



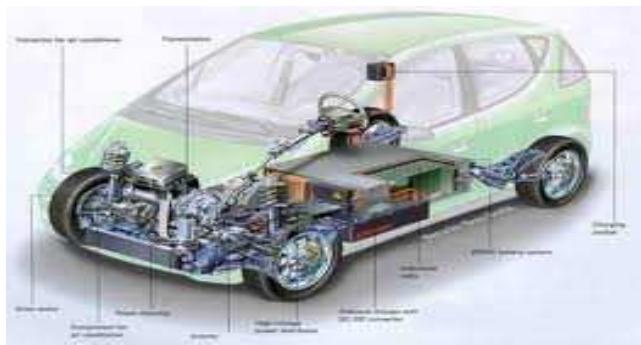
**Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ : Σ.Τ.Ε.Φ**

**ΤΜΗΜΑ : ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ  
ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ BENZINOKINΗΤΗΡΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ.***



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΝΙΚΗΦΟΡΑΚΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΥΔΟΥΜΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2011**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b><u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ:</u></b> .....	<b>Σελ.5</b>
-------------------------------	--------------

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ**.....**Σελ.6**

1.1 Εισαγωγή στα συστήματα ανάφλεξης.....	σελ.6
1.2 Συμβατικό σύστημα ανάφλεξης.....	σελ.7
1.3 Ηλεκτρονική ανάφλεξη με πλατίνες και τρανζίστορ.....	σελ.16
1.4 Ηλεκτρονική ανάφλεξη με γεννήτρια HALL.....	σελ.18
1.5 Ηλεκτρονική ανάφλεξη με επαγωγική γεννήτρια παλμών.....	σελ.21
1.6 Ηλεκτρονική ανάφλεξη ελεγχόμενη από ηλεκτρονική μονάδα (εγκέφαλο).....	σελ.22
1.7 Ολοκληρωμένη (πλήρης) ανάφλεξη.....	σελ.26
1.8 Ολοκληρωμένη συνδυασμένη ανάφλεξη-τροφοδοσία.....	σελ.30

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ**.....**Σελ.33**

2.1 Συστήματα ψεκασμού καυσίμου.....	σελ.33
2.1.1 Πλεονεκτήματα της έγχυσης.....	σελ.33
2.1.2 Είδη συστημάτων ψεκασμού.....	σελ.34
2.1.3 Ηλεκτρικό κύκλωμα K-jetronic.....	σελ.57
2.1.4 Σύστημα KE-jetronic.....	σελ.59
2.2 Ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού καυσίμου.....	σελ.72
2.2.1 Πολλαπλός ψεκασμός ή ψεκασμός πολλών σημείων.....	σελ.73
2.2.2 Κεντρικός ψεκασμός ή ψεκασμός ενός σημείου.....	σελ.74
2.2.3 Σύστημα L- JETRONIC.....	σελ.75
2.3 Ηλεκτρικό κύκλωμα L-jetronic.....	σελ.106
2.4 Σύστημα MONO-JETRONIC.....	σελ.107
2.5 Ηλεκτρικό κύκλωμα Monojetronic.....	σελ.121
2.6 Σύστημα MOTRONIC.....	σελ.123

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ**.....**Σελ.134**

3.1 Εισαγωγή στους αισθητήρες.....	σελ.134
3.2 Αισθητήρες οξυγόνου (αισθητήρας λάμδα-λ).....	σελ.135
3.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας νερού (ETC).....	σελ.138
3.4 Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής (ACT).....	σελ.139



3.5	Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού (TPS).....σελ.	139
3.6	Αισθητήρας απόλυτης πίεσης ή υποπίεσης πολλαπλής εισαγωγής (MAP).....σελ.	140
3.7	Αισθητήρας ροής μάζας αέρα (MAT).....σελ.	141
3.8	Αισθητήρας ανίχνευσης κτύπων από προανάφλεξη.....σελ.	142
3.9	Αισθητήρας θέσης της βαλβίδας ανακυκλοφορίας των καυσαερίων (EGR).....σελ.	143
3.10	Αισθητήρας της ταχύτητας του οχήματος (VSS).....σελ.	144
3.11	Άλλα είδη αισθητήρων.....σελ.	145
3.11.1	Αισθητήρας στροφών του κινητήρα.....σελ.	145
3.11.2	Αισθητήρας πίεσης λαδιού.....σελ.	146
3.11.3	Αισθητήρας στάθμης καυσίμου.....σελ.	146
3.12	Γεννήτριες μαγνητικών παλμών.....σελ.	149
3.13	Διακόπτες φαινομένου HALL.....σελ.	150

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ.....Σελ.152**

4.1	Εισαγωγή καταλυτικοί μετατροπείς.....σελ.	152
4.2	Χημικές αντιδράσεις.....σελ.	154
4.3	Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας.....σελ.	157
4.4	Μεταλλικό σώμα καταλύτη.....σελ.	161
4.5	Τοποθέτηση του καταλυτικού μετατροπέα.....σελ.	162
4.6	Διάρκεια ζωής- μέτρα προστασίας του καταλυτικού μετατροπέα.....σελ.	165
4.7	Έλεγχοι του καταλυτικού μετατροπέα.....σελ.	167
4.8	Εισαγωγή αισθητήρα λάμδα.....σελ.	171
4.9	Κατασκευή του αισθητήρα λάμδα.....σελ.	172
4.10	Λειτουργία του αισθητήρα λάμδα.....σελ.	174
4.11	Τοποθέτηση του αισθητήρα λάμδα.....σελ.	182
4.12	Συνδεσμολογία του αισθητήρα λάμδα.....σελ.	183
4.13	Αιτίες βλαβών του αισθητήρα λάμδα.....σελ.	184

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ.....Σελ.186**

5.1	Αναλυτές καυσαερίων.....σελ.	186
5.1.1	Αναλυτής θερμικής αγωγιμότητας.....σελ.	187
5.1.2	Διαγνωστικός έλεγχος αυτοκινήτου.....σελ.	196
5.1.3	Όρια εκπομπών.....σελ.	197
5.2	Αιθαλόμετρο.....σελ.	201

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΓΚΕΦΑΛΟΙ (TESTERS).....Σελ.205**

6.1 Εισαγωγή αυτοδιαγνωστικοί εγκέφαλοι (testers).....σελ.205  
6.2 Ψηφιακός παλμογράφος.....σελ.210  
6.3 Σύστημα ελέγχου (OBD II).....σελ.211  
6.4 Είδη υπολογιστών αυτοκινήτου.....σελ.222  
6.5 Διασύνδεση επεξεργαστών.....σελ.225  
6.6 Λειτουργία συστήματος αυτοδιάγνωσης.....σελ.226

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:.....Σελ.232-236**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην πτυχιακή εργασία που ακολουθεί περιγράφονται και αναλύονται λεπτομερώς τα βασικότερα ηλεκτρο-μηχανολογικά συστήματα των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή στην αγορά.

Ξεκινώντας από τα συστήματα ανάφλεξης και τροφοδοσίας καυσίμου των αυτοκινήτων παρουσιάζουμε ένα σύντομο ιστορικό των τεχνολογιών και γίνεται περιγραφή των εκάστοτε εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται από το κάθε σύστημα καθώς και μια περιγραφή του τρόπου λειτουργίας τους. Στη συνέχεια περιγράφονται ξεχωριστά οι κυριότεροι αισθητήρες που υπάρχουν στα σύγχρονα αυτοκίνητα βάση λειτουργίας και της θέσης σύνδεσης με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (Η.Μ.Ε.).

Έπειτα περιγράφονται οι αναλυτές καυσαερίων που χρησιμοποιούνται σήμερα από όλα τα συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων και αναφέρονται τα όρια εκπομπής ρύπων που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (EURO I, II, III, IV).

Τέλος αναφέρεται η διαδικασία με την οποία γίνονται οι διαγνωστικοί ελέγχοι, με την βοήθεια αναλυτή καυσαερίων και αυτοδιαγνωστικών εγκεφάλων (testers), οι οποίοι καθορίζουν την σωστή λειτουργία του κινητήρα και των εξαρτημάτων του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Τα συστήματα ανάφλεξης τοποθετούνται σε κινητήρες, στους οποίους χρησιμοποιείται ως καύσιμο η βενζίνη ή το υγραέριο και έχουν ως σκοπό να προκαλούν την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος στο σωστό χρονικό σημείο. Η λειτουργία αυτή δεν είναι περιοδική, αλλά συνεχώς μεταβαλλόμενη και εξαρτάται από τις παραμέτρους λειτουργίας του κινητήρα. Οι κυριότεροι παράμετροι από αυτές είναι:

- Ο αριθμός στροφών του κινητήρα.
- Το φορτίο του κινητήρα (αφόρτιστη λειτουργία ή ρελαντί, μερικό φορτίο, πλήρες φορτίο).

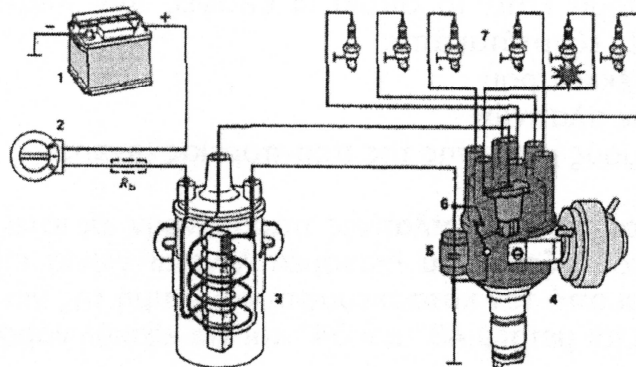
Το σύστημα ανάφλεξης παρέχει στους αναφλεκτήρες (μπουζί) την απαιτούμενη ενέργεια ανάφλεξης (υψηλή τάση), που παράγεται στον πολλαπλασιαστή. Η ενέργεια αυτή μεταφέρεται από τα καλώδια υψηλής τάσης του συστήματος ανάφλεξης και διανέμεται Σύγχρονα Συστήματα Ανάφλεξης στους αναφλεκτήρες έτσι, ώστε να πραγματοποιείται ανάφλεξη στον κύλινδρο που Βρίσκεται στο τέλος της φάσης (χρόνου) της συμπίεσης.

Η ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος πραγματοποιείται λίγο πριν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο (Α.Ν.Σ.). Το ακριβές χρονικό σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ο σπινθήρας στον αναφλεκτήρα (avans) για να γίνει η ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος και η διάρκεια του σπινθήρα (γωνία dwell) εξαρτώνται από τις παραπάνω παραμέτρους λειτουργίας του κινητήρα. Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα εξαρτήματα και αναλύεται η λειτουργία του συμβατικού συστήματος ανάφλεξης και των συστημάτων της ηλεκτρονικής ανάφλεξης, όπως αυτά εφαρμόστηκαν αρχικά και εξελίχτηκαν στη συνέχεια με τη βοήθεια της ηλεκτρονικής τεχνολογίας.

## 1.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Το σύστημα ανάφλεξης που εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα παλαιάς (συμβατικής) τεχνολογίας (συμβατικό σύστημα ανάφλεξης,) αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Συσσωρευτής (μπαταρία)
- Ο διακόπτης ανάφλεξης
- Διακόπτης ρεύματος χαμηλής τάσης του πρωτεύοντος τυλίγματος (πηνίου) του πολλαπλασιαστή (πλατίνες)
- Πολλαπλασιαστής
- Διανομέας (distributor)
- Αναφλεκτήρες (μπουζί)
- Καλώδια χαμηλής και υψηλής τάσης.



Σχήμα : Συμβατικό σύστημα ανάφλεξης.

- Συσσωρευτής
- Διακόπτης ανάφλεξης
- Πολλαπλασιαστής
- Διανομέας
- Πυκνωτής
- Πλατίνες
- Αναφλεκτήρες (μπουζί) Rd: αντίσταση φορτίου κατά την εκκίνηση

Ο συσσωρευτής παρέχει την τάση (12v), η οποία είναι απαραίτητη για να λειτουργήσει το σύστημα ανάφλεξης αλλά και όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα του αυτοκινήτου.

Ο διακόπτης ανάφλεξης ενεργοποιείται από το κλειδί του αυτοκινήτου. Στη θέση ON συνδέει το θετικό πόλο του συσσωρευτή με το θετικό ακροδέκτη του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή.

Οι πλατίνες τοποθετούνται στο επάνω μέρος του σώματος του διανομέα. Διαθέτουν δύο επαφές, μία σταθερή και μία κινητή. Οι επαφές αυτές κλείνουν και ανοίγουν σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα, κλείνοντας και ανοίγοντας αντίστοιχα το κύκλωμα του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή. Έτσι μετατρέπουν το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα σε διακοπόμενο (μεταβαλλόμενο). Το διακοπόμενο ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί το κατάλληλο μαγνητικό πεδίο, για την παραγωγή ρεύματος υψηλής τάσης στο δευτερεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή.

Οι πλατίνες ανοίγουν με τη βοήθεια ενός έκκεντρου, που είναι προσαρμοσμένο στον άξονα του διανομέα και περιστρέφεται μαζί με αυτόν. Το έκκεντρο έχει τόσες γωνίες όσοι είναι οι κύλινδροι του κινητήρα. Οι επαφές των πλατινών κλείνουν με τη βοήθεια ενός ελατηρίου.

Ο πιο βασικός παράγοντας για την καλή λειτουργία του κινητήρα, ειδικά σε υψηλό αριθμό στροφών, είναι ο χρόνος διακοπής και αποκατάστασης της συνέχειας του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή. Από αυτόν εξαρτάται η ισχύς που αποδίδει ο κινητήρας και η διάρκεια του σπινθήρα στους αναφλεκτήρες, για την καλή καύση του μείγματος.

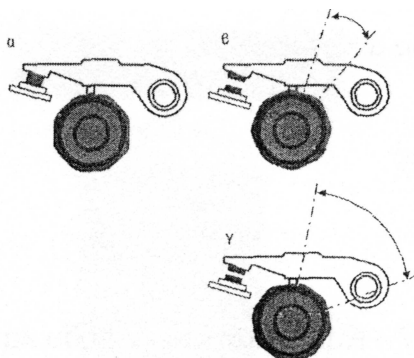
Η διάρκεια του σπινθήρα στους αναφλεκτήρες εξαρτάται από το χρόνο κατά τον οποίο οι πλατίνες παραμένουν ανοιχτές. Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πολλαπλασιαστή εξαρτάται από το χρόνο κατά τον οποίο οι πλατίνες παραμένουν κλειστές, οπότε το ηλεκτρικό ρεύμα οδηγείται μέσω των κλειστών πλατινών προς το πρωτεύον του πολλαπλασιαστή.

Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι επαφές των πλατινών παραμένουν ανοιχτές ή κλειστές εξαρτάται από:

- Το σχήμα του έκκεντρου
- Το διάκενο των πλατινών
- Τους μηχανισμούς ρύθμισης της προ-πορείας (avans).

Ο χρόνος κατά τον οποίο οι πλατίνες παραμένουν κλειστές, μετρούμενος σε γωνία στροφής του άξονα του διανομέα λέγεται γωνία επαφής ή dwell. Η γωνία αυτή δίνεται από τον κατασκευαστή και η τιμή της για τετρα-κύλινδρους

κινητήρες κυμαίνεται μεταξύ  $43^\circ$  και  $54^\circ$  και για εξακύλινδρους μεταξύ  $36^\circ$  και  $44^\circ$ .



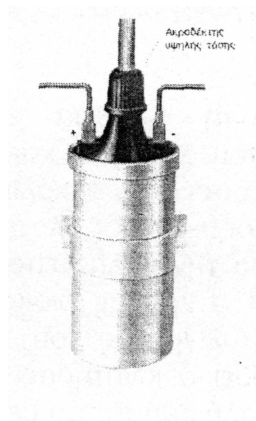
Σχήμα : Γωνία επαφής ή dwell,

α. Κλειστές επαφές

β. Μεγάλο διάκενο επαφών, μικρή γωνία dwell

γ. Μικρό διάκενο επαφών, μεγάλη γωνία

Κατά τη λειτουργία του κινητήρα χωρίς φορτίο (ρελαντί), η γωνία dwell παραμένει σταθερή και εξαρτάται από το διάκενο και από την κατάσταση των επαφών των πλατινών. Στις υψηλές στροφές η γωνία dwell μεταβάλλεται κατά  $2^\circ$  και εξαρτάται από τους μηχανισμούς ρύθμισης του avans. Ο πολλαπλασιαστής δημιουργεί την υψηλή τάση, η οποία απαιτείται για τη δημιουργία σπινθήρα στους αναφλεκτήρες.



Εικόνα : Πολλαπλασιαστής

Αποτελείται από ένα κυλινδρικό δοχείο, το οποίο είναι κατασκευασμένο από ομόκεντρες μεταλλικές πλάκες. Οι μεταλλικές πλάκες περιορίζουν τις απώλειες του μαγνητικού πεδίου που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του (μαγνητική θωράκιση). Στο εσωτερικό του δοχείου υπάρχουν δύο ομόκεντρα τυλίγματα (το πρωτεύον και το δευτερεύον) γύρω από έναν πυρήνα από

μαλακό σιδηρομαγνητικό υλικό. Το δευτερεύον τύλιγμα έχει μικρότερη διατομή και αποτελείται από περισσότερες σπείρες σε σχέση με το πρωτεύον.

Το πρωτεύον τύλιγμα συνδέεται στο ένα άκρο του (ακροδέκτης "+" του πολλαπλασιαστή) με το διακόπτη ανάφλεξης και στο άλλο άκρο του (ακροδέκτης "-" του πολλαπλασιαστή) με τη σταθερή επαφή των πλατινών.

Το δευτερεύον τύλιγμα συνδέεται στο ένα άκρο του με το (-) του πρωτεύοντος και στο άλλο άκρο του με τον κεντρικό ακροδέκτη υψηλής τάσης του πολλαπλασιαστή.

Το επάνω μέρος (καπάκι) και το κάτω μέρος (βάση) του πολλαπλασιαστή είναι κατασκευασμένα από ανθεκτικό μονωτικό υλικό.

Ο διανομέας είναι το πιο βασικό τμήμα του συστήματος ανάφλεξης. Η συνδυασμένη λειτουργία των εξαρτημάτων του εξασφαλίζει τη δημιουργία κατάλληλου σπινθήρα στο σωστό χρονικό σημείο.

Σκοπός του διανομέα είναι:

- Να δημιουργεί το κατάλληλο μαγνητικό πεδίο στον πολλαπλασιαστή, διακόπτοντας και επανασυνδέοντας το κύκλωμα χαμηλής τάσης μέσω των πλατινών.
- Να παραλαμβάνει το ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής τάσης από το δευτερεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή και να το διανέμει στους αναφλεκτήρες.
- Να τροφοδοτεί κάθε αναφλεκτήρα με την υψηλή τάση, την κατάλληλη χρονική στιγμή, λίγο πριν φτάσει το έμβολο στο Α.Ν.Σ., ρυθμίζοντας την προπορεία (avans) ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα.

Ο άξονας του διανομέα παίρνει κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα μέσω οδοντωτών τροχών. Ο ένας οδοντωτός τροχός Βρίσκεται στον εκκεντροφόρο άξονα και ο άλλος είναι προσαρμοσμένος στο κάτω μέρος του άξονα του διανομέα. Έτσι, οι δύο αυτοί άξονες περιστρέφονται με τον ίδιο αριθμό στροφών, δηλαδή με το μισό αριθμό στροφών του στροφαλοφόρου άξονα.

Ο διανομέας στο επάνω μέρος του φέρει ένα καπάκι, το οποίο είναι κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό. Το καπάκι είναι κυλινδρικής μορφής και στηρίζεται στο κυρίως σώμα του διανομέα με βίδες ή με "κλιπς". Στο κέντρο του έχει έναν ακροδέκτη, στον οποίο καταλήγει το καλώδιο υψηλής τάσης από τον πολλαπλασιαστή. Περιμετρικά του κεντρικού ακροδέκτη υπάρχουν ακίδες (ακροδέκτες) ίσες σε αριθμό με τους κυλίνδρους του κινητήρα.

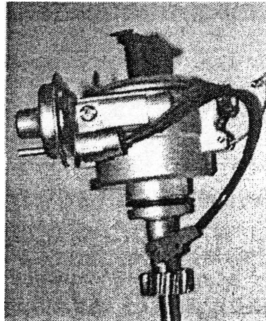


Μέσα στο καπάκι Βρίσκεται ένα μικρό ράουλο, το οποίο είναι προσαρμοσμένο

στο επάνω μέρος του άξονα του διανομέα και περιστρέφεται μαζί του. Το ράουλο αυτό φέρει στην κορυφή του ένα ηλεκτρόδιο (συνήθως χάλκινο), ενώ το κυρίως σώμα του είναι κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό.

Η επαφή του κεντρικού ακροδέκτη του διανομέα με το ηλεκτρόδιο του ράουλου γίνεται μέσω ενός πύρου από άνθρακα. Ο πύρος αυτός Βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το ηλεκτρόδιο στο κέντρο του ράουλου με τη βοήθεια ενός ελατηρίου. Σκοπός του πύρου είναι η παρεμβολή μίας υψηλής αντίστασης (μεγαλύτερης του  $1K\Omega$ ) στο κύκλωμα υψηλής τάσης, για να περιορίζονται τα παράσιτα (ηλεκτρονικοί θόρυβοι) που προέρχονται από τους σπινθηρισμούς στο εσωτερικό του διανομέα.

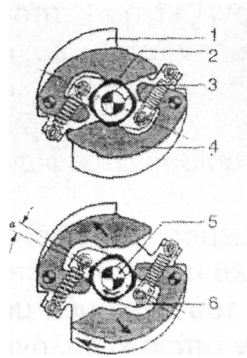
Κάτω από το ράουλο υπάρχει ένα κάλυμμα που προστατεύει τις πλατίνες, οι οποίες βρίσκονται ακριβώς κάτω από αυτό. Στο ύψος των πλατινών και πάνω στον άξονα του διανομέα είναι προσαρμοσμένο το έκκεντρο.



Εικόνα: Διανομέας.

Στο εσωτερικό του διανομέα, κάτω από τις πλατίνες βρίσκεται ο φυγοκεντρικός μηχανισμός, ο οποίος ρυθμίζει την προπορεία της ανάφλεξης ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Ο φυγοκεντρικός μηχανισμός αποτελείται από την πλατινοφόρο πλάκα (πλάκα στήριξης των πλατινών) τα αντίβαρα (περιστρεφόμενα βάρη) τα ελατήρια συγκράτησης και το ζυγό περιστροφής της πλατινοφόρου πλάκας.

Η λειτουργία του φυγοκεντρικού μηχανισμού βασίζεται στη φυγόκεντρο δύναμη που αναπτύσσεται στα αντίβαρα με την περιστροφή του άξονα του διανομέα, δηλαδή του κινητήρα.



Εικόνα: Φυγοκεντρικός μηχανισμός

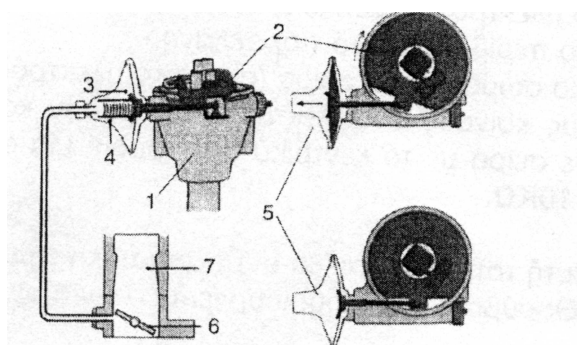
1. Πλατινοφόρος πλάκα
2. Έκκεντρο
3. Επαφή περιστροφής
4. Περιστρεφόμενα βάρη
5. Άξονας
6. Ζυγός

Όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, τα αντίβαρα μετακινούνται προς τα έξω και στρέφουν το ζυγό της πλάκας των πλατινών κατά την ίδια φορά με τη φορά περιστροφής του έκκεντρο. Τότε οι πλατίνες ανοίγουν πιο νωρίς και δημιουργείται σπινθήρας αρκετά πριν το έμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ., ώστε το καύσιμο μείγμα να προλάβει να καεί ομοιόμορφα μέσα στον κύλινδρο. Όταν μειωθούν οι στροφές του κινητήρα, τα αντίβαρα επανέρχονται σταδιακά στην αρχική τους θέση με τη βοήθεια των ελατηρίων του μηχανισμού, οπότε η προπορεία της ανάφλεξης επανέρχεται και αυτή στο αρχικό της επίπεδο.

Στο εξωτερικό μέρος του διανομέα τοποθετείται ο μηχανισμός κενού ή υποπίεσης, ο οποίος ρυθμίζει την προπορεία της ανάφλεξης ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα.

Όταν μειώνεται το φορτίο του κινητήρα, αυξάνεται η υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής και αντίστροφα. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα με χαμηλό φορτίο, η ανάφλεξη πρέπει να γίνεται νωρίς, γιατί το καύσιμο μείγμα καίγεται αργά. Ο μηχανισμός κενού χρησιμοποιεί την υποπίεση που παίρνει από ένα σημείο κοντά στην πολλαπλή εισαγωγής, για τη ρύθμιση της προπορείας λόγω της μεταβολής του φορτίου. Ο μηχανισμός αυτός περιλαμβάνει μία

κάψουλα, στη μέση περίπου της οποίας είναι τοποθετημένο ένα εύκαμπτο διάφραγμα. Το διάφραγμα χωρίζει την κάψουλα σε δύο τμήματα (χώρους). Στο ένα τμήμα επικρατεί η ατμοσφαιρική πίεση και στο άλλο η υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής.



Σχήμα: Διάγραμμα λειτουργίας του μηχανισμού κενού.

1. Διανομέας
2. Πλατινοφόρος πλάκα
3. Διάφραγμα
4. Ελατήριο
5. Μηχανισμός κενού
6. Πεταλούδα γκαζιού
7. Πολλαπλή εισαγωγής

Όταν μειωθεί το φορτίο του κινητήρα αυξάνεται η υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής, άρα αυξάνεται η διαφορά της πίεσης στα δύο τμήματα. Λόγω της διαφοράς της πίεσης ασκείται μία δύναμη στην επιφάνεια του διαφράγματος από την πλευρά που επικρατεί η ατμοσφαιρική πίεση. Η δύναμη αυτή υπερνικά τη δύναμη των ελατηρίων και μετακινεί το κέντρο του διαφράγματος και το στέλεχος, που είναι προσαρμοσμένο επάνω του, σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτή της περιστροφής του έκκεντρου. Η πλατινοφόρος πλάκα παρασύρεται από το στέλεχος του διαφράγματος και μετακινείται και αυτή σε κατεύθυνση αντίθετη από αυτή της περιστροφής του έκκεντρου. Με αυτό τον τρόπο οι πλατίνες ανοίγουν πιο νωρίς και αυξάνεται η προπορεία της ανάφλεξης στους κυλίνδρους του κινητήρα.

Όταν αυξάνεται το φορτίο του κινητήρα, η πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική και το στέλεχος του διαφράγματος μετακινεί την πλατινοφόρο πλάκα κατά την ίδια κατεύθυνση με αυτή της

περιστροφής του έκκεντρον. Έτσι οι πλατίνες καθυστερούν να ανοίξουν και μειώνεται η προπορεία.

Ο πυκνωτής τοποθετείται συνήθως στο εξωτερικό μέρος του διανομέα και συνδέεται παράλληλα με τις πλατίνες. Η τοποθέτηση του πυκνωτή στο πρωτεύον κύκλωμα της ανάφλεξης εξυπηρετεί δύο σκοπούς:

Μειώνει τις απώλειες του ηλεκτρικού ρεύματος στο πρωτεύον κύκλωμα όταν ανοίγουν οι πλατίνες, μειώνοντας έτσι περίπου στο μισό το χρόνο καταρροής του μαγνητικού πεδίου στο πρωτεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή.

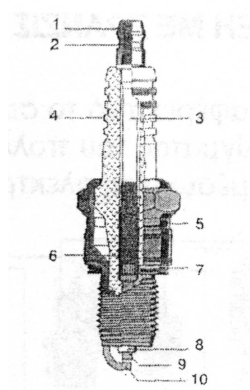
- Απορροφά τους σπινθηρισμούς κατά το άνοιγμα και κλείσιμο των επαφών των πλατινών.

Οι αναφλεκτήρες (μπουζί) είναι τα τελευταία εξαρτήματα του συστήματος ανάφλεξης. Σκοπός τους είναι η παραγωγή σπινθήρων στο χώρο καύσης κάθε κυλίνδρου, για την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος. Ένας κοινός αναφλεκτήρας αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Το κεντρικό ηλεκτρόδιο (θετικό ηλεκτρόδιο)
- Το μονωτικό περίβλημα από πορσελάνη
- Το μεταλλικό σώμα με την ακίδα (αρνητικό ηλεκτρόδιο).

Εκτός από τους κοινούς αναφλεκτήρες υπάρχουν και άλλοι στους οποίους τοποθετείται σε σειρά με το κεντρικό ηλεκτρόδιο μία αντίσταση από άνθρακα της τάξης των 10KΩ.

Η αντίσταση αυτή τοποθετείται για αντιπαρασιτική προστασία (περιορισμό του ηλεκτρονικού θορύβου), όταν δημιουργείται σπινθήρας.



Εικόνα: Αναφλεκτήρας

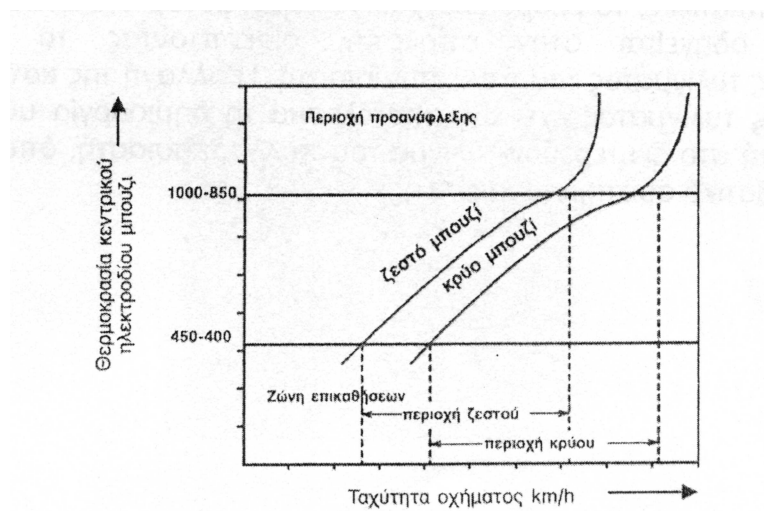
- 1 .Ακροδέκτης
- 2.Άκρο κεντρικού ηλεκτροδίου
- 3.Κεντρικό ηλεκτρόδιο
- 4.Μόνωση
- 5.Μεταλλικό σώμα
- Θ.Αντίσταση άνθρακα
- 7.Δαχτυλίδι στεγανοποίησης
- 8.Μόνωση
- 9 Άκρο κεντρικού ηλεκτροδίου . Ακίδα (αρνητικό ηλεκτρόδιο)

Οι αναφλεκτήρες κατασκευάζονται σε δύο βασικούς τύπους:

- Τους ψυχρούς αναφλεκτήρες
- Τους θερμούς αναφλεκτήρες.

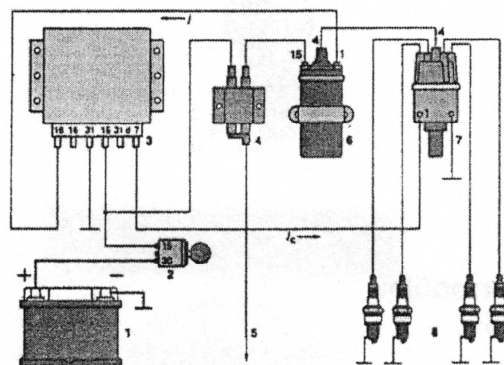
Αυτοί διαφέρουν ως προς το πάχος της μόνωσης τους (πορσελάνης) και το μήκος του σπειρώματος. Καθένας από αυτούς τους τύπους αναφλεκτήρων περιλαμβάνει ψυχρότερους ή θερμότερους, οι οποίοι επιλέγονται ανάλογα με τη συμπίεση των κινητήρων, με τον τρόπο κίνησης του αυτοκινήτου και με τις κλιματολογικές συνθήκες.

Οι θερμοί αναφλεκτήρες χρησιμοποιούνται σε κινητήρες χαμηλών επιδόσεων και καίνε όλα τα κατάλοιπα, ενώ οι ψυχροί χρησιμοποιούνται σε κινητήρες υψηλών επιδόσεων για να προλαμβάνεται η προανάφλεξη (πιράκια).



### 1.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΜΕ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

Το σύστημα ανάφλεξης αυτό διαφέρει από το συμβατικό στο ότι ο έλεγχος του ρεύματος του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή δε γίνεται άμεσα από τις πλατίνες, αλλά έμμεσα μέσω μίας ηλεκτρονικής μονάδας.

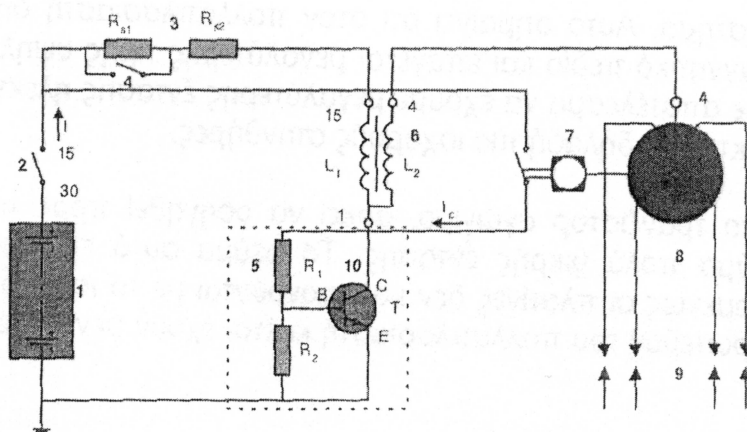


Σχήμα: Διάγραμμα συνδεσμολογίας ηλεκτρονικής ανάφλεξης με πλατίνες.

1. Συσσωρευτής
2. Διακόπτης ανάφλεξης
3. Μονάδα ηλεκτρονικής ανάφλεξης
4. Αντιστάσεις φορτίου (προαντιστάσεις)
5. Προς εκκινητή (μίζα)
6. Πολλαπλασιαστής
7. Διανομέας
8. Αναφλεκτήρες (μπουζί)

Η ηλεκτρονική μονάδα αποτελείται από ένα τρανζίστορ και αντιστάσεις σε κατάλληλη συνδεσμολογία και συνδέεται με το πρωτεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή, με την κινητή επαφή των πλατινών και τον αρνητικό πόλο του συσσωρευτή - γείωση. Όταν οι πλατίνες είναι κλειστές, το ρεύμα ελέγχου  $I_c$  καθιστά το τρανζίστορ αγώγιμο. Τότε το κύκλωμα του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή είναι κλειστό και το ηλεκτρικό ρεύμα από το συσσωρευτή δημιουργεί ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο σε αυτό το τύλιγμα. Όταν ανοίξουν οι πλατίνες, το ρεύμα ελέγχου του τρανζίστορ διακόπτεται κι έτσι το τρανζίστορ οδηγείται στην αποκοπή, διακόπτοντας το ρεύμα του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή. Η αλλαγή της κατάστασης του πρωτεύοντος τυλίγματος έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία υψηλής τάσης

από επαγωγή στο δευτερεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή, όπως συμβαίνει και στο συμβατικό σύστημα ανάφλεξης.



Σχήμα: Ηλεκτρική συνδεσμολογία ηλεκτρονικής ανάφλεξης με πλατίνες.

1. Συσσωρευτής
2. Διακόπτης ανάφλεξης
3. Προ-αντιστάσεις
4. Διακόπτης βραχυκυκλώματος αντίστασης
5. Μονάδα ηλεκτρονικής ανάφλεξης
6. Πολλαπλασιαστής
7. Πλατίνες
8. Διανομέας
9. Αναφλεκτήρες(μπουζί)
10. Τρανζίστορ

Το πρωτεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα μέσω δύο αντιστάσεων φορτίου (προαντιστάσεων), οι οποίες κατά την κανονική λειτουργία του κινητήρα είναι συνδεδεμένες σε σειρά. Κατά την εκκίνηση η μία αντίσταση βραχυκυκλώνεται. Αυτό γίνεται για να αναπτύσσεται πιο υψηλή τάση κατά την εκκίνηση και να αντισταθμίζει την πώση τάσης που δημιουργεί η λειτουργία του εκκινητή (μίζας).

Όταν εκκινήσει ο κινητήρας διακόπτεται το βραχυκύκλωμα της προαντίστασης και το πρωτεύον τύλιγμα τροφοδοτείται μέσω και των δύο προαντιστάσεων.

Οι αντιστάσεις φορτίου χρησιμεύουν για τον περιορισμό του ρεύματος του πρωτεύοντος τυλίγματος, όταν χρησιμοποιούνται πηνία ταχείας φόρτισης. Ο συνδυασμός αντιστάσεων φορτίου (προαντιστάσεων) και πολλαπλασιαστή με πηνία ταχείας φόρτισης επιτρέπει μία ικανοποιητική λειτουργία σε όλο το φάσμα των στροφών του κινητήρα.

Η ηλεκτρονική ανάφλεξη με πλατίνες και τρανζίστορ παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με το συμβατικό σύστημα ανάφλεξης: Πιο ισχυρούς σπινθήρες στους αναφλεκτήρες. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των πλατινών.

Στο συμβατικό σύστημα ανάφλεξης, η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή δεν μπορεί να υπερβεί τα 6Α, λόγω των περιορισμών που υπάρχουν σε σχέση με τη συχνότητα ανοίγματος και κλεισίματος των πλατινών. Στο σύστημα της ηλεκτρονικής ανάφλεξης, επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα που περνάει από τις πλατίνες έχει πολύ μικρή ένταση δεν τίθενται οι παραπάνω περιορισμοί. Έτσι η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον τύλιγμα μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι είναι στο συμβατικό σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι στον πολλαπλασιαστή δημιουργείται πιο ισχυρό μαγνητικό πεδίο και επάγεται μεγαλύτερης τιμής υψηλή τάση στο δευτερεύον, με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερης έντασης ηλεκτρικό ρεύμα στους αναφλεκτήρες, δηλαδή πιο ισχυρούς σπινθήρες.

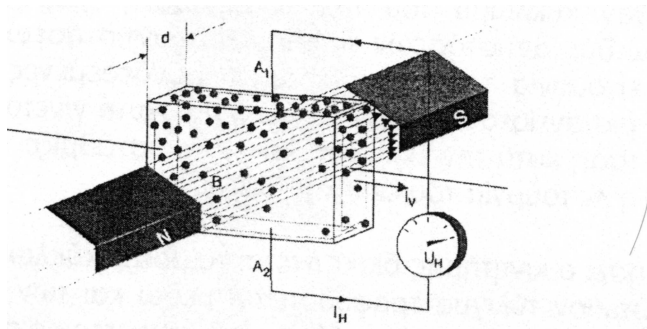
Για να γίνει το τρανζίστορ αγωγίμο, αρκεί να οδηγηθεί προς τη βάση του ηλεκτρικό ρεύμα πολύ μικρής έντασης. Το ρεύμα αυτό ελέγχεται από τις πλατίνες. Επομένως οι πλατίνες δεν καταπονούνται με το ισχυρό ρεύμα που διαρρέει το πρωτεύον του πολλαπλασιαστή κι έτσι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

#### **1.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΜΕ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ HALL**

Σ' αυτό το σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης, οι πλατίνες έχουν αντικατασταθεί με μία γεννήτρια παλμών (σκανδαλιστή), Η λειτουργία της γεννήτριας αυτής βασίζεται στο φαινόμενο HALL: τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που κινούνται μέσα σε έναν αγωγό εκτρέπονται από την πορεία τους, με την επίδραση ενός ομοιογενούς μαγνητικού πεδίου, του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στη διεύθυνση της κίνησης τους. Η εκτροπή των ηλεκτρονίων έχει διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν



οι μαγνητικές γραμμές με τη διεύθυνση της κίνησης των ηλεκτρονίων. Έτσι εμφανίζεται συσσώρευση ηλεκτρονίων στη μία πλευρά (A1) του αγωγού και αραίωση στην απέναντι (A2). Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί μία διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλευρών A1 και A2 του αγωγού.



Σχήμα: Φαινόμενο HALL.

B: μαγνητική ροή

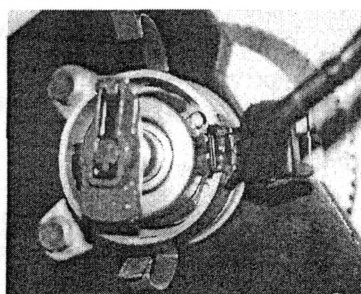
I<sub>H</sub>: ρεύμα HALL

I<sub>v</sub>: ρεύμα τροφοδοσίας

U<sub>H</sub>: τάση HALL

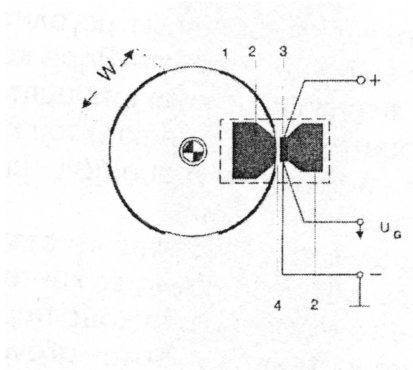
d: πάχος αγωγού

Η γεννήτρια Hall τοποθετείται στο επάνω μέρος του διανομέα, ο οποίος είναι ειδικής κατασκευής και αποτελείται από ένα ρότορα, ο οποίος έχει τη μορφή ανεστραμμένου ποτηριού με ανοίγματα στην παράπλευρη επιφάνεια του. Ο ρότορας είναι προσαρμοσμένος στο ράουλο του διανομέα και περιστρέφεται μαζί του με τις στροφές του άξονα.

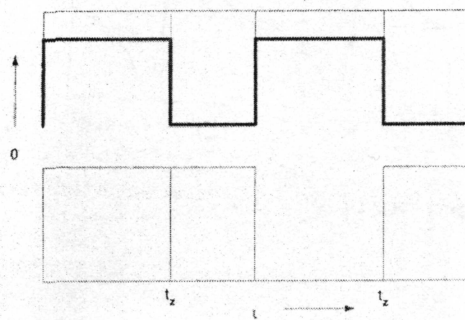


Εικόνα: Διανομέας με γεννήτρια HALL.

Στο μέσο περίπου του διανομέα είναι τοποθετημένο ένα ζεύγος μαγνητικών πόλων από μόνιμο μαγνήτη. Από το κενό που υπάρχει μεταξύ τους περνάει κατά την περιστροφή του ρότορα, η παράπλευρη επιφάνεια του. Στον πόλο που βρίσκεται έξω από το ρότορα είναι κολλημένος ο αγωγός του κυκλώματος hall.



1. Ρότορας
  2. Μόνιμοι μαγνήτες
  3. Αγωγός hall
  4. Διάκενο
- w. Πλάτος μεταλλικής επιφάνειας ρότορα  
 υβ. Τάση hall  
 t. Χρόνος



Σχήμα: Γεννήτρια HALL.

Η περιστροφή του ρότορα μέσα από το διάκενο των πόλων δημιουργεί εναλλαγή στη μαγνητική ροή που περνάει από τον αγωγό HALL. Όταν περνάει κάποιο άνοιγμα της παράπλευρης επιφάνειας του ρότορα έχουμε πλήρη διέλευση της μαγνητικής ροής από τον έναν πόλο ως τον άλλο κ έτσι εμφανίζεται τάση στα άκρα του αγωγού HALL. Όταν από το διάκενο των πόλων περνάει μια μεταλλική επιφάνεια του ρότορα διακόπτεται σχεδόν η

μαγνητική ροή από τον έναν πόλο στον άλλο, με αποτέλεσμα την πτώση της τάσης στα άκρα του αγωγού HALL.

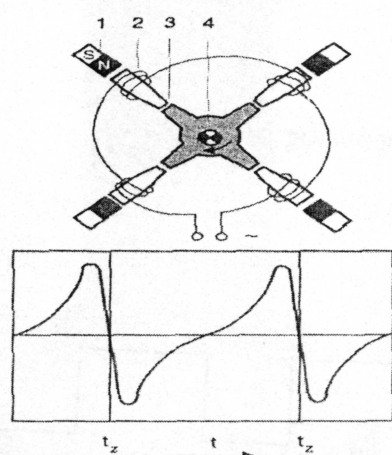
Ο αριθμός των ανοιγμάτων του ρότορα είναι ίσος με τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα και το πλάτος κάθε επιφάνειας μεταξύ δύο ανοιγμάτων προσδιορίζει τη γωνία dwell.

## 1.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΠΑΛΜΩΝ

Το σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης με γεννήτρια παλμών, όπως και το σύστημα με γεννήτρια Hall είναι υψηλής απόδοσης. Τα δύο αυτά συστήματα παρουσιάζουν μεταξύ τους ελάχιστες λειτουργικές διαφορές, όπως:

- Η επαγωγική γεννήτρια παλμών παρουσιάζει μεγαλύτερη διαφορά φάσης ανάμεσα στο χρονικό σημείο εμφάνισης του σπινθήρα και ενεργοποίησης της γεννήτριας. Αυτό σε μερικές περιπτώσεις είναι επιθυμητό, γιατί βελτιώνει την αντικροτική (αντικρουστική) συμπεριφορά (πιράκια) του κινητήρα.
- Η επαγωγική γεννήτρια παλμών παρουσιάζει μικρότερη ταλάντωση σπινθήρων, γιατί έχει συμμετρική κατασκευή.

Η επαγωγική γεννήτρια παλμών αποτελείται από το στάτη και από το ρότορα (σκανδαλιστή). Ο στάτης φέρει μόνιμους μαγνήτες και το επαγωγικό πηνίο, το οποίο είναι τυλιγμένο γύρω από σιδηρομαγνητικούς πυρήνες. Ο ρότορας έχει αστεροειδή μορφή και είναι προσαρμοσμένος στον άξονα του διανομέα.



Σχήμα: Επαγωγική γεννήτρια παλμών.

1. Μόνιμος μαγνήτης
2. Επαγωγικό τυλίγμα
3. Διάκενο
4. Ρότορας

UG: Τάση επαγωγικής γεννήτριας

Όταν περιστρέφεται ο ρότορας, οι προεξοχές του (δοντάκια) περνούν μπροστά από τις κεφαλές των πυρήνων του επαγωγικού τυλίγματος. Τότε μεταξύ των πόλων και του ρότορα αναπτύσσεται ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο βρίσκεται το επαγωγικό τυλίγμα και αναπτύσσεται σ' αυτό τάση από επαγωγή (παλμός). Κάθε φορά που περνούν μπροστά από τις κεφαλές των πυρήνων του επαγωγικού τυλίγματος τα δοντάκια του ρότορα, παράγεται ένας παλμός, οποίος οδηγείται στη μονάδα ανάφλεξης για τη δημιουργία σπινθήρα στους αναφλεκτήρες.

Η μέγιστη τιμή της παραγόμενης τάσης από την επαγωγική γεννήτρια παλμών εξαρτάται από τη ταχύτητα του κινητήρα και είναι 0,5V στις χαμηλές στροφές και 100V στις υψηλές.

Ο αριθμός των πόλων του στάτη και των οδοντώσεων του ρότορα είναι ίσος με τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα.

Το διάκενο μεταξύ των οδοντώσεων του ρότορα και των κεφαλών των πυρήνων του επαγωγικού τυλίγματος είναι 0,5mm.

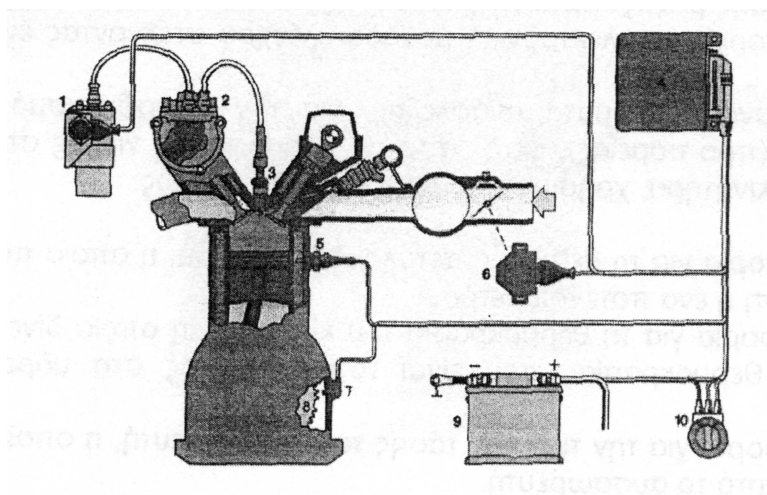
## **1.6 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (εγκέφαλο)**

Οι ηλεκτρονικές αναφλέξεις που εξετάσαμε στις προηγούμενες ενότητες φέρουν συμβατικού τύπου διανομείς, με μηχανισμούς ρύθμισης της προπορείας ανάλογα με το φορτίο και τις στροφές του κινητήρα. Αυτοί οι μηχανισμοί της προπορείας είναι μηχανικού τύπου και έχουν περιορισμένες δυνατότητες ρύθμισης. Επομένως δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις περιπτώσεις λειτουργίας του κινητήρα, ώστε να γίνεται η ανάφλεξη στο πλέον κατάλληλο χρονικό σημείο.

Στην ηλεκτρονική ανάφλεξη που εξετάζουμε δεν υπάρχουν τέτοιοι μηχανισμοί στο διανομέα. Η ρύθμιση της προπορείας σε σχέση με τις στροφές γίνεται με ένα σήμα, που παράγεται από έναν αισθητήρα στροφών, ενώ η ρύθμιση αυτή

σε σχέση με το φορτίο γίνεται με ένα σήμα που παράγει ένας αισθητήρας, ο οποίος τοποθετείται στην πολλαπλή εισαγωγής του κινητήρα.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου πληροφορείται για τις στροφές του κινητήρα από έναν επαγωγικό αισθητήρα (ειδικού τύπου επαγωγική γεννήτρια παλμών) ο οποίος είναι τοποθετημένος κοντά στο στροφαλοφόρο άξονα. Στο εξωτερικό μέρος του σφονδύλου του στροφαλοφόρου άξονα, είναι προσαρμοσμένη μία οδοντωτή στεφάνη, η οποία περιστρέφεται μαζί του.



1. Πολλαπλασιαστής
2. Διανομέας
3. Αναφλεκτήρας
4. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
5. Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα
6. Αισθητήρας (διακόπτης) πεταλούδας γκαζιού
7. Αισθητήρας στροφών
8. Οδοντωτή στεφάνη
9. Συσσωρευτής
10. Διακόπτης ανάφλεξης

Σχήμα: Σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης με ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλο).

Ο αισθητήρας στροφών (επαγωγική γεννήτρια παλμών) είναι σταθερά τοποθετημένος έτσι, ώστε η κεφαλή του να βρίσκεται σε ελάχιστη απόσταση από τα δόντια της στεφάνης. Όπως περιστρέφεται η στεφάνη διέρχονται μπροστά από την κεφαλή του αισθητήρα διαδοχικά δόντι - διάκενο της

στεφάνης. Αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας είναι να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή και να δημιουργείται ένα ψηφιακό σήμα (τάση). Η συχνότητα αυτού του σήματος, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, παρέχει την πληροφορία για τον αριθμό των στροφών του κινητήρα. Σε ένα σημείο της οδοντωτής στεφάνης υπάρχει ένα ακόμα διάκενο, δηλαδή έχει αφαιρεθεί μία οδόντωση. Όταν περάσει το διπλό διάκενο μπροστά από τον αισθητήρα, μεταβάλλεται το πλάτος του ψηφιακού σήματος. Η μεταβολή αυτή του πλάτους του παραγόμενου σήματος χρησιμοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για να προσδιορίζει την ακριβή θέση του στροφαλοφόρου άξονα και επομένως για να εντοπίζει την ακριβή θέση κάθε κυλίνδρου του κινητήρα.

Για τον προσδιορισμό του φορτίου του κινητήρα υπάρχει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ένας αισθητήρας, ο οποίος παίρνει την υπό-πίεση από ένα σημείο της πολλαπλής εισαγωγής μέσω ενός σωλήνα.

Μία πιο ακριβής μέθοδος για τον προσδιορισμό του φορτίου του κινητήρα είναι η μέτρηση της μάζας του εισερχόμενου αέρα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε κινητήρες, οι οποίοι έχουν ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα έγχυσης του καυσίμου. Στα συστήματα αυτά μία ειδική διάταξη (μετρητής ροής μάζας αέρα) μετράει συνέχεια τη μάζα του εισερχόμενου αέρα και πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου στέλνοντας ένα αναλογικό σήμα.

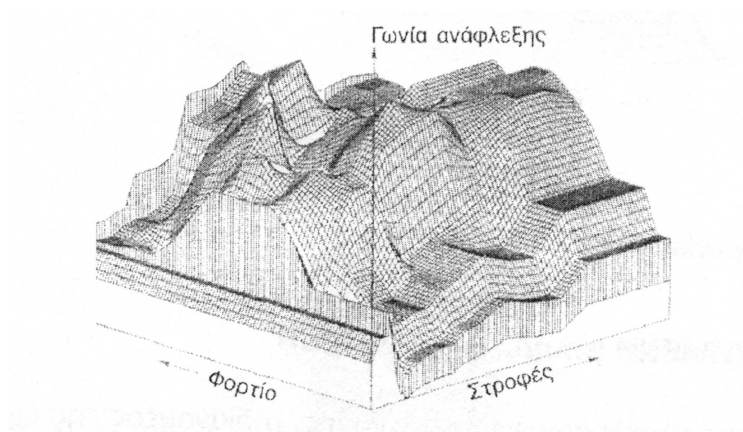
Στα σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης, για τον προσδιορισμό της γωνίας ανάφλεξης (προ-πορείας), εκτός από τις πληροφορίες για τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα, χρησιμοποιούνται και άλλες, όπως:

Πληροφορία για τη θέση της πεταλούδας γκαζιού, η οποία παρέχεται από ένα διακόπτη ή ένα ποτενσιόμετρο.

Πληροφορία για τη θερμοκρασία του κινητήρα, η οποία δίνεται από έναν αισθητήρα θερμοκρασίας που είναι τοποθετημένος στα υδροχιτόνια των κυλίνδρων.

Πληροφορία για την τιμή της τάσης του συσσωρευτή, η οποία λαμβάνεται απευθείας από το συσσωρευτή.

Για τον υπολογισμό της γωνία ανάφλεξης (προπορείας), η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου επεξεργάζεται τις τιμές των σημάτων που στέλνουν οι αισθητήρες με τάση ένα πεδίο τιμών, το οποίο είναι καταχωρημένο στη μνήμη της. Ένα τέτοιο πεδίο τιμών (ή χάρτης τιμών) είναι αποθηκευμένο στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κάθε κινητήρα και επιλέγεται κατά τη σχεδίαση και δοκιμή των κινητήρων στο εργοστάσιο κατασκευής τους. Οι τιμές αυτές της προπορείας καλύπτουν τις απαιτήσεις για άριστη λειτουργία των κινητήρων κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες λειτουργίας τους.



Σχήμα: Χάρτης προπορείας.

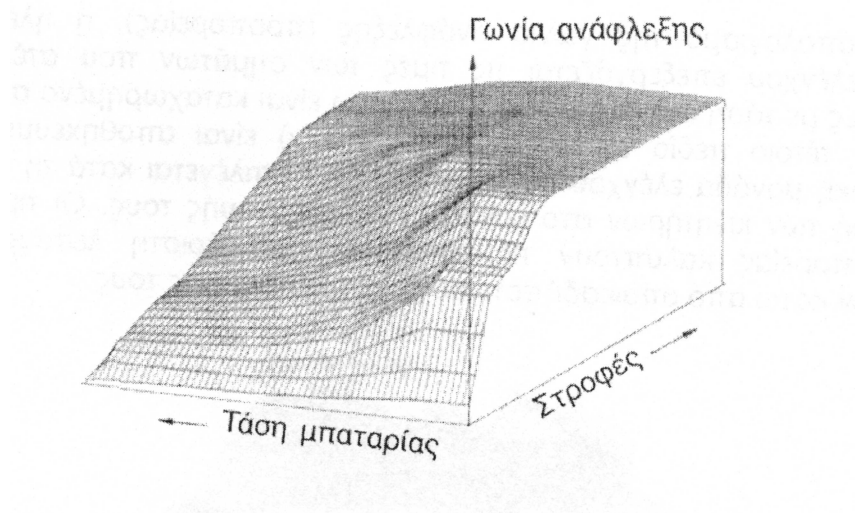
Η προπορεία (γωνία ανάφλεξης) για κάθε σημείο λειτουργίας του χάρτη επιλέγεται με βάση τις παρακάτω παραμέτρους:

κατανάλωση καυσίμου - ροπή στρέψης - καυσαέρια - προανάφλεξη - θερμοκρασία κινητήρα - άνετη οδήγηση.

Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, όπως πλήρες φορτίο ή αφόρτιστη λειτουργία (ρελαντί), σε κάποιες παραμέτρους από τις παραπάνω δίνεται προτεραιότητα. Αυτός είναι και λόγος για τον οποίο το σύστημα ανάφλεξης με ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου υπερτερεί ως προς τις ρυθμίσεις, σε σύγκριση με το συμβατικό σύστημα ανάφλεξης.

Ο υπολογισμός της γωνίας dwell γίνεται με τη βοήθεια τρισδιάστατου χάρτη, οι τιμές της οποίας επιλέγονται με βάση τις τιμές της τάσης του συσσωρευτή και των στροφών του κινητήρα.

Η γωνία dwell επιλέγεται έτσι, ώστε η υψηλή τάση στο δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή ανάφλεξης να παραμένει σταθερή σε σχέση με τις στροφές του κινητήρα και την τάση του συσσωρευτή.



Σχήμα: Χάρτης γωνίας dwell.

### 1.7 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ (πλήρης) ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Στο σύστημα της ολοκληρωμένης ανάφλεξης, ο διανομέας της υψηλής τάσης με μηχανική κίνηση έχει αντικατασταθεί από σύστημα διανομής, το οποίο δεν απαιτεί κίνηση. Το σύστημα αυτό διανομής της υψηλής τάσης συνήθως αποτελείται από μετασχηματιστές, καθένας από τους οποίους δίνει από το δευτερεύον πηνίο του δύο εξόδους σε ένα ζευγάρι κυλίνδρων. Οι δύο αυτοί κύλινδροι λειτουργούν με διαφορά φάσης  $380^\circ$ , δηλαδή ο ένας βρίσκεται στο τέλος της φάσης (χρόνου) της συμπίεσης και ο άλλος στη φάση (χρόνο) της εξαγωγής. Οι δύο αναφλεκτήρες (μπουζί) που δίνουν σπινθήρα στο ζευγάρι των κυλίνδρων είναι σε συνδεσμολογία σειράς με το δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή, δηλαδή είναι συνδεδεμένοι στα δύο άκρα του.

Σε κάθε μετασχηματιστή δύο εξόδων έχει προσαρμοστεί από μία τελική ενισχυτική βαθμίδα.

Το σύστημα ανάφλεξης αυτό παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα σε σχέση με όλα τα άλλα συστήματα ανάφλεξης:

- Δεν έχει κινούμενα μέρη, επομένως είναι πιο αξιόπιστο και δεν απαιτεί συντήρηση στο βαθμό που απαιτούν τα άλλα συστήματα, συμβατικής ή ηλεκτρονικής ανάφλεξης με διανομέα.
- Δεν γίνονται ανοιχτές αναφλέξεις, όπως αυτές στο διάκενο του ρότορα του διανομέα, επομένως δεν προκαλούνται ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (ραδιοφωνικά παράσιτα - ηλεκτρονικός θόρυβος) κατά τη λειτουργία του.



- Δεν απαιτούνται μηχανικές ρυθμίσεις χρονισμού.
- Χρησιμοποιούνται λιγότερα και μικρότερου μήκους καλώδια υψηλής τάσης (μπουζο-καλώδια). Σε μερικά συστήματα δεν χρησιμοποιούνται καθόλου μπουζοκαλώδια.
- Ο έλεγχος του σπινθήρα γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Επειδή δεν υπάρχει διανομέας, το σύστημα της ολοκληρωμένης ανάφλεξης απαιτεί μικρότερο χώρο εγκατάστασης. Έτσι γίνεται πιο εύκολη η σχεδίαση του κινητήρα.

Τη διαχείριση της λειτουργίας της ολοκληρωμένης ανάφλεξης πραγματοποιεί μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος), η οποία παίρνει πληροφορίες από τους αισθητήρες σχετικά με:

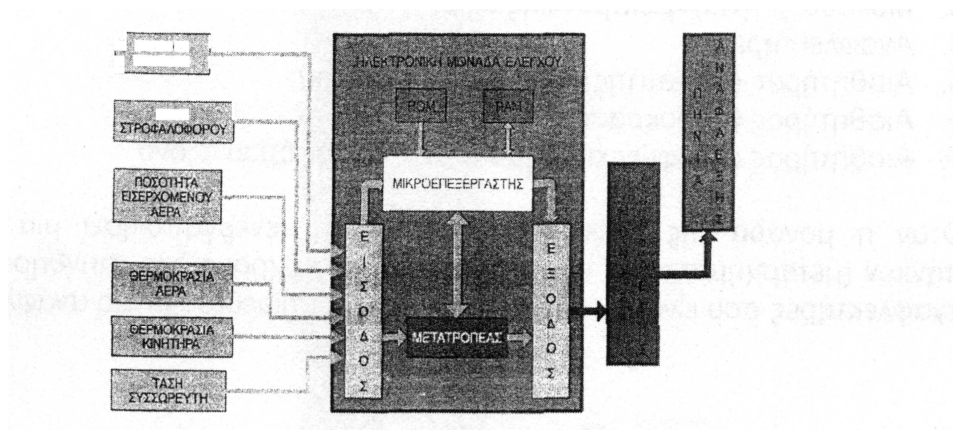
- Τις στροφές του κινητήρα και τη γωνία του στροφαλοφόρου άξονα.
- Την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα.
- Την υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής.
- Τη θερμοκρασία του κινητήρα.
- Τη θερμοκρασία του αέρα.
- Την τάση του συσσωρευτή.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου αφού επεξεργαστεί αυτές τις πληροφορίες, προσδιορίζει το χρονικό σημείο της ανάφλεξης (avans), καθώς και τη γωνία dwell. Στη συνέχεια δίνει εντολή ενεργοποίησης στη μονάδα της ηλεκτρονικής ανάφλεξης, η οποία επιλέγει τη σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων, χρησιμοποιώντας μερικές από τις παραπάνω πληροφορίες (όπως τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα).

Η μονάδα της ανάφλεξης μπορεί να είναι ενσωματωμένη στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλο) ή στο σύστημα των μετασχηματιστών ανάφλεξης. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου τοποθετείται είτε στο χώρο της καμπίνας των επιβατών είτε στο χώρο του κινητήρα. Αν βρίσκεται στο χώρο του κινητήρα, πρέπει να εξασφαλίζεται η απαγωγή της θερμότητας που αναπτύσσεται σ' αυτή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση υβριδικών κυκλωμάτων.

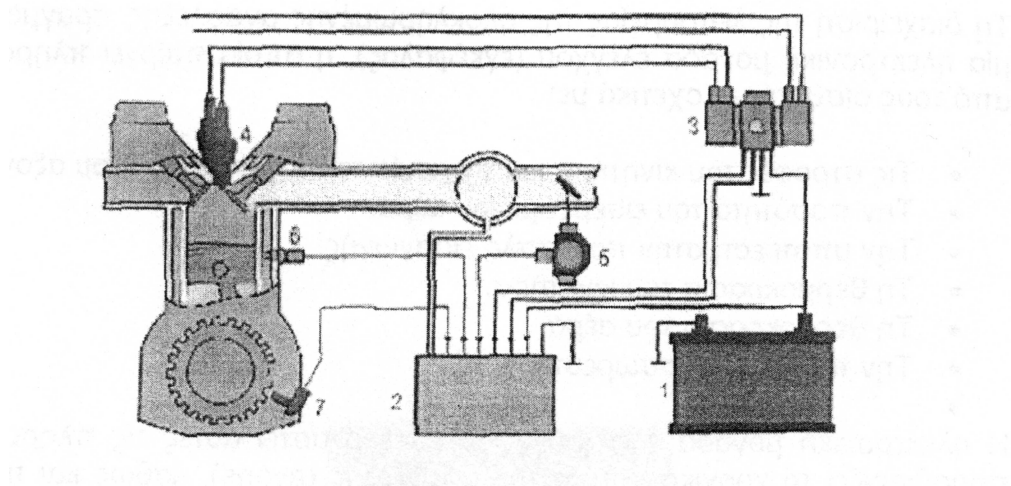
### **Ολοκληρωμένη ανάφλεξη σε τετρακύλινδρο κινητήρα**

Σε κινητήρα με τέσσερις κυλίνδρους, το ολοκληρωμένο σύστημα ανάφλεξης φέρει δύο διατάξεις πηνίων (μετασχηματιστές), οι οποίοι ενεργοποιούνται εναλλακτικά από τη μονάδα της ηλεκτρονικής ανάφλεξης.



Σχήμα: Μπλοκ διάγραμμα ολοκληρωμένης ανάφλεξης.

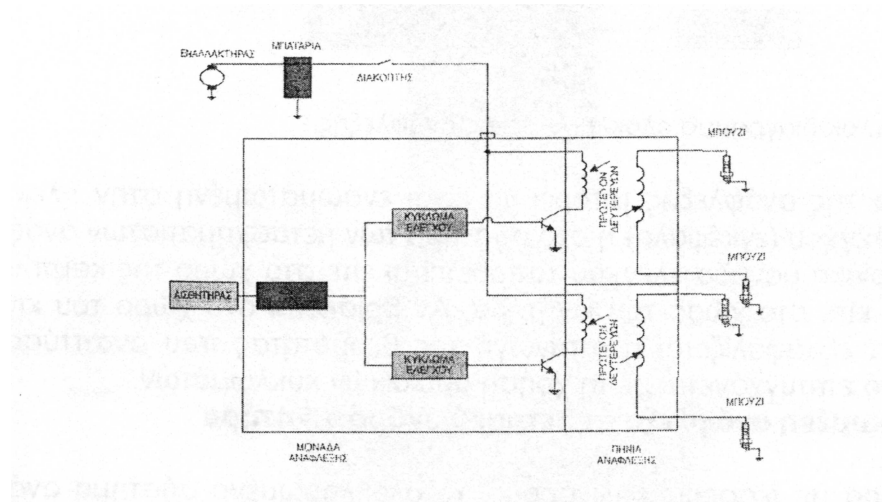
Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου υπολογίζει το ακριβές χρονικό σημείο (avans) και τη διάρκεια της ανάφλεξης (γωνία dwell, με βάση τα σήματα των αισθητήρων και τις τιμές από τους τρισδιάστατους χάρτες, που είναι αποθηκευμένοι στη μνήμη της και δίνει εντολή στη μονάδα της ηλεκτρονικής ανάφλεξης, για ενεργοποίηση των πηνίων ανάφλεξης.



Σχήμα: Κύκλωμα ολοκληρωμένης ανάφλεξης σε τετρακύλινδρο κινητήρα.

1. Συσσωρευτής (μπαταρία)
2. Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου
3. Μονάδα (πηνία) ηλεκτρονικής ανάφλεξης
4. Αναφλεκτήρες
5. Αισθητήρας (διακόπτης) πεταλούδας γκαζιού
6. Αισθητήρας θερμοκρασίας
7. Αισθητήρας στροφών κινητήρα & στροφαλοφόρου άξονα

Όταν η μονάδα της ηλεκτρονικής ανάφλεξης ενεργοποιήσει μία διάταξη πηνίων (μετασχηματιστή), τότε παράγονται ταυτόχρονα δύο σπινθήρες στους αναφλεκτήρες που είναι συνδεδεμένοι με το (δευτερεύον) πηνίο ανάφλεξης.



Σχήμα: Διάταξη πηνίων ανάφλεξης.

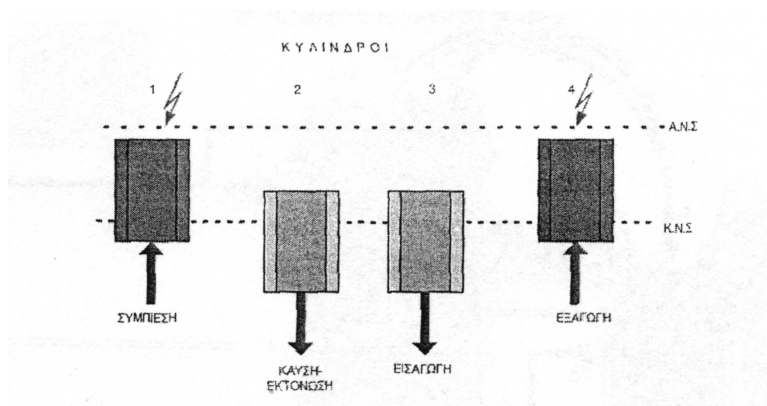
Έτσι πραγματοποιούνται ταυτόχρονα αναφλέξεις σε δύο κυλίνδρους. Ο ένας από αυτούς τους κυλίνδρους βρίσκεται στο τέλος του χρόνου συμπίεσης του καυσίμου μείγματος και ο άλλος της εξαγωγής των καυσαερίων. Δηλαδή μεταξύ των δύο κυλίνδρων υπάρχει διαφορά φάσης, ως προς τη λειτουργία,  $360^\circ$ .

Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα να είναι χρήσιμος μόνο ο σπινθήρας που αναφλέγει το συμπιεσμένο καύσιμο. Ο άλλος σπινθήρας, στον κύλινδρο που βρίσκεται στο χρόνο της εξαγωγής, δεν επηρεάζει τη λειτουργία του κινητήρα.

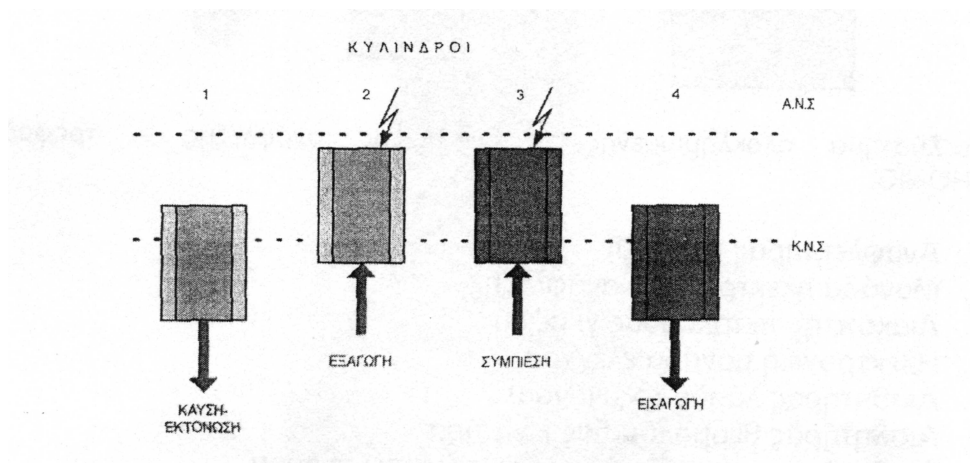
Έστω ότι η μονάδα της ανάφλεξης ενεργοποιεί τη διάταξη των πηνίων ανάφλεξης, στο δευτερεύον της οποίας είναι συνδεδεμένοι οι αναφλεκτήρες των κυλίνδρων 1 και 4, και ότι ο κύλινδρος 1 βρίσκεται στο χρόνο της συμπίεσης του καυσίμου μείγματος, οπότε ο κύλινδρος 4 βρίσκεται στο χρόνο της εξαγωγής των καυσαερίων.

Μετά από περιστροφή  $180^\circ$  του στροφαλοφόρου άξονα, η μονάδα της ηλεκτρονικής ανάφλεξης ενεργοποιεί την άλλη διάταξη των πηνίων (μετασχηματιστή) ανάφλεξης. Τότε δίνεται σπινθήρας στους κυλίνδρους 2 και 3, από τους οποίους ο κύλινδρος 3 βρίσκεται στο χρόνο συμπίεσης του

καυσίμου μείγματος και ο κύλινδρος 2 στο χρόνο της εξαγωγής των καυσαερίων.



Σχήμα: Χρήσιμος είναι ο σπινθήρας στον κύλινδρο 1.



Σχήμα: Χρήσιμος είναι ο σπινθήρας στον κύλινδρο 3.

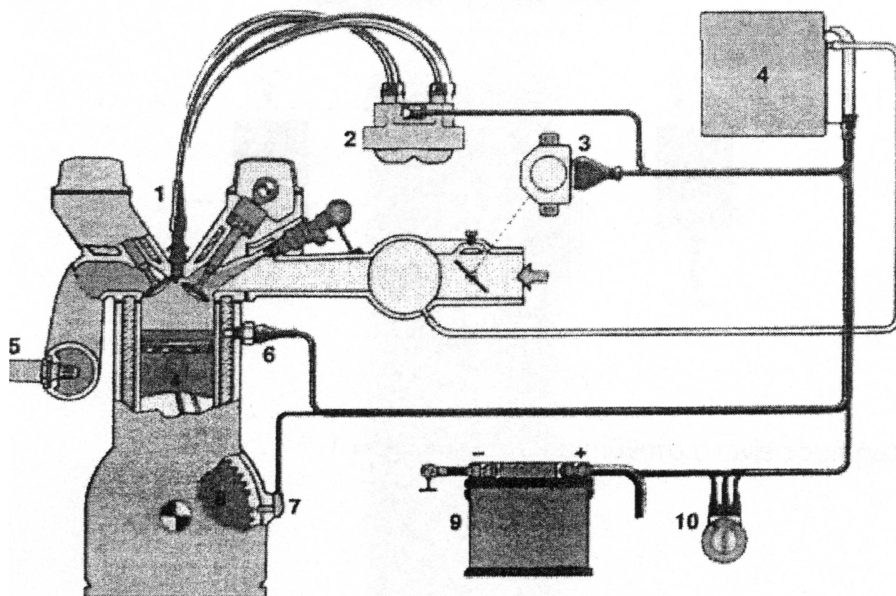
Όταν ο στροφαλοφόρος άξονας περιστραφεί κατά 360°, αντιστρέφονται οι ρόλοι των κυλίνδρων 1 και 4. Έτσι, πάλι ο ένας σπινθήρας θα είναι χρήσιμος, δηλαδή αυτός στον κύλινδρο 4 που βρίσκεται στο χρόνο της συμπίεσης. Μετά από περιστροφή 540° (360° + 180°) του στροφαλοφόρου άξονα αντιστρέφονται οι ρόλοι των κυλίνδρων 3 και 2, κ.ο.κ.

## 1.8 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ – ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Η απαίτηση για περιορισμό των ρύπων στα καυσαέρια και για οικονομικότερη λειτουργία των κινητήρων των αυτοκινήτων οδήγησε τους κατασκευαστές στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή συστημάτων, στα οποία ο έλεγχος της τροφοδοσίας γίνεται σε συνδυασμό με την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος.

Τα συστήματα αυτά ονομάστηκαν συστήματα ολοκληρωμένης συνδυασμένης ανάφλεξης - τροφοδοσίας.

Ένα τέτοιο σύστημα είναι και το MOTRONIC της εταιρείας BOSCH. Στο σύστημα αυτό, τη διαχείριση της προετοιμασίας του καυσίμου μείγματος και της ανάφλεξης του πραγματοποιεί μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος).



Σχήμα: Σύστημα ολοκληρωμένης συνδυασμένης ανάφλεξης - τροφοδοσίας MOTRONIC.

1. Αναφλεκτήρας (μπουζί)
2. Μονάδα ηλεκτρονικής ανάφλεξης
3. Διακόπτης πεταλούδας γκαζιού
4. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
5. Αισθητήρας λάμδα (οξυγόνου)
6. Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα
7. Αισθητήρας στροφών & γωνίας στροφαλοφόρου
8. Οδοντωτή στεφάνη σφονδύλου
9. Συσσωρευτής (μπαταρία)
10. Διακόπτης ανάφλεξης

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου δέχεται πληροφορίες από αισθητήρες σχετικά με τα στοιχεία που αφορούν το ψεκασμό και την ανάφλεξη του καυσίμου

μείγματος. Τέτοια στοιχεία είναι η ποσότητα του αναρροφημένου αέρα, ο αριθμός των στροφών του κινητήρα, η θέση (γωνία) του στροφαλοφόρου άξονα, η θερμοκρασία του κινητήρα και του αέρα και η τιμή της τάσης του συσσωρευτή.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου συγκρίνει τα στοιχεία αυτά με τα στοιχεία που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη της (πεδία αναγνώρισης) και προσδιορίζει την ποσότητα ψεκασμού, καθώς και τη διάρκεια και το χρονικό σημείο της ανάφλεξης. Τα αποθηκευμένα στοιχεία των πεδίων αναγνώρισης (avans, dwell) έχουν προκύψει από δοκιμές τόσο σε δοκιμαστήριο, όσο και σε πραγματική οδήγηση.

Το σύστημα MOTRONIC επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση της ποσότητας ψεκασμού και του χρονικού σημείου της ανάφλεξης στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα, όπως αφόρτιστη λειτουργία (ρελαντί), μερικό φορτίο, πλήρες φορτίο, προθέρμανση του κινητήρα και αλλαγές φορτίου.

Επίσης πραγματοποιούνται και άλλες λειτουργίες, όπως υψομετρική διόρθωση (λόγω έλλειψης οξυγόνου).

Το MOTRONIC σε συνδυασμό με έναν αισθητήρα λάμδα και με έναν τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα μπορεί να ανταποκριθεί ακόμα και στις πιο αυστηρές προδιαγραφές καυσαερίων, όπως αυτές που ισχύουν στις Η.Π.Α.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

### 2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Το αποδιδόμενο έργο από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης εξαρτάται από την καύση του μείγματος στους θαλάμους καύσης. Η καύση του μείγματος είναι τέλεια όταν η ανάμειξη αέρα και καυσίμου είναι τέλεια. Για να πραγματοποιηθεί η τέλεια ανάμειξη αέρα και καυσίμου, πρέπει το καύσιμο να διασκορπιστεί σε πολύ μικρά σταγονίδια.

Αυτή η λειτουργία πραγματοποιείται σε πολύ καλό βαθμό, όταν το καύσιμο ψεκάζεται (εγχύεται) με πίεση στο ρεύμα του εισερχόμενου αέρα. Οι μηχανικοί αυτοκινήτων άρχισαν να πειραματίζονται σε συστήματα έκχυσης καυσίμου με πίεση. Οι πρώτες εφαρμογές στις αρχές του 20ου αιώνα έγιναν σε πετρελαιοκινητήρες με απευθείας έγχυση καυσίμου μέσα στους κυλίνδρους. Πολύ αργότερα (δεκαετία 1950) άρχισαν πειραματικά να χρησιμοποιούν συστήματα έκχυσης καυσίμου σε βενζινοκινητήρες, κυρίως για αυτοκίνητα αγώνων, με σκοπό την αύξηση της ιπποδύναμης των κινητήρων.

Η κατακόρυφη αύξηση της παραγωγής και κυκλοφορίας αυτοκινήτων προς τα τέλη του 20ου αιώνα επέβαλε την ανάγκη για περιορισμένη κατανάλωση καυσίμου και ελάττωση των ρύπων που εκπέμπονται από τους κινητήρες. Ο ανταγωνισμός ανάμεσα στις βιομηχανίες κατασκευής αυτοκινήτων οδήγησε στην αναζήτηση ολοένα και περισσότερης προσφοράς ισχύος για δεδομένο κινητήρα. Για τους παραπάνω λόγους η έκχυση (ψεκασμός) καυσίμου κρίθηκε αναγκαία και μονόδρομος.

#### 2.1.1 Πλεονεκτήματα της έγχυσης.

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων έγχυσης (ψεκασμού) καυσίμου είναι:  
**Μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.** Ο ψεκασμός καυσίμου πραγματοποιείται με τη μορφή νέφους σταγονιδίων καυσίμου. Η ανάμειξη με τον αέρα είναι καλύτερη και η απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για την παροχή συγκεκριμένου έργου είναι μικρότερη.

**Παροχή ομοιόμορφου μείγματος σε όλους τους κυλίνδρους** (πολλαπλός ψεκασμός). Η διαδρομή από τον εξερωτήρα μέχρι τις βαλβίδες εισαγωγής δεν είναι ίδια για κάθε κύλινδρο σε ένα συμβατικό σύστημα με εξερωτήρα. Με τον πολλαπλό ψεκασμό δόθηκε η δυνατότητα ψεκασμού στην είσοδο της Βαλβίδας εισαγωγής.

**Υψηλότερη απόδοση των κινητήρων.** Με τον ψεκασμό καυσίμου πραγματοποιείται καλύτερη πλήρωση των κυλίνδρων, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ροπή στρέψης και αύξηση της ειδικής ισχύος.

**Άμεση απόκριση στη διαδικασία της επιτάχυνσης.** Στις απότομες επιταχύνσεις του κινητήρα, επειδή η πεταλούδα του γκαζιού ανοίγει αιφνίδια, παρουσιάζεται στιγμιαίος απεμπλουτισμός του μείγματος με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της απόκρισης του κινητήρα. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού πραγματοποιούν άμεσο εμπλουτισμό και η απόκριση του κινητήρα είναι ικανοποιητική.

#### **Βελτίωση της κρύας εκκίνησης και προθέρμανσης.**

Κατά την εκκίνηση του κινητήρα οι συνθήκες δημιουργίας μείγματος είναι δύσκολες. Τα συστήματα ψεκασμού αντιμετωπίζουν το πρόβλημα με την ακριβή μέτρηση του καυσίμου, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία του κινητήρα και τον αριθμό στροφών εκκίνησης. Μετά την εκκίνηση πραγματοποιείται άμεση προσαρμογή της ποσότητας καυσίμου και επιτυγχάνεται αμέσως κανονική λειτουργία του κινητήρα.

#### **Μικρότερη εκπομπή ρύπων.**

Η ποιότητα της καύσης καθορίζει το ποσοστό των ρύπων στα καυσαέρια. Η ποιότητα της καύσης εξαρτάται από τη σύσταση του μείγματος. Τα συστήματα ψεκασμού (με αισθητήρα λ) διατηρούν τη σύσταση του μείγματος στη στοιχειομετρική αναλογία σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του κινητήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των ρύπων όταν χρησιμοποιείται καταλυτικός μετατροπέας.

### **2.1.2 Είδη συστημάτων ψεκασμού.**

Ανάλογα με τον τρόπο ψεκασμού τα συστήματα ψεκασμού ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- Μηχανικά συστήματα ψεκασμού (Συνεχής ψεκασμός)
- Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα ψεκασμού (Διακοπτόμενος ψεκασμός).



Τα μηχανικά συστήματα ψεκασμού ήταν τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Λειτουργούν μηχανική-υδραυλική λειτουργία. Το καύσιμο ψεκάζεται από τους εγχυτήρες (μπεκ) κοντά στη δαλθίδα εισαγωγής κάθε κυλίνδρου. Οι εγχυτήρες ανοίγουν ανάλογα με την πίεση που επικρατεί στη γραμμή διανομής καυσίμου.

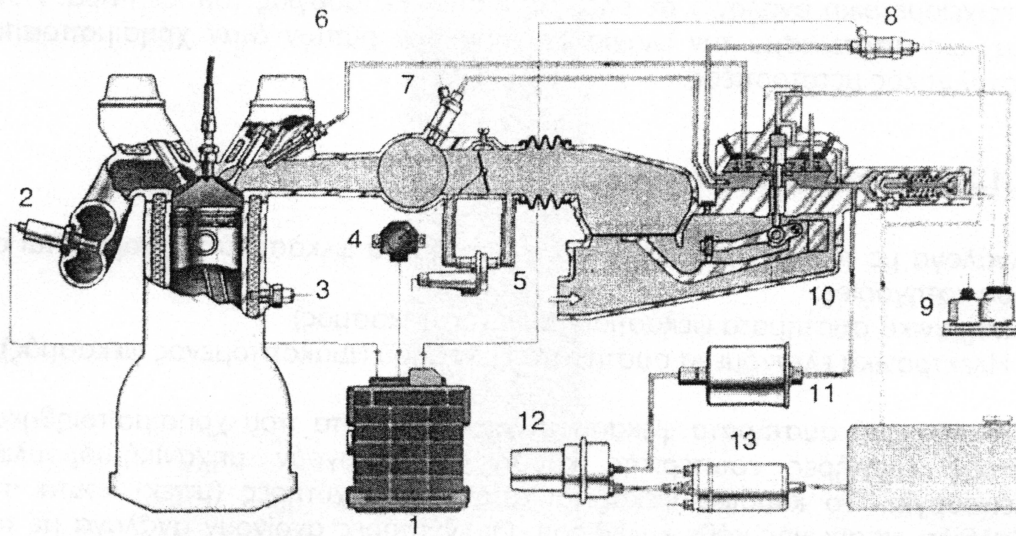
Η ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου, που απαιτείται για τη λειτουργία του κινητήρα σε όλες τις καταστάσεις φορτίου, πραγματοποιείται με έλεγχο της πίεσης ψεκασμού σε συνάρτηση με την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα. Ένα μηχανικό σύστημα ψεκασμού, που εξελίχθηκε και εφαρμόστηκε περισσότερο είναι το K-jetronic της BOSCH. Η ανάγκη για μείωση των ρύπων οδήγησε τους τεχνικούς σε βελτιώσεις των μηχανικών συστημάτων ψεκασμού.

Η πυκνή κυκλοφορία των αυτοκινήτων στα αστικά κέντρα οδήγησε τις Η.Π.Α. και την Ευρωπαϊκή Ένωση να θεσμοθετήσουν αυστηρά όρια εκπομπής ρύπων. Παρουσιάστηκε η ανάγκη ένα σύστημα να αξιολογεί τις τιμές των ρύπων και να τις περιορίζει. Αυτή η λειτουργία μπορεί να εξασφαλίζεται με τη χρήση εξελιγμένων συστημάτων ψεκασμού ηλεκτρονικά ελεγχόμενων. Σε αυτά τα συστήματα η ποσότητα του παρεχόμενου καυσίμου ρυθμίζεται από το χρόνο που οι ηλεκτρομαγνητικοί εγχυτήρες παραμένουν ανοικτοί. Ο χρόνος ρυθμίζεται κάθε φορά από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία λαμβάνει τις πληροφορίες από τους διάφορους αισθητήρες και επιτυγχάνεται στοιχειομετρική αναλογία του μείγματος αέρα-καυσίμου.

Ένα ηλεκτρομαγνητικό σύστημα που ελέγχεται από μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου πραγματοποιεί έλεγχο της πίεσης καυσίμου. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου έχει τη δυνατότητα να δέχεται και να αξιολογεί πολλές πληροφορίες (σήματα) και σε πολύ μικρό χρόνο και με ακρίβεια να ενεργοποιεί ενεργοποιητές εξόδου. Ένα τέτοιο Βελτιωμένο μηχανικό σύστημα ψεκασμού είναι το KE-JETRONIC της BOSCH.

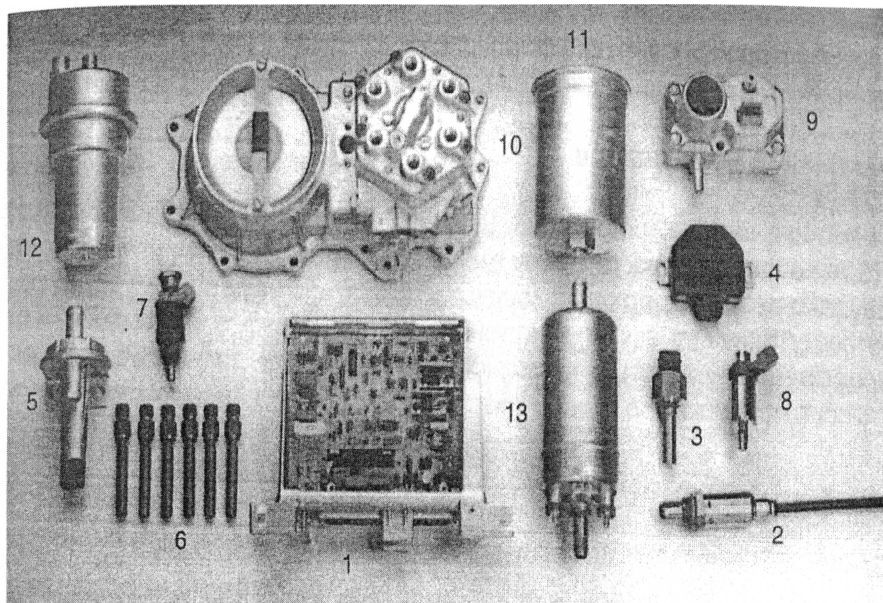
### **Μηχανικά συστήματα ψεκασμού**

Ένα σύστημα μηχανικού ψεκασμού είναι το **K-jetronic** της bosch. Το σύστημα αυτό λειτουργεί χωρίς εξωτερική παρέμβαση με συνεχή ψεκασμό ανά κύλινδρο, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κινητήρα. Ο χαρακτηρισμός με το γράμμα K έχει γίνει από το αρχικό γράμμα της γερμανικής λέξης **kontinuerlich** που σημαίνει **συνεχής**.



Σχήμα: Σχηματική διάταξη λειτουργίας του συστήματος K-jetronic

1. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου 2. Αισθητήρας "λ" 3. Θερμοχρονοδιακόπτης  
 4. Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού 5. Βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα  
 Θ.Μπεκ 7. Μπεκ ψυχρής εκκίνησης 8. Χρονική βαλβίδα 9. Ρυθμιστής  
 σερβοπίεσης 10. Παροχόμετρο 11. Φίλτρο 12. Αποταμιευτής καυσίμου  
 13. Ηλεκτρική αντλία

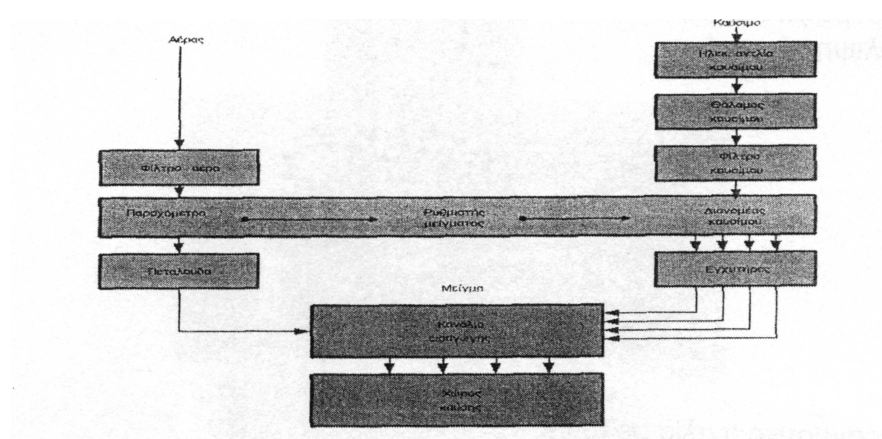


Εικόνα: Εξαρτήματα του συστήματος K-jetronic.

Από λειτουργική πλευρά, το σύστημα μπορούμε να το χωρίσουμε σε τρία επιμέρους συστήματα:

- Σύστημα τροφοδοσίας του συστήματος με καύσιμο
- Σύστημα μέτρησης της ποσότητας αέρα
- Σύστημα προετοιμασίας του μείγματος.

Στο παρακάτω διάγραμμα ροής φαίνεται η αρχή λειτουργίας του K-jetronic. Διακρίνονται οι τρεις περιοχές λειτουργίας, που εξυπηρετούνται από τα αντίστοιχα συστήματα.



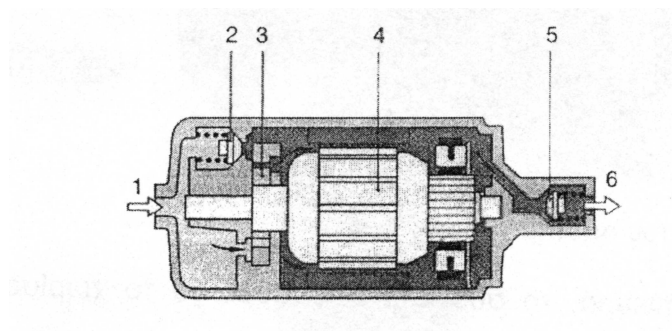
Σχήμα: Διάγραμμα ροής λειτουργίας του K-jetronic. Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου

Το καύσιμο αναρροφάται από τη δεξαμενή καυσίμου, από μία ηλεκτρική αντλία διέρχεται από τον αποταμιευτή καυσίμου, ένα ειδικό φίλτρο καυσίμου, και φθάνει στον διανομέα καυσίμου. Στην άκρη του διανομέα καυσίμου είναι τοποθετημένος ο ρυθμιστής πίεσης καυσίμου. Από το διανομέα καυσίμου το καύσιμο οδηγείται στους εγχυτήρες. Υπάρχει ένας εγχυτήρας για κάθε κύλινδρο και ψεκάζει συνεχώς το καύσιμο στα κανάλια εισαγωγής του κινητήρα. Κατά το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής αναρροφάται το μείγμα στους κυλίνδρους. Υπάρχει ένα ρυθμιστικό κύκλωμα καυσίμου που ξεκινά από το διανομέα καυσίμου και καταλήγει στον ρυθμιστή σερβοπίεσης.

### Ηλεκτρική αντλία καυσίμου

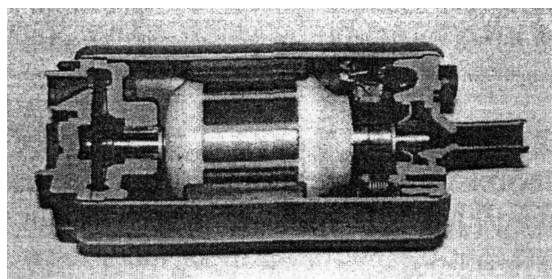
Η ηλεκτρική αντλία καυσίμου είναι μία κυψελωτή αντλία, η οποία διαρρέεται από το καύσιμο. Κινείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ρεύματος, το μαγνητικό πεδίο του οποίου δημιουργείται από μόνιμο μαγνήτη. Ένα στροφέιο (ρότορας) βρίσκεται έκκεντρα τοποθετημένο στο κέλυφος της αντλίας. Το

στροφείο αυτό περιέχει στην περιφέρεια του μεταλλικούς κυλίνδρους, οι οποίοι με τη φυγόκεντρο δύναμη εφάπτονται στο κέλυφος της αντλίας.



Σχήμα: Μέρη ηλεκτρικής αντλίας καυσίμου

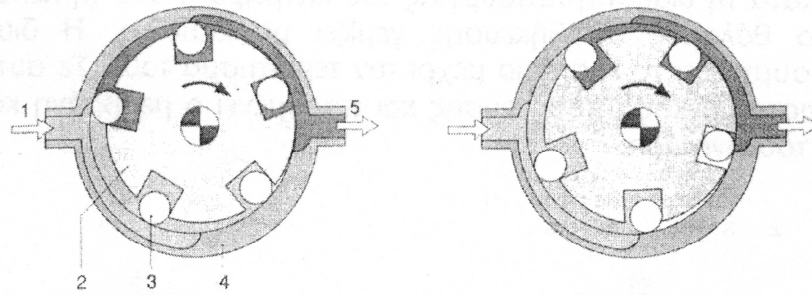
1. Αναρρόφηση
2. Βαλβίδα υπερπίεσης
3. Κυψελωτή αντλία
4. Δρομέας ηλ. μοτέρ
5. Αντεπιστροφή βαλβίδα
6. Κατάθλιψη



Εικόνα: Πραγματική αντλία σε τομή.

Το καύσιμο μεταφέρεται στα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των κυλίνδρων.

Η ηλεκτρική τάση εφαρμόζεται στο συλλέκτη του δρομέα της αντλίας μέσω ψηκτρών. Ο δρομέας, ο συλλέκτης και οι ψηκτρες περιβρέχονται από το καύσιμο. Το καύσιμο που περιβρέχει το εσωτερικό του κινητήρα τον ψύχει κατά τη φάση της λειτουργίας του. Δεν υπάρχει κίνδυνος για ανάφλεξη του καυσίμου από σπινθηρισμούς λόγω επαφής συλλέκτη-ψηκτρών, γιατί δε δημιουργείται αναφλέξιμο μείγμα αφού δεν υπάρχει αέρας και επομένως οξυγόνο.



Σχήμα: Διαδικασία άντλησης

1. Αναρρόφηση
2. Στροφείο
3. Κύλινδρος
4. Κέλυφος
5. Κατάθλιψη

Καύσιμο χωρίς πίεση Μεταφερόμενο καύσιμο Καύσιμο υπό πίεση

Η ποσότητα καυσίμου που μεταφέρεται από την αντλία είναι πάντα μεγαλύτερη από τη μέγιστη ποσότητα καυσίμου που χρειάζεται ο κινητήρας για να παρακολουθήσει όλες τις καταστάσεις φορτίου. Μια ανεπίστροφη Βαλβίδα φροντίζει να μην αδειάζει ο χώρος του ηλεκτροκινητήρα από καύσιμο όταν σταματά η λειτουργία του και μια βαλβίδα υπερπίεσης ανακουφίζει την κατάθλιψη της αντλίας, αν η πίεση υπερβεί κάποιο όριο ασφαλείας.

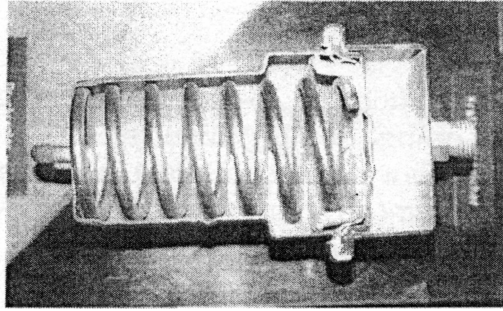
Ο ηλεκτρικός κινητήρας της αντλίας ενεργοποιείται μέσω ενός ηλεκτρονόμου (ρελέ) κατά την περιστροφή του διακόπτη εκκίνησης. Ο ηλεκτρονόμος είναι ηλεκτρονικού τύπου και πληροφορείται τις στροφές από τον διανομέα της ανάφλεξης. Αν για κάποιο λόγο (σύγκρουση) σταματήσει η λειτουργία του κινητήρα, τότε οι στροφές μηδενίζονται και ο ηλεκτρονόμος διακόπτει τη λειτουργία της ηλεκτρικής αντλίας ώστε να μην παρέχεται καύσιμο.

### Συλλέκτης καυσίμου

Ο συλλέκτης καυσίμου ονομάζεται και αποταμιευτής καυσίμου. Είναι μία μικρή

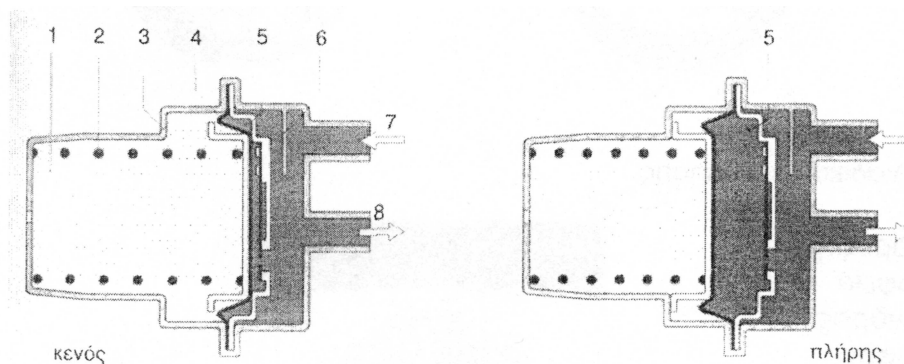
δεξαμενή, η οποία εσωτερικά χωρίζεται από μία μεμβράνη σε δύο θαλάμους.

Ο ένας θάλαμος (ο πρόσθιος) είναι θάλαμος αποθήκευσης καυσίμου και ο άλλος (ο οπίσθιος) θάλαμος ελατηρίου.



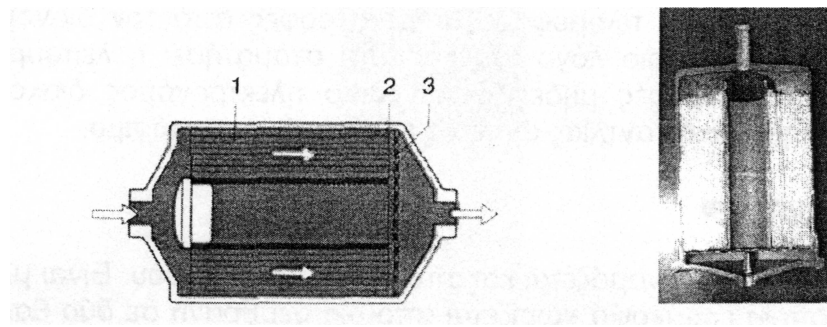
Εικόνα: Συλλέκτης καυσίμου.

Στο θάλαμο καυσίμου υπάρχει ένα έλασμα αναστροφής που βοηθά στο γρήγορο γέμισμα του εμπρός θαλάμου με καύσιμο και στο προοδευτικό του άδειασμα κατά τη διακοπή λειτουργίας του κινητήρα. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα ο θάλαμος αποθήκευσης γεμίζει με καύσιμο. Η διαχωριστική μεμβράνη συμπιέζει το ελατήριο μέχρι τον τερματισμό του . Σε αυτή τη θέση είναι ο μέγιστος όγκος αποθήκευσης και παραμένει η μεμβράνη καθ' όλη τη λειτουργία του κινητήρα.



Σχήμα: Λειτουργία συλλέκτη καυσίμου.

1. Θάλαμος ελατηρίου
2. Ελατήριο
3. Επιφάνεια τερματισμού
4. Μεμβράνη
5. Χώρος συλλέκτη
6. Έλασμα αναστροφής
7. Εισροή καυσίμου
8. Εκροή καυσίμου



1. Χάρτινο φίλτρο
2. Πλέγμα
3. Ελασμα στήριξης

Σχήμα: Μέρη του φίλτρου καυσίμου.

Το κέλυφος του συλλέκτη καυσίμου είναι διαμορφωμένο έτσι, ώστε αυτός να λειτουργεί ως απορροφητήρας του θορύβου της αντλίας καυσίμου. Ο ρόλος του συλλέκτη καυσίμου είναι μετά το σβήσιμο του κινητήρα να διατηρεί το σύστημα καυσίμου υπό πίεση ώστε να διευκολύνεται η επανεκκίνηση, ιδιαίτερα όταν ο κινητήρας είναι ζεστός.

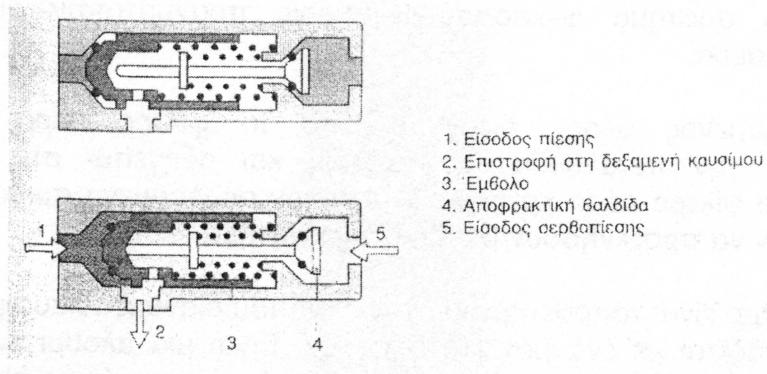
### **Φίλτρο καυσίμο**

Τα εξαρτήματα του κυκλώματος διανομής καυσίμου έχουν πολύ μικρές ανοχές. Είναι απαραίτητο λοιπόν ένα ειδικό φίλτρο διήθησης να κατακρατά τα ξένα σώματα, τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν βλάβες στο σύστημα.

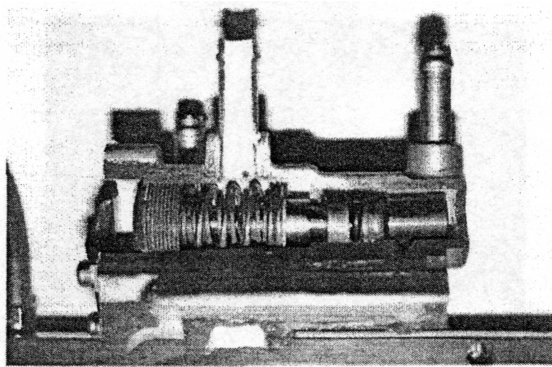
Η κατασκευή του είναι απλή. Αποτελείται από ένα χάρτινο παρέμβυσμα από διηθητικό χαρτί και μια μεταλλική σίττα. Το κέλυφος είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο ή πλαστικό. Τοποθετείται στο κύκλωμα τροφοδοσίας μεταξύ του συλλέκτη καυσίμου και του ρυθμιστή πίεσης. Ένα βέλος που υπάρχει ανάγλυφο στο κέλυφος καθορίζει την κατεύθυνση ροής του καυσίμου.

### **Ρυθμιστής πίεσης του συστήματος**

Ο ρυθμιστής πίεσης του συστήματος φροντίζει ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση μέσα στο σύστημα τροφοδοσίας. Είναι τοποθετημένος μέσα στο κέλυφος του διανομέα καυσίμου και ρυθμίζει την πίεση παροχής στα 5 bar περίπου. Αποτελείται από έναν μικρό κύλινδρο μέσα στον οποίο υπάρχει ένα έμβολο που συμπιέζεται από ένα ελατήριο.



Σχήμα: Εξαρτήματα του ρυθμιστή πίεσης.



Εικόνα: Ρυθμιστής πίεσης.

Όταν η ηλεκτρική αντλία παρέχει περισσότερο καύσιμο από την ποσότητα που καταναλώνει ο κινητήρας, αυξάνεται η πίεση στο σύστημα. Τότε το έμβολο πιέζει το ελατήριο και ανοίγει μία δίοδο στον ρυθμιστή, από την οποία περνά το επιπλέον καύσιμο προς τη δεξαμενή καυσίμου. Η πίεση του συστήματος καυσίμου και η δύναμη του ελατηρίου ισορροπούν το έμβολο.

Αν η κατανάλωση καυσίμου αυξηθεί, η πίεση στο κύκλωμα καυσίμου ελαττώνεται και το ελατήριο μετακινεί το έμβολο, μειώνοντας τη διατομή εκροής προς τη δεξαμενή καυσίμου. Έτσι εκτονώνεται λιγότερο καύσιμο και η πίεση του συστήματος επανέρχεται στην τιμή που προβλέπεται (5 bar). Όταν διακοπεί η λειτουργία του κινητήρα διακόπτεται και η λειτουργία της αντλίας καυσίμου. Η πίεση του συστήματος πέφτει κάτω από την πίεση που χρειάζεται για να ανοίξει η βαλβίδα ψεκασμού.

Όταν οι βαλβίδες εισαγωγής είναι κλειστές το καύσιμο προαποθηκεύεται σε θέση πριν από τις βαλβίδες. Με το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής, το



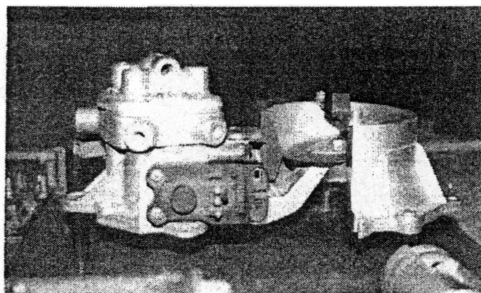
ρεύμα του αέρα εισαγωγής συμπαρασύρει το σύννεφο καυσίμου με στροβιλισμό και δημιουργεί αναφλέξιμο μείγμα στους κυλίνδρους.

### **Σύστημα μέτρησης της ποσότητας αέρα**

Η λειτουργία του κινητήρα στις διάφορες καταστάσεις φορτίου απαιτεί την ανάγκη προσδιορισμού ενός συγκεκριμένου μείγματος αέρα-καυσίμου κάθε φορά. Για να σχηματιστεί το κατάλληλο μείγμα πρέπει να παρέχεται καύσιμο ανάλογο με την ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα. Η ακριβής μέτρηση του αέρα εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του κινητήρα. Η μέτρηση του αέρα σε ένα μηχανικό σύστημα ψεκασμού K-jetronic πραγματοποιείται από το παροχόμετρο αέρα.

Ο αναρροφούμενος αέρας διέρχεται από το φίλτρο αέρα, από το παροχόμετρο, την πεταλούδα του γκαζιού και οδηγείται στις βαλβίδες εισαγωγής. Το φίλτρο αέρα κατακρατά τα τυχόν αιωρούμενα σωματίδια που θα μπορούσαν να προξενήσουν βλάβη στον κινητήρα.

Το παροχόμετρο είναι τοποθετημένο στην άκρη του διανομέα καυσίμου με τον οποίο συνεργάζεται με ένα μοχλικό σύστημα. Είναι μια αλουμινένια κωνική χοάνη, μέσα στην οποία αιωρείται ένας κυκλικός αλουμινένιος δίσκος, που στηρίζεται στην άκρη ενός βραχίονα στήριξης.

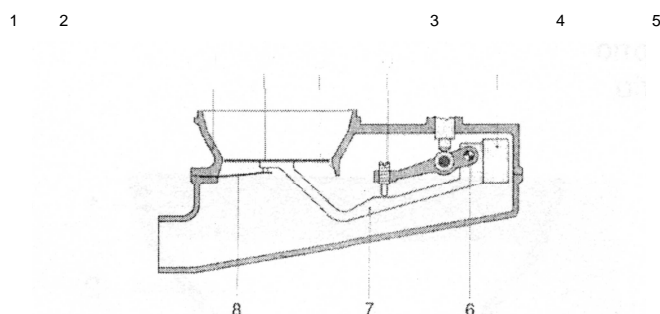


Εικόνα: Παροχόμετρο.

Ο βραχίονας συνδέεται με ένα μοχλικό σύστημα που μεταφέρει τη γραμμική κίνηση του δίσκου στο έμβολο ρύθμισης του διανομέα καυσίμου. Στην άκρη του βραχίονα υπάρχει ένα αντίβαρο που εκτελεί αντισταθμιστική λειτουργία.

Στο μοχλικό σύστημα είναι τοποθετημένος ένας ρυθμιστικός κοχλίας από τον οποίο γίνεται η ρύθμιση του μείγματος στην περιοχή αφόρτιστης λειτουργίας (ρελαντί) για τη ρύθμιση των καυσαερίων.

Το παροχόμετρο είναι τοποθετημένο πριν την πεταλούδα του γκαζιού. Η ροή του αέρα που αναρροφάται κατά τον χρόνο της εισαγωγής ανασηκώνει το δίσκο του μετρητή αέρα. Η κίνηση μεταφέρεται στο ρυθμιστικό έμβολο του διανομέα καυσίμου και το έμβολο ρύθμισης καθορίζει την ποσότητα του ψεκαζόμενου καυσίμου.



Σχήμα: Κύριο μέρη παροχόμετρου.

1. Χοάνη αέρα
2. Δίσκος φραγμού
3. Διατομή εκτόνωσης
4. Ρυθμιστικός κοχλίας μείγματος
5. Αντίβαρο
6. Σημείο περιστροφής
7. Μοχλός
8. Έλασμα

Η σχέση μεταξύ της μεταβολής της θέσης του δίσκου και ποσότητας αναρροφούμενου αέρα γίνεται γραμμική, λόγω της διαμόρφωσης της κωνικής χοάνης. Δηλαδή, με σταθερή την κλίση της κωνικής χοάνης, σε διπλάσια διαδρομή του δίσκου αναρροφάται διπλάσια ποσότητα αέρα. Το μείγμα σε όλη τη διαδρομή του παροχόμετρου αέρα είναι ανάλογο με τη διαδρομή του δίσκου.

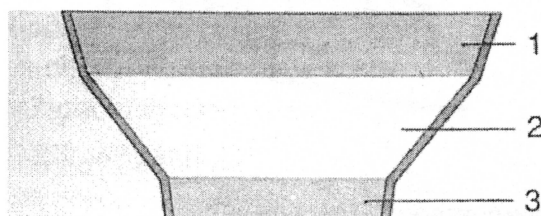
Σ' ένα κινητήρα, όμως, η παροχή ενός ιδανικού μείγματος δια φέρει κάθε φορά ανάλογα με τις καταστάσεις λειτουργίας όπως ρελαντί, μερική φόρτιση, πλήρες φορτίο. Έτσι το μείγμα πρέπει να είναι πλουσιότερο στο ρελαντί και στο πλήρες φορτίο και φτωχότερο για την περιοχή μερικού φορτίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση της χοάνης του αέρα σε καμπύλη κωνική μορφή. Σε πιο αμβλεία γωνία της κωνικής χοάνης αντιστοιχεί φτωχότερο μείγμα, γιατί στη μετακίνηση του δίσκου περνά περισσότερος αέρας από την περίπτωση της οξύτερης γωνίας, παρακάτω φαίνεται η διαμόρφωση της χοάνης. Στο κάτω μέρος της κωνικής χοάνης πραγματοποιείται η μέτρηση αέρα για την αφόρτιστη λειτουργία του κινητήρα (ρελαντί). Παρατηρούμε ότι η κλίση της χοάνης είναι πολύ μικρή και το ύψος ορίζει το πεδίο μέτρησης σε αυτή τη φάση, που απαιτείται σχετικά πλούσιο μείγμα.

Στο επόμενο πεδίο πραγματοποιείται μέτρηση αέρα για το μερικό φορτίο του κινητήρα. Παρατηρούμε ότι η κλίση της χοάνης, σ' αυτή την περιοχή είναι μεγάλη (αμβλεία γωνία) και προκύπτει ένα φτωχό μείγμα που είναι απαιτούμενο για αυτή τη φάση λειτουργίας.

Στο πάνω μέρος της χοάνης πραγματοποιείται η μέτρηση αέρα για το πλήρες φορτίο του κινητήρα.

### **Προσαρμογή του οχήματος της χοάνης στο παροχόμετρο**

1. Για πλήρες φορτίο
2. Για μερικό φορτίο
3. Για ρελαντί



Σχήμα: Χοάνη παροχόμετρου.

Παρατηρούμε ότι η χοάνη στην περιοχή αυτή παρουσιάζει μικρότερη κλίση από την κλίση για μερικό φορτίο και μεγαλύτερη κλίση από την περιοχή

αφόρτιστης λειτουργίας. Το αποτέλεσμα είναι η παροχή πλούσιου μείγματος που είναι απαραίτητο στη φάση πλήρους φορτίου

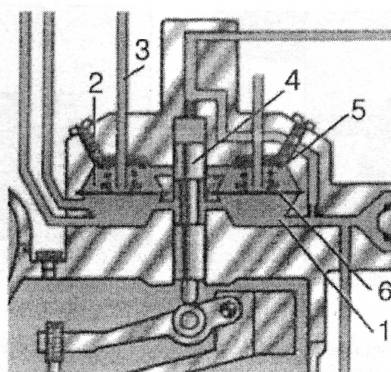
### **Προετοιμασία του μείγματος**

Η μέτρηση του αέρα από το παροχόμετρο "μεταφράζεται" σε γραμμική κίνηση από το μοχλικό σύστημα του παροχόμετρου και μεταφέρεται στον διανομέα καυσίμου, ο οποίος είναι επιφορτισμένος να παρέχει την ανάλογη ποσότητα καυσίμου. Αυτή την ποσότητα καυσίμου τη διανέμει στις επιμέρους βαλβίδες ψεκασμού των κυλίνδρων.

### **Διανομέας καυσίμου**

Ο διανομέας καυσίμου φέρει στο εσωτερικό του τις βαλβίδες διαφοράς πίεσης, οι οποίες είναι διατεταγμένες περιφερειακά (μια βαλβίδα για κάθε κύλινδρο). Ο ρόλος των βαλβίδων είναι να δημιουργούν σταθερή πτώση πίεσης στις δοσομετρικές θυρίδες, ανεξάρτητα από την ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται. Κάθε βαλβίδα χωρίζεται σε δύο θαλάμους από μια μεμβράνη. Από τους επάνω θαλάμους ξεκινούν οι αγωγοί που μεταφέρουν το καύσιμο στους εγχυτήρες.

Στο κέντρο του διανομέα βρίσκονται οι δοσομετρικές θυρίδες, στο φορέα των οποίων κινείται ένα ειδικό κυλινδρικό έμβολο. Ο φορέας των δοσομετρικών θυρίδων και το κυλινδρικό έμβολο έχουν υποστεί ειδική κατεργασία για να παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στη διάβρωση.



Σχήμα: Διανομέας καυσίμου.

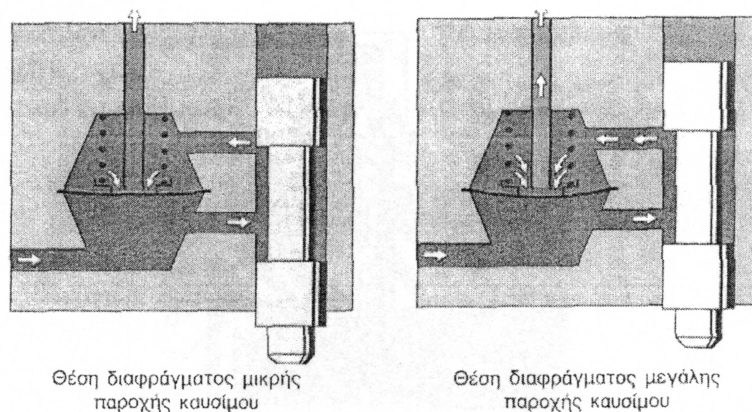
1. Εισαγωγή καυσίμου
2. Επάνω θάλαμος
3. Αγωγός προς εγχυτήρα
4. Έμβολο ρύθμισης
5. Ελατήριο
6. Μεμβράνη

Το μοχλικό σύστημα από το παροχόμετρο επενεργεί στο κάτω μέρος του κυλινδρικού εμβόλου. Κάθε ανύψωση του δίσκου στο παροχόμετρο ανυψώνει ανάλογα το κυλινδρικό έμβολο, ελευθερώνοντας μεγαλύτερη διατομή προς τις δοσομετρικές θυρίδες. Στο έμβολο ρύθμισης επενεργεί μία δύναμη με φορά αντίθετη με την κίνηση του, που ασκεί η πίεση ελέγχου (σερβοπίεση). Αυτή η δύναμη βοηθά στο να παρακολουθεί το ρυθμιστικό έμβολο την κίνηση του δίσκου του παροχόμετρου.

#### **Βαλβίδες διαφοράς πίεσης.**

Όπως προαναφέρθηκε, μία μεταλλική μεμβράνη χωρίζει τις βαλβίδες σε δύο θαλάμους. Οι έδρες των βαλβίδων βρίσκονται στους επάνω θαλάμους. Σε αυτούς βρίσκονται και τα κυλινδρικά ελατήρια, γΓ αυτό ονομάζονται και θάλαμοι ελατηρίων. Με την επίδραση των ελατηρίων η μεταλλική μεμβράνη πιέζεται προς τα κάτω.

Η μεταφορά καυσίμου από τους κάτω θαλάμους στους πάνω θαλάμους γίνεται μέσω των δοσομετρικών θυρίδων και ανάλογα με τη θέση του εμβόλου. Οι κάτω θάλαμοι των Βαλβίδων επικοινωνούν μεταξύ τους με ένα περιφερειακό κανάλι στο οποίο υπάρχει καύσιμο με την πίεση του συστήματος (5 BAR). Οι επάνω θάλαμοι είναι τελείως στεγανοί μεταξύ τους. Οι βαλβίδες διαφορικής πίεσης διατηρούν σταθερή πτώση πίεσης στα διαφράγματα ρύθμισης, ανεξάρτητα από την παροχή καυσίμου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια ελέγχου η διαφορά πίεσης πρέπει να είναι 0,1 bar.

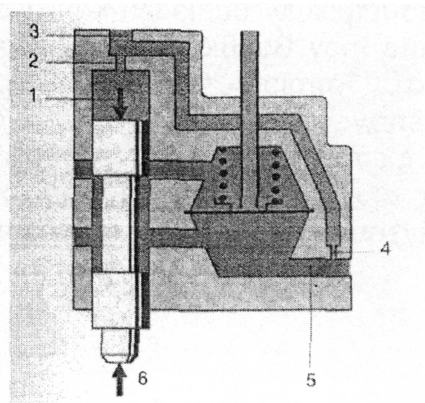


Σχήμα: Λειτουργία βαλβίδων διαφορικής πίεσης.

Όταν μέσω της δοσομετρικής εγκοπής ρέει μεγάλη ποσότητα καυσίμου στον επάνω θάλαμο, τότε η μεμβράνη πιέζεται προς τα κάτω και ανοίγει η διατομή εξόδου της βαλβίδας μέχρι η διαφορά πίεσης επανέλθει στην προβλεπόμενη τιμή 0,1 bar με την επέμβαση του ελατηρίου. Επομένως, για κάθε παροχή καυσίμου στη μεμβράνη επικρατεί ισορροπία δυνάμεων. Όταν στον επάνω θάλαμο η ποσότητα καυσίμου που ρέει ελαττωθεί, τότε η μεμβράνη καμπυλώνει λιγότερο και μικραίνει το άνοιγμα της βαλβίδας, έως ότου προκύψει πάλι διαφορά πίεσης 0,1 bar μεταξύ πάνω και κάτω θαλάμου.

### **Ρυθμιστική πίεση ελέγχου (σερβοπίεση).**

Η ρυθμιστική πίεση ελέγχου προέρχεται από την πίεση του συστήματος μέσω διακλάδωσης με στραγγαλιστική οπή. Ένας αγωγός συνδέει τον διανομέα καυσίμου, μέσω στραγγαλιστικής οπής, με τον ρυθμιστή σερβοπίεσης. Η σερβοπίεση κατά την κρύα εκκίνηση ανέρχεται σε περίπου 0,5 bar και όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του κινητήρα αυξάνεται μέσω του ρυθμιστή στα 3,7 bar. Η σερβοπίεση πιέζει το έμβολο ρύθμισης και ασκεί δύναμη αντίδρασης στη δύναμη του μοχλικού συστήματος από το παροχόμετρο. Η στραγγαλιστική οπή εμποδίζει την ταλάντωση του δίσκου φραγμού, λόγω των παλμικών κινήσεων του αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής. Το ύψος της σερβοπίεσης επηρεάζει την παροχή καυσίμου.



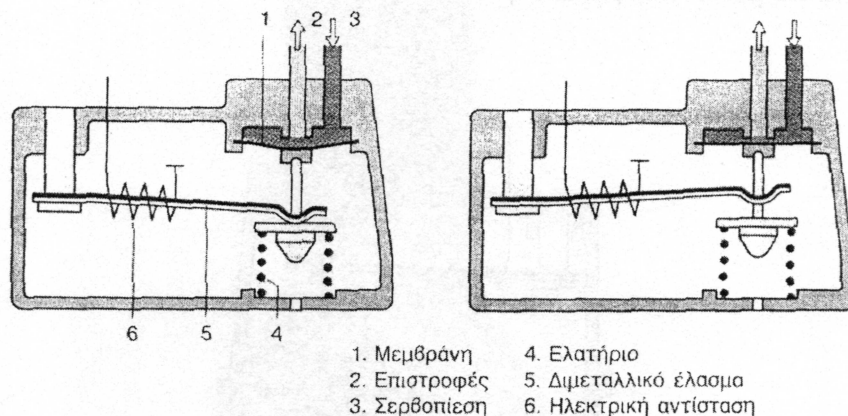
Σχήμα: Δημιουργία ρυθμιστικής πίεσης ελέγχου.

1. Επενέργεια της σερβοπίεσης (υδραυλική δύναμη)
2. Στραγγαλιστική οπή
3. Αγωγός προς το ρυθμιστή της σερβοπίεσης
4. Στραγγαλιστικό διαχωρισμού
5. Πίεση συστήματος (πίεση παροχής)
6. Επενέργεια της δύναμης του αέρα

Όταν η σερβοπίεση είναι μικρή η ποσότητα του αναρροφημένου αέρα μπορεί να ανασηκώσει περισσότερο τον δίσκο στο παροχόμετρο. Έτσι μέσω του ρυθμιστικού εμβόλου ανοίγουν περισσότερο οι δοσομετρικές θυρίδες και παρέχεται περισσότερο καύσιμο στον κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται εμπλουτισμός του μείγματος κατά τη φάση της λειτουργίας θέρμανσης (ζέσταμα) του κινητήρα. Όταν η σερβοπίεση είναι υψηλότερη, η ποσότητα του αέρα δεν ανασηκώνει πολύ τον δίσκο του παροχόμετρου. Τότε το άνοιγμα των δοσομετρικών θυρίδων παραμένει μικρό, με αποτέλεσμα τη μικρότερη παροχή καυσίμου.

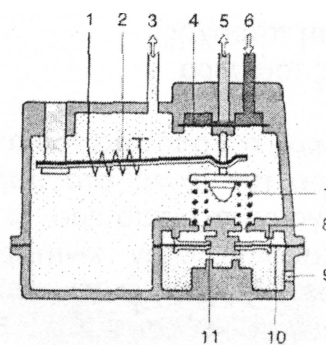
### **Ρυθμιστής σερβοπίεσης (λειτουργίας θέρμανσης)**

Ο ρυθμιστής σερβοπίεσης είναι τοποθετημένος σε τέτοιο σημείο στον κινητήρα, ώστε να επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του. Αποτελείται από μία βαλβίδα επίπεδης έδρας, ένα κυλινδρικό ελατήριο και ένα διμεταλλικό έλασμα. Διαθέτει μία ηλεκτρική αντίσταση που περιβάλλει το διμεταλλικό έλασμα.



Σχήμα: Ρυθμιστής σερβοπίεσης.

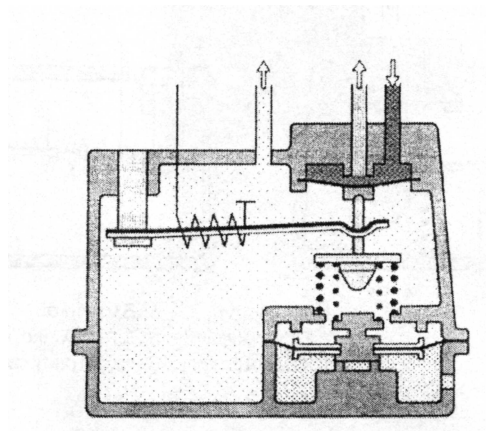
Ένας βελτιωμένος τύπος ρυθμιστή ρυθμίζει την σερβοπίεση από την υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγή σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του κινητήρα, εκτός από τη λειτουργία θέρμανσης του. Σε αυτόν τον τύπο του ρυθμιστή της σερβοπίεσης υπάρχουν δύο (αντί ενός) ελατήρια βαλβίδων. Το εξωτερικό ελατήριο, όπως και στον προηγούμενο ρυθμιστή, βρίσκεται τοποθετημένο στο κέλυφος, ενώ το εσωτερικό σε μία μεμβράνη. Αυτή η μεμβράνη χωρίζει τον ρυθμιστή σε έναν πάνω και έναν κάτω θάλαμο. Στον επάνω θάλαμο ενεργεί η υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής μέσω αγωγού, πίσω από την πεταλούδα. Ο κάτω θάλαμος, ανάλογα με τον τύπο κατασκευής, επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα ή με το φίλτρο αέρα. Ένας αγωγός επιστροφής επικοινωνεί με το ρυθμιστή πίεσης του συστήματος τροφοδοσίας.



1. Ηλεκτρική θέρμανση
2. Διμεταλλικό έλασμα
3. Σύνδεση υποπίεσης (από την εισαγωγή)
4. Μεμβράνη βαλβίδας



5. Επιστροφές στη δεξαμενή καυσίμου
  6. Σερβοπίεση (από το διανομέα καυσίμου)
  7. Ελατήρια βαλβίδας
  8. Ανώτερο σημείο τερματισμού
  9. Εξαέρωση
  10. Μεμβράνη
  11. Κατώτερο σημείο τερματισμού
- Λειτουργία σε ρελαντί & μερικό φορτίο



Σχήμα: Ρυθμιστής σερβοπίεσης με μεμβράνη πλήρους φορτίου.

Όταν ο κινητήρας είναι κρύος το διμεταλλικό έλασμα πιέζει το ελατήριο της βαλβίδας, μειώνοντας έτσι τη δύναμη του ελατηρίου στην κάτω πλευρά της βαλβίδας. Η διατομή ελέγχου της βαλβίδας ανοίγει περισσότερο και έτσι εκτονώνεται περισσότερο καύσιμο από το κύκλωμα σερβοπίεσης προς το ρυθμιστή πίεσης του συστήματος τροφοδοσίας και έχουμε πτώση της σερβοπίεσης.

Μετά από προκαθορισμένο χρόνο από την εκκίνηση το έλασμα θερμαίνεται ηλεκτρικά από την αντίσταση και από τη θερμοκρασία του κινητήρα. Έτσι λυγίζει και μειώνει τη δύναμη του πάνω στο ελατήριο της βαλβίδας. Η δύναμη του ελατηρίου αυξάνεται πάνω στη βαλβίδα μειώνοντας τη διατομή ελέγχου και η πίεση στο ρυθμιστή σερβοπίεσης αυξάνεται.

Στον βελτιωμένο τύπο ρυθμιστή σερβοπίεσης η ρύθμιση της διατομής ελέγχου της βαλβίδας πραγματοποιείται με την επίδραση των δύο ελατηρίων

και των δύο πιέσεων (ατμοσφαιρική-υποπίεση) στη διαχωριστική μεμβράνη. Αυτή η λειτουργία μπορεί να γίνεται σε όλες τις φάσεις της λειτουργίας του κινητήρα.

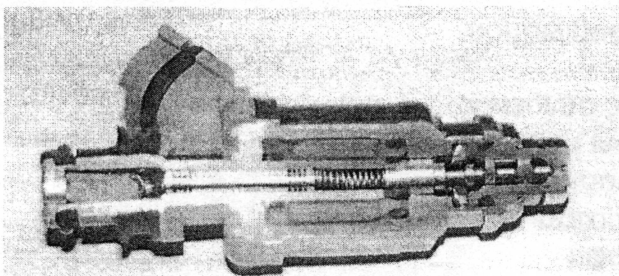
### **Προετοιμασία του μείγματος**

Ο κινητήρας για να παρακολουθήσει το φορτίο που του ανατίθεται από τα μηχανικά συστήματα του αυτοκινήτου, περνά σε διάφορες φάσεις λειτουργίας κατά τις οποίες προκύπτει η ανάγκη προσαρμογής του μείγματος αέρα-καυσίμου. Προσαρμογή του μείγματος πρέπει να γίνεται και σε ιδιαίτερες συνθήκες, όπως κατά την αρχική ψυχρή εκκίνηση, τη λειτουργία θέρμανσης του κινητήρα και της απότομης επιτάχυνσης. Πραγματοποιούνται λοιπόν διάφορες διορθωτικές επεμβάσεις.

Όταν ο κινητήρας εκκινήσει με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, δεν μπορεί να επιτευχθεί η σωστή αναλογία του μείγματος. Επειδή δημιουργούνται συμπυκνώματα καυσίμου στα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής και το μείγμα καθίσταται φτωχό, σχεδόν μη αναφλέξιμο. Για να βοηθήσουμε τον κινητήρα να εκκινήσει πρέπει να εμπλουτίσουμε το μείγμα ψεκάζοντας επιπλέον ποσότητα καυσίμου. Σε ένα σύστημα συνεχούς ψεκασμού αυτό το ρόλο έχει αναλάβει ένας εγχυτήρας ηλεκτρομαγνητικός που ονομάζεται εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης. Η όλη διαδικασία λέγεται εμπλουτισμός ψυχρής εκκίνησης. Κατά τον εμπλουτισμό ψυχρής εκκίνησης το μείγμα γίνεται πλουσιότερο, δηλαδή ο λόγος λάμδα γίνεται προσωρινά μικρότερος από 1 ( $\lambda < 1$ ).

### **Εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης (περιγραφή - λειτουργία)**

Ο εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης είναι μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ψεκασμού, τοποθετημένη στην πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα. Συνδέεται με το πρωτεύον κύκλωμα καυσίμου, όπου επικρατεί η πίεση του συστήματος (5 bar).

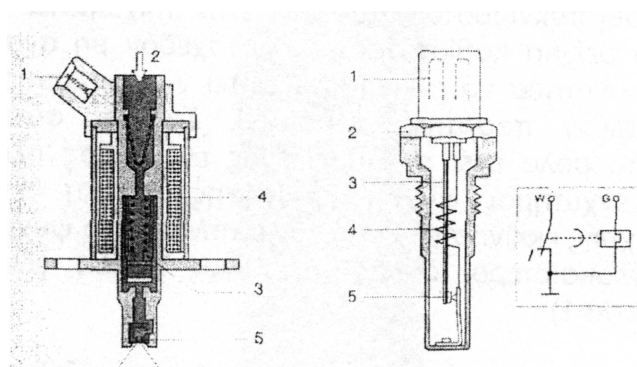


Εικόνα: Εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης.

Εσωτερικά στον εγχυτήρα είναι τοποθετημένο το πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη, ο οπλισμός της βαλβίδας, ένα κυλινδρικό ελατήριο και ένα φίλτρο καυσίμου. Σε κατάσταση ηρεμίας ο οπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη πιέζεται πάνω σε ένα στεγανωτικό δακτύλιο με τη βοήθεια ενός ελατηρίου και κλείνει τον εγχυτήρα.

Όταν διεγείρεται το πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη ανασηκώνεται ο οπλισμός του από την έδρα της βαλβίδας και ελευθερώνεται η ροή του καυσίμου. Το ακροφύσιο του εγχυτήρα δημιουργεί στροβιλισμό του καυσίμου και έτσι επιτυγχάνεται ιδιαίτερα λεπτή διασκόρπιση καυσίμου και εμπλουτίζεται ο αέρας με καύσιμο. Η ενεργοποίηση του πηνίου του εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης γίνεται από τον θερμοχρονοδιακόπτη.

Ο θερμοχρονοδιακόπτης καθορίζει το χρόνο ψεκασμού της βαλβίδας ψυχρής εκκίνησης, ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα. Είναι τοποθετημένος σε ένα σωληνάκι με σπείρωμα στο μπλοκ του κινητήρα, ώστε να μπορεί να "διαβάζει" τη θερμοκρασία του. Ο θερμοχρονοδιακόπτης αποτελείται από ένα ηλεκτρικά θερμαινόμενο διμεταλλικό έλασμα, το οποίο ανάλογα με τη θερμοκρασία του ανοίγει ή κλείνει μια ηλεκτρική επαφή. Όπως αναφέραμε πιο πάνω, ο θερμοχρονοδιακόπτης καθορίζει τη διάρκεια λειτουργίας του εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης. Η διάρκεια λειτουργίας εξαρτάται από τη θέρμανση του θερμοχρονοδιακόπτη, από τη θερμοκρασία του κινητήρα, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και από τη θέρμανση της ίδιας της αντίστασης του διακόπτη. Η λειτουργία της αντίστασης του διακόπτη είναι απαραίτητη για να περιοριστεί η τυχόν μεγάλη διάρκεια λειτουργίας του εγχυτήρα. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται το "μούκωμα" του κινητήρα.



Σχήμα: Λειτουργία εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης - Θερμοχρονοδιακόπτης.

1. Φις ηλεκτρικής σύνδεσης
2. Εισαγωγή καυσίμου με φίλτρο
3. Βαλβίδα (οπλισμός μαγνήτη)

4. Πηνίο μαγνήτη
5. Ακροφύσιο στροβιλισμού

1. Φις ηλεκτρικής σύνδεσης
2. Κοίλο μπουλόνι με σπείρωμα
3. Διμεταλλικό έλασμα
4. Ηλεκτρική αντίσταση
5. Ηλεκτρική επαφή

Η διάρκεια λειτουργίας του εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης καθορίζεται από την ηλεκτρική θέρμανση. Κατά την εκκίνηση ζεστού κινητήρα η επαφή παραμένει ανοικτή και δεν ψεκάζεται επιπλέον καύσιμο. Κατά τη φάση της λειτουργίας θέρμανσης του κινητήρα (ζέσταμα) ο εμπλουτισμός του μείγματος επιτυγχάνεται με τη Βοήθεια του ρυθμιστή σερβοπίεσης. Ο ρυθμιστής σερβοπίεσης μειώνει την πίεση στο πάνω μέρος του ρυθμιστικού εμβόλου, με αποτέλεσμα κάθε ανύψωση του δίσκου του παροχόμετρου να συνοδεύεται από μεγαλύτερη ανύψωση του ρυθμιστικού εμβόλου και μεγαλύτερο άνοιγμα του στις δοσομετρικές θυρίδες.

Κατά τη λειτουργία θέρμανσης του κινητήρα χωρίς φορτίο, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του κινητήρα και του λιπαντικού, υπάρχουν αυξημένες τριβές. Ο κινητήρας πρέπει να δεχτεί περισσότερο μείγμα για να υπερνικήσει τις αντιστάσεις τριβής και να σταθεροποιηθούν οι στροφές της αφόρτιστης λειτουργίας. Αυτή η λειτουργία πραγματοποιείται μέσω μιας βαλβίδας συμπληρωματικού αέρα. Η βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα ελέγχει μία διαδρομή παράκαμψης (by-pass) αέρα της πεταλούδας του γκαζιού. Αυτός ο συμπληρωματικός αέρας μετράται από το παροχόμετρο και λαμβάνεται υπόψη για την παροχή του καυσίμου και ο κινητήρας δέχεται συνολικά περισσότερο μείγμα. Η διατομή του αγωγού παράκαμψης καθορίζεται από ένα διάφραγμα, το οποίο ελέγχεται από ένα διμεταλλικό έλασμα. Το άνοιγμα του διαφράγματος ρυθμίζεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα, έτσι ώστε κατά την κρύα εκκίνηση να ελευθερώνεται μεγάλη διατομή, η οποία κλείνει σταδιακά με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το διμεταλλικό έλασμα περιβάλλεται από ηλεκτρική αντίσταση, η λειτουργία της οποίας καθορίζει το χρόνο λειτουργίας της βαλβίδας.

Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μερικό φορτίο και έχει φθάσει σε κανονική θερμοκρασία δεν υπάρχει ανάγκη εμπλουτισμού. Η ρυθμιστική πίεση φθάνει στα ανώτατα όρια, περίπου 3,7 bar και ο δίσκος του παροχόμετρου βρίσκεται στην περιοχή μέτρησης μερικού φορτίου με την αντίστοιχη διαμόρφωση της χοάνης. Αν ζητηθεί να επιταχύνει ο κινητήρας απότομα, παρουσιάζεται η ανάγκη στιγμιαίου εμπλουτισμού. Αυτό επιτυγχάνεται αφενός με τη μετακίνηση του δίσκου, για λίγο, πάνω από το σημείο που αντιστοιχεί στο πλήρες άνοιγμα της πεταλούδας. Αυτή η ανύψωση επιφέρει μία υψηλότερη παροχή καυσίμου (εμπλουτισμός επιτάχυνσης). Αφετέρου ο ρυθμιστής σερβοπίεσης "διαβάζει" την απότομη μεταβολή στην υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής και ρυθμίζει την πίεση πάνω από το ρυθμιστικό έμβολο, έτσι ώστε αυτό να μπορεί να κινηθεί πιο εύκολα προς τα πάνω.

Με τη βοήθεια του ρυθμιστή θερμής λειτουργίας επιτυγχάνεται και ο εμπλουτισμός στο πλήρες φορτίο του κινητήρα. Είναι γνωστό ότι η υποπίεση που επικρατεί στην πολλαπλή εισαγωγής αποτελεί μέτρο για την αναγνώριση του φορτίου του κινητήρα.

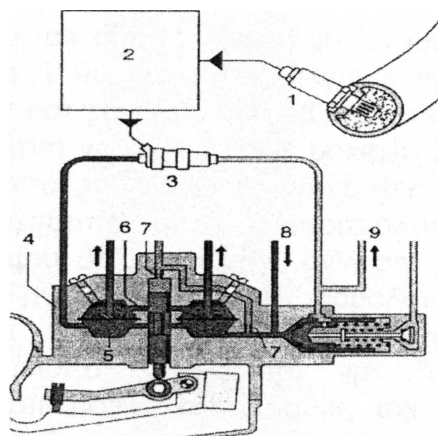
### **Ρύθμιση της στοιχειομετρίας με αισθητήρα λάμδα**

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

Για να έχουμε προσαρμογή του ψεκαζόμενου καυσίμου στην επιθυμητή σχέση αέρα-καυσίμου  $\lambda=1$ , μεταβάλλεται η πίεση στον κάτω θάλαμο του διανομέα καυσίμου. Η διαφορά του διανομέα καυσίμου με τον κοινό διανομέα καυσίμου του K-jetronic είναι ότι η πίεση στους κάτω θαλάμους στις βαλβίδες διαχωρίζεται από την πίεση του συστήματος μέσω ενός σταθερού διαφράγματος. Ένα επιπλέον διάφραγμα αποκαθιστά τη σύνδεση μεταξύ των κάτω θαλάμων και των επιστροφών του καυσίμου. Το διάφραγμα αυτό ελέγχεται από μια βαλβίδα χρονισμού. Η βαλβίδα αυτή είναι ηλεκτρομαγνητική με μεταβλητή διατομή. Όταν η βαλβίδα είναι ανοικτή εκτονώνεται η πίεση στους κάτω θαλάμους. Όταν είναι κλειστή τότε δημιουργείται στους κάτω θαλάμους η πίεση του συστήματος. Όταν η βαλβίδα ανοιγοκλείνει με γρήγορο ρυθμό, τότε μεταβάλλεται η πίεση στους κάτω θαλάμους, ανάλογα με τη σχέση του χρόνου κλεισίματος και του χρόνου ανοίγματος. Η χρονική βαλβίδα

ελέγχεται από τους ηλεκτρικούς παλμούς μιας ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου, η οποία αναλαμβάνει την όλη διαχείριση.

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



Σχήμα: Ρύθμιση με αισθητήρα λάμδα.

1. Αισθητήρας λάμδα
2. Μονάδα ρύθμισης "λ"
3. Χρονική βαλβίδα (μεταβλητό διάφραγμα)
4. Διανομέας καυσίμου
5. Κάτω θάλαμος των διαφορικών βαλβίδων πίεσης
6. Διαφράγματα ρύθμισης
7. Διαφράγματα διαχωρισμού (σταθερό διάφραγμα)
8. Παροχή καυσίμου
9. Επιστροφή καυσίμου



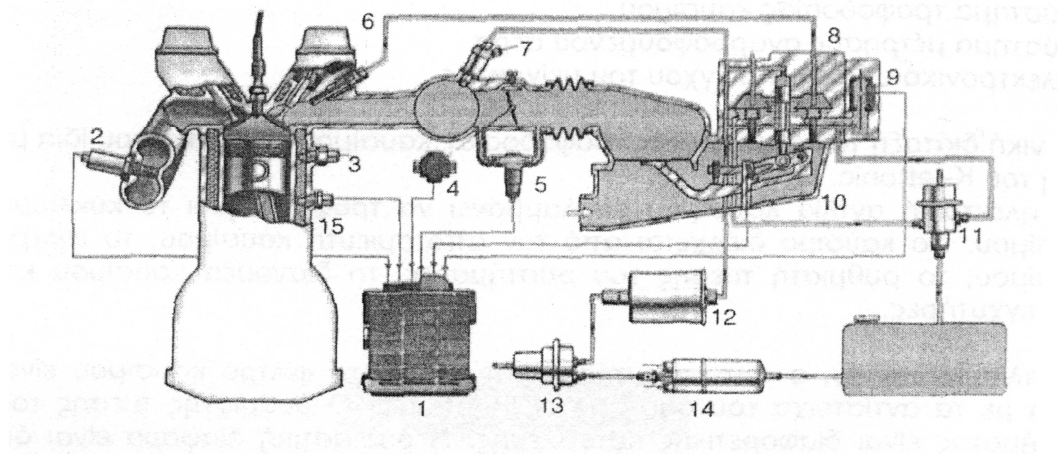




### 2.1.4 Σύστημα KE-jetronic

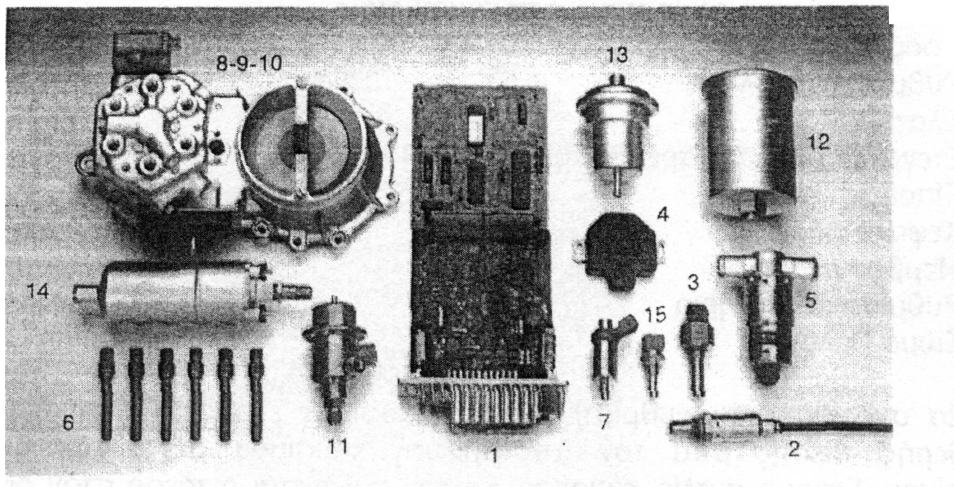
Η ανάγκη για καλύτερη διαχείριση του κινητήρα οδήγησε στην εξέλιξη του K-jetronic σε KE-jetronic. Το KE-jetronic είναι ένα σύστημα K-jetronic τροποποιημένο με επιπλέον ηλεκτρονικά εξαρτήματα, ώστε να μετρά με μεγαλύτερη ακρίβεια την ποσότητα του αναρροφημένου αέρα και στη συνέχεια να τροφοδοτεί τον κινητήρα με το κατάλληλο μείγμα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του. Το γράμμα K χαρακτηρίζει τη συνέχεια της έγχυσης και το γράμμα E χαρακτηρίζει την ηλεκτρονική διαχείριση του συστήματος.

Η ύπαρξη ηλεκτρονικής διαχείρισης δίνει τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης των ρύπων στα καυσαέρια με τη χρήση αισθητήρα λ στην πολλαπλή εξαγωγής. Η κεντρική μονάδα ελέγχου πληροφορείται για τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα και επεμβαίνει δυναμικά στη διαμόρφωση του μείγματος με ηλεκτρονική ρύθμιση. Το μείγμα προσαρμόζεται γρήγορα στα δεδομένα λειτουργίας και οι ρύποι που εκπέμπονται περιορίζονται. Το σύστημα KE-jetronic είναι συνεχούς έγχυσης, επομένως η ψεκαζόμενη ποσότητα καυσίμου εξαρτάται άμεσα από την πίεση του καυσίμου στους εγχυτήρες, οι οποίοι λειτουργούν μηχανικά όπως και στο KE-jetronic.



Σχήμα: Σχηματική διάταξη λειτουργίας του συστήματος KE-jetronic.

- 1 .Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
- 2.Αισθητήρας "λ"
- 3.Θερμοχρονοδιακόπτης
- 4.Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού
- 5.Βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα
- Θ.Μπεκ
- 7.Μπεκ ψυχρής εκκίνησης
- δ.Διανομέας καυσίμου
- 9.Ηλεκτροϋδραυλικός ρυθμιστής
10. Παροχόμετρο
- 11.Ρυθμιστής πίεσης
12. Φίλτρο
- 13.Αποταμιευτής καυσίμου
- 14.Ηλεκτρική αντλία
- 15.Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα



Εικόνα: Εξαρτήματα του συστήματος KE-jetronic.

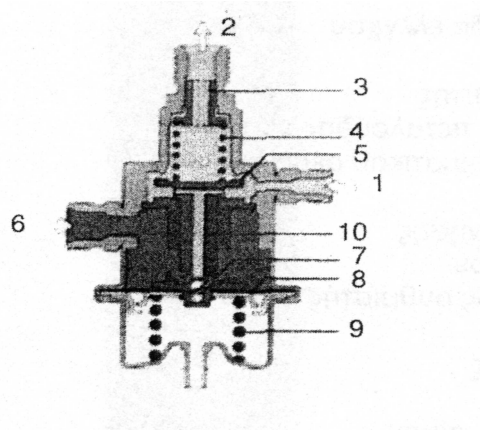
Από κατασκευαστική άποψη μπορούμε να διακρίνουμε στο KE εξής συστήματα:

- Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου
- Σύστημα μέτρησης αναρροφούμενου αέρα
- Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του μείγματος.

Η γενική διάταξη του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου είναι περίπου ίδια με αυτή του K-jetronic.

Μία ηλεκτρική αντλία καυσίμου αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει το κύκλωμα καυσίμου. Το καύσιμο διέρχεται από τον αποταμιευτή καυσίμου, το φίλτρο καυσίμου, το ρυθμιστή πίεσης του συστήματος, το διανομέα καυσίμου και τους εγχυτήρες.

Η αντλία καυσίμου, ο αποταμιευτής καυσίμου και το φίλτρο καυσίμου είναι όμοια με τα αντίστοιχα του συστήματος K-jetronic. Ο ρυθμιστής πίεσης του συστήματος είναι διαφορετικής κατασκευής. Η ουσιαστική διαφορά είναι ότι συνδέεται ένας θάλαμος του με την πολλαπλή εισαγωγής, ώστε στη ρύθμιση της πίεσης του καυσίμου να λαμβάνεται υπόψη το φορτίο του κινητήρα.

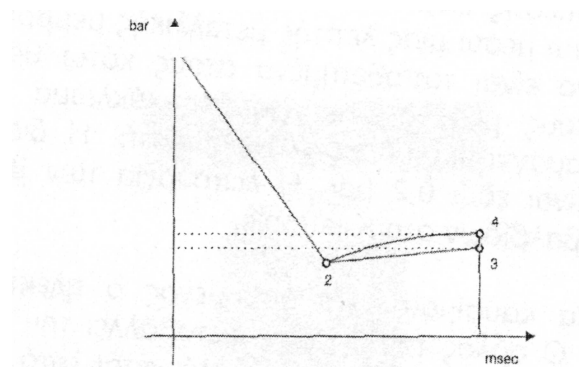


Σχήμα: Ρυθμιστής πίεσης.

1. Επιστροφή από τον κατανεμητή καυσίμου
2. Προς ρεζερβουάρ
3. Ρυθμιστής κοχλίας
4. Ελατήριο
5. Στεγανοποιητικό παρέμβυσμα (φλάντζα)
6. Είσοδος καυσίμου
7. Κεφαλή βαλβίδας
8. Μεμβράνη
9. Ρυθμιστικό ελατήριο
10. Σώμα βαλβίδας

Η νέα σχεδίαση του ρυθμιστή πίεσης καυσίμου εξασφαλίζει τη διατήρηση σταθερής πίεσης από τον αποταμιευτή καυσίμου μέχρι τον διανομέα καυσίμου. Όταν η αντλία καυσίμου εκκινεί αυξάνεται η πίεση στον ρυθμιστή και η μεμβράνη (8) καμπυλώνεται προς τα κάτω. Το σώμα της βαλβίδας τότε ωθείται προς τα κάτω από το ελατήριο (4). Αν η κατανάλωση είναι μικρή, η ποσότητα του καυσίμου που εισέρχεται στον ρυθμιστή αυξάνεται και καμπυλώνει περισσότερο η μεμβράνη προς τα κάτω. Έτσι ανοίγει η έδρα της βαλβίδας περισσότερο και ελευθερώνεται περισσότερο καύσιμο προς την επιστροφή.

Όταν ο κινητήρας σταματά η πίεση του συστήματος από τη θέση 1 πέφτει στην τιμή (2). Κατόπιν με την επέμβαση του αποταμιευτή καυσίμου η πίεση ανεβαίνει στην τιμή (3). Η τιμή (3) είναι λίγο κάτω από την τιμή (4), στην οποία ανοίγουν οι εγχυτήρες. Όταν η κατανάλωση καυσίμου είναι μεγάλη, η έδρα της Βαλβίδας ανοίγει ελάχιστα και περιορίζεται η ποσότητα καυσίμου που επιστρέφει στη δεξαμενή καυσίμου.

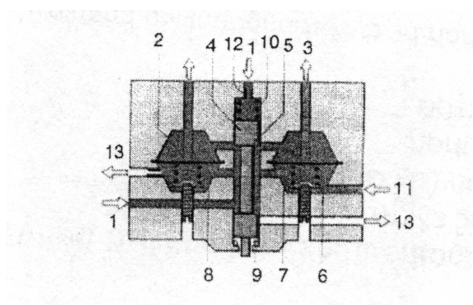


Σχήμα: Καμπύλη μεταβολής της πίεσης του καυσίμου στο σύστημα KE-jetronic.

### Διανομέας καυσίμου

Ο διανομέας καυσίμου σε γενικές γραμμές είναι ίδιος με αυτόν του K-JETRONIC. Σε αυτό το σύστημα έχει ενσωματωμένο έναν ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή, που έχει σαν αποστολή να μεταβάλλει την πίεση στους κάτω θαλάμους των διαφορετικών βαλβίδων πίεσης, ανάλογα με το ρεύμα που δέχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η ρυθμιστική πίεση στο πάνω

μέρος του εμβόλου (σερβοπίεση) εδώ προέρχεται από την πίεση του συστήματος και ενισχύεται από τη δράση ενός ελατηρίου. Στο κάτω μέρος της έδρας του εμβόλου υπάρχει ένας στεγανοποιητικός δακτύλιος. Ο δακτύλιος αυτός συγκρατείται και ρυθμίζεται από έναν ρυθμιστικό κοχλία σε μια συγκεκριμένη θέση ηρεμίας και εμποδίζει τις τυχόν διαρροές από τον οδηγό του εμβόλου.

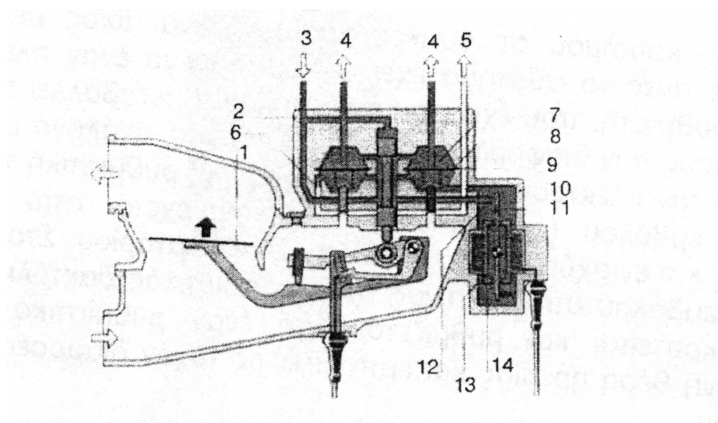


Σχήμα: Διανομέας καυσίμου.

1. Εισαγωγή καυσίμου (πίεση συστήματος)
2. Πάνω θάλαμος βαλβίδας διαφοράς πίεσης
3. Προσαγωγή καυσίμου προς τους εγχυτές
4. Ρυθμιστικό έμβολο
5. Ρυθμιστική σχισμή
6. Ελατήριο βαλβίδας διαφοράς πίεσης
7. Μembrάνη βαλβίδας διαφοράς πίεσης
8. Κάτω θάλαμος διαφοράς πίεσης
9. Στεγανοποιητικός δακτύλιος
10. Ελατήριο πίεσης
11. Καύσιμο προερχόμενο από τον ηλεκτρονικό-υδραυλικό ρυθμιστή πίεσης
12. Εκτονωτική οπή
13. Κύκλωμα επιστροφής

Οι βαλβίδες διαφοράς πίεσης είναι επίπεδης έδρας και οι επάνω θάλαμοι χωρίζονται από τους κάτω μέσω μιας λεπτής μεταλλικής μεμβράνης. Σε αυτό το σύστημα το ελατήριο είναι τοποθετημένο στους κάτω θαλάμους, που επικοινωνούν μεταξύ τους με ένα δακτυλιοειδές κύκλωμα αγωγών που καταλήγει στον ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή. Η διαφορά πίεσης στους δύο θαλάμους είναι εδώ 0,2 bar. Η λειτουργία των βαλβίδων είναι αντίστοιχη με αυτή των βαλβίδων στο K-jetronic.

Στο πλάι του διανομέα καυσίμου είναι δομημένος ο ηλεκτρομαγνητικός-υδραυλικός ρυθμιστής. Ο ρόλος του είναι να μεταβάλλει την πτώση πίεσης στις δοσομετρικές θυρίδες. Η λειτουργία του ελέγχεται από ένα ηλεκτρικό σήμα που λαμβάνει από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στην ταυτόχρονη δράση ηλεκτρομαγνητικών και υδραυλικών δυνάμεων. Η δράση αυτών των δυνάμεων ρυθμίζει το άνοιγμα μιας βαλβίδας, μέσα από την οποία μεταφέρεται μια ποσότητα πίεσης στους κάτω θαλάμους του διανομέα καυσίμου.



Σχήμα; Διανομέας καυσίμου με ηλεκτροϋδραυλικό ρυθμιστή.

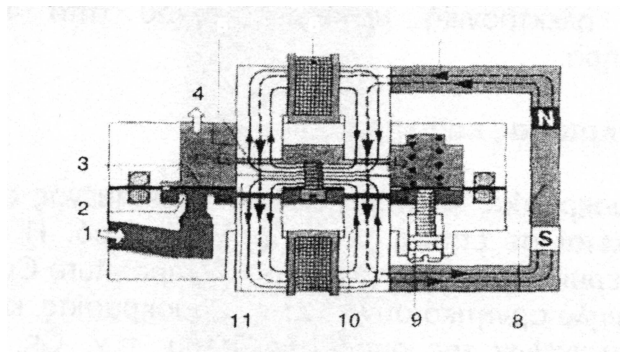
1. Δίσκος μέτρησης αέρα
2. Κατανεμητής καυσίμου
3. Εισαγωγή καυσίμου (πίεσης συστήματος)
4. Καύσιμο προς τους εγχυτές
5. Επιστρεφόμενο καύσιμο προς τον ρυθμιστή πίεσης συστήματος
6. Εκτονωτική οπή
7. Πάνω θάλαμος κατανεμητή
8. Κάτω θάλαμος κατανεμητή
9. Μεμβράνη κατανεμητή
10. Σώμα του ηλεκτρομαγνητικού-υδραυλικού ρυθμιστή
11. Παλλόμενη πλάκα της βαλβίδας του ρυθμιστή
12. Βαλβίδα του ρυθμιστή
13. Μαγνητικός πόλος
14. Σχισμή πλάκας

Η κατασκευή του αποτελείται από έναν μόνιμο μαγνήτη, έναν ηλεκτρομαγνήτη και μια μεμβρανοειδή ελαστική πλάκα. Στην ελαστική πλάκα δρουν:

- η πίεση του συστήματος καυσίμου
- η εντατική δύναμη ενός ελατηρίου
- το μαγνητικό πεδίο του μόνιμου μαγνήτη
- το μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρομαγνήτη.

Οι δυνάμεις αυτές δημιουργούν μία ισορροπία στη βαλβίδα της ελαστικής μεμβράνης. Η ρύθμιση γίνεται με τη μεταβολή του ρεύματος που τροφοδοτεί το πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα αυτό, τόσο ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο δημιουργείται στον ηλεκτρομαγνήτη. Το ισχυρό μαγνητικό πεδίο περιορίζει το άνοιγμα της βαλβίδας του ρυθμιστή, έτσι ώστε λίγη πίεση του συστήματος να μεταφέρεται στους κάτω θαλάμους των βαλβίδων. Από τη διαφορά πίεσης πέφτει και η πίεση των επάνω θαλάμων, ώστε να διατηρείται η διαφορά 0,2 bar. Δημιουργείται έτσι μια αύξηση της πτώσης πίεσης στις δοσομετρικές θυρίδες, με αποτέλεσμα περισσότερο καύσιμο να περάσει στους επάνω θαλάμους του διανομέα και να αυξηθεί η ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται.

5 6 7



Σχήμα: Κατασκευή ηλεκτροδραυλικού ρυθμιστή.

1. Εισαγωγή καυσίμου {πίεσης συστήματος}
2. Βαλβίδα ρυθμιστή
3. Μεμβρανοειδής παλλόμενη πλάκα
4. Καύσιμο προς τους κάτω θαλάμους
5. Μαγνητικός πόλος
6. Τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη

7. Ροή μαγνητικών γραμμών μόνιμου μαγνήτη
8. Μόνιμος μαγνήτης
9. Ρυθμιστικός κοχλίας
10. Ροή μαγνητικών γραμμών ηλεκτρομαγνήτη
11. Οπλισμός μαγνήτη

Το αντίθετο αποτέλεσμα έχει η μείωση στο ρεύμα που τροφοδοτεί η ηλεκτρονική μονάδα του ηλεκτρομαγνητικού υδραυλικού ρυθμιστή. Αν η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου αντιστρέψει τη φορά του ρεύματος που τροφοδοτεί τον ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή, προκαλείται ολοκληρωτικό άνοιγμα της βαλβίδας του ρυθμιστή και μεταφέρεται όλη η πίεση του συστήματος στους κάτω θαλάμους, με αποτέλεσμα την κάμψη της μεμβράνης του διανομέα προς τα πάνω και το κλείσιμο των προσαγωγών καυσίμου προς τους εγχυτήρες. Αυτή η λειτουργία είναι απαραίτητη για την οριοθέτηση των στροφών.

#### **Λειτουργία του συστήματος KE-jetronic**

Κατά τη φάση ψυχρής εκκίνησης το μείγμα αέρα-καυσίμου είναι, όπως έχουμε προαναφέρει, φτωχό λόγω της υγροποίησης μέρους του καυσίμου. Ο στροβιλισμός του μείγματος είναι κακός, λόγω των χαμηλών στροφών του κινητήρα και της μείωσης της τάσης εξάτμισης. Ο κινητήρας ξεκινά ευκολότερα με τον εμπλουτισμό του καυσίμου μείγματος από τον εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης. Η λειτουργία του εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης είναι όμοια με αυτήν στο σύστημα **KE-jetronic**.

Τον έλεγχο της λειτουργίας θέρμανσης (ζέσταμα) του κινητήρα αναλαμβάνει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η ηλεκτρονική μονάδα "καθοδηγεί" τον ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή να πραγματοποιήσει έναν επιπλέον εμπλουτισμό του μείγματος που είναι απαραίτητο. Όταν η αρχική θερμοκρασία είναι  $-20^{\circ}\text{C}$  ο εμπλουτισμός διαρκεί 120sec, ενώ για αρχική θερμοκρασία  $+20^{\circ}\text{C}$  ο εμπλουτισμός διαρκεί 90sec.

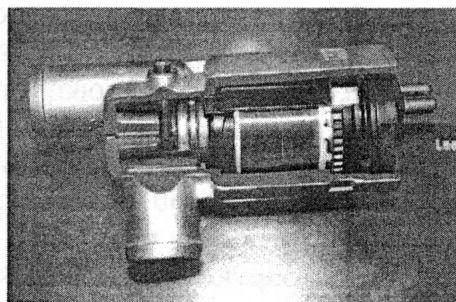
Το ρεύμα που τροφοδοτεί τον ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή είναι ανάλογο της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού που μεταφέρεται ως πληροφορία στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου από τον αισθητήρα θερμοκρασίας κινητήρα.



## Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα είναι τοποθετημένος στον κορμό του κινητήρα και Βρίσκεται σε επαφή με το ψυκτικό υγρό. Η κατασκευή του περιλαμβάνει ένα θερμίστορ N.T.C. (Negative Temperature Coefficient). Είναι μία αντίσταση με υψηλό αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας, κατασκευασμένη από οξειδία των στοιχείων της ομάδας σιδήρου, π.χ. CR, Mn, F, Cu. Ο αρνητικός συντελεστής χαρακτηρίζει την ιδιότητα μιας ηλεκτρικής αντίστασης να μειώνει την τιμή της όταν η θερμοκρασία αυξάνει. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας μεταφέρονται ως μεταβολές της αντίστασης στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία αξιολογεί την πληροφορία και τη συνεκτιμά για την τελική εντολή εξόδου.

Κατά τη λειτουργία θέρμανσης του κινητήρα οι αυξημένες δυνάμεις τριβής αποσταθεροποιούν τις στροφές κατά την αφόρτιστη λειτουργία. Η τροφοδοσία του κινητήρα με μια μεγαλύτερη ποσότητα μείγματος είναι επιβεβλημένη. Από το K-jetronic γνωρίζουμε ότι αυτό μπορεί να γίνει με μια βοηθητική βαλβίδα πρόσθετου αέρα. Αυτή παρακάμπτει την κλειστή πεταλούδα του γκαζιού και οδηγεί πρόσθετο αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής. Στο K-jetronic χρησιμοποιούμε μια βαλβίδα με διμεταλλικό έλασμα Στο KE-jetronic επειδή διαθέτουμε ηλεκτρονική διαχείριση έχουμε αντικαταστήσει τη βαλβίδα πρόσθετου αέρα με μια ηλεκτρομαγνητική περιστροφική βαλβίδα, η οποία ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.



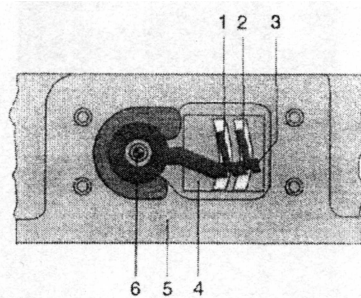
Εικόνα: Βαλβίδα περιστροφικού τύπου.

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πρόσθετου αέρα διαθέτει έναν οπλισμό που περιστρέφεται σε ένα εύρος γωνίας 60°. Στο κάτω μέρος του οπλισμού εδράζεται ένα διάφραγμα, που καθορίζει το άνοιγμα της ελεύθερης διατομής.

Ένα ελατήριο επαναφοράς αντισταθμίζει τη ροπή στρέψης που αναπτύσσεται στον πυρήνα της βαλβίδας από την τροφοδότηση της με συνεχές ρεύμα από την αντίστοιχη βαθμίδα της ηλεκτρονικής μονάδας. Όταν, λόγω βλάβης, δεν τροφοδοτηθεί η βαλβίδα με ρεύμα, τότε ο αέρας οδηγείται μέσα από ένα άνοιγμα ανάγκης, ώστε να μη διακοπεί η λειτουργία του κινητήρα. Κατά τη φάση μερικού φορτίου του κινητήρα και ιδιαίτερα αν η πεταλούδα του γκαζιού ανοίξει απότομα, ώστε ο κινητήρας να επιταχύνει το όχημα, έχουμε, όπως είναι γνωστό, στιγμιαίο απεμπλουτισμό του μείγματος. Για να πετύχουμε μια γρήγορη και ομαλή μετάβαση του κινητήρα από ένα χαμηλό σε ένα υψηλότερο φορτίο είναι απαραίτητο να εμπλουτιστεί το μείγμα στιγμιαία. Την εντολή για τον εμπλουτισμό δίνει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου με κατάλληλη ρύθμιση του ρεύματος που τροφοδοτεί τον ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή. Οι πληροφορίες που λαμβάνει υπόψη της η μονάδα ελέγχου σε αυτή την περίπτωση είναι το σήμα μεταβολής φορτίου από το ποτενσιόμετρο του μετρητή αέρα και το σήμα θερμοκρασίας του κινητήρα.

- Ποτενσιόμετρο μετρητή αέρα

Το ποτενσιόμετρο του μετρητή αέρα είναι ένα τυπωμένο κύκλωμα, προσαρμοσμένο πάνω στο μοχλικό σύστημα του δίσκου του παροχόμετρου.



Σχήμα: Ποτενσιόμετρο μετρητή αέρα.

1. Ψήκτρα τριβής
2. Κύρια ψήκτρα
3. Μοχλός δρομέα
4. Πλάκα ποτενσιόμετρου
5. Περίβλημα μετρητή αέρα
6. Άξονας μετρητή αέρα

Δύο ψήκτρες (επαφές) που αποτελούνται από πολλά λεπτά σύρματα ολισθαίνουν πάνω σε μία ταινιωτή αντίσταση. Η ειδική κατασκευή των ψηκτρών (επαφών) εξασφαλίζει άριστη ηλεκτρική επαφή, χωρίς καθόλου τριβή στις γρήγορες μετακινήσεις του δίσκου. Μία αντίσταση είναι συνδεδεμένη εν σειρά προς το δρομέα των ψηκτρών για προστασία από τυχόν βραχυκύκλωμα. Το σήμα φορτίου του κινητήρα οδηγείται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου με τη μορφή τάσης που μεταβάλλεται από 0,2 volt στην περιοχή αφόρτιστης λειτουργίας, μέχρι 7volt στην περιοχή πλήρους φορτίου.

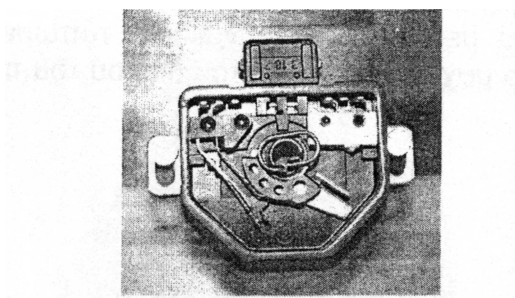
Κατά τη μετάβαση του κινητήρα στη φάση πλήρους φορτίου είναι απαραίτητος

ο εμπλουτισμός του μείγματος, ώστε ο κινητήρας να αποδώσει τη μέγιστη δυνατή ισχύ του.

Ο εμπλουτισμός σε αυτή τη φάση επιτυγχάνεται με το κατάλληλο ρεύμα εξόδου από την ηλεκτρονική μονάδα. Οι πληροφορίες που αξιολογεί η ηλεκτρονική μονάδα σε αυτή τη φάση είναι η πληροφορία από τον διακόπτη πεταλούδας και από το σήμα στροφών, που προέρχεται είτε από το διανομέα ανάφλεξης, είτε από τη γεννήτρια παλμών Hall.

#### **Διακόπτης πεταλούδας επιταχυντή (γκαζιού)**

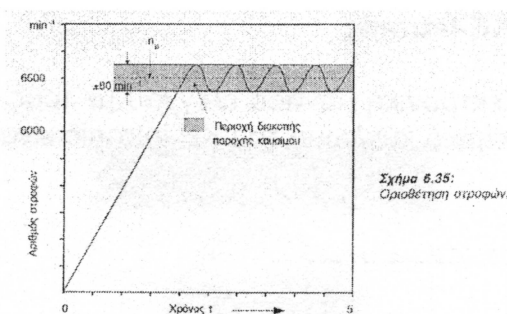
Ο διακόπτης πεταλούδας του γκαζιού βρίσκεται στην προέκταση του άξονα της πεταλούδας να φέρει δύο ηλεκτρικές επαφές. Η μία επαφή κλείνει το κύκλωμα όταν η πεταλούδα είναι εντελώς κλειστή κατά την αφόρτιστη λειτουργία του κινητήρα (ρελαντί). Η άλλη επαφή κλείνει το κύκλωμα όταν η πεταλούδα είναι εντελώς ανοικτή κατά τη λειτουργία του κινητήρα με πλήρες φορτίο. Με τη λειτουργία αυτού του διακόπτη πληροφορείται η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου τη μετάβαση του κινητήρα στην περιοχή της αφόρτιστης λειτουργίας και στην περιοχή πλήρους φορτίου.



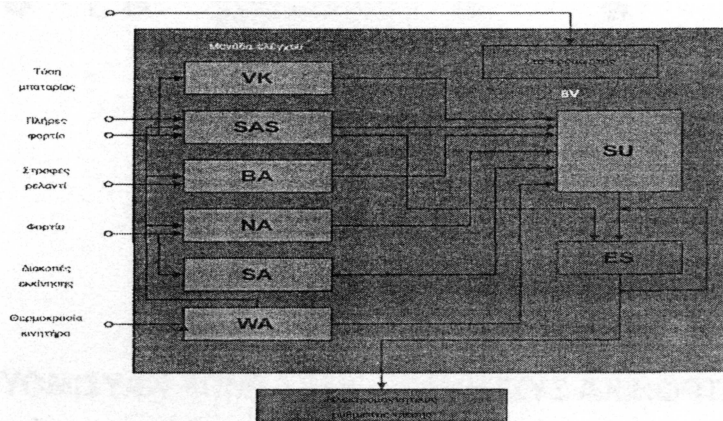
Εικόνα: Διακόπτης πεταλούδας γκαζιού.

Αν οι στροφές του κινητήρα ξεπεράσουν το ανώτατο όριο που προβλέπει ο κατασκευαστής, έχουμε αυξημένη δυναμική καταπόνηση των μηχανικών μερών του κινητήρα, υπερθέρμανση και κακή πλήρωση των κυλίνδρων. Στους κινητήρες προηγούμενης γενιάς μόλις οι στροφές ξεπερνούσαν ένα ανώτατο όριο, ένα κύκλωμα διέκοπτε την ανάφλεξη. Σε αυτήν την περίπτωση είχαμε συνέχιση της τροφοδοσίας των κυλίνδρων με μείγμα, το οποίο δεν ανεφλέγετο λόγω απουσίας της ανάφλεξης και εξέρχεται άκαυτο. Με τη χρήση όμως καταλυτικού μετατροπέα αυτή η διαδικασία είναι απαγορευμένη γιατί συντελεί στην υπερθέρμανση και καταστροφή του καταλυτικού μετατροπέα και στην αυξημένη εκπομπή ρύπων.

Η οριοθέτηση των στροφών σε ένα σύστημα KE-jetronic πραγματοποιείται με τη διακοπή της έγχυσης. Μόλις η ηλεκτρονική μονάδα λάβει σήμα στροφών πάνω από την προ-γραμματισμένη τιμή κατά 80 στροφές, τότε αντιστρέφει τη φορά του ρεύματος που τροφοδοτεί τον ηλεκτρομαγνητικό - υδραυλικό ρυθμιστή και διακόπτεται η έγχυση καυσίμου. Η έγχυση ξαναρχίζει μόλις οι στροφές πέσουν κατά 80 από την προγραμματισμένη ανώτατη τιμή.



Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που ονομάζεται "σταθεροποιητής" τροφοδοτεί με σταθερή, πάντα, τάση την μονάδα. Τα σήματα που λαμβάνει η μονάδα από τους αισθητήρες αξιολογούνται από ένα αντίστοιχο ολοκληρωμένο κύκλωμα και οδηγούνται συνολικά στον αθροιστή. Από τον αθροιστή ένα ενιαίο σήμα οδηγείται, μέσω της τελικής βαθμίδας ενίσχυσης, στον ηλεκτρομαγνητικό-υδραυλικό ρυθμιστή. Η τελική βαθμίδα ενίσχυσης, μέσω ενός τρανζίστορ, ρυθμίζει την ένταση και τη φορά του ρεύματος που οδηγείται στα πηνία του ρυθμιστή.



Σχήμα: Διάγραμμα της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου του KE-jetronic

VK : Διόρθωση πλήρους φορτίου

SAS: Διακοπή παροχής καυσίμου κατά την λειτουργία έλξης του κινητήρα

BA: Εμπλουτισμός επιτάχυνσης

NA: Ανύψωση μετά την εκκίνηση

SA: Ανύψωση κατά την εκκίνηση

WA: Εμπλουτισμός θερμής λειτουργίας

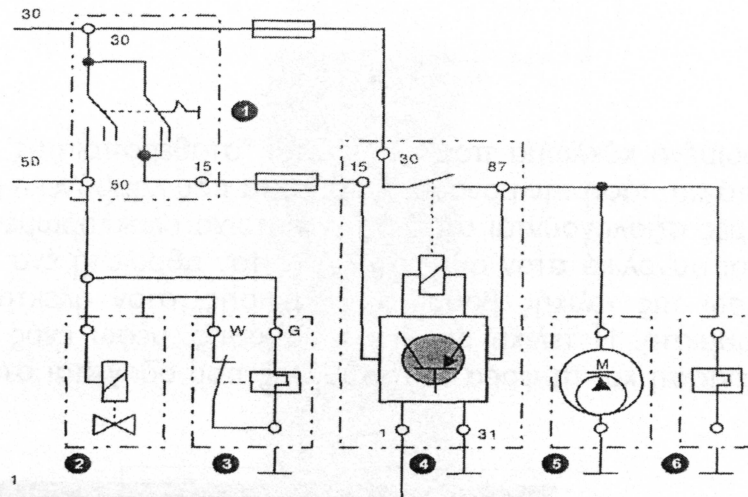
SU: Αθροιστής

ES: Τελική βαθμίδα ενίσχυσης

Στην παραπάνω σχηματική διάταξη δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ρύθμισης της αφόρτιστης λειτουργίας. Επίσης, ανάλογα με τις ανάγκες, οι δυνατότητες της μονάδας μπορούν να επεκταθούν. Έτσι μπορούν να προστεθούν και άλλες τελικές βαθμίδες, όπως μία βαθμίδα, η οποία να ρυθμίζει τη βαλβίδα ανακύκλωσης των καυσαερίων, αν τοποθετηθεί τέτοιο σύστημα.

### Ηλεκτρικό κύκλωμα KE-jetronic

Αν εξαιρέσουμε την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου με τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές, το ηλεκτρικό κύκλωμα του KE-jetronic είναι ίδιο με αυτό του K-jetronic.



1. Διακόπτης εκκίνησης
2. Εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης
3. Θερμοχρονοδιακόπτης
4. Ρελέ ελέγχου
5. Αντλία καυσίμου
6. Βαλβίδα πρόσθετου αέρα

Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα του KE-jetronic

## 2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Στις οικονομικά αναπτυγμένες χώρες, το αυτοκίνητο είναι αναγκαίο μέσο μεταφοράς στην καθημερινή ζωή. Οι οικονομικές δραστηριότητες βρίσκουν πεδίο δράσης κυρίως στις μεγάλες πόλεις και τα αστικά κέντρα. Εκεί, οι κάτοικοι εκτός από τα κυκλοφοριακά προβλήματα αντιμετωπίζουν και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τις βλαβερές ουσίες που περιέχονται στα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Οι κυβερνηθείς των χωρών αυτών προσπαθούν να πάρουν μέτρα, ώστε να περιορίσουν την εκπομπή τέτοιων ρύπων, επιβάλλοντας στις αυτοκινητοβιομηχανίες συνεχώς αυστηρότερα όρια εκπομπής ρύπων.

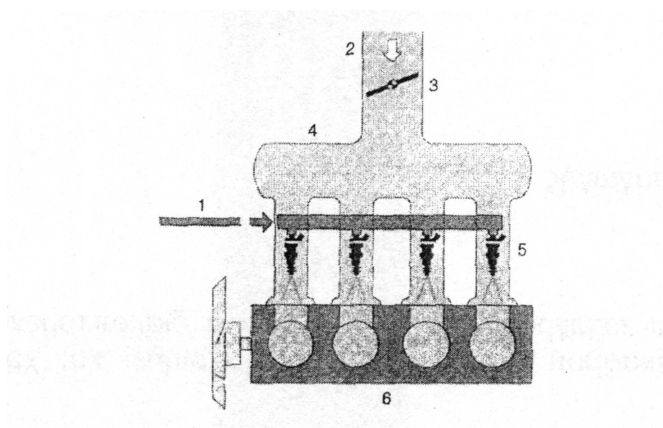
Οι αυτοκινητοβιομηχανίες μέσα σε λίγα χρόνια ανέπτυξαν νέες τεχνολογικές λύσεις σε αυτήν την κατεύθυνση. Μια βασική παράμετρος για τον περιορισμό των ρύπων είναι ο έλεγχος και η ακριβής ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Οι τεχνολογικές λύσεις που βρίσκουν εφαρμογή στην κατεύθυνση αυτή είναι η χρήση συστημάτων διακοπόμενου και ηλεκτρονικά ελεγχόμενου ψεκασμού. Ο διακοπόμενος

ηλεκτρονικά ελεγχόμενος ψεκασμός μπορεί να παρέχει την ακριβή ποσότητα καυσίμου που απαιτείται σε κάθε φάση λειτουργίας του κινητήρα.

Ανάλογα με τον αριθμό των σημείων ψεκασμού, δηλαδή με τον αριθμό των εγχυτήρων που αντιστοιχούν σε κάθε κύλινδρο, τα συστήματα διακοπόμενου ψεκασμού διακρίνονται σε δύο κατηγορίες.

- Πολλαπλός ψεκασμός ή ψεκασμός πολλών σημείων
- Κεντρικός ή μονός ψεκασμός ή ψεκασμός ενός σημείου.

### 2.2.1 Πολλαπλός ψεκασμός ή ψεκασμός πολλών σημείων.



Σχήμα: Πολλαπλός ψεκασμός.

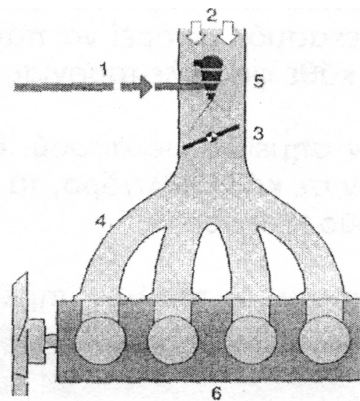
Σ' ένα τέτοιο σύστημα, σε κάθε κύλινδρο αντιστοιχεί ένας εγχυτήρας ψεκασμού (μπεκ), ο οποίος ψεκάζει το καύσιμο κατευθείαν πριν από τη βαλβίδα (ή τις βαλβίδες) εισαγωγής του κυλίνδρου.

1. Καύσιμο
2. Αέρας
3. Πεταλούδα
4. Εισαγωγή
5. Εγχυτήρας (μπεκ)
6. Κινητήρας

Από το 1998 οι αυτοκινητοβιομηχανίες εξελίσσουν κινητήρες, στους οποίους ένας ειδικός εγχυτήρας ψεκάζει απ'ευθείας μέσα σε κάθε κύλινδρο. Οι κινητήρες αυτοί ονομάζονται κινητήρες άμεσου ψεκασμού ή κινητήρες φτωχού μείγματος.

### 2.2.2 Κεντρικός ψεκασμός ή ψεκασμός ενός σημείου

Ο κεντρικός ψεκασμός είναι ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα διακοπόμενου ψεκασμού, κατά το οποίο ένας ηλεκτρομαγνητικός εγχυτήρας (ή δύο) ψεκάζει το καύσιμο σε ένα κεντρικό σημείο πάνω από την πεταλούδα εισαγωγής αέρα. Το μείγμα αέρα-καυσίμου, μέσω της πολλαπλής εισαγωγής, οδηγείται στους κυλίνδρους περνώντας με στροβιλισμό από τις βαλβίδες εισαγωγής κάθε κυλίνδρου.



Σχήμα: Σύστημα κεντρικού ψεκασμού ή ψεκασμού μονού σημείου.

1. Καύσιμο
2. Αέρας
3. Πεταλούδα
4. Πολλαπλή εισαγωγής
5. Εγχυτήρας
6. Κινητήρας

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τα συστήματα διακοπόμενου ηλεκτρονικά ελεγχόμενου ψεκασμού που έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα.

Όλες οι εταιρείες κατασκευής αυτοκινήτων διαθέτουν συστήματα που γενικά συγκλίνουν ως προς τις αρχές λειτουργίας, με ελάχιστες κατασκευαστικές διαφορές μεταξύ τους. Κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί δικούς της κωδικούς συμβολισμούς, οι οποίοι πολλές φορές αλλάζουν πολύ σύντομα, χωρίς όμως να διαφοροποιείται η θέση και η λειτουργία των εξαρτημάτων στο όλο σύστημα. Τα συστήματα που περιγράφονται έχουν εξελιχθεί από την BOSCH,

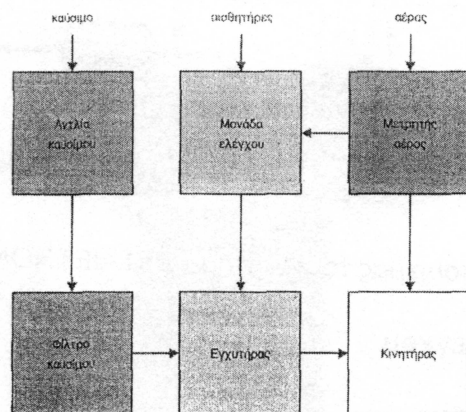


η οποία συνεργάζεται με τις περισσότερες αυτοκινητοβιομηχανίες για την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων.

### 2.2.3 Σύστημα L- JETRONIC.

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

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



## Σχήμα: Διάγραμμα λειτουργίας του συστήματος L-JETRONIC

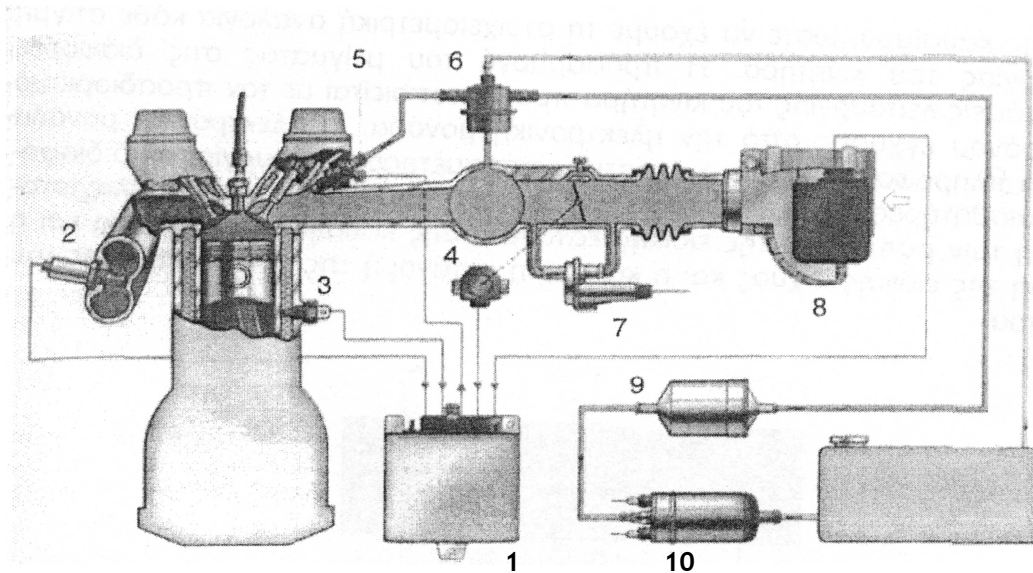
Το σύστημα L-JETRONIC αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

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

### Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου

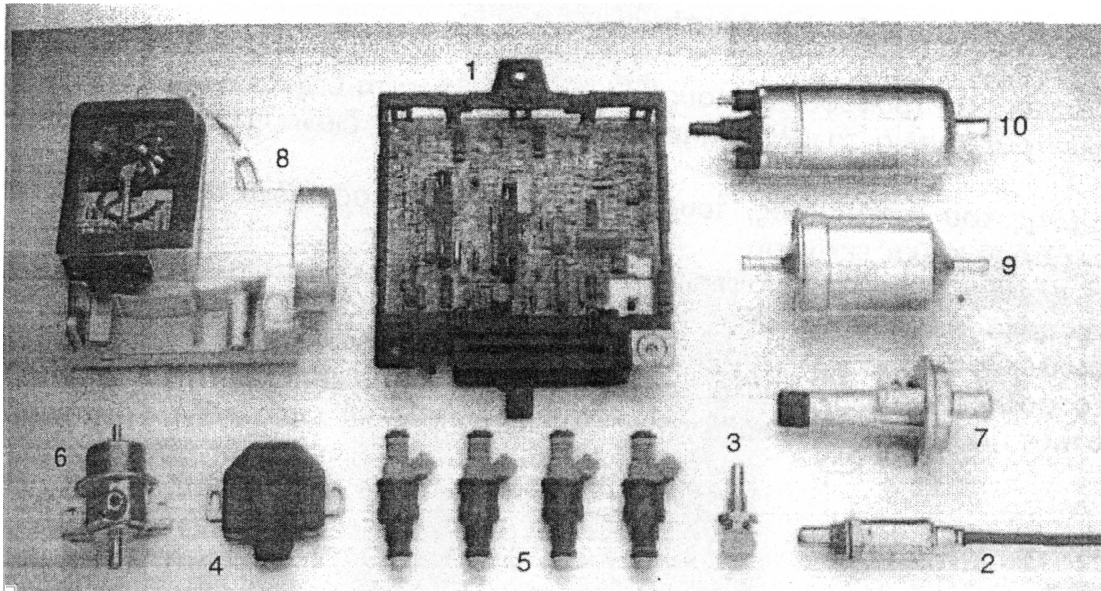
Το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου περιλαμβάνει τη δεξαμενή καυσίμου, την ηλεκτρική αντλία, το φίλτρο καυσίμου, τους αγωγούς διανομής, τον ρυθμιστή πίεσης του συστήματος, τους εγχυτήρες και σε ορισμένα συστήματα τον εγχυτήρα κρύας εκκίνηση.

Η ηλεκτρική αντλία μεταφέρει το καύσιμο από τη δεξαμενή καυσίμου στον κεντρικό σωλήνα διανομής καυσίμου (συλλέκτη καυσίμου). Στο άκρο του συλλέκτη καυσίμου προσαρμόζεται ο ρυθμιστής πίεσης του συστήματος. Από το συλλέκτη αναχωρούν οι επιμέρους αγωγοί που μεταφέρουν το καύσιμο στους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες.



Σχήμα: Σχηματική διάξη λειτουργίας του συστήματος L-JETRONIC

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



Εικόνα: Εξαρτήματα του συστήματος L-JETRONIC

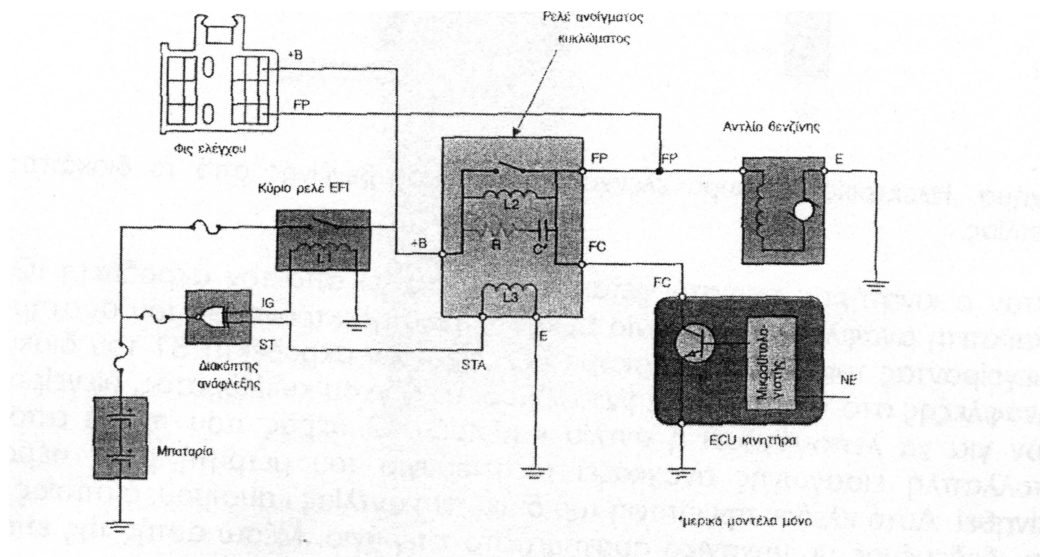
Η αντλία και ο ηλεκτρικός κινητήρας της βρίσκονται ενσωματωμένοι στο ίδιο περίβλημα Έχουν παρόμοια κατασκευή με τις αντλίες καυσίμου στα προηγούμενα συστήματα ψεκασμού. Συνήθως, υπάρχουν δύο τύποι αντλιών. Ένας τύπος μέσα στην αποθήκη καυσίμου και ένας τύπος εν σειρά εξωτερικός. Η εμβαπτιζόμενη αντλία μέσα στη δεξαμενή καυσίμου παράγει λιγότερες δονήσεις και θόρυβο από τον τύπο εν σειρά. Η αντλία καυσίμου δουλεύει μόνο όταν ο κινητήρας λειτουργεί. Αυτό γίνεται ώστε να μην έχουμε παροχή καυσίμου με τον διακόπτη της ανάφλεξης στο ON και τον κινητήρα σταματημένο.

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

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

### Έλεγχος από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου

Στο κύκλωμα του οχήματος φαίνεται η συνδεσμολογία ελέγχου από την ηλεκτρονική μονάδα (ECU).



Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου της αντλίας βενζίνης από την ηλεκτρονική μονάδα.

Όταν ο κινητήρας περιστρέφεται, το ρεύμα από τον ακροδέκτη IG του διακόπτη ανάφλεξης διεγείρει το πηνίο L<sub>1</sub> του κύριου ηλεκτρονόμου. Ταυτόχρονα, το ρεύμα από τον ακροδέκτη ST του διακόπτη ανάφλεξης διεγείρει το πηνίο L<sub>2</sub> του ηλεκτρονόμου για την αντλία Βενζίνης. Στη συνέχεια ο εκκινητής ξεκινά τον κινητήρα και η ECU λαμβάνει σήμα στροφών NE. Το σήμα των στροφών NE αναγκάζει το τρανζίστορ στην ECU να ανοίξει και τροφοδοτεί το πηνίο L<sub>2</sub> του ηλεκτρονόμου.

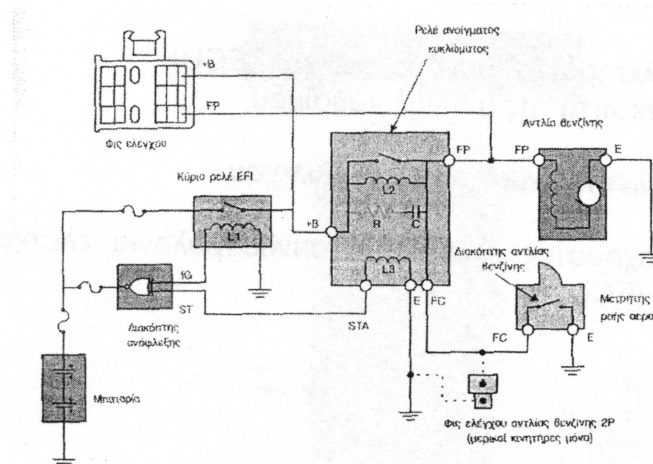
Αφού ο κινητήρας ξεκινήσει και ο διακόπτης ανάφλεξης επιστρέψει από τη θέση START (ST ακροδέκτης) στη θέση ON (13 ακροδέκτης), το ρεύμα που διεγείρει το πηνίο L<sub>3</sub> του ηλεκτρονόμου ανοίγματος του κυκλώματος διακόπτεται. Όμως το πηνίο L<sub>2</sub> συνεχίζει να βρίσκεται σε διέγερση από το ρεύμα που

τροφοδοτεί το τρανζίστορ της ECU. Και έτσι ο ηλεκτρονόμος που ελέγχει την αντλία καυσίμου παραμένει σε λειτουργία.

Όταν ο κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί, το σήμα NE των στροφών που έρχεται την ECU διακόπτεται. Τότε το τρανζίστορ της ECU διακόπτει τη ροή ρεύματος στο πηνίο L<sub>2</sub>, με αποτέλεσμα ο ηλεκτρονόμος να αποδιεγείρεται διακόπτοντας τη λειτουργία της αντλίας καυσίμου.

### Έλεγχος από το διακόπτη της αντλίας καυσίμου

Στο κύκλωμα του σχήματος φαίνεται η συνδεσμολογία ελέγχου από το διακόπτη της αντλίας καυσίμου.



Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου της αντλίας βενζίνης από το διακόπτη της αντλίας.

Όταν ο κινητήρας περιστρέφεται, το ρεύμα ρέει από τον ακροδέκτη IG του διακόπτη ανάφλεξης στο πηνίο L<sub>1</sub> του κύριου ηλεκτρονόμου του συστήματος διεγείροντας τον. Το ρεύμα ακόμα ρέει από τον ακροδέκτη ST του διακόπτη ανάφλεξης στο πηνίο L<sub>3</sub> του ηλεκτρονόμου ελέγχου κυκλώματος, διεγείροντας τον για να λειτουργήσει η αντλία καυσίμου. Ο αέρας που περνά από την πολλαπλή εισαγωγής αναγκάζει το περύγιο του μετρητή ροής αέρα να κινηθεί. Αυτό κλείνει την επαφή του διακόπτη αντλίας καυσίμου, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με μηχανικό σύστημα στο περύγιο. Μέσω αυτής της επαφής ρέει ρεύμα στο πηνίο L<sub>2</sub> του ηλεκτρονόμου ελέγχου κυκλώματος.

Αφού ο κινητήρας ξεκινήσει και ο διακόπτης ανάφλεξης επιστρέψει από τη θέση START στη θέση ON, το ρεύμα που ρέει στο πηνίο L<sub>3</sub> του ηλεκτρονόμου ελέγχου κυκλώματος διακόπτεται. Όμως το πηνίο L<sub>2</sub> συνεχίζει να

τροφοδοτείται με ρεύμα από τον διακόπτη μέσα στον μετρητή ροής αέρα, εφόσον ο κινητήρας λειτουργεί.

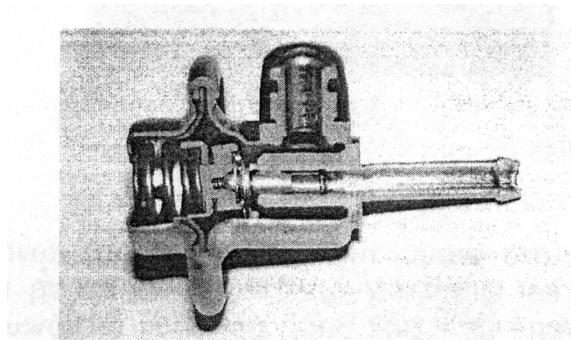
Όταν ο κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί το περύγιο του μετρητή ροής αέρα επιστρέφει στη θέση ηρεμίας και ο διακόπτης της αντλίας καυσίμου ανοίγει. Η ροή του ρεύματος στο πηνίο  $L_2$  του ηλεκτρονόμου ελέγχου κυκλώματος διακόπτεται, ο ηλεκτρονόμος διεγείρεται και η αντλία καυσίμου σταματά να λειτουργεί.

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

Το φίλτρο καυσίμου έχει την ίδια ειδική κατασκευή όπως στα υπόλοιπα συστήματα ψεκασμού. Είναι απαραίτητο να τονίσουμε για μια ακόμα φορά ότι πρέπει να γίνεται σωστή τοποθέτηση του φίλτρου καυσίμου στα προκαθορισμένα όρια χιλιομέτρων (40.000km).

### **Ρυθμιστής πίεσης του συστήματος**

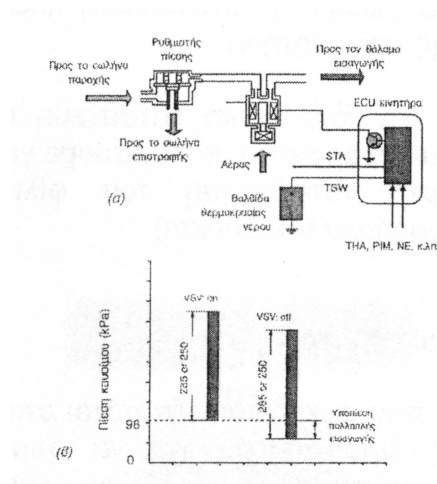
Η ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται, εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια έγχυσης των εγχυτήρων. Προϋπόθεση για να συμβαίνει αυτό είναι η επικρατούσα πίεση του συστήματος να είναι σταθερή. Η τιμή της προσδιορίζεται στα 2,5 ή 3bar και επιτυγχάνεται με τον ρυθμιστή πίεσης του συστήματος. Είναι τοποθετημένος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



Εικόνα: Ρυθμιστής πίεσης.

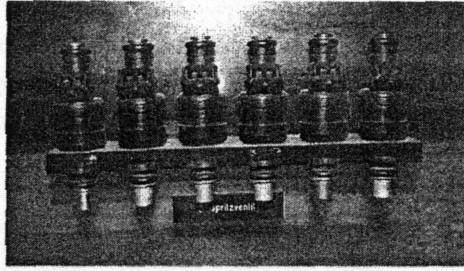
Σε μερικούς κινητήρες η πίεση καυσίμου αυξάνεται από την ηλεκτρονική μονάδα διαχείρισης του ψεκασμού. Αυτό πραγματοποιείται ανάλογα με τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού κατά τη διάρκεια περιστροφής του κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο δεν εγκλωβίζονται ατμοί καυσίμου και το ξεκίνημα του κινητήρα όταν είναι ζεστός είναι πιο εύκολο.

Η λειτουργία αυτή εξασφαλίζεται από μια ηλεκτροβαλβίδα που ανοίγει και ατμοσφαιρικός αέρας εισάγεται στον ρυθμιστή πίεσης, αυξάνοντας την πίεση καυσίμου σε σχέση με την πίεση που επικρατεί στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Αφού ο κινητήρας ξεκινήσει, η ηλεκτροβαλβίδα παραμένει ανοικτή για δύο λεπτά περίπου.



Σχήμα: Λειτουργία του ρυθμιστή πίεσης.

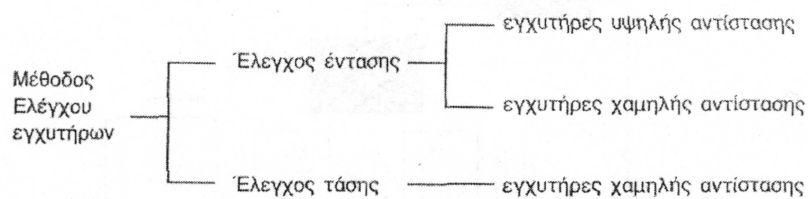
Ο κεντρικός αγωγός διανομής καυσίμου έχει διατομή κυκλική ή τετραγωνική και όγκο σχετικά μεγαλύτερο από τον όγκο των υπολοίπων σωληνώσεων του συστήματος. Η χωρητικότητα του σε καύσιμο είναι μεγάλη σχετικά με την ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται ακόμα και στη λειτουργία του κινητήρα με πλήρες φορτίο. Έτσι περιορίζονται οι διακυμάνσεις της πίεσης όταν η ποσότητα ψεκασμού ποικίλει.



Εικόνα: Εγχυτήρες ή μπεκ.

### **Μπεκ-εγχυτήρες**

Είναι τοποθετημένοι στο σώμα της πολλαπλής εισαγωγής, λίγο πριν τις βαλβίδες εισαγωγής και ψεκάζουν προς την κατεύθυνση των βαλβίδων. Η συγκράτηση τους γίνεται με ειδική βάση με ελαστική μόνωση, ώστε να μην επηρεάζονται από τους κραδασμούς και αποφεύγεται η δημιουργία φουσαλίδων ατμού σε μια γρήγορη θερμή εκκίνηση. Ο ψεκασμός πρέπει να γίνεται υπό γωνία  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  για να αποφεύγεται η δημιουργία φιλμ καυσίμου λόγω συμπύκνωσης στα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής. Τα πηνία των εγχυτήρων ενεργοποιούνται συχνά δύο φορές σε κάθε πλήρη κύκλο λειτουργίας, ψεκάζοντας κάθε φορά τη μισή απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για ένα κύκλο λειτουργίας του κινητήρα. Ο χρόνος ανοίγματος και κλεισίματος των εγχυτήρων είναι απειροελάχιστος. Πραγματοποιούν άνοιγμα σε χρόνο μικρότερο του 1,5 msec και κλείσιμο μικρότερο του 1 msec. Υπάρχουν δύο μέθοδοι ελέγχου των εγχυτήρων. Η μέθοδος ελέγχου της τάσης και η μέθοδος ελέγχου της έντασης.

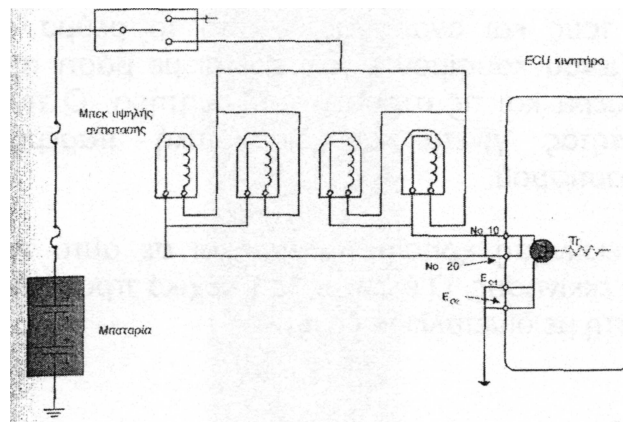


### **Μέθοδος ελέγχου τάσης για εγχυτήρες υψηλής αντίστασης**

Οι εγχυτήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη μέθοδο έχουν εσωτερική αντίσταση περίπου  $13.8\Omega$ . Το ηλεκτρικό κύκλωμα για ταυτόχρονο ψεκασμό φαίνεται στο σχήμα.



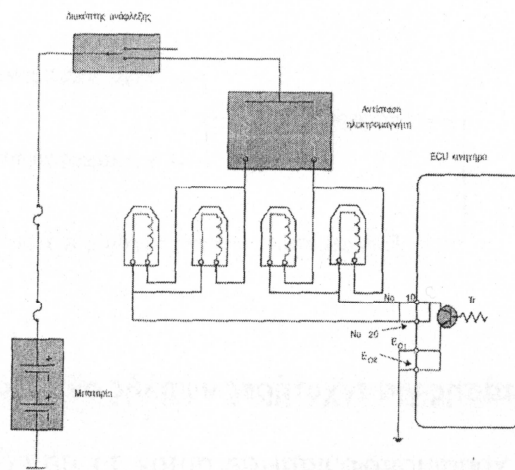
Η τάση της μπαταρίας ελέγχεται διαμέσου του διακόπτη ανάφλεξης. Το τρανζίστορ (TR) της ηλεκτρονικής μονάδας οδηγεί μέσω των ακροδεκτών Νο 10, Νο 20 ρεύμα στον εγχυτήρα που ψεκάζει καύσιμο.



Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα για ταυτόχρονο ψεκασμό με μπεκ υψηλής αντίστασης.

### Μέθοδος ελέγχου τάσης για εγχυτήρες χαμηλής αντίστασης

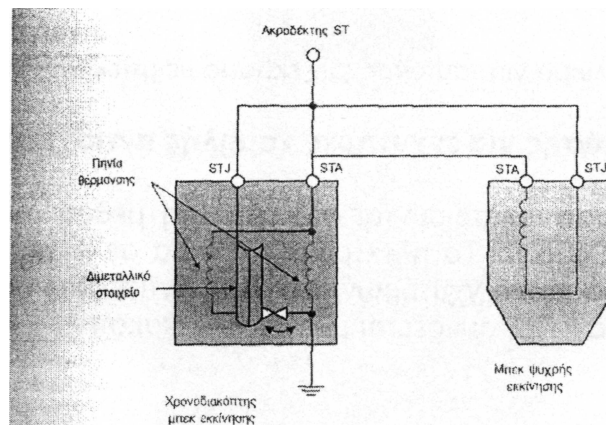
Οι εγχυτήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη μέθοδο έχουν εσωτερική αντίσταση περίπου 1.5-3Ω. Το ηλεκτρικό κύκλωμα σε γενικές γραμμές είναι ίδιο με το κύκλωμα των εγχυτήρων υψηλής αντίστασης. Εδώ όμως μια αντίσταση ηλεκτρομαγνήτη συνδέεται μεταξύ του διακόπτη ανάφλεξης και των εγχυτήρων.



Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα για ταυτόχρονο ψεκασμό με μπεκ χαμηλής αντίστασης.

Ο ψεκασμός του καυσίμου για κάθε παλμό έγχυσης γίνεται συγχρόνως από όλους τους εγχυτήρες, ανεξάρτητα από τη θέση των βαλβίδων εισαγωγής. Στις βαλβίδες που είναι κλειστές, το καύσιμο προαποθηκεύεται μέχρι το επόμενο άνοιγμα τους και αναρροφάται από το ρεύμα αέρα. Η βασική ποσότητα ψεκαζόμενου καυσίμου υπολογίζεται με βάση την ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα και τις στροφές του κινητήρα. Ο τελικός προσδιορισμός της ποσότητας γίνεται με διορθωτική παρέμβαση διαφόρων συντελεστών εμπλουτισμού.

Κατά την ψυχρή εκκίνηση χρησιμοποιείται και σε αυτό το σύστημα ένας εγχυτήρας ψυχρής εκκίνησης. Ο έλεγχος του αρχικά πραγματοποιείται με έναν θερμοχρονοδιακόπτη με διμεταλλικό έλασμα.



Σχήμα: Κύκλωμα ελέγχου του εγχυτήρα ψυχρής εκκίνησης με θερμοχρονοδιακόπτη.

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

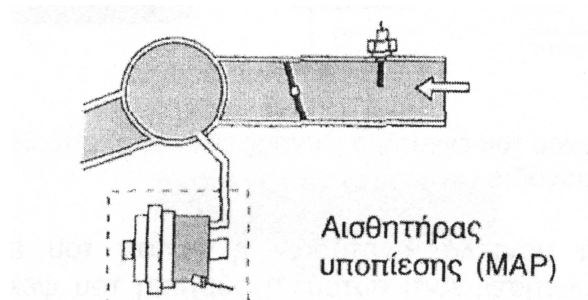


## Μετρητής αέρα

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

Η μέτρηση του αέρα που αναρροφάται από τους κυλίνδρους και διέρχεται από την πολλαπλή εισαγωγής πραγματοποιείται με τους μετρητές αέρα, οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι:

- Μετρητής MAP.
- Μετρητής όγκου αέρα
- Μετρητής μάζας αέρα.



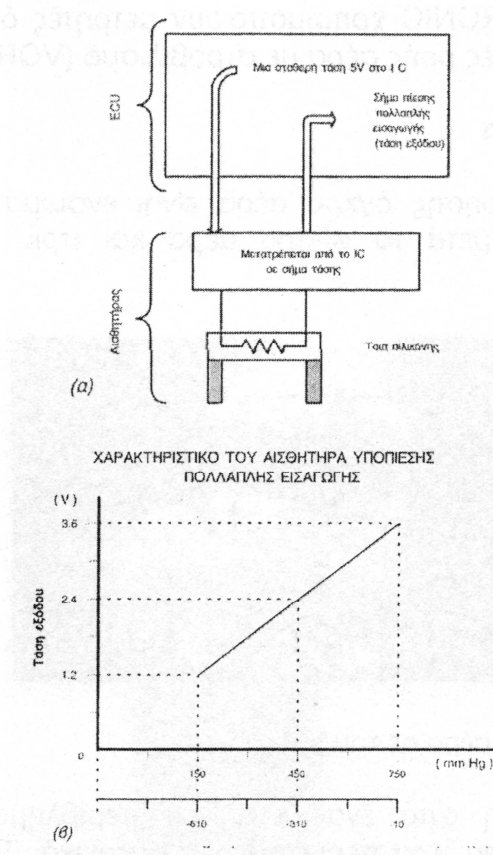
Σχήμα: Αισθητήρας υποπίεσης (MAP).

### Μετρητής ή αισθητήρας M.A.P.

Για τη μέτρηση του αέρα χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας υποπίεσης πολλαπλής εισαγωγής (MAP. Manifold absolute pressure, Manifold Air pressure). Τα συστήματα που χρησιμοποιούν αυτόν τον μετρητή ονομάζονται D-EFI ή από την BOSCH.

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

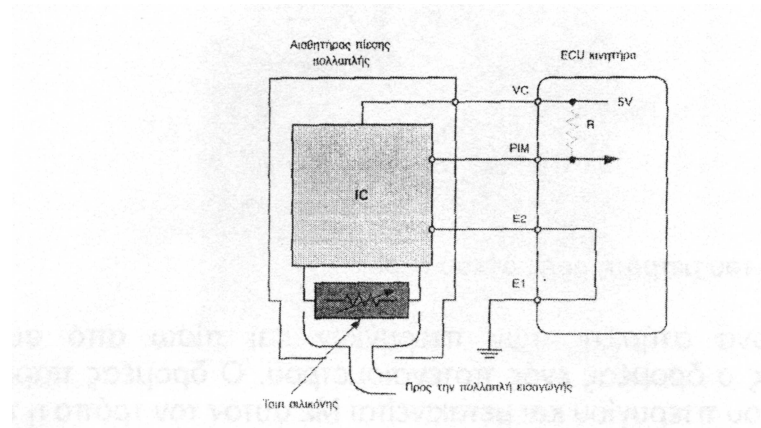
οπότε η αντίσταση του τσιπ σιλικόνης αυξομειώνεται σύμφωνα με το βαθμό παραμόρφωσης. Αυτή η αυξομείωση (διακύμανση) της τιμής της αντίστασης μετατρέπεται σε ένα σήμα τάσης από το ενσωματωμένο IC μέσα στον αισθητήρα και στη συνέχεια στέλνεται στην ηλεκτρονική μονάδα (ECU) του κινητήρα από τον ακροδέκτη PIM σαν ένα σήμα πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής. Ο ακροδέκτης VC της ECU του κινητήρα παρέχει μία σταθερή τάση 5V σαν πηγή τροφοδοσίας για το IC.



Σχήμα: Διάγραμμα λειτουργίας του αισθητήρα MAP. με τσιπ σιλικόνης και χαρακτηριστική λειτουργίας του.

## Ηλεκτρικό κύκλωμα

Σε ένα βελτιωμένο σύστημα, ο στεγανός θάλαμος σταθερής υποπίεσης επηρεάζεται από τη μια πλευρά του από την ατμοσφαιρική πίεση, ενώ από την άλλη πλευρά επηρεάζεται, όπως και στο προηγούμενο σύστημα, από την υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής. Με αυτό τον τρόπο η μέτρηση της αναρρόφησης δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης, που συμβαίνουν λόγω μεταβολής του υψόμετρου. Αυτό επιτρέπει στην ηλεκτρονική μονάδα να κρατάει τη σχέση αέρα-καυσίμου στο βέλτιστο επίπεδο, ακόμα και σε μεγάλα υψόμετρα.

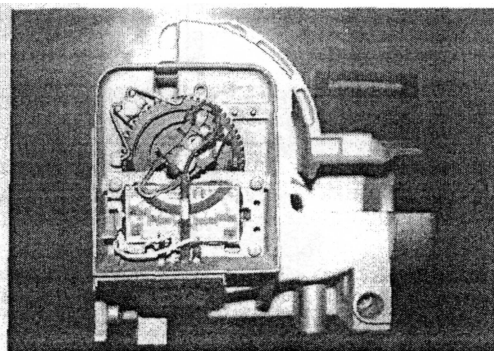


Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα του αισθητήρα υποπίεσης.

Τα συστήματα L-JETRONIC χρησιμοποιούν μετρητές όγκου αέρα, μετρητές μάζας αέρα και μετρητές ροής αέρα με στροβιλισμό (VORTEX).

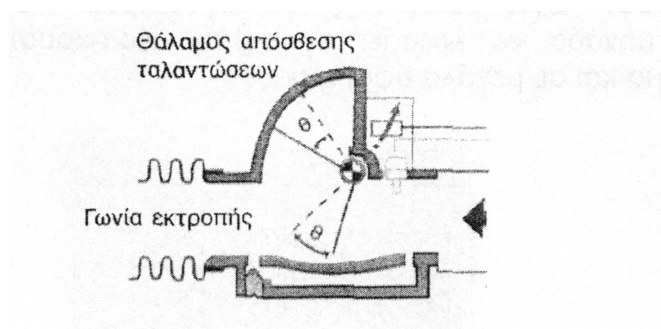
## Μετρητής όγκου αέρα

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



Εικόνα: Μετρητής όγκου αέρα σε τομή.

Είναι κατασκευασμένη από ένα μεταλλικό περίβλημα, μέσα στο οποίο υπάρχουν δύο πτερύγια που περιστρέφονται αξονικά. Το ένα πτερύγιο είναι τοποθετημένο στη ροή του αέρα, ώστε να κινείται περιστροφικά, ανάλογα με τη δύναμη που ασκεί η πίεση του αναρροφούμενου αέρα πάνω σε αυτό. Το δεύτερο πτερύγιο σχηματίζει σταθερή γωνία περίπου  $100^\circ$  σε σχέση με το πρώτο, κινείται περί τον ίδιο άξονα. Το πτερύγιο αυτό ονομάζεται πτερύγιο αντιστάθμισης και χρησιμεύει για την απόσβεση των ταλαντώσεων, που δημιουργεί η ανομοιόμορφη αναρρόφηση του αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του έγκλειστου αέρα στο θάλαμο, ο οποίος διαφεύγει αργά από τις μικρές ανοχές που υπάρχουν μεταξύ του πτερυγίου αντιστάθμισης και του περιβλήματος. Ένα σπειροειδές ελατήριο συγκρατεί το σύστημα των πτερυγίων σε μια θέση ισορροπίας.



Σχήμα: Λειτουργία του μετρητή ροής όγκου αέρα. .

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

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

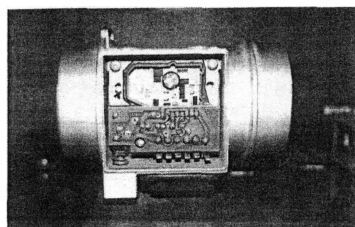
Για τη ρύθμιση του μείγματος στην αφόρτιστη λειτουργία υπάρχει ένας παρακαμπτήριος αγωγός στο κάτω μέρος του μετρητή, απ' όπου μια μικρή ποσότητα αέρα παρακάμπει το περύγιο μέτρησης. Μέσα στο χώρο του ποτενσιόμετρου βρίσκεται ο διακόπτης της αντλίας καυσίμου, όταν έχει επιλεγεί αυτό το σύστημα ασφαλείας, για τη διακοπή της ροής του καυσίμου, σε περίπτωση σύγκρουσης.

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

### **Μετρητής μάζας αέρα**

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

Επομένως, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου πρέπει να τροποποιεί τα δεδομένα της μέτρησης, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία, τη βαρομετρική πίεση κ.λπ.

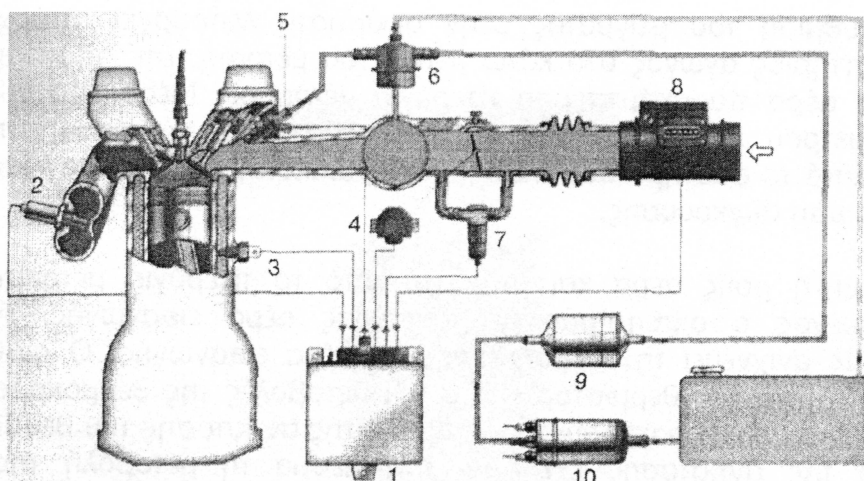


Εικόνα: Μετρητής μάζας αέρα

Ο μετρητής μάζας του εισερχόμενου αέρα είναι ένας από τους νεότερους τύπους μετρητών. Το σύστημα, που εφαρμόστηκε αρχικά από την bosch,



ονομάστηκε LH-jetronic. Με τη χρήση αυτού του μετρητή το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν επηρεάζεται από την πυκνότητα του αέρα, η οποία εξαρτάται από την πίεση και κυρίως από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αποτελείται από το εξωτερικό περίβλημα, που μοιάζει με σωλήνα, στο εσωτερικό του οποίου είναι τοποθετημένο ένα μεταλλικό νήμα (σύρμα) από πλατίνα (Pt).

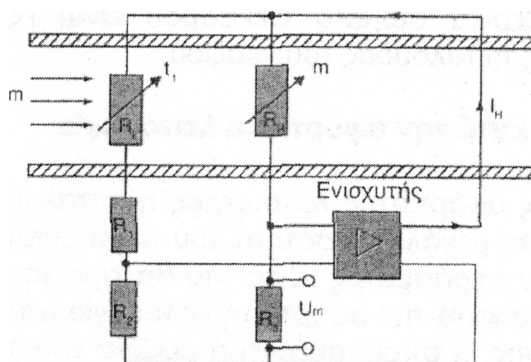


Σχήμα: Σύστημα LH-jetronic

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

Στο επάνω μέρος υπάρχει μια υβριδική πλακέτα, που περιλαμβάνει το κύκλωμα μιας γέφυρας αντιστάσεων, το ρυθμιστικό κύκλωμα για τη

σταθεροποίηση της θερμοκρασίας του σύρματος και το κύκλωμα για τον καθαρισμό του θερμαινόμενου σύρματος. Το μεταλλικό σύρμα είναι τμήμα μιας ηλεκτρικής γέφυρας αντιστάσεων και θερμαίνεται από το ηλεκτρικό ρεύμα που το διαρρέει.



Σχήμα: Κύκλωμα μετρητή μάζας αέρα.

Όταν λειτουργεί ο κινητήρας ο αναρροφούμενος αέρας έρχεται σε επαφή με το θερμαινόμενο νήμα. Το ρεύμα του αέρα απάγει ένα μέρος της θερμότητας του, μειώνοντας έτσι την ηλεκτρική του αντίσταση. Το αποτέλεσμα είναι περισσότερο ρεύμα να περνά από την υπέρθερμη αντίσταση. Δημιουργείται μια ρυθμιστική διαδικασία στη γέφυρα των αντιστάσεων και ανυψώνεται το ρεύμα θέρμανσης του νήματος. Η ανύψωση του ρεύματος γίνεται μέσα από ένα ρυθμιστικό κύκλωμα που βρίσκεται στην υβριδική πλακέτα. Το ρεύμα αυτό στη συνέχεια περνά από μία ειδική αντίσταση μεγάλης ακρίβειας, στα άκρα της οποίας δημιουργείται μία πτώση τάσης, η οποία αποτελεί ένδειξη για το φορτίο του κινητήρα. Αυτή η τάση οδηγείται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία σε συνάρτηση και με τις στροφές του κινητήρα υπολογίζει τη βασική διάρκεια έγχυσης.

Η σχέση μεταξύ ρεύματος θέρμανσης και ποσότητας αναρροφούμενου αέρα είναι αναλογική. Επομένως, κάθε φορά που μετράμε το ρεύμα που απαιτείται, μετράμε την ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα. Η ρύθμιση αυτή γίνεται σε χρονικό διάστημα λίγων χιλιοστών του δευτερολέπτου. Κατά τη λειτουργία του συστήματος διάφορα μικροσωματίδια μεταφέρονται με τον αέρα, καίγονται πάνω στο νήμα χωρίς να δημιουργούν προβλήματα. Όταν όμως σταματήσει ο κινητήρας το σύρμα ψύχεται απότομα και τα σωματίδια κολλούν πάνω στο σύρμα με κίνδυνο στην επαναλειτουργία του συστήματος υπάρχουν σε

εσφαλμένες μετρήσεις. Για να το αποφύγουμε κατά το σταμάτημα του κινητήρα, το σύρμα συνεχίζει να θερμαίνεται για 1sec στη μέγιστη θερμοκρασία του, 1000°C, με αποτέλεσμα τον αυτοκαθαρισμό του.

Μια εξέλιξη αυτού του μετρητή είναι η χρήση θερμαινόμενου φιλμ στη θέση του θερμαινόμενου σύρματος. Το θερμαινόμενο φιλμ είναι μια μεταλλική επίστρωση πολύ λεπτή, πάνω σε κεραμικό υλικό. Η κατασκευή του είναι πιο οικονομική από την κατασκευή του μετρητή θερμαινόμενου σύρματος.

### **Μηχανισμός πεταλούδας επιταχυντή**

Το σώμα ψεκασμού αποτελείται από την πεταλούδα του γκαζιού, η οποία ελέγχει τον όγκο αέρα εισαγωγής κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας του κινητήρα, ένα παρακαμπτήριο πέρασμα, διαμέσου του οποίου ένας μικρός όγκος αέρα περνάει κατά τη διάρκεια της αφόρτιστης λειτουργίας (ρελαντί) και ένας αισθητήρας θέσης πεταλούδας, ο οποίος ανιχνεύει τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας. Μερικά σώματα ψεκασμού είναι εξοπλισμένα με έναν κινητήρα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού.

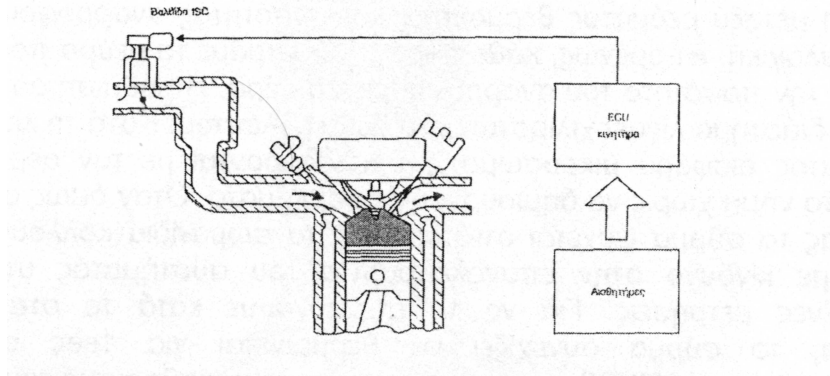
### **Έλεγχος στροφών κατά την αφόρτιστη λειτουργία**

Κατά τη διάρκεια της αφόρτιστης λειτουργίας η πεταλούδα του γκαζιού είναι πλήρως κλειστή. Τότε μεγάλη ποσότητα του αέρα εισαγωγής ρέει διαμέσου του παρακαμπτηρίου περάσματος μέσα στο θάλαμο της εισαγωγής αέρα. Οι στροφές του κινητήρα κατά την αφόρτιστη λειτουργία μπορούν να ρυθμιστούν από μία βίδα ρύθμισης, η οποία αυξάνει ή μειώνει τον όγκο του διερχόμενου αέρα διαμέσου παρακαμπτηρίου περάσματος, χωρίς αυτός να μετριέται από το μετρητή ροής αέρα. Με αυτό τον τρόπο ρυθμίζεται το μείγμα και το CO στο ρελαντί.

Η ηλεκτρονική μονάδα διαχείρισης του κινητήρα είναι προγραμματισμένη με τις αντικειμενικές στροφές του ρελαντί για να ανταποκρίνεται στις διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, όπως:

- θερμοκρασία ψυκτικού υγρού
- ετοιμότητα κλιματιστικού συστήματος.

Οι αισθητήρες στέλνουν σήματα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία ελέγχει μια βαλβίδα (ISC) και ρυθμίζει τη ροή του αέρα, διαμέσου της παράκαμψης της πεταλούδας του γκαζιού, φέρνοντας τις στροφές ρελαντί στην κανονική τιμή.



Σχήμα: Έλεγχος των στροφών ρελαντί μέσω της βαλβίδας ρύθμισης της ροής του αέρα.

Υπάρχουν τέσσερεις τύποι βαλβίδων ρύθμισης αφόρτιστης λειτουργίας:

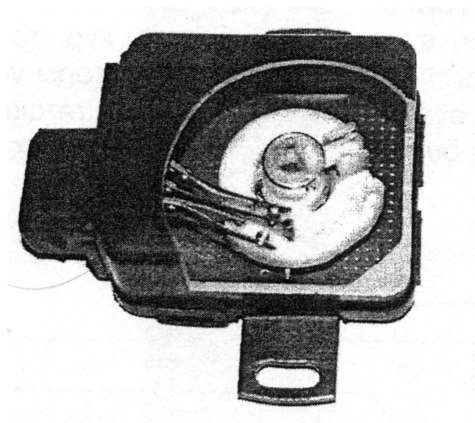
- κλιμακωτού (βηματικού) κινητήρα
- περιστροφικού ηλεκτρομαγνήτη
- ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας.
- Στον τύπο κλιμακωτού κινητήρα υπάρχει ένας βηματικός κινητήρας, ο οποίος έχει την ικανότητα να περιστρέφεται κατά συγκεκριμένη γωνία, όταν τροφοδοτηθεί με τους κατάλληλους παλμούς. Ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Η βαλβίδα τύπου περιστροφικού ηλεκτρομαγνήτη εμφανίζει υψηλή ικανότητα ροής αέρα, γι αυτό και χρησιμοποιείται για το γρήγορο έλεγχο του ρελαντί. Η λειτουργία αυτής της βαλβίδας πραγματοποιείται με την επίδραση των μαγνητικών πεδίων δύο ηλεκτρομαγνητών, που τροφοδοτούνται από την ECU σε ένα μόνιμο μαγνήτη που αποτελεί τον ρότορα.

- Στον τύπο ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας, το πηνίο διεγείρεται από το ρεύμα που τροφοδοτεί η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Ανάλογα με την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, αλλάζει το διάκενο μεταξύ της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και του σώματος της βαλβίδας, ελέγχοντας τη ροή του συμπληρωματικού αέρα και κατά συνέπεια τις στροφές αφόρτιστης λειτουργίας. Στην πραγματική λειτουργία το ρεύμα στο πηνίο διακόπτεται ON και OFF κάθε 100msec. Έτσι η θέση της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας προσδιορίζεται από την αναλογία του χρόνου που το σήμα είναι ON, συγκρινόμενο με το χρόνο που είναι OFF.

#### **Αισθητήρας θέσης πεταλούδας (TPS Throttle Position Sensor)**

Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας είναι τοποθετημένος στο σώμα της πεταλούδας. Μετατρέπει τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας σε μια τάση, η οποία οδηγείται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου σαν σήμα της γωνίας ανοίγματος της πεταλούδας. Το σήμα αξιοποιείται κυρίως για τον έλεγχο αποκοπής καυσίμου, αλλά και στις διορθώσεις χρονισμού ανάφλεξης και για την αύξηση του όγκου ψεκασμού για να αυξηθεί η απόδοση του κινητήρα.

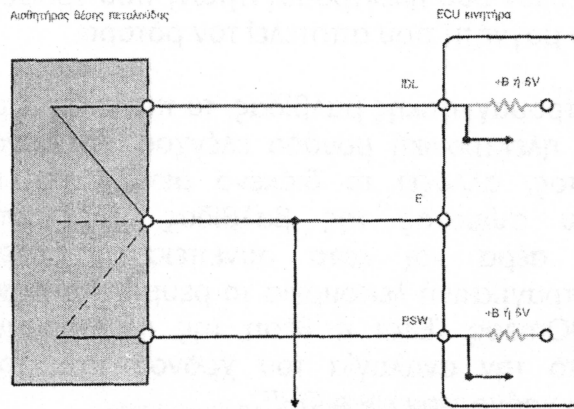


Εικόνα: Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού.

Υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρα θέσης πεταλούδας:

- Ο αισθητήρας τύπου διακόπτη (ON-OFF)
- Ο αισθητήρας τύπου ποτενσιόμετρου ή γραμμικού τύπου

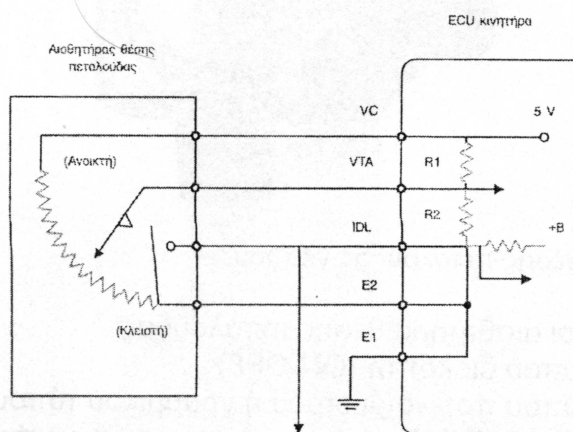
Ο αισθητήρας τύπου διακόπτη ανιχνεύει πότε ο κινητήρας Βρίσκεται στην αφόρτιστη λειτουργία με την επαφή (IDL) και πότε κάτω από πλήρες φορτίο με την επαφή (PSW) και μια ενδιάμεση θέση. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί, το άνοιγμα της πεταλούδας φτάνει μέχρι τις 1,5°. Σε αυτή τη φάση λειτουργίας επαφή του ρελαντί (IDL) είναι κλειστή και στην ηλεκτρονική μονάδα φθάνει σήμα που αντιστοιχεί σε κλειστή (σχεδόν) θέση πεταλούδας.



Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα αισθητήρα θέσης πεταλούδας τύπου διακόπτη (τύπος δυο επαφών).

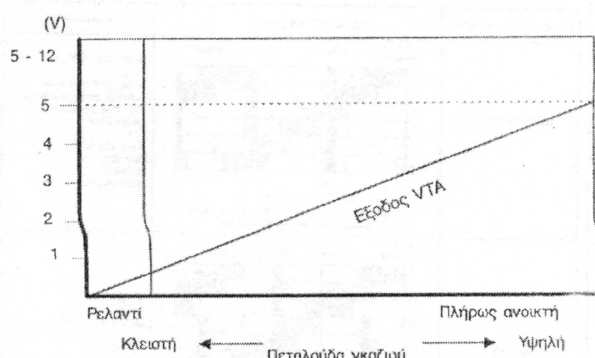
Όταν οι στροφές του κινητήρα ανεβαίνουν, το άνοιγμα της πεταλούδας φθάνει μέχρι 30° ή 40°. Τότε και οι δύο επαφές είναι ανοικτές και η ηλεκτρονική μονάδα δε δέχεται σήμα από τον αισθητήρα. Όταν ο κινητήρας εργάζεται με πλήρες φορτίο, το άνοιγμα της πεταλούδας υπερβαίνει τις 40° ή 50°, η επαφή ισχύος (PSW) κλείνει και η ηλεκτρονική μονάδα πληροφορείται ότι ο κινητήρας λειτουργεί με πλήρες φορτίο.

- Ο αισθητήρας τύπου ποτενσιόμετρου φέρει ένα ποτενσιόμετρο (μεταβλητή αντίσταση). Παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να παρέχει πληροφορίες (σήματα) στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για οποιαδήποτε θέση της πεταλούδας, εκτός από τις δύο ακραίες, ρελαντί και πλήρες φορτίο.



Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα διακόπτη πεταλούδας τύπου ποτενσιόμετρου.

Εκτός από το ποτενσιόμετρο μπορεί να φέρει επιπλέον και διακόπτη για τη θέση ρελαντί. Μια σταθερή τάση SV εφαρμόζεται στον ακροδέκτη VC από την ECU του κινητήρα. Ανάλογα με τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας, η επαφή ολισθαίνει πάνω στην αντίσταση και μια τάση εφαρμόζεται στον ακροδέκτη VTA, ανάλογα με αυτή τη γωνία. Όταν η πεταλούδα γκαζιού είναι πλήρως κλειστή, η επαφή για το σήμα IDL συνδέει τους ακροδέκτες IDL και E<sub>2</sub>. Τα σήματα εξόδου VTA και IDL φαίνονται στο διάγραμμα.



Σχήμα: Σήματα εξόδου VTA και IDL.

### Λειτουργία του συστήματος

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

Η βασική διάρκεια ψεκασμού υπολογίζεται από δύο σήματα:

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

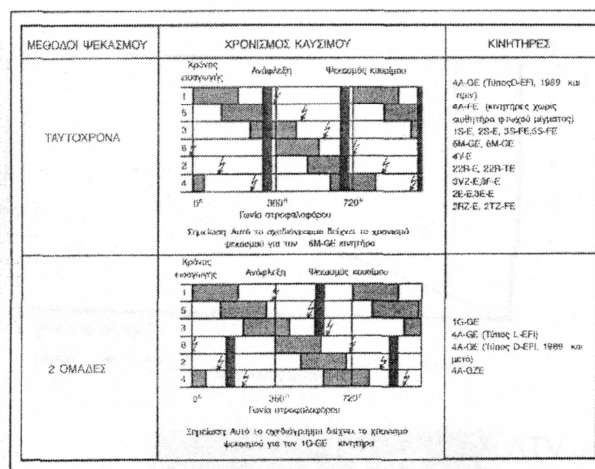
Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με ένα πρόγραμμα που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη της ECU, ώστε να προσδιορίζεται η βέλτιστη διάρκεια ψεκασμού καυσίμου για κάθε κατάσταση του κινητήρα, βασιζόμενη σε σήματα από διάφορους άλλους αισθητήρες.

### Μέθοδος ψεκασμού καυσίμου και χρονισμός ψεκασμού

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

Ο χρονισμός ψεκασμού καυσίμου μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με το μοντέλο.

Ορισμένοι κινητήρες ξεκινούν κάθε στιγμή με έναν προκαθορισμένο χρονισμό και άλλοι κινητήρες ξεκινούν με ένα χρονισμό που υπολογίζεται από την ηλεκτρονική μονάδα, σύμφωνα με τον αέρα, τις στροφές του κινητήρα κ.λπ. Οι βασικές μέθοδοι ψεκασμού και ο χρονισμός καυσίμου φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



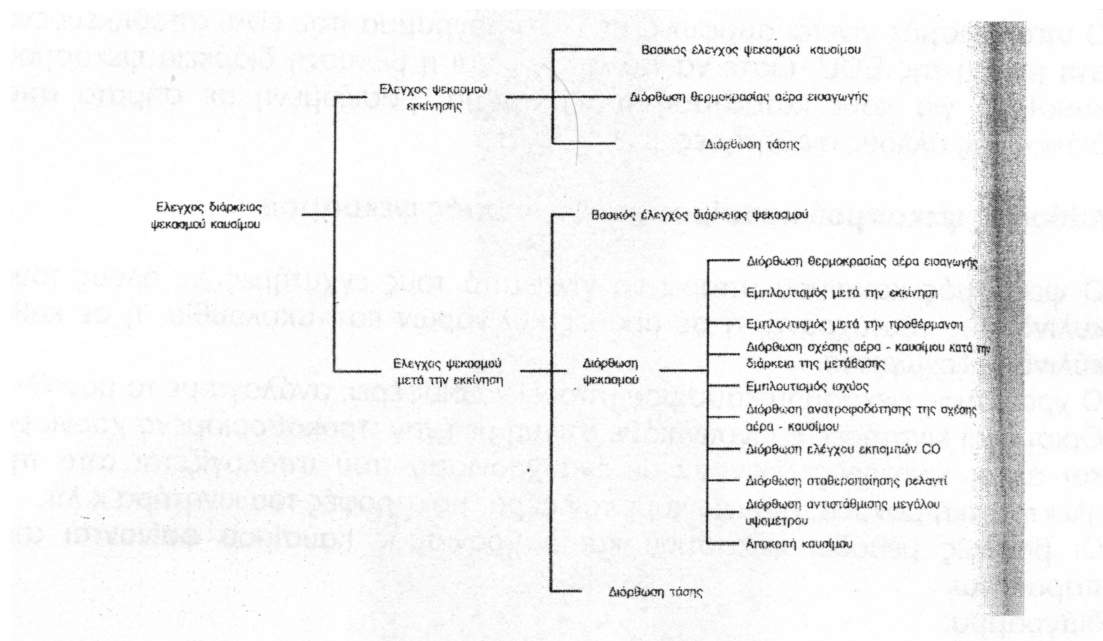
Σχήμα: Βασικές μέθοδοι ψεκασμού και χρονισμός καυσίμου εξακύλινδρου κινητήρα TOYOTA.

### Έλεγχος διάρκειας ψεκασμού

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

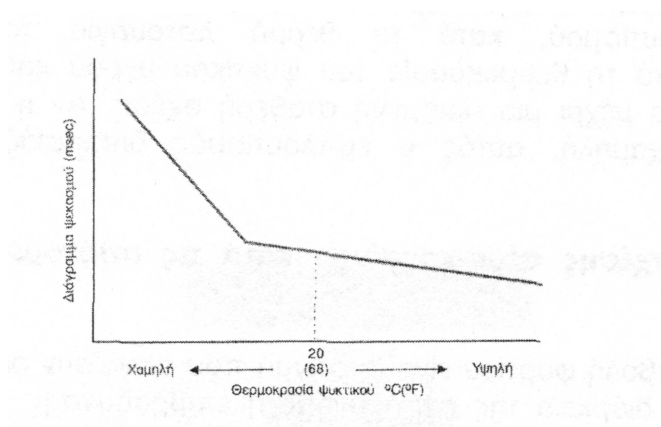
Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τους κύριους ελέγχους που κάνει ο έλεγχος ψεκασμού καυσίμου.





Σχήμα: Έλεγχος διάρκειας ψεκασμού καυσίμου.

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

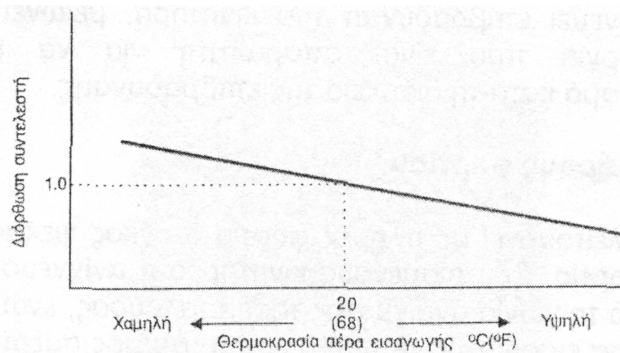


Σχήμα: Χαρακτηριστική διάρκειας ψεκασμού σε σχέση με τη θερμοκρασία του κινητήρα.

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

### **Διόρθωση από τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής**

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



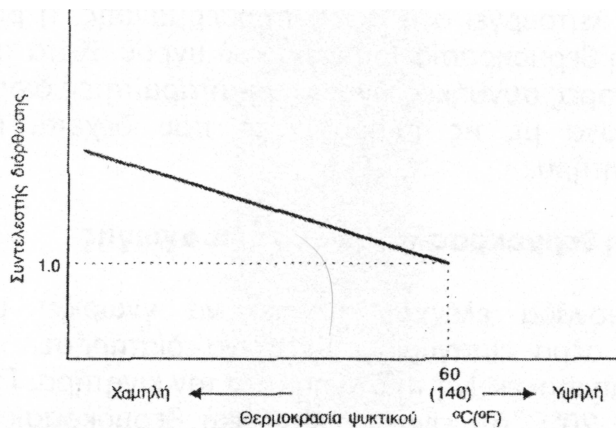
Σχήμα: Διόρθωση της διάρκειας ψεκασμού, ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής.

### **Εμπλουτισμός μετά την εκκίνηση (λειτουργία θέρμανσης του κινητήρα)**

Αμέσως μετά την εκκίνηση του κινητήρα η ECU αναγκάζει μία επιπλέον ποσότητα καυσίμου να παρέχεται για ορισμένο χρόνο (συνήθως 30sec) για να βοηθήσει τη σταθεροποίηση της λειτουργίας του κινητήρα. Η αρχική διόρθωση εμπλουτισμού, κατά τη θερμή λειτουργία του κινητήρα, προσδιορίζεται από τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού και η ποσότητα μειώνεται βαθμιαία μέχρι μια ορισμένη σταθερή σχέση. Αν η θερμοκρασία είναι εξαιρετικά χαμηλή, αυτός ο εμπλουτισμός διπλασιάζει τον όγκο ψεκασμού.

## Διόρθωση της σχέσης αέρα-καυσίμου κατά τις απότομες μεταβολές φορτίου

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



Σχήμα: Διόρθωση της διάρκειας ψεκασμού, ανάλογα με τη θερμοκρασία του κινητήρα.

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

### Εμπλουτισμός πλήρους φορτίου

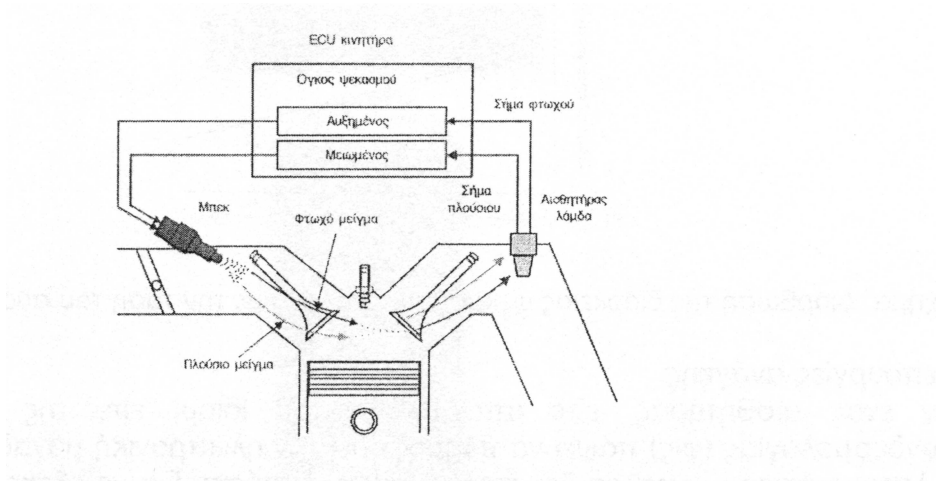
Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με πλήρες φορτίο ο όγκος ψεκασμού αυξάνεται σύμφωνα με το φορτίο. Σε ορισμένους κινητήρες η ανίχνευση του πλήρους φορτίου γίνεται από τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας, ενώ σε άλλους από τη μέτρηση του αέρα εισαγωγής. Αυτός ο εμπλουτισμός αυξάνει τον όγκο του ψεκαζόμενου καυσίμου κατά 10 - 30%.

Στη μνήμη της ECU είναι αποθηκευμένος ο μέγιστος επιτρεπτός αριθμός στροφών του κινητήρα για την ομαλή λειτουργία. Μόλις η ECU αναγνωρίσει μία μικρή υπέρβαση του ορίου στροφών διακόπτει την έγχυση, με αποτέλεσμα να πέσουν οι στροφές. Όταν οι στροφές πέσουν κάτω του ορίου, επαναλαμβάνεται η έγχυση. Αν ο οδηγός επιμένει να πατά το πεντάλ του γκαζιού, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με συνεχείς αυξομειώσεις των στροφών γύρω από το αποθηκευμένο όριο. Η απόδοση του κινητήρα

μειώνεται και ο οδηγός οφείλει να μειώσει τις απαιτήσεις του από τον κινητήρα.

### Διόρθωση του μείγματος από τον αισθητήρα λάμδα (ανατροφοδότηση)

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



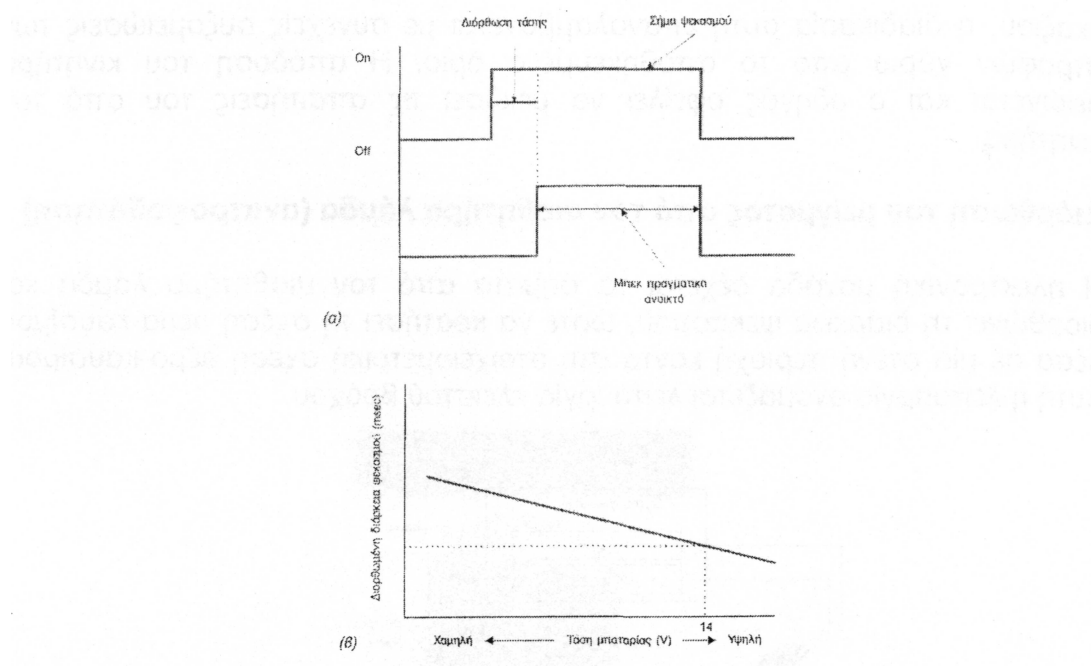
Σχήμα: Διόρθωση του μείγματος από τον αισθητήρα "λ".

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

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

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

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



Σχήμα: Διόρθωση της διάρκειας ψεκασμού, ανάλογα με την τάση του συσσωρευτή.  
Λειτουργίες ανάγκης

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

Τέτοια εναλλακτικά σήματα είναι καταχωρημένα στη μνήμη της ECU και ανακαλούνται κάθε φορά που το σήμα ενός αισθητήρα δε φθάνει στην ECU. Μερικά τέτοια εναλλακτικά σήματα είναι:

Όταν ο αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα δε δίνει σήμα, η ECU θεωρεί δεδομένη τη θερμοκρασία των 100°C.

Όταν ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα δε δίνει σήμα, η ECU θεωρεί δεδομένη τη θερμοκρασία των 20°C.

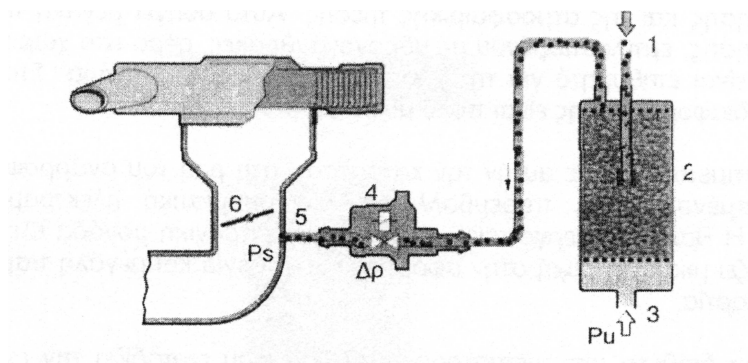
Όταν ο αισθητήρας "λ" δε δίνει σήμα, η ECU θεωρεί δεδομένη την τιμή  $\lambda=1$ .

Όταν δεν υπάρχει σήμα από το ποτενσιόμετρο της πεταλούδας, τότε δεν μπορεί να γίνει ρύθμιση του χρόνου έγχυσης με βάση το χαρακτηριστικό πεδίο λάμδα και ο χρόνος υπολογίζεται μόνο από το σήμα των στροφών του κινητήρα.

### Σύστημα ανακύκλωσης και καύσης αναθυμιάσεων καυσίμου

Η κυκλοφορία πολλών αυτοκινήτων στις αστικές περιοχές επιβαρύνει το περιβάλλον τους, όχι μόνο από τα καυσαέρια, αλλά και από την εκπομπή άκαυστων υδρογονανθράκων. Σε αρκετές χώρες έχουν θεσπιστεί νομικές οδηγίες, σύμφωνα με τις οποίες απαγορεύεται η εκπομπή στην ατμόσφαιρα ατμών καυσίμου που δημιουργούνται σε όλο το κύκλωμα τροφοδοσίας και περισσότερο στη δεξαμενή καυσίμου.

Τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι εφοδιασμένα με ένα σύστημα, που δεσμεύει τις αναθυμιάσεις του καυσίμου σε ένα δοχείο ενεργού άνθρακα και στη συνέχεια το οδηγεί στους θαλάμους καύσης μέσα από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Το δοχείο ενεργού άνθρακα είναι τοποθετημένο συνήθως στο χώρο του κινητήρα. Ο ενεργός άνθρακας έχει την ιδιότητα να δεσμεύει τους ατμούς καυσίμου, που δημιουργούνται όταν το αυτοκίνητο είναι σταθμευμένο. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα, ατμοσφαιρικός αέρας περνά μέσα από το δοχείο ενεργού άνθρακα, εμπλουτίζεται με τους δεσμευμένους υδρογονάνθρακες και στη συνέχεια οδηγείται στην πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα του γκαζιού.



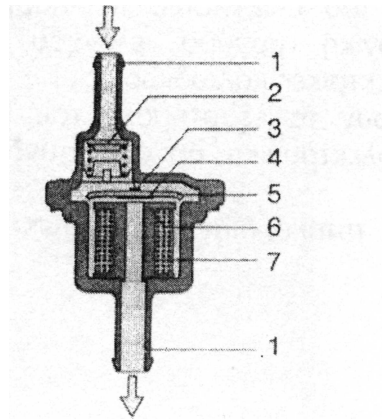
Σχήμα: Σύστημα ανακύκλωσης αναθυμιάσεων καυσίμου.

1. Αγωγός από τη δεξαμενή καυσίμου στο δοχείο ενεργού άνθρακα
2. Δοχείο ενεργού άνθρακα
3. Νωπός αέρας
4. Ανακουφιστική Βαλβίδα (πλύσης)
5. Αγωγός προς την πολλαπλή εισαγωγή
6. Πεταλούδα

Ps: Πίεση αναρρόφησης

Pv: Πίεση περιβάλλοντος

Δρ: Διαφορά πίεσης μεταξύ πίεσης εισαγωγής και πίεσης περιβάλλοντος



Σχήμα: Ηλεκτρομαγνητική (ανακουφιστική) βαλβίδα.

1. Σύνδεση σωληνώσεων
2. Αντεπιστροφή βαλβίδα
3. Ελασμάτινο ελατήριο
4. Στεγανωτικός δακτύλιος
5. Οπλισμός μαγνήτη
6. Έδρα στεγανώματος
7. Πηνίο

Κατά την αφόρτιστη λειτουργία του κινητήρα, η πεταλούδα του γκαζιού είναι ελάχιστα ανοικτή και υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της πίεσης αναρρόφησης και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Αυτό οδηγεί μεγάλη ποσότητα αναρρόφησης, εμπλουτισμένου με υδρογονάνθρακες, αέρα στο χώρο καύσης που δεν είναι επιθυμητό για τη σωστή λειτουργία του κινητήρα. Στα μεγάλα φορτία η διαφορά πίεσης είναι πολύ μικρότερη.

Για να αντιμετωπίσουμε αυτήν την κατάσταση στη ροή του αναρροφούμενου εμπλουτισμένου αέρα, παρεμβάλλουμε μία ρυθμιστική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Η Βαλβίδα ενεργοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και εξασφαλίζει μικρή παροχή στην αφόρτιστη λειτουργία και μεγάλη παροχή στα μεγάλα φορτία.

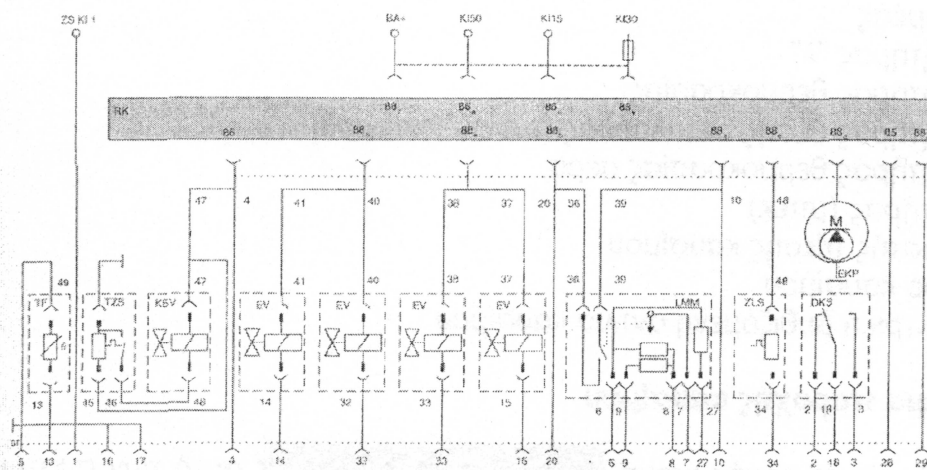
Η βαλβίδα διαθέτει μία ανεπίστροφη βαλβίδα που εμποδίζει την εκροή του εμπλουτισμένου αέρα στην ατμόσφαιρα, όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί. Η ποσότητα του εμπλουτισμένου με καύσιμο αέρα που οδηγείται κάθε στιγμή στους θαλάμους καύσης, επιδρά στην αναλογία του μείγματος και δε μετράται από το μετρητή αέρα. Επομένως, για να διατηρείται το συνολικό μείγμα στη στοιχείο μετρική αναλογία, επιβάλλεται η αναγνώριση και η ρύθμιση αυτής της ποσότητας. Η ρύθμιση πραγματοποιείται με το χρονοισμό της ρυθμιστικής βαλβίδας. Γι' αυτό το σκοπό υπάρχει ένα πρόγραμμα στη μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου με τελικό αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας με τέτοιο τρόπο, ώστε να διατηρείται η στοιχειομετρική αναλογία.

### **2.3 Ηλεκτρικό κύκλωμα L-jetronic**

Το ηλεκτρικό κύκλωμα του L-JETRONIC περιλαμβάνει τους ηλεκτρονόμους ζεύξεων, την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, τους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές και τις ηλεκτρικές καλωδιώσεις.

Οι ηλεκτρονομοί ελέγχουν τα εξαρτήματα του L-jetronic που χρειάζονται περισσότερη ισχύ. Η ηλεκτρονική μονάδα συνδέεται με ένα φως πολλών επαφών.





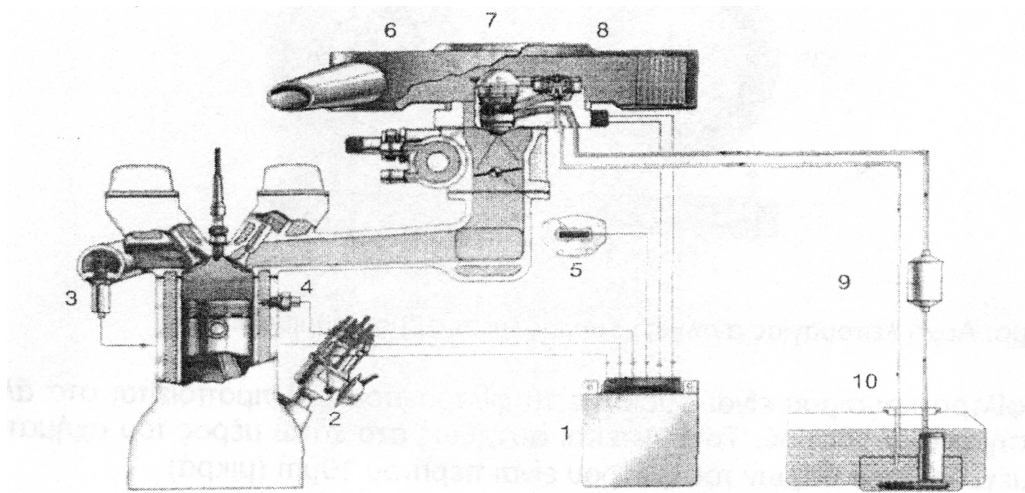
Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα του συστήματος

## 2.4 Σύστημα MONO-JETRONIC

Το σχήμα παριστά ένα τυπικό διάγραμμα ηλεκτρικής συνδεσμολογίας του συστήματος L-jetronic.

Τα πρώτα χρόνια της εφαρμογής των συστημάτων ψεκασμού, για τον καλύτερο έλεγχο της καύσης και μείωση των καυσαερίων, το κόστος του συστήματος τροφοδοσίας ήταν σημαντικό. Η πρώτη βελτίωση που έγινε ήταν η χρησιμοποίηση ενός ηλεκτρονικά ελεγχόμενου ψεκαστήρα, στη θέση του ηλεκτρονικά ελεγχόμενου εξαερωτήρα. Σήμερα χρησιμο-ποιούνται συνήθως συστήματα τροφοδοσίας πολλαπλού ψεκασμού και ελάχιστοι κινητήρες (π.χ. μικρού κυβισμού) διαθέτουν συστήματα μονού ψεκασμού.

Το βασικό εξάρτημα του συστήματος είναι το σώμα ψεκασμού. Είναι τοποθετημένο πάνω στην πολλαπλή εισαγωγής, κάτω από το φίλτρο αέρα στη θέση που παλαιότερα ήταν τοποθετημένος ο εξαερωτήρας. Ο ψεκασμός καυσίμου γίνεται στο σώμα ψεκασμού από έναν ή δύο εγχυτήρες. Το καύσιμο μείγμα οδηγείται από την πολλαπλή εισαγωγής στους θαλάμους καύσης, μέσω των βαλβίδων εισαγωγής. Μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου αναλαμβάνει τη διαχείριση του συστήματος, παίρνοντας πληροφορίες από τους αισθητήρες και δίνοντας εντολές στους ενεργοποιητές.



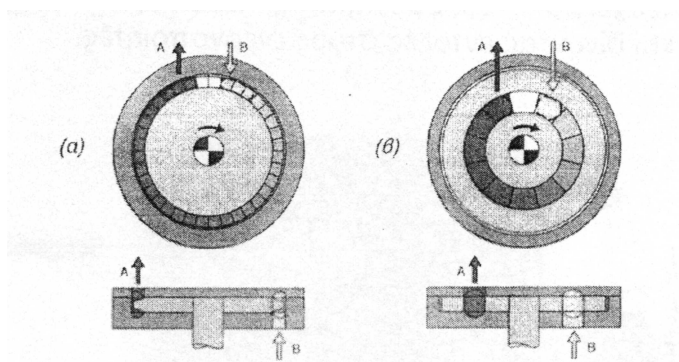
Σχήμα: Σχηματική διάταξη λειτουργίας του συστήματος Monojetronic.

1. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
2. Διανομέας
3. Αισθητήρας "λ"
4. Αισθητήρας θερμοκρασίας
5. Αισθητήρας θέσης πεταλούδας (τύπου ποτενσιόμετρο)
6. Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα
7. Εγχυτήρας (μπεκ)
8. Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου
9. Φίλτρο καυσίμου
10. Ηλεκτρική βυθιζόμενη αντλία καυσίμου

#### **Κύκλωμα παροχής καυσίμου**

Το κύκλωμα παροχής καυσίμου είναι περίπου ίδιο με αυτό των συστημάτων πολλαπλού ψεκασμού. Το καύσιμο βρίσκεται υποθηκευμένο στη δεξαμενή καυσίμου. Αυτή είναι ερμητικά κλειστή, ώστε οι αναθυμιάσεις του καυσίμου να οδηγούνται στο δοχείο ενεργού άνθρακα, όπου δεσμεύονται. Στη συνέχεια οδηγούνται κατά τη λειτουργία του κινητήρα στην πολλαπλή εισαγωγής προς καύση. Η ηλεκτρική αντλία μεταφέρει το καύσιμο από τη δεξαμενή καυσίμου, διαμέσου του φίλτρου καυσίμου, στη συσκευή ψεκασμού. Η κατασκευή της αντλίας καυσίμου είναι ίδια με την κατασκευή των αντλιών καυσίμου των υπολοίπων συστημάτων ψεκασμού.

Σε μερικά συστήματα χρησιμοποιείται αντλία χαμηλής πίεσης δύο βαλβίδων, με ηλεκτρικά κανάλια αρχικής συμπίεσης και περιφερειακά κανάλια τελικής συμπίεσης. Αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος φέρει δύο ομόκεντρες σειρές πτερύγια. Στην εσωτερική σειρά βρίσκονται τα πτερύγια της πρώτης βαθμίδας και στην εξωτερική σειρά τα πτερύγια της δεύτερης βαθμίδας συμπίεσης. Κατά τη λειτουργία της αντλίας, η πρώτη βαθμίδα αυξάνει την πίεση του καυσίμου. Στη συνέχεια το καύσιμο οδηγείται στο κανάλι της δεύτερης βαθμίδας, με την οποία εξασφαλίζεται η τελική ή κύρια συμπίεση. Αυτός ο τύπος της αντλίας έχει άριστη συμπεριφορά και χρησιμοποιείται και σε άλλα συστήματα ψεκασμού.

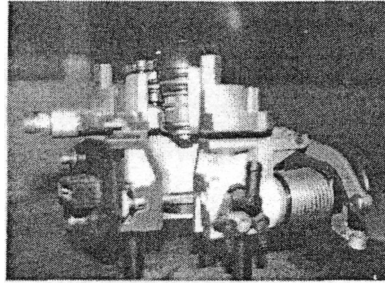


Σχήμα: Αρχή λειτουργίας αντλίας χαμηλής πίεσης δυο βαθμίδων.

Το φίλτρο καυσίμου είναι όμοιο με το φίλτρο που χρησιμοποιείται στα άλλα συστήματα ψεκασμού. Τοποθετείται συνήθως στο κάτω μέρος του οχήματος. Το μέγεθος των πόρων του φίλτρου είναι περίπου 10μμι (μικρά).

### **Συσκευή ψεκασμού**

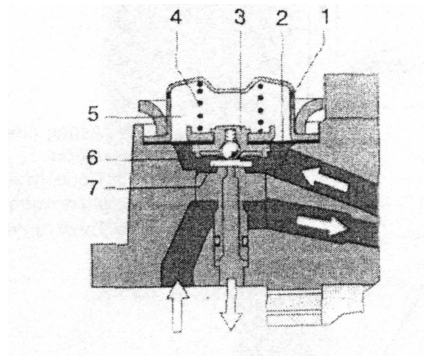
Το σώμα της συσκευής ψεκασμού, όπως προαναφέρθηκε, είναι τοποθετημένο πάνω στο στόμιο της πολλαπλής εισαγωγής, όπως και ο εξαερωτήρας στους κινητήρες συμβατικής τεχνολογίας. Πάνω στη συσκευή ψεκασμού βρίσκεται ο ρυθμιστής πίεσης του συστήματος, ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής, ο εγχυτήρας, η πεταλούδα και το σύστημα ελέγχου της κίνησης της.



Εικόνα: Συσκευή ψεκασμού

Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου

Ο ρυθμιστής πίεσης καυσίμου είναι ενσωματωμένος στη συσκευή ψεκασμού. Μία μεμβράνη χωρίζει τον ρυθμιστή σε δύο θαλάμους. Στον επάνω θάλαμο βρίσκεται ένα ελατήριο που επεμβαίνει στη μεμβράνη αντισταθμίζοντας την πίεση του συστήματος τροφοδοσίας.



Σχήμα: Κύρια μέρη του ρυθμιστή πίεσης καυσίμου.

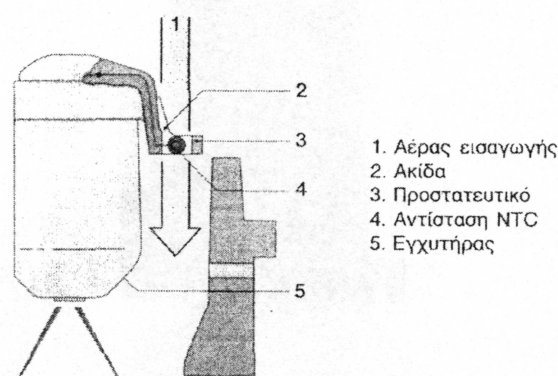
1. Οπές εξαερισμού
2. Μεμβράνη
3. Σώμα βαλβίδας
4. Ελατήριο
5. Πάνω θάλαμος
6. Κάτω θάλαμος
7. Βαλβίδα (δίσκος)

Σε αυτόν τον θάλαμο επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση, μέσω μιας οπής αερισμού. Με την πίεση του ελατηρίου πιέζεται η μεμβράνη προς τα κάτω και κλείνει η βαλβίδα επιστροφής καυσίμου και η πίεση καυσίμου αυξάνεται.

Υπάρχει μία δυναμική ισορροπία μεταξύ των πιέσεων των δύο θαλάμων. Με αυτόν τον τρόπο σταθεροποιείται η πτώση πίεσης στο ακροφύσιο της βαλβίδας έγχυσης και υπάρχει μία γραμμική αναλογία μεταξύ χρόνου ψεκασμού και ποσότητας καυσίμου που ψεκάζεται. Αν η ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται είναι μικρή (λειτουργία χωρίς φορτίο), τότε ανασηκώνεται η βαλβίδα από την έδρα της και το καύσιμο επιστρέφει από το άνοιγμα στη δεξαμενή καυσίμου. Όταν σβήσει ο κινητήρας, διακόπτεται η παροχή καυσίμου. Η ανεπίστροφη βαλβίδα της ηλεκτρικής αντλίας καυσίμου και η βαλβίδα του ρυθμιστή πίεσης κλείνουν, μέσα στις σωληνώσεις διατηρείται η πίεση καυσίμου. Έτσι δε δημιουργούνται φυσαλίδες ατμού καυσίμου στις σωληνώσεις και είναι εύκολη η επανεκκίνηση του κινητήρα. .

### **Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα**

Είναι τοποθετημένος στο σώμα ψεκασμού στην είσοδο της χοάνης αέρα. Αποτελείται από ένα θυρίστορ NTC. Ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στην περιοχή υψηλότερης ταχύτητας του αέρα, δηλαδή στο κέντρο της ροής αέρα. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η γρήγορη λήψη των αλλαγών της θερμοκρασίας του αέρα. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι 20°C, η αντίσταση του αισθητήρα διαμορφώνεται μεταξύ 2200-2900Ω. Η πληροφορία οδηγείται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για τη διαδικασία διόρθωσης στις χρονικής διάρκειας ψεκασμού.



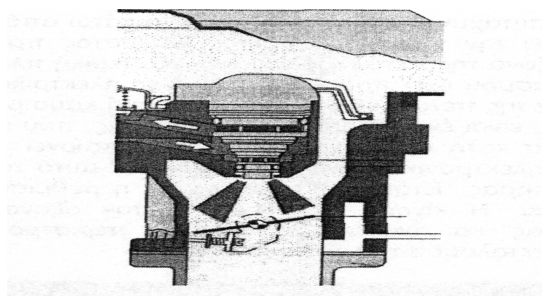
Σχήμα: Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα.

### **Ο εγχυτήρας (μπεκ)**

Ο εγχυτήρας είναι τοποθετημένος στο κέντρο του σώματος ψεκασμού, πάνω από την πεταλούδα του επιταχυντή. Είναι μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που η λειτουργία της ελέγχεται με ηλεκτρικούς παλμούς από τη μονάδα ελέγχου. Αποτελείται από ένα κέλυφος και την κυρίως βαλβίδα. Το κέλυφος του εγχυτήρα περιλαμβάνει το πηνίο και την υποδοχή της ηλεκτρικής σύνδεσης. Ο κυρίως εγχυτήρας αποτελείται από το σώμα και τη βελόνα με το μαγνητικό οπλισμό. Όταν το πηνίο δε διαρρέεται από ρεύμα, ένα ελατήριο με την υποβοήθηση της πίεσης του συστήματος, πιέζει τη βελόνα του εγχυτήρα στην έδρα του. Με την τροφοδοσία του πηνίου αυτό διαρρέεται από ρεύμα και διεγείρεται τότε ανασηκώνει την βαλβίδα από την έδρα της, κατά 0,06mm περίπου.

Στο εμπρόσθιο άκρο της Βελόνας βρίσκεται μία ακίδα έγχυσης, η οποία εξέρχει από την οπή του σώματος της βαλβίδας. Επειδή η πίεση καυσίμου είναι σταθερή, η πραγματική ποσότητα έγχυσης εξαρτάται μόνο από το χρόνο που παραμένει η βαλβίδα ανοιχτή. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα, οι παλμοί ψεκασμού ευθυγραμμίζονται με τους παλμούς ανάφλεξης. Μεταξύ δύο διαδοχικών αναφλέξεων η χρονική περίοδος είναι πολύ μικρή και επομένως οι παλμοί ψεκασμού πρέπει να έχουν ελάχιστη διάρκεια.

Οι εγχυτήρες έχουν ειδική κατασκευή με μικρή μάζα ηλεκτρομαγνήτη και βελόνας, ώστε να εξασφαλίζονται χρόνοι ανοίγματος και κλεισίματος μικρότεροι από 1ms. Η συχνότητα των παλμών ψεκασμού εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα.



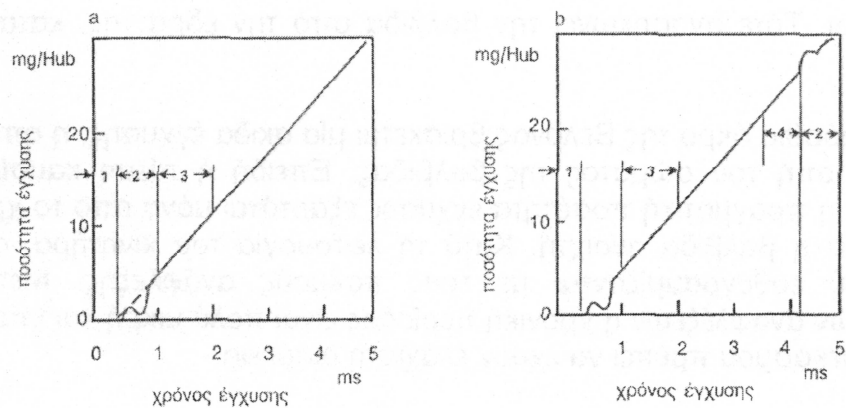
Σχήμα: Λειτουργία εγχυτήρα (μπεκ)

### Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε έναν τετράχρονο τετρακύλινδρο κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος λειτουργεί με στροφές αφόρτιστης λειτουργίας (ρελαντί) 900 rpm, τότε ο εκκεντροφόρος άξονας θα περιστρέφεται με 450 rpm και επομένως είναι απαραίτητες  $4 \times 450 = 1800$  αναφλέξεις ανά λεπτό. Αν το σύστημα που έχουμε αντιστοιχεί σε κάθε ανάφλεξη και ένας παλμός έγχυσης, τότε πρέπει να έχουμε 1800 παλμούς έγχυσης στο λεπτό. Η περίοδος ενός παλμού ψεκασμού θα είναι:

$$T = \frac{1 \text{ min}}{1800} = \frac{60 \text{ sec}}{1800} = \frac{60000 \text{ m sec}}{1800} = 33,3 \text{ ms}$$

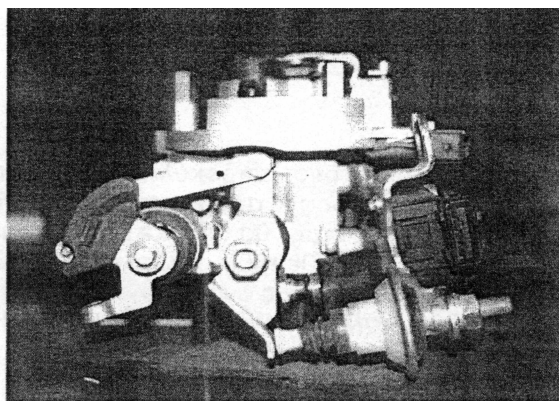
Επομένως κάθε 33,3ms πραγματοποιείται μία έγχυση. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο ενός παλμού έγχυσης στις 6000 rpm που είναι 5ms.



Σχήμα: Χαρακτηριστική καμπύλη έγχυσης.

### Μηχανισμοί πεταλούδας επιταχυντή

Η πεταλούδα του επιταχυντή είναι τοποθετημένη κάτω από τον εγχυτήρα. Το άνοιγμα της ελέγχει την παροχή καυσίμου μείγματος προς την πολλαπλή εισαγωγής. Στον άξονα της πεταλούδας, στην εξωτερική πλευρά του σώματος της συσκευής ψεκασμού έχει προσαρμοστεί ένας ηλεκτρικός κινητήρας, που ρυθμίζει το άνοιγμα της πεταλούδας και την παροχή καυσίμου μείγματος στον κινητήρα. Συνήθως, είναι ένας "Ρηματικός" κινητήρας, που έχει τη δυνατότητα να κινείται με βήμα κατά ορισμένη γωνία, όταν παίρνει τους κατάλληλους παλμούς από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Γι' αυτό το λόγο ονομάζεται και βηματικός κινητήρας. Έτσι πραγματοποιείται η ρύθμιση της πεταλούδας με μεγάλη ακρίβεια. Η κίνηση μεταφέρεται στον άξονα ρύθμισης μέσω "ατέρμωνος κορόνας" και ανάλογα με τη φορά περιστροφής του κινητήρα ανοίγει ή κλείνει η πεταλούδα του επιταχυντή.



Εικόνα: Βηματικός κινητήρας



Κάθε αλλαγή της θέσης της πεταλούδας αναγνωρίζεται από το ποτενσιόμετρο, που είναι προσαρμοσμένο στον άξονα της πεταλούδας από την άλλη πλευρά. Οι αντιστάσεις του ποτενσιόμετρου και οι ηλεκτρικές συνδέσεις βρίσκονται πάνω σε μία ελαστική πλάκα η οποία είναι ριζωμένη στο κάτω μέρος της συσκευής ψεκασμού. Το ποτενσιόμετρο τροφοδοτείται από ένα σταθεροποιητή τάσης με 3V.

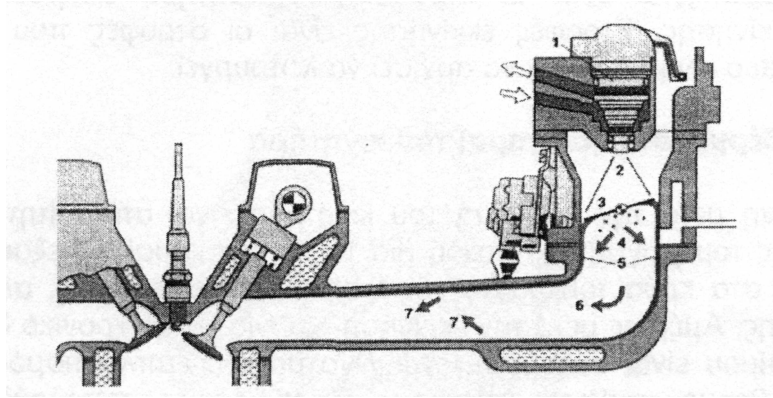
Για να υπάρχει υψηλή ευκρίνεια του σήματος η γωνία της πεταλούδας για την περιοχή μεταξύ ρελαντί και πλήρους ισχύος κατανέμεται σε δύο επαφές αντίστασης. Σε κάθε ένα από τα ελάσματα της αντίστασης αντιστοιχεί και ένας παράλληλος αγωγός. Τα ελάσματα των αντιστάσεων και τα ελάσματα του συλλέκτη είναι κατασκευασμένα με την τεχνική της επίστρωσης του μετάλλου. Σε κάθε αγωγό ποτενσιόμετρου αντιστοιχούν τέσσερις ψήκτρες, που είναι τοποθετημένες στο βραχίονα επαφών. Το πρώτο έλασμα περιλαμβάνει περιοχή γωνίας από 0° έως 24° και το δεύτερο έλασμα από 18° έως 90°. Στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μετατρέπονται τα σήματα της γωνίας από αναλογικά σε ψηφιακά, με τη βοήθεια ενός μετατροπέα.

### **Προσαρμογή του μείγματος κατά τη λειτουργία του κινητήρα - Εκκίνηση**

Κατά τη φάση της εκκίνησης, ο κινητήρας είναι κρύος και η εξαέρωση του καυσίμου δύσκολη. Στο σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα επικρατούν οι εξής δυσμενείς συνθήκες:

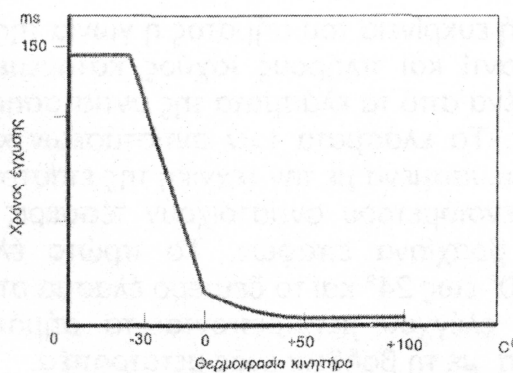
- Κρύος αέρας εισαγωγής
- Κρύα τοιχώματα πολλαπλής εισαγωγής
- Υψηλή πίεση αέρα εισαγωγής
- Μικρή ταχύτητα ροής του αέρα εισαγωγής
- Κρύος χώρος καύσης.

Επειδή επικρατούν αυτές οι συνθήκες, κάποια ποσότητα του παρεχόμενου καυσίμου υγροποιείται πάνω στην πολλαπλή εισαγωγής με τη μορφή ενός υγρού στρώματος (φιλμ) καυσίμου. Οι θάλαμοι καύσης, επομένως, πληρώνονται με φτωχό μείγμα σε τέτοιο βαθμό, ώστε ο κινητήρας να μην μπορεί να εκκινήσει. Για να απαλειφθεί το πρόβλημα είναι απαραίτητος ο εμπλουτισμός του καυσίμου μείγματος. Ο εμπλουτισμός πραγματοποιείται με επιμήκυνση του χρόνου έγχυσης.



Σχήμα: Υγροποίηση καυσίμου (Φιλμ) σε κρύο κινητήρα.

1. Εγχυτήρας
2. Ψεκαζόμενο καύσιμο
3. Πεταλούδα
4. Υγροποιημένο καύσιμο
5. Στρώμα στα τοιχώματα της εισαγωγής  
(σε μεγένθυση)
6. Ροή εξαεριωμένου καυσίμου
7. Εξάτμιση του στρώματος των τοιχωμάτων



Σχήμα: Καμπύλη μεταβολής του χρόνου έγχυσης σε σχέση με τη θερμοκρασία κατά την εκκίνηση του κινητήρα

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου καθορίζει τους χρόνους έγχυσης, σε σχέση με τη θερμοκρασία του κινητήρα. Γι' αυτή τη λειτουργία υπάρχει ένας αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα, ίδιας κατασκευής με αυτούς που γνωρίσαμε στα άλλα συστήματα ψεκασμού.

Στην αρχή της εκκίνησης επικρατεί μικρή ταχύτητα ροής αέρα και το υγροποιημένο καύσιμο δε φτάνει στους θαλάμους καύσης και το μείγμα μένει φτωχό, ενώ αυξάνει το πάχος του φιλμ καυσίμου στα τοιχώματα. Όταν η ταχύτητα ροής του αέρα σιγά - σιγά αυξάνει, η υγροποίηση του καυσίμου είναι μικρότερη, γι' αυτό το λόγο μειώνεται ο χρόνος έγχυσης με την αύξηση του αριθμού των στροφών εκκίνησης. Έτσι αποφεύγεται ο επιπλέον εμπλουτισμός του μείγματος με κίνδυνο να "μπουκώσει" ο κινητήρας από το πολύ καύσιμο.

Για να γίνουν τα παραπάνω, οι χρόνοι έγχυσης στην αρχή είναι αρκετά μεγάλοι και μειώνονται σταδιακά με την αύξηση των στροφών εκκίνησης. Η εκκίνηση τερματίζεται όταν οι στροφές του κινητήρα υπερβούν το όριο στροφών εκκίνησης. Στροφές εκκίνησης είναι οι στροφές που πρέπει να περιστρέφεται ο κινητήρας για να αρχίσει να λειτουργεί.

#### **Λειτουργία θέρμανσης (ζέσταμα) του κινητήρα**

Κατά τη φάση μετά την εκκίνηση του κινητήρα είναι απαραίτητος κάποιος εμπλουτισμός του μείγματος, επειδή μια ποσότητα καυσίμου εξακολουθεί να υγροποιείται στα κρύα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής, αλλά και του χώρου καύσης. Αμέσως μετά την εκκίνηση, και για μικρό χρονικό διάστημα, η ζήτηση καυσίμου είναι αυξημένη, ενώ λίγο μετά ο εμπλουτισμός εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του κινητήρα, από τη θέση της πεταλούδας και από τον αριθμό στροφών του κινητήρα.

Επομένως, σε αυτή τη φάση λειτουργίας του κινητήρα έχουμε δύο διορθώσεις στους χρόνους έγχυσης. Μία διόρθωση που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του κινητήρα και μία διόρθωση που εξαρτάται από το χαρακτηριστικό πεδίο τιμών λάμδα. Και οι δύο διορθώσεις γίνονται ταυτόχρονα, γεγονός που σημαίνει ότι οι χρόνοι έγχυσης από το χαρακτηριστικό πεδίο τιμών λάμδα αντισταθμίζονται από τη θερμοκρασία του κινητήρα.

## Μεταβατική αντιστάθμιση στη λειτουργία με κυμαινόμενο φορτίο

Όταν το φορτίο του κινητήρα μεταβάλλεται από την αντίστοιχη μετακίνηση της πεταλούδας, μεταβάλλεται και η υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής. Η αυξομείωση της υποπίεσης προκαλεί δυναμική διόρθωση του μείγματος, ώστε η λειτουργία του κινητήρα να προσαρμοστεί με τις απαιτήσεις του φορτίου του. Για να έχουμε ομαλή προσαρμογή της λειτουργίας του κινητήρα στις διάφορες καταστάσεις φορτίου και μειωμένη εκπομπή καυσαερίων, σε ένα σύστημα κεντρικού ψεκασμού απαιτείται μεγαλύτερη "προσπάθεια" απ' ό,τι με τη χρήση συστημάτων πολλαπλού ψεκασμού.

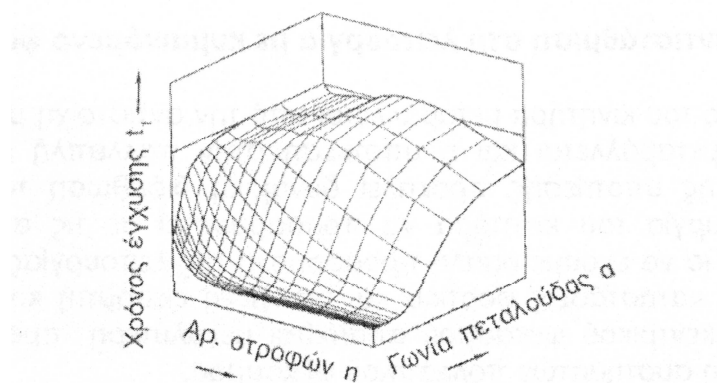
Αυτό συμβαίνει γιατί η κατανομή του μείγματος στους θαλάμους καύσης σε ένα σύστημα κεντρικού ψεκασμού γίνεται μέσω της πολλαπλής εισαγωγής. Έτσι δεν αποφεύγουμε προβλήματα που παρουσιάζονται όταν την πολλαπλή εισαγωγής διαρρέει καύσιμο μείγμα και όχι αέρας. Η ταχύτητα ροής του μείγματος και ο στροβιλισμός του εξαρτάται από τη διαμόρφωση της. Κατά τη λειτουργία χωρίς φορτίο του κινητήρα (ρελαντί), αλλά και στα χαμηλά φορτία, λόγω της μεγάλης υποπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής, το καύσιμο έχει εξαερωθεί κατά το μεγαλύτερο ποσοστό και δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου στρώμα καυσίμου στα τοιχώματα.

Το ποσοστό του στρώματος του καυσίμου στα τοιχώματα αυξάνεται όσο αυξάνεται η πίεση εισαγωγής, δηλαδή, όσο αυξάνεται το άνοιγμα της πεταλούδας. Η αυξανόμενη ποσότητα του στρώματος στα τοιχώματα και το άνοιγμα της πεταλούδας, χωρίς αντισταθμιστική λειτουργία, θα οδηγούσε σε πτώχευση του μείγματος στους κυλίνδρους. Αντίστοιχα, κατά το κλείσιμο της πεταλούδας μειώνεται η ποσότητα του στρώματος καυσίμου στα τοιχώματα και χωρίς την αντιστάθμιση θα είχαμε εμπλουτισμό του μείγματος στους κυλίνδρους.

Αυτά τα δυναμικά φαινόμενα μεταφοράς του μείγματος συνυπολογίζονται από το σύστημα με πολυσύνθετες ηλεκτρονικές διαδικασίες. Έτσι και σε μεταβατικές φάσεις εξασφαλίζεται ένα μείγμα αέρα-καυσίμου όσο το δυνατόν κοντά στη σχέση  $\lambda=1$ .

## Χαρακτηριστικό πεδίο τιμών λάμδα

Η ακριβής προσαρμογή της σχέσης αέρα-καυσίμου σε κάθε σημείο λειτουργίας του ζεστού κινητήρα, γίνεται με τη βοήθεια ενός χαρακτηριστικού πεδίου τιμών λάμδα, το οποίο βρίσκεται στη μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου. Ο καθορισμός του γίνεται πειραματικά κατά τη δοκιμή των κινητήρων.



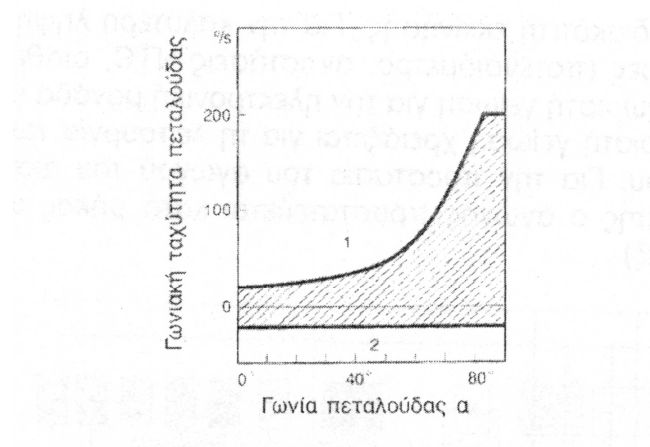
Σχήμα: Χαρακτηριστικό πεδίο τιμών λάμδα.

Στο σύστημα monojetronic το χαρακτηριστικό πεδίο τιμών λάμδα περιλαμβάνει 225 σημεία λειτουργίας, τα οποία αντιστοιχούν σε 15 σημεία τομής των δεδομένων εισόδου "γωνία πεταλούδας α" και "αριθμός στροφών π". Επειδή το χαρακτηριστικό πεδίο α/η δεν είναι γραμμικό, στα σημεία που αντιστοιχούν στο ρελαντί και στην περιοχή μικρών φορτίων έχουν πιο πυκνή διάταξη. Αν η μονάδα ελέγχου, από τα σήματα που λαμβάνει από τον αισθητήρα λ, καταγράφει αποκλίσεις από τη σχέση  $\lambda=1$ , οπότε πρέπει να αυξηθεί ο χρόνος έγχυσης, τότε υπολογίζονται τα διορθωτικά μεγέθη του μείγματος με αυτοπροσαρμογή και τοποθετούνται στη μνήμη. Αυτά τα μεγέθη παραμένουν ενεργά μέσα στο χαρακτηριστικό πεδίο τιμών λάμδα. Οι διαδικασίες που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί εμπλουτισμός επιτάχυνσης ή πτώχευση επιβράδυνσης, εξαρτώνται από τη γωνία της πεταλούδας, τον αριθμό στροφών, τη θερμοκρασία του κινητήρα και τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της πεταλούδας.

Όταν η γωνιακή ταχύτητα της πεταλούδας υπερβεί ένα όριο που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη με τη μορφή χαρακτηριστικής καμπύλης, τότε ενεργοποιείται η διαδικασία εμπλουτισμού της επιτάχυνσης. Για την

ενεργοποίηση της διαδικασίας φτωχού μείγματος της επιβράδυνσης υπάρχει στη μνήμη ένα σταθερό όριο.

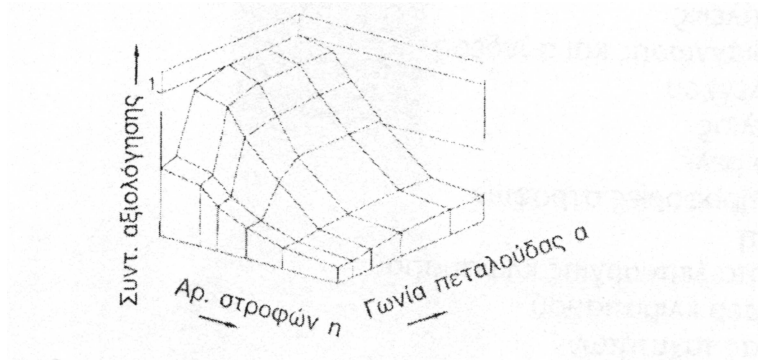
Η ενεργοποίηση της διαδικασίας εμπλουτισμού ή πτώχευσης πραγματοποιείται μέσα από διορθωτικούς συντελεστές. Αυτοί οι διορθωτικοί συντελεστές μείγματος υπάρχουν στη μνήμη με τη μορφή χαρακτηριστικών καμπύλων. Η υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής καθορίζει την ποσότητα του καυσίμου που εξατμίζεται, επομένως και την ποσότητα του εναπομένου στρώματος στα τοιχώματα της πολλαπλής εισαγωγής.



Σχήμα: Όρια ενεργοποίησης διαδικασίας εμπλουτισμού ή πτώχευσης του μείγματος.

1. Εμπλουτισμός επιτάχυνσης
2. Πτώχευση επιβράδυνσης
3. Καμία ενεργοποίηση

Ένας επιπλέον συντελεστής αξιολόγησης διαμορφώνεται από ένα πεδίο τιμών γωνιών πεταλούδας και στροφών. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα με πλήρες φορτίο, ένας επιπλέον διορθωτικός συντελεστής πολλαπλασιάζεται με τους χρόνους έγχυσης που έχουν υπολογιστεί από τις προηγούμενες διορθώσεις και το πεδίο λάμδα. Το αποτέλεσμα είναι ένας επιπλέον εμπλουτισμός που πραγματοποιείται όταν η πεταλούδα είναι λίγες μοίρες πριν τη θέση "τελείως ανοικτή" και διαρκεί όσο η γωνία πεταλούδας είναι πάνω από μία ορισμένη τιμή.

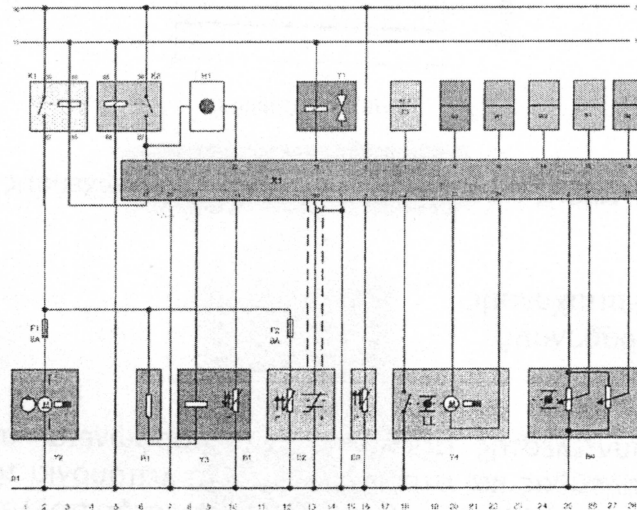


Σχήμα: Συντελεστής αξιολόγησης σε σχέση με τον αριθμό στροφών και τη γωνία τη πεταλούδας

Οι υπόλοιπες λειτουργίες του συστήματος Monojetronic είναι όμοιες με τα συστήματα πολλαπλών ψεκασμών, εξαρτώμενα από τις ιδιαιτερότητες του κάθε κινητήρα και καθορίζεται από το πρόγραμμα της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου.

## 2.5 Ηλεκτρικό κύκλωμα Monojetronic

Όλη η ηλεκτρική εγκατάσταση του συστήματος monojetronic ψτροφοδοτείται από το σύστημα παροχής ενέργειας του αυτοκινήτου (γεννήτρια-συσσωρευτής). Ένας κεντρικός ηλεκτρονόμος ελέγχει την τάση που μεταφέρεται στην κεντρική μονάδα ελέγχου, ο οποίος με τη σειρά του ελέγχεται από τον διακόπτη εκκίνησης. Για την καλύτερη λήψη των σημάτων από τους αισθητήρες (ποτενσιόμετρο, αντιστάσεις NTC, αισθητήρας λ) είναι απαραίτητη μία ξεχωριστή γείωση για την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Μία δεύτερη ξεχωριστή γείωση χρειάζεται για τη λειτουργία των ρυθμιστικών μηχανισμών εξόδου. Για την προστασία του αγωγού του αισθητήρα λάμδα από τις αιχμές τάσης ο αγωγός προστατεύεται κατά μήκος από συρμάτινη περιέλιξη (μπλεντάζ).



B1 Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα

B2 Αισθητήρας "λ" θερμαινόμενος

B3 Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα

B4 Ποτενσιόμετρο πεταλούδας

P1 ,P2 Ασφάλειες

H1 Λυχνία διάγνωσης και σύνδεση  
 συσκευής ελέγχου

X1 Ρελέ αντλίας

K2 Κεντρικό ρελέ

K1. I/TD Πληροφορίες στροφών

P1 Αντίσταση

51 Ετοιμότητα λειτουργίας κλιματισμού

52 Κομπρεσέρ κλιματισμού

53 Επιλογέας ταχυτήτων

W1 τν-κωδικοποίηση

W2 Κωδικός αντλίας

X1 Κεντρική μονοί» ελέγχου

Y1 Ανακουφιστική βαλβίδα

Y2 Ηλεκτρική αντλία καυσίμου

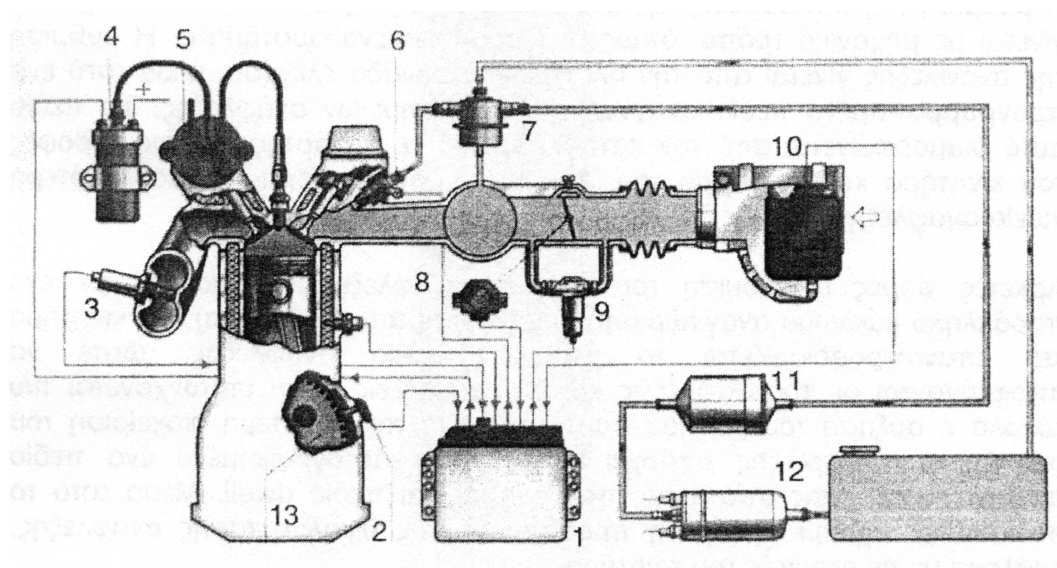
Y3 βαλβίδα ψεκασμού

Y4 Ρυθμιστής κλαπέτου με επαφή ρελαντί



## 2.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΤΡΟΝΙΚ.

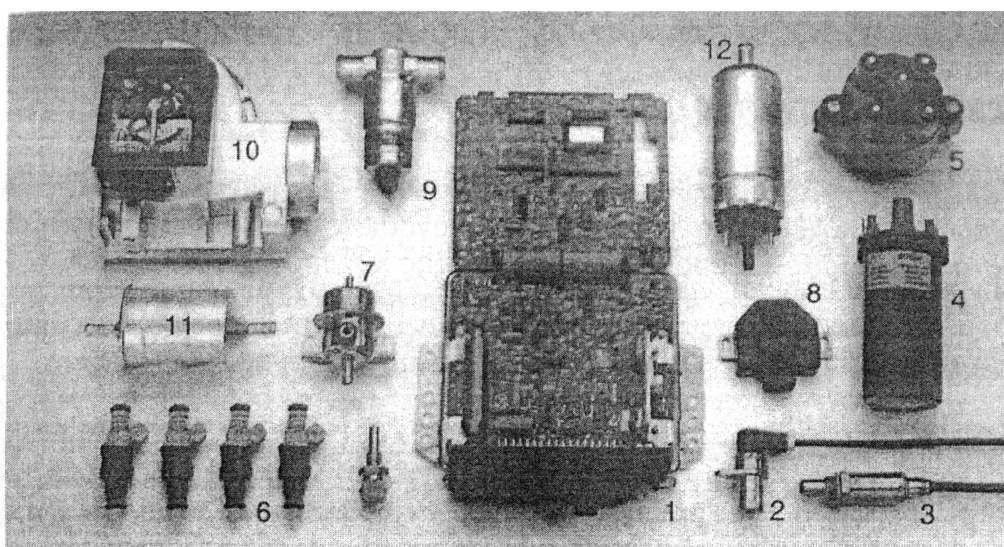
Η εξέλιξη των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων για το αυτοκίνητο και η απαίτηση για καλύτερη διαχείριση των κινητήρων, οδήγησε στην ανάπτυξη συστημάτων όπου οι επιμέρους λειτουργίες της ανάφλεξης και της έγχυσης συνδυάζονται και ελέγχονται από την ίδια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η συνδυασμένη λειτουργία ανάφλεξης και ψεκασμού πραγματοποιείται από τη μονάδα ελέγχου με τη βοήθεια ενός ψηφιακού επεξεργαστή. Αυτή η συνδυασμένη λειτουργία επιτρέπει τον συνεχή έλεγχο της καύσης σε όλο το πεδίο στροφών και φορτίου. Τα αποτελέσματα αυτής της συνδυασμένης λειτουργίας είναι η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης, ο περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων και η ομαλότερη λειτουργία του κινητήρα σε όλες τις στροφές. Η τροφοδοσία, σε γενικές γραμμές, πραγματοποιείται με τους ίδιους τρόπους που πραγματοποιείται σε όλα τα συστήματα ηλεκτρονικά διακοπόμενου ψεκασμού, είτε είναι μονός, είτε είναι πολλαπλός ο ψεκασμός.



Σχήμα: Σχηματική διάταξη λειτουργίας του συστήματος ΜΟΤΡΟΝΙΚ.

1. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
2. Αισθητήρας θέσης στροφαλοφόρου άξονα
3. Αισθητήρας "λ"
4. Πολλαπλασιαστής
5. Διανομέας

- 6.Εγχυτήρας {μπεκ}
- 7.Ρυθμιστής πίεσης
- 8.Αισθητήρας θέσης πεταλούδας
- 9.Βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα
- 10.Μετρητής όγκου αέρα εισαγωγής
11. Φίλτρο βενζίνης
- 12.Αντλία βενζίνης
- 13.Οδοντωτός τροχός στροφαλοφόρου άξονα



Εικόνα: Εξαρτήματα του συστήματος MOTRONIC

Η ρύθμιση της προπορείας της ανάφλεξης (AVANS) σε αυτό το σύστημα δε γίνεται με μηχανικό τρόπο, όπως στα προηγούμενα συστήματα. Η ρύθμιση της ανάφλεξης γίνεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, μέσα από ένα προγραμματισμένο πεδίο αναγνώρισης των σημείων ανάφλεξης. Το πεδίο αυτό διαμορφώνεται από τον κατασκευαστή, σε συνάρτηση με τις στροφές του κινητήρα και το φορτίο του. Σε αυτό προσδιορίζεται η καταλληλότερη γωνία ανάφλεξης σε κάθε ζεύγος τιμών στροφών και φορτίου.

Αρκετές φορές η ρύθμιση του σημείου ανάφλεξης συνδυάζεται με ένα παράλληλο κύκλωμα αναγνώρισης των "κτυπημάτων" (πιράκια) του κινητήρα και επαναπροσδιορίζεται το χρονικό σημείο ανάφλεξης, ώστε να αποφεύγονται οι προαναφλέξεις και αυταναφλέξεις. Έτσι επιτυγχάνεται πιο εύκολα η αύξηση του βαθμού συμπίεσης. Για την καλύτερη διαχείριση του

συστήματος ανάφλεξης υπάρχει στη μνήμη χαρτογραφημένο ένα πεδίο στροφών και τάσης μπαταρίας που ονομάζεται πεδίο dwell. Μέσα από το πεδίο dwell έχουμε αυτόματη προσαρμογή της υψηλής τάσης ανάφλεξης, ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα.

### **Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου**

Το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου είναι το ίδιο με τα υπόλοιπα συστήματα ηλεκτρονικά διακοπόμενου ψεκασμού. Στα νεότερα μοντέλα το σύστημα Motronic βρίσκει την πλήρη και αποκλειστική εφαρμογή, ενώ εξελίξεις σε επιμέρους μηχανισμούς του συστήματος τροφοδοσίας δεν αποτελούν αποκλειστικότητες του. Από το έτος 2000 και μετά, όλα τα επιβατικά αυτοκίνητα διαθέτουν συνδυασμένη ανάφλεξη και τροφοδοσία (Motronic).

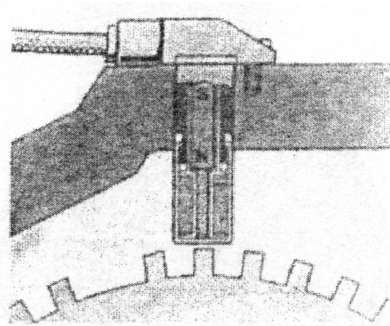
### **Μέτρηση του αναρροφούμενου αέρα**

Και σε αυτό το σύστημα τη μέτρηση του αναρροφούμενου αέρα γίνεται από μετρητές αέρα, που ποικίλουν ανάλογα με το σύστημα του κινητήρα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετρητής όγκου αέρα, ή μετρητής μάζας αέρα, ή μετρητής υποπίεσης πολλαπλής (M.A.P.). Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου υπολογίζει τη βασική ποσότητα ψεκαζόμενου καυσίμου από το σήμα του μετρητή αέρα και το σήμα των στροφών του κινητήρα. Για να πραγματοποιείται η βέλτιστη ανάφλεξη σε όλες τις φάσεις λειτουργία του κινητήρα, είναι απαραίτητη η αναγνώριση της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα από αντίστοιχο αισθητήρα (άνω νεκρό σημείο του "I<sup>0</sup>" κυλίνδρου).

### **Αναγνώριση στροφών κινητήρα**

Στους περισσότερους κινητήρες η αναγνώριση των στροφών του κινητήρα γίνεται μέσω ενός επαγωγικού αισθητήρα στο στροφαλοφόρο άξονα, όπου έχει τοποθετηθεί ένας οδοντωτός τροχός. Σε μικρή απόσταση από τον οδοντωτό τροχό στο σώμα της μηχανής τοποθετείται ένας επαγωγικός αισθητήρας. Κατά την περιστροφή του οδοντωτού τροχού μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο μπροστά από τον επαγωγικό αισθητήρα και ο αισθητήρας παράγει παλμούς, ένα παλμό ανά δόντι. Το μέγεθος και η μορφή του παλμού εξαρτάται κυρίως από τις στροφές του κινητήρα. Τα χαρακτηριστικά της καμπύλης εξαρτώνται από το διάκενο μεταξύ αισθητήρα και οδοντωτού τροχού. Η τελική διαμόρφωση του σήματος γίνεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η ακριβής μέτρηση των στροφών του κινητήρα, σε συνδυασμό με την αναγνώριση "κτυπημάτων", δίνει τη δυνατότητα να

λειτουργεί ο κινητήρας πολύ κοντά στο όριο "κτυπημάτων" με τον κατάλληλο, κάθε στιγμή, χρονισμό ανάφλεξης (avans). Έτσι έχουμε την καλύτερη εκμετάλλευση της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου.



Σχήμα: Λειτουργία αισθητήρα θέσης στροφαλοφόρου.

Ο χρονισμός ανάφλεξης χρειάζεται και για την αναγνώριση της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα. Η αναγνώριση της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα γίνεται με έναν επαγωγικό αισθητήρα που είναι τοποθετημένος στη στεφάνη του στροφαλοφόρου άξονα, όπως και ο αισθητήρας στροφών. Ένας ατσάλινος πύρος ή μία εγκοπή που βρίσκεται στον οδοντωτό τροχό περνά σε κάθε στροφή του στροφαλοφόρου άξονα μπροστά από τον επαγωγικό αισθητήρα. Ο ατσάλινος πύρος ή η εγκοπή μεταβάλλει το μαγνητικό πεδίο και δημιουργείται ένας παλμός εξόδου που οδηγείται στην ηλεκτρονική μονάδα. Υπάρχουν συστήματα που οι δύο αισθητήρες (αισθητήρας στροφών και αισθητήρας γωνίας στροφάλου) είναι ενσωματωμένοι σε μία κατασκευή. Ορισμένοι κατασκευαστές κινητήρων (π.χ. TOYOTA, NISSAN) τοποθετούν τον αισθητήρα στροφών και τον αισθητήρα αναγνώρισης της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα μέσα στον διανομέα. Η αναγνώριση των στροφών και της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα γίνονται έμμεσα από τον εκκεντροφόρο άξονα. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν διανομέα για τη διανομή της υψηλής τάσης στους αναφλεκτήρες και Βρίσκονται κάτω από το καπάκι του διανομέα, εκεί που στους συμβατικούς διανομείς ήταν η πλατιφόρος πλάκα (NISSAN).

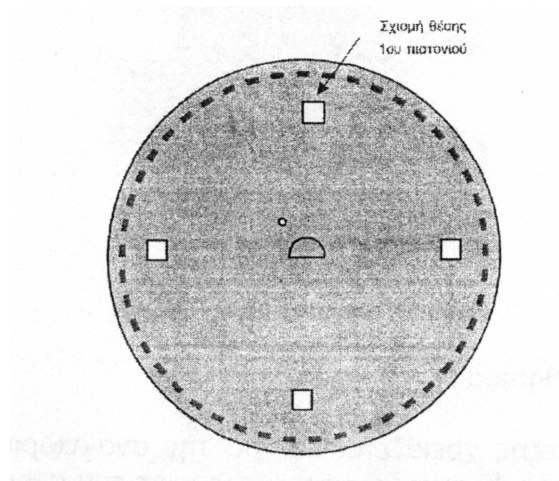
Το σύστημα αποτελείται από τρεις περιοχές:

1. Την περιοχή του αισθητήρα με τις φωτοδιόδους και τα LED

2. Την πλάκα περιστροφής, η οποία αποτελείται από ένα ορισμένο αριθμό σχισμών
3. Το κύκλωμα της κυματομορφής, το οποίο διαμορφώνει το σήμα που στέλνεται από την φωτοδίοδο.

Η πλάκα έχει 360 σχισμές στην εξωτερική διάμετρο για καθορισμό της γωνίας και των στροφών του κινητήρα. Στην εσωτερική διάμετρο της πλάκας υπάρχουν σχισμές, όσες και το πλήθος των κυλίνδρων, οι οποίες καθορίζουν τη θέση του εμβόλου (πιστονιού). Η σχισμή που αντιστοιχεί στο Νο 1 έμβολο έχει μεγαλύτερο μέγεθος από τις άλλες .

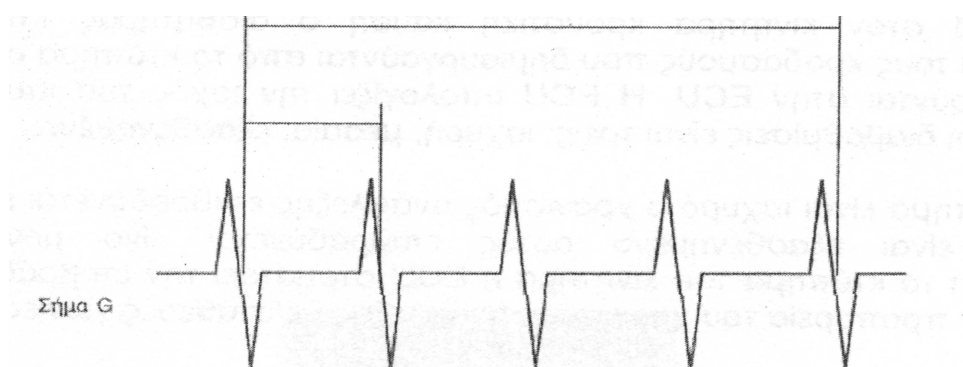
Το LED και η φωτοδίοδος είναι τοποθετημένα απέναντι και ενδιάμεσα περιστρέφεται η πλάκα με τις σχισμές. Ένα ζεύγος από ένα LED και από μία φωτοδίοδο χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των στροφών του κινητήρα, ενώ ένα άλλο ζεύγος χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της γωνίας του στροφάλου. Όταν η φωτεινή δέσμη που εκπέμπεται από το LED φθάνει, μέσω της σχισμής, στην απέναντι φωτοδίοδο δημιουργείται ένα σήμα ON-OFF. Αυτό διαρκεί όσο το πέρασμα της φωτεινής δέσμης από τη σχισμή. Αυτή η κυματομορφή μετατρέπεται από ένα κύκλωμα διαμόρφωσης σε σχήμα τετραγωνικής μορφής, που φθάνει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.



Σχήμα: Πλάκα σκανδαλισμού.

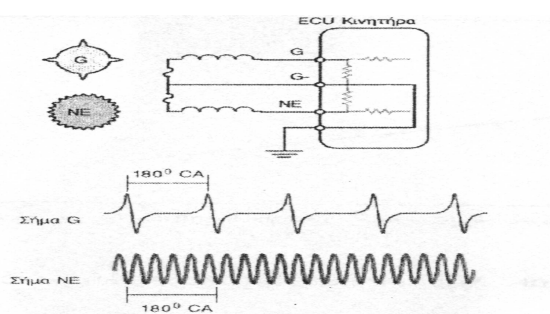
Μια παραλλαγή του συστήματος αυτού χρησιμοποιεί η TOYOTA. Μέσα στον διανομέα είναι τοποθετημένος ένας δίσκος χρονισμού στον άξονα του διανομέα και περιστρέφεται μια φορά για κάθε δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα. Απέναντι από τον δίσκο είναι τοποθετημένο το πηνίο λήψης G. Ο δίσκος χρονισμού έχει τέσσερις οδοντώσεις, που ενεργοποιούν το πηνίο λήψης τέσσερις φορές σε κάθε περιστροφή του άξονα του διανομέα, παράγοντας τις κυματομορφές που φαίνονται στο διάγραμμα του σχήματος.

1 η περιστροφή του δίσκου χρονισμού -  
 1/2 περιστροφής στροφαλοφόρου \* 180° (Γωνία στροφαλοφόρου)



Σχήμα: Κυματομορφές του δίσκου χρονισμού.

Το σήμα G πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα για την "αρχική" γωνία του στροφαλοφόρου άξονα (αρχική γωνία χρονισμού ανάφλεξης). Οι στροφές του κινητήρα N E ανιχνεύονται από ένα άλλο πηνίο λήψης που βρίσκεται απέναντι από ένα δίσκο χρονισμού που έχει 24 οδοντώσεις. Ο δίσκος χρονισμού ενεργοποιεί το πηνίο λήψης 24 φορές σε κάθε περιστροφή του άξονα του διανομέα, παράγοντας τις κυματομορφές που φαίνονται στο σχήμα. Από αυτά τα σήματα η ηλεκτρονική μονάδα του κινητήρα ανιχνεύει τις στροφές του κινητήρα κάθε 30° αλλαγή της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα.



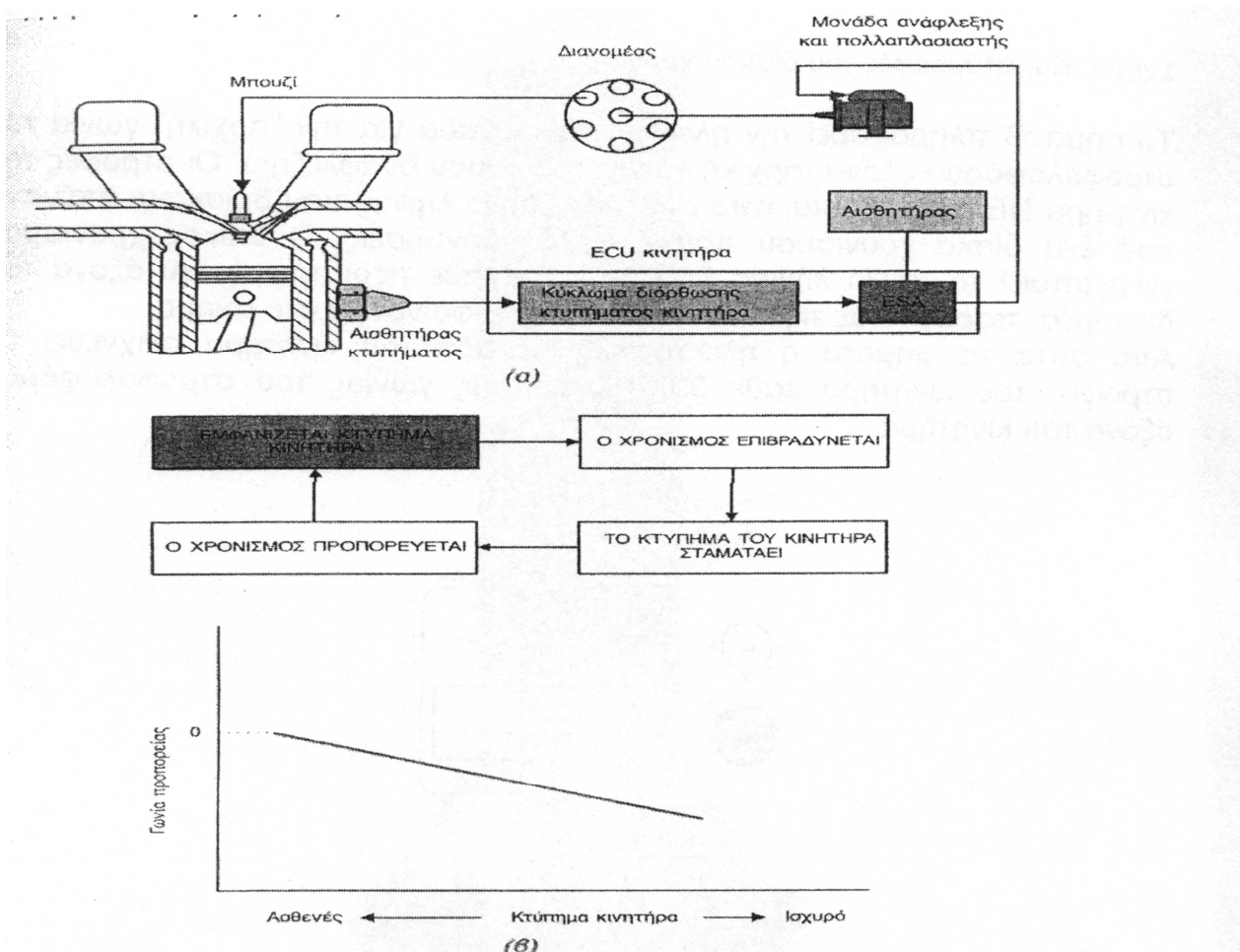
Σχήμα: Ηλεκτρικό κύκλωμα και κυματομορφές σήματος G και NE.

Σε ορισμένα συστήματα υπάρχει ένα κύκλωμα επιβεβαίωσης της ανάφλεξης. Η αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (HEΔ) που παράγεται όταν το πρωτεύον ρεύμα ανάφλεξης διακόπτεται αναγκάζει αυτό το κύκλωμα να στείλει ένα σήμα στην ηλεκτρονική μονάδα, η οποία από αυτό το σήμα ανιχνεύει πότε η ανάφλεξη πραγματικά συμβαίνει ή όχι. Αυτό το σήμα χρησιμοποιείται για διάγνωση και τη λειτουργία αυτοδιάγνωσης.

### **Διόρθωση κτυπήματος**

Αν συμβεί στον κινητήρα κρουστική καύση ο αισθητήρας κτυπήματος μετατρέπει τους κραδασμούς που δημιουργούνται από το κτύπημα σε σήματα που οδηγούνται στην ECU. Η ECU υπολογίζει την ισχύς του κτυπήματος. Συνήθως οι διαβαθμίσεις είναι τρεις: ισχυρή, μεσαία, εξασθενημένη.

Αν το κτύπημα είναι ισχυρό ο χρονισμός ανάφλεξης επιβραδύνεται ενώ αν το κτύπημα είναι εξασθενημένο αυτός επιβραδύνεται λίγο μόνο. Όταν σταματήσει το κτύπημα του κινητήρα η ECU σταματάει την επιβράδυνση και αρχίζει την προπορεία του χρονισμού ανάφλεξης με σταθερές γωνίες.



Σχήμα: Κύκλωμα και χαρακτηριστική καμπύλη διόρθωσης κτύπων από προανάφλεξη.

### Σχηματισμός γωνιών DWELL ανάφλεξης

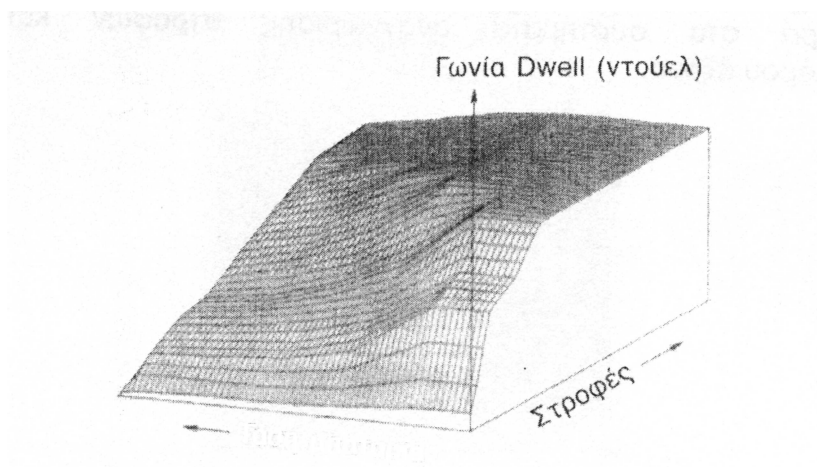
Η γωνία DWELL είναι χαρακτηριστικό μέγεθος για το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το πρωτεύον πηνίο του πολλαπλασιαστή τροφοδοτείται με ρεύμα χαμηλής τάσης από το σύστημα παραγωγής ενέργειας. Όταν το μαγνητικό πεδίο καταρρέει δημιουργείται υψηλή τάση στο δευτερεύον η οποία οδηγείται στους αναφλεκτήρες. Από την τιμή της υψηλής τάσης του δευτερεύοντος εξαρτάται η ποιότητα της ανάφλεξης.

Η τάση δευτερεύοντος εξαρτάται από την ισχύ του μαγνητικού πεδίου πρωτεύοντος. Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου πρωτεύοντος με τη σειρά της είναι ανάλογη με το χρόνο που τροφοδοτείται με ρεύμα το πηνίο πρωτεύοντος, δηλαδή από τη γωνία DWELL, δηλαδή από το χρόνο φόρτισης του πολλαπλασιαστή. Όταν οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται, μειώνεται ο διαθέσιμος χρόνος για τη φόρτιση του πολλαπλασιαστή. Τότε η περίοδος DWELL μικραίνει και το πρωτεύον πηνίο του πολλαπλασιαστή πρέπει να



τροφοδοτηθεί με ισχυρότερο ρεύμα, ώστε το μαγνητικό πεδίο να είναι ικανό να δημιουργήσει την κατάλληλη τιμή υψηλής τάσης. Η περίοδος DWELL εξαρτάται, εκτός από τις στροφές του κινητήρα, από την τάση του συσσωρευτή και από τον αριθμό των κυλίνδρων (Περισσότεροι κύλινδροι, περισσότερες αναφλέξεις, επομένως μικρότερος χρόνος φόρτισης ενός μεμονωμένου πολλαπλασιαστή).

Το σύστημα MOTRONIC ανεξάρτητα από την τάση του συσσωρευτή που επικρατεί, διορθώνει την τάση δευτερεύοντος, ώστε να είναι ικανή για σωστή ανάφλεξη σε όλο το φάσμα των στροφών. Για αυτή τη λειτουργία λαμβάνονται υπόψη οι στροφές του κινητήρα και η τάση του συσσωρευτή. Η δυναμική αυτή ρύθμιση γίνεται μέσα από ένα προκαθορισμένο, αποθηκευμένο πεδίο τιμών στροφών και τάσης του συσσωρευτή. Το αποθηκευμένο πεδίο αυτό, που βρίσκεται στη μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ονομάζεται χαρακτηριστικό πεδίο DWELL. Η ρύθμιση της γωνίας DWELL είναι συνεχής και το πρωτεύον του πολλαπλασιαστή διαρρέεται πάντα από την τιμή του ρεύματος που πρέπει, ώστε η ενέργεια που αποθηκεύεται στο πρωτεύον να είναι η μέγιστη δυνατή.

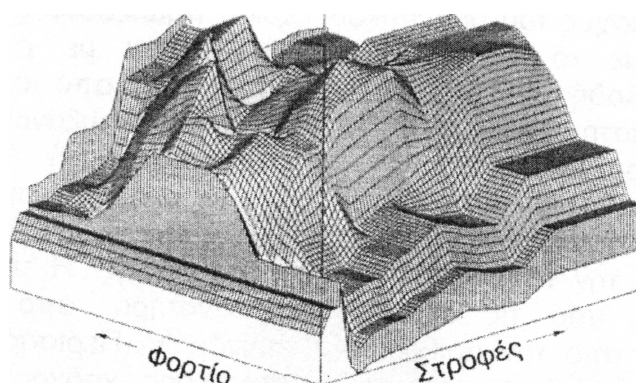


Σχήμα: πεδίο DWELL

Ο υπολογισμός της γωνίας ανάφλεξης (προπορείας) πραγματοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου σε συνάρτηση με τις στροφές του κινητήρα και το φορτίο του. Αυτή η διαδικασία γίνεται σύμφωνα με ένα χαρακτηριστικό πεδίο ανάφλεξης (χάρτης ανάφλεξης) το οποίο είναι επίσης αποθηκευμένο στη μνήμη της μονάδας ελέγχου. Το χαρακτηριστικό πεδίο ανάφλεξης διαμορφώνεται κατά το στάδιο των δοκιμών του κινητήρα στο εργοστάσιο

κατασκευής. Από τον τρισδιάστατο χάρτη του φαίνεται η σωστή γωνία ανάφλεξης για κάθε ζεύγος τιμών φορτίου και στροφών. Με τις δυνατότητες που παρέχει το αποθηκευμένο πεδίο ανάφλεξης ρυθμίζουμε με τον καλύτερο τρόπο την προ-πορεία ανάφλεξης σε κάθε σημείο λειτουργίας του κινητήρα.

### Γωνία ανάφλεξης

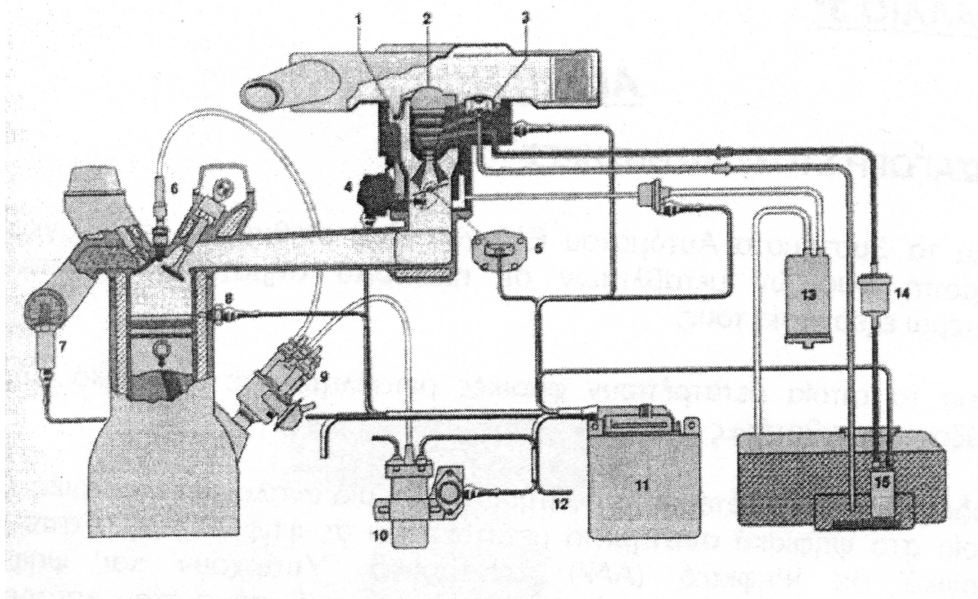


Σχήμα: Χάρτης προπορείας.

Ανάμεσα σε δύο διαδοχικές αναφλέξεις η ηλεκτρονική μονάδα δέχεται τα σήματα των στροφών και του φορτίου του κινητήρα και ανακαλεί από το χαρακτηριστικό πεδίο ανάφλεξης την προκαθορισμένη γωνία προπορείας που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο ζεύγος τιμών φορτίου - στροφών. Στη συνέχεια η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου διορθώνει την τιμή της γωνίας του χαρακτηριστικού πεδίου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του αναρροφούμενου αέρα, τη θερμοκρασία του κινητήρα, την τάση του συσσωρευτή και τη θέση της πεταλούδας του επιταχυντή.

Τα υπόλοιπα συστήματα του MOTRONIC είναι όμοια με αυτά των υπολοίπων συστημάτων ψεκασμού.

Αν το σύστημα είναι ψεκασμού ενός σημείου (MONOMOTRONIC) δεν υπάρχει διαφορά στα συστήματα αναγνώρισης στροφών και γωνίας στροφαλοφόρου άξονα.



Σχήμα: Σύστημα MONOMOTRONIC.

1. Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα
2. Βαλβίδα ψεκασμού
3. Ρυθμιστής πίεσης
4. Ρυθμιστής πεταλούδας
5. Ποντεσιόμετρο πεταλούδας
6. Αναφλεκτήρας
7. Αισθητήρας λάμδα
8. Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα
9. Διανομέας
10. Πολλαπλασιαστής με κλίμακα εξόδου ανάφλεξης
11. Κεντρική μονάδα ελέγχου
12. Έξοδος διάγνωσης
13. Δοχείο ενεργού άνθρακα
14. Φίλτρο καυσίμου
15. Ηλεκτρική αντλία καυσίμου

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3\*: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Σε όλα τα Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου είναι επιθυμητή και αναγκαία η μετατροπή φυσικών μεταβλητών σε ηλεκτρικά σήματα με σκοπό την περαιτέρω εξεργασία τους.

Στοιχεία τα οποία μετατρέπουν φυσικές μεταβλητές σε ηλεκτρικά σήματα ονομάζονται αισθητήρες.

Η έξοδος των περισσότερων αισθητήρων είναι μία αναλογική ηλεκτρική τάση, η οποία στα ψηφιακά συστήματα μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα από έναν Αναλογικό σε Ψηφιακό (Α/Ψ) μετατροπέα. Υπάρχουν και ψηφιακοί αισθητήρες, των οποίων η έξοδος είναι ψηφιακό σήμα που μπορεί να επεξεργαστεί αμέσως.

Σημεία που πρέπει να προσέξουμε, όταν επιλέγουμε και χρησιμοποιούμε αισθητήρες, είναι:

Η μακράς διάρκειας σχέση μεταξύ εισόδου - εξόδου (η οποία σχέση μπορεί να περιοριστεί στο χρόνο λόγω γήρανσης των υλικών κατασκευής)

Η επαναληπτικότητα (να μην αλλάζει η έξοδος για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της ίδιας ποσοτικά φυσικής μεταβλητής εισόδου)

Η ακρίβεια (μικρό σχετικό σφάλμα μεταξύ πραγματικής τιμής και μετρούμενης και εκφράζεται επί τοις %)

Η διακριτικότητα (η ελάχιστη μεταβολή στην είσοδο που μπορεί να εντοπιστεί από τον αισθητήρα)

- Το μέγεθος
- Το βάρος
- Το σχήμα (καθορίζεται από το χώρο που θα τοποθετηθεί)
- Ο χρόνος απόκρισης σε απότομες μεταβολές της εισόδου
- Το κόστος
- Ο χρόνος παράδοσης (η εύκολη και γρήγορη απόκτηση του)

Εκτός των συγκεκριμένων φυσικών μεταβλητών που μετρούν, οι αισθητήρες είναι ευαίσθητοι και σε άλλες φυσικές μεταβλητές, όπως παρεμβολές και παράσιτα (θόρυβος), που αλλάζουν την είσοδο του αισθητήρα.

Οι περισσότεροι αισθητήρες επηρεάζονται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, την υγρασία, τις δονήσεις και από τη συχνότητα της πηγής τροφοδοσίας. Όλες αυτές οι παράμετροι που επηρεάζουν τους αισθητήρες πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εκλογή και τη χρησιμοποίησή τους.

### 3.2 Αισθητήρες Οξυγόνου (Αισθητήρας Λάμδα - λ)

Στους κινητήρες εσωτερικής καύσης η καύση γίνεται με τη χημική αντίδραση των υδρογονανθράκων με το οξυγόνο. Το καύσιμο (η βενζίνη) αποτελείται από ένα μίγμα υδρογονανθράκων, οι οποίοι βασικά περιλαμβάνουν άτομα άνθρακα (C) και υδρογόνου (H) δεμένα μεταξύ τους. Τα κυριότερα προϊόντα της καύσης είναι:

1. Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
2. Υδρατμοί (H<sub>2</sub>O)
3. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
4. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)
5. Άκαυστα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και τα άκαυστα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) μετρούνται σε μέρη ανά εκατομμύριο (parts per million ppm).

Από τα παραπάνω ρυπογόνα μόνο το **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες.

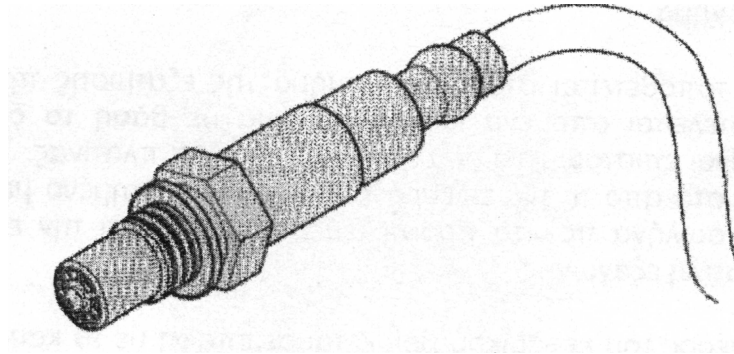
Τα άκαυστα οξείδια του αζώτου αποτελούνται από ένα μίγμα διαφορετικών οξειδίων του αζώτου, σπουδαιότερα των οποίων είναι:

- Αζωτούχο οξείδιο
- Μονοξείδιο του αζώτου
- Διοξείδιο του αζώτου

Το σύμβολο NO<sub>x</sub> είναι το γενικό σύμβολο των παραπάνω οξειδίων και το μονοξείδιο του αζώτου αποτελεί περισσότερο από το 95% του συνόλου αυτών των οξειδίων.

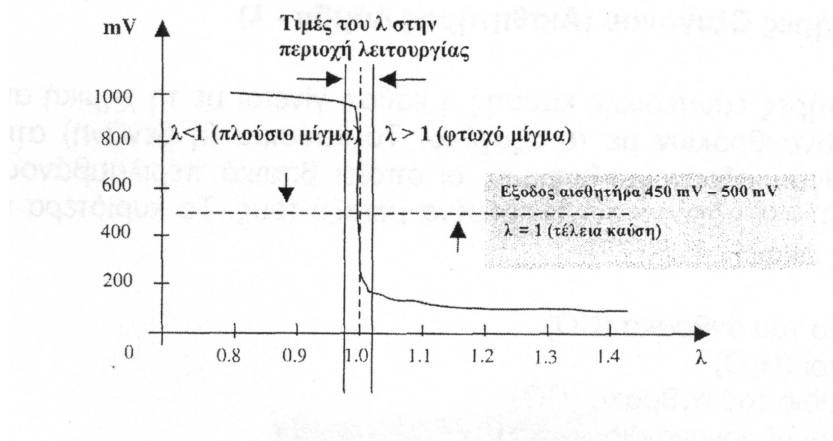
Για να ελαττωθεί στο ελάχιστο το ποσοστό των ρύπων (OO,HO,NO<sub>x</sub>) χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας που ονομάζεται "**αισθητήρας**

**Λάμδα''** και μετράει την περιεκτικότητα των ρύπων σε οξυγόνο, στην εξάτμιση (Σχήμα).



Σχήμα: Αισθητήρας οξυγόνου Λάμδα.

Η έξοδος του αισθητήρα  $\lambda$  φαίνεται στο επόμενο Σχήμα, που είναι **τάση** σε mV.



Σχήμα: Έξοδος αισθητήρα Λάμδα.

Το  $\lambda$  είναι ένας συντελεστής, που μας δείχνει πόσο απέχει ο **λόγος** του **πραγματικού** μίγματος  $\alpha_{\lambda\pi}$  (αέρα - καυσίμου) από το **θεωρητικό λόγο** του μείγματος  $\alpha_{\lambda\theta}$  (αέρα - καυσίμου), που απαιτείται, για να έχουμε τέλεια καύση

Ο θεωρητικός λόγος  $\alpha_{\lambda\theta}$  εκφράζεται ως εξής:

$$\mathbf{\alpha_{\lambda\theta} = 14,7 \text{ kgr-αέρα} / 1 \text{ kgr-καυσίμου}}$$

Ο πραγματικός λόγος  $\alpha_{\lambda\pi}$  εκφράζεται με τον ίδιο τρόπο. Έτσι:

$$\mathbf{\alpha_{\lambda\pi} \Gamma = \chi_{\pi\pi} \text{ kgr-αέρα} / \Gamma \text{ kgr-καυσίμου}}$$

όπου  $\chi_{\tau\tau}$  είναι η πραγματική μάζα του αέρα του πραγματικού μείγματος. Επομένως, ο συντελεστής  $\lambda$  είναι:

$$\lambda = \alpha_{\lambda\beta} \Lambda_{\chi_{\lambda\pi}} = \chi_{\tau\tau} \text{ kgr-αέρα} / 14,7 \text{ kgr-καυσίμου}$$

Το σήμα εξόδου του αισθητήρα  $\lambda$  αξιολογείται από τον "εγκέφαλο", ώστε να ρυθμίσει αυτός το **μίγμα αέρα - βενζίνη** και να εξασφαλιστεί η καλύτερη καύση, διατηρώντας την τιμή του  $\lambda$  κοντά στη μονάδα (1), όπως φαίνεται στο προηγούμενο Σχήμα.

Ο αισθητήρας τοποθετείται στο πρώτο τμήμα της εξάτμισης πριν από τον καταλύτη. Αποτελείται από ένα κεραμικό σώμα με βάση το διοξείδιο του ζirkονίου και είναι επιστρωμένο με ένα λεπτό στρώμα πλατίνας. Το κεραμικό σώμα είναι κλειστό από τη μία πλευρά και είναι τοποθετημένο μέσα σε έναν προστατευτικό σωλήνα που το προστατεύει και επιτρέπει την εγκατάσταση του στην πολλαπλή εξαγωγή.

Το εξωτερικό μέρος του κεραμικού βρίσκεται σε επαφή με τα καυσαέρια στην εξάτμιση, ενώ το εσωτερικό μέρος του είναι σε επαφή με το περιβάλλον.

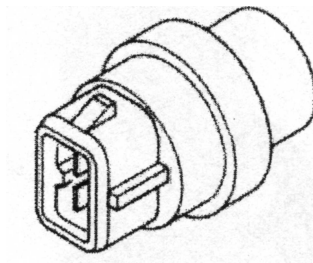
Σε θερμοκρασία άνω των 300°C το κεραμικό υλικό γίνεται αγωγός ιόντων οξυγόνου. Αν η ποσότητα οξυγόνου στις δύο πλευρές (μέσα και έξω) του αισθητήρα είναι διαφορετική, δημιουργείται μια τάση στους ακροδέκτες του αισθητήρα. Η μεταβολή αυτής της τάσης αντιπροσωπεύει τη διαφορά ποσότητας οξυγόνου μεταξύ των δύο πλευρών του κεραμικού σώματος και ενημερώνει τον "εγκέφαλο" ότι τα υπολείμματα οξυγόνου στα καυσαέρια δεν είναι αρκετά, για να εξασφαλιστεί η καύση των βλαβερών υπολοίπων.

Σε θερμοκρασία κάτω από τους 300°C το κεραμικό υλικό δεν είναι ενεργό και αντεπώς ο αισθητήρας δε στέλνει σήματα στον "εγκέφαλο", για να τα αξιοποιήσει.

Για να επιταχυνθεί η λειτουργία του αισθητήρα, χρησιμοποιείται μία ηλεκτρική αντίσταση, για να ζεστάνει το κεραμικό υλικό και να γίνει σε λίγο χρόνο, αγωγός ιόντων. Αυτό επίσης επιτρέπει και την τοποθέτηση του αισθητήρα σε σημεία της εξάτμισης που είναι λιγότερο ζεστά.

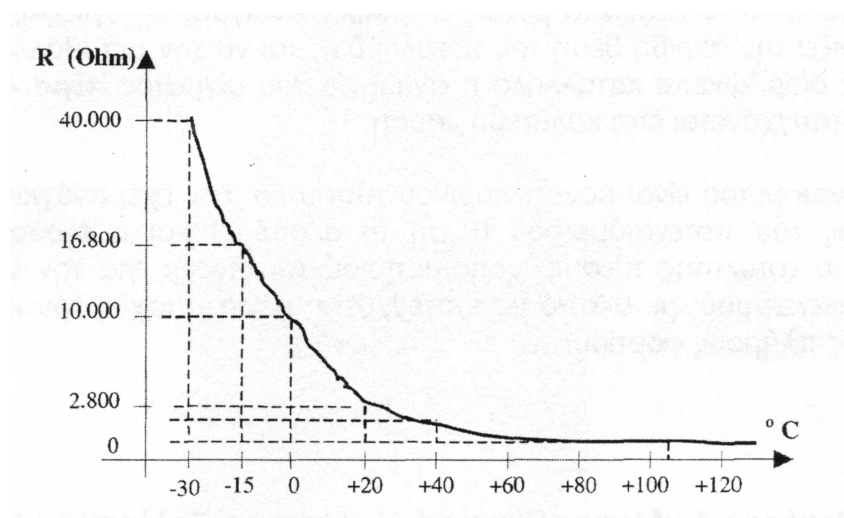
### 3.3 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Νερού (ETC)

Ο αισθητήρας **θερμοκρασίας νερού** (air control temperature ACT) που φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα ενημερώνει τον "εγκέφαλο" για την τιμή της θερμοκρασίας του νερού ψύξης.



Σχήμα: Αισθητήρας θερμοκρασίας νερού.

Είναι τοποθετημένος επάνω στο σώμα του θερμοστάτη και είναι τύπου N.T.C (με αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας). Στην πραγματικότητα είναι ένα **θερμίστορ** τύπου N.T.C, του οποίου η αντίσταση ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα: Συνάρτηση αντίστασης - θερμοκρασίας.

Ο αισθητήρας περικλείεται ερμητικά από ένα ορειχάλκινο σώμα, που το προστατεύει από τη διαβρωτική ενέργεια του νερού που κυκλοφορεί στο ψυκτικό σύστημα του κινητήρα.



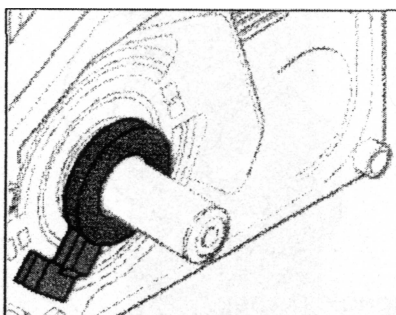
### 3.4 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Αέρα Εισαγωγής (ACT)

Ο αισθητήρας **θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής** (AIR CONTROL TEMPERATURE ACT) ενημερώνει τον "εγκέφαλο" για την τιμή της θερμοκρασίας του αέρα, που εισέρχεται στον κινητήρα. Είναι τύπου N.T.C. και είναι τοποθετημένος στην πολλαπλή εισαγωγής του κινητήρα. Αποτελείται από ένα πλαστικό σώμα, που ενσωματώνει τη θερμική αντίσταση (θερμίστορ) τύπου N.T.C.

Το ηλεκτρικό σήμα του αισθητήρα θερμοκρασίας του αέρα σε συνδυασμό με το σήμα πίεσης του αέρα εισαγωγής στον κινητήρα χρησιμοποιείται από τον "εγκέφαλο" για τον υπολογισμό της πυκνότητας του αέρα εισαγωγής.

### 3.5 Αισθητήρας Θέσης Πεταλούδας Γκαζιού (TPS)

Ο αισθητήρας **θέσης πεταλούδας γκαζιού** (throttle position sensor, **TPS**), αποτελείται από ένα ποτενσιόμετρο, του οποίου το κινητό μέρος κινείται από τον άξονα της βαλβίδας πεταλούδας του γκαζιού (Σχήμα).



Σχήμα: Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού.

Το ποτενσιόμετρο τροφοδοτείται από τον "**εγκέφαλο**" με μία τάση 5 volt. Η έξοδος του ποτενσιόμετρου εξαρτάται από τη θέση της πεταλούδας. Αυτή κυμαίνεται από το ελάχιστο μέχρι το πλήρες άνοιγμα. Ο "εγκέφαλος" πρέπει να γνωρίζει την ακριβή θέση της πεταλούδας και να την μεταβάλλει ανάλογα, ώστε να διορθώνεται κατάλληλα η αναλογία του μίγματος **αέρα - καυσίμου** και να επιτυγχάνεται έτσι καλύτερη καύση.

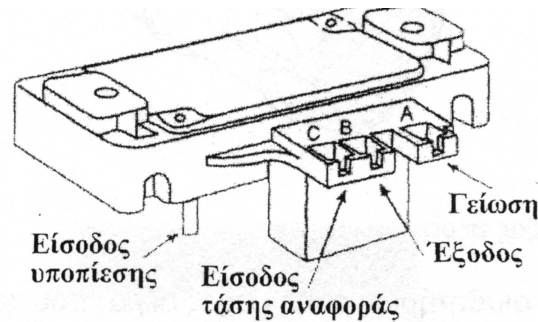
Το ποτενσιόμετρο είναι μονοπλευρικού τύπου και δεν έχει ανάγκη ρύθμισης. Η έξοδος του ποτενσιόμετρου (θέση πεταλούδας) και η έξοδος από τον αισθητήρα απόλυτης πίεσης, χρησιμοποιούνται επίσης για την αύξηση του

χρόνου ψεκασμού, με σκοπό να επιτευχθεί η μέγιστη ισχύς του κινητήρα σε συνθήκες πλήρους φορτίου.

### 3.6 Αισθητήρας Απόλυτης Πίεσης ή Υποπίεσης Πολλαπλής Εισαγωγής (MAP)

Ο αισθητήρας **απόλυτης πίεσης ή υποπίεσης πολλαπλής εισαγωγής** (manifold absolute pressure) (**MAP**) είναι τοποθετημένος απ' ευθείας στο κιβώτιο εισαγωγής και δεν χρειάζεται σωλήνα σύνδεσης (Σχήμα).

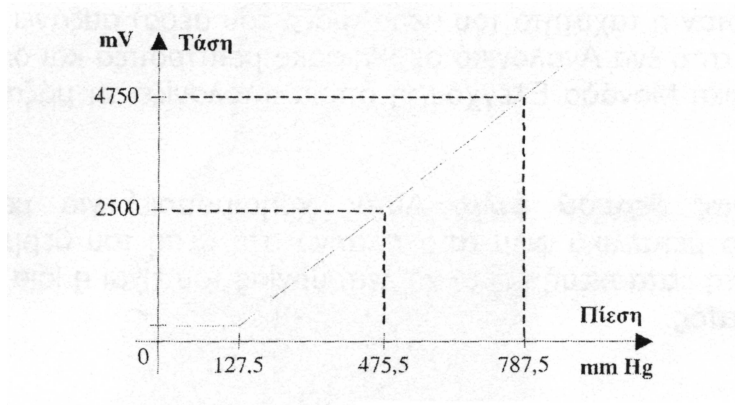
Το ευαίσθητο στοιχείο αυτού του αισθητήρα αποτελείται από μία γέφυρα **wheatstone** τυπωμένη επάνω σε μια κεραμική μεμβράνη. Στη μία πλευρά της μεμβράνης υπάρχει το απόλυτο κενό αναφοράς, ενώ στην άλλη πλευρά δρα η υποπίεση που υπάρχει στην πολλαπλή εισαγωγής.



Σχήμα: Αισθητήρας απόλυτης πίεσης.

Το σήμα, που είναι πιεζοαντιστατικής μορφής, προέρχεται από την παραμόρφωση που υφίσταται η μεμβράνη. Αυτό ενισχύεται από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, που είναι ενσωματωμένο στο στήριγμα (βάση) της κεραμικής μεμβράνης.

Με σβηστή τη μηχανή το ευαίσθητο διάφραγμα κάμπτεται ανάλογα με την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε mm Hg . Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα, η επίδραση της υποπίεσης παρέχει μία μηχανική ενέργεια στην κεραμική μεμβράνη του αισθητήρα, η οποία λυγίζει με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η τιμή των αντιστάσεων. Μεταβάλλοντας τις τιμές των αντιστάσεων μεταβάλλεται και η τιμή της τάσης στην έξοδο του αισθητήρα, σύμφωνα με το Σχήμα.



Σχήμα: Σήμα εξόδου από τον αισθητήρα απόλυτης πίεσης.

### 3.7 Αισθητήρας Ροής Μάζας Αέρα (MAT)

Ο αισθητήρας ροής μάζας αέρα (mass air flow) (MAT) στέλνει ένα ηλεκτρικό σήμα (ηλεκτρική τάση) στην Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου ("εγκέφαλο"), το οποίο είναι ανάλογο της μάζας του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα.

Υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων ροής μάζας αέρα, που και οι δύο βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας. Τοποθετούνται μεταξύ του φίλτρου αέρα και της πεταλούδας αέρα και είναι οι εξής:

*Ο αισθητήρας θερμού σύρματος.* Αυτός χρησιμοποιεί ένα σύρμα που διαρρέεται και θερμαίνεται από ένα ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο έχει σταθερή τιμή έντασης. Το σύρμα είναι μέρος μιας γέφυρας Wheatstone και λειτουργεί σαν αντίσταση εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία.

Ο αέρας που εισέρχεται στον κινητήρα απομακρύνει τη θερμότητα από το θερμό σύρμα και έτσι μεταβάλλεται η αντίσταση του σύρματος. Η μεταβολή της αντίστασης του σύρματος έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της τάσης στην έξοδο της γέφυρας Wheatstone

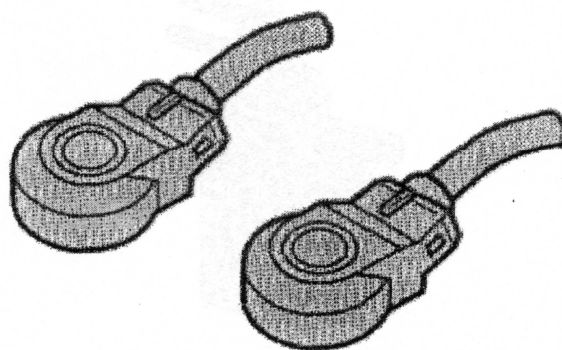
Η μεταβολή της τάσης στην έξοδο της γέφυρας Wheatstone είναι ανάλογη της ταχύτητας του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα και επομένως και ανάλογη της μάζας του αέρα.

Η τάση στην έξοδο του αισθητήρα κυμαίνεται μεταξύ 0,5 volt και 4,5 volt και αυξάνει, όταν η ταχύτητα του αέρα (μάζα του αέρα) αυξάνει. Αυτή η τάση μετατρέπεται από ένα Αναλογικό σε Ψηφιακό μετατροπέα και διαβάζεται από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου, η οποία υπολογίζει τη μάζα του αέρα σε Kgr/h.

**Ο αισθητήρας θερμού φιλι.** Αυτός χρησιμοποιεί για μεταβαλλόμενη αντίσταση ένα μεταλλικό φιλι από πλατίνα στη θέση του θερμού σύρματος και η υπόλοιπη κατασκευή και αρχή λειτουργίας του είναι η ίδια με αυτήν του θερμού σύρματος.

### 3.8 Αισθητήρας Ανίχνευσης Κτύπων από Προανάφλεξη

Ο αισθητήρας **ανίχνευσης κτύπων από προανάφλεξη** (knock sensor) αποτελείται από ένα ειδικό κρύσταλλο, ο οποίος είναι τοποθετημένος ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια (Σχήμα). Όταν πιεστεί ο κρύσταλλος, μία ηλεκτρική τάση παράγεται και εμφανίζεται στα άκρα των δύο ηλεκτροδίων. Γι' αυτό πολλές φορές αναφέρεται και ως "πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας κτυπήματος".



Σχήμα: Αισθητήρας ανίχνευσης κτύπου από προανάφλεξη.

Ο αισθητήρας ανίχνευσης κτύπων τοποθετείται στον κορμό της μηχανής, έξω από τους κυλίνδρους και στο ύψος που γίνεται η ανάφλεξη. Τοποθετείται δε σε τέτοιο σημείο, ώστε να μπορεί να ανιχνεύει κτύπους και από τους τέσσερις κυλίνδρους. Σε μηχανή με έξι κυλίνδρους ή περισσότερους τοποθετούνται δύο ή περισσότεροι αισθητήρες, για να ανιχνεύονται οι κτύποι από όλους τους κυλίνδρους.

Τα ηλεκτρικά σήματα από τους αισθητήρες, πριν οδηγηθούν στην Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου ("εγκέφαλο"), διαμορφώνονται κατάλληλα μέσω:

- Ενός **Φίλτρου Συχνότητας**, που σκοπό έχει να αποκόπτει τα σήματα (θορύβους), που δημιουργούνται από τον κινητήρα και να αφήνει να περνούν τα σήματα τα οποία οφείλονται μόνο σε κτυπήματα λόγω προανάφλεξης.

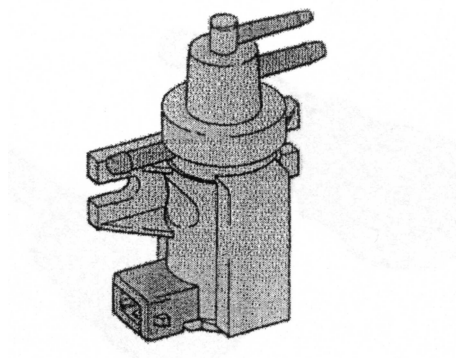
- Ενός **Ενισχυτή**, ο οποίος ενισχύει τα ηλεκτρικά σήματα που δημιουργούνται από τον αισθητήρα κτυπημάτων.
- Ενός **Ολοκληρωτή Σήματος**, που μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα και το κάνει συμβατό, ώστε να μπορεί να διαβαστεί από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου.

Ο χρόνος ανάφλεξης εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα και από την απόλυτη πίεση του μίγματος αέρα - καυσίμου. Κάθε φορά που ανιχνεύονται κτυπήματα (λέγονται και πυράκια) γίνεται αφαίρεση του αβάνς κατά μία μοίρα (1°) μέχρι μία μέγιστη τιμή που είναι πέντε συνολικά μοίρες (5°).

Μόλις εξαφανιστούν τα κτυπήματα, το σύστημα επανέρχεται σιγά-σιγά στην κανονική τιμή του αβάνς. Αν το αβάνς ελαττωθεί κατά πέντε μοίρες (5°) και τα κτυπήματα συνεχίζονται, η Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου εμπλουτίζει το μίγμα αέρα - βενζίνης, μεγαλώνοντας το χρόνο ψεκασμού στα **μπτεκ**. Αν αυτό δεν είναι αρκετό, θέτει σε κίνηση την ηλεκτροβαλβίδα υπερτροφοδότησης αέρα, για να ελαττώσει την απόλυτη πίεση του μίγματος αέρα-βενζίνης.

### 3.9 Αισθητήρας Θέσης της Βαλβίδας Ανακυκλοφορίας των Καυσαερίων (EGR)

Η βαλβίδα ανακυκλοφορίας των καυσαερίων (exhaust gas re-circulation EGR), που φαίνεται στο Σχήμα, ελέγχεται από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου της μηχανής και ρυθμίζει την ποσότητα των καυσαερίων που επιστρέφουν στην πολλαπλή εισαγωγής του κινητήρα.



Σχήμα: Βαλβίδα ανακυκλοφορίας καυσαερίων.

Η θέση της περόνης στη βαλβίδα **EGR** καθορίζει το άνοιγμα ή το κλείσιμο του αγωγού που οδηγεί τα καυσαέρια προς την πολλαπλή εισαγωγής.

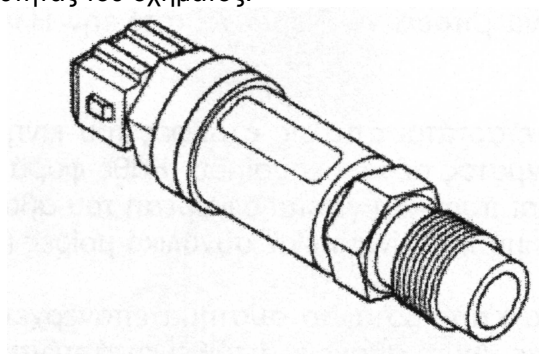
Ο αισθητήρας **θέσης της βαλβίδας (περόνης) ανακυκλοφορίας των καυσαερίων** είναι ένας χωρητικός αισθητήρας, ο οποίος μετατρέπει την πίεση ή την υποπίεση των καυσαερίων σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο ενημερώνει την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου για τη θέση της περόνης στη βαλβίδα EGR.

Στη μνήμη της Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου έχει από πριν αποθηκευθεί πίνακας δεδομένων, ο οποίος δίνει τη θέση της περόνης για το εκάστοτε ηλεκτρικό σήμα του αισθητήρα.

### 3.10 Αισθητήρας της Ταχύτητας του Οχήματος (VSS)

Ο αισθητήρας της ταχύτητας του οχήματος (vehicle speed sensor, VSS) ενημερώνει την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου για την ταχύτητα με την οποία κινείται το όχημα (Σχήμα).

Σχήμα: Αισθητήρας ταχύτητας του οχήματος.



Σχήμα: Αισθητήρας ταχύτητας του οχήματος.

Ο αισθητήρας είναι μαγνητικού τύπου, τοποθετείται στο κιβώτιο ταχυτήτων και η θέση του είναι τέτοια, ώστε τα δόντια του γραναζιού που μεταδίδει την κίνηση στους τροχούς του οχήματος να δημιουργούν μία μεταβολή των μαγνητικών γραμμών του αισθητήρα. Η μεταβολή των μαγνητικών γραμμών δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό στα άκρα του πηνίου, ο οποίος αναγνωρίζεται από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου.

Η ταχύτητα του οχήματος υπολογίζεται:

- από τον αριθμό των δοντιών του γραναζιού,
- από τους ηλεκτρικούς παλμούς, που αναγνώρισε ο "εγκέφαλος" σε ορισμένο χρόνο,
- από τη διάμετρο των τροχών και
- από τη σχέση μείωσης των στροφών του άξονα μετάδοσης στο διαφορικό.

### 3.11 Άλλα Είδη Αισθητήρων

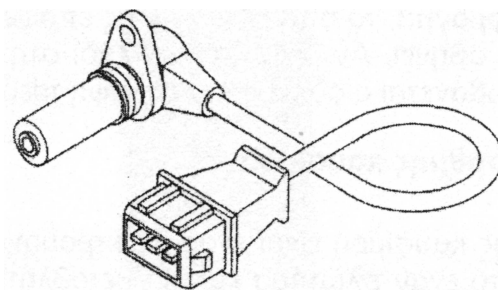
Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων στην προσπάθειά τους να προσφέρουν μία καλύτερη άνεση, ασφάλεια, οικονομία καυσίμου και ταυτόχρονα αύξηση της ισχύος του κινητήρα και περιορισμό των καυσαερίων στο ελάχιστο έχουν αυτοματοποιήσει και βελτιστοποιήσει σχεδόν κάθε λειτουργία του αυτοκινήτου.

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω, χρειάστηκε να κατασκευάσουν και να χρησιμοποιήσουν τους απαιτούμενους αισθητήρες για κάθε σύστημα.

Σήμερα, λοιπόν, θα συναντήσει κανείς, εκτός από τους αισθητήρες που έχουν περιγραφεί προηγούμενα, και πολλούς άλλους, μεταξύ των οποίων και τους παρακάτω:

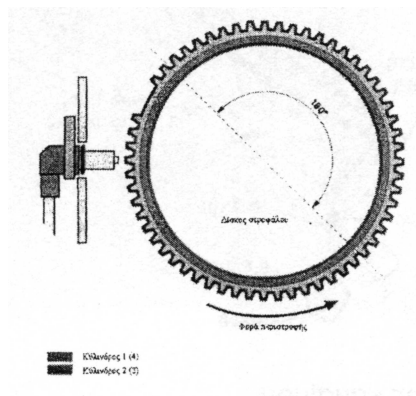
#### 3.11.1 Αισθητήρας στροφών του κινητήρα.

Ο αισθητήρας στροφών του κινητήρα (Σχήμα) είναι ένας μαγνητικός αισθητήρας, ο οποίος στέλνει ηλεκτρικούς παλμούς στην Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου για τη μέτρηση των στροφών ανά λεπτό του κινητήρα.



Σχήμα: Αισθητήρας στροφών του κινητήρα.

Ένας οδοντωτός δίσκος χρονισμού είναι τοποθετημένος στο στροφαλοφόρο του κινητήρα και φέρει 60 δόντια εκ των οποίων τα δύο λείπουν (Σχήμα).

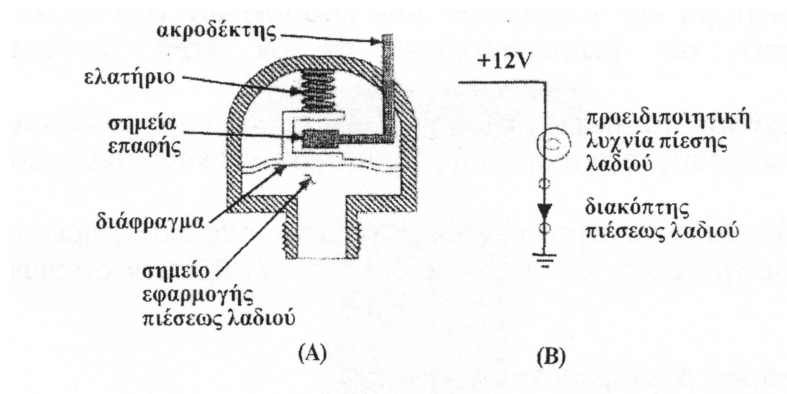


Σχήμα: Δίσκος χρονισμού με 60-2 δόντια.

Το σημείο του δίσκου που λείπουν τα δόντια δίνει μεγαλύτερο χρόνο μεταξύ των παλμών και χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για τη γωνιακή θέση του στροφαλοφόρου, με σκοπό να υπολογιστεί από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου το σημείο και ο χρόνος ανάφλεξης.

### 3.11.2 Αισθητήρας πίεσης λαδιού.

Ο αισθητήρας πίεσης λαδιού (Σχήμα) είναι ένας απλός διακόπτης, που έχει τις επαφές του κλειστές, όταν είναι σε ηρεμία.



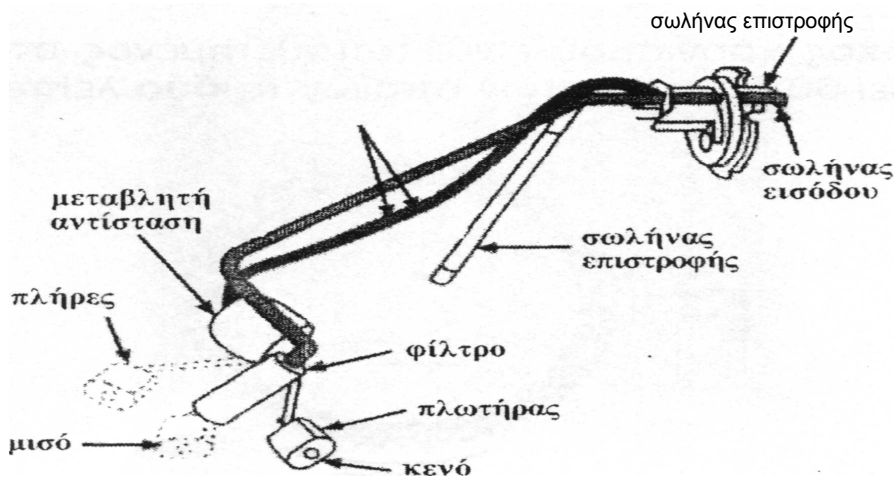
Σχήμα: Αισθητήρας πίεσης λαδιού.

Όταν ο διακόπτης ανάφλεξης γυρίσει στη πρώτη θέση (**RUN**), χωρίς να έχει εκκινήσει η μηχανή, μια ενδεικτική λυχνία ανάβει. Όταν η μηχανή λειτουργεί, το λάδι πιέζει ένα διάφραγμα, το οποίο ανοίγει τις επαφές του διακόπτη, και η λυχνία πίεσης λαδιού σβήνει. Αν δεν υπάρχει λάδι στη μηχανή, η λυχνία δε σβήνει και έτσι αντιλαμβάνεται ο οδηγός την έλλειψη πίεσης λαδιού.

### 3.11.3 Αισθητήρας στάθμης καυσίμου.

Ο αισθητήρας στάθμης καυσίμου είναι ένας ηλεκτρομηχανικός αισθητήρας, ο οποίος αποτελείται από έναν πλωτήρα και μία μεταβλητή αντίσταση (Σχήμα). Η μεταβλητή αντίσταση μεταβάλλεται, όταν αλλάξει η θέση του πλωτήρα.



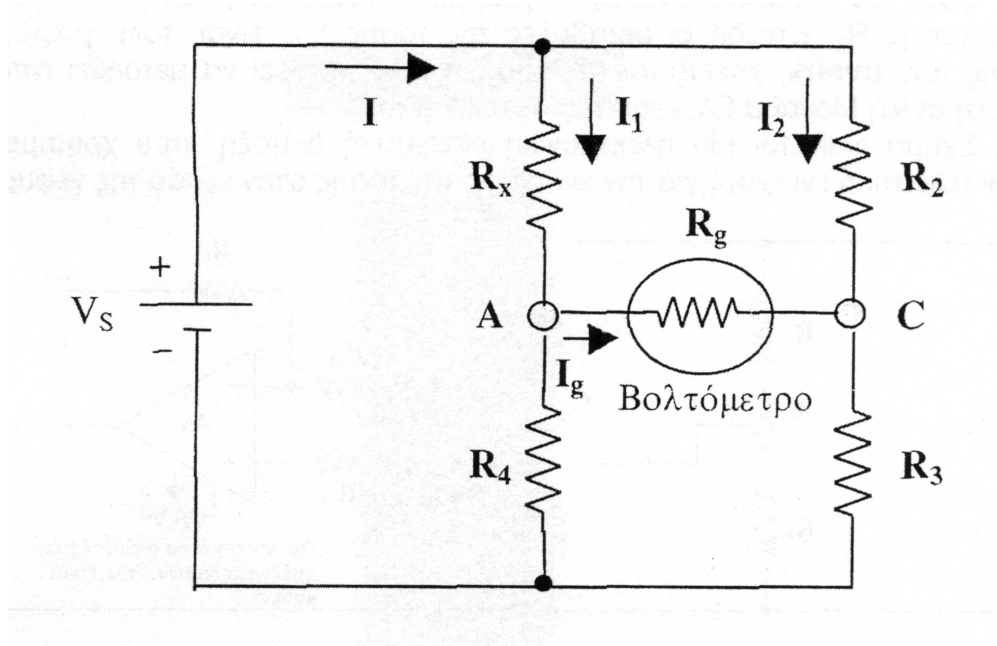


Σχήμα: Αισθητήρας στάθμης καυσίμου.

Ο αισθητήρας τροφοδοτείται με ρεύμα, το οποίο εξαρτάται από την τιμή της αντίστασης και είναι ανάλογο της στάθμης του καυσίμου. Το ρεύμα αυτό χρησιμοποιείται για την ένδειξη της ποσότητας του καυσίμου που περιέχει η δεξαμενή καυσίμου.

#### ΓΕΦΥΡΑ Wheatstone

Το 1843 περίπου ο Wheatstone σχεδίασε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, που ονομάστηκε "Γέφυρα Wheatstone" και η μορφή της φαίνεται στο Σχήμα.



Σχήμα: Γέφυρα Wheatstone

Οι αντιστάσεις  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  είναι συνήθως ίσες και η αντίσταση  $R_x$  είναι η μεταβλητή αντίσταση του αισθητήρα.

Αν η γέφυρα είναι σε **ισορροπία**, τότε η τάση μεταξύ των σημείων A και C,  $V_{ac}$  είναι μηδέν και το ρεύμα  $I_g$  είναι μηδέν. Η συνθήκη που πρέπει να ισχύει, για να έχουμε ισορροπία στη γέφυρα, είναι:

$$R_x / R_2 = R_4 / R_3$$

Η αντίσταση  $R_g$  είναι η εσωτερική αντίσταση εισόδου του βολτομέτρου, η οποία είναι πολύ μεγάλη, και έτσι το ρεύμα  $I_g$  είναι πολύ μικρό, σχεδόν μηδέν, συγκρινόμενο με τα ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$ .

Αν η αντίσταση του αισθητήρα  $R_x$  μεταβληθεί, η ισορροπία της γέφυρας θα διαταραχθεί και το βολτόμετρο θα μας δείξει μία τάση  $v_{ac}$ , η οποία θα αντιπροσωπεύει κάποια αντίστοιχη μεταβολή της φυσικής μεταβλητής (π.χ. θερμοκρασία ή πίεση) που μετρά ο αισθητήρας.

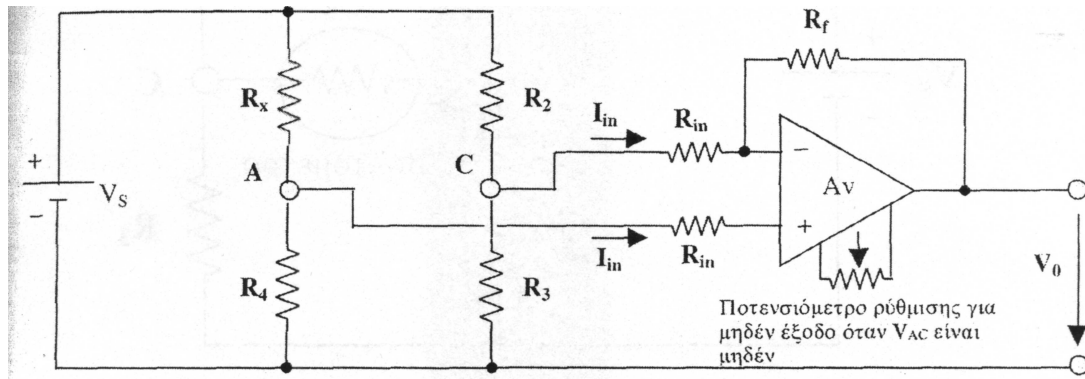
Η τάση ανάμεσα στα σημεία A και C δίνεται από τη σχέση:

$$V_{AC} = V_S \cdot \left( \frac{R_x}{R_x + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

**Αν η γέφυρα είναι σε ισορροπία, από τη σχέση προκύπτει ότι  $v_{ac} = 0$ .**

Αν τώρα η αντίσταση του αισθητήρα  $R_x$  αρχίσει να μεταβάλλεται, η τάση  $v_{AC}$  δεν είναι απ' ευθείας ανάλογη (γραμμική συνάρτηση) στις αλλαγές της αντίστασης  $R_x$ . Επειδή οι μεταβολές της τάσης  $V_{AC}$  είναι πολύ μικρές, της τάξης των  **$\mu$  volts**, χρειάζεται ενίσχυση, για να μπορεί να μετρηθεί από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου του αυτοκινήτου.

Στο Σχήμα φαίνεται μία ηλεκτρονική ενισχυτική διάταξη, που χρησιμοποιεί έναν τελεστικό ενισχυτή για την ενίσχυση της τάσης στην έξοδο της γέφυρας.



Σχήμα: Ενισχυτική διάταξη γέφυρας Wheatstone.

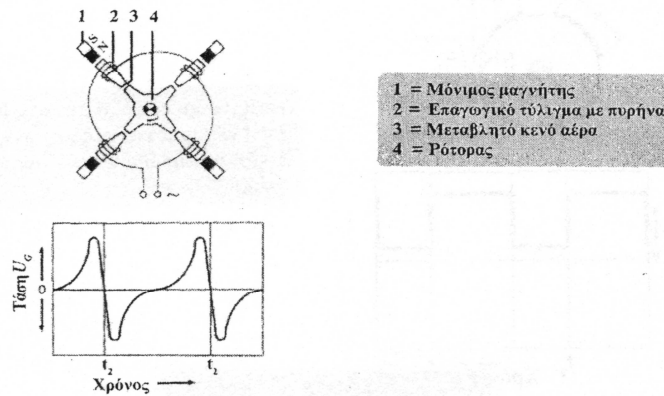
Η τάση εξόδου του ενισχυτή  $V_0$  παίρνει συνήθως τιμές μεταξύ +12 volt και 12 volt και μπορεί να διαβαστεί από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου του συστήματος.

Η Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου χρησιμοποιεί ένα αποθηκευμένο από πριν πίνακα δεδομένων. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει δεδομένα τα οποία έχουν υπολογιστεί, λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβολή των αντιστάσεων λόγω θερμοκρασίας και τη μη γραμμικότητα της τάσης εξόδου του αισθητήρα με τη φυσική μεταβλητή που αυτός μετράει.

### 3.12 Γεννήτριες Μαγνητικών Παλμών

Οι γεννήτριες μαγνητικών παλμών (Σχήμα), αποτελούνται από:

- Έναν οδοντωτό τροχό, ο οποίος είναι τοποθετημένος σε έναν άξονα που περιστρέφεται.
- Από ένα αισθητήριο πηνίο με πυρήνα.



- 1 = Μόνιμος μαγνήτης
- 2 = Επαγωγικό τύλιγμα με πυρήνα
- 3 = Μεταβλητό κενό αέρα
- 4 = Ρότορας

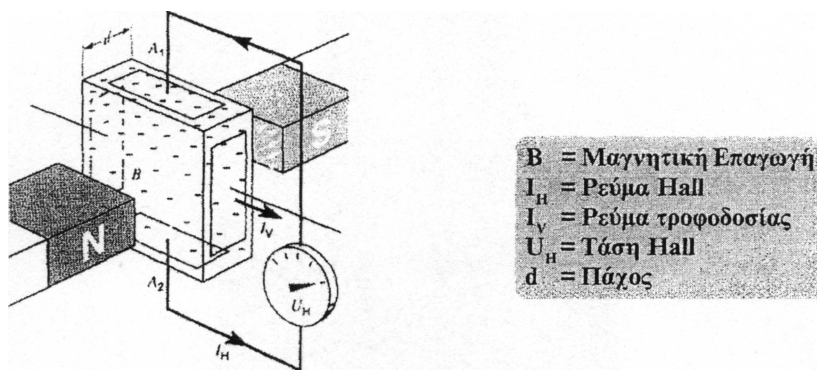
Σχήμα: Γεννήτρια μαγνητικών παλμών.

Κάθε φορά που ένα δόντι του τροχού περνάει μπροστά από το πηνίο, ένας ηλεκτρικός παλμός εμφανίζεται στα άκρα του πηνίου. Ο ηλεκτρικός παλμός ενισχύεται και οδηγείται στην Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου.

Ο αριθμός των ηλεκτρικών παλμών σε ορισμένο χρόνο και ο αριθμός των δοντιών του δίσκου χρησιμοποιούνται από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου, για να υπολογίσει τις στροφές ανά λεπτό του περιστρεφόμενου άξονα.

### 3.13 Διακόπτες Φαινομένου Hall

Οι διακόπτες φαινομένου Hall αποτελούνται από ένα μόνιμο μαγνήτη και ένα φύλλο Αρσενιούχου Γαλλίου (hall). Το φύλλο hall τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, έτσι, ώστε να τέμνει κάθετα τις μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του μόνιμου μαγνήτη. Τότε παράγεται ένα ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο είναι κάθετο στη διεύθυνση της ροής των μαγνητικών γραμμών και στη διεύθυνση ροής του ρεύματος τροφοδοσίας (Σχήμα).

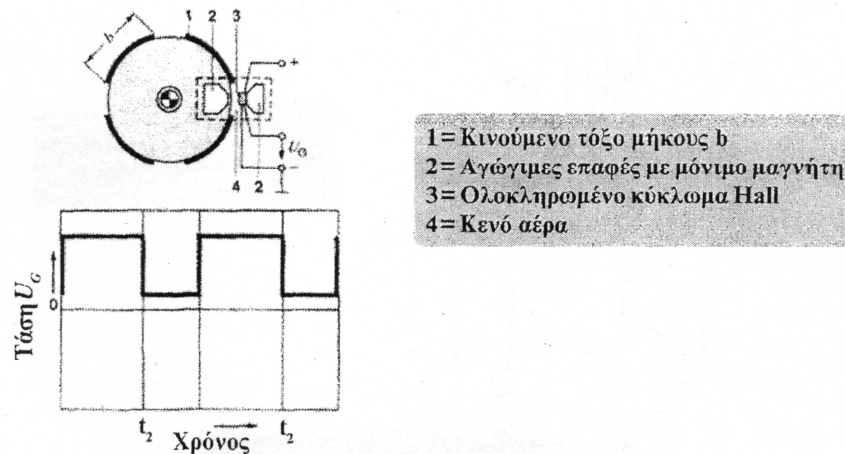


- $B$  = Μαγνητική Επαγωγή
- $I_H$  = Ρεύμα Hall
- $I_V$  = Ρεύμα τροφοδοσίας
- $U_H$  = Τάση Hall
- $d$  = Πάχος

Σχήμα: Φαινόμενο Hall (Hall-effect).

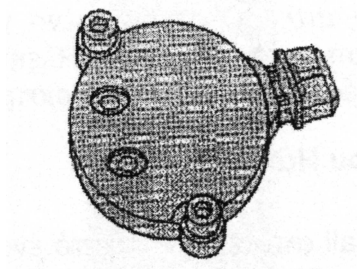
Αν ένα αντικείμενο διακόψει τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου προς το φύλλο hall, η τάση στην έξοδο του φύλλου θα γίνει μηδέν.

Στα αυτοκίνητα οι διακόπτες Hall χρησιμοποιούνται σαν γεννήτριες παλμών για το χρονισμό της ανάφλεξης (Σχήμα), και για σηματοδότηση της κυκλικής θέσης εξαρτημάτων που περιστρέφονται.



Σχήμα: Hall διακόπτης για τη δημιουργία παλμών ανάφλεξης.

Στο παρακάτω Σχήμα φαίνεται ένας αισθητήρας φαινομένου Hall, που χρησιμοποιείται, για να εντοπίζει αν τα κτυπήματα από προανάφλεξη προέρχονται από τον κύλινδρο No.1 της μηχανής.



Σχήμα: Αισθητήρας τύπου Hall

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4\*: ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ**

### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ**

Το φαινόμενο της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια άρχισε να προβληματίζει έντονα τους κατοίκους των βιομηχανικών πόλεων, όπως το Los Angeles της Καλιφόρνια των Η.Π.Α., από τις αρχές της δεκαετίας του 1960.

Οι ειδικές κλιματολογικές συνθήκες της βιομηχανικής περιοχής αυτής και η αλματώδης αύξηση των κατοίκων και των αυτοκινήτων οδήγησαν στη λήψη των πρώτων μέτρων για τη μείωση των καυσαερίων της βιομηχανίας.

Τα μέτρα αυτά, όμως, έλυσαν προσωρινά μόνο το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έτσι έγινε αναγκαία η επέκταση των μέτρων αυτών και στα αυτοκίνητα. Αυτή ήταν η αφορμή για την ανάπτυξη συστημάτων περιορισμού των ρύπων στα καυσαέρια των αυτοκινήτων.

Με την εφαρμογή του νόμου CLEAN AIR ACT, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ το έτος 1963 στην Αμερική επιτεύχθηκε ένα βασικό πρόγραμμα για την πρόληψη και τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το έτος 1965 συμπληρώθηκε ο νόμος για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα αυτοκίνητα (Motor Vehicle air Pollution Control act), ο οποίος καθόριζε τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των ρύπων στα καυσαέρια των αυτοκινήτων.

Ως πιο αποτελεσματική μέθοδος για τον περιορισμό της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια των αυτοκινήτων αρχικά θεωρήθηκε η επανατροφοδοσία τους με τον αέρα εισαγωγής. Το σύστημα αυτό, όμως, μειονεκτούσε στο ότι δεν περιόριζε την εκπομπή του μονοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Επίσης, δημιουργούσε απώλειες στις στροφές του κινητήρα, η συμπεριφορά του αυτοκινήτου ήταν κακή και η ανάλωση του καυσίμου αυξημένη.

Η επόμενη μέθοδος που δοκιμάστηκε ήταν η θερμή μετά-καύση των καυσαερίων, δηλαδή η οξείδωση των υδρογονανθράκων (HC) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε μια αντλία εισαγωγής αέρα στο κανάλι εξαγωγής για την οξείδωση. Για τη βελτίωση του

συστήματος προστέθηκε στο κανάλι εξαγωγής ένας θερμικός αντιδραστήρας, ο οποίος αρχικά λειτουργούσε σε φτωχό μείγμα ( $\lambda > 1$ ).

Ο θερμικός αντιδραστήρας ήταν ένας σχετικά μεγάλος και μονωμένος χώρος, μέσα στον οποίο έμεναν για όσο το δυνατό περισσότερο χρόνο τα καυσαέρια σε υψηλές θερμοκρασίες, προκειμένου να οξειδωθούν. Η κακή, όμως, συμπεριφορά στην οδήγηση του αυτοκινήτου και η μη αποτελεσματική οξείδωση των ρύπων οδήγησε στην εφαρμογή του "πλούσιου" αντιδραστήρα.

Ο "πλούσιος" αντιδραστήρας λειτουργούσε με υπερτροφοδοσία καυσίμου ( $\lambda < 1$ ) και πετύχαινε πιο αποτελεσματική μείωση των τιμών του μονοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Με τη διατήρηση της επιστροφής των καυσαερίων για την μείωση του οξειδίου του αζώτου, το σύστημα συνολικά έδινε μια ικανοποιητική λύση για τον περιορισμό των ρύπων στα καυσαέρια.

Μεγάλο μειονέκτημα του "πλούσιου" αντιδραστήρα ήταν η υψηλή κατανάλωση καυσίμου. Έτσι το επόμενο λογικό βήμα για τον περιορισμό των ρύπων ήταν η τοποθέτηση συστημάτων για την καταλυτική επεξεργασία των καυσαερίων.

Το πρώτο σύστημα καταλυτικού μετατροπέα έφερε ως σώμα (καταλύτη) υλικό σε κόκκους. Λόγω της τριβής, οι κόκκοι καταστρέφονταν κατά τη λειτουργία του αυτοκινήτου και έπρεπε να συμπληρώνονται ή να αντικαθίστανται. Αυτό, όπως και η σχετικά μεγάλη αντίσταση που προέβαλλαν στη διέλευση των καυσαερίων συντέλεσαν στη μη καθιέρωση αυτού του συστήματος.

Σήμερα χρησιμοποιούνται μονόλιθοι ως σώμα του καταλυτικού μετατροπέα. Κατά τη δεκαετία του 1970, οι καταλυτικοί μετατροπείς αντικατέστησαν τους θερμοαντιδραστήρες. Από αυτή την εποχή άρχισε η αλματώδης τεχνολογική εξέλιξη των συστημάτων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στα αυτοκίνητα.

Το πρώτο αυτοκίνητο με καταλυτικό μετατροπέα κατασκευάστηκε στις Η.Π.Α. στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Ο καταλυτικός μετατροπέας ήταν οξειδωτικός και συνδυάστηκε με τα συστήματα τροφοδοσίας της εποχής εκείνης.

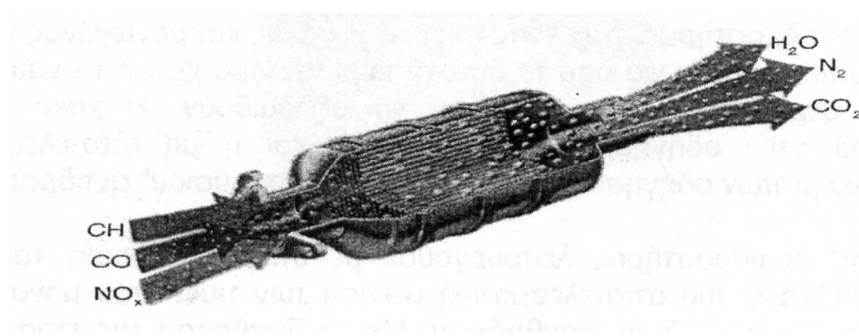
Στην Ευρώπη η καταλυτική τεχνολογία εφαρμόστηκε δέκα χρόνια αργότερα από τις Η.Π.Α. Αυτό συνέβη γιατί οι Ευρωπαϊκές κυβερνήσεις θεώρησαν ότι έπρεπε να γίνει βαθμιαία η εφαρμογή των μέτρων για τη μείωση των ρύπων στα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Οι λόγοι ήταν ότι αφενός δεν έπρεπε να

διαταραχθεί βίαια η ισορροπία στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας και αφετέρου ότι θα έπρεπε να πεισθεί ο κόσμος για την ανάγκη της χρησιμοποίησης των καταλυτικών μετατροπέων.

Στην Ελλάδα τα πρώτα "καταλυτικά" αυτοκίνητα πρωτοεμφανίστηκαν το 1987 και από τότε η παρουσία τους γίνεται όλο και πιο έντονη, αφού από το 1990 και μετά εισάγονται αυτοκίνητα μόνο αυτής της τεχνολογίας. Σήμερα η συντριπτική πλειοψηφία των αυτοκινήτων στη χώρα μας είναι καταλυτικής τεχνολογίας.

#### 4.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Ο καλύτερος καθαρισμός των καυσαερίων επιτεύχθηκε τελικά με την καταλυτική επεξεργασία (εικόνα). Η δυνατότητα να προκαλούνται χημικές αντιδράσεις με την παρουσία καταλυτών (π.χ. ευγενών μετάλλων όπως η πλατίνα και το ρόδιο) ήταν γνωστή πριν από πολλά χρόνια.



Εικόνα: Καθαρισμός των καυσαερίων με καταλυτική επεξεργασία.

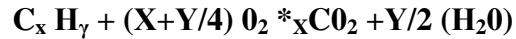
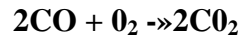
Με την παρουσία ενός καταλύτη, η ταχύτητα των αντιδράσεων αυξάνεται σημαντικά, αφού οι χημικές αντιδράσεις μπορούν να γίνουν και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Με τη χρήση ευγενών μετάλλων οξειδώνονται το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι υδρογονάνθρακες (HC), σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και νερό (H<sub>2</sub>O). Όμως η ταυτόχρονη μείωση των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) είναι εφικτή μόνο, σε περιβάλλον φτωχό σε οξυγόνο.

##### Οξειδωτικές αντιδράσεις.

Η οξειδωτική δράση του καταλυτικού μετατροπέα επιτυγχάνεται είτε μέσω της υπερστοιχειομετρικής λειτουργίας του κινητήρα ( $\lambda > 1$ ), δηλαδή με "φτωχό" μείγμα, είτε με οξυγόνωση μέσω μιας δευτερεύουσας εισαγωγής αέρα. Αυτός ο τύπος καταλυτικού μετατροπέα τοποθετείται σε βενζινοκινητήρες με



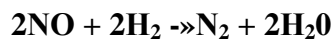
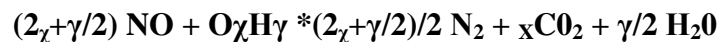
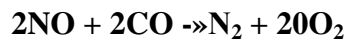
καρμπυρατέρ, όπου δεν υπάρχει ρυθμιστικό σύστημα. Η παροχή πρόσθετου οξυγόνου έχει ως σκοπό την οξειδωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των υδρογονανθράκων (HC):



Στη διαδικασία αυτή δεν λαμβάνονται υπόψη τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>).

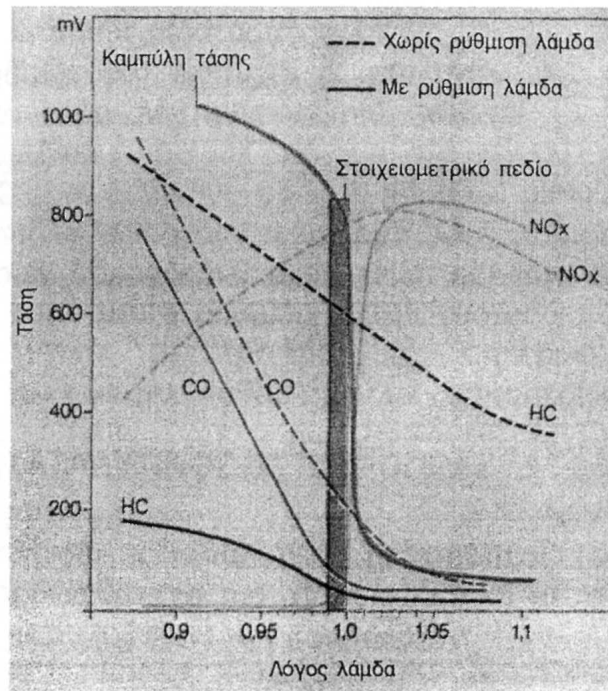
Αναγωγικές αντιδράσεις.

Η αναγωγική δράση του καταλυτικού μετατροπέα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται η παρουσία υλικών, που να ενεργούν αναγωγικά, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι υδρογονάνθρακες (HC):



Ο κινητήρας θα πρέπει να λειτουργεί υποστοιχειομετρικά ( $\lambda < 1$ ), δηλαδή να λειτουργεί με "πλούσιο" μείγμα.

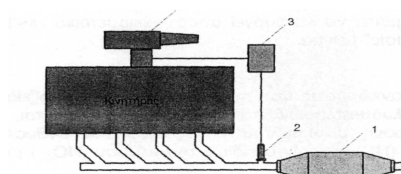
Επειδή οι χημικές αντιδράσεις που προαναφέρθηκαν (της οξειδωσης και της αναγωγής), αλληλοσυμπληρώνονται και αλληλεξαρτώνται, μπορεί να επιτευχθεί ταυτόχρονη μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), των υδρογονανθράκων (HC) και των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) μόνο μέσα στο στοιχειομετρικό πεδίο (σχήμα).



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

Αυτό απαιτεί ένα σχεδόν σταθερό μείγμα αέρα-καυσίμου για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα, πράγμα που δεν επιτυγχάνεται με ένα μηχανικό σύστημα ελέγχου του μείγματος.

Το σταθερό μείγμα αέρα-καυσίμου μπορεί να διασφαλιστεί μόνο μέσω ενός κλειστού συστήματος ρύθμισης, το οποίο θα "επιβλέπει" διαρκώς τα καυσαέρια και στην περίπτωση απόκλισης από το  $\lambda=1$  θα προσαρμόζει αμέσως την εισαγόμενη ποσότητα καυσίμου. Αυτή η ρύθμιση από την πλευρά των καυσαερίων γίνεται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα λάμδα (ή αισθητήρα οξυγόνου ή λήπτη λάμδα). Κάθε απόκλιση από την τιμή  $\lambda=1$  οδηγεί στην άμεση αλλαγή του σήματος του αισθητήρα. Μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου λαμβάνει το σήμα και διορθώνει το μείγμα αέρα-καυσίμου (σχήμα). Τα ρυθμιζόμενα συστήματα σχηματισμού μείγματος αέρα-καυσίμου με τους αισθητήρες οξυγόνου αποτελούν τη βάση για το σημερινό υψηλό επίπεδο της τεχνολογίας καθαρισμού των καυσαερίων.



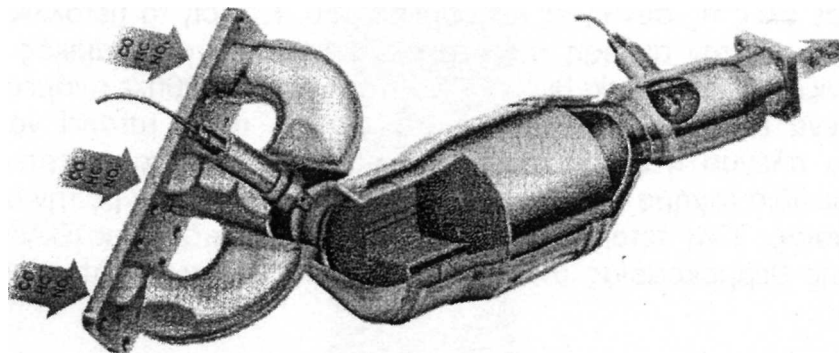
Σχήμα: Ρυθμιζόμενο σύστημα προετοιμασίας και παρασκευής

1. Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας
2. Αισθητήρας λάμδα
3. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
4. Σύστημα ψεκασμού.

Η ταυτόχρονη κατάλυση και των τριών ρύπων, δηλαδή του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), των υδρογονανθράκων (HC) και των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), σε συνδυασμό με τη ρύθμιση του μείγματος αποτελούν μαζί με τον **τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα**, το σημερινό και τεχνολογικά αποτελεσματικότερο σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων.

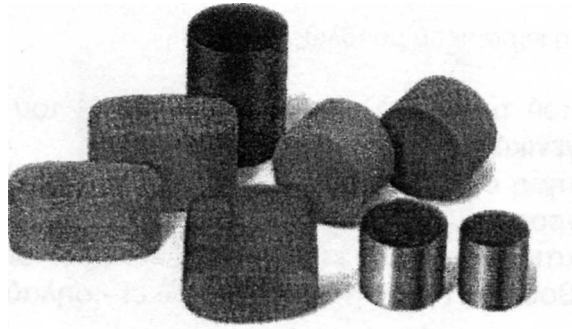
#### 4.3 ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

Ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας (εικόνα) καθιερώθηκε εδώ και πολλά χρόνια, ως το πιο αποτελεσματικό μέσο για τη μείωση των βλαβερών συστατικών (ρύπων) των καυσαερίων.



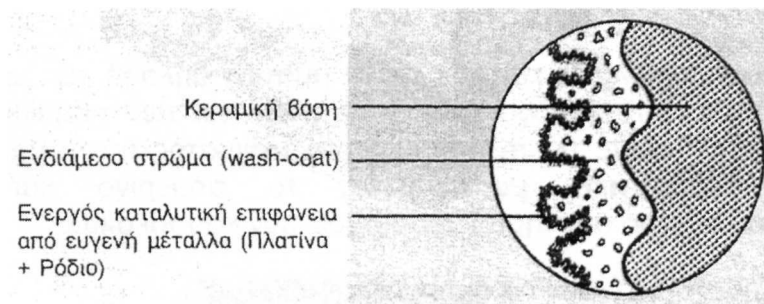
Εικόνα: Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας.

Ο καταλύτης είναι ένας κυψελοειδής μονόλιθος, επικαλυμμένος με στρώμα ευγενούς μετάλλου και στηρίζεται κατάλληλα μέσα σ' ένα μεταλλικό κέλυφος. Ο κυψελοειδής μονόλιθος σχηματίζεται είτε από κεραμικό υλικό, είτε από περιτυλιγμένο μεταλλικό έλασμα (εικόνα). Ο κεραμικός μονόλιθος χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια, ενώ το **μεταλλικό πλέγμα** χρησιμοποιείται τελευταία όλο και περισσότερο.



Εικόνα: Κεραμικοί και μεταλλικοί μονόλιθοι.

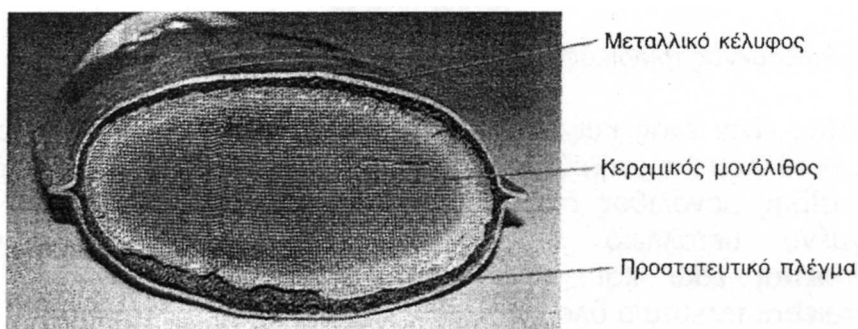
Οι μονόλιθοι επικαλύπτονται μ' ένα μείγμα ευγενών μετάλλων (σχήμα), κατά προτίμηση από πλατίνα και ρόδιο, με αναλογία 5:1. Η επικαλυπτόμενη ποσότητα φθάνει τα  $40\text{-}50\text{g}/\text{ft}^3$ . Για να αυξηθεί η εσωτερική επιφάνεια χρησιμοποιείται επιπρόσθετα ένα ενδιάμεσο στρώμα (wash-coat). Η πλατίνα υποβοηθά τις διαδικασίες οξειδωσης και το ρόδιο την αναγωγή των οξειδίων του αζώτου.



Σχήμα: Καταλυτική επιφάνεια (επικάλυψη μονόλιθου).

Η τοποθέτηση του κεραμικού μονόλιθου παρουσίασε μια τεχνική δυσκολία σχετικά με την ασφαλή στήριξη του μέσα σε ένα μεταλλικό προστατευτικό πλέγμα, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας του. Επειδή το μεταλλικό κέλυφος διαστέλλεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ ο κεραμικός μονόλιθος δεν εμφανίζει σχεδόν καμία θερμική διαστολή τοποθετήθηκε ανάμεσα στα δύο τμήματα ένα ελαστικό υλικό. Το ελαστικό αυτό υλικό μπορεί να είναι ένα συρμάτινο πλέγμα ή ένα πλέγμα από κεραμική ίνα, που αποτελείται από μικροσωματίδια (σχήμα). Τα σωματίδια αυτά διαστέλλονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ένα τέτοιο προστατευτικό πλέγμα που διαστέλλεται με την

αύξηση της θερμοκρασίας ονομάζεται "κυματοειδές προστατευτικό πλέγμα" (swell-mat).



Εικόνα: Τοποθέτηση κεραμικού μονόλιθου.

Η χρήση μεταλλικού πλέγματος για την προστασία του κεραμικού καταλύτη δεν παρουσιάζει γενικά μεγάλες δυσκολίες.

Κατά την τοποθέτηση όμως κεραμικού προστατευτικού πλέγματος πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σ' όλες τις τεχνικές λεπτομέρειες της συνολικής κατασκευής του καταλυτικού μετατροπέα, ειδικά όταν οι κεραμικοί μονόλιθοι που θα τοποθετηθούν στη μέση είναι μη κυκλικοί - δηλαδή έχουν σχήμα οβάλ ή ασύμμετρο.

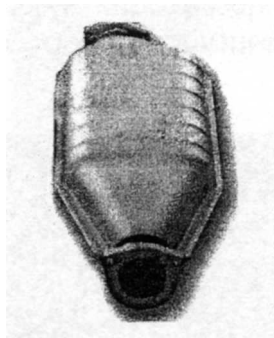
Στις υψηλές θερμοκρασίες καυσαερίων και με τις σχετικά υψηλές θερμοκρασίες του εξωτερικού περιβλήματος που σχετίζονται με τα καυσαέρια, αυξάνεται το κενό μεταξύ του μονόλιθου και του εξωτερικού περιβλήματος. Το κεραμικό προστατευτικό πλέγμα στην περίπτωση αυτή διαστέλλεται αρκετά, για να κρατήσει με ασφάλεια το μονόλιθο στη θέση του. Σε συνθήκες πλήρους φόρτισης παρουσιάζονται μεγάλες ακτινωτές και αξονικές επιταχύνσεις, που σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορούν να φθάσουν τιμές μέχρι και 80g [g (επιτάχυνση της βαρύτητας) = 9.81M/SEC<sup>2</sup>]. Γι' αυτό οι έλξεις και οι πιέσεις που διαπερνούν το εξωτερικό περίβλημα συγκρατούνται από το προστατευτικό κεραμικό πλέγμα.

Εκτός από τα παραπάνω, το ελαστικό προστατευτικό υλικό απορροφά τις ανοχές όλων των τμημάτων της κατασκευής του καταλύτη, καθώς επίσης και τις ανοχές της συναρμολόγησης. Ένα τέτοιο κεραμικό, προστατευτικό πλέγμα είναι πολύ ευαίσθητο στην οξείδωση των ινών του, ή των άλλων σωματιδίων του. Οι οξειδώσεις αυτές μπορούν να προκληθούν από το παλμοειδές ρεύμα

των καυσαερίων. Γι' αυτό θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα με κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα έτσι, ώστε το κεραμικό προστατευτικό πλέγμα να μη βρίσκεται άμεσα εκτεθειμένο στο ρεύμα των καυσαερίων.

Για την προστασία από την οξείδωση, η εταιρεία Leistriz AG ανέπτυξε μια μέθοδο χημικής επεξεργασίας των σωματιδίων (ειδικά στις γωνίες) του κεραμικού προστατευτικού πλέγματος, δίνοντας του μια ελαστική δικτυωτή μορφή. Ο μονόλιθος συγκρατείται από το ελαστικό αυτό πλέγμα και από το εξωτερικό περίβλημα.

Τα εξωτερικά περιβλήματα φέρουν κατά κανόνα μια σειρά από φανερά εξογκωμένες ρίγες (εικόνα). Οι ρίγες αυτές αυξάνουν τη σταθερότητα του περιβλήματος κατά της οβάλ παραμόρφωσης.



Εικόνα: Εξωτερικό περίβλημα με ρίγες.

Αν χρησιμοποιηθεί κεραμικό πλέγμα ως προστατευτικό υλικό, λόγω της θερμικής μόνωσης του εξωτερικού περιβλήματος, το υλικό του μπορεί να είναι από ατσαλοσίδηρο (σιδηρούχο χάλυβα), ο οποίος εμφανίζει μια περιορισμένη θερμική αγωγιμότητα, αντί για το ασάλι (χάλυβα), το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας.

Κατά τις μεταβολές της θερμοκρασίας, η απόσταση ανάμεσα στο μονόλιθο και το περίβλημα παραμένει εντός ορισμένων ορίων. Έτσι ο σιδηρούχος χάλυβας (π.χ. 1.4512 ή 316 Ti) είναι ιδιαίτερα κατάλληλος ως υλικό περιβλήματος, για την τοποθέτηση του κυματοειδούς προστατευτικού πλέγματος.

Οι αρχές που περιγράφηκαν παραπάνω επιτρέπουν το σχεδιασμό διαφόρων τύπων καταλυτικών μετατροπέων.

Για την εξωτερική θερμομόνωση είναι απαραίτητο ένα πρόσθετο κέλυφος με μονωτικό πλέγμα *ανάμεσα* στο εσωτερικό και το εξωτερικό περίβλημα. Στην περίπτωση αυτή, τα φέροντα ημιπεριβλήματα δεν είναι θερμικά μονωμένα κατά της εσωτερικής θερμοκρασίας και είναι εκτεθειμένα σε πολύ υψηλές

θερμοκρασίες. Πρέπει λοιπόν να χρησιμοποιηθεί ένα υλικό κατασκευής παρόμοιο με τον σιδηρούχο χάλυβα 1.4541.

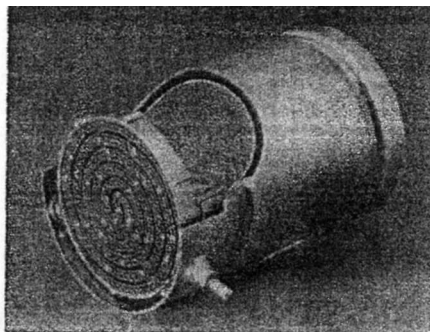
Σε σύγκριση με το σύστημα τοποθέτησης κυματοειδούς πλέγματος οι διαστάσεις του συστήματος με συρμάτινο πλέγμα είναι κατά 8 χιλιοστά μεγαλύτερες.

Η χρησιμοποίηση των συστημάτων τοποθέτησης κυματοειδούς πλέγματος αυξήθηκε τα τελευταία χρόνια ακόμα και στις γερμανικές αυτοκινητοβιομηχανίες, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

#### 4.4 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΩΜΑ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Παράλληλα με το κεραμικό σώμα χρησιμοποιείται (όλο και περισσότερο) και το μεταλλικό σώμα.

Το μεταλλικό σώμα σχηματίζεται από την περιέλιξη ή τη στρωματοποίηση λεπτών χαλύβδινων φύλλων (εικόνα). Για να αποφευχθεί το κωνοειδές άνοιγμα μιας τέτοιας περιέλιξης, που προκαλείται κατά τη λειτουργία του κινητήρα από την πίεση ροής καυσαερίων, οι περιελίξεις συνδέονται η μία με την άλλη (π.χ. με κόλληση). Όπως και το κεραμικό σώμα, έτσι και το μεταλλικό είναι καλυμμένο με στρώση ευγενών μετάλλων. Το επικαλυμμένο μεταλλικό σώμα έχει συγκολληθεί μέσα σε ένα μεταλλικό σωλήνα, ο οποίος με τη σειρά του είναι συγκολλημένος με τους αυχένες και συνδέεται με το σύστημα της εξάτμισης.



Εικόνα: Μεταλλικό σώμα καταλυτικού μετατροπέα.

Τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου μεταλλικού καταλύτη είναι κυρίως η μικρότερη εγκάρσια διατομή του και επομένως η μείωση του απαιτούμενου χώρου τοποθέτησης του, καθώς επίσης και η μειωμένη αντίσταση του στη ροή των

καυσαερίων, η οποία παρέχει μεγαλύτερη ισχύ στον κινητήρα για την προώθηση του αυτοκινήτου.

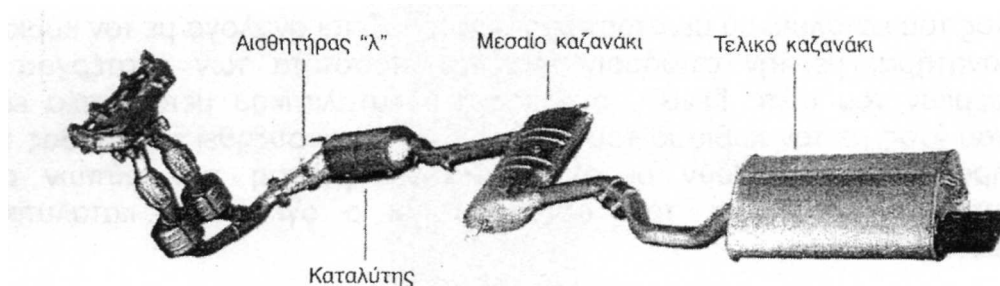
Στον καταλυτικό μετατροπέα που περιγράφηκε παραπάνω συγκολλούνται οι σωλήνες της εξάτμισης. Εδώ, το σπουδαιότερο κατασκευαστικό τμήμα είναι ο εμπρόσθιος σωλήνας. Μέσα από αυτόν το σωλήνα γίνεται η ροή καυσαερίων προς τον καταλυτικό μετατροπέα, στον οποίο γίνονται οι χημικές αντιδράσεις. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία στον καταλύτη, τόσο εντονότερες είναι οι χημικές αντιδράσεις. Για την όσο το δυνατό μικρότερη απώλεια θερμότητας των καυσαερίων, μονώνονται κατά ένα μεγάλο μέρος οι σωλήνες της εξάτμισης, καθώς και οι πρόσθιοι σωλήνες του καταλυτικού μετατροπέα.

Στην είσοδο του καταλυτικού μετατροπέα ή στην περιοχή του πρόσθιου σωλήνα τοποθετείται ο αισθητήρας λάμδα, που ελέγχει την περιεκτικότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια, ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί με στοιχειομετρικό μείγμα αέρα-καυσίμου ( $\lambda=1$ ).

Όταν  $\lambda=1$ , τα τρία βλαβερά συστατικά των καυσαερίων (μονοξείδιο CO, υδρογονάνθρακες HC και οξείδια του αζώτου NO<sub>x</sub>) καταλύονται πιο αποτελεσματικά. Ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας είναι προς το παρόν αλλά και για το άμεσο μέλλον, το καλύτερο μέσο για τη μείωση των βλαβερών συστατικών των καυσαερίων στα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα.

#### 4.5 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Αφού ο καταλυτικός μετατροπέας αντικατέστησε το θερμικό αντιδραστήρα, λογικά θα έπρεπε να τοποθετηθεί στη θέση του, δηλαδή αμέσως μετά τις βαλβίδες εξαγωγής και μέσα στο χώρο του κινητήρα. Επειδή όμως, αφενός οι μηχανικές και οι θερμικές καταπονήσεις ήταν πολύ μεγάλες και αφετέρου ο χώρος στον κινητήρα πολύ περιορισμένος, τοποθετήθηκε κάτω από το αυτοκίνητο, πριν από το μεσαίο καζανάκι της εξάτμισης (εικόνα).





Εικόνα: Τοποθέτηση του καταλυτικού μετατροπέα στο σύστημα της εξάτμισης.

Μειονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι τα καυσαέρια κατά τη διαδρομή τους προς τον καταλυτικό μετατροπέα χάνουν μέρος της θερμότητάς τους, οπότε αυξάνει ο απαιτούμενος χρόνος της ενεργοποίησης του καταλύτη. Γι' αυτό το λόγο απαιτείται κάποιος χρόνος μέχρι να φτάσει ο καταλύτης στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του.

Για τη μείωση του χρόνου έναρξης της κανονικής λειτουργίας του καταλυτικού μετατροπέα και για την επίτευξη χαμηλότερων τιμών στους ρύπους των καυσαερίων, σε κάποια συστήματα προστέθηκαν μικρότεροι καταλυτικοί μετατροπείς κοντά στον κινητήρα. Ο πρόσθετος καταλυτικός μετατροπέας υποστηρίζει τον κύριο μετατροπέα, τόσο κατά την κρύα εκκίνηση όσο και κατά την κανονική λειτουργία του κινητήρα.

Σήμερα όλοι οι κύριοι καταλυτικοί μετατροπείς είναι ρυθμιζόμενοι, δηλαδή στο σύστημα της καταλυτικής επεξεργασίας των καυσαερίων υπάρχει ένα κλειστό σύστημα ρύθμισης της προετοιμασίας του καυσίμου μείγματος. Έτσι, ο κινητήρας λειτουργεί μέσα σε ένα στενό πεδίο λάμδα ( $\lambda \sim 1$ ) και ο κυρίως καταλυτικός μετατροπέας εξουδετερώνει σε μεγάλο βαθμό τους ρύπους που περιέχονται στα καυσαέρια. Το κλειστό κύκλωμα ρύθμισης της προετοιμασίας του καυσίμου μείγματος περιλαμβάνει έναν αισθητήρα λάμδα (αισθητήρα οξυγόνου ή λήπτη λάμδα), ο οποίος προσδιορίζει την περιεκτικότητα των μορίων του οξυγόνου στα καυσαέρια. Ο αισθητήρας λάμδα στέλνει ανάλογο σήμα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία φροντίζει για τη ρύθμιση του καυσίμου μείγματος στη στοιχειομετρική αναλογία, μέσω των ηλεκτρομαγνητικών εγχυτήρων.

Μια άλλη μέθοδος για τη μείωση του χρόνου έναρξης της κανονικής λειτουργίας του καταλυτικού μετατροπέα, χωρίς την τοποθέτηση προσθέτου, είναι η θερμική μόνωση των σωληνών της εξάτμισης, που βρίσκονται μεταξύ της εξαγωγής και του καταλυτικού μετατροπέα. Έτσι, διατηρείται η θερμοκρασία των καυσαερίων, ενώ ταυτόχρονα απάγεται η θερμότητα από το χώρο του κινητήρα και από το πρόσθιο τμήμα του αυτοκινήτου.

Σε κινητήρες με διπλή εξάτμιση, όπως οι τύπου «V», όπου υπάρχουν δυο σωλήνες εξάτμισης, σε καθ'έναν από αυτούς τοποθετείται ένας καταλυτικός μετατροπέας. Στη διπλή εξάτμιση τοποθετείται είτε ένας αισθητήρας λάμδα, σε μια μέση απόσταση μεταξύ πολλαπλής εξαγωγής και καταλυτικού μετατροπέα είτε σε

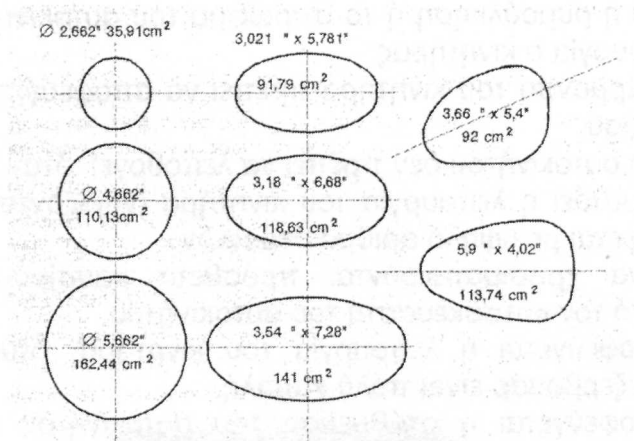
δυο (έναν σε κάθε σωλήνα εξάτμισης). Αν τοποθετηθεί ένας αισθητήρας λάμδα, οι δυο σωλήνες της εξάτμισης ενώνονται πριν τον καταλυτικό μετατροπέα και τα καυσαέρια αναμειγνύονται.

Ο όγκος του καταλυτικού μετατροπέα προσαρμόζεται ανάλογα με τον κυβισμό του κινητήρα, με την απόδοση του, την ποσότητα των ακατέργαστων καυσαερίων του κ.λ.π. γενικά, ο όγκος του καταλυτικού μετατροπέα είναι περίπου ίσος με τον κυβισμό του κινητήρα. Έτσι αν αυξηθεί το μέγεθος του κινητήρα ή αν αυξηθούν οι απαιτήσεις για μείωση των ρύπων στα εκπεμπόμενα καυσαέρια, τότε αυξάνεται και ο όγκος του καταλυτικού μετατροπέα.

Στα αυτοκίνητα σύγχρονης τεχνολογίας, όπου οι χώροι κάτω από αυτά είναι περιορισμένοι, οι καταλυτικοί μετατροπείς προσαρμόζονται ανάλογα με τους διαθέσιμους χώρους. Έτσι, αντί των σφαιρικών ή των ωοειδών διατόμων χρησιμοποιούνται συνήθως οι ασύμμετρες (σχήμα).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των καταλυτικών μετατροπέων, από το αρχικό στάδιο της μαζικής παραγωγής τους μέχρι σήμερα ήταν εντυπωσιακή.

Ο καταλυτικός μετατροπέας πρέπει να λειτουργεί κανονικά κάτω από ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες, με υψηλές μηχανικές και χημικές καταπονήσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Σχήμα: Είδη διατομών καταλυτικών μετατροπέων.

#### 4.6 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ - ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

##### Διάρκεια ζωής.

Οι σύγχρονοι καταλυτικοί μετατροπείς, σύμφωνα με την Αμερικανική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία, θα πρέπει να έχουν καλή απόδοση τουλάχιστον για 80.000KM κίνησης του αυτοκινήτου. Το νούμερο αυτό αμφισβητείται από πολλούς φορείς ως υπερβολικά χαμηλό. Γενικά θεωρείται ότι ο καταλυτικός μετατροπέας που έχει χρησιμοποιηθεί σωστά μπορεί να λειτουργεί κανονικά έως τα 160.000KM κίνησης του αυτοκινήτου.

Η μηχανική διάρκεια ζωής των σύγχρονων καταλυτικών μετατροπέων υπερβαίνει τα 200.000Km κίνησης του αυτοκινήτου.

Η χημική διάρκεια ζωής του καταλύτη του καταλυτικού μετατροπέα, δηλαδή η ικανότητα του να εξουδετερώνει τους ρύπους των καυσαερίων μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Κατά κανόνα, η αποτελεσματικότητά του είναι ικανοποιητική κατά τα πρώτα 100000km κίνησης του αυτοκινήτου. Από αυτό το σημείο και μετά η ικανότητα κατάλυσης των καυσαερίων μπορεί να πέσει απότομα.

Οι παραπάνω τιμές ισχύουν με την προϋπόθεση ότι το αυτοκίνητο και ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

## **Μέτρα προστασίας.**

Οι κατασκευαστές προτείνουν, τόσο στους τεχνικούς συντήρησης όσο και στους οδηγούς, ορισμένα μέτρα προστασίας, προκειμένου να αποφεύγονται ανεπανόρθωτες βλάβες στους καταλυτικούς μετατροπείς.

Τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

Δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση άλλου τύπου Βενζίνης, εκτός από αμόλυβδη.

Αν για οποιοδήποτε λόγο ο κινητήρας του αυτοκινήτου δεν ξεκινάει, τότε δεν πρέπει να συνεχίζονται οι προσπάθειες εκκίνησης με τη μίζα, πέρα από τις τρεις.

Δεν επιτρέπεται η ρυμούλκηση ή το σπρώξιμο του αυτοκινήτου, προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία ο κινητήρας.

Κατά την προθέρμανση του κινητήρα πρέπει να αποφεύγεται το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού.

Ο κινητήρας του αυτοκινήτου δεν πρέπει να λειτουργεί, όταν καίει λάδια, πρέπει να σταματάει η λειτουργία του κινητήρα (γυρίζοντας το κλειδί), όταν αυτός περιστρέφεται με υψηλό αριθμό στροφών.

Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πρόσθετα καυσίμου, αν αυτά δεν προτείνονται από τον κατασκευαστή του αυτοκινήτου.

Πρέπει να αποφεύγεται η λειτουργία του κινητήρα, όταν η στάθμη του καυσίμου στο ρεζερβουάρ είναι πολύ χαμηλή.

Πρέπει να αποφεύγεται η στάθμευση του αυτοκινήτου σε σημεία όπου υπάρχουν ξερά κλαδιά και χόρτα, γιατί υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς.

Αν το τσοκ του κινητήρα είναι χειροκίνητο, πρέπει να κλείνει όταν ο κινητήρας αρχίσει να λειτουργεί ομαλά.

Αν μετά από πλύσιμο ο κινητήρας δεν ξεκινά, το πιο πιθανό είναι να έχει βραχεί η ηλεκτρονική ανάφλεξη ή το καπάκι του διανομέα με τα μπουζοκαλώδια. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αφαιρεθούν τα φις για να στεγνώσουν.

Δεν πρέπει να γίνεται έλεγχος ύπαρξης σπινθήρα με αφαίρεση μπουζοκαλώδιου από κάποιον κύλινδρο.

Πρέπει να αποφεύγονται οι παρατεταμένες μετρήσεις της συμπίεσης του κινητήρα.

## 4.7 ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Ποιοτικός έλεγχος παραγωγής.

Ο ποιοτικός έλεγχος κατά τη φάση της κατασκευής των καταλυτικών μετατροπέων είναι μέρος της διαδικασίας παραγωγής τους. Πριν από την τελική φάση της παραγωγής (αυτόματη συγκόλληση με συσκευή ONO) ελέγχεται η κατασκευή των\* μεμονωμένων τμημάτων, με τυχαία δειγματοληψία. Έτσι προλαμβάνεται μεγάλος αριθμός βλαβών. Οι πιο βασικοί έλεγχοι που γίνονται είναι:

Έλεγχος του εύρους του κενού μεταξύ του μονόλιθου και του κελύφους.

Μέτρηση και των τριών διατάσεων, σε ειδική συσκευή.

Έλεγχος της στεγανότητας, μέσα σε ειδική δεξαμενή με νερό.

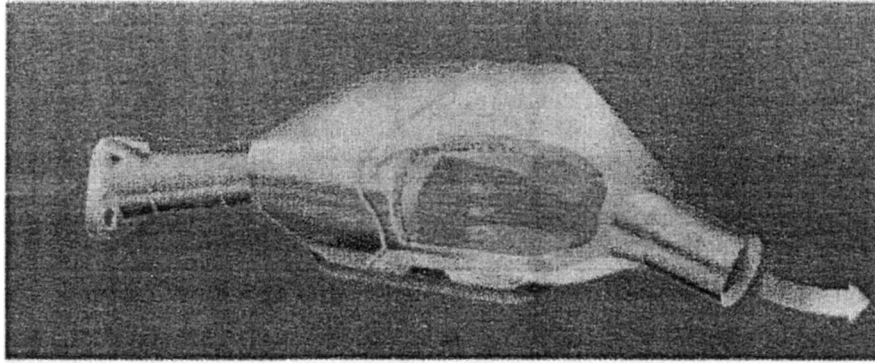
Η υψηλή ποιότητα των καταλυτικών μετατροπέων εξασφαλίζεται όχι μόνο μέσω του ποιοτικού ελέγχου παραγωγής αλλά και μέσω μιας διαδικασίας προληπτικού ελέγχου, η οποία είναι γνωστή με τα αρχικά FMEA (failure mode and effects analysis). Η είναι μια μέθοδος προληπτικής εξέτασης των επιπτώσεων των πιθανών βλαβών, καθώς και της ανίχνευσης των βλαβών κατά το σχεδιασμό, την παραγωγή, την αποθήκευση, τη μεταφορά, την εμπορία και την τοποθέτηση του προϊόντος.

Ανάλογα με τα αποτελέσματα του ελέγχου γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις, ακόμα και από το στάδιο του σχεδιασμού.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι πιο βασικοί έλεγχοι (δοκιμασίες), που γίνονται στον καταλυτικό μετατροπέα, πριν αρχίσει η μαζική παραγωγή του.

### Έλεγχος της ροής των καυσαερίων

Ο καταλυτικός μετατροπέας από την κατασκευή του προβάλλει αντίσταση στη ροή των καυσαερίων. Το φαινόμενο αυτό λέγεται "αντίθλιψη" (εικόνα) και προκαλεί απώλεια στην ιπποδύναμη του κινητήρα (περίπου 1% στις υψηλές στροφές).



Εικόνα: Ροή των καυσαερίων σε καταλυτικό μετατροπέα.

Με τον έλεγχο της αντίθλιψης, το σύστημα του καταλυτικού μετατροπέα μπορεί να τροποποιηθεί κατάλληλα, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση του κινητήρα.

#### **Έλεγχος της μηχανικής αντοχής**

Ο καταλυτικός μετατροπέας, αλλά και ολόκληρο το σύστημα της εξάτμισης δέχεται ισχυρές μηχανικές καταπονήσεις όταν κινείται το αυτοκίνητο. Οι μηχανικές αυτές καταπονήσεις που δέχεται το σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων, σε κανονικές συνθήκες οδήγησης εξομοιώνονται σε ένα εργαστήριο δοκιμών.

Με αυτό τον τρόπο ελέγχεται η αντοχή των συγκολλήσεων, οι οποίες πρέπει να αντέχουν τουλάχιστον σε 1000000 κύκλους φόρτισης. Στη συνέχεια ένα μεγάλο μέρος από αυτούς τους καταλυτικούς μετατροπέες ελέγχεται στα σημεία των συγκολλήσεων με μικροσκόπιο.

#### **Έλεγχος θερμικής αντοχής**

Κατά τη λειτουργία του κινητήρα είτε με πλούσιο είτε με φτωχό μείγμα, αναπτύσσονται στον καταλυτικό μετατροπέα πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Προκειμένου να γίνει ο έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα ως προς την αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες (θερμική αντοχή) συνδέεται στην πολλαπλή εξαγωγής ενός κινητήρα που βρίσκεται σε λειτουργία (εικόνα 8.9). Στη συνέχεια ερυθρό-πυρώνεται και δονείται με φορτίο τουλάχιστον 35g (g' επιτάχυνση της βαρύτητας).

Με αυτό τον τρόπο ελέγχεται κυρίως η ανθεκτικότητα του κεραμικού μονόλιθου.



Εικόνα: Έλεγχος θερμική αντοχής.

### **Έλεγχος σε υγρό περιβάλλον**

Ο καταλυτικός μετατροπέας συνδέεται στην πολλαπλή εξαγωγής ενός κινητήρα, ο οποίος τίθεται σε λειτουργία. Όταν φτάσει στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας, ψεκάζεται με κρύο νερό. Έτσι γίνεται προσομοίωση της ξαφνικής αλλαγής της θερμοκρασίας του καταλυτικού μετατροπέα, όταν το αυτοκίνητο κινηθεί σε βρεγμένο δρόμο.

Με αυτό τον έλεγχο εντοπίζονται κατασκευαστικές και σχεδιαστικές ατέλειες.

Έλεγχοι καλής λειτουργίας.

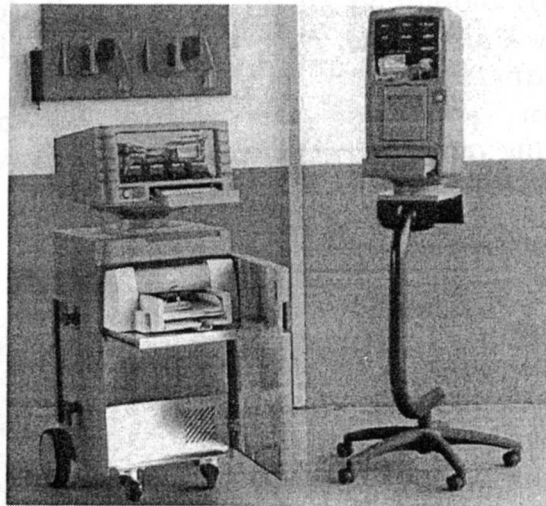
Οι βασικοί έλεγχοι της κατάστασης της λειτουργίας του καταλυτικού μετατροπέα είναι οι εξής:

### **Εξωτερικός οπτικός έλεγχος**

Εξετάζουμε προσεκτικά το εξωτερικό μέρος του μετατροπέα, αλλά και γενικά όλο το σύστημα της εξάτμισης κάτω από το αυτοκίνητο, για βλάβες από μηχανικές καταπονήσεις χτυπήματα).

### **Έλεγχος των καυσαερίων**

Ο έλεγχος των καυσαερίων αποσκοπεί στον προσδιορισμό των τιμών των ρύπων, οι οποίοι περιέχονται σ' αυτά. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με ειδικές συσκευές, ίου λέγονται "αναλυτές καυσαερίων" (εικόνα).



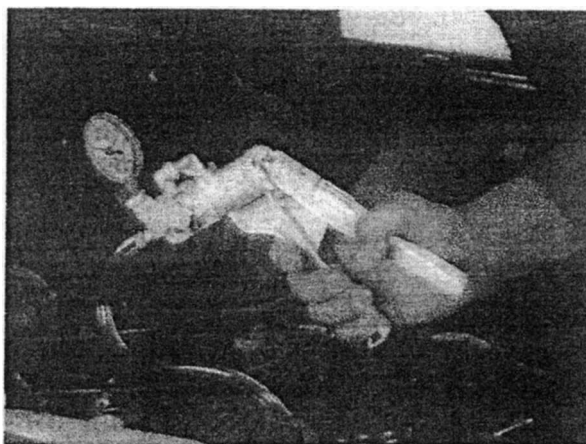
Εικόνα: Έλεγχος των καυσαερίων με αναλυτή.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης εξάγονται συμπεράσματα για την κατάσταση τόσο του καταλυτικού μετατροπέα, όσο και των συστημάτων του κινητήρα (κυρίως του συστήματος ανάφλεξης).

#### **Έλεγχος της ροής των καυσαερίων με υποπιεσόμετρο**

Ο έλεγχος της ροής των καυσαερίων γίνεται για τον εντοπισμό πιθανής φραγής (βουλώματος) στο σύστημα εξαγωγής. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με τη χρήση ενός ειδικού οργάνου, που λέγεται **υποπιεσόμετρο** (εικόνα). Αν ο κινητήρας δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνεται κανονικά, τότε κατά τη λειτουργία χωρίς φορτίο (ρελαντί), η ένδειξη του υποπιεσόμετρου μένει σταθερή στην τιμή που ορίζει ο κατασκευαστής (περίπου 700mbar). Αν αυξήσουμε τις στροφές του κινητήρα, θα παρατηρήσουμε ότι η ένδειξη του οργάνου θα μειωθεί στιγμιαία, αλλά στη συνέχεια θα επανέλθει στην αρχική τιμή. Στη περίπτωση που η ένδειξη παραμείνει σε χαμηλή τιμή ή κοντά στο μηδέν σε αυξημένο και σταθερό αριθμό στροφών, τότε πιθανότατα είναι φραγμένος ο καταλυτικός μετατροπέας και πρέπει να αντικατασταθεί.





Εικόνα: Υττοπιεσόμετρο

Η επιβεβαίωση της φραγής του καταλυτικού μετατροπέα γίνεται με τον παρακάτω τρόπο: Αφαιρούμε την τάπα, αν ο μετατροπέας είναι μη ρυθμιζόμενος ή τον αισθητήρα λάμδα αν είναι ρυθμιζόμενος, οπότε γίνεται μερική έξοδος των καυσαερίων. Αν η υποπίεση ανεβεί στην προβλεπόμενη τιμή μετά την απελευθέρωση των καυσαερίων, τότε ο καταλυτικός μετατροπέας είναι φραγμένος και πρέπει να αντικατασταθεί. Πριν προχωρήσουμε στην αντικατάσταση του επαναλαμβάνουμε και για δεύτερη φορά τον παραπάνω έλεγχο.

#### **4.8 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ**

Ο αισθητήρας λάμδα (μαζί με τον καταλυτικό μετατροπέα) φροντίζει, ώστε τα ποσοστά των ρύπων στα καυσαέρια να παραμένουν κάτω από τα επιτρεπτά όρια τιμών. Επειδή τοποθετείται στο σύστημα της εξάτμισης του αυτοκινήτου είναι διαρκώς εκτεθειμένος σε υψηλές θερμοκρασίες, σε χημικές επιδράσεις και σε μηχανικές καταπονήσεις (δονήσεις). Γι αυτό το λόγο φθείρεται εύκολα και πρέπει να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αν ο αισθητήρας λάμδα δε λειτουργεί σωστά, τότε οι τιμές των ρύπων στα καυσαέρια θα ξεπεράσουν κατά πολύ τις επιτρεπτές τιμές.

Η συνεργασία του αισθητήρα λάμδα με ένα σύγχρονο (ηλεκτρονικά ελεγχόμενο) σύστημα ψεκασμού σε κινητήρα εσωτερικής καύσης με καταλυτικό μετατροπέα στο σύστημα της εξάτμισης έχει αποδειχθεί, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, ότι είναι η ιδανική λύση για τη μείωση των ρύπων στα καυσαέρια.

Η κυριότερη προϋπόθεση για τον περιορισμό των ρύπων στα καυσαέρια, σε κινητήρα που είναι εφοδιασμένος με τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα είναι να λειτουργεί ο κινητήρας στη στοιχειομετρική αναλογία ( $\lambda=1$ ) ή με πολύ μικρή (μικρότερη του 1%) απόκλιση από αυτή. Αυτό δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί ακόμα και σε κινητήρα, ο οποίος διαθέτει το πλέον σύγχρονο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου μείγματος, αν δεν υπάρχει ένα κλειστό σύστημα το οποίο να ρυθμίζει συνέχεια το μείγμα αέρα-καυσίμου, ανάλογα με τις τιμές των ρύπων στα καυσαέρια.

Ο σκοπός της τοποθέτησης του αισθητήρα λάμδα είναι να προσδιορίζει συνεχώς την περιεκτικότητα των ρύπων στα καυσαέρια και να στέλνει ανάλογες πληροφορίες στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ψεκασμού, για διόρθωση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος στη στοιχειομετρική.

Ο προσδιορισμός των τιμών των ρύπων στα καυσαέρια από τον αισθητήρα λάμδα γίνεται με έμμεσο τρόπο. Δηλαδή, δε μετράει απευθείας τις τιμές τους, αλλά τις προσδιορίζει μετρώντας τη συγκέντρωση των μορίων του οξυγόνου, που περιέχονται στα καυσαέρια. Έτσι, αν ανιχνεύσει μεγάλη ποσότητα οξυγόνου, αυτό σημαίνει ότι το μείγμα που κάηκε ήταν "φτωχό" ( $\lambda>1$ ), ενώ αν ανιχνεύσει ελάχιστη έως μηδενική ποσότητα οξυγόνου, αυτό σημαίνει ότι το μείγμα που κάηκε ήταν "πλούσιο" ( $\lambda<1$ ). Επειδή, λοιπόν, ο αισθητήρας λάμδα μετράει την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια λέγεται και αισθητήρας οξυγόνου. Αρχικά μάλιστα λεγόταν αισθητήρας οξυγόνου αερίων εξαγωγής (Exhaust gas oxygen Sensor- EGO sensor).

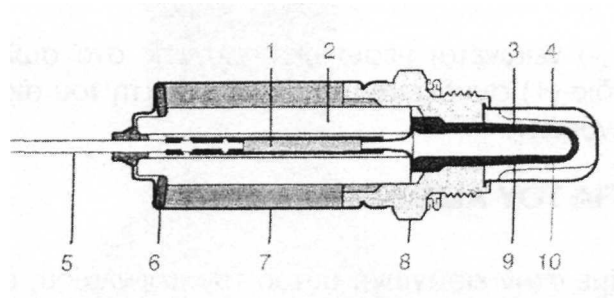
#### **4.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ**

Ο αισθητήρας λάμδα ή αισθητήρας οξυγόνου, εξωτερικά μοιάζει με αναφλεκτήρα (μπουζί). Η πρώτη εφαρμογή του σε σύστημα περιορισμού των ούττων στα καυσαέρια έγινε το έτος 1970 από την εταιρεία Bosch.



Εικόνα: Αισθητήρας λάμδα.

- Αποτελεί το πιο βασικό εξάρτημα του κλειστού κυκλώματος ρύθμισης του καυσίμου μείγματος και παρέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος τροφοδοσίας (ηλεκτρονικά ελεγχόμενος εξαερωτήρας ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ψεκασμού - injection).
- Ο αισθητήρας λάμδα είναι ένας ηλεκτρολύτης σε στερεά μορφή και αποτελείται από ένα κεραμικό αεροστεγές σώμα, το οποίο είναι κλειστό στο ένα άκρο του. Το υλικό κατασκευής του σώματος του ηλεκτρολύτη είναι το οξείδιο του Ζιρκονίου ( $ZrO_2$ ), το οποίο στερεώνεται (σταθεροποιείται) με τη βοήθεια ενός υλικού από οξείδιο του Ιτρίου ( $Y_2O_3$ ).



Εικόνα: Τομή αισθητήρα λάμδα.

Ακροδέκτης σύνδεσης

Προστατευτικό κεραμικό υλικό

Σώμα αισθητήρα ( $ZrO_2$ )

Προστατευτικός σωλήνας (πλευρά καυσαερίων)

Ηλεκτρόδιο σύνδεσης

Ελατηριωτός δίσκος

Προστατευτικό κάλυμμα (πλευρά αέρα)

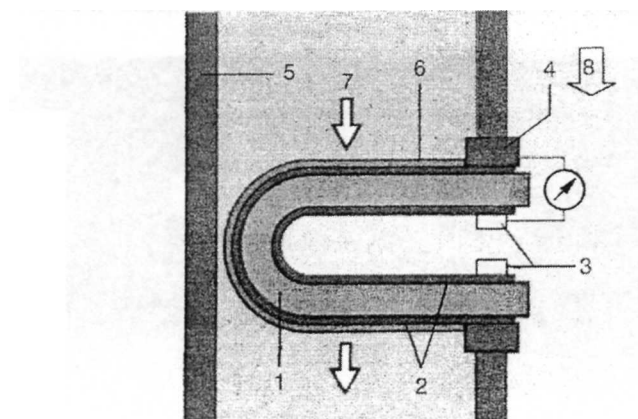
Κέλυφος

Ηλεκτρόδιο(-) (εξωτερικό)

Ηλεκτρόδιο(+) (εξωτερικό)

Το σώμα του αισθητήρα λάμδα καλύπτεται και στις δύο πλευρές του (εσωτερικά και εξωτερικά) από ηλεκτρόδια, κατασκευασμένα από σπογγώδη πλατίνα (λευκόχρυσο). Η πλευρά της πλατίνας που εκτίθεται στα καυσαέρια καλύπτεται από ένα πορώδες κεραμικό στρώμα από οξείδιο του αργιλίου. Το υλικό τοποθετείται για

την προστασία της πλατίνας από τις φθορές που προκαλούν οι επικαθίσεις των καυσαερίων.



Εικόνα: Σχηματική διάταξη του αισθητήρα λάμδα στην εξάτμιση.

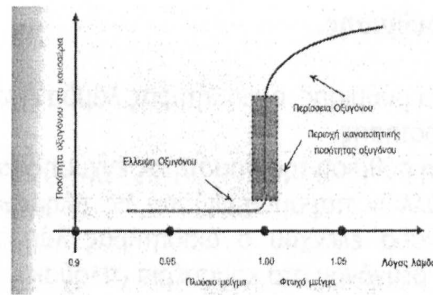
Στο εξωτερικό μέρος του τμήματος του αισθητήρα που είναι εκτεθειμένο στα καυσαέρια υπάρχει ένας ατσάλινος σωλήνας για την προστασία του αισθητήρα από μηχανικές καταπονήσεις, τις οποίες προκαλούν τα σωματίδια που υπάρχουν στα καυσαέρια. Ο σωλήνας αυτός φέρει αυλακώσεις μέσα από τις οποίες εισέρχονται τα καυσαέρια και οδηγούνται προς το ηλεκτρόδιο της εξωτερικής πλευράς. Τμήμα του αισθητήρα που είναι εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα υπάρχει μια τρύπα. Από αυτή την οπή εισέρχεται ο αέρας στο εσωτερικό του.

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή αυτού του κεφαλαίου, ο αισθητήρας λάμδα δεν μετράει απευθείας τις τιμές των ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια, αλλά τις προσδιορίζει μετρώντας την ποσότητα του οξυγόνου που περιέχεται σ' αυτά.

#### **4.10 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ**

##### **Αρχή λειτουργίας**

Η ποσότητα του οξυγόνου που περιέχεται στα καυσαέρια είναι ανάλογη με τη σύσταση καυσίμου μείγματος, το οποίο έχει εισαχθεί στον κινητήρα και έχει καεί. Άρα ο αισθητήρας λάμδα μετράει εκ των υστέρων και με έμμεσο τρόπο τη σύσταση του μίγματος αέρα- βενζίνης.



Σχήμα: Ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια σε συνάρτηση με το λόγο

Στις υψηλές θερμοκρασίες, όταν τα μόρια του οξυγόνου έλθουν σε επαφή με την πλατίνα, τότε ιονίζονται. Αν οι συγκεντρώσεις των μορίων του οξυγόνου στα ηλεκτρόδια είναι διαφορετικές, τότε εμφανίζεται μία τάση (διαφορά δυναμικού) μεταξύ τους. Τότε μέσα από το κεραμικό σώμα ( $ZrO_2$ ) του αισθητήρα, το οποίο στις υψηλές θερμοκρασίες γίνεται αγώγιμο διέρχονται ιόντα οξυγόνου, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρολύτης.

Αν λοιπόν το καύσιμο μείγμα που κάηκε ήταν πλούσιο, τότε δεν θα υπάρχουν μόρια του οξυγόνου στα καυσαέρια, ενώ, αν το μείγμα ήταν φτωχό θα είναι αρκετά. Και στις δύο περιπτώσεις πάντως, τα μόρια του οξυγόνου θα είναι λιγότερα από αυτά του ατμοσφαιρικού αέρα, επομένως θα εμφανίζεται μία τάση μεγαλύτερης ή μικρότερης τιμής ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Σε κάθε περίπτωση, η τάση αυτή μεταφέρεται ως πληροφορία (σήμα) της κατάστασης του καυσίμου μείγματος στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία με τη σειρά της δίνει εντολή στο σύστημα τροφοδοσίας για διόρθωση της σύστασης του στη στοιχειομετρική ( $\lambda=1$ ).

### Συστήματα ρύθμισης της ποσότητας του καυσίμου

Η εφαρμογή της ηλεκτρονικής τεχνολογίας στο αυτοκίνητο έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης συστημάτων, μέσω των οποίων γίνεται αυτόματα ο έλεγχος των τιμών των ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια και η ρύθμιση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος.

### Ανοιχτά συστήματα ρύθμισης.

Ανοιχτά συστήματα ρύθμισης είναι αυτά στα οποία η ποσότητα έγχυσης του καυσίμου είναι ανεξάρτητη από την περιεκτικότητα των ρύπων στα καυσαέρια.

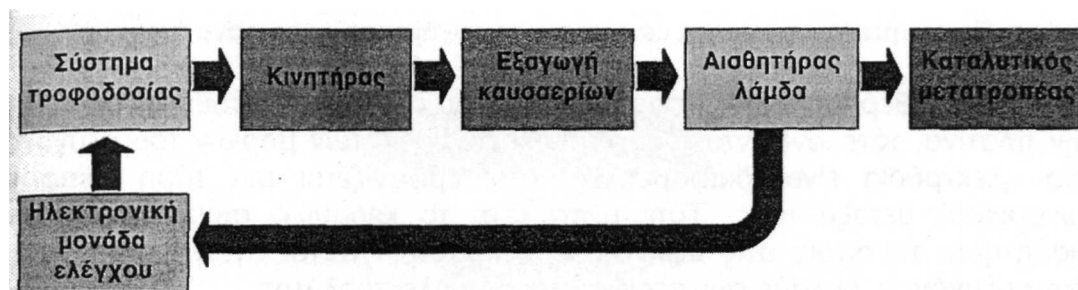
Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ανοιχτού συστήματος ρύθμισης είναι αυτό με μη ρυθμιζόμενο καταλυτικό μετατροπέα, δηλαδή χωρίς αισθητήρα λάμδα σε αυτοκίνητο αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Ακόμα και όταν το σύστημα τροφοδοσίας είναι ελεγχόμενο από ηλεκτρονική μονάδα (εγκέφαλο), επειδή δεν υπάρχει αισθητήρας λάμδα δεν είναι δυνατή η πληροφόρηση για την κατάσταση των καυσαερίων, προκειμένου να γίνουν ρυθμίσεις της σύστασης του καυσίμου μείγματος.

Σ' αυτά τα συστήματα η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, προκειμένου να προβεί σε ρυθμίσεις της αναλογίας του καυσίμου μείγματος παίρνει πληροφορίες από άλλους αισθητήρες.

### **Κλειστά συστήματα ρύθμισης.**

Είναι ένα κλειστό σύστημα ρύθμισης, ο αισθητήρας λάμδα είναι βασικό εξάρτημα του βρόχου ανατροφοδότησης.

αυτά τα συστήματα η ρύθμιση της ποσότητας έγχυσης του καυσίμου γίνεται με βάση (εκτός των άλλων παραμέτρων) και τις πληροφορίες που στέλνει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ο αισθητήρας λάμδα, σχετικά με την περιεκτικότητα μορίων οξυγόνου στα καυσαέρια (πλούσιο - φτωχό μείγμα).



Σχήμα: Κλειστά σύστημα ρύθμισης λάμδα

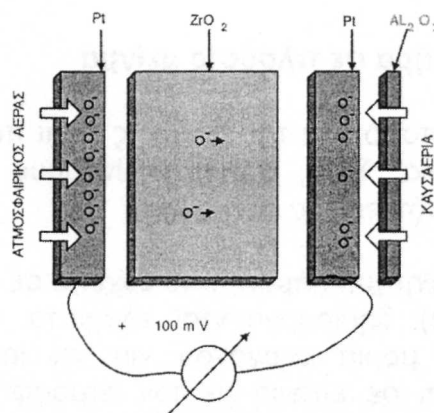
Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ακριβής ρύθμιση του καυσίμου μείγματος, με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης του καταλυτικού μετατροπέα να υπερβαίνει το 90%.

Τα κλειστά συστήματα ρύθμισης, στην αρχή της λειτουργίας τους συμπεριφέροντε ανοιχτά, επειδή ο αισθητήρας λάμδα δεν έχει φτάσει ακόμα στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του.

### Λειτουργία του αισθητήρα σε φτωχό μείγμα καυσίμου

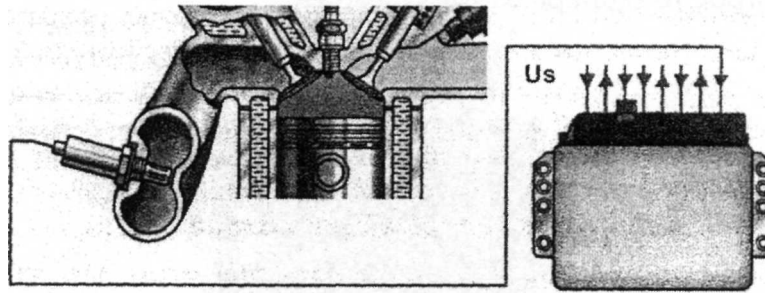
Ας υποθέσουμε ότι το μείγμα καυσίμου που κήκε ήταν φτωχό, που σημαίνει ότι στα καυσαέρια υπάρχει μεγάλη ποσότητα μορίων οξυγόνου. Τότε και στα δύο ηλεκτρόδια από πορώδη πλατίνα θα εισέρχεται μεγάλος αριθμός μορίων οξυγόνου.

Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που επικρατεί στο χώρο της εξαγωγής των καυσαερίων η πλατίνα ιονίζει τα μόρια οξυγόνου τόσο του ατμοσφαιρικού αέρα, όσο και των καυσαερίων. Επομένως και στο ηλεκτρόδιο (+) που έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα θα υπάρχουν λίγο περισσότερα ιόντα, σε σχέση με το ηλεκτρόδιο (-) είναι σε επαφή με τα καυσαέρια. Αποτέλεσμα αυτού είναι να αναπτύσσεται μία τάση μικρής τιμής (της τάξης των 100mV) μεταξύ των ηλεκτροδίων και μέσω του πορώδους σώματος ( $ZrO_2$ ) του αισθητήρα, το οποίο στις υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από  $350^\circ$  γίνεται αγώγιμο, να διέρχονται ελάχιστα φορτία.



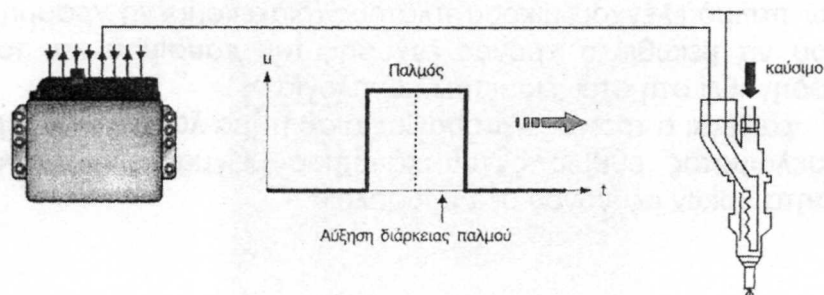
Σχήμα: Λειτουργία του αισθητήρα λάμδα όταν το καύσιμο μείγμα είναι φτωχό.

Η τάση (αναλογικό σήμα) των 100mV μεταφέρεται από τον αισθητήρα, μέσω του θετικού ηλεκτροδίου, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος τροφοδοσίας, η οποία "μεταφράζει" την πληροφορία αυτή ως καύση φτωχού μείγματος.



Σχήμα: Όταν το μείγμα αέρα-καυσίμου είναι φτωχό, ο αισθητήρας λάμδα στέλνει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ένα σήμα της τάξης των 100mV.

Τότε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, προκειμένου να διορθώσει την αναλογία αέρα-καυσίμου στη στοιχειομετρική, στέλνει έναν παλμό (ψηφιακό σήμα) μεγαλύτερου πλάτους, σε σχέση με τον προηγούμενο, στους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες (μπεκ), αυξάνοντας τη διάρκεια ψεκασμού του καυσίμου.



Σχήμα: Διαδικασία αύξησης της ποσότητας του ψεκαζόμενου καυσίμου.

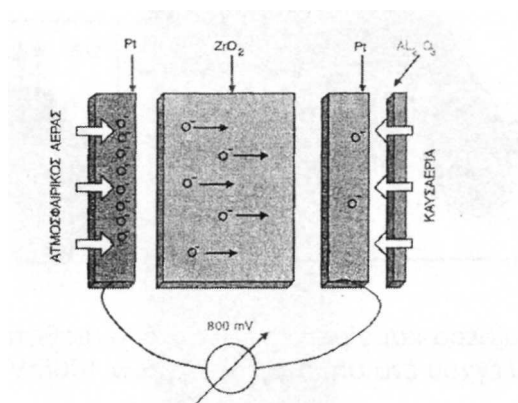
Η αύξηση της διάρκειας του παλμού (τάσης ελέγχου) προς τους εγχυτήρες (μπεκ) από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου έχει ως αποτέλεσμα την έγχυση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου, άρα τη δημιουργία πλούσιου καυσίμου μείγματος.

Η λειτουργία του αισθητήρα σε πλούσιο μείγμα

Στο πλούσιο μείγμα η ποσότητα της βενζίνης είναι περισσότερη απ' ότι στη στοιχειομετρική αναλογία. Έτσι, στους κυλίνδρους του κινητήρα θα καεί ολόκληρη σχεδόν η ποσότητα του οξυγόνου. Το ηλεκτρόδιο του αισθητήρα λάμδα, που έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια (εξωτερικό ηλεκτρόδιο) δημιουργούνται ελάχιστα ιόντα οξυγόνου αφού υπάρχουν πολύ λίγα μόρια οξυγόνου για να ιονιστούν. Αντίθετα στο ηλεκτρόδιο που έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα (εσωτερικό ηλεκτρόδιο)

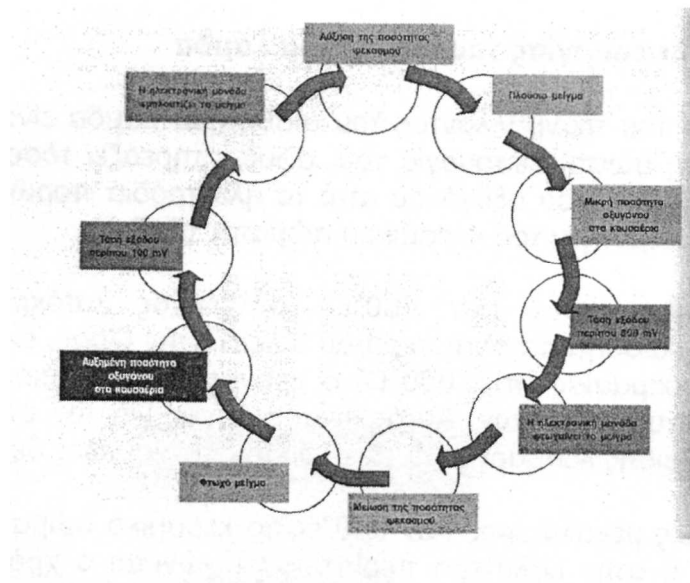


υπάρχει πλήθος ιόντων οξυγόνου (όπως και στην περίπτωση του φτωχού μείγματος). Λόγω αυτής της μεγάλης διαφοράς συγκέντρωσης ηλεκτρικών φορτίων στα δυο ηλεκτρόδια αναπτύσσεται μια ηλεκτρική τάση 800mV περίπου ( από 750 έως 900mV). Τότε , φαίνεται στο σχήμα φαίνεται στο σχήμα να παρατηρείται μεγάλη κίνηση ιόντων : από εσωτερικό ηλεκτρόδιο (+), μέσω του πορώδους στρώματος (ΖΓ02) του αισθητήρα, προς το εξωτερικό ηλεκτρόδιο (-).



Σχήμα: Λειτουργία του αισθητήρα λάμδα σε πλούσιο μείγμα.

Η τάση των 800 mV μεταφέρεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ως πληροφορία πλούσιου μείγματος. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου αφού επεξεργαστεί αυτό το σήμα στέλνει στους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες (μπεκ) έναν παλμό ελέγχου μικρού πλάτους (διακεκομμένη γραμμή στο σχ.), προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος έγχυσης του καυσίμου και το καύσιμο μείγμα να οδηγηθεί στη στοιχειομετρική αναλογία. Στο σχήμα φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας αισθητήρα λάμδα ως εξάρτημα του κλειστού κυκλώματος ρύθισης του καυσίμου μείγματος ανάλογα με την περιεκτικότητα 5ριών οξυγόνου στα καυσαέρια.



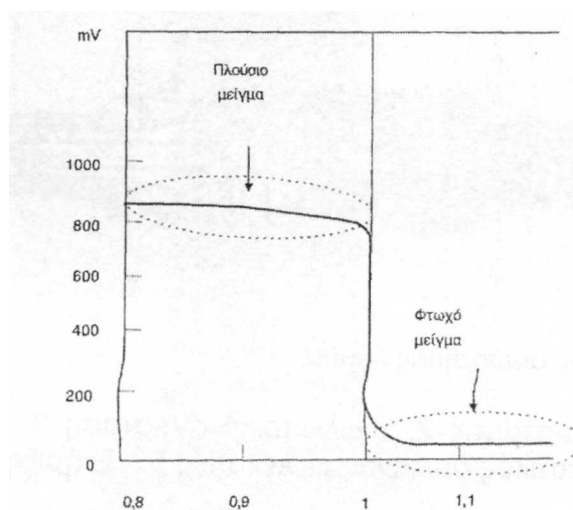
**Σχήμα:** Κύκλος λειτουργίας του αισθητήρα

**Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του αισθητήρα λάμδα**

Η καμπύλη του σχήματος παριστάνει τη μεταβολή του σήματος (τάσης) έξοδου του αισθητήρα λάμδα σε συνάρτηση με την τιμή του λόγου "λ", για θερμοκρασία καυσαερίων 600°C.

**Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του αισθητήρα λάμδα**

Η καμπύλη του σχήματος παριστάνει τη μεταβολή του σήματος (τάσης) έξοδου του αισθητήρα λάμδα σε συνάρτηση με την τιμή του λόγου "λ", για θερμοκρασία καυσαερίων 600°C.



**Σχήμα:** Καμπύλη τάσης αισθητήρα λάμδα.

Αν το μείγμα είναι φτωχό ( $\lambda > 1$ ), ο αισθητήρας παράγει ένα σήμα (τάση) 100mV περίπου (κάτω μέρος της καμπύλης), ενώ αν το μείγμα είναι πλούσιο, τότε παράγει ένα σήμα 800mV περίπου.

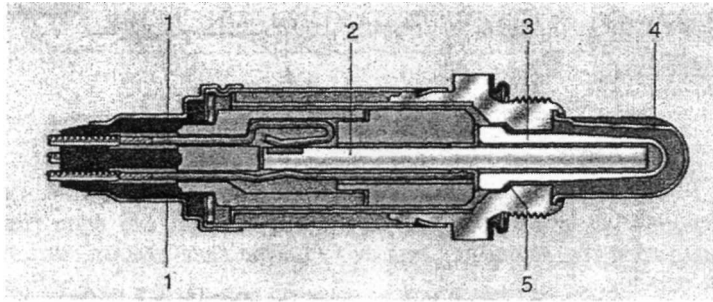
Το ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης αντιστοιχεί στη στοιχειομετρική αναλογία ( $\lambda = 1$ ) καυσίμου μείγματος ή σε τιμές πάρα πολύ κοντά σε αυτή ( $\lambda = 1$ ). Στην περίπτωση αυτή ο αισθητήρας λάμδα στέλνει ένα σήμα 400mV, το οποίο αναγνωρίζει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ως σήμα στοιχειομετρικής αναλογίας του καυσίμου μείγματος.

### **Θερμοκρασία λειτουργίας του αισθητήρα λάμδα**

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του αισθητήρα λάμδα είναι καθοριστικής σημασίας για τη σωστή λειτουργία του, αφού επηρεάζει τόσο την ικανότητα ιονισμού των μορίων του οξυγόνου από τα ηλεκτρόδια πορώδους πλατίνας, όσο και την αγωγιμότητα του κεραμικού σώματος (**ZFO2**).

Κ<sub>ε</sub> θερμοκρασίες κάτω των 300°C, ο χρόνος απόκρισης του (μη θερμαινόμενου) αισθητήρα είναι περίπου 3 λεπτά της ώρας, ενώ σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας (π.χ. 600°C) ο χρόνος αυτός περιορίζεται σε τιμές κάτω των 50 δευτερολέπτων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα κλειστά βυστήματα ρύθμισης λειτουργούν σαν ανοιχτά στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 850°C, το κεραμικό σώμα του αισθητήρα καταστρέφεται ή στην καλύτερη περίπτωση μειώνεται ο χρόνος απόκρισης του. Μπορεί όμως για πολύ μικρό χρονικό διάστημα να λειτουργήσει μέχρι τους 950°C. Για να φτάνει γρήγορα ο αισθητήρας στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του, έχει προστεθεί σ' αυτόν μια ηλεκτρική αντίσταση (θερμαντικό στοιχείο). Έτσι στην περίπτωση κρύας εκκίνησης ή όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μικρό φορτίο όπου η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι χαμηλή, η ηλεκτρική αντίσταση βοηθάει τον αισθητήρα να αποκτήσει την απαιτούμενη θερμοκρασία σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.



Εικόνα: Θερμαινόμενος αισθητήρας λάμδα.

1. Ακροδέκτες αντίστασης 2. Ηλεκτρική αντίσταση 3. Πορώδες σώμα ( $ZrO_2$ ) 4. Προστατευτικός σωλήνας με εγκοπές 5. Στήριξη  $ZrO_2$  με  $Y_2O_3$

Ο χρόνος απόκρισης του θερμαινόμενου αισθητήρα περιορίζεται στα 30 έως 40 δευτερόλεπτα κατά την κρύα εκκίνηση του κινητήρα. Ο θερμαινόμενος αισθητήρας λάμδα λειτουργεί κανονικά τουλάχιστον για 100000km κίνησης του αυτοκινήτου. Από τη έξοδο του αναχωρούν τρεις αγωγοί (ή τέσσερις με τον αγωγό γείωσης). Ο ένας αγωγός μεταφέρει το σήμα εξόδου του αισθητήρα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και οι υπόλοιποι δύο χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία της ηλεκτρικής αντίστασης με τάση 12V.

#### 4.11 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ

Η θέση τοποθέτησης του αισθητήρα λάμδα καθορίζεται από τις θερμοκρασίες, στις οποίες πρέπει να λειτουργεί και από την αντοχή του στις υψηλές θερμοκρασίες.

Όπως αναφέραμε στις προηγούμενες ενότητες, ο αισθητήρας λάμδα στις χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω των  $300^{\circ}C$ ) δεν παρουσιάζει την απαιτούμενη ταχύτητα απόκρισης, ενώ στις πολύ υψηλές (πάνω από  $850^{\circ}C$ ) υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος καταστροφής του.

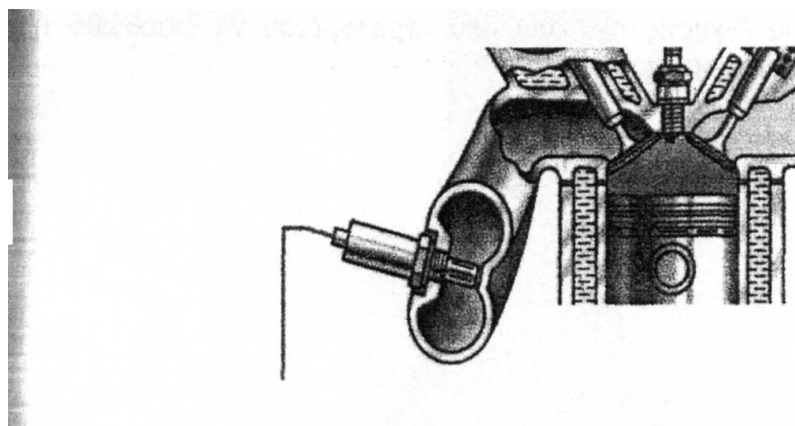
Τοποθέτηση του αισθητήρα μακριά από την πολλαπλή εξαγωγής (π.χ. στην είσοδο του καταλυτικού μετατροπέα).

Στην περίπτωση αυτή, σε κρύο ξεκίνημα του κινητήρα, όπου οι θερμοκρασία στη θέση αυτή είναι χαμηλή για κάποια λεπτά της ώρας, ο αισθητήρας θα καθυστερεί να λειτουργεί κανονικά (ως κλειστό σύστημα ρύθμισης), δηλαδή δεν θα παρουσιάζει την απαιτούμενη ταχύτητα απόκρισης.

Τοποθέτηση του αισθητήρα επάνω στην πολλαπλή εξαγωγής. Σ' αυτή τη θέση ο αισθητήρας θερμαίνεται πολύ γρήγορα και παρουσιάζει μεγάλη ταχύτητα απόκρισης. Αυτό οφείλεται στο ότι ακόμα και στο κρύο ξεκίνημα του κινητήρα, η θερμοκρασία των καυσαερίων στην πολλαπλή εξαγωγή είναι πολύ υψηλή (υπέρθερμα καυσαέρια).

Οι θερμοκρασίες όμως στην πολλαπλή εξαγωγής κάποια στιγμή θα υπερβούν την οριακή για τον αισθητήρα τιμή των 850°C, οπότε αυτός θα καταστραφεί.

Τοποθέτηση του αισθητήρα σε θέση κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής. Η θέση αυτή τοποθέτησης του αισθητήρα είναι μια ενδιάμεση λύση, αφού δεν κινδυνεύει α καταστραφεί από υπερθέρμανση και ο χρόνος απόκρισης του είναι ικανοποιητικός.



Εικόνα: Τοποθέτηση του αισθητήρα λάμδα κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής.

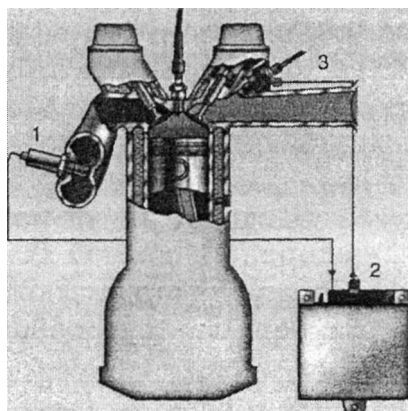
Η τοποθέτηση ηλεκτρικής αντίστασης (θερμαντικού στοιχείου) στον αισθητήρα έλυσε το πρόβλημα της καθυστερημένης απόκρισης του. Έτσι η θέση τοποθέτησης του πλέον εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα (κυβισμός, ιπποδύναμη, κ.λπ.).

Γενικά, η επιλογή του σημείου τοποθέτησης του αισθητήρα λάμδα γίνεται μετά από ανάλογη έρευνα, που κάνει κάθε κατασκευαστής.

#### **4.12 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ**

Ο αισθητήρας λάμδα, όπως αναφέραμε σε προηγούμενες ενότητες, αποτελεί βασικό εξάρτημα του βρόχου ανατροφοδότησης για τη ρύθμιση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος. Συνδέεται μέσω ενός αγωγού με την ηλεκτρονική μονάδα

ελέγχου και την πληροφορεί, στέλνοντας ένα αναλογικό σήμα (τάση), το οποίο είναι ανάλογο της σύστασης του μείγματος που κάηκε (εικόνα 7.6).



Εικόνα: Κύκλωμα συνδεσμολογίας του αισθητήρα λάμδα.

1. Αισθητήρας λάμδα
2. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
3. Ηλεκτρομαγνητικός εγχυτήρας (μπεκ)

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, αφού επεξεργαστεί το σήμα αυτό (δηλαδή το μετατρέψει σε ψηφιακό) το συγκρίνει με ένα σήμα σταθερής τιμής (συνήθως 400), το οποίο είναι καταχωρημένο στη μνήμη της. Στη συνέχεια στέλνει σήμα (παλμό) προς τους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες (μπεκ) για αύξηση ή μείωση του χρόνου έγχυσης του καυσίμου, προκειμένου να διορθωθεί η αναλογία του στη στοιχειομετρική ( $\lambda=1$ ).

#### 4.13 ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ

Οι κυριότερες αιτίες κακής λειτουργίας του αισθητήρα λάμδα είναι αυτές που οφείλονται σε:

Υπερθέρμανση, επειδή ο αισθητήρας λειτουργούσε για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 950°C.

Χημική γήρανση, που είναι αποτέλεσμα των πολλών και μικρής διάρκειας χημικών διεργασιών.

Λανθασμένη εισαγωγή αέρα, επειδή ο αισθητήρας δεν ήταν τοποθετημένος σωστά.

Κακή γείωση, λόγω οξείδωσης της εξάτμισης.

- Κακές επαφές, λόγω οξείδωσης του φινιρίσματος.
- Καταστροφή του κεραμικού σώματος, λόγω τήξης.

Δηλητηρίαση από μόλυβδο, η οποία προήλθε από χρήση βενζίνης με μόλυβδο.

- Διάφορες επικαθήσεις στο προστατευτικό κάλυμμα, οι οποίες προέρχονται από:

- Πολλή σκουριά στο κέλυφος, η οποία περιορίζει την ταχύτητα απόκρισης του αισθητήρα.

Μόλυβδο (γυαλιστερές επικαθήσεις), λόγω χρήσης βενζίνης με μόλυβδο.  
Καμένα λάδια ή πρόσθετα βενζίνης (ανοιχτόχρωμες επικαθήσεις).

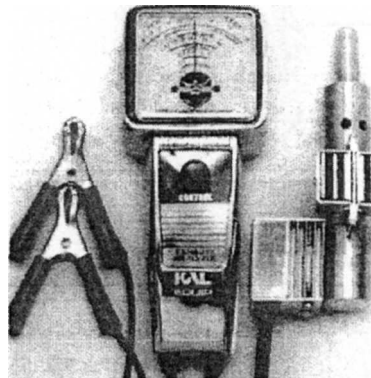
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

### 5.1 ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Γενικά.

Οι αναλυτές καυσαερίων είναι συσκευές οι οποίες μετρούν τους αέριους ρύπους που προέρχονται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Ο δειγματοληπτικός σωλήνας που διαθέτουν τοποθετείται στην εξάτμιση του αυτοκινήτου, και μέσα από απλή διαδικασία, που θα αναλυθεί στις επόμενες παραγράφους, καταγράφεται η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε ρύπους. Οι ενδείξεις αυτές μετατρέπονται σε αναλογικές ή ψηφιακές και εμφανίζονται σε οθόνη.

Τα τελευταία χρόνια οι αναλυτές καυσαερίων έχουν σημειώσει μεγάλη πρόοδο. Οι πρώτοι αναλυτές που κυκλοφόρησαν μετρούσαν μόνο το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), και σε ορισμένες περιπτώσεις και το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Αυτοί οι αναλυτές ονομάζονται αναλυτές θερμικής αγωγιμότητας και θα περιγραφούν αμέσως μετά. Σήμερα οι αναλυτές αυτοί δεν διατίθενται στο εμπόριο. Τη θέση τους έχουν πάρει νέοι αναλυτές καινούργιας τεχνολογίας οι οποίοι βασίζονται στη μέθοδο μέτρησης NDIR (Non Dispersive Infra Red), δηλ. μέτρηση χωρίς διασπορά στην υπέρυθη ακτινοβολία, και θα αναλυθούν εκτενώς στις επόμενες παραγράφους.



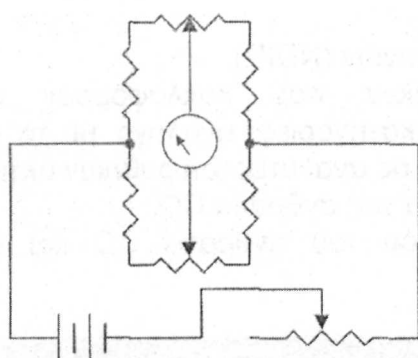
Σχήμα: Αναλυτής θερμικής αγωγιμότητας (KAL).



### 5.1.1 Αναλυτής θερμικής αγωγιμότητας

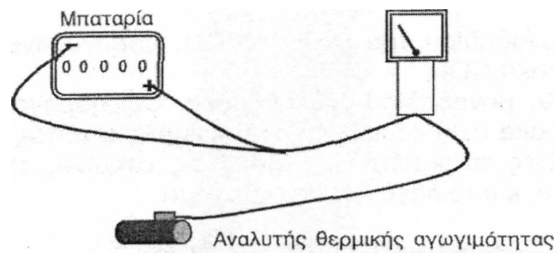
Η αρχή λειτουργίας του αναλυτή θερμικής αγωγιμότητας βασίζεται στη μεταβολή της αντίστασης, λόγω θερμικής αγωγιμότητας, ανάλογα με τη θερμοκρασία των καυσαερίων. Ένας αναλυτής θερμικής αγωγιμότητας απεικονίζονται στο σχήμα.

Η εσωτερική συνδεσμολογία (γέφυρα) ενός τέτοιου αναλυτή φαίνεται σχηματικά στο σχήμα.



Σχήμα: Εσωτερική συνδεσμολογία αναλυτή θερμικής αγωγιμότητας.

Ο τρόπος σύνδεσης του αναλυτή θερμικής αγωγιμότητας με τη μπαταρία και την εξάτμιση του αυτοκινήτου φαίνεται στο σχήμα. Το ειδικό εξάρτημα του αναλυτή τοποθετείται μέσα στην εξάτμιση του αυτοκινήτου και με τα καλώδια που διαθέτει, συνδέεται με την μπαταρία. Με τη μεταβολή της θερμοκρασίας των καυσαερίων, μεταβάλλεται η τιμή της αντίστασης που βρίσκεται στο εσωτερικό του αναλυτή. Η τιμή της αντίστασης είναι ανάλογη της περιεκτικότητας κατ' όγκο των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα. Με αυτό το τρόπο παίρνουμε τις μετρήσεις της περιεκτικότητας.



Σχήμα: Σύνδεση αναλυτή θερμικής αγωγιμότητας.

Οι αναλυτές αυτοί παρουσίαζαν μεγάλα προβλήματα αξιοπιστίας στις μετρήσεις τους. Τα σφάλματα που καταγράφονταν στις μετρήσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατ' όγκο, ήταν πολύ μεγάλα. Συγκεκριμένα, για μετρήσεις 5-10% κατ' όγκο, οι αποκλίσεις, λόγω σφαλμάτων από τις ακριβείς τιμές, ήταν σχετικά ανεκτές. Όμως, για κλίμακες κάτω του 5% κατ' όγκο, τα σφάλματα γίνονταν πολύ μεγάλα και η συσκευή αναξιόπιστη.

Για αυτό το λόγο, γίνεται κατανοητό ότι σήμερα οι αναλυτές καυσαερίων θερμικής αγωγιμότητας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς τα όρια εκπομπής έχουν μειωθεί πάρα πολύ (για παράδειγμα για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) τα όρια εκπομπής κυμαίνονται από 0.05% έως 0.5% κατ' όγκο).

Ένα επιπλέον μειονέκτημα αυτών των αναλυτών είναι το γεγονός ότι δεν μπορούσαν να μετρήσουν κανένα άλλο αέριο εκτός από το μονοξείδιο του άνθρακα, όπως π.χ. να μετρήσουν τους υδρογονάνθρακες που παραμένουν άκαυστοι (HC) και εκπέμπονται στο περιβάλλον.

Για αυτούς τους λόγους σιγά σιγά οι αναλυτές αυτοί αντικαταστάθηκαν από πιο αξιόπιστους αναλυτές καινούργιας τεχνολογίας.

Αναλυτής υπέρυθρων ακτινών (NDIR).

Οι αναλυτές καυσαερίων που κυκλοφορούν στην αγορά σήμερα ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες, ανάλογα με τα αέρια που ανιχνεύουν.

Συγκεκριμένα χωρίζονται σε αναλυτές υπέρυθρων ακτινών:

**Ενός αερίου**, μονοξειδίου του άνθρακα CO.

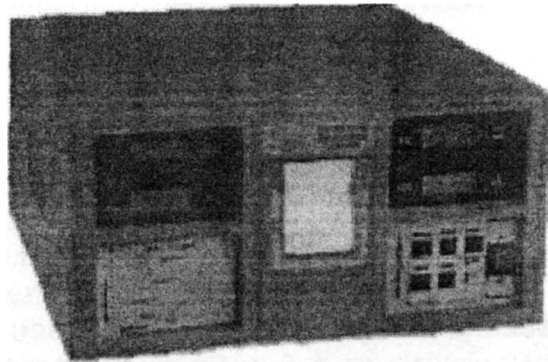
**Δύο αερίων**, μονοξειδίου του άνθρακα CO και υδρογονανθράκων HC (σχήμα).



Σχήμα: Αναλυτής 2 αερίων (EASE DIAGNOSTICS).

**Τριών αερίων**, μονοξειδίου του άνθρακα CO, υδρογονανθράκων HC, και διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>.

**Τεσσάρων αερίων**, μονοξειδίου του άνθρακα, CO υδρογονανθράκων HC, διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> και οξυγόνου O<sub>2</sub>. Αυτός ο τύπος αναλυτή ελέγχει επίσης και ορισμένες παραμέτρους, όπως τις στροφές του κινητήρα, τη θερμοκρασία λαδιού, και το λόγο λάμδα (λ) σχήμα.



Σχήμα: Αναλυτής 4 αερίων (KM 5000, KAL).

**Πέντε αερίων**, μονοξειδίου του άνθρακα CO, υδρογονανθράκων HC, διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> και οξυγόνου O<sub>2</sub> και οξειδίων του Αζώτου NO<sub>x</sub>. Ένας τέτοιος αναλυτής φαίνεται στο σχήμα.

Στον πίνακα φαίνονται τα στοιχεία εκείνα που ενδιαφέρουν σε σχέση με τους αναλυτές υπέρυθρων ακτινών και ο χημικός συμβολισμός τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	
ΧΗΜΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
C	Άνθρακας
H <sub>2</sub>	Υδρογόνο
N <sub>2</sub>	Άζωτο
O <sub>2</sub>	Οξυγόνο
O <sub>3</sub>	Οζόν
HC ή HC <sub>x</sub>	Υδρογονάνθρακες
H <sub>2</sub> O	Υδατμοί (νερό)
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα
NO	Μονοξείδιο του αζώτου
CO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του άνθρακα
NO <sub>x</sub>	Οξείδια του αζώτου
SO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του θείου

### Πίνακας: Σύμβολα

Ο τρόπος μέτρησης των αερίων για τους παραπάνω τύπους αναλυτών δεν διαφέρει. Συγκεκριμένα:

Το **μονοξείδιο του άνθρακα CO** μετριέται σε επί τοις εκατό (%) του όγκου των καυσαερίων. Π.χ. καυσαέρια με 4% CO σημαίνει ότι το 4% του συνολικού όγκου των καυσαερίων είναι μονοξείδιο του άνθρακα.

Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται από την ατελή καύση Βενζίνης στους κυλίνδρους του Βενζινοκινητήρα. Ως αέριο είναι άοσμο, άχρωμο και άγευστο. Είναι πολύ επικίνδυνο για την υγεία.

Οι **άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC**, οι οποίοι στη ουσία είναι άκαυστοι ατμοί Βενζίνης ή πετρελαίου, μετρούνται σε PPM (PARTS PER MILLION), δηλ. σε εκατομμυριοστά Βάρους. Π.χ. καυσαέρια με 700 ppm HC σημαίνει ότι στα ενός εκατομμυρίου μέρη Βάρους, τα 700 μέρη είναι άκαυστοι υδρογονάνθρακες. Οι υδρογονάνθρακες διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα όταν για κάποιο λόγο δεν καούν στον κινητήρα (βενζίνης ή πετρελαίου).

Όλοι οι κινητήρες, ακόμα και οι πιο σύγχρονοι, εκλύουν στην ατμόσφαιρα ένα ποσοστό υδρογονανθράκων, το οποίο πρέπει να μετριέται, ώστε να βρίσκεται σε επιτρεπτά όρια. .

Το **οξυγόνο O<sub>2</sub>** και το **διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>** μετριοούνται όπως και τα μονοξείδιο του άνθρακα (επί τοις 100 κατ' όγκο %). Αυτά τα δύο αέρια δεν είναι ρύποι, η μέτρηση τους όμως είναι πολύ σημαντική στα αυτοκίνητα με

καταλυτικούς μετατροπείς (καταλύτες), για την μέτρηση των εκπεμπόμενων ρυπαντών.

Συγκεκριμένα για το διοξείδιο του άνθρακα, όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του στα καυσαέρια ενός αυτοκινήτου, τόσο πιο τέλεια ήταν η καύση που πραγματοποιήθηκε. Αντίθετα για το οξυγόνο, η μεγάλη συγκέντρωση του (π.χ. 18%) στα καυσαέρια, υποδηλώνει ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα. Συμβαίνει σε τέτοιες περιπτώσεις, ο δειγματοληπτικός σωλήνας να μην έχει τοποθετηθεί στη σωστή θέση και ο αναλυτής μετράει οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα.

**Τα οξείδια του αζώτου NO<sub>x</sub>**, αν και ρύποι, δεν μετρώνται εύκολα από τους αναλυτές NDIR που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Η μέτρηση τους δεν είναι υποχρεωτική κατά τους περιοδικούς ελέγχους καυσαερίων. Η μέτρηση αυτή γίνεται στα εργαστήρια των εργοστασίων κατασκευής των αυτοκινήτων και σε ειδικά εξοπλισμένα εργαστήρια για την έκδοση πιστοποιητικού καυσαερίων, για την κυκλοφορία του συγκεκριμένου αυτοκινήτου στην αγορά. Η μονάδα μέτρησης των NO<sub>x</sub> είναι σε PPM (PARTS PER MILLION), όπως και για τους υδρογονάνθρακες.

#### **Αρχή λειτουργίας αναλυτή υπερύθρων.**

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην ιδιότητα που έχει κάθε χημική ένωση και κάθε χημικό στοιχείο που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση, να απορροφά ορισμένες περιοχές του φάσματος της ορατής ακτινοβολίας. Αυτές οι περιοχές του φάσματος ονομάζονται **φασματικές γραμμές** και είναι χαρακτηριστικές και διαφορετικές για κάθε αέριο, ανάλογα με την χημική του σύσταση. Επομένως γνωρίζοντας τις φασματικές γραμμές μπορούμε αμέσως να καθορίσουμε το αέριο. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, αν περάσει φως μέσα από ένα αέριο, π.χ. CO, θα απορροφηθούν από αυτό ορισμένες περιοχές του φάσματος της ορατής ακτινοβολίας. Με αυτό το τρόπο ανιχνεύονται τα συγκεκριμένα αέρια μέσα στα καυσαέρια.

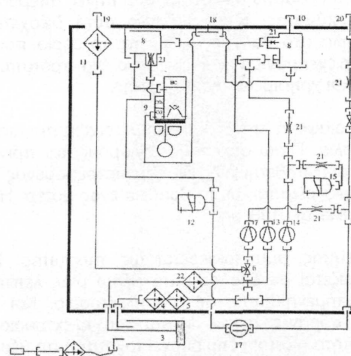
Για τον καθορισμό του ποσοστού επί τοις εκατό (%) κατ' όγκο, πρέπει να ανιχνευθεί η ένταση του φωτός σε ορισμένα μήκη κύματος που αντιστοιχούν οι φασματικές γραμμές. Η ένταση του φωτός είναι αντιστρόφως ανάλογη του ποσοστού κατ'όγκο του μετρούμενου αερίου μέσα στο μίγμα αερίων.

## Περιγραφή εσωτερικής δομής αναλυτή.

Η εσωτερική δομή ενός αναλυτή NDIR φαίνεται στο σχήμα. Τα καυσαέρια εισέρχονται στον αναλυτή μέσω του δειγματοληπτικού σωλήνα (1), με την βοήθεια της αντλίας αναρρόφησης (7) και μέσω βαλβίδας που βρίσκεται πριν από αυτή (6). Τα καυσαέρια αρχικά περνούν από ένα χονδρό φίλτρο (2), και μια υδατοπαγίδα (3), στη συνέχεια από δύο συνεχόμενα φίλτρα, ένα λεπτό (4) και ένα δεύτερο που προσφέρει επιπλέον ασφάλεια (5). Παράλληλα εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας από το σημείο εισόδου αερίου μηδενισμού (19), και μέσω του αντίστοιχου φίλτρου (11). Με τη βοήθεια της αντλίας, ένα μέρος των αερίων περνάει μέσα από το μετρητή ροής (17), το διαχωριστή συμπυκνωμάτων (8), τους θαλάμους μέτρησης υπερύθρων (9) και τον αισθητήρα οξυγόνου στην έξοδο. Το υπόλοιπο αέριο που δεν ελέγχθηκε, οδηγείται μέσω μιας παρακαμπτηρίου αντλίας (14) και ενός στραγγαλιστή (21) στην ατμόσφαιρα.

Το ποσοστό εξαγωγής των καυσαερίων φαίνεται στο δείκτη ροής και ελέγχεται από τη μονάδα ελέγχου ροής, ώστε να μην παραμένουν υπόλοιπα καυσαερίων, τα οποία θα επηρέαζαν τις μετρήσεις. Με τη βοήθεια της αντλίας συμπυκνωμάτων, τα συμπυκνώματα που σχηματίζονται στην υδατοπαγίδα αποβάλλονται.

Η αρχή λειτουργίας για τη μέτρηση των αερίων CO, HC, CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>, εάν υπάρχει αυτή η μέτρηση, βασίζεται στη μέθοδο NDIR που αναπτύχθηκε παραπάνω. Ειδικά για τη μέτρηση του οξυγόνου O<sub>2</sub> χρησιμοποιείται σε όλους τους σύγχρονους αναλυτές καυσαερίων η μέθοδος του Ηλεκτροχημικού Γαλβανικού Στοιχείου. Για το λόγο αυτό κάθε αναλυτής που μετρά O<sub>2</sub> έχει σε εμφανή θέση ειδική θήκη όπου τοποθετείται ο αισθητήρας O<sub>2</sub> ο οποίος είναι αναλώσιμος και πρέπει να αντικαθίσταται κάθε χρόνο, διαφορετικά μειώνεται



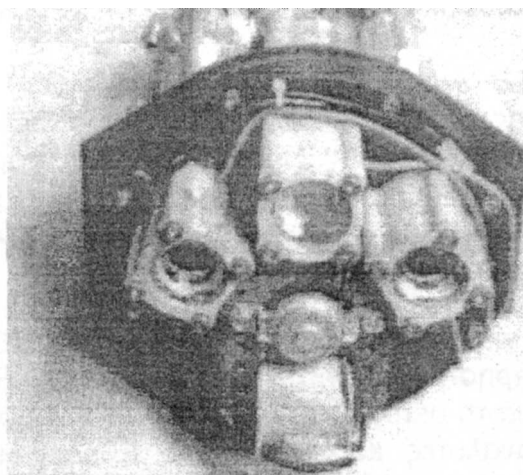
αισθητά η ακρίβεια των μετρήσεων του O<sub>2</sub>.

Σχήμα: Εσωτερική δομή αναλυτή NDIR

Διαγνωστικοί Έλεγχοι στο Αυτοκίνητο: 1) Δειγματοληπτικό στέλεχος 2) Φίλτρο χονδρό 3) Υδατοπαγίδα 4) Φίλτρο λεπτό 5) Φίλτρο ασφαλείας 6) Βαλβίδα 7) Αντλία αναρρόφησης 8) Διαχωριστής συμπυκνωμάτων 9) θάλαμος μέτρησης 10) Έξοδος καυσαερίων 11) Φίλτρο (αερίου μηδενισμού) 12) Ρυθμιστής ροής 13) Αντλία συμπυκνωμάτων 14) Παρακαμπτήριο αντλία 15) Ρυθμιστής ροής 16) Βαλβίδα (βαθμονόμησης πρότυπου αερίου) 17) Μετρητής ροής καυσαερίων 18) Σημείο σύνδεσης λήπτη λάμδα 19) Σημείο εισόδου (αερίου μηδενισμού) 20) Σημείο εισόδου (αερίου καλιμπραρίσματος) 21) Στραγγαλιστής 22) Φίλτρο εξόδου

### **Θάλαμος μέτρησης υπέρυθρων.**

Το πιο δασικό τμήμα του αναλυτή είναι ο θάλαμος μέτρησης των υπέρυθρων Ένα τέτοιο γκρουπ θαλάμων μέτρησης φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα: Θάλαμοι μέτρησης υπέρυθρων ακτίνων.

Στο πάνω τμήμα του θαλάμου υπάρχουν δύο πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας ορισμένου μήκους κύματος. Η ακτινοβολία αυτή διέρχεται διαμέσου των θαλάμων. Παράλληλα στο θάλαμο εισέρχεται το αέριο που θα μετρηθεί. Ο δεξιός θάλαμος περιέχει μόνιμα εγκλωβισμένο ένα πρότυπο αέριο ορισμένης χημικής σύστασης και χρησιμεύει ως συγκριτής.

Οι θάλαμοι έχουν διαφανή πάνω και κάτω τοιχώματα ώστε να περνάει η υπέρυθρη ακτινοβολία. Πίσω από τους θαλάμους και πριν από το θάλαμο ανίχνευσης βρίσκεται τοποθετημένος ένας περιστρεφόμενος δίσκος ή τσόπερ. Ο δίσκος αυτός περιστρέφεται, με τη βοήθεια ενός μοτέρ. Η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται είναι σταθερή.

Ο θάλαμος ανίχνευσης συμπεριφέρεται ως πυκνωτής. Συγκεκριμένα το εσωτερικό του χωρίζεται σε δύο τμήματα μέσω μιας λεπτής μεμβράνης, η οποία είναι τοποθετημένη δίπλα σε ένα ηλεκτροδίο. Και τα δύο τμήματα περιέχουν το ίδιο αδρανές αέριο. Μέσω του ηλεκτροδίου, δημιουργείται ηλεκτρική χωρητικότητα η οποία δημιουργεί τον πυκνωτή μέσα στο θάλαμο. Πώς λειτουργεί όμως ο αναλυτής υπερύθρων; Στο σχήμα φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας των θαλάμων μέτρησης:

Οι δύο φωτεινές πηγές διοχετεύουν την ίδια ακτινοβολία και στους δύο θαλάμους. Έστω ότι το εισερχόμενο αέριο είναι το μονοξειδίο του άνθρακα CO. Αυτό εισέρχεται στον αριστερό θάλαμο. Ανάλογα με τη συγκέντρωση του μονοξειδίου, παρατηρείται μια μεταβαλλόμενη απορρόφηση της ακτινοβολίας. Αντίθετα στον δεξιό θάλαμο, η απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι σταθερή και εξαρτάται από το πρότυπο αέριο. Οι φωτεινές ακτίνες από αυτούς τους δύο θαλάμους, μέσω του περιστρεφόμενου δίσκου (κόφτης) εισέρχονται στα δυο τμήματα του θαλάμου ανίχνευσης υπό μορφή παλμών.



Σχήμα: Λειτουργία των θαλάμων μέτρησης.

Η αυξομείωση της φωτεινής έντασης στα δύο τμήματα έχει ως αποτέλεσμα η μεμβράνη να κινείται παλμικά λόγω αυξομείωσης της πίεσης του αδρανούς αερίου. Αυτές οι μεταβολές της πίεσης οφείλονται στις αυξομειώσεις της



θερμοκρασίας λόγω της φωτεινής έντασης του φωτός που εισέρχεται στους δύο θαλάμους. Επειδή η φωτεινή ένταση μεταβάλλεται στον αριστερό θάλαμο λόγω της μεταβαλλόμενης απορρόφησης του μονοξειδίου του άνθρακα, η παλμική κίνηση της μεμβράνης παρουσιάζει ανωμαλίες. Με αυτό το τρόπο μεταβάλλεται και η ηλεκτρική χωρητικότητα του πυκνωτή (θάλαμος ανίχνευσης), και στην έξοδο η διάταξη δίνει ένα ασθενές ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα αυτό ενισχύεται στον προενισχυτή και στη συνέχεια καταγράφεται ως ένδειξη στην οθόνη του αναλυτή. Με αυτό το τρόπο καταγράφεται η ποσοστιαία περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα. Με παρόμοιο τρόπο βρίσκονται και οι περιεκτικότητες των άλλων αερίων.

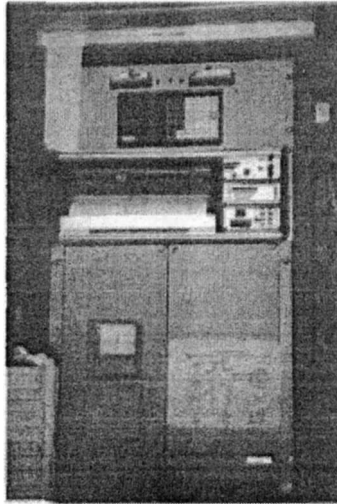
### **Προστασία αναλυτή υπέρυθρων ακτινών (NDIR).**

Προκειμένου να αποφευχθούν κάποια προβλήματα στην λειτουργία και την αξιοπιστία του αναλυτή, θα πρέπει να τηρούνται σχολαστικά όλες οι οδηγίες του κατασκευαστή ως προς τη χρήση και τη συντήρηση του. Επίσης κατά την διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει να ακολουθούνται οι παρακάτω κανόνες:

Ο αναλυτής επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβολές της υγρασίας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Γι'αυτό το λόγο οι συνθήκες περιβάλλοντος θα πρέπει να παραμένουν σταθερές.

Το στέλεχος του δειγματοληπτικού σωλήνα δεν θα πρέπει να αφήνεται ελεύθερο κατά την λειτουργία της αντλίας απορροφήσεως, καθώς υπάρχει περίπτωση να απορροφηθούν σκόνες, μικροαντικείμενα ή ακόμα και υγρά τα οποία μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στον αναλυτή καυσαερίων. Τα φίλτρα των αναλυτών πρέπει να ελέγχονται τακτικά και να αντικαθιστούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Σε πολλούς αναλυτές υπάρχει σύστημα, το οποίο σε ειδοποιεί όταν υπάρχει πρόβλημα στη ροή των καυσαερίων.

Οι υδατοπαγίδες πρέπει να ελέγχονται και αυτές τακτικά και να αδειάζονται. Στο σχήμα φαίνεται ένας αναλυτής υπέρυθρων ακτινών για εργοστασιακή χρήση.



Σχήμα Ultramat 3-αναλυτές ND1R.

### **5.1.2 Διαγνωστικός έλεγχος αυτοκινήτου.**

#### **Προετοιμασία αυτοκινήτου.**

Ο έλεγχος των καυσαερίων σε ένα αυτοκίνητο γίνεται αφού πρώτα έχουν γίνει όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι και ρυθμίσεις της μηχανής του. Για να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος, πρέπει πρώτα απ' όλα ο κινητήρας να είναι ζεστός. Στο εμπόριο κυκλοφορούν κάποιοι αναλυτές καυσαερίων οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν την "θερμοκρασία λαδιού" του κινητήρα. Στην περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει αυτό, ελέγχεται η θερμοκρασία νερού. Για τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα αυτή η θερμοκρασία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 70°C, ενώ για τα αυτοκίνητα που λειτουργούν με υγραέριο πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60°C. Μια άλλη λεπτομέρεια που πρέπει να ελέγχεται είναι η σωστή τοποθέτηση του δειγματοληπτικού σωλήνα, ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά η μέτρηση.

#### **Προετοιμασία αναλυτή καυσαερίων.**

Ο αναλυτής καυσαερίων χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα προθέρμανσης. Το διάστημα αυτό διαφέρει για τους διάφορους τύπους αναλυτών και δίνεται από τον κατασκευαστή. Ο χρόνος αυτός κυμαίνεται από 2 έως 30 λεπτά. Κατά την διάρκεια αυτή, η συσκευή πραγματοποιεί ελέγχους στα εσωτερικά συστήματα της. Μόλις είναι έτοιμη για χρήση, εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη και μπορεί να αρχίσει ο έλεγχος των καυσαερίων.

### **Έλεγχος καυσαερίων.**

- Ο δειγματοληπτικός σωλήνας τοποθετείται στην εξάτμιση, και στερεώνεται με σφικτήρες.

Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας λαδιού, τοποθετείται ο λήπτης θερμοκρασίας (όπου υπάρχει) στην θέση του δείκτη λαδιού.

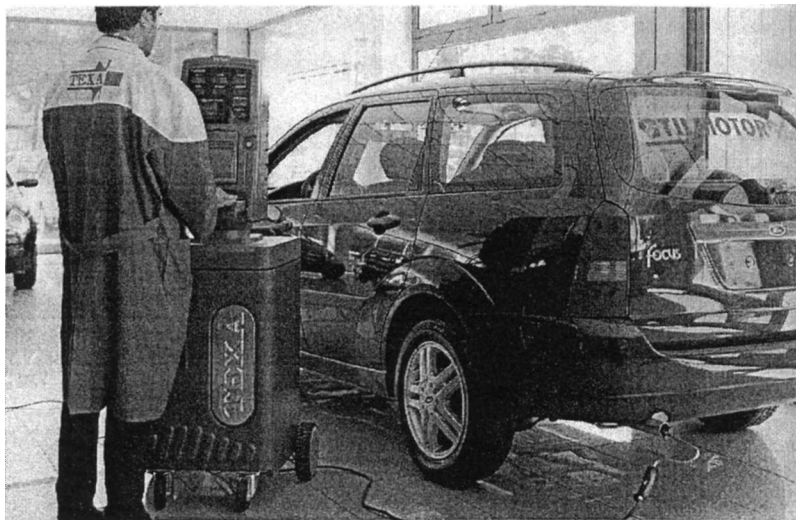
Η επαγωγική τσιμπίδα (όπου υπάρχει) τοποθετείται σε ένα μπαυζοκαλώδιο (οποιοδήποτε) για τη μέτρηση των στροφών του κινητήρα. Οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων έχουν ενσωματωμένο στροφόμετρο επαγωγικού τύπου.

- Ο κινητήρας τίθεται σε λειτουργία.

Ο αναλυτής καυσαερίων, με την αντλία αναρρόφησης σε λειτουργία, τίθεται σε θέση αναμονής.

- Αρχίζει η διαδικασία μέτρησης των ρύπων.

Στο σχήμα φαίνεται η διαδικασία ελέγχου των καυσαερίων ενός αυτοκινήτου.



### **5.1.3 Όρια εκπομπών.**

Για τον τεχνικό έλεγχο των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οχημάτων και ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής του οχήματος και με το έτος έκδοσης της πρώτης άδειας κυκλοφορίας, καθορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης ρύπων CO και HC, καθώς και η περιοχή στην οποία επιτρέπεται να κυμαίνεται ο συντελεστής "λ".

Στους πίνακες και αναφέρονται τα όρια των εκπομπών για τα αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας, ανάλογα με την ημερομηνία έκδοσης της πρώτης άδειας κυκλοφορίας.

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΑΔΕΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ 1.10.1986		
ΡΥΠΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΡΕΛΑΝΤΙ	2500±300στρ/λεπτό
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) %	= 3,5	= 4
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	= 800	= 700

Πίνακας: Όρια εκπομπών για αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας πριν την 1.10.1986.

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΑΔΕΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ 1.10.1986		
ΡΥΠΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΡΕΛΑΝΤΙ	2500±300στρ/λεπτό
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) %	= 3,5	= 3
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	= 500	= 400

Πίνακας: Όρια των εκπομπών για αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας μετά την 1.10.1986.

**Συντελεστής "λ"**

0,97+1.03 στις 2500±στρ/λεπτό

Πίνακας : Όρια εκπομπών για οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλύτη.

ΡΥΠΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΡΕΛΑΝΤΙ	2500±300στρ/λεπτό
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) %	= 1,2	= 1
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	= 220	= 200

Πίνακας: Όρια εκπομπών για οχήματα με αρρύθμιστο τριοδικό καταλύτη.

Για τα οχήματα συμβατικής τεχνολογίας που φέρουν κινητήρες δίχρονης ή WANKEL ισχύουν οι πίνακες και , ανάλογα με το έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας, χωρίς όμως να ελέγχεται η συγκέντρωση υδρογονανθράκων στα καυσαέρια τους.

Για τον τυχαίο έλεγχο των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οχημάτων συμβατικής τεχνολογίας, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές της συγκέντρωσης των ρύπων στα καυσαέρια καθορίζονται όπως αυτές των πινάκων και αυξημένες κατά 0.5% για το μονοξείδιο του άνθρακα και κατά 100ppm για τους υδρογονάνθρακες.

Για τον τυχαίο έλεγχο των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οχημάτων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές της συγκέντρωσης των ρύπων στα καυσαέρια καθορίζονται όπως αυτές του πίνακα αυξημένες κατά 0,1% για το μονοξείδιο του άνθρακα και κατά 10ppm για τους υδρογονάνθρακες.

#### **Έλεγχος καυσαερίων στα συμβατικά αυτοκίνητα.**

Στα συμβατικά αυτοκίνητα πρέπει να γίνει πρώτα μια σωστή ρύθμιση του μείγματος.

Ο λόγος λ ρυθμίζεται από το αντίστοιχο βιδάκι που βρίσκεται στο καρμπυρατέρ του κινητήρα. Η σωστή ρύθμιση του λόγου λ, εξασφαλίζει την προβλεπόμενη από το εργοστάσιο απόδοση του κινητήρα. Οποιοσδήποτε κινητήρας μπορεί να ρυθμιστεί σωστά, αρκεί να βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Στη περίπτωση που ο αναλυτής δε διαθέτει επιλογή για έλεγχο του λόγου λ, η διαδικασία γίνεται δυσκολότερη. Ο ευκολότερος τότε δρόμος για να ρυθμιστεί το μείγμα είναι να μειωθούν σταδιακά τα όρια το CO με παράλληλη παρατήρηση των τιμών του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Η ένδειξη για το μονοξείδιο θα μειώνεται συνεχώς και του διοξειδίου θα ανεβαίνει. Η διαδικασία τελειώνει όταν το μονοξείδιο βρεθεί στα ίδια όρια με το οξυγόνο και όταν το διοξείδιο του άνθρακα φτάσει στο υψηλότερο δυνατό ποσοστό.

#### **Έλεγχος καυσαερίων στα αυτοκίνητα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας με αρρύθμιστο καταλύτη.**

Στα αυτοκίνητα με αρρύθμιστο καταλύτη, ο έλεγχος των καυσαερίων γίνεται δύο φορές, πριν και μετά από τον καταλύτη.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη:

Ζεσταίνεται ο κινητήρας.

Τοποθετείται ο δειγματοληπτικός σωλήνας στην εξάτμιση, πριν από τον καταλύτη. Στο σημείο αυτό υπάρχει μια τάπα, η οποία αφαιρείται για να τοποθετηθεί ο σωλήνας.

Με τον αναλυτή ελέγχεται η συγκέντρωση των αερίων. Οι τιμές που λαμβάνονται πρέπει να βρίσκονται μέσα στα όρια εκπομπών που δίνονται στον πίνακα.

Αν οι ενδείξεις αυτές δε βρίσκονται μέσα στα όρια των εκπομπών του Πίνακα, τότε πρέπει να εντοπιστεί το πρόβλημα και να ρυθμιστούν τα καυσαέρια. Πριν γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις, δεν προχωράμε στον έλεγχο των καυσαερίων μετά τον καταλύτη.

Με την πραγματοποίηση του παρακάτω ελέγχου μπορούμε να διαπιστωθούμε αν λειτουργεί ο καταλύτης και αν τυχόν πρόβλημα στην εκπομπή των καυσαερίων προέρχεται από την μηχανή ή από τον καταλύτη.

Στη συνέχεια γίνεται ο έλεγχος μετά τον καταλύτη, με θερμοκρασία του καταλύτη ίση με την θερμοκρασία λειτουργίας του. Για να γίνει αυτό πρέπει να διανυθεί απόσταση τουλάχιστον 5χλμ.

Αμέσως μετά ελέγχονται οι τιμές των συγκεντρώσεων και συγκρίνονται πάλι με τον Πίνακα.

Έλεγχος καυσαερίων στα αυτοκίνητα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας με ρυθμιζόμενο καταλύτη.

Στα αυτοκίνητα αυτά πριν από τον καταλύτη υπάρχει ο λήπτης λάμδα, ο οποίος, όπως είναι ήδη γνωστό, ανιχνεύει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο και πληροφορεί τον εγκέφαλο ώστε να προβεί στις απαραίτητες διορθώσεις, που θα οδηγήσουν σε τιμές λ κοντά στο 1 (στοιχειομετρικό μείγμα). Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι, εφόσον το κλειστό κύκλωμα ρύθμισης λειτουργεί, δε χρειάζεται έλεγχος των καυσαερίων πριν από τον καταλύτη.

Ο έλεγχος γίνεται στην έξοδο των καυσαερίων, και η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη:

Ζεσταίνεται ο κινητήρας.

Ελέγχεται το κλειστό κύκλωμα ρύθμισης. Ο τρόπος ελέγχου διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του κυκλώματος.

Ελέγχεται η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος).

Η θερμοκρασία του καταλύτη πρέπει να φτάσει τη θερμοκρασία λειτουργίας. Για να γίνει αυτό, πρέπει να διανυθεί μια απόσταση τουλάχιστον 5χλμ.

Αμέσως μετά, τοποθετείται ο δειγματοληπτικός σωλήνας στην εξάτμιση και μετριοούνται οι εκπομπές καυσαερίων.

Οι τιμές που λαμβάνονται συγκρίνονται με τον Πίνακα.

## **5.2 ΑΙΘΑΛΟΜΕΤΡΟ**

Γενικά.

Το αιθαλόμετρο είναι ένα όργανο, το οποίο μετράει την περιεκτικότητα των καυσαερίων ενός πετρελαιοκινητήρα σε αιθάλη.

Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται μια πρότυπη κλίμακα η οποία ονομάζεται πρότυπη κλίμακα BACHABACH. Κατά την διάρκεια της μέτρησης, πρέπει το όχημα να έχει νεκρά ταχύτητα.

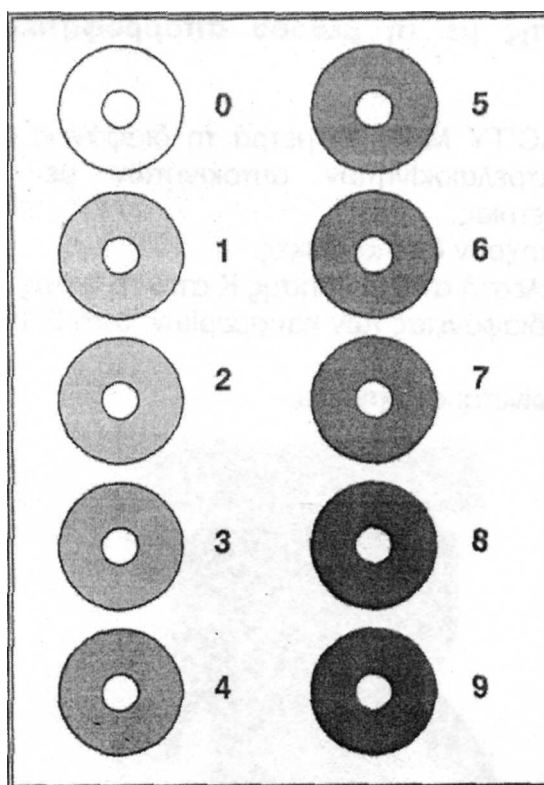
### **Αρχή λειτουργίας αιθαλομέτρου.**

Η αρχή λειτουργίας του αιθαλομέτρου στηρίζεται στην αλλαγή του χρώματος ενός ειδικού χαρτιού-φίλτρου από τα καυσαέρια που εκπέμπονται από το πετρελαιοκίνητο αυτοκίνητο. Η γκρι έως μαύρη απόχρωση του χαρτιού-φίλτρου συγκρίνεται με τα πρότυπα της κλίμακας BACHABACH. Σε κάθε απόχρωση αντιστοιχεί και μια τιμή αιθάλης, όπως φαίνεται και στο σχήμα Η κλίμακα BACHABACH έχει συνολικά 10 διαφορετικές διαβαθμίσεις απόχρωσης του γκρι.

Η ένδειξη 0 (μαύρισμα 0) σημαίνει ότι τα καυσαέρια δεν περιέχουν αιθάλη.

Η ένδειξη 9 (μαύρισμα 9) σημαίνει ότι τα καυσαέρια έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αιθάλη.

Στις ενδιάμεσες διαβαθμίσεις, η περιεκτικότητα της αιθάλης συνεχώς αυξάνει (0-9).



Σχήμα: Πρότυπη κλίμακα BACHAACH.

Για να γίνει μια μέτρηση ο κινητήρας του αυτοκινήτου πρέπει να είναι ζεστός και η θερμοκρασία του νερού ψύξης τουλάχιστον 60°C. Στη συνέχεια ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- 1.Ο δειγματοληπτικός σωλήνας του αιθαλομέτρου στερεώνεται στην εξάτμιση του αυτοκινήτου.
- 2.Ο κινητήρας επιταχύνεται 3 φορές, πατώντας το πεντάλ γκαζιού, από τις στροφές ρελαντί στο μέγιστο των στροφών (ξεκάπνισμα).
- 3.Ένα δευτερόλεπτο πριν την τέταρτη επιτάχυνση, ελευθερώνεται η αναρρόφηση με πίεση της φούσκας του αιθαλομέτρου.
- 4.Με τη βαλβίδα, επαναφέρεται ο κύλινδρος αναρρόφησης της αντλίας ξανά στη θέση λειτουργίας και προχωράει το φίλτρο κατά ένα βήμα.
- 5.Τα βήματα 3,4 επαναλαμβάνονται τρεις φορές. Στο τέλος ο κύλινδρος επαναφέρεται στην αρχική του θέση και λαμβάνεται το χαρτί - φίλτρο με τις μετρήσεις.
- 6.Τα αποτελέσματα συγκρίνονται οπτικά με την πρότυπη κλίμακα BACHAACH.



Τα επιτρεπτά όρια είναι το νούμερο 5 για τα επιβατικά και το νούμερο 4 για τα φορτηγά και τα λεωφορεία.

Η μέθοδος αυτή θεωρείται απαρχαιωμένη και χρησιμοποιείται για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα που τέθηκαν σε κυκλοφορία μέχρι την 1.1.1980. Για τα οχήματα που κυκλοφόρησαν μετά από αυτή την ημερομηνία, χρησιμοποιείται μία μέθοδος που βασίζεται στην αρχή της φωτομετρικής απορρόφησης και η οποία περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους.

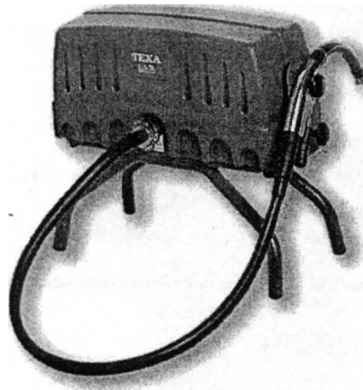
### **Αιθαλόμετρο μέτρησης με τη μέθοδο απορροφητικής φωτομετρίας (νεφελόμετρο).**

Το νεφελόμετρο (OPACITY METER) μετρά τη διαφάνεια (θολερότητα) των καυσαερίων των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων με τη μέθοδο της απορροφητικής φωτομετρίας.

Σε αυτή τη μέθοδο υπάρχουν δύο κλίμακες:

1. Μέτρηση του συντελεστή απορρόφησης  $K$  από το 0 έως το άπειρο ( $\text{trf}^1$ ).
2. Μέτρηση (%) της αδιαφάνειας των καυσαερίων, από 0-100%.

Ένα νεφελόμετρο διακρίνεται στο σχήμα.



Σχήμα: Νεφελόμετρο (TEXA DSM DIESEL).

Οι μετρήσεις με το νεφελόμετρο γίνονται κατά την ελεύθερη επιτάχυνση του αποσυμπλεγμένου κινητήρα από την ταχύτητα βραδυπορείας (ρελαντί) μέχρι τη ταχύτητα στην οποία ανακόπτεται η παροχή καυσίμου. Η συσκευή χρειάζεται περίπου 5 λεπτά για να προθερμανθεί. Συνήθως η ίδια η συσκευή διαθέτει ειδική διάταξη προθέρμανσης του θαλάμου μέτρησης. Η διαδικασία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό της θολερότητας των καυσαερίων είναι η ακόλουθη:

Ο κινητήρας του ελεγχόμενου αυτοκινήτου πρέπει να βρίσκεται στη κανονική θερμοκρασία λειτουργίας του.

Με τον κινητήρα να λειτουργεί σε κατάσταση ρελαντί, ασκείται ταχεία δράση, αλλά χωρίς βιαιότητα επί του επιταχυντήρα κατά τρόπο ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη παροχή της αντλίας εγχύσεως. Η θέση αυτή διατηρείται μέχρις ότου επιτευχθεί η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα του κινητήρα και μέχρι την επέμβαση του ρυθμιστήρα. Μόλις επιτευχθεί αυτή η ταχύτητα, αφήνουμε τον κινητήρα να έρθει στη κατάσταση ρελαντί.

Καταγράφονται οι μέγιστες τιμές του συντελεστή "K" που επιτυγχάνονται κατά την διάρκεια των επόμενων επιταχύνσεων μέχρι να σταθεροποιηθούν οι τιμές αυτές. Οι τιμές θεωρούνται σταθεροποιημένες όταν 4 συνεχείς μετρήσεις βρίσκονται πολύ κοντά η μία στην άλλη. Ο συντελεστής απορρόφησης "K" που καταγράφεται είναι η μέση τιμή αυτών των τεσσάρων τιμών.

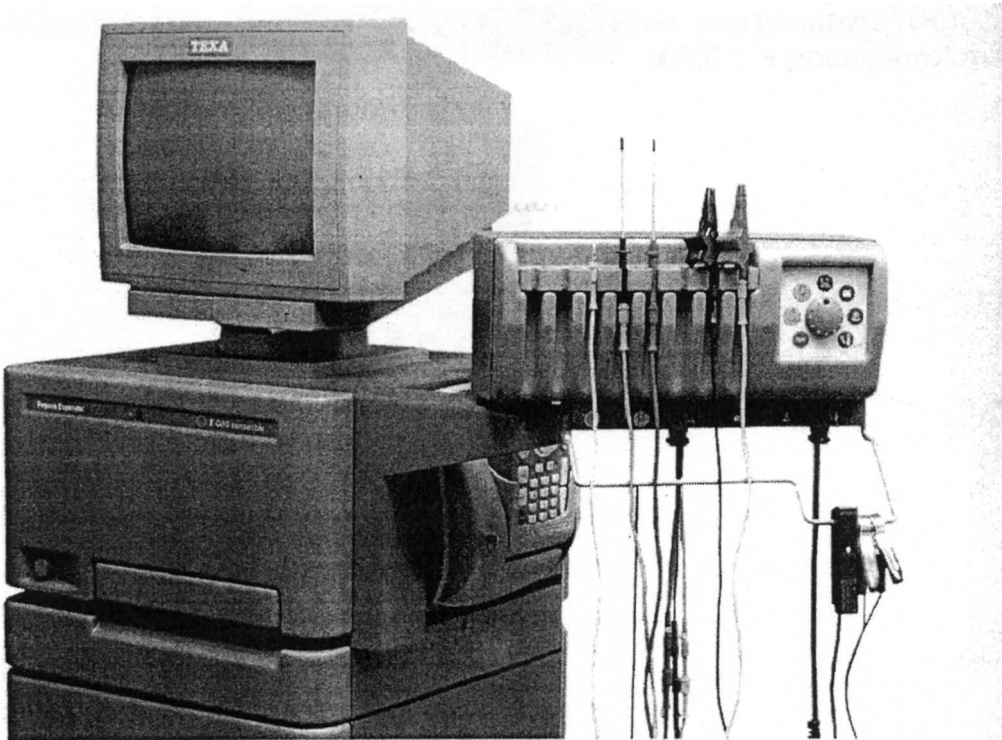
Πάνω στη συσκευή υπάρχει συνήθως ενσωματωμένο ένα στροφόμετρο, με το οποίο μπορούν να μετρηθούν οι μέγιστες τιμές του συντελεστή K για διαδοχικές επιταχύνσεις. Στη συνέχεια εμφανίζεται στην οθόνη η μέση τιμή των μέγιστων τιμών του K που μετρήθηκαν προηγουμένως. Το αιθαλόμετρο τις περισσότερες φορές διαθέτει καταγραφικό, στο οποίο εκτυπώνονται τα στοιχεία του ελέγχου και τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Επίσης, μερικά αιθαλόμετρα τελευταίας τεχνολογίας εκτυπώνουν γραφικές παραστάσεις των μέγιστων τιμών του K και της αδιαφάνειας των καυσαερίων (%), σε συνάρτηση με τις στροφές του κινητήρα, και το χρόνο επιτάχυνσης κατά τη δοκιμή. Επίσης διαθέτουν μνήμη, στην οποία μπορούν να αποθηκευτούν οι εργοστασιακές τιμές των στοιχείων που μετρώνται.

Το όριο του συντελεστή απορρόφησης "K" για τους πετρελαιοκινητήρες με φυσική αναρρόφηση είναι  $K \leq 2,5/m$ , και για τους πετρελαιοκινητήρες με υπερπλήρωση  $K \leq 3,0/m$ .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΓΚΕΦΑΛΟΙ (TESTERS)

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΕΓΚΕΦΑΛΟΙ (testers)

Οι Αυτοδιαγνωστικοί Εγκέφαλοι (testers) είναι ειδικά διαγνωστικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό βλαβών και για τη σωστή ρύθμιση των συστημάτων ελέγχου του αυτοκινήτου, (Σχήμα).



Σχήμα: Αυτοδιαγνωστικός Εγκέφαλος(ΠΕΧΑ PEGASO EXPANDER).

Κατασκευαστικά στοιχεία

Τα διαγνωστικά μηχανήματα που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά περιλαμβάνουν τις παρακάτω μονάδες

**Παλμογράφο**, Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του συστήματος ανάφλεξης, τον έλεγχο ορισμένων αισθητήρων και γενικά για τον έλεγχο των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και συστημάτων, που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές τάσεις σε μορφή κυματομορφών. Οι κυματομορφές που εμφανίζονται στην οθόνη του παλμογράφου συγκρίνονται με τις κυματομορφές που δίνονται από τον κατασκευαστή του αυτοκινήτου για ιδανικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. Η σωστή εκτίμηση της κυματομορφής μας οδηγεί σε

συμπεράσματα που βοηθούν στη σωστή διάγνωση της βλάβης ή στη σωστή ρύθμιση του συστήματος.

**Πολύμετρο.** Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ηλεκτρικών κυκλωμάτων για τυχόν βραχυκυκλώματα, κομμένα καλώδια και για τη μέτρηση της ηλεκτρικής τάσης στα διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα και συστήματα (φωτισμός, σύστημα εκκίνησης, κ.λπ.).

**Μετρητή DWELL.** Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της γωνίας άνο11, όταν λειτουργεί ο κινητήρας.

**Στροφόμετρο.** Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των στροφών (ένδειξης) του κινητήρα στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του, όπως στο ρελαντί, στο μέγιστο αριθμό στροφών, σε άλλο αριθμό στροφών, για τη ρύθμιση του αβάνς, τη ρύθμιση αναλογίας αέρα - βενζίνης, τη ρύθμιση των καυσαερίων κ.λπ.

**Αναλυτή καυσαερίων.** Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των καυσαερίων. Ο έλεγχος των καυσαερίων βοηθά στον εντοπισμό βλάβης στα συστήματα ανάφλεξης και ανάμειξης του μίγματος αέρα - καυσίμου.

**Μετρητή κενού / πιεσόμετρο.** Μετρά την υποπίεση και την πίεση σε διάφορα σημεία του συστήματος τροφοδοσίας, ανάμειξης και ψεκασμού καυσίμου.

**Μετρητή συμπίεσης κυλίνδρων.** Μετρά τη μηχανική κατάσταση των χιτωνίων και των ελατηρίων στους κυλίνδρους.

**Στροβοσκόπιο.** Χρησιμοποιείται για το χρονισμό του κινητήρα (αβάνς).

**Τροφοδοτικό 12 Volt / 24 Volt.** Χρησιμοποιείται για την εκκίνηση του κινητήρα, αν η μπαταρία του αυτοκινήτου δεν μπορεί να περιστρέψει τον κινητήρα, δηλαδή αν δεν είναι αρκετά φορτισμένη. Επίσης χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας.

**Ηλεκτρονικός υπολογιστής (H/Y).** Τα σύγχρονα διαγνωστικά μηχανήματα είναι εφοδιασμένα με έναν ειδικό υπολογιστή, ο οποίος συνδέεται με τον Κεντρικό H/Y του αυτοκινήτου του **OBD** (On Board Diagnosis) συστήματος. Ο H/Y του διαγνωστικού μηχανήματος ενημερώνεται για τις βλάβες που έχει καταγράψει ο H/Y του αυτοκινήτου κατά τον έλεγχο αυτοδιάγνωσης. όταν το αυτοκίνητο (κινητήρας) ήταν σε κίνηση και παρουσιάστηκε η βλάβη.

**Οθόνη.** Χρησιμοποιείται για την εμφάνιση δεδομένων, κωδικών και μηνυμάτων.

**Εκτύπωση.** Χρησιμοποιείται για την εκτύπωση των αποτελεσμάτων του ελέγχου και των αποκλίσεων μεγεθών, που χρειάζονται ρύθμιση.

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν φορητοί Η/Υ, που ονομάζονται Testers και λειτουργούν όπως οι Η/Υ των αυτοδιαγνωστικών μονάδων.

### **Μέτρα προστασίας - Χρήση**

Για τον έλεγχο και την επισκευή των ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου του αυτοκινήτου πρέπει να ανατρέχουμε στο εγχειρίδιο του κατασκευαστή και να ακολουθούμε πιστά τις οδηγίες και τα μέτρα προστασίας που μας επιβάλλει.

Σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνουμε και τα παρακάτω μέτρα προστασίας:

Να αποσυνδέουμε την μπαταρία και να τη συνδέουμε μόνο, όταν χρειάζεται.

Ο διακόπτης εκκίνησης να είναι στη θέση "OFF", όταν συνδέουμε και αποσυνδέουμε την μπαταρία.

Ο διακόπτης εκκίνησης να είναι στη θέση "OFF", όταν η μπαταρία είναι συνδεδεμένη και τα ηλεκτρονικά κυκλώματα δε χρειάζεται να τροφοδοτούνται με ηλεκτρική τάση.

Να μη βραχυκυκλώνουμε διάφορα σημεία στα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Να μην τροφοδοτούμε με ηλεκτρική τάση τα ηλεκτρονικά κυκλώματα χρησιμοποιώντας καλώδια (Jumpers) ούτε να γειώνουμε διάφορα σημεία των κυκλωμάτων.

Να χρησιμοποιούμε πάντοτε ένα πολύμετρο με μεγάλη εσωτερική αντίσταση (μεγαλύτερη των 10 MΩ).

Να μη χρησιμοποιούμε δοκιμαστική λάμπα ή δοκιμαστικό κατσαβίδι.

Να μη συνδέουμε άλλα ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά εξαρτήματα στα διάφορα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου.

Να μην αγγίζουμε ηλεκτρικές επαφές στα ηλεκτρονικά συστήματα, όταν αυτά είναι υπό τάση.

Να μην αγγίζουμε την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου και τα ηλεκτρονικά κυκλώματα με τα χέρια, πριν βεβαιωθούμε ότι δεν υπάρχει στατικός ηλεκτρισμός στο σώμα μας (πρέπει το σώμα μας να είναι καλά γειωμένο για την εκφόρτιση του στατικού ηλεκτρισμού).

Τα καλώδια υψηλής τάσης, αν για οποιοδήποτε λόγο τα άκρα τους είναι βγαλμένα από τα μπουζί, να τοποθετούνται και να ασφαλίζονται μακριά από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Να μη φορούμε στα χέρια και στο λαιμό καδένες και αλυσίδες, γιατί μπορούν να προκαλέσουν βραχυκυκλώματα.

Ο χειριστής του διαγνωστικού μηχανήματος πρέπει να είναι καλά εκπαιδευμένος στη χρήση του μηχανήματος και να γνωρίζει με λεπτομέρεια τις βασικές αρχές λειτουργίας των συστημάτων ελέγχου, καθώς και τα εξαρτήματα αυτών. Πριν συνδέσει τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (testers) του διαγνωστικού μηχανήματος με τον Η/Υ του αυτοκινήτου, πρέπει να ελέγχει τη συμβατότητα μεταξύ των δύο καθώς και το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί.

Παρόλο που οι κωδικοί πρόσβασης στον Η/Υ του αυτοκινήτου γίνεται βάσει προτύπων, πολλοί κατασκευαστές αποκλίνουν από τα πρότυπα και χρησιμοποιούν διαφορετικούς κωδικούς και λειτουργικά συστήματα για την πρόσβαση στον Η/Υ και για τον εντοπισμό βλάβης στα συστήματα ελέγχου του αυτοκινήτου. Οι πληροφορίες για το OBD σύστημα πρέπει να ληφθούν από το εγχειρίδιο του κατασκευαστή. Επίσης πρέπει πάντα να χρησιμοποιείται ο κατάλληλος προσαρμογέας (adaptor), σε περίπτωση που τα δύο βύσματα για τη σύνδεση των δύο Η/Υ είναι ανόμοια.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί από το χειριστή στην ερμηνεία των κωδικών, γιατί πολλές φορές οι οδηγίες δεν είναι πλήρεις και μπορεί αυτός να οδηγηθεί σε λανθασμένες ενέργειες. Οι κωδικοί βλάβης δείχνουν συνήθως τα κυκλώματα του συστήματος που δε λειτουργούν κανονικά, δε δείχνουν όμως ποιο είναι το συγκεκριμένο εξάρτημα που έχει πρόβλημα.

Πολλές φορές είναι ανάγκη να οδηγήσει το αυτοκίνητο για μικρή απόσταση, με σκοπό να καταγραφούν πρόσφατοι κωδικοί βλάβης και παραμέτρων σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

## **Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα**

Οι αυτοδιαγνωστικοί εγκέφαλοι είναι απαραίτητοι στα συνεργεία, για τη συντήρηση και επισκευή των σύγχρονων αυτοκινήτων. Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** τους είναι τα παρακάτω:

Όλες οι αναγκαίες συσκευές είναι σε ένα κινούμενο πλαίσιο.

Συνδέονται με τον Η/Υ του OBD συστήματος του αυτοκινήτου και μπορούν να ενημερωθούν για τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος, όταν παρουσιάστηκε η βλάβη.

Παρέχουν σε σύντομο χρονικό διάστημα αρκετά χρήσιμες πληροφορίες για τον εντοπισμό των βλαβών και για τη σωστή ρύθμιση των συστημάτων ελέγχου.

Συγκρίνουν τις πραγματικές τιμές πολλών φυσικών παραμέτρων με τις ιδανικές θεωρητικές τιμές, που δίνει ο κατασκευαστής για την ιδανική λειτουργία των συστημάτων ελέγχου.

Πληροφορούν τον τεχνικό για τις αποκλίσεις των πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές.

Προτείνουν ενέργειες για τη σωστή ρύθμιση των συστημάτων ελέγχου.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των Αυτοδιαγνωστικών Εγκεφάλων (testers) είναι τα παρακάτω:

Το υψηλό κόστος αγοράς, κυρίως για τα μικρά συνεργεία επισκευής και συντήρησης των αυτοκινήτων.

Ο χειριστής πρέπει να είναι πολύ καλά εκπαιδευμένος και να έχει αρκετή εμπειρία.

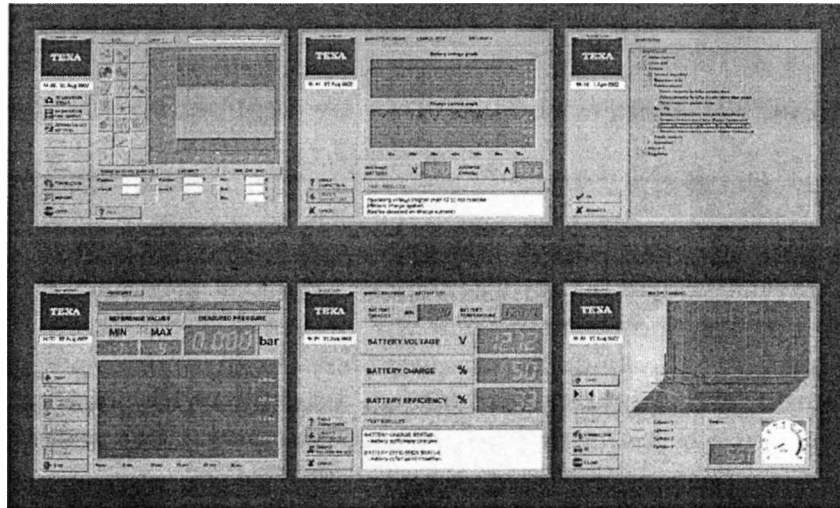
Υπάρχουν πολλά διαφορετικά συστήματα και ο κάθε κατασκευαστής έχει διαφορετικό τύπο συστήματος.

Ο Χρειάζονται συνεχώς αναβάθμιση και πρέπει να ακολουθούν τις κατασκευάστριες εταιρίες, που συνεχώς αλλάζουν τα μοντέλα των αυτοκινήτων και συγχρόνως τα συστήματα και τις Ηλεκτρονικές Μονάδες Ελέγχου.

## 6.2 Ψηφιακός Παλμογράφος

Ο ψηφιακός παλμογράφος είναι το σημαντικότερο όργανο στο ηλεκτρονικό τμήμα ενός Συνεργείου. Με τη βοήθεια του ψηφιακού παλμογράφου μπορεί ένας τεχνικός:

- Να μετρήσει τα διάφορα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μεγέθη (π.χ. τάση, συχνότητα, φάση, παλμούς, κ.λπ.).



- Να παρακολουθήσει στην οθόνη του, τη μορφή ενός σήματος και να την αποθηκεύσει στη μνήμη του για να τη χρησιμοποιήσει ή να τη συγκρίνει με τις ιδανικές κυματομορφές, ώστε αν χρειαστεί αργότερα να βγάλει χρήσιμα συμπεράσματα κατά τον έλεγχο κάποιας συσκευής.

Ο ψηφιακός παλμογράφος έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τον απλό αναλογικό παλμογράφο, αλλά διακρίνεται για τα παρακάτω πρόσθετα χαρακτηριστικά:

Χρησιμοποιεί Αναλογικούς σε Ψηφιακούς μετατροπείς (Α/Ψ) και μετατρέπει τα σήματα σε ψηφιακή μορφή.

Διαθέτει έναν ισχυρό και πολύ γρήγορο μικροεπεξεργαστή με τις ανάλογες περιφερειακές μονάδες, που είναι αναγκαίες για τη επεξεργασία, αποθήκευση, είσοδο, έξοδο, για την εμφάνιση των σημάτων στην οθόνη και για τη μεταφορά δεδομένων σε μικροϋπολογιστή.

Η επικοινωνία με τον μικροϋπολογιστή γίνεται βάσει του προτύπου RS232.



Οι κυματομορφές μπορούν να εκτυπωθούν χρησιμοποιώντας έναν plotter

Ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να προετοιμάσει και να θέσει τις αρχικές συνθήκες στον παλμογράφο, ελέγξει αν το σήμα εισόδου είναι πολύ μεγάλο.

Ενημερώνει το χρήστη με μηνύματα που εμφανίζει στην οθόνη του παλμογράφου.

Μπορεί επίσης να υπολογίσει την επιφάνεια κάτω από μία ορισμένη καμπύλη και να κάνει άλλες μαθηματικές πράξεις, που αφορούν την επεξεργασία των σημάτων.

Για την αποθήκευση των δεδομένων χρησιμοποιείται μνήμη RAM, που τροφοδοτείται από ηλεκτρική μπαταρία για τη διατήρηση των δεδομένων σε περίπτωση που διακοπεί η κανονική ηλεκτρική τροφοδοσία του παλμογράφου από το δίκτυο.

### **6.3 Σύστημα Ελέγχου (OBD II)**

Είναι εξαιρετικά απαραίτητο να ελέγχουμε τα σχετικά με το περιβάλλον συστήματα ενός αυτοκινήτου, όχι μόνο για λόγους επισκευής, αλλά και για τη σωστή λειτουργία.

Πάντως οι Κυβερνήσεις διαφόρων κρατών έχουν αυξημένες απαιτήσεις για συστήματα ελέγχου, με τα οποία, εθνικά Κέντρα Τεχνικού Ελέγχου Οχημάτων (ΚΤΕΟ) θα μπορούν να ελέγχουν την ικανότητα λειτουργίας του συστήματος συμπεριφοράς καυσαερίων γρήγορα και εύκολα. Σε πολλές χώρες η τοποθέτηση ενός διαγνωστικού συστήματος ελέγχου στο αυτοκίνητο (On Board Diagnosis OBD) είναι ήδη υποχρεωτική.

Στην ευρωπαϊκή ένωση έχει ήδη καθιερωθεί και εφαρμόζεται πλέον το διαγνωστικό σύστημα EURO-OBD (EOBD).

Το OBD II είναι ένα δεύτερης γενιάς σύστημα ελέγχου του κινητήρα με διαγνωστικές ικανότητες, που ελέγχει συνεχώς τα παρακάτω σημεία κατά τη λειτουργία του κινητήρα:

- > Τους ρύπους στα καυσαέρια.
- > Όλους τους αισθητήρες.
- > Όλους τους ενεργοποιητές.

- > Βραχυκυκλώματα στα ηλεκτρονικά κυκλώματα.
- > Ανοιχτά κυκλώματα (π.χ. κομμένα καλώδια).
- > Τα σύστημα ανάφλεξης.
- > Τό σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου.
- > Το σύστημα ψεκασμού καυσίμου.
- > Το σύστημα εισαγωγής αέρα.
- > Ενημερώνει αμέσως τον οδηγό, όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί κανονικά.
- > Παρέχει διαγνωστικούς κωδικούς βλάβης στον Η/Υ του Αυτοδιαγνωστικού Εγκεφάλου (testers), ο οποίος στη συνέχεια πληροφορεί και καθοδηγεί τον τεχνικό για τον εντοπισμό της βλάβης.

Οι διαγνωστικοί κωδικοί βλάβης είναι σύμφωνοι με το πρότυπο της Ένωσης Μηχανικών Αυτοκινήτων (Society of Automotive Engineers SAE). Οι διαγνωστικοί κωδικοί βλάβης αποτελούνται από πέντε αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, π.χ. **P0112**.

Ο *πρώτος* χαρακτήρας είναι ένα γράμμα του Αγγλικού Αλφαβήτου, που προσδιορίζει τον τύπο του συστήματος:

Pxxxx	-	για τον κινητήρα
Bxxxx	-	για το αμάξιωμα
Cxxxx	-	για την ανάρτηση
Ixxxx	-	για μελλοντικά συστήματα

Το **OBD II** χρησιμοποιεί μόνο τους κωδικούς με το γράμμα "P".

Ο *δεύτερος* χαρακτήρας προσδιορίζει τον τύπο του κωδικού που χρησιμοποιείται. Για τα μοντέλα του 2000 και μετά οι κωδικοί που χρησιμοποιούνται είναι:

<b>P0xxx</b>	-	<b>κωδικοί βλάβης που περιέχουν καθορισμένο κείμενο</b>
<b>P2xxx</b>	-	» » » »
<b>P1xxx</b>	-	<b>κωδικοί βλάβης χωρίς προκαθορισμένο κείμενο</b>
<b>P3xxx</b>	-	» » » »

Ο  *τρίτος* χαρακτήρας προσδιορίζει το σύστημα που εντοπίστηκε η βλάβη:

- Pxῖxx** - Σύστημα ελέγχου αέρα και βενζίνης
- Px2xx** - » » »
- Px3xx** - Σύστημα ανάφλεξης
- Px3xx** - Πρόσθετος έλεγχος ρύπων
- Px5xx** - Έλεγχος ταχύτητας ρελαντί και πορείας
- Px6xx** - Έλεγχος του Η/Υ και των σημάτων εξόδου
- Px7xx** - Σύστημα μετάδοσης της κίνησης

Ο τέταρτος και ο πέμπτος χαρακτήρας προσδιορίζουν το εξάρτημα του συστήματος που πιθανόν να έχει πάθει βλάβη.

Κωδικός	Βλάβη
P0100	Κύκλωμα μάζας - ροής αέρα Ελαττωματικό
P0101	Κύκλωμα μάζας - ροής αέρα Διακύμανση/Απόδοση
P0102	Κύκλωμα μάζας - ροής αέρα Χαμηλή Είσοδος
P0103	Κύκλωμα μάζας - ροής αέρα Υψηλή Είσοδος
P0104	Κύκλωμα μάζας - ροής αέρο Διακοπτόμενο
P0105	Κύκλωμα MAP/Βαρομετρικής Πίεσης Ελαττωματικό
P0106	Κύκλωμα MAP/Βορομέτρικής Πίεσης Διοχόμανση/Αττόδοση
P0107	Κύκλωμα MAP/Βαρομετρικής Πίεσης Χαμηλή "Εξοδος
P0108	Κύκλωμα MAP/Βαρομετρικής Πίεσης Υψηλή Εξοδος
P0109	Κύκλωμα MAP/Βορομετρικής Πίεσης Διακοπτόμενα
P0110	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Εισαγωγής Αέρα Ελαττωματικό
P0111	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Βααγωγής Αέρα Διακύμανση/Απόδοση
P0112	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Εισαγωγής Αέρα Χαμηλή Είσοδος
P0113	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Εισαγωγής Αέρα Υψηλή Είσοδος
P0114	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Εισαγωγής Αέρα Διοκοσπτόμεν&
P0115	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Ψύξης Κινητήρα Ελαττωματικά
P0116	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Ψύξης Κινητήρα Διαχόμανση/Αττόδοση
P0117	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Ψύξης Κινητήρα Χαμηλή Είσοδος
P0118	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Ψύξης Κινητήρα Υψηλή Είσοδος
P0119	Κύκλωμα Θερμοκρασίας Ψύξης Κινητήρα Διακοπτόμενα
P0120	Κύκλωμα Αισθητήρα Θέσης Πεντάλ Γκαζιού Α Ελαττωματικό
P0121	Κύκλωμα Αισθητήρα Θέσης Πεντάλ Γκαζιού Α Διακύμανση/Απόδοση
P0122	Κύκλωμα Αισθητήρα Θέσης Πεντάλ Γκαζιού Α Χαμηλή Είσοδος
P0123	Κύκλωμα Αισθητήρα θέσης Πεντάλ Γκαζιού Α Υψηλή Είσοδος
P0124	Κύκλωμα Αισθητήρα Θέσης Πεντάλ Γκαζιού Α Διακοπτόμενο
P0125	Ανεπαρκής Θερμοκρασία Ψυκτικού για τη λειτουργία του <X>
P0125	Ανεπαρκής Θερμοκρασία Ψυκτικού για Σταθερή Λειτουργία
P0130	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 1 Αισθητήρας 1)
P0131	Κύκλωμα Αισθητήρα <A> Χαμηλή Τάση (Σειρά 1 Αισθητήρας 1)
P0132	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Υψηλή Τάση (Σειρά 1 Αισθητήρας 1)
P0133	Κύκλωμα Αισθητήρα <K> Αργή Απόκριση (Σειρά 1 Αισθητήρας 1)
P0124	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ανενεργό (Σειρά 1 Αισθητήρας 1)
P0135	Κύκλωμα Θέρμανσης Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 1 Αισθητήρας)
P0136	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 1 Αισθητήρας 2)
P0137	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Χαμηλή Τάση (Σειρά 1 Αισθητήρας 2)
P0138	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Υψηλή Τάση (Σειρά 1 Αισθητήρας 1)
P0139	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Αργή Απόκριση (Σειρά 1 Αισθητήρας 2)
P0140	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ανενεργό (Σειρά 1 Αισθητήρας 2)
P0141	Κύκλωμα Θέρμανσης Αισθητήρα <K> Ελαττωματικό (Σειρά 1 Αισθητήρας)
P0142	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 1 Αισθητήρας 3)
P0143	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Χαμηλή Τάση (Σειρά 1 Αισθητήρας 3)
P0144	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Υψηλή Τάση Σειρά 1 Αισθητήρας 3)
P0145	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Αργή Απόκριση (Σειρά 1 Αισθητήρας 3)
P0146	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ανενεργό (Σειρά 1 Αισθητήρας 3)
P0147	Κύκλωμα Θέρμανσης Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 1 Αισθητήρας)
P0151	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Χαμηλή Τάση, (Σειρά 2 Αισθητήρας 1)
P0152	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Υψηλή Τάση (Σειρά 2 Αισθητήρας 1)
P0153	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Αργή Απόκριση (Σειρά 2 Αισθητήρας 1)
P0154	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ανενεργό (Σειρά 2 Αισθητήρας 1)
P0155	Κύκλωμα Θέρμανσης Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 2 Αισθητήρας)
P0156	Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 2 Αισθητήρας 2)

P0157 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Χαμηλή Τάση (Σειρά 2 Αισθητήρας 2)  
 P0158 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Υψηλή Τάση (Σειρά 2 Αισθητήρας 2)  
 P0159 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Αργή Απόκριση (Σειρά 2 Αισθητήρας 2)  
 P0160 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ανενεργό (Σειρά 2 Αισθητήρας 2)  
 P0161 Κύκλωμα Θέρμανσης Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 2 Αισθητήρας)  
 P0162 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 2 Αισθητήρας 3)  
 P0163 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Χαμηλή Τάση (Σειρά 2 Αισθητήρας 3)  
 P0164 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Υψηλή Τάση (Σειρά 2 Αισθητήρας 3)  
 P0165 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Αργή Απόκριση Σειρά 2 Αισθητήρας 3 }  
 P0166 Κύκλωμα Αισθητήρα <λ> Ανενεργό (Σειρά 2 Αισθητήρας 3)  
 P0167 Κύκλωμα Θέρμανσης Αισθητήρα <λ> Ελαττωματικό (Σειρά 2 Αισθητήρας)  
 P0170 Ρύθμιση Καυσίμου Λανθασμένη (Σειρά 1 )  
 P0171 Μίγμα πολύ Φτωχό (Σειρά 1)  
 P0172 Μίγμα πολύ Πλούσιο (Σειρά 1)  
 P0173 Ρύθμιση Μίγματος Λανθασμένη (Σειρά 2)  
 P0174 Μίγμα πολύ Φτωχό (Σειρά 2)  
 P0175 Μίγμα πολύ Πλούσιο (Σειρά 2)  
 P0176 Κύκλωμα Αισθητήρα Σύνθεσης Καυσίμου Ελαττωματικό  
 P0177 Κύκλωμα Αισθητήρα Σύνθεσης Καυσίμου Διακύμανση/Απόδοση  
 P0178 Κύκλωμα Αισθητήρα Σύνθεσης Καυσίμου Χαμηλή Είσοδος  
 P0179 Κύκλωμα Αισθητήρα Σύνθεσης Καυσίμου Υψηλή Είσοδος  
 P0180 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Α Ελαττωματικό  
 P0181 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Α Διακύμανση/Απόδοση  
 P0182 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Α Χαμηλή Είσοδος  
 P0183 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Α Υψηλή Είσοδος  
 P0184 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Α Διακοπτόμενο  
 P0185 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Β Ελαττωματικό  
 P0186 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Β Διακύμανση/Απόδοση  
 P0187 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Β Χαμηλή Είσοδος  
 P0188 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Β Υψηλή Είσοδος  
 P0189 Κύκλωμα Αισθητήρα Θερμοκρασίας Καυσίμου Β Διακοπτόμενο  
 P0190 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης ΚαυσίμουΜπεκιάρας Ελαττωματικό  
 P0191 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης ΚαυσίμουΜπεκιάρας Διακύμανση/Απόδοση  
 P0192 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης ΚαυσίμουΜπεκιάρας Χαμηλή Είσοδος  
 P0193 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης ΚαυσίμουΜπεκιάρας Υψηλή Είσοδος  
 P0194 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης ΚαυσίμουΜπεκιάρας Διακοπτόμενο  
 P0195 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού Κινητήρα Ελαττωματικός  
 P0196 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού Κινητήρα Διακύμανση/Απόδοση  
 P0197 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού Κινητήρα Χαμηλός  
 P0198 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού Κινητήρα Υψηλός  
 P0199 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού Κινητήρα Διακοπτόμενος  
 P0200 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό  
 P0201 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 1  
 P0202 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 2  
 P0203 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 3  
 P0204 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 4  
 P0205 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 5  
 P0206 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 6  
 P0207 Κύκλωμα Μπέκ ΕλαττωμΟϊ <c Κυλίνδρου 7  
 P0208 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 8  
 P0209 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 9  
 P0210 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 10  
 P0211 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικά Κυλίνδρου 11  
 P0212 Κύκλωμα Μπέκ Ελαττωματικό Κυλίνδρου 12  
 P0213 Μπέκ Ψυχρής Εκκίνησης 1 Ελαττωματικό  
 P0214 Μπέκ Ψυχρής Εκκίνησης 2 Ελαττωματικό  
 P0215 Σωληνοειδές cutoff Κινητήρα Ελαττωματικό  
 P0216 Κύκλωμα Ελέγχου Φάσεως Ψεκασμού Ελαττωματικό  
 P0217 Υπερθέρμανσης Κινητήρα

P0218Υπερθέρμαση Αυτόματου Κιβωτίου Ταχυτήτων  
P0219Υπερβολικές Στροφές Κινητήρα  
P0220Κύκλωμα Β Αισθητήρα/Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Ελαττωματικό  
P0221Κύκλωμα Β Αισθητήρα/Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Διακύμανση/Απόδοση  
P0222Κύκλωμα Β Αισθητήρα/Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Χαμηλή Είσοδος  
P0223Κύκλωμα 8 Αισθητήρα/Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Υψηλή Είσοδος  
P0224Κύκλωμα Β Αισθητήρα/Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Διακοπτόμενο  
P0225Κύκλωμα C Αισθητήρα/Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Ελαττωματικό  
P0226Κύκλωμα C Αισθητήρα Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Διακύμανση/Απόδοση  
P0227Κύκλωμα C Αισθητήρα Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Χαμηλή Είσοδος  
P0228Κύκλωμα Ο Αισθητήρα Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Υψηλή Είσοδος  
P0229Κύκλωμα Ο Αισθητήρα Διακόπτη Θέσης Γκαζιού Διακοπτόμενο  
P0230Πρωτεύον Κύκλωμα Αντλίας Καυσίμου Ελαττωματικό  
P0231Δευτερεύον Κύκλωμα Αντλίας Καυσίμου Χαμηλό  
P0232Δευτερεύον Κύκλωμα Αντλίας Καυσίμου Υψηλό  
P0233Δευτερεύον Κύκλωμα Αντλίας Καυσίμου Διακοπτόμενο  
P0234Κατάσταση Κινητήρα σε Υπερτροφοδότηση  
P0235Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Α Ελαττωματικό  
P0236Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Α Διακύμανση/Απόδοση  
P0237Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Α Χαμηλό  
P0238Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Α Υψηλό  
P0239Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Β Ελαττωματικό  
P0240Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Β Διακύμανση/Απόδοση  
P0241Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Β Χαμηλό  
P0242Κύκλωμα Αισθητήρα Ελέγχου turbo Β Υψηλό  
P0243Βαλβίδα Wastegate Α Ελαττωματική  
P0244Βαλβίδα Wastegate Α Διακύμανση/Απόδοση  
P0245Βαλβίδα Wastegate Α Χαμηλή  
P0247Βαλβίδα Wastegate Α Υψηλή  
P0248Βαλβίδα Wastegate 3 Ελαττωματική  
P0249Βαλβίδα Wastegate Β Διακύμανση/Απόδοση  
P0250Βαλβίδα Wastegate Β Χαμηλή  
P0251Βαλβίδα Wastegate Β Υψηλή  
P0251Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Α' Ελαττωματικός  
P0252Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Α' Διακύμανση/Απόδοση  
P0253Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Α' Χαμηλός  
P0254Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Α' Υψηλός  
P0255Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Α' Διακοπτόμενος  
P0256Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Β' Ελαττωματικός  
P0257Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Β' Διακύμανση/Απόδοση  
P0258Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Β' Χαμηλός  
P0259Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Β' Υψηλός  
P0260Έλεγχος Μέτρησης Καυσίμου Αντλίας Β' Διακοπτόμενος  
P0261 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 1 Χαμηλό  
P0262 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 1 Υψηλό  
P0263 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 1 Λανθασμένη  
P0264 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 2 Χαμηλό  
P0265 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 2 Υψηλό  
P0266 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 2 Λανθασμένη  
P0267 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 3 Χαμηλό  
P0268 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 3 Υψηλό  
P0269 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 3 Λανθασμένη  
P0270 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 4 Χαμηλό  
P0271 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 4 Υψηλό  
P0272 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 4 Λανθασμένη  
P0273 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 5 Χαμηλό  
P0274 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 5 Υψηλό  
P0275 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 5 Λανθασμένη  
P0276 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 5 Χαμηλό  
P0277 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 5 Υψηλό

P0278 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 6 Λανθασμένη  
P0279 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 7 Χαμηλό  
P0280 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου Υψηλό  
P0281 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 7 Λανθασμένη  
P0282 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 8 Χαμηλό  
P0283 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου δΥψηλό  
P0284 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 8 Λανθασμένη  
P0285 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 9 Χαμηλό  
P0286 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου ΘΥψηλό  
P0287 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 9 Λανθασμένη  
P0288 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 10 Χσημό  
P0289 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου ΙΟΥψηλό  
P0290 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 10 Λανθασμένη  
P0291 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 11 Χαμηλό  
P0292 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 11 Υψηλό  
P0293 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 11 Λανθασμένη  
P0294 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 12 Χαμηλό  
P0295 Κύκλωμα Μπέκ Κυλίνδρου 12Υψηλό  
P0296 Απόδοση/Ισορροπία Κυλίνδρου 12 Λανθασμένη  
P0300 Πολλαπλές/Τυχαίες Ελλείψεις Σπινθήρα  
P0301 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 1  
P0302 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 2  
P0303 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 3  
P0304 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 4  
P0305 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 5  
P0306 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου δ  
P0307 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 7  
P0308 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 8  
P0309 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 9  
P0310 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 10  
P0311 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 11  
P0312 Έλλειψη Σπινθήρα Κυλίνδρου 12  
P0320 Κύκλωμα Ανάφλεξης/Διανομέα Ελαττωματικό  
P0321 Κύκλωμα Ανάφλεξης/Διανομέα Διακύμανση/Απόδοση  
P0322 Κύκλωμα Ανάφλεξης/Διανομέα Έλλειψη Σήματος  
P0323 Κύκλωμα Ανάφλεξης/Διανομέα Διακοπτόμενο  
P0325 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 1 Ελαττωματικό  
P0326 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 1 Διακύμανση/Απόδοση  
P0327 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 1 Χαμηλή Είσοδος  
P0328 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 1 Υψηλή Είσοδος  
P0329 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 1 Διακοπτόμενα  
P0330 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 2 Ελαττωματικό  
P0331 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 2 Διακύμανση/Απόδοση  
P0332 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 2 Χαμηλή Είσοδος  
P0333 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 2 Υψηλή Είσοδος  
P0334 Κύκλωμα Αισθητήρα Προανάφλεξης 2 Διακοπτόμενο  
P0335 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών Α Ελαττωματικό  
P0336 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών Α Διακύμανση/Απόδοση  
P0337 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών Α Χαμηλή Είσοδος  
P0338 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών Α Υψηλή Είσοδος  
P0339 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών Α Διακοπτόμενο  
P0340 Κύκλωμα Αισθητήρα Α.Ν.Σ. Ελαττωματικό  
P0341 Κύκλωμα Αισθητήρα Α.Ν.Σ. Διακύμανση/Απόδοση  
P0342 Κύκλωμα Αισθητήρα Α.Ν.Σ. Χαμηλή Είσοδος  
P0343 Κύκλωμα Αισθητήρα Α.Ν.Σ. Υψηλή Είσοδος  
P0344 Κύκλωμα Αισθητήρα Α.Ν.Σ. Διακοπτόμενο  
P0350 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
P0351.Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή Α Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
P0352 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή Β Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
P0353 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή C Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό

P0354 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή D Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0355 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή E Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0356 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή F Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0357 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή G Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0358 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή H Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0359 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή I Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0360 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή J Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0361 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή K Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0362 Κύκλωμα Πολλαπλασιαστή L Πρωτεύον/Δευτερεύον Ελαττωματικό  
 P0370 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως A Ελαττωματικό  
 P0371 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως A Υπερβολικοί Παλμοί  
 P0372 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως A Ανεπαρκείς Παλμοί  
 P0373 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως A Διακοπτόμενο/Παλμοί Λανθασμένοι.  
 P0374 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως A Ελλειψη Παλμών  
 P0375 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως B Ελαττωματικό  
 P0376 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως B Υπερβολικοί Παλμοί  
 P0377 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως B Ανεπαρκείς Παλμοί  
 P0378 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως B Διακοπτόμενο/Παλμοί Λανθασμένοι  
 P0379 Σήμα Αισθητήρα Φάσεως B Ελλειψη Παλμών  
 P0380 Κύκλωμα Ενδείκτη Προθέρμανσης 'A' Ελαττωματικό  
 P0381 Ενδεικτική Λυχνία Προθέρμανσης Ελαττωματική  
 P0382 Κύκλωμα Προθέρμανσης "B\*" Ελαττωματικό  
 P0385 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών 'B' Ελαττωματικό  
 P0386 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών 'B' Διακύμανση/Απόδοση  
 P0387 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών 'B' Χαμηλή Είσοδος  
 P0388 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών 'B' Υψηλή Είσοδος  
 P0389 Κύκλωμα Αισθητήρα Στροφών '8' Διακοπτόμενο  
 P0400 Ροή EGR Ελαττωματική  
 P0401 Ροή EGR Ανεπαρκής  
 P0402 Ροή EGR Υπερβολική  
 P0403 Κύκλωμα EGR Ελλστωματικό  
 P0404 Κύκλωμα EGR Διακύμανση Απόδοση  
 P0405 Κύκλωμα Αισθητήρα EGR A Χαμηλό  
 P0406 Κύκλωμα Αισθητήρα EGR A Υψηλό  
 P0407 Κύκλωμα Αισθητήρα EGR 8 Χαμηλό  
 P0408 Κύκλωμα Αισθητήρα EGR B Υψηλό  
 P0409 Δευτερεύον Σύστημα Αέρα Ψεκασμού Ελαττωματικό  
 P0410 Δευτερεύον Σύστημα Αέρα Ψεκασμού Ελλειπής Ροή  
 P0411 Βαλβίδα A Δευτερεύοντος Συστήματος Αέρα Ψεκασμού Κύκλωμα Ελαττωματικό  
 P0412 Βαλβίδα A Δευτερεύοντος Συστήματος Αέρα Ψεκασμού Κύκλωμα Ανοιχτό  
 P0413 Βαλβίδα A Δευτερεύοντος Συστήματος Αέρα Ψεκασμού Βραχυκύκλωμα  
 P0414 Βαλβίδα 6 Δευτερεύοντος Συστήματος Αέρα Ψεκασμού Κύκλωμα Ελαττωματικό  
 P0415 Βαλβίδα B Δευτερεύοντος Συστήματος Αέρα Ψεκασμού Κύκλωμα Ανοιχτό  
 P0416 Βαλβίδα B Δευτερεύοντος Συστήματος Αέρα Ψεκασμού Βραχυκύκλωμα  
 P0417 Δευτερεύον Σύστημα Αέρα Ψεκασμού Ρελέ 'A' Ελαττωματικό  
 P0418 Δευτερεύον Σύστημα Αέρα Ψεκασμού Ρελέ 'B' Ελαττωματικό  
 P0419 Απόδοση Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 1)  
 P0420 Θέρμανση Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 1)  
 P0421 Απόδοση Κύριου Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 1)  
 P0422 Απόδοση Θερμαινόμενου Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 1)  
 P0423 Θερμοκρασία Θερμαινόμενου Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 1)  
 P0424 Απόδοση Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 2)  
 P0425 Θέρμανση Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 2)  
 P0426 Απόδοση Κύριου Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 2)  
 P0427 Απόδοση Θερμοκραινόμενου Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 2)  
 P0428 Θερμοκρασία Θερμαινόμενου Καταλύτη κάτω από το Όριο (Σειρά 2)



P0429 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Ελαττωματικό  
 P0430 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Αντικανονική Ροή  
 P0431 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Μικρή Διαρροή  
 P0432 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Κύκλωμα Βαλβίδας Ελέγχου Ελαττωματικό  
 P0433 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Κύκλωμα Βαλβίδας Ελέγχου Ανοιχτό  
 P0434 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Κύκλωμα Βαλβίδας Ελέγχου  
 Βραχυκυκλωμένο  
 P0435 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Βαλβίδα Πολλών Λειτουργιών  
 Ελαττωματική  
 P0436 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Βαλβίδα Πολλών Λειτουργιών Ανοιχτή  
 P0437 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Βαλβίδα Πολλών Λειτουργιών  
 Βραχυκυκλωμένη  
 P0438 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Κύκλωμα Βαλβίδας/Σωληνοειδές  
 Βραχυκύκλωμα  
 P0439 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Αισθητήρας Πίεσης Ελαττωματικός  
 P0440 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Αισθητήρας Πίεσης Διακύμανση/Απόδοση  
 P0441 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Αισθητήρας Πίεσης Χαμηλή Είσοδος  
 P0442 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Αισθητήρας Πίεσης Υψηλή Είσοδος  
 P0443 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Αισθητήρας Πίεσης Διακοπτόμενος  
 P0444 Σύστ. Επαν/ρίας Αναθυμιάσεων Μεγάλη Διαρροή  
 P0445 Κύκλωμα Φλοτέρ Ελαττωματικό  
 P0446 Κύκλωμα Φλοτέρ Διακύμανση/Απόδοση  
 P0447 Κύκλωμα Φλοτέρ Χαμηλή Είσοδος  
 P0448 Κύκλωμα Φλοτέρ Υψηλή Είσοδος  
 P0449 Κύκλωμα Φλοτέρ Διακοπτόμενο  
 P0450 Κύκλωμα Ροής Αισθητήρα Αναθυμιάσεων Ελαττωματικό  
 P0451 Κύκλωμα Ροής Αισθητήρα Αναθυμιάσεων Διακύμανση/Απόδοση  
 P0452 Κύκλωμα Ροής Αισθητήρα Αναθυμιάσεων Χαμηλή Είσοδος  
 P0453 Κύκλωμα Ροής Αισθητήρα Αναθυμιάσεων Υψηλή Είσοδος  
 P0454 Κύκλωμα Ροής Αισθητήρα Αναθυμιάσεων Διακοπτόμενο  
 P0455 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Ελαττωματικός  
 P0456 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Διακύμανση/Απόδοση  
 P0457 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Χαμηλός  
 P0458 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Υψηλός  
 P0459 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Διακοπτόμενος  
 P0460 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Βαλβίδα Ελαττωματική  
 P0461 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Βαλβίδα Διακύμανση/Απόδοση  
 P0462 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Βαλβίδα Χαμηλή  
 P0463 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Βαλβίδα Υψηλή  
 P0464 Αισθητήρας Πίεσης Καυσαερίων Βαλβίδα Διακοπτόμενη  
 P0465 Κύκλωμα Ελέγχου Βεντιλατέρ 1 Ελαττωματικό  
 P0466 Κύκλωμα Ελέγχου Βεντιλατέρ 2 Ελαττωματικό  
 P0467 Κύκλωμα Ελέγχου Βεντιλατέρ 3 Ελαττωματικό  
 P0468 Βεντιλατέρ Ελαττωματική Λειτουργία  
 P0469 Κύκλωμα Βεντιλατέρ Υπερβολικό Ρεύμα  
 P0470 Γραμμή Κυκλώματος Βεντιλατέρ Ελαττωματική  
 P0471 Αισθητήρας Ταχύτητας Οχήματος Ελαττωματικός  
 P0472 Αισθητήρας Ταχύτητας Οχήματος Διακύμανση/Απόδοση  
 P0473 Αισθητήρας Ταχύτητας Οχήματος Χαμηλή Είσοδος  
 P0474 Αισθητήρας Ταχύτητας Οχήματος Διακοπτόμενος/Ανεπαρκής/Υψηλή  
 Είσοδος  
 P0475 Σύστημα Ελέγχου Ρελαντί Ελαττωματικό  
 P0476 Σύστημα Ελέγχου Ρελαντί σ.α.λ. λιγότερες  
 P0477 Σύστημα Ελέγχου Ρελαντί σ.α.λ. περισσότερες  
 P0478 Διακόπτης Κλειστής Πεταλούδας Ελαττωματικός  
 P0479 Κύκλωμα Διακόπτη/Αισθητήρα Πίεσης Λαδιού Ελαττωματικό  
 P0480 Κύκλωμα Διακόπτη/Αισθητήρα Πίεσης Λαδιού Διακύμανση/Απόδοση  
 P0481 Κύκλωμα Διακόπτη/Αισθητήρα Πίεσης Λαδιού Χαμηλή Τάση

P0482 Κύκλωμα Διακόπτη/Αισθητήρα Πίεσης Λαδιού Υψηλή Τάση  
 P0483 Κύκλωμα Αισθητήρα. Πίεσης A/C Ελαττωματικό  
 P0484 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης A/C Διακύμανση/Απόδοση  
 P0485 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης A/O Χαμηλή Είσοδος  
 P0486 Κύκλωμα Αισθητήρα Πίεσης A/C Υψηλή Είσοδος  
 P0487 Έλλειψη Freon από το A/C  
 P0488 Κύκλωμα Αισθητήρα υποβοήθησης τιμονιού Ελαττωματικό  
 P0489 Κύκλωμα Αισθητήρα υποβοήθησης τιμονιού Διακύμανση/Απόδοση  
 P0490 Κύκλωμα Αισθητήρα υποβοήθησης τιμονιού Χαμηλή Είσοδος  
 P0491 Κύκλωμα Αισθητήρα υποβοήθησης τιμονιού Υψηλή Είσοδος  
 P0492 Κύκλωμα Αισθητήρα υποβοήθησης τιμονιού Διακοπτόμενο  
 P0493 Τάση Συστήματος Ελαττωματική  
 P0494 Τάση Συστήματος Ασταθής  
 P0495 Τάση Συστήματος Χαμηλή  
 P0496 Τάση Συστήματος Υψηλή  
 P0497 Σήμα ON Ελέγχου Πορείας Ελαττωματικό  
 P0498 Σήμα OFF Ελέγχου Πορείας Ελαττωματικό  
 P0499 Επαναληπτικό Σήμα Πορείας Ελαττωματικό  
 P0500 Ενεργοποίηση Σήματος Πορείας Ελαττωματική  
 P0501 Σήμα σταθεροποίησης Ελέγχου Πορείας Ελαττωματικό  
 P0502 Σήμα Πρόσβασης Ελέγχου Πορείας Ελαττωματικό  
 P0503 Κύκλωμα Διακόπτη Φρένου/Ελέγχου Πορείας A Ελαττωματικό  
 P0504 Κύκλωμα Διακόπτη Φρένου/Ελέγχου Πορείας A Χαμηλό  
 P0505 Κύκλωμα Διακόπτη Φρένου/Ελέγχου Πορείας A Υψηλό  
 P0506 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0507 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0508 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0509 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0510 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0511 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0512 Βλάβη Αναφερόμενη στον Έλεγχο Πορείας  
 P0513 Πρίζα Διάγνωσης Ελαττωματική  
 P0514 HME Μνήμης Εσωτερικού Check Ελαττωματική  
 P0515 HME Λάθος Προγραμματισμένη  
 P0516 HME Μνήμη Αυτοπροσαρμογής Αανθασμένη  
 P0517 HME Μνήμη (RAM) Λανθασμένη  
 P0518 HME Μνήμη (ROM) Λανθασμένη  
 P0519 Επεξεργαστής PCM (Μονάδα Ελέγχου Μετάδοσης Ισχύος) Ελαττωματικός  
 P0520 Έξοδος HME Αισθητήρα Ταχύτητας Οχήματος 'Α' Ελαττωματική  
 P0521 Έξοδος HME Αισθητήρα Ταχύτητας Οχήματος 'Β' Ελαττωματική  
 P0522 Κύκλωμα Ελέγχου Αλτερνέιτορ Ελαττωματικό  
 P0523 Κύκλωμα Ελέγχου Λυχνίας V Αλτερνέιτορ Ελαττωματικό  
 P0524 Κύκλωμα Ελέγχου Πεδίου L" Αλτερνέιτορ Ελαττωματικά  
 P0525 Κύκλωμα Ελέγχου Ενδεικτικής Λυχνίας Βλαβών Ελαττωματικό  
 P0526 Κύκλωμα Εξόδου Αισθητήρα Στροφών Κινητήρα Ελαττωματικό  
 P0527 Κύκλωμα Ελέγχου Ενδεικτικής Λυχνίας Υπερθέρμανσης Κινητήρα Ελαττωματικό  
 P0528 Κύκλωμα Φλοτέρ Ελαττωματικό  
 P0529 Σύστημα Ελέγχου Αλλαγής Ταχυτήτων Ελαττωματικό  
 P0530 Σύστημα Ελέγχου Αλλαγής Ταχυτήτων Διακύμανση/Απόδοση  
 P0531 Σύστημα Ελέγχου Αλλαγής Ταχυτήτων Ηλεκτρικό  
 P0532 Κύκλωμα Β Μετατροπέα Ροπής/Διακόπτη Φρένου Ελαττωματικό,  
 P0533 Κύκλωμα Εισόδου Διακόπτη Συμπλέκτη Ελαττωματικό  
 P0534 Κύκλωμα Αισθητήρα Αυτ. Κιβ. Ταχυτήτων Ελαττωματικό (Είσοδος PRMFDL)  
 P0535 Κύκλωμα Αισθητήρα Αυτ. Κιβ. Ταχυτήτων Διακύμανση/Απόδοση  
 P0536 Κύκλωμα Αισθητήρα Αυτ. Κιβ. Ταχυτήτων Χαμηλή Είσοδος  
 P0537 Κύκλωμα Αισθητήρα Αυτ. Κιβ. Ταχυτήτων Υψηλή Είσοδος  
 P0538 Κύκλωμα Αισθητήρα Αυτ. Κιβ. Ταχυτήτων Διακοπτόμενο

P0539Κύκλωμα Ελέγχου Αισθ. Θερμ. Αυτ, Κιβ, Ταχυτήτων Ελαπωματικό  
P0540Κύκλωμα Ελέγχου Αισθ. Θερμ. Αυτ, Κιβ. Ταχυτήτων Διακύμανση/Απόδοση  
P0541Κύκλωμα Ελέγχου Αισθ. θερμ. Αυτ. Κιβ- Ταχυτήτων Χαμηλή Είσοδος  
P0542Κύκλωμα Ελέγχου Αισθ. θερμ. Αυτ. Κιβ. Ταχυτήτων Υψηλή Είσοδος  
P0543Κύκλωμα Ελέγχου Αισθ, θερμ. Αυτ, Κιβ. Ταχυτήτων Διακοπτόμενο  
P0544Κύκλωμα Ελέγχου Αισθητήρα Ταχύτητας Turbo Ελαπωματικό  
P0545Κύκλωμα Ελέγχου Αισθητήρα Ταχύτητας Turbo Διακύμανση/Απόδοση  
P0546Κύκλωμα Ελέγχου Αισθητήρα Ταχύτητας Turbo Έλλειψη Σήματος  
P0547Κύκλωμα Ελέγχου Αισθητήρα Ταχύτητας Turbo Διακοπτόμενο  
P0548 Κύκλωμα Β Μετατροπέα Ροπής/Διακόπτη Φρένου Χαμηλό  
P0549Κύκλωμα Εξόδου Αισθητήρα Ταχύτητας Οχήματος Ελαττωματικό  
P0550 Κύκλωμα Εξόδου Αισθητήρα Ταχύτητας Οχήματος Διακύμανση/Απόδοση  
P0551 Κύκλωμα Εξόδου Αισθητήρα Ταχύτητας Οχήματος Έλλειψη Σήματος  
P0552 Κύκλωμα Εξόδου Αισθητήρα Ταχύτητας Οχήματος Διακοπτόμενο  
P0553 Κύκλωμα Β Μετατροπέα Ροπής/Διακόπτη Φρένου Υψηλό  
P0554 Κύκλωμα Εισόδου Ταχύτητας Κινητήρα Ελαττωματικό  
P0555 Κύκλωμα Εισόδου Ταχύτητας Κινητήρα Διακύμανση/Απόδοση  
P0556 Κύκλωμα Εισόδου Ταχύτητας Κινητήρα Έλλειψη Σήματος  
P0557 Κύκλωμα Εισόδου Ταχύτητας Κινητήρα Διακοπτόμενο  
P0558 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιών  
P0559 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιού 1  
P0560 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιού 2  
P0561 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιού 3  
P0562 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιού 4  
P0563 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιού 5  
P0564 Λανθασμένη Σχέση Γραναζιού Όπισθεν  
P0565Κύκλωμα Μετατροπέα Ροπής; Συμπλέκτη Κολλημένο  
P0566Κύκλωμα Μετατροπέα Ροπής Συμπλέκτη Ηλεκτρικό  
P0567Κύκλωμα Μετατροπέα Ροπής Συμπλέκτη Διακοπτόμενο  
P0568Σωληνοειδές Ελέγχου Πίεσης Ελαττωματικά  
P0569 Σωληνοειδές Ελέγχου Πίεσης Απόδοση ή Κολλημένο  
P0570 Σωληνοειδές Ελέγχου Πίεσης Κολλημένο  
P0571 Σωληνοειδές Ελέγχου Πίεσης Ηλεκτρικό  
P0572 Σωληνοειδές Ελέγχου Πίεσης Διακοπτόμενο  
P0573 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Α Ελαττωματικό  
P0574 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Α Απόδοση ή Κολλημένο  
P0575 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Α Κολλημένο  
P0576 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Α Ηλεκτρικό  
P0577 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Α Διακοπτόμενο  
P0578 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Β Ελαττωματικό  
P0579 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Β Απόδοση ή Κολλημένο  
P0580 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Β Κολλημένο  
P0581 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Β Ηλεκτρικό  
P0582 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας Β Διακοπτόμενο  
P0583 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας C Ελαττωματικό  
P0584 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας C Απόδοση ή Κολλημένο  
P0585 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας C Κολλημένο  
P0586 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας C Ηλεκτρικό  
P0587 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας C Διακοπτόμενο  
P0588 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας D Ελαπωματικό  
P0589 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας D Απόδοση ή Κολλημένο

P0590 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας D Κολλημένο  
P0591 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας D Ηλεκτρικό  
P0592 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας O Διακοπτόμενο  
P0593 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας E Ελαττωματικό  
P0594 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας E Απόδοση ή Κολλημένο  
P0595 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας E Κολλημένο  
P0596 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας E Ηλεκτρικό  
P0597 Σωληνοειδές Αλλαγής Ταχύτητας E Διακοπτόμενο  
P0600 Αλλαγή Ταχυτήτων Ελαττωματική  
P0601 1-2 Αλλαγή Ταχύτητας Ελαττωματική  
P0602 2-3 Αλλαγή Ταχύτητας Ελαττωματική  
P0603 3-4 Αλλαγή Ταχύτητας Ελαττωματική  
P0604 4-5 Αλλαγή Ταχύτητας Ελαττωματική  
P0605 Σωληνοειδές Χρονισμού Αλλαγής Ταχυτήτων Ελαττωματικό  
P0606 Σωληνοειδές Χρονισμού Αλλαγής Ταχυτήτων Διακύμανση/Απόδοση  
P0607 Σωληνοειδές Χρονισμού Αλλαγής Ταχυτήτων Χαμηλό  
P0608 Σωληνοειδές Χρονισμού Αλλαγής Ταχυτήτων Υψηλό  
P0609 Σωληνοειδές Χρονισμού Αλλαγής Ταχυτήτων Διακοπτόμενο  
P0610 Κύκλωμα Διακόπτη Κανονική/Απόδοση Ελαττωματικό  
P0611 Κύκλωμα Προστασίας Όπισθεν Ελαττωματικό  
P0612 1-4 Κύκλωμα Ελέγχου Σωληνοειδούς Ελαττωματικό  
P0613 1-4 Κύκλωμα Ελέγχου Ενδεικτικής Λυχνίας Ελαττωματικό

## 6.4 Είδη Υπολογιστών Αυτοκίνητου

Στη σημερινή εποχή, τα περισσότερα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα έχουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές (εγκεφάλους), οι οποίοι ελέγχουν όλες τις αυτόματες λειτουργίες και συμβάλλουν αποτελεσματικά στην υψηλή απόδοση, τη χαμηλή κατανάλωση, τη χαμηλή εκπομπή ρύπων, όπως και στην αυξημένη άνεση και ασφάλεια οδήγησης. Ο έλεγχος όλων των λειτουργιών των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων ενός αυτοκινήτου πραγματοποιείται από μια Κεντρική Υπολογιστική Μονάδα (Η/Υ) - ή αλλιώς από τον Κεντρικό Υπολογιστή - η οποία στη διεθνή ορολογία έχει καθιερωθεί ως Body Computer Module-BCM.

Η Κεντρική Υπολογιστική Μονάδα συνδέεται, ελέγχει, συντονίζει και ανταλλάσσει πληροφορίες με τα υπόλοιπα συστήματα ελέγχου των ειδικών λειτουργιών, όπως: το σύστημα ελέγχου ανάφλεξης, το σύστημα ψεκασμού καυσίμου, το σύστημα ελέγχου των ρύπων, το σύστημα παθητικής και ενεργητικής ασφάλειας κ.λπ. Οι πληροφορίες από τους ειδικούς αισθητήρες μεταφέρονται στον Κεντρικό Υπολογιστή, ο οποίος δίνει τις εντολές για τη σωστή λειτουργία των συστημάτων.

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ενός αυτοκινήτου συνεργάζεται με ένα δεύτερο υπολογιστή, ο οποίος ονομάζεται Κεντρικός Προγραμματιζόμενος Επεξεργαστής - ΚΠΕ (Programmable Coprocessor Module -PCM). Ο Κεντρικός Προγραμματιζόμενος Επεξεργαστής επιτελεί τις σύνθετες λειτουργίες του κινητήρα οι οποίες απαιτούν το χειρισμό μεγάλου όγκου δεδομένων, την εκτέλεση μεγάλου αριθμού υπολογισμών και σε σύντομο χρονικό διάστημα όπως: τη δειγματοληψία σημάτων ταχύτητας από τους αισθητήρες ταχύτητας, τον υπολογισμό της επιτάχυνσης από το σήμα ταχύτητας, τον υπολογισμό των πληροφοριών ταξιδιού, τον έλεγχο της ανάφλεξης, τον έλεγχο ψεκασμού καυσίμων, τον έλεγχο των ρύπων κ.λπ.

Ο Κεντρικός Προγραμματιζόμενος Επεξεργαστής είναι ένας ξεχωριστός υπολογιστής αυτοκινήτου ο οποίος μπορεί να εγκατασταθεί μαζί με τον κεντρικό υπολογιστή του αυτοκινήτου. Συνήθως, ο ΚΠΕ έχει δύο σειριακές πύλες, μνήμη μεγαλύτερη από 128 KB και μπαταρία για την τροφοδοσία της μνήμης. Επιπλέον, έχει ειδική υποδοχή για τον προγραμματισμό και τη μόνιμη

εγγραφή των προγραμμάτων ως Ηλεκτρικά Διαγραφόμενη Προγραμματιζόμενη Μνήμη Μόνο Ανάγνωσης - (EEPROM).

Η μνήμη του επεξεργαστή είναι οργανωμένη σε δύο τμήματα. Ένα τμήμα χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των προγραμμάτων και των υπολογισμών και ένα δεύτερο τμήμα για την αποθήκευση των αρχείων προγραμμάτων και δεδομένων.

Οι υπολογιστές αυτοκινήτου δε διαθέτουν πληκτρολόγιο και οθόνη, όπως οι προσωπικοί υπολογιστές. Κατά την ανάπτυξη των προγραμμάτων και τη δοκιμαστική φάση της εγκατάστασης, χρησιμοποιείται η σειριακή σύνδεση με το υπολογιστικό περιβάλλον στο οποίο γίνεται η ανάπτυξη των προγραμμάτων.

Ο ΚΠΕ χρησιμοποιείται για μακροχρόνια αποθήκευση δεδομένων και για την εκτέλεση σύνθετων μαθηματικών υπολογισμών.

Η Κεντρική Υπολογιστική Μονάδα εποπτεύει όλες τις αυτόματες λειτουργίες του αυτοκινήτου, όπως:

1. Το σύστημα φωτισμού:
  - των εσωτερικών χώρων,
  - του πίνακα οργάνων,
  - των φώτων πορείας,
  - τη σήμανση ανοικτών θυρών,
  - το διακόπτη έναυσης,
  - τα ανακλινόμενα φώτα,
  - τους προβολείς.
2. Τον πίνακα οργάνων και το σύστημα πληροφοριών ταξιδιού.
3. Τον κλιματισμό του θαλάμου επιβατών.
4. Τη θερμοκρασία:
  - του κινητήρα,
  - του εξατμιστή.
5. Τους καθαριστήρες.
6. Τη στάθμη υγρών:
  - του ψυγείου,
  - της πλύσης του παρμπρίζ.
7. Το αυτόματο σύστημα κλειδώματος των θυρών.

8. Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών.
9. Το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων.
10. Τους αερόσακους ασφαλείας.

Το διαγνωστικό έλεγχο της καλής λειτουργίας της Κεντρικής Υπολογιστικής Μονάδας, των συνεργαζόμενων μικροϋπολογιστών και των αυτόματων συστημάτων ελέγχου του αυτοκινήτου.

Συνήθως, η Κεντρική Υπολογιστική Μονάδα και ο Κεντρικός Προγραμματιζόμενος Επεξεργαστής βρίσκονται εγκατεστημένα στο θάλαμο των επιβατών, κάτω από το ταμπλό οργάνων. Σε κάποια οχήματα οι υπολογιστές των διαφόρων λειτουργιών μπορεί να βρίσκονται εγκατεστημένοι κάτω από το καπό του αυτοκινήτου, δίπλα στις διάφορες διατάξεις του συστήματος τις οποίες ελέγχουν.

Τα συστήματα αυτοματισμού των αυτοκινήτων συνδεδεμένα στην Κεντρική Υπολογιστική Μονάδα (BCM) και στον Κεντρικό Προγραμματιζόμενο Επεξεργαστή (PCM) είναι:

Το σύστημα ελέγχου αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων, (Transmission Control Module- TCM),

2. Το σύστημα ελέγχου αερόσακου ασφαλείας (Processor Air-Bag System Diagnostic Module - PASDM),

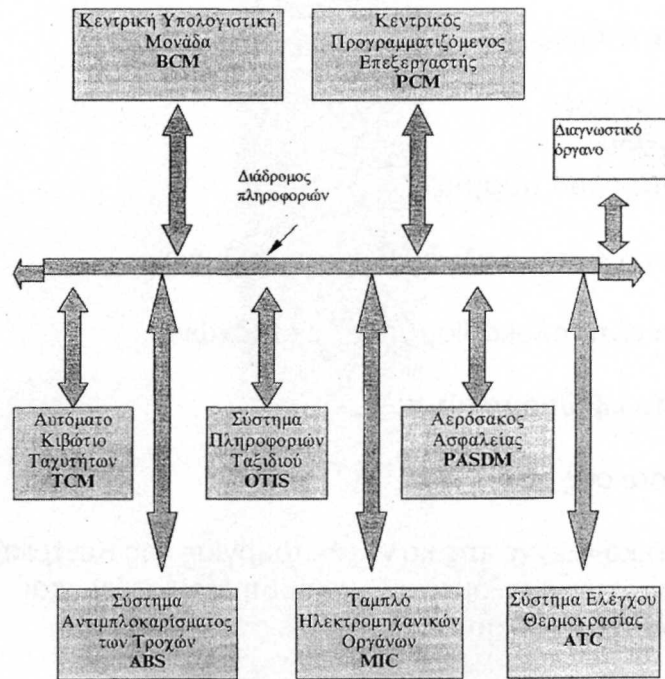
3. Το σύστημα πληροφοριών ταξιδιού (Optical Travel Information system OTIS),

4. Το σύστημα ενδείξεων του ταμπλό ηλεκτρομηχανικών οργάνων και αισθητήρων (Mechanical Instrumentation Cluster MIC),

5. Το σύστημα ελέγχου αντιμπλοκαρίσματος τροχών (Antiblock Braking System- ABS),

6. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου θερμοκρασίας (Automatic Temperature Control -ATC).

Στο Σχήμα απεικονίζεται η αρχιτεκτονική δομή του συστήματος ελέγχου και αυτοματισμού αυτοκινήτου βασισμένο σε κεντρικό υπολογιστή.



Σχήμα: Διασύνδεση κεντρικής υπολογιστικής μονάδας και του κεντρικού προγραμματιζόμενου επεξεργαστή με τις μονάδες ελέγχου διαφόρων λειτουργιών του αυτοκινήτου.

## 6.5 Διασύνδεση Επεξεργαστών

Η διασύνδεση της Κεντρικής Υπολογιστικής Μονάδας με τις μονάδες ελέγχου γίνεται είτε μέσω διαύλων δεδομένων (data bus) είτε με ζεύγη αγωγών, συνδεδεμένους απευθείας στα αισθητήρια στοιχεία (Σχήμα).

Ως γνωστόν, ο δίαυλος δεδομένων (ή η ζεύξη δεδομένων) είναι μια ομάδα από παράλληλες γραμμές, στις οποίες μπορεί να συνδεθεί ένας μεγάλος αριθμός εξαρτημάτων με διαφορετικές λειτουργίες. Υπάρχουν ζεύξεις δεδομένων, οι οποίες στέλνουν δεδομένα μόνο προς μία κατεύθυνση από μία συσκευή προς άλλη, και άλλες, οι οποίες στέλνουν δεδομένα προς τις δύο κατευθύνσεις μεταξύ των διαφόρων συσκευών.

Στα συστήματα υπολογιστών αυτοκινήτων τα δυαδικά δεδομένα στέλνονται με δύο τρόπους: σειριακά και παράλληλα.

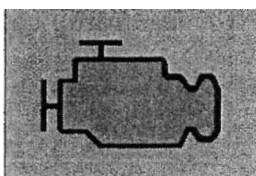
Όλες οι πληροφορίες από τους ειδικούς αισθητήρες μεταδίδονται προς τους επεξεργαστές και οι εντολές που προκύπτουν από την επεξεργασία σημάτων αποστέλλονται στα υπό έλεγχο συστήματα. Οι επεξεργαστές είναι προγραμματισμένοι να διαβάζουν πληροφορίες από το σύστημα διασύνδεσης ή να αποστέλλουν σε αυτό αποτελέσματα υπολογισμών και εντολές.



Στο σύστημα διασύνδεσης προβλέπεται μια υποδοχή για τη σύνδεση διαγνωστικού οργάνου του συστήματος').

## 6.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΗΣ

Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται συνεχώς τα σήματα που λαμβάνει από τους διάφορους αισθητήρες του συστήματος τροφοδοσίας με ψεκασμό και τα συγκρίνει με τις δεδομένες τιμές οι οποίες είναι ήδη αποθηκευμένες σε κάποια περιοχή της μνήμης του. Εάν ο εγκέφαλος αντιληφθεί την ύπαρξη κάποιας βλάβης τότε ανάβει η λυχνία αυτοδιάγνωσης βλάβης (Σχ.) (CHECK ENGINE) στον πίνακα οργάνων και ένας κωδικός που αντιστοιχεί στην παρουσιασθείσα βλάβη (κωδικός βλάβης) αποθηκεύεται στη μνήμη έως ότου ανακληθεί, διαγνωσθεί η βλάβη και στη συνέχεια σβηστεί ο κωδικός αφού αυτή επιδιορθωθεί.



Σχήμα: Λυχνία αυτοδιάγνωσης.

Την στιγμή κατά την οποία ο εγκέφαλος θα ανιχνεύσει βλάβη και θα ανάψει η λυχνία αυτοδιάγνωσης στον πίνακα οργάνων, εάν αυτός δεν λαμβάνει σήμα από κάποιο αισθητήρα θα τοποθετήσει μία βοηθητική τιμή η οποία υπάρχει ήδη προαποθηκευμένη στη μνήμη του. Με αυτόν τον τρόπο ο εγκέφαλος μπορεί να επιτρέψει στο όχημα να οδηγηθεί έως το συνεργείο ένα συμβεί κάποια βλάβη σε κάποιο αισθητήρα χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα 303 (πρόγραμμα ανάγκης σε περίπτωση βλάβης). Μόλις επιδιορθωθεί η βλάβη, η μνήμη του εγκεφάλου στην οποία φυλάσσονται οι κωδικοί, μπορεί να σβηστεί τοποθετώντας τον διακόπτη ανάφλεξης στη θέση OFF και αφαιρώντας στη συνέχεια την ασφάλεια υποστήριξης (Η ασφάλεια η οποία παρεμβάλλεται στη γραμμή παροχής ρεύματος του εγκεφάλου). Σε εκείνη την φάση η λυχνία αυτοδιάγνωσης στον πίνακα οργάνων θα σβήσει αυτόματα.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η λυχνία αυτοδιαγνωσης βλάβης (check engine) θα ανάψει όταν ο διακόπτης ανάφλεξης βρίσκεται στη θέση ON και ο κινητήρας δεν είναι εν λειτουργία. Μόλις εκκινήσουμε τον κινητήρα και αυτός αρχίσει και λειτουργεί τότε η λυχνία αυτοδιαγνωσης βλάβης στον πίνακα οργάνων θα σβήσει. Εάν η λυχνία αυτοδιαγνωσης βλάβης παραμείνει αναμμένη ενώ ο κινητήρας λειτουργεί τότε ο εγκέφαλος έχει διαγνώσει κάποια βλάβη στο σύστημα ψεκασμού του οχήματος.

### ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Βεβαιωθείτε ότι η τάση της μπαταρίας είναι πάνω από τα 11 Volts.

Βεβαιωθείτε ότι η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστή (θέση ρελαντί).

Ο λεβιές των ταχυτήτων να είναι στην Νεκρά.

Όλος ο βοηθητικός εξοπλισμός (ηλεκτρικές καταναλώσεις όπως φώτα, ραδιοκασετόφωνο κ.τ.λ Συμπεριλαμβανομένου και του συστήματος κλιματισμού τοποθετούνται εκτός λειτουργίας (στη θέση OFF).

Ο κινητήρας πρέπει να βρίσκεται σε φυσιολογική θερμοκρασία λειτουργίας.

### ΕΛΕΓΧΟΣ

Τοποθετήστε τον διακόπτη της ανάφλεξης στη θέση ON, αλλά μην εκκινήσετε τον κινητήρα.

Γεφυρώστε με τη βοήθεια ενός καλωδίου τους ακροδέκτες TE1 και E1 της διαγνωστικής πρίζας (CHECK ENGINE) η οποία στηρίζεται στο χώρο του κινητήρα όπως φαίνεται στο Σχ.

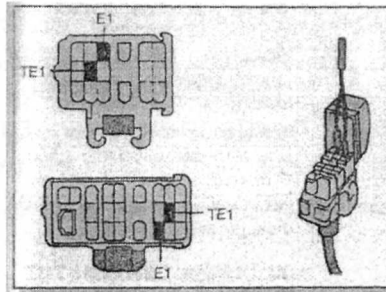
Η λυχνία αυτοδιάγνωσης βλάβης (CHECK ENGINE) θα αρχίσει να αναβοσβήνει με σταθερό ρυθμό αναπαριστώντας τον κωδικό (0-0) που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν αποθηκευμένοι κωδικοί βλαβών στη μνήμη του εγκέφαλου (Σχ.).

Εάν υπάρχουν αποθηκευμένοι κωδικοί βλαβών τότε αυτοί θα αναπαρίστανται μέσω δύο ομάδων (γκρουπ) αναλαμπών για κάθε κωδικό (Σχ.).

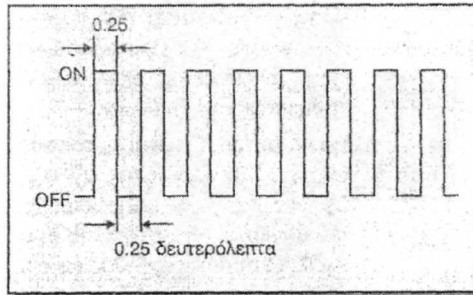
Η πρώτη ομάδα αναλαμπών αναπαριστά τις "δεκάδες" στα ψηφία του κωδικού και αποτελείται από αναλαμπές διάρκειας 0,5 δευτερολέπτων.

Η δεύτερη ομάδα αναλαμπών αναπαριστά τις "μονάδες" στα ψηφία του κωδικού και ακολουθεί τη διάταξη της πρώτης ομάδας αναλαμπών.

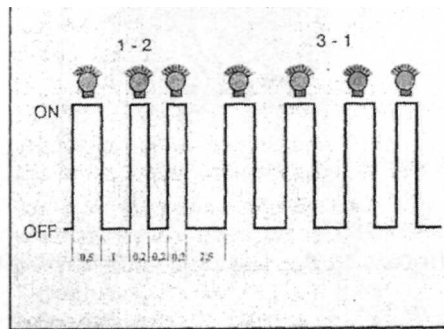
Μία παύση χρονικής διάρκειας 1,5 δευτερολέπτων διαχωρίζει τις δύο ομάδες αναλαμπών (τις "δεκάδες" από τις "μονάδες").



Σχήμα: Θέσεις επαφών γεφυρώματος στην πρίζα διάγνωσης βλαβών.



Σχήμα: Όταν η λυχνία αναβοσβήνει με σταθερό ρυθμό, καμία βλάβη δεν είναι κατεγραμμένη.



Σχήμα: Κωδικοί βλαβών Νο. 12 και Νο. 31.

Εάν υπάρχουν περισσότεροι από ένας κωδικοί αυτοί διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μιας ενδιάμεσης παύσης διάρκειας 2,5 δευτερολέπτων.

Μόλις εμφανιστούν όλοι οι κωδικοί τότε ακολουθεί μία παύση -διάρκειας 4,5 δευτερολέπτων και οι κωδικοί επαναλαμβάνονται πάλι με την ίδια σειρά (Σχ).

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΒΗΣΙΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΩΔΙΚΩΝ ΒΛΑΒΩΝ

Μετά την επιδιόρθωση των τυχόν υπαρχόντων βλαβών απαιτείται η διαδικασία σβήσιματος της μνήμης του εγκεφάλου και κατά συνέπεια και όλων των αποθηκευμένων κωδικών.

Για να σβηστεί η μνήμη, τοποθετείστε το διακόπτη της ανάφλεξης στη θέση OFF και αφαιρέστε την ασφάλεια υποστήριξης (η ασφάλεια που παρεμβάλλεται στη γραμμή παροχής ρεύματος του εγκεφάλου) για τουλάχιστον 10 δευτερόλεπτα (ή και παραπάνω εάν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή). Η ασφάλεια αυτή έχει ονομαστική τιμή 15Α και στηρίζεται στον πίνακα ασφαλειών του οχήματος όπως φαίνεται στο Σχ.


Επανατοποθετήστε την ασφάλεια στη θέση της.

Πραγματοποιήστε έλεγχο εν λειτουργία αφού οδηγήσετε το όχημα για κάποια απόσταση έως ότου βεβαιωθείτε ότι οι ενδεχόμενες βλάβες έχουν επιδιορθωθεί πλήρως.

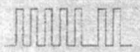

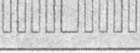


Σχήμα: Θέση ασφάλειας μηδενισμού βλαβών ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου διαχείρισης κινητήρα.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΚΩΔΙΚΩΝ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΑΝΑΛΑΜΠΕΣ	ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΗΣ
1-1		Παροχή ρεύματος στον εγκέφαλο
1-2		Σήμα(στροφών) από τον αισθητήρα θέσεως στροφαλοφόρου άξονα (CKP)
1-3		Σήμα(στροφών) από τον αισθητήρα θέσεως στροφαλοφόρου (πάνω από 1500 r.p.m)
1-4		Σήμα ανάφλεξης
1-6		Σήμα ελέγχου αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού (εάν υπάρχει)
2-1		Αισθητήρας οξυγόνου λ
2-2		Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού κινητήρα (ECT)
2-4		Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής (IAT)
2-5		Φτωχό μίγμα
2-6		Πλούσιο μίγμα
2-7		Αισθητήρας οξυγόνου λ
2-8		Δεξιός αισθητήρας οξυγόνου λ (μόνο στον εξακύλινδρο V6)
3-1		Αισθητήρας μετρητή ροής αέρα /Αισθητήρας απόλυτης πίεσης πολλαπλής εισαγωγής (MAP)
3-2		Αισθητήρας μετρητή ροής αέρα
33		Βαλβίδα συμπληρωματικού αέρα (για τον έλεγχο στροφών ρελαντί) (IAC)
4-1		Αισθητήρας θέσεως πεταλούδας γκαζιού (TP)
4-2		Αισθητήρας ταχύτητας οχήματος (VSS)
4-3		Σήμα εκκίνησης (μίζα)
5-1		Σήματα από διακόπτη πεταλούδας γκαζιού

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΚΩΔΙΚΩΝ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ (ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΑΝΑΛΑΜΠΕΣ	ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΗΣ
5-2		Σήμα από τον αισθητήρα κτυπήματος κινητήρα (KS)(πειράκια)
5-3		Κύκλωμα ελέγχου του αισθητήρα κτυπήματος κινητήρα (εγκέφαλος)
5-5		Σήμα από τον δεξιό αισθητήρα κτυπήματος κινητήρα (KS) (μόνο στον εξακύλινδρο V6)

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1) Ardley ΝβΝ: Ανακαλύπτω την τεχνολογία ,εκδόσεις ερευνητές 1998.
- 2) Ζαχμάνογλου Θ. Καπετανάκης Γ, Καραμπίλας Π, Τεχνολογία αυτοκινήτου ,ΙΔΕΕΑ2000.
- 3) Hollembeak Β. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα αυτοκινήτου .εκδόσεις ΙΩΝ.
- 4) «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ - ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ». 3<sup>η</sup> Έκδοση. Εκδόσεις ΙΩΝ
- 5) Δημόττουλος Ηλίας: «ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΕΛΕΓΧΟΙ - ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ».
- 6) Ρετζέπης Αθ. Πασχάλης.: «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ». Αθήνα 1999 Εκδόσεις ΙΩΝ
- 7) Καπετανάκης, Ζαχμανόγλου, Καραμπίλ: «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΕΡΑ ΑΠΟ ΤΟ 2000». Έτος έκδοσης 2002. Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ
- 8) Knowls D. « ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΣΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ» Εκδόσεις ΙΩΝ
- 9) Σταυρόπουλος Κ. Πολύδωρος: «ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ». Εκδόσεις ΙΩΝ
- 10) Μπιτζιώνη Β.< Ηλεκτρικές μετρήσεις> Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ
- 11) Pertuzella F. < Ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό σύστημα αυτοκινήτου > Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ 2001.
- 12) Σταματέλλος Α. < Τεχνολογίες αντιρρύπανσης στα αυτοκίνητα> Δελτίο ΠΣΔΜΗ-1999.
- 13) Ιωαννίδου Μ. < Συστήματα έλεγχου και αυτοματισμών αυτοκινήτου > Εκδόσεις Π.Ι.
- 14) Καραμπίλας Π. INJECTION -ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ> Εκδόσεις Μηχανοεκδοτική 1997.
- 15) ΜΑΝΙΑ Σ.<ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ>, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, 2000. <ΑΝΩΤΕΡΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ>, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, 2000.
- 16) ΠΑΓΩ Ν Η Κ. <ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ>, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, 1999
- 17) ΔΟΤΣΙΟΥ Ν. - ΡΕΧΑ Α. - ΓΙΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Γ. <ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ> Αθήνα 1999

- 18)** ΔΡΟΣΟΥ Ι. - ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ ΕΜ. <ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ>  
Εκδόσεις ΦΟΙΒΟΣ
- 19)** ΚΟΥΖΕΛΗ Ο. - ΠΑΝΑΠΠΤΙΔΗ Π.<ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ >, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου
- 20)** ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ Δ. <Η ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ>,  
Εκδόσεις  
ΑΥΤΕΛ, Θεσσαλονίκη 1998
- 21)** ΚΑΝΤΙΑΝΗ Α."ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ & ΝΕΕΣ  
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ",  
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, Ε.Μ.Π., Αθήνα 1998.

## ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) JAN P. NORBYE AUTOMOTIVE SYSTEMS - FUEL INJECTIONS 1999.
- 2) «BOSCH AUTOMOTIVE HANDBOOK») 4<sup>th</sup> Edition. SAE Society of Automotive Engineers 1996
- 3) BOSCH A.E AUTOMOTIVE ELECTRICS AND ELECTRONICS> <GASOLINE AND DIESEL FUEL INJECTION> <BRAKE SYSTEMS>.
- 4) BOSCH: "Automotive Electric / Electronic Systems" 2nd Edition, Robert Bosch GmbH, Germany, 1995
- 5) «DIESEL DATA 2003». Autodata 2003
- 6) «ANALYSIS OF NEW DIESEL ENGINE AND COMPONENT DESIGN». SAE International Congress and Exposition 1995, Detroit, Mich.
- 7) BOSCH: "Automotive Handbook" 4th Edition, Robert Bosch GmbH, Germany, 1996.
- 8) BOSCH: "Operating Instruction Portable Multiscope PMS 100" .Robert Bosch GmbH, Germany, 1995.
- 9) Denton T.: "Automobile Electrical and Electronic Systems", Edward Arnold, U.K., 1995.
- 10) Doebelin E.: "Measurement Systems" 4th Edition. Me Graw Hill, USA, 1990.
- 11) Floyd T.: "Digital Fundamentals" 7th Edition, Prentice Hall, 1.1., 2000.
- 12) Gopel W.: "Sensors Vol. 1 -7 ". Leader Books Co, 1995.
- 13) Hartmann J.: "E.F.I. : Installation, Performance, Tuning, Modifications", Me Graw Hill, USA, 1998.
- 14) Hollembeak B.: "Automotive Electricity and Electronics", Delmar Publishers, 1994.
- 15) Jurgen: "Automotive Electronics Handbook, Leader Books Co, 1995.
- 16) Kimber W.: "Practical Digital Electronics for Technicians", Butterworth - Heinemann Ltd, U.K., 1994.
- 17) Knowls D.: "Automotive Computers Systems", Delmar Publishers, 1997.
- 18) Morris A.: "The essence of measurement", Prentice Hall, 1.1., 1996
- 19) Service manuals, Maintenance manuals, Trouble Diagnoses manuals, Repair instructions, Inspection standards, Data sheets noAAcov auTOKivrrrcov. Autodata 2003-2005



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ INTERNET**

- 1) [www.texa.it](http://www.texa.it)
- 2) [www.anip.gr](http://www.anip.gr)
- 3) [www.autodignosis.com](http://www.autodignosis.com)
- 4) [www.globalstewards.org/biodiesel.htm](http://www.globalstewards.org/biodiesel.htm)
- 5) <http://www.peemac.sdnpk.org/resource/fert/tips5.html>
- 6) <http://www.vbiofuels.org/biofuels/historvdiesel.html>
- 7) [http://www.denso.co.jp/motorshow/2003/en/presskit/product common/index.html](http://www.denso.co.jp/motorshow/2003/en/presskit/product_common/index.html)
- 8) [http://www.ams.gr/magazine/viewthema.asp?id\\_thema=739](http://www.ams.gr/magazine/viewthema.asp?id_thema=739)
- 9) [http://www.ams.gr/magazine/viewthema.asp?id\\_thema=28550](http://www.ams.gr/magazine/viewthema.asp?id_thema=28550)
- 10) [http://www.ams.gr/pages/17\\_2003/showarticle\\_1.asp?articleID=26358&SystemSectionId=67&magazineID=10](http://www.ams.gr/pages/17_2003/showarticle_1.asp?articleID=26358&SystemSectionId=67&magazineID=10)
- 11) [www.acdelco.com](http://www.acdelco.com)
- 12) [www.aecensors.com](http://www.aecensors.com)
- 13) [www.airpaxsensors.com](http://www.airpaxsensors.com)
- 14) [www.allmeasure.com](http://www.allmeasure.com)
- 15) [www.allstates.com](http://www.allstates.com)
- 16) [www.atpelectronics.demon.co.uk](http://www.atpelectronics.demon.co.uk)
- 17) [www.autodiagnos.com](http://www.autodiagnos.com)
- 18) [www.bath.ac.uk](http://www.bath.ac.uk)
- 19) [www.electromotive-inc.com](http://www.electromotive-inc.com)
- 20) [www.eastcoastefi.com](http://www.eastcoastefi.com)
- 21) [www.esi.com](http://www.esi.com)
- 22) [www.globalspec.com](http://www.globalspec.com)
- 23) [www.technotest.com](http://www.technotest.com)
- 24) [www.wabashtech.com](http://www.wabashtech.com)
- 25) [www.motorage.com](http://www.motorage.com)