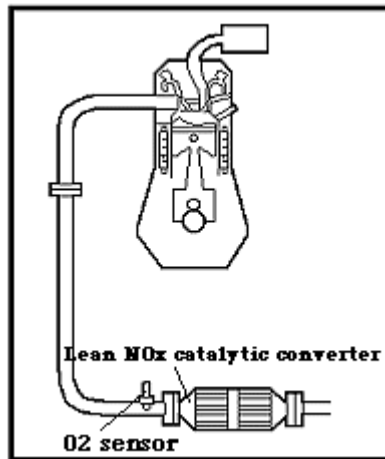
της βενζίνης προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου, δημιουργώντας δυσκολία συγκέντρωσης του καυσίμου με αποτέλεσμα, να μην μπορεί να καεί πλήρως, ειδικά όταν πρόκειται για πολύ 'φτωχό' μίγμα.



Στους κινητήρες 'φτωχού' μίγματος το πρόβλημα επιλύθηκε με τη χρησιμοποίηση της κατακόρυφης ελικοειδούς ροής. Η ροή αυτή κατά την φάση της συμπίεσης διασπάται σε μικρότερες δίνες και βοηθείται έτσι η συγκέντρωση της βενζίνης γύρω από το μπουζί. Στον κινητήρα GDI όμως, λόγω του άμεσου ψεκασμού, η κατακόρυφη ελικοειδής ροή χρειάστηκε να μετατραπεί σε δεξιόστροφη. Αυτό επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας κατακόρυφη είσοδο του αέρα από την βαλβίδα εισαγωγής.

### **Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων**

Παράλληλα με τη μειωμένη κατανάλωση, επιτυγχάνεται μείωση του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub> κατά 20%. Πολύ σημαντική επίσης είναι η μείωση των οξειδίων του αζώτου κατά 97%. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με χρήση ανακύκλωσης των καυσαερίων (EGR) και ενός νέου τύπου επιλεκτικό καταλύτη του οποίου η απόδοση δε μειώνεται με τον χρόνο.



### Πλεονεκτήματα απέναντι στους άλλους τύπους κινητήρων

#### Έναντι των κλασικών MPI βενζινοκινητήρων:

- Σημαντικά υψηλότερη εξοικονόμηση καυσίμου.
- Μεγαλύτερη ροπή, ειδικά στις χαμηλές στροφές.
- Χαμηλότερες εκπομπές ρύπων.

#### Έναντι των βενζινοκινητήρων φτωχού μίγματος:

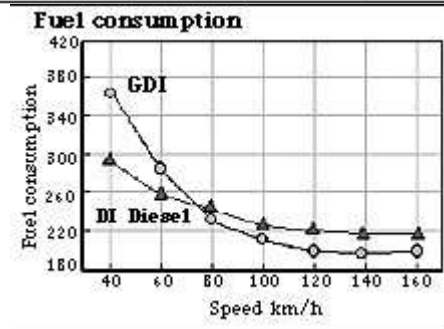
- Υψηλότερη εξοικονόμηση καυσίμου.
- Υψηλότερη ισχύ.
- Σημαντικά μεγαλύτερη ροπή.
- Χαμηλότερες εκπομπές ρύπων.

#### Έναντι των κινητήρων Diesel:

- Υψηλότερη ροπή και ισχύ.
- Πιο αθόρυβη λειτουργία.
- Λιγότερους κραδασμούς.
- Μικρότερη αδράνεια.
- Πολύ χαμηλότερες εκπομπές οξειδίων του Θείου (SOx).
- Αντίστοιχη εξοικονόμηση καυσίμου με τις Diesel έμμεσου ψεκασμού.

**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 between 4 and 6 l/100km]					[Bar chart showing CO2 between 120 and 140 g/km]				
	MPI	[Bar chart showing fuel consumption between 6 and 10 l/100km]					[Bar chart showing CO2 between 140 and 180 g/km]				
Diesel engine	I DI (Indirect Injection)	[Bar chart showing fuel consumption between 4 and 6 l/100km]					[Bar chart showing CO2 between 140 and 180 g/km]				
	DI (Direct Injection)	[Bar chart showing fuel consumption between 2 and 4 l/100km]					[Bar chart showing CO2 between 120 and 140 g/km]				

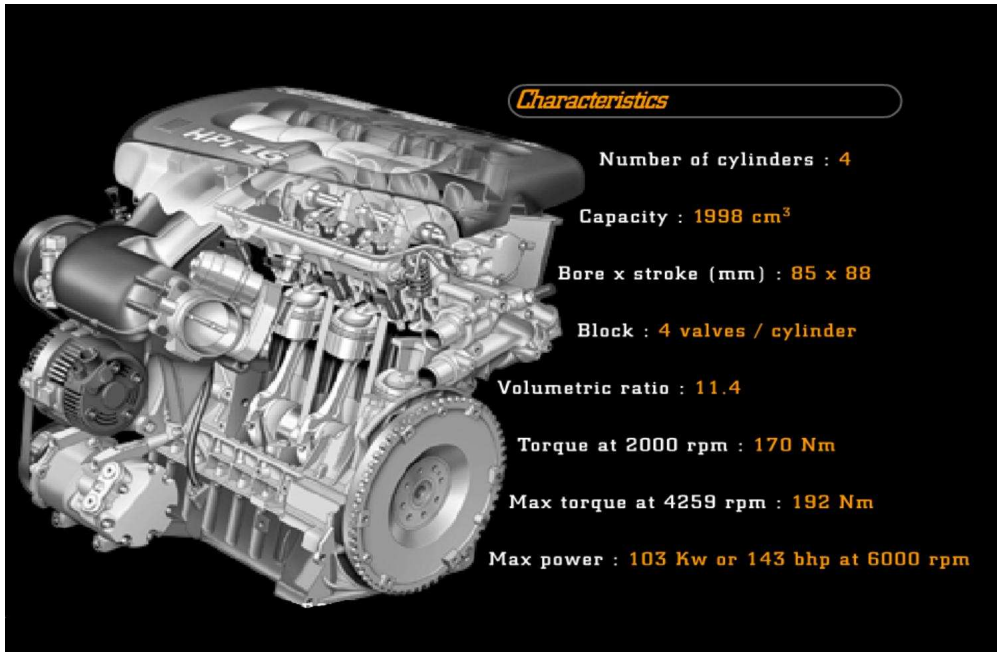


Σχήμα 7.6: Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών CO<sub>2</sub>

### 7.3 Ο κινητήρας HPI της PSA (group Peugeot Citroen)

Γενικά: Ο κινητήρας HPI διαθέτει χαρακτηριστικά που τον καθιστούν κατάλληλο για αστική χρήση. Έως τις 3500 στροφές, λειτουργεί με πολύ ‘φτωχό’ μίγμα επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση καυσίμου έως 21% συγκρινόμενος με ένα συμβατικό και έως 11% συγκρινόμενος με ένα κινητήρα τελευταίας γενιάς. Επιπλέον, σε αυτό το εύρος στροφών παρουσιάζει χαμηλότερες θερμοκρασίες καύσης με πολύ θετικές συνέπειες στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

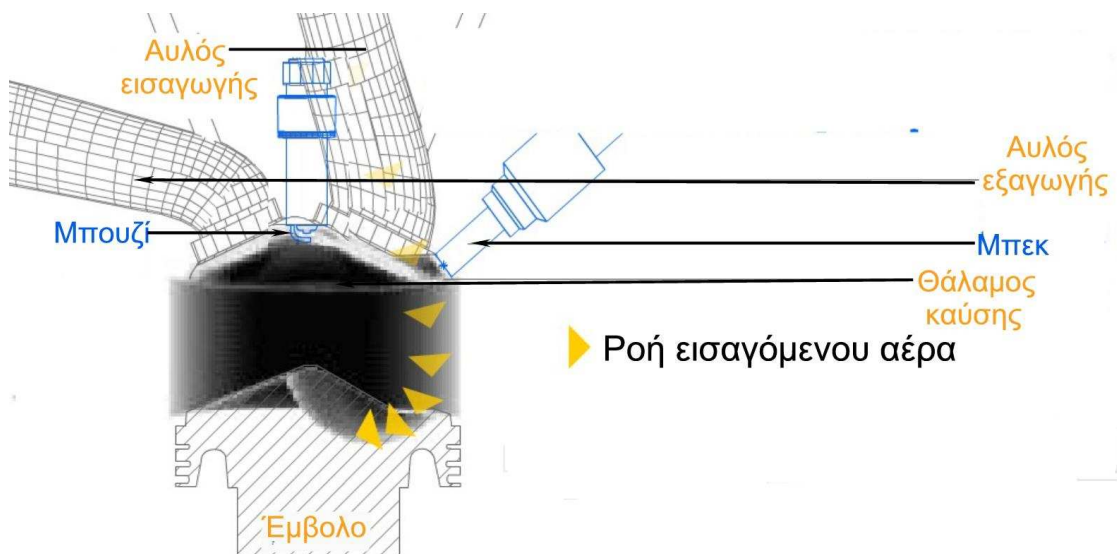
Σε υψηλότερες στροφές και σε γρήγορες επιταχύνσεις ο κινητήρας λειτουργεί με πλουσιότερο μίγμα. Διαθέτει σύστημα μεταβλητού χρονισμού, που βελτιώνει την ροπή στις χαμηλές στροφές και την ισχύ στις υψηλές (πάνω από 4000 rpm). Ο λόγος συμπίεσης είναι 11,4.



Σχήμα 7.7 Ο κινητήρας HPI της PSA (group Peugeot Citroen)

### Κατασκευή

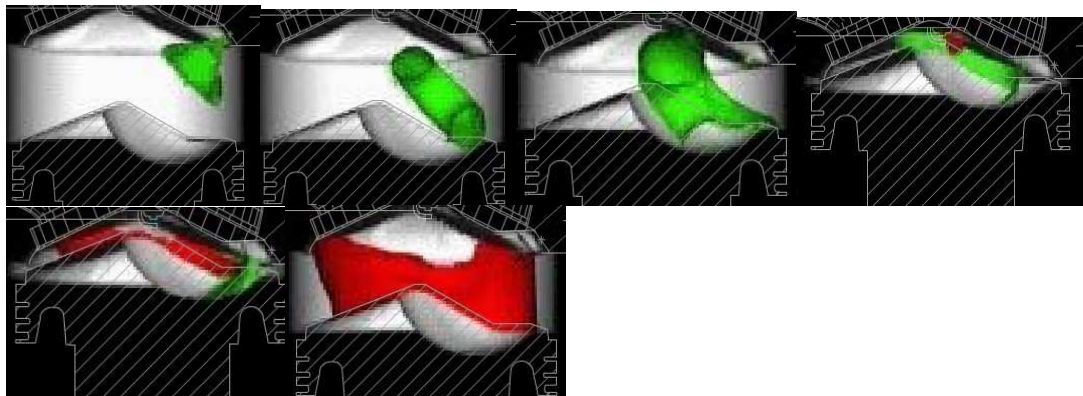
Ο ψεκάσμος πραγματοποιείται κατευθείαν στον θάλαμο καύσης. Ο κινητήρας περιλαμβάνει κατακόρυφο αυλό εισαγωγής και ειδικά διαμορφωμένο καμπύλο πρόσωπο του εμβόλου. Ο αέρας εισέρχεται στον θάλαμο καύσης ακολουθώντας την διαδρομή: αυλός εισαγωγής-μπέκ-έμβολο-μπουζί.



Σχήμα 7.8 Εισαγωγή αέρα στον κύλινδρο

## Καύση

Το μπέκ ψεκάζει κατά την φάση της συμπίεσης και έτσι πετυχαίνεται η διαστρωμάτωση του μίγματος:



Σχήμα 7.9 Φάσεις λειτουργίας του ΗΠι

Η πολύ μεγάλη πίεση ψεκασμού (μεταξύ 30 και 50 bar σε σύγκριση με τα 3,5 ενός συμβατικού κινητήρα MPI) βελτιώνει τον διασκορπισμό της βενζίνης. Το αναφλέξιμο μίγμα αέρα βενζίνης συγκεντρώνεται κοντά στο μπουζί ενώ στον υπόλοιπο θάλαμο υπάρχει αέρας. Προς το τέλος της συμπίεσης δίνεται ο σπινθήρας. Ο επιπλέον αέρας που υπάρχει, λειτουργεί ως θερμομονωτικό υλικό και μειώνει τις απώλειες ενέργειας από τα τοιχώματα του κυλίνδρου.

Για να αυξηθεί η αποδοτικότητα του κινητήρα, μεγάλωσε η πεταλούδα γκαζιού και το άνοιγμά της (μείωση των απωλειών αναρρόφησης αέρα) και αυξήθηκε το ποσοστό των ανακυκλούμενων καυσαερίων (EGR). Με την επανεισαγωγή ενός ποσοστού καυσαερίων στο θάλαμο καύσης, βελτιώνεται σημαντικά η πλήρωση των κυλίνδρων και μειώνεται ο σχηματισμός οξειδίων του αζώτου λόγω της μείωσης της μέγιστης θερμοκρασίας καύσης.

Η αντλία βενζίνης είναι υψηλής πίεσης και κατασκευάστηκε από την PSA σε συνεργασία με την SIEMENS. Είναι τριών εμβόλων και όλα τα κινούμενα μέρη της

είναι μέσα σε λάδι και όχι σε βενζίνη για μεγαλύτερη αξιοπιστία και λιγότερες τριβές.

### Ηλεκτρονική διαχείριση του κινητήρα



Η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα (εγκέφαλος) που αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την SIEMENS είναι προσαρμοσμένη να ελέγχει όλες τις νέες λειτουργίες του κινητήρα:

- **Ανάφλεξη:** Τα μπουζί τροφοδοτούνται με μεγαλύτερη ενέργεια (για ισχυρότερο σπινθήρα), όταν η μηχανή λειτουργεί με διαστρωματωμένο μίγμα και λιγότερη ενέργεια όταν λειτουργεί με ομογενές μίγμα.
- **Έλεγχος καυσαερίων:** Ο εγκέφαλος ελέγχει την μετάβαση από την καύση διαστρωματωμένου μίγματος σε καύση ομογενούς μίγματος κατά την επιτάχυνση ή για την εξουδετέρωση των οξειδίων αζώτου και θείου.
- **Ψεκασμός:** Ο εγκέφαλος υπολογίζει την ακριβή ποσότητα καυσίμου η οποία ψεκάζεται σε κάθε κύλινδρο με μια πίεση ανάμεσα στα 30 και 100 bar για κάθε κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα.

- Ηλεκτροκίνητη πεταλούδα γκαζιού: Ελέγχει την ποσότητα του αέρα στον θάλαμο καύσης. Το άνοιγμά της στο ρελαντί, όταν η μηχανή λειτουργεί με διαστρωματωμένο μίγμα είναι  $20^{\circ}$  ( $8^{\circ}$  με  $10^{\circ}$  στους συμβατικούς κινητήρες). Κατά την επιτάχυνση ρυθμίζεται η ποσότητα του αέρα για κάθε κατάσταση λειτουργίας και διαχειρίζεται η μετάβαση σε λειτουργία ομογενούς μίγματος.

#### **7.4 Συμπεράσματα – προβλέψεις του συστήματος άμεσου ψεκασμού**

Η τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού δείχνει ότι τα περιθώρια εξέλιξης των κινητήρων εσωτερικής καύσης δεν έχουν ακόμα εξαντληθεί. Παρά τις αλλεπάλληλες 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 αποδιδόμενης 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.

Παράλληλα δεδομένου ότι η υγραεριοκίνηση μειώνει σημαντικά το κόστος έναντι της βενζίνης (έως και 50%) προβλέπεται η εγκατάσταση κιτ υγραεριοκίνησης, σε βενζινοκινητήρες, που θα παρέχει τη δυνατότητα κατανάλωσης καυσίμου υγραερίου. Τα βασικά μέρη μετατροπής είναι ο ρυθμιστής πίεσης ή εξαεριοπτής, το ρεζερβουάρ, το φίλτρο υγραερίου, η μπεκιέρα (όχι πάντα), ο εγκέφαλος υγραερίου, οι σωληνώσεις και η καλωδίωση.

Για κάθε τύπο κινητήρα άμεσου ψεκασμού, προβλέπεται διαφορετικό κιτ υγραεριοκίνησης. Για παράδειγμα, διατίθενται κιτ υγραεριοκίνησης για κινητήρες TSI της VW (όπως αυτό της ολλανδικής εταιρείας Vialle) που πραγματοποιούν άμεσο ψεκασμό και χρησιμοποιούν τα μπεκ της βενζίνης, ενώ επιτρέπουν την κίνηση με υγραέριο από την πρώτη στιγμή που τίθεται σε λειτουργία ο κινητήρας. Εναλλακτικά, υπάρχουν άλλα συστήματα για μοτέρ άμεσου ψεκασμού (όχι για TSI) που απαιτούν την έναρξη με βενζίνη, μέχρι ο κινητήρας να φθάσει σε κατάλληλη θερμοκρασία λειτουργίας. Άλλα συστήματα προβλέπουν τη χρήση του υγραερίου σε εύρος στροφών λειτουργίας του κινητήρα μεταξύ 1.200 rpm. και 5.400 rpm. Πριν και μετά από αυτό το φάσμα στροφών λειτουργίας, λειτουργούν αυτόματα με βενζίνη.

Ένα αρκετά πρωτοποριακό σύστημα έχει την κωδική ονομασία Bobcat και αφορά σε έναν κινητήρα 5.0L V8 άμεσου ψεκασμού της Ford που συνδυάζεται με ένα σύστημα άμεσης έγχυσης αιθανόλης αυξάνοντας τον αριθμό οκτανίων από 88 –



91 σε 150. Ο κινητήρας έχει αναπτυχθεί σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο του Cambridge της Μασαχουσέτης και ίσως βγει στην παραγωγή το 2015.

Η Ford έχει ανακοινώσει την κατασκευή ενός τρικύλινδρου υπερτροφοδοτούμενου κινητήρα 1000 κυβικών τεχνολογίας EcoBoost απόδοσης 118 ίππων και 12,5 κιλών ροπής στις 1.300. Ο κινητήρας είναι κατασκευασμένος από χυτοσίδηρο αντί του αλουμινίου. Πράγμα που δηλώνει τη στροφή των εταιριών σε πολύ μικρά υπερτροφοδοτούμενα σύνολα κινητήρων με την ύπαρξη άμεσου ψεκασμού.

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 2011.

Όσον αφορά στην Formula 1 η Ferrari έχει δείξει ενδιαφέρον για την εφαρμογή άμεσου ψεκασμού στους κινητήρες της το 2013 ή το 2014.

## 7.5 Πλεονεκτήματα του συστήματος άμεσου ψεκασμού βενζινοκινητήρων, έναντι των συστημάτων έμμεσου ψεκασμού συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- 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 αυλούς 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 αυλούς εισαγωγής, στις βαλβίδες κ.λπ. Αυτή η ακρίβεια είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της καύσης.

**7.6 Τα μειονεκτήματα του συστήματος άμεσου ψεκασμού βενζινοκινητήρων, έναντι των συστημάτων έμμεσου ψεκασμού συνοψίζονται στα ακόλουθα:**

- 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.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Τεχνολογία αυτοκινήτου Max Bohner Εκδόσεις ETE 2001
- Internal Combustion Engine Fundamentals John Heywood 1988
- Κινητήρες Αεροσκαφών II, Ε. Καρέλας, Ι. Τριαντάφυλλος, Γ. Φρέσκος, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
- Τεχνική εγκυκλοπαίδεια Πώς λειτουργεί Εκδόσεις Αλκυών
- Εγκυκλοπαίδεια Νέα Δομή, Εκδόσεις Δομή, Αθήνα
- Συστήματα Ψεκασμού & Καταλυτική Τεχνολογία Χ. Καραπάνος ΙΩΝ 1999
- Νέα τεχνολογία αυτοκινήτου injection καταλύτες Δότσιος, Νικόλαος 1997
- Πρόγραμμα αυτοδιδασκαλίας 253 Άμεσος ψεκασμός βενζίνης MED 7 εκδόσεις VW 2003 Βόλφσμπουργκ
- Πρόγραμμα αυτοδιδασκαλίας 296 Κινητήρας 1.6 FSI Εκδόσεις VW 2003 Βόλφσμπουργκ
- Πρόγραμμα αυτοδιδασκαλίας 322 Κινητήρας 2.0 FSI Εκδόσεις VW 2004 Βόλφσμπουργκ
- Αισθητήρες αυτοκινήτου John Heywood Technical papers 2004
- Ηλεκτρικά & ηλεκτρονικά συστήματα αυτοκινήτου Max Bohner ETE 2006
- Πρόγραμμα αυτοδιδασκαλίας 319 Τα ηλεκτρικά συστήματα στο GOLF V Εκδόσεις VW 2003 Βόλφσμπουργκ
- Περιοδικό AutoSpecialist τεύχος 86 Τεχνικό θέμα: Ο κινητήρας FSI
- Περιοδικό AutoSpecialist τεύχος 87 Τεχνικό θέμα: Αισθητήρες κινητήρα FSI

## **ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ**

- Βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού, δικτυακός τόπος  
[http://13teethess.thess.sch.gr /GDI/GDI.htm](http://13teethess.thess.sch.gr/GDI/GDI.htm)
- Συστήματα ψεκασμού στις βενζινομηχανές, διαδικτυακός τόπος  
[invenio.lib.auth.gr/](http://invenio.lib.auth.gr/)
- Άμεσος ψεκασμός βενζίνης διαδικτυακός τόπος [wikipedia.org/ direct injection](http://wikipedia.org/direct_injection)
- Μελλοντικά αυτοκίνητα διαδικτυακός τόπος [howstuffworks.com/future-cars.htm](http://howstuffworks.com/future-cars.htm)
- Τεχνολογία αυτοκινήτου Διαδικτυακός τόπος : [rb-kwin.bosch.com/el/automotivetechonology / overview/index.html](http://rb-kwin.bosch.com/el/automotivetechonology/overview/index.html)
- Διαδικτυακός τόπος [wikipedia.org/ fuel efficiency](http://wikipedia.org/fuel_efficiency)
- Διαδικτυακός τόπος <http://www.vwclub.gr>
- Διαδικτυακός τόπος Τεχνολογία αυτοκινήτου  
<http://users.sch.gr/anastasopoulos/index.php> Διαδικτυακός τόπος  
<http://www.autoblog.gr/general-categories/technology-news/>  
Διαδικτυακός τόπος <http://www.4tforum.gr/phpBB3/>