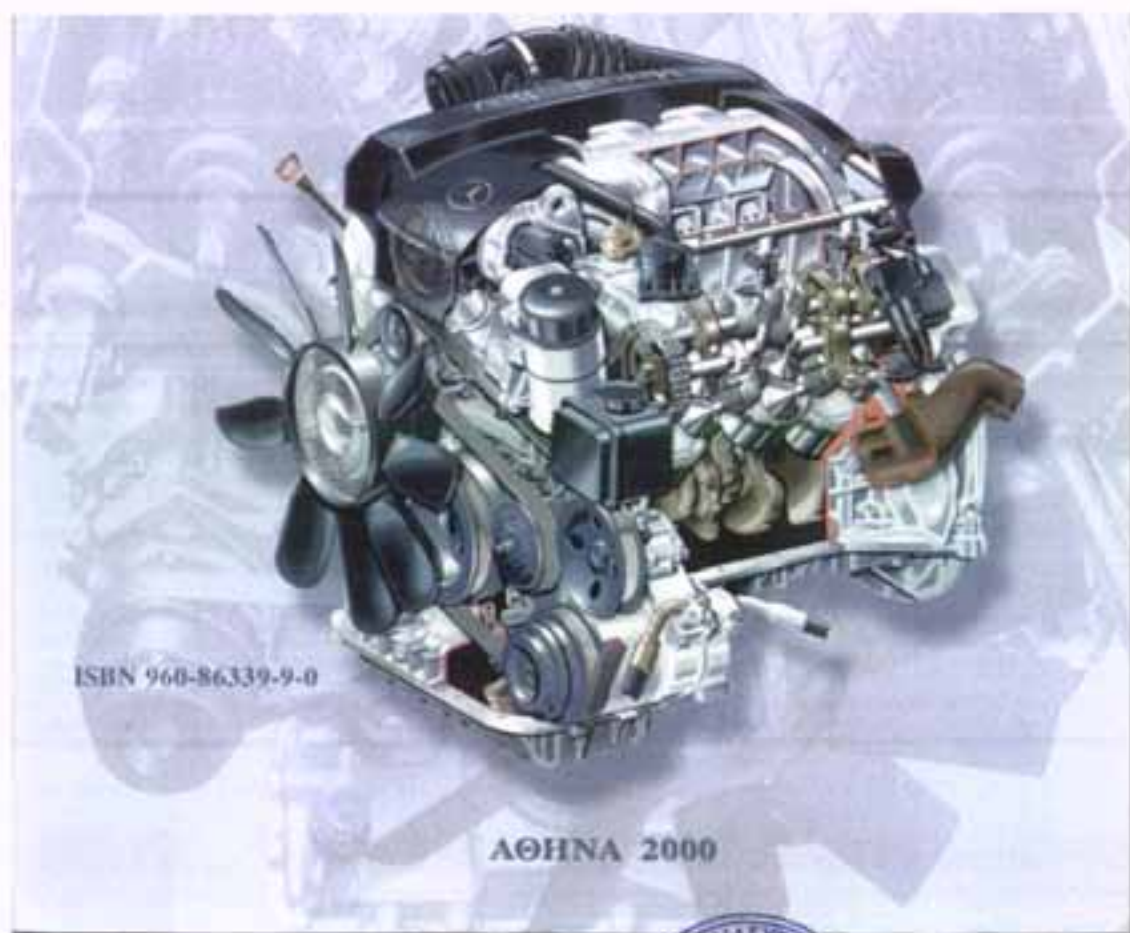


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

(E. C. M)



ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Γεώργιος Καμπουρίδης

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΑΓΙΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7133
----------------------	------

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο κινητήρας και η τεχνολογία του αποτέλεσαν κάποτε μια εντελώς μηχανολογική ομολογία, όμως με την εισαγωγή των ηλεκτρονικών τα οποία άρχισαν να διαχειρίζονται βασικότερες παραμέτρους για την σωστότερη, αποδοτικότερη και καθαρότερη λειτουργία των κινητήρων εσωτερικής καύσεως, αυτό άρχισε να αλλάζει με την πάροδο των χρόνων.

Τα σημερινά καθημερινά αυτοκίνητα έχουν την ίδια ιπποδύναμη με τα κορυφαία αγωνιστικά του παρελθόντος. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη εισαγωγή ενός υπολογιστή επί πλακέτας (**On Board Computer**) , σε όλα τα νέα οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν ψεκασμό καυσίμου. Αυτός ο υπολογιστής είναι σε θέση να ελέγχει το καύσιμο, τα καυσαέρια, την ανάφλεξη καθώς και πλήθος άλλων λειτουργιών μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως.

Αυτή η ακρίβεια στις λειτουργίες που προσφέρει ο υπολογιστής μεταφράζεται σε μια αύξηση της ιπποδύναμης του κινητήρα, καθώς και σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου όπως και σε δραματική μείωση των βλαβερών προϊόντων της καύσεως τα οποία εξέρχονται από την εξάτμιση του αυτοκινήτου, στο περιβάλλον.

Ηλεκτρονικοί αισθητήρες (**Sensors**) και ελεγκτές (**Controls**) έχουν παίξει το μεγαλύτερο ρόλο στην πρόοδο αυτής της τεχνολογίας. Η δυνατότητα των μικροεπεξεργαστών (**Microprocessors**) να επεξεργάζονται πληροφορίες και να δρομολογούν μια ενέργεια ακαριαία έχουν κάνει την πρόοδο στην απόδοση μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως, πιθανή.

Με τη μεγαλύτερη πρόοδο αυτής της τεχνολογίας, σύντομα θα σημάνει πως όχι μόνο το καύσιμο και η ανάφλεξη θα ελέγχονται από τον υπολογιστή, αλλά ακόμα και ο έλεγχος της πρόσφυσης ή τα συστήματα αντιμετώπισης της

υστέρησης του τούρμπο (Turbo Lag) ,καθώς και πολλές άλλες λειτουργίες του αυτοκινήτου θα μπορούν πλέον να ελέγχονται με πολύ μεγάλη ακρίβεια από υπολογιστές!

Αυτό φανερώνει για ποιο λόγο υπάρχει τόσο έντονο ενδιαφέρον της παγκόσμιας αυτοκινητοβιομηχανίας γύρω από αυτό το θέμα, της ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να θίξουμε άλλον έναν παράγοντα ο οποίος αποτέλεσε με τη σειρά του αφορμή για να επέλθουν αυτές οι ραγδαίες εξελίξεις στην τεχνολογία του βενζινοκινητήρα την τελευταία δεκαετία. Έτσι ακόμα ένας κύριος μοχλός ώθησης των εξελίξεων υπήρξε η υποχρεωτική εισαγωγή από την Ευρωπαϊκή Ένωση, της τεχνολογίας του ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα, με την οδηγία 91/441/ΕΟΚ.

Η λειτουργία του ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα με αισθητήρα λάμδα ( $\lambda$ ), επέβαλε πλέον την υιοθέτηση ηλεκτρονικά ελεγχόμενων εξαεριστών και συστημάτων ψεκασμού (ενός ή πολλαπλών σημείων), με ταχεία επικράτηση των τελευταίων. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος με ανάδραση, μέσω μικροεπεξεργαστή ήταν απαραίτητος για να διασφαλιστεί η διακύμανση του λόγου αέρα στις στενές ανοχές που απαιτεί η ταυτόχρονη οξειδωτική και αναγωγική δράση του τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα.

Παράλληλα οι αυξημένες απαιτήσεις αξιοπιστίας για το σύστημα έναυσης, για αποφυγή αστοχίας του ιδιαίτερα ευαίσθητου καταλυτικού μετατροπέα, οδήγησε σε επαναστατικές βελτιώσεις στο σύστημα έναυσης, με ευρεία αξιοποίηση των δυνατοτήτων της σύγχρονης ηλεκτρονικής και των μικροεπεξεργαστών.

Έτσι οδηγηθήκαμε πλέον σε ενιαία ηλεκτρονική διαχείριση των συστημάτων ψεκασμού και έναυσης μέσω μικροεπεξεργαστή (Engine

Management Systems) , που ανέβασε κατά πολύ το επίπεδο τεχνολογικής εξέλιξης του βενζινοκινητήρα επιτρέποντας την υποστήριξη αξιόλογων βελτιστοποιήσεων στο σχεδιασμό του θαλάμου καύσεως καθώς και στον έλεγχο της καύσεως.

Οι εξελίξεις αυτές έθεσαν τις βάσεις για παρατέρα βελτιώσεις της τεχνολογίας του βενζινοκινητήρα, καθώς έγινε πλέον δυνατός ο σχεδιασμός και παραγωγή σειράς καθαρών κινητήρων φτωχής καύσεως με σημαντικότερες βελτιώσεις στην κατανάλωση , ώστε να προσεγγίζεται πλέον η πολύ χαμηλή κατανάλωση του κινητήρα diesel. Η παραγωγή καθαρών κινητήρων φτωχής καύσεως οφείλεται στην Ιαπωνική Αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία δεν εγκατέλειψε ποτέ την έρευνα και ανάπτυξη στην περιοχή αυτή, και εξέλιξε σε ζηλευτό βαθμό τη σύγχρονη τεχνολογία του βενζινοκινητήρα με απ' ευθείας έγχυση βενζίνης στο θάλαμο καύσεως.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Η βιβλιογραφία η οποία χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ολοκληρωθεί αυτή η πτυχιακή εργασία ήταν η εξής:

- **ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ (Frank D. Petruzella – Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ)**
  
- **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ (Al Santini – Εκδόσεις ΙΩΝ)**
  
- **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ (Don Knowles – Εκδόσεις ΙΩΝ)**
  
- **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ I (Εκδόσεις ΙΩΝ)**
  
- **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ II (Εκδόσεις ΙΩΝ)**
  
- **ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ (Γεώργιος Α. Στρατάκης – Εκδόσεις Άνωσση)**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

<b>Κεφ. 1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ 4ΧΡΟΝΟΥ BENZIN\ΡΑ</b>	<b>Σελ. 1 – 11</b>
1.1	Κινητήρες Εσωτερικής Καύσεως	Σελ. 1
1.2	Τετράχρονος Βενζινοκινητήρας	
	> Θεωρητική Λειτουργία Τετράχρονου Βενζινοκινητήρα	Σελ. 2 – 6
	> Πραγματική Λειτουργία Τετράχρονου Βενζινοκινητήρα	Σελ. 6 – 11
1.3	Έλεγχος της λειτουργίας του τετράχρονου Βενζινοκινητήρα	Σελ. 11
<b>Κεφ. 2</b>	<b>ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ</b>	<b>Σελ. 12 - 21</b>
2.1	Ηλεκτρονική Θεωρία της Ύλης	Σελ. 12 – 14
2.2	Αγωγοί, Μονωτές και Ημιαγωγοί	Σελ. 15
2.3	Είδη ηλεκτρισμού	Σελ. 16 – 17
2.4	Πηγές Ηλεκτρεγερτικής Δύναμης	Σελ. 17 – 18
2.5	Ηλεκτρομαγνητισμός	Σελ. 19 – 20
2.6	Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή	Σελ. 20 – 21
<b>Κεφ. 3</b>	<b>ΔΙΟΔΟΙ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ</b>	<b>Σελ. 22 – 30</b>
3.1	Φυσική των Ημιαγωγών	Σελ. 22 – 25
3.2	Η Δίοδος	Σελ. 26 – 30
<b>Κεφ. 4</b>	<b>ΤΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡΣ</b>	<b>Σελ. 30 – 37</b>
4.1	Διπολικά Τρανζίστορς	Σελ. 30 – 32
4.2	Πόλωση	Σελ. 32 – 33
4.3	Λειτουργία των Τρανζίστορς	Σελ. 33 - 34
4.4	Απολαβή Ρεύματος	Σελ. 35
4.5	Συσκευασίες	Σελ. 35 – 37
<b>Κεφ. 5</b>	<b>ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ (IC)</b>	<b>Σελ. 38 – 45</b>
5.1	Ολοκληρωμένα Κυκλώματα	Σελ. 38 – 39
5.2	Συσκευασίες IC	Σελ. 39 – 42
5.3	Αναλογικά και Ψηφιακά IC	Σελ. 42 - 43
5.4	IC με τελεστικούς ενισχυτές	Σελ. 44 – 45
<b>Κεφ. 6</b>	<b>Ο ΜΙΚΡΟΪΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ</b>	<b>Σελ. 46 – 63</b>
6.1	Μικροϊπολογιστές στα αυτοκίνητα	Σελ. 46 – 47
6.2	Μικροεπεξεργαστές	Σελ. 48
6.3	Μονάδες Μνήμης	Σελ. 48 – 50
6.4	Είσοδοι	Σελ. 50 – 52
6.5	Έξοδοι	Σελ. 53 – 54
6.6	Επικοινωνίες στον Υπολογιστή	Σελ. 55 – 57
6.7	Προγράμματα Υπολογιστών	Σελ. 58 – 60
6.8	Επεξεργασία Πληροφοριών	Σελ. 60 – 63
<b>Κεφ. 7</b>	<b>ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ</b>	<b>Σελ. 64 - 112</b>
	Εισαγωγή	Σελ. 64 - 65

<b>7.1 Καθορισμός Φορτίου Κινητήρα</b>	<b>Σελ. 66 - 84</b>
7.1.1 Μέτρηση απόλυτης πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής	
7.1.1.1 Χωρητικός αισθητήρας πίεσης	Σελ. 66 - 69
7.1.1.2 Πιεζοαντιστατικός αισθητήρας πίεσης	Σελ. 69 - 71
7.1.2 Μέτρηση παροχής όγκου αέρα	Σελ. 72 - 74
7.1.3 Μέτρηση παροχής μάζας αέρα εισαγωγής	Σελ. 75 - 80
7.1.4 Μέτρηση γωνίας πεταλούδας επιταχυντή	Σελ. 80 - 83
7.1.5 Αναγνώριση καταστάσεων λειτουργίας «ρελαντί», «πλήρους φορτίου»	Σελ. 84
<b>7.2 Αισθητές Μέτρησης Αριθμού Στροφών, Γωνίας Στροφάλου, Χρόνου Λειτουργίας Κινητήρα</b>	<b>Σελ.85 - 112</b>
7.2.1 Επαγωγικός αισθητήρας	Σελ. 85 - 87
7.2.2 Μαγνητοαντιστατικός αισθητήρας	Σελ. 87 - 89
7.2.3 Αισθητής τύπου HALL	Σελ. 90 - 93
7.2.4 Μέτρηση θερμοκρασίας κινητήρα – αέρα εισαγωγής	Σελ. 94 - 96
7.2.5 Μέτρηση περιεκτικότητας καυσαερίου σε οξυγόνο	
7.2.5.1 Αισθητήρας λ	Σελ. 96 - 103
7.2.5.2 Αισθητής UEGO (Universal-Exhaust- Gas-Oxygen-Sensor)	Σελ. 103 - 108
7.2.6 Αισθητής κτυπήματος	Σελ. 108 - 112
<b>Κεφ. 8 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ</b>	<b>Σελ.113 - 142</b>
<b>8.1 Ενεργοποιητές – Εισαγωγή</b>	<b>Σελ. 113</b>
<b>8.2 Ενεργοποιητές Έγχυσης (Έγχυτήρες)</b>	<b>Σελ.114 – 119</b>
<b>8.3 Ενεργοποιητές Έναυσης</b>	<b>Σελ. 120</b>
8.3.1 Συστήματα με διανομέα	Σελ.120 - 123
8.3.2 Συστήματα χωρίς διανομέα	Σελ.123 - 128
8.3.3 Σπινθηριστές (Μπουζί)	Σελ. 129 - 136
8.3.4 Ενεργοποιητές ρύθμισης στροφών ρελαντί	Σελ. 137 - 142
<b>Κεφ. 9 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ-ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</b>	<b>Σελ.143 – 161</b>
<b>Εισαγωγή</b>	<b>Σελ. 143 – 145</b>
<b>9.1 Παράγοντες που επιδρούν στην αξιοπιστία των Ηλεκτρονικών συστημάτων</b>	<b>Σελ. 145 – 148</b>
<b>9.2 Κατανομή βλαβών στα επιμέρους τμήματα ενός ηλεκτρονικού συστήματος και μέτρα για την αύξηση την αύξηση της αξιοπιστίας.</b>	<b>Σελ. 149 – 150</b>
<b>9.3 Συστήματα αυτοδιάγνωσης</b>	
9.3.1 Αυτοδιάγνωση καταλυτικού μετατροπέα	Σελ. 151 - 153
9.3.1.1 Χρήση διπλών αισθητών λ	Σελ. 154 - 156
9.3.1.2 Χρήση αισθητών συγκέντρωσης υδρογονανθράκων	Σελ. 156 - 157
9.3.1.3 Χρήση αισθητών θερμοκρασίας καυσαερίου	Σελ. 158
9.3.2 Αυτοδιάγνωση συστήματος κατακράτησης αναθυμιάσεων ρεζερβουάρ	Σελ. 159 - 160
9.3.3 Αυτοδιάγνωση συστήματος ανακύκλωσης καυσαερίου (EGR)	Σελ. 160 - 161



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ 4ΧΡΟΝΟΥ**  
**BENZINOKINΗΤΗΡΑ**

## ▪ 1.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

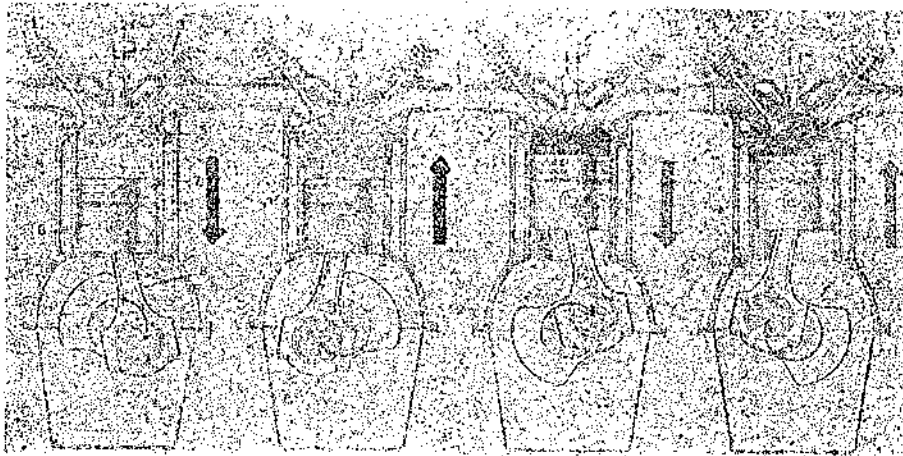
Τα αυτοκίνητα εφοδιάζονται με κινητήρες εσωτερικής καύσης, δηλαδή κινητήρες στους οποίους η καύση και η παραγωγή έργου πραγματοποιούνται στο εσωτερικό τους.

Ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν και τον τρόπο ανάφλεξης του καυσίμου μίγματος οι κινητήρες εσωτερικής καύσης διακρίνονται σε βενζινοκινητήρες ή κινητήρες **OTTO** και σε πετρελαιοκινητήρες ή κινητήρες **DIESEL**.

Στους κυλίνδρους των κινητήρων εσωτερικής καύσης γίνονται μια σειρά από εργασίες που επαναλαμβάνονται και σε συνεργασία με ένα σύστημα εμβόλου, μπιέλας και στροφαλοφόρου άξονα (Σχήμα 1), επιτυγχάνεται η παραγωγή μηχανικού περιστροφικού έργου. Η σειρά αυτή εργασιών ονομάζεται *κύκλος λειτουργίας* και περιλαμβάνει τις αντίστοιχες φάσεις ή χρόνους:

- *Εισαγωγή* μίγματος βενζίνης – αέρα στους βενζινοκινητήρες ή μόνο αέρα στους πετρελαιοκινητήρες.
- *Συμπίεση* του μίγματος βενζίνης αέρα ή μόνο αέρα στους πετρελαιοκινητήρες.
- *Ανάφλεξη* του μίγματος βενζίνης αέρα από το σπινθήρα που παράγουν τα μπουζί στους βενζινοκινητήρες ή *έγχυση* και *αυτανάφλεξη* του πετρελαίου στους πετρελαιοκινητήρες. *Καύση* και *εκτόνωση* των καυσαερίων.
- *Εξαγωγή* των καυσαερίων.

Οι κινητήρες στους οποίους η ολοκλήρωση του κύκλου λειτουργίας γίνεται σε τέσσερις χρόνους – διαδρομές του εμβόλου, ονομάζονται **τετράχρονοι**, ενώ οι κινητήρες στους οποίους ο κύκλος λειτουργίας ολοκληρώνεται σε δύο χρόνους – διαδρομές του εμβόλου, ονομάζονται **δίχρονοι**.



α. Εισαγωγή      β. Συμπίεση      γ. Καύση - Εκτόνωση      δ. Εξαγωγή

1. Βαλβίδα εξαγωγής, 2. Μπουζί, 3. Βαλβίδα εισαγωγής,  
4. Χώρος καύσης, 5. ΑΝΣ, 6. Εμβόλο, 7. ΚΝΣ, 8. Μπιέλα

Σχήμα 1: Λειτουργία τετράχρονου βενζινοκινητήρα  
(ΠΗΓΗ: Η ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ)

## ▪ 1.2 ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

### □ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 4 ΧΡΟΝΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

Σε ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα για να ολοκληρωθεί η μετατροπή της θερμικής ενέργειας από την καύση του καυσίμου μίγματος σε μηχανική, απαιτούνται τέσσερις χρόνοι – διαδρομές του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο.

#### ➤ Πρώτος χρόνος: ΕΙΣΑΓΩΓΗ (Σχ.1.1 α)

Το έμβολο βρίσκεται στην υψηλότερη θέση που μπορεί να φτάσει μέσα στον κύλινδρο, η οποία ονομάζεται *Ανω Νεκρό Σημείο (Α.Ν.Σ)*. Η βαλβίδα εξαγωγής των καυσαερίων είναι κλειστή, ενώ η βαλβίδα εισαγωγής του μίγματος είναι ανοικτή. Η πίεση αυτή τη στιγμή μέσα στον κύλινδρο είναι ίση με την ατμοσφαιρική και η θερμοκρασία περίπου 20 °C.

Καθώς το έμβολο αρχίζει να κατεβαίνει δημιουργείται κενό (υποπίεση) με αποτέλεσμα να γίνεται η αναρρόφηση καυσίμου μίγματος, μέσω της βαλβίδας εισαγωγής. Η εισαγωγή συνεχίζεται μέχρι το έμβολο να κατέβει στη χαμηλότερη

θέση που μπορεί να φτάσει μέσα στον κύλινδρο, το **Κάτω Νεκρό Σημείο (Κ.Ν.Σ)**. Στη θέση αυτή κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής και ολοκληρώνεται ο πρώτος χρόνος που ονομάζεται χρόνος εισαγωγής.

➤ **Δεύτερος χρόνος: ΣΥΜΠΙΕΣΗ (Σχ.1.1 β)**

Το έμβολο από το Κ.Ν.Σ όπου βρίσκεται στο τέλος του προηγούμενου χρόνου, παρασύρεται από το συνδυασμό της κίνησης **σφονδύλου, στροφαλοφόρου άξονα, μπιέλας** αλλάζει φορά, ανεβαίνοντας προς το Α. Ν. Σ. Παράλληλα κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής.

Καθώς το έμβολο ανεβαίνει, το μίγμα που έχει εισαχθεί στον κύλινδρο συμπιέζεται μέχρι το έμβολο να φτάσει στο Α. Ν. Σ., όπου τελειώνει ο δεύτερος χρόνος. Το συμπιεσμένο μίγμα βρίσκεται τώρα υπό πίεση 7 έως 15 kg/ cm<sup>2</sup> (περίπου 6,87 bar έως 14,7 bar αντίστοιχα) και έχει θερμοκρασία 250° C έως 350° C, ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα.

➤ **Τρίτος χρόνος: ΚΑΥΣΗ – ΕΚΤΟΝΩΣΗ (Σχ.1.1 γ)**

Το έμβολο βρίσκεται στο Α. Ν. Σ., οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές ενώ το μίγμα είναι όσο γίνεται περισσότερο συμπιεσμένο. Τη στιγμή αυτή δίνεται από το μπουζί ηλεκτρικός σπινθήρας, που αναφλέγει το καύσιμο μίγμα το οποίο σε ελάχιστο χρόνο καίγεται, με αποτέλεσμα να παραχθεί μεγάλη ποσότητα καυσαερίων υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Συγκεκριμένα η θερμοκρασία αυτή τη στιγμή, μέσα στον κύλινδρο φθάνει στους 1600° C έως 2500° C και η πίεση από 25 έως 50 kg/ cm<sup>2</sup> (24,5 bar έως 49bar αντίστοιχα.)

Επειδή η ανάφλεξη και η καύση γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, θεωρητικά γίνεται παραδεκτό πως το έμβολο δεν προλαβαίνει να κινηθεί προς το Κ. Ν. Σ. και η καύση πραγματοποιείται με σταθερό όγκο.

Η πίεση των καυσαερίων σπρώχνει το έμβολο με δύναμη προς τα κάτω και η εκτόνωση, η οποία ολοκληρώνεται όταν το έμβολο φτάσει στο Κ. Ν. Σ. Στο τέλος της

εκτόνωσης αυξάνεται ο όγκος των καυσαερίων ενώ αντίθετα ελαττώνεται η πίεσή τους στα  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  ( $2,45 \text{ bar}$ ) και η θερμοκρασία τους πέφτει στους  $400^\circ \text{ C}$  περίπου.

Ο χρόνος της εκτόνωσης είναι ο μόνος κατά τον οποίο παράγεται από τον κινητήρα έργο και για αυτό το λόγο ονομάζεται ωφέλιμος ή ενεργητικός χρόνος. Αντίθετα οι υπόλοιποι τρεις χρόνοι ονομάζονται βοηθητικοί ή παθητικοί χρόνοι.

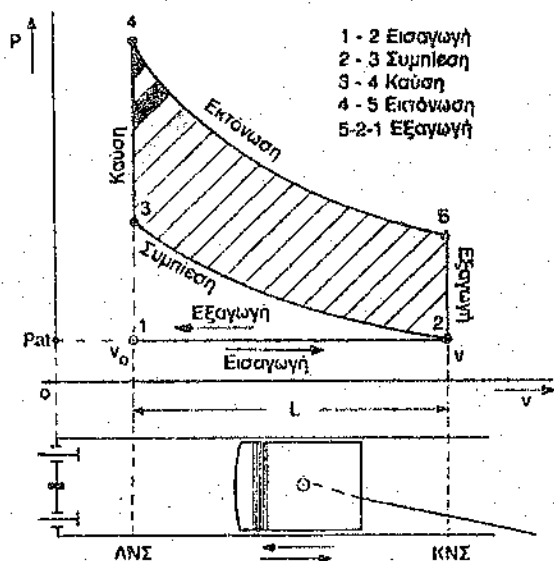
➤ Τέταρτος χρόνος: ΕΞΑΓΩΓΗ (Σχ.1.1 δ)

Το έμβολο από το Κ. Ν. Σ. όπου βρίσκεται, αρχίζει να κινείται προς το Α. Ν. Σ. Η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει κλειστή, ενώ ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα. Η εξαγωγή των καυσαερίων γίνεται αφ' ενός επειδή έχουν αυξημένη πίεση σε σχέση με την πίεση της ατμόσφαιρας με την οποία επικοινωνεί ο κύλινδρος και αφ' ετέρου λόγω της ώθησης που δέχονται κατά την άνοδο του εμβόλου.

□ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ. (Σχ.1.2)

Η θεωρητική λειτουργία του τετράχρονου βενζινοκινητήρα είναι δυνατό να παρασταθεί σε ένα διάγραμμα επίπεδων συντεταγμένων, όπου αποτυπώνονται οι διάφορες σχέσεις πίεσης (P) και όγκου (V) του αερίου που βρίσκεται στον κύλινδρο. (Σχ. 1.2)

Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος σημειώνεται ο όγκος του θαλάμου καύσης και στον κατακόρυφο άξονα η αντίστοιχη πίεση του αερίου, σε κάθε στιγμή της κίνησης του εμβόλου. Έτσι κατασκευάζεται μια κλειστή γραμμή η οποία παριστάνει τη θεωρητική λειτουργία του κινητήρα.



Σχ.1.2 Θεωρητικό διάγραμμα λειτουργίας τετράχρονου βενζινοκινητήρα [ΠΗΓΗ: Η ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

➤ Πρώτος χρόνος: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σημείο 1 δείχνει την αρχή του πρώτου χρόνου της εισαγωγής. Το έμβολο βρίσκεται στο Α. Ν. Σ., η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοικτή, η βαλβίδα εξαγωγής κλειστή και η πίεση στο θάλαμο καύσης είναι ίση με την ατμοσφαιρική.

Η ευθεία 1 – 2 παρουσιάζει ολόκληρο το χρόνο της εισαγωγής. Παρατηρούμε ότι η πίεση παραμένει σταθερή και ο όγκος αυξάνεται από  $V_0$  σε  $V$ .

➤ Δεύτερος χρόνος: ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Η καμπύλη 2 – 3 παριστάνει το χρόνο της συμπίεσης. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές, το έμβολο ανεβαίνει, ο όγκος που καταλαμβάνει το μίγμα προοδευτικά μειώνεται ενώ η πίεση συνεχώς αυξάνεται.

➤ Τρίτος χρόνος: ΚΑΥΣΗ – ΕΚΤΟΝΩΣΗ

Η ευθεία 3 – 4 παριστάνει την καύση του μίγματος που γίνεται στην αρχή του χρόνου της εκτόνωσης. Η ταχύτερη καύση προκαλεί απότομη αύξηση της πίεσης, πριν θεωρητικά κινηθεί το έμβολο προς τα κάτω και αυξηθεί ο όγκος.

Η καμπύλη 4 – 5 παρουσιάζει την εκτόνωση των καυσαερίων που έχουν παραχθεί από την καύση.

Το έμβολο κινείται προς το Κ. Ν. Σ. ενώ οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές. Εδώ παρατηρείται μείωση της πίεσης και αύξηση του όγκου των καυσαερίων.

➤ Τέταρτος χρόνος: ΕΞΑΓΩΓΗ

Το σημείο 5 παριστάνει την αρχή του χρόνου της εξαγωγής των καυσαερίων. Τη στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο Κ. Ν. Σ. ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής, οπότε η πίεση τείνει να εξισωθεί με την ατμοσφαιρική και γίνεται απότομα μερική έξοδος των καυσαερίων, χωρίς θεωρητικά το έμβολο να προλάβει να κινηθεί προς το ΑΝΣ. Η ευθεία 5 – 2 λοιπόν παριστάνει την έξοδο καυσαερίων με σταθερό όγκο.

Τέλος η ευθεία 2 – 1 παρουσιάζει την ολοκλήρωση του χρόνου της εξαγωγής. Το έμβολο κινείται προς τα επάνω και σπρώχνει τα καυσαέρια, των οποίων ο όγκος μειώνεται ενώ η πίεσή τους σε όλο το χρόνο της εξαγωγής παραμένει σταθερή και ίση με την ατμοσφαιρική.

Το διάγραμμα 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 2 - 1 ονομάζεται θεωρητικό διάγραμμα λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα. Το εμβαδόν του κλειστού αυτού διαγράμματος παριστάνει το θεωρητικό έργο που παράγεται στον κύλινδρο κατά τους τέσσερις χρόνους λειτουργίας, που ολοκληρώνονται σε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου και σε δυο στροφές του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα.

- Πραγματική λειτουργία τετράχρονου βενζινοκινητήρα. Σπειροειδές διάγραμμα (Σχ. 1.3)

Ο προαναφερόμενος θεωρητικός κύκλος δεν αντιπροσωπεύει ακριβώς την πραγματική κατάσταση λειτουργίας ενός τετράχρονου βενζινοκινητήρα.

Στην πραγματική λειτουργία το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων καθώς και η ανάφλεξη του μίγματος δεν γίνονται όταν το έμβολο βρίσκεται ακριβώς στο Α. Ν. Σ. ή στο Κ. Ν. Σ., αλλά λίγο πριν ή λίγο μετά όπου αντίστοιχα αρχίζουν και τελειώνουν οι χρόνοι λειτουργίας.

Συγκεκριμένα στην πραγματική λειτουργία υπάρχουν οι εξής διαφορές σε σύγκριση με τη θεωρητική:

- Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής.
- Αργοπορεία στο κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής.
- Προπορεία (αβάνς) στην ανάφλεξη του μίγματος.
- Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής.
- Αργοπορεία στο κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής.

Προκειμένου να περιγραφεί αναλυτικά η πραγματική λειτουργία του κινητήρα κατασκευάζεται το σπειροειδές διάγραμμα (Σχ. 1.3) το οποίο παριστάνει γραφικά αυτά που συμβαίνουν στον κύλινδρο σε δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα.

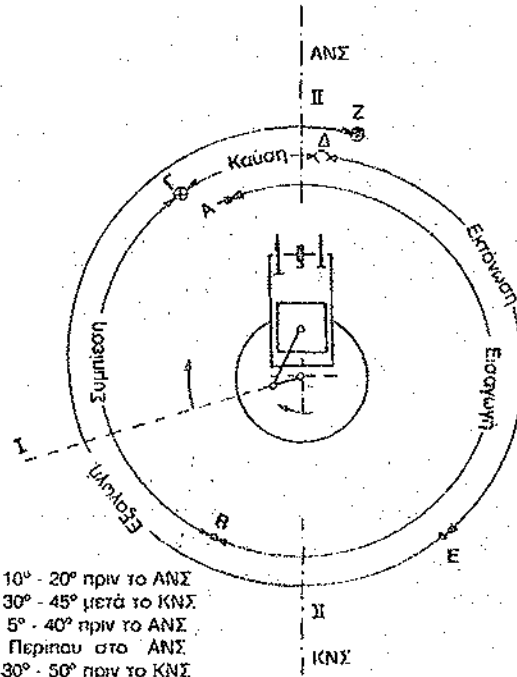
Τα σημεία στα οποία αρχίζουν και τελειώνουν οι χρόνοι λειτουργίας σύμφωνα με τη θέση του εμβόλου, προσδιορίζονται με το μέγεθος των γωνιών που σχηματίζονται κατά την περιστροφή του στροφάλου του στροφαλοφόρου άξονα. Έτσι στο σχήμα 1.3 οι γωνίες σχηματίζονται από την πλευρά I που δείχνει τη θέση του στροφάλου και την πλευρά II (Α. Ν. Σ. – Κ. Ν. Σ.).



➤ Πρώτος χρόνος:  
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει κατά την άνοδο του εμβόλου όταν ο στρόφαλος βρίσκεται  $10^\circ - 20^\circ$  πριν το Α. Ν. Σ. (Σημείο Α σπειροειδούς διαγράμματος)

Αυτό συμβαίνει για να αρχίσει η εισαγωγή νέου μίγματος στον κύλινδρο, πριν τελειώσει η εξαγωγή καυσαερίων από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας.



Σχ.1.3 Σπειροειδές Διάγραμμα Πραγματικής Λειτουργίας Τετράχρονου Βενζινοκινητήρα  
[ΠΗΓΗ:Η ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι για μικρό χρονικό διάστημα παραμένουν ταυτόχρονα ανοικτές η βαλβίδα εισαγωγής καθώς και η βαλβίδα εξαγωγής. Σχ. 1.3 {Σπειροειδές διάγραμμα λειτουργίας τετράχρονου βενζινοκινητήρα}

Το φαινόμενο αυτό κατά το οποίο παραμένουν και οι δύο βαλβίδες ανοικτές ονομάζεται οντλαρ ή παλάτζο. Έτσι το νέο μίγμα που μπαίνει από τη βαλβίδα εισαγωγής, σπρώχνει τα καυσαέρια να απομακρυνθούν από τη βαλβίδα εξαγωγής και με αυτόν τον τρόπο γίνεται καλύτερος καθαρισμός του κυλίνδρου.

Η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει λίγο μετά την ολοκλήρωση της καθόδου του εμβόλου και συγκεκριμένα  $30^\circ - 45^\circ$  μετά το Κ. Ν. Σ. (Σημείο Β)

Αυτό συμβαίνει για την καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου με φρέσκο μίγμα. Η είσοδος του μίγματος κατά την άνοδο του έμβολο, όταν δηλαδή δεν γίνεται αναρρόφηση, εξασφαλίζεται από την κινητική ενέργεια που έχει το μίγμα το οποίο συνεχίζει για λίγο να μπαίνει με ορμή στον κύλινδρο.

➤ Δεύτερος χρόνος: ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Στο σημείο Β κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής και αρχίζει η συμπίεση, η οποία ολοκληρώνεται  $5^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  πριν το Α. Ν. Σ. (Σημείο Γ), όπου το καύσιμο μίγμα έχει αποκτήσει την κατάλληλη θερμοκρασία και πίεση.

➤ Τρίτος χρόνος : ΚΑΥΣΗ - ΕΚΤΟΝΩΣΗ

Ο χρόνος αυτός αρχίζει με την ανάφλεξη του μίγματος από τον σπινθήρα που δίνεται στο σημείο Γ, δηλαδή  $5^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  πριν το Α. Ν. Σ. Η προπορεία της ανάφλεξης, γίνεται προκειμένου η καύση του μίγματος να έχει σχεδόν ολοκληρωθεί όταν το έμβολο φθάσει στο Α. Ν. Σ. Έτσι τα καυσαέρια θα έχουν εκείνη τη στιγμή την μεγαλύτερη εκτονωτική τους δύναμη για να σπρώξουν το έμβολο προς τα κάτω κατά την εκτόνωση.

Η εκτόνωση αρχίζει από το σημείο Δ όπου τελειώνει η καύση και συνεχίζεται μέχρι το σημείο Ε.

➤ Τέταρτος χρόνος: ΕΞΑΓΩΓΗ

Η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει  $30^{\circ}$  -  $50^{\circ}$  πριν το Κ. Ν. Σ. (σημείο Ε), προκειμένου τα καυσαέρια να αρχίσουν την έξοδό τους νωρίτερα για να ελαττωθεί η πίεση που ασκούν στο έμβολο όταν αυτό αρχίσει να ανεβαίνει προς το Α. Ν. Σ.

Η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  μετά το Α. Ν. Σ. (σημείο Ζ). Αυτό συμβαίνει για να διαρκέσει περισσότερο η έξοδος των καυσαερίων και να γίνει καλύτερος καθαρισμός του κυλίνδρου. Σε αυτό συντελεί άλλωστε και η είσοδος νέου μίγματος από τη βαλβίδα εισαγωγής που έχει ανοίξει λίγο πριν.

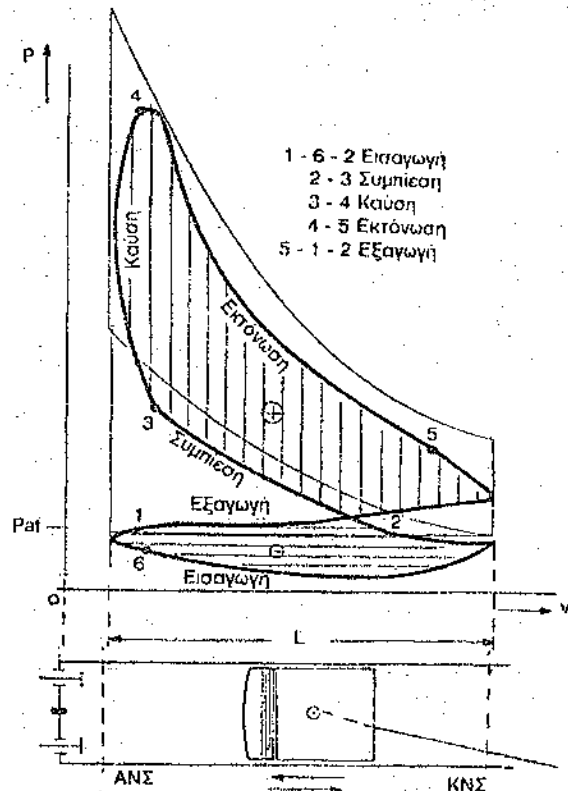
□ Πραγματικό διάγραμμα λειτουργίας τετράχρονου βενζινοκινητήρα (σχ. 1.4).

Το διάγραμμα πραγματικής λειτουργίας σχεδιάζεται στους άξονες πίεσης (P) και όγκου (V), πάνω στο διάγραμμα θεωρητικής λειτουργίας, για να διευκολυνθεί η σύγκριση.

➤ Πρώτος χρόνος: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισαγωγή του μίγματος αρχίζει στο σημείο 1, στο οποίο ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής, πριν το έμβολο φθάσει στο Α. Ν. Σ. Η πίεση στον κύλινδρο είναι λίγο μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Στη συνέχεια το έμβολο φθάνει στο Α. Ν. Σ. και αρχίζει την κάθοδό του δημιουργώντας αναρρόφηση. Έτσι το μίγμα μπαίνει στον κύλινδρο, ενώ η πίεση λόγω της αναρρόφησης είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική (υποπίεση). Όταν το έμβολο φθάσει στο Κ. Ν. Σ. επικρατεί ακόμη υποπίεση και η εισαγωγή συνεχίζεται μέχρι το σημείο 2 στο οποίο κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής, αφού το έμβολο έχει αρχίσει την άνοδό του προς το Α. Ν. Σ.

Σχ. 1.4 { Πραγματικό διάγραμμα λειτουργίας Τετράχρονου βενζινοκινητήρα }



Σχ.1.4 Διάγραμμα Πραγματικής Λειτουργίας Τετράχρονου Βενζινοκινητήρα  
[ΠΗΓΗ: Η ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

➤ Δεύτερος χρόνος: ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Η συμπίεση του μίγματος αρχίζει στο σημείο 2 και τελειώνει στο σημείο 3 πριν το έμβολο να φτάσει στο Α. Ν. Σ. Ο όγκος του μειώνεται ενώ η πίεση του αυξάνεται.

➤ Τρίτος χρόνος: ΚΑΥΣΗ – ΕΚΤΟΝΩΣΗ

Στο σημείο 3 γίνεται η ανάφλεξη του μίγματος και ακολουθεί η καύση η οποία ολοκληρώνεται στο σημείο 4. Παρατηρείται απότομη αύξηση της πίεσης λόγω της καύσης και της δημιουργίας καυσαερίων.

Το σημείο 3 βρίσκεται χαμηλότερα από το αντίστοιχο θεωρητικό λόγω προπορείας της ανάφλεξης (αβάνς). Το ίδιο χαμηλότερα βρίσκεται το σημείο 4 το οποίο δείχνει το τέλος της καύσης, που τελειώνει νωρίτερα επειδή άρχισε νωρίτερα.

Στη συνέχεια ακολουθεί η εκτόνωση από το σημείο 4 έως το σημείο 5, κατά την οποία η πίεση μειώνεται και ο όγκος αυξάνεται.

➤ Τέταρτος χρόνος: ΕΞΑΓΩΓΗ

Η εξαγωγή των καυσαερίων αρχίζει στο σημείο 5, όπου ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής πριν το έμβολο φθάσει στο Κ. Ν. Σ. και συνεχίζεται κατά την άνοδο του εμβόλου. Παρατηρείται μείωση της πίεσης και του όγκου. Η εξαγωγή ολοκληρώνεται τέλος στο σημείο 6 όπου κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής λίγο μετά το Α. Ν. Σ.

Το διάγραμμα 1- 6- 2- 3- 4- 5- 1 αποτελεί το πραγματικό διάγραμμα λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα, στο οποίο φαίνονται δύο διαγραμμισμένες επιφάνειες, η επάνω και η κάτω.

Το εμβαδόν της επάνω μεγάλης επιφάνειας αντιπροσωπεύει το *ωφέλιμο (θετικό) έργο* που παράγεται από τον κινητήρα ενώ το εμβαδόν της κάτω μικρής επιφάνειας αντιπροσωπεύει το *έργο που καταναλώνει ο κινητήρας για τη λειτουργία του (αρνητικό)*. Η διαφορά των δυο εμβαδών δίνει το πραγματικό έργο το οποίο αποδίδει ο κινητήρας σε ένα κύκλο λειτουργίας του.

### ▪ 1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ BENZINOKINHTHRA.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο εργάζεται ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας. Με ποιον όμως τρόπο ελέγχεται ο χρόνος στον οποίο θα γίνει ο ψεκασμός του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο και πότε θα πρέπει το μπουζί να δώσει σπινθήρα προκειμένου να γίνει η ανάφλεξη του μίγματος; Ακόμα πόση θα πρέπει να είναι η ποσότητα του καυσίμου –ανάλογα βέβαια και με το φορτίο του κινητήρα την κάθε στιγμή- που θα πρέπει να ψεκαστεί στον κύλινδρο;

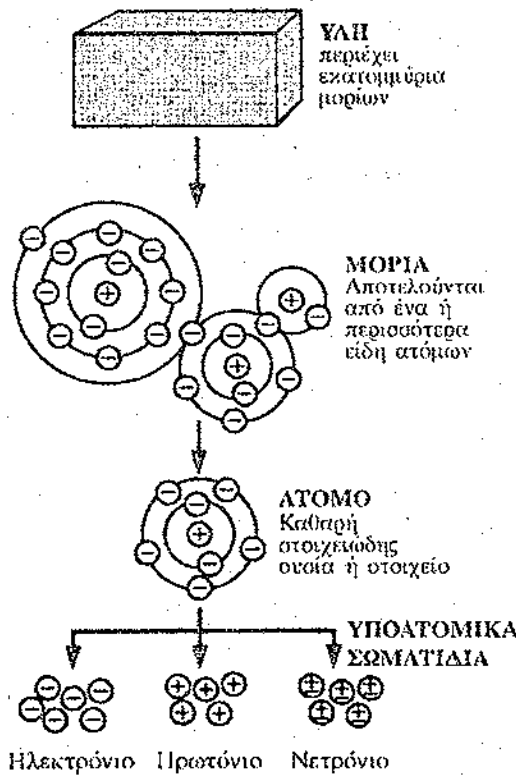
Τον έλεγχο όλων αυτών των παραμέτρων που επηρεάζουν τη σωστή και αποδοτική λειτουργία του κινητήρα, την έχουν αναλάβει στα σύγχρονα αυτοκίνητα, οι *Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές*. Έτσι λοιπόν βλέπουμε πως τη διαχείριση των κινητήρων τα τελευταία χρόνια την έχουν αναλάβει *δυνατοί και γρήγοροι* στη λήψη αποφάσεων Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές. Έχουμε περάσει λοιπόν στη λεγόμενη: **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ.**

Πριν όμως αρχίσουμε να περιγράψουμε τη δομή και τον τρόπο με τον οποίο η Κεντρική Μονάδα Ελέγχου του Κινητήρα λειτουργεί και αποφασίζει, θα κάνουμε μια ανάλυση των **Βασικών Αρχών της Ηλεκτρονικής** και των διαφόρων στοιχείων, συνδυασμός των οποίων αποτελούν την *Κεντρική Μονάδα Ελέγχου*.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ**

▪ **2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ**

Η ηλεκτρονική θεωρία της ύλης μας βοηθά να εξηγήσουμε το φαινόμενο του ηλεκτρισμού. Η βασική δομική μονάδα στην ύλη – δηλαδή σε κάθε τι που έχει μάζα και το οποίο καταλαμβάνει κάποιο χώρο – είναι το **άτομο**. Όλη η ύλη είτε αυτή είναι στερεά, είτε υγρή, είτε αέρια, αποτελείται από **μόρια** τα οποία αποτελούνται από ένα ή περισσότερα είδη ατόμων, συνδεδεμένα μεταξύ τους με διάφορους τρόπους, τους λεγόμενους **δεσμούς**. (Σχ. 2.1)

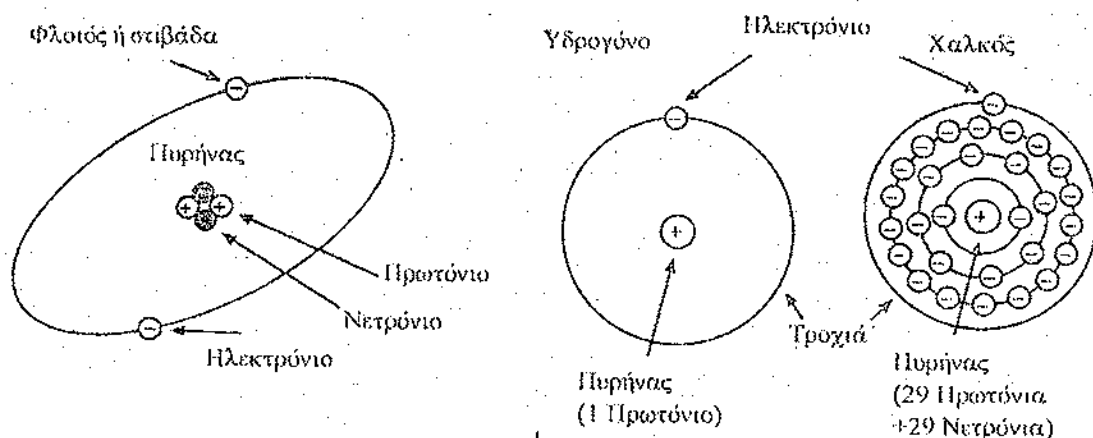


**Σχήμα 2.1:** Ένα μοντέλο της δομής της ύλης  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Τα άτομα αυτά είναι τα μικρότερα σωματίδια στα οποία μπορεί να υποδιαιρεθεί ένα στοιχείο ή ουσία χωρίς να χάσει τις ιδιότητές του. Υπάρχουν περίπου 100 διαφορετικά άτομα που σχηματίζουν το κάθε τι στον κόσμο μας. Τα χαρακτηριστικά που κάνουν ένα άτομο διαφορετικό από ένα άλλο καθορίζουν και τις ηλεκτρικές του ιδιότητες.

Το άτομο μοιάζει με ένα μικροσκοπικό ηλιακό σύστημα. Έτσι λοιπόν ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο του ατόμου και γύρω από τον πυρήνα περιστρέφονται σε τροχιές μικροσκοπικά σωματίδια που ονομάζονται **ηλεκτρόνια**. Τα ηλεκτρόνια δεν

έλκονται από τον πυρήνα εξ' αιτίας της αδράνειάς τους. Δεν εκτοξεύονται προς το χώρο εξ' αιτίας μιας έλξης μεταξύ του ηλεκτρονίου και του πυρήνα. Η έλξη αυτή οφείλεται στο ηλεκτρικό φορτίο που υπάρχει στο ηλεκτρόνιο και στον πυρήνα. Λέμε ότι τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο (-) και οι πυρήνες θετικό φορτίο (+). Αυτά τα αντίθετα φορτία έλκονται μεταξύ τους.



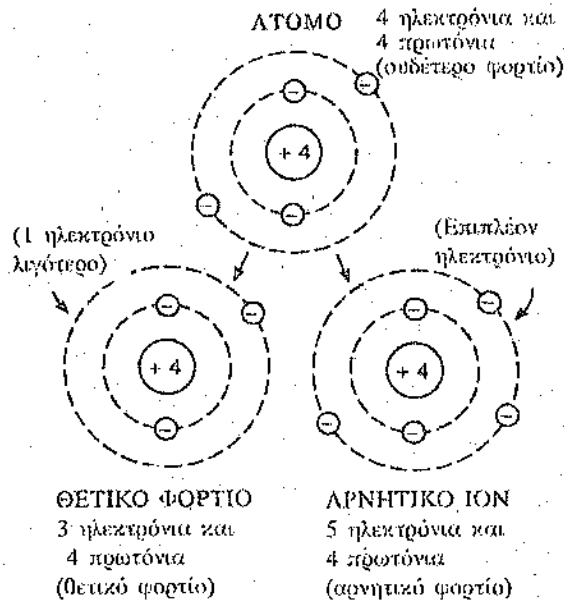
Σχήμα 2.2 : Δομή ατόμων

[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας σε ένα άτομο βρίσκεται στον πυρήνα του. Τα σωματίδια που βρίσκονται στον πυρήνα ονομάζονται **πρωτόνια και νετρόνια**. Το πρωτόνιο έχει θετικό φορτίο (+) που έχει ακριβώς την ίδια ισχύ με αυτή του αρνητικού φορτίο (-) ηλεκτρονίου. Το πρωτόνιο είναι πολύ βαρύτερο από το ηλεκτρόνιο, ενώ το νετρόνιο έχει μάζα λίγο μεγαλύτερη από τη μάζα του πρωτονίου, αλλά δεν έχει καθόλου ηλεκτρικό φορτίο και για αυτό ονομάζεται **νετρόνιο ή ουδετερόνιο**. Από όσα γνωρίζουμε μέχρι σήμερα τα νετρόνια δεν έχουν ηλεκτρική δραστηριότητα. Κανονικά κάθε άτομο περιέχει ίσο αριθμό ηλεκτρονίων και πρωτονίων, πράγμα που κάνει το άτομο να εμφανίζεται ηλεκτρικά ουδέτερο. Στο σχήμα 2.2 φαίνονται οι ατομικές δομές των ατόμων του υδρογόνου και του χαλκού.

Όταν ασκηθεί κάποια εξωτερική δύναμη, ένα άτομο είναι δυνατό να χάσει ηλεκτρόνια ή να αποκτήσει και άλλα (Σχήμα 2.3). Το αποτέλεσμα είναι ένα άτομο χωρίς ισορροπία που ονομάζεται **ión**. Το **αρνητικό íον** είναι ένα άτομο στο οποίο έχουν προστεθεί ηλεκτρόνια και επειδή τώρα έχει περισσότερα ηλεκτρόνια από ότι πρωτόνια, εμφανίζεται ηλεκτρικά **αρνητικά φορτισμένο (-)**. Το **θετικό íον** είναι ένα άτομο που έχει χάσει ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα ο αριθμός των ηλεκτρονίων που διαθέτει να είναι μικρότερος από τον αριθμό των πρωτονίων και έτσι το άτομο αυτό εμφανίζεται ηλεκτρικά **θετικά φορτισμένο (+)**. Τα θετικά íοντα έλκουν ηλεκτρόνια από γειτονικά άτομα για να αποκτήσουν ισορροπία και το γεγονός αυτό προκαλεί κίνηση ηλεκτρονίων.



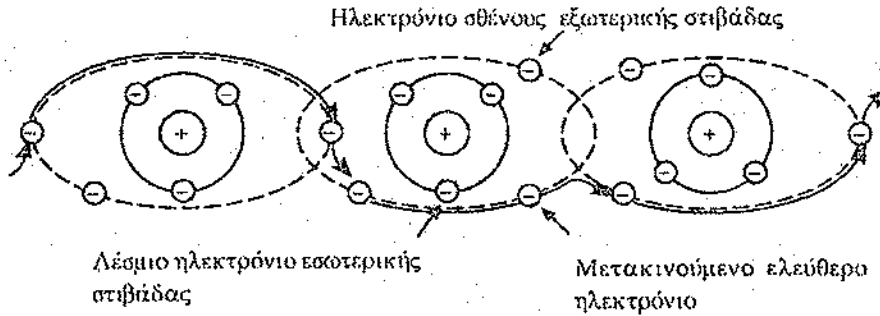


**Σχήμα 2.3 :** [Ο τρόπος που τα άτομα σχηματίζουν ιόντα  
(ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ)]

Τα *δεσμευμένα ηλεκτρόνια* είναι ηλεκτρόνια στις εσωτερικές τροχιές του ατόμου που συγκρατούνται σε αυτό εξ' αιτίας της ισχυρής έλξης του πυρήνα ο οποίος έχει αντίθετα φορτία. Η εξωτερική στοιβάδα του ατόμου ονομάζεται *στοιβάδα σθένους* και τα ηλεκτρόνια της ονομάζονται *ηλεκτρόνια σθένους*. Επειδή η απόσταση από τον πυρήνα είναι μεγαλύτερη και επειδή υπάρχει μερική φραγή του ηλεκτρικού πεδίου από δεσμευμένα ηλεκτρόνια στις εσωτερικές στοιβάδες, η ελκτική δύναμη στα ηλεκτρόνια σθένους είναι μικρότερη. Κατά συνέπεια λοιπόν τα ηλεκτρόνια σθένους ελευθερώνονται εύκολα. Έτσι κάθε φορά που ένα ηλεκτρόνιο σθένους απομακρύνεται από την τροχιά του γίνεται *ελεύθερο* ηλεκτρόνιο. Συνήθως ο ηλεκτρισμός ορίζεται σαν κίνηση αυτών των ελεύθερων ηλεκτρονίων μέσα σε έναν αγωγό (Σχ. 2.4).

Τα ηλεκτρόνια μπορούν να γίνουν ελεύθερα με δυνάμεις όπως η *τριβή*, η *θερμότητα*, το *φως*, η *πίεση*, η *χημική δράση* ή η *μαγνητική δράση*. Αυτά τα ελεύθερα ηλεκτρόνια απομακρύνονται με την *ηλεκτρεγερτική δύναμη* ή ΗΕΔ, από ένα άτομο στο επόμενο. Η ΗΕΔ είναι η 'ηλεκτρική πίεση' που αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να κινηθούν. Αυτή η ροή ελεύθερων ηλεκτρονίων που δημιουργείται σχηματίζει το *ηλεκτρικό ρεύμα*, η ένταση του οποίου εξαρτάται από την ισχύ της ΗΕΔ.

Όταν τα ηλεκτρόνια αρχίσουν να κινούνται, το αποτέλεσμα γίνεται αντιληπτό την ίδια στιγμή σε όλο το μήκος του αγωγού. Αν και τα ίδια τα ηλεκτρόνια δεν μετακινούνται περισσότερο από μερικά εκατοστά ανά δευτερόλεπτο, το ρεύμα κινείται μέσα στον αγωγό σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός (300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο).



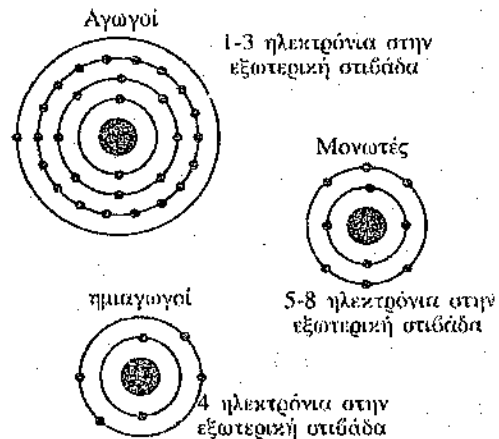
Σχήμα 2.4 : Ηλεκτρισμός – Η ροή των ελεύθερων ηλεκτρονίων  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 2.2 ΑΓΩΓΟΙ, ΜΟΝΩΤΕΣ ΚΑΙ ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Οι ηλεκτρικές ιδιότητες των διαφόρων υλικών καθορίζονται από το πλήθος των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στην εξωτερική στοιβάδα των ατόμων τους (Σχ. 2.5). **Καλός αγωγός** είναι μια ουσία ή υλικό μέσα από την οποία περνά εύκολα ο ηλεκτρισμός. Υλικά που έχουν στην εξωτερική στοιβάδα του ατόμου τους από ένα μέχρι τρία ηλεκτρόνια είναι καλοί αγωγοί. Τα ηλεκτρόνια συγκρατούνται χαλαρά, υπάρχει χώρος και για άλλα και μια μικρή ΗΕΔ προκαλεί μετακίνηση ελεύθερων ηλεκτρονίων. Σε αυτή την κατηγορία των καλών αγωγών του ηλεκτρισμού ανήκουν τα περισσότερα **μέταλλα**. Ο χαλκός είναι το μέταλλο που χρησιμοποιείται περισσότερο σαν ηλεκτρικός αγωγός (κατασκευή καλωδίων), επειδή έχει σχετικά μικρό κόστος και καλή ικανότητα αγωγής του ηλεκτρισμού.

**Μονωτής** είναι μια ουσία ή υλικό μέσα από την οποία ο ηλεκτρισμός περνά με δυσκολία. Υλικά που στην εξωτερική στοιβάδα του ατόμου τους έχουν πέντε ή περισσότερα ηλεκτρόνια είναι μονωτές. Τα ηλεκτρόνια σε αυτήν την περίπτωση συγκρατούνται σφικτά, η στοιβάδα είναι σχεδόν πλήρης και για την μετακίνηση ηλεκτρονίων χρειάζεται πολύ μεγάλη ΗΕΔ. Τέτοια υλικά είναι **το γυαλί, το ελαστικό και τα περισσότερα πολυμερή**. Οι μονωτές χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά κυκλώματα έτσι ώστε τα ηλεκτρόνια να μετακινούνται στο κύκλωμα στη διαδρομή που θέλουμε.

Υλικά που στην εξωτερική στοιβάδα του ατόμου τους έχουν ακριβώς τέσσερα ηλεκτρόνια, ονομάζονται **ημιαγωγοί**. Αυτά τα υλικά δεν είναι ούτε καλοί αγωγοί ούτε μονωτές και τέτοια υλικά είναι **ο άνθρακας, το γερμάνιο και το πυρίτιο**. Για την παραγωγή των σύγχρονων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως οι **δίοδοι, τα τρανζίστορ και τα τσιπ** των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται ημιαγωγοί οι οποίοι έχουν υποστεί μια ειδική επεξεργασία πριν.



**Σχήμα 2.5 :** Αγωγοί, μονωτές, ημιαγωγοί  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

### ▪ 2.3 ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρισμού: *ο στατικός ηλεκτρισμός και ο δυναμικός ηλεκτρισμός.*

Ο στατικός ηλεκτρισμός είναι ηλεκτρικό φορτίο σε ηρεμία. Όταν τριφτούν μεταξύ τους δύο κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, ελευθερώνονται μερικά ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα και τα δύο υλικά να φορτίζονται ηλεκτρικά. Το ένα έχει έλλειψη ηλεκτρονίων και φορτίζεται θετικά, ενώ το άλλο έχει πλεόνασμα ηλεκτρονίων και φορτίζεται αρνητικά. Τα φορτία αυτά παραμένουν στην επιφάνεια του υλικού και δεν κινούνται εκτός και αν τα δύο υλικά έρθουν σε επαφή μεταξύ τους ή συνδεθούν με ένα αγωγό.

Ο δυναμικός ηλεκτρισμός μπορεί να είναι είτε *συνεχές(DC)*, είτε *εναλλασσόμενο(AC)*. Όταν τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται από τα άτομά τους και κινούνται μέσα σε ένα υλικό, έχουμε *δυναμικό ηλεκτρισμό*. Αν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προς μια κατεύθυνση, ο ηλεκτρισμός ονομάζεται *συνεχές ρεύμα (DC)*. Αυτό είναι άλλωστε και το ρεύμα που παράγεται από τη μπαταρία του αυτοκινήτου. Αντίθετα, αν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια αλλάζουν συνεχώς φορά στον χρόνο από τα θετικά προς τα αρνητικά και αντίστροφα, τότε αυτός ο ηλεκτρισμός ονομάζεται *εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)*. Αυτό είναι και το είδος ρεύματος το οποίο παράγει ο εναλλακτήρας του αυτοκινήτου. Στα αυτοκίνητα το ρεύμα AC

μετατρέπεται, μέσω κατάλληλων διατάξεων, σε DC για να τροφοδοτεί το ηλεκτρικό σύστημα του αυτοκινήτου και για να φορτίζει την μπαταρία.

#### ▪ 2.4 ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) ή τάση χρειάζεται όταν πρέπει να μετακινηθούν ηλεκτρόνια. Κάποιο είδος ενέργειας πρέπει να μετατραπεί σε μορφή που να μπορεί να μετακινεί ηλεκτρόνια κατά μήκος ενός αγωγού. Μια πηγή τάσης έχει μεγαλύτερο δυναμικό ηλεκτρονίων σε ένα σημείο από ότι σε άλλο. Αυτό το δυναμικό δημιουργείται όταν ελευθερώνονται ηλεκτρόνια από τα άτομά τους με *τριβή, θερμότητα, φως, πίεση, χημική δράση ή μαγνητική δράση.*

Αναφέρουμε αυτούς τους τρόπους δημιουργίας τάσεως, επειδή αποτελούν τις βασικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία πολλών *αισθητήρων και ενεργοποιητών*, οι οποίοι αποτελούν τις εισόδους και τις εξόδους αντίστοιχα, της Κεντρικής Μονάδας Ελέγχου του Κινητήρα.

Στη συνέχεια ακολουθεί μια αναλυτικότερη περιγραφή των τρόπων δημιουργίας τάσης που αναφέρθηκαν παραπάνω.

##### ➤ ΤΡΙΒΗ:

Η τάση που παράγεται με *τριβή* ονομάζεται στατικός ηλεκτρισμός και έχει αναλυθεί παραπάνω. (§ 2.3).

##### ➤ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ:

Η ενέργεια από τη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελευθερώσει ηλεκτρόνια στο σημείο επαφής δύο διαφορετικών υλικών και να δώσει μια μικρή τάση. Αυτό το είδος συσκευής ονομάζεται *θερμοζεύγος*. Αν και το ρεύμα που παράγεται είναι μικρό, είναι αρκετό για να προκαλέσει τη λειτουργία ενός κυκλώματος μέτρησης θερμοκρασίας. Με τον τρόπο αυτό λειτουργούν οι αισθητήρες θερμοκρασίας στα αυτοκίνητα.

➤ **ΦΩΣ:**

Η φωτεινή ενέργεια μπορεί να ελευθερώσει ηλεκτρόνια από υλικά που έχουν φωτοηλεκτρικές ιδιότητες. Τα περισσότερα ημιαγωγικά υλικά αντιδρούν στο φως. Οι εφαρμογές σε αυτοκίνητα, είναι οι αισθητήρες για τους προβολείς και για τους καθρέπτες.

➤ **ΠΙΕΣΗ:**

Όταν ορισμένα είδη κρυστάλλων υφίστανται πίεση παράγεται μια μικρή τάση. Αυτό το είδος παραγωγής τάσης που ονομάζεται *πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο*, χρησιμοποιείται στον αισθητήρα χτύπου του κινητήρα των αυτοκινήτων.

➤ **ΧΗΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ:**

Το βολταϊκό στοιχείο ή μπαταρία, μετατρέπει τη χημική ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Κατά βάση, μια μπαταρία αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια και ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Η χημική δράση μέσα στο στοιχείο προκαλεί την αντίδραση του ηλεκτρολύτη με τα δύο ηλεκτρόδια. Σαν αποτέλεσμα, τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο. Το γεγονός αυτό παράγει ένα θετικό και ένα αρνητικό φορτίο στους ακροδέκτες των ηλεκτροδίων του στοιχείου.

Σε ένα όχημα, όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί ή όταν γίνεται εκκίνηση του κινητήρα, η μπαταρία μολύβδου- οξέως αποτελεί την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μπαταρία αποτελείται από έξι στοιχεία, όμοια με το βολταϊκό στοιχείο, που είναι συνδεδεμένα σε σειρά, με αποτέλεσμα τάση λίγο μεγαλύτερη από 12 Volt (V).

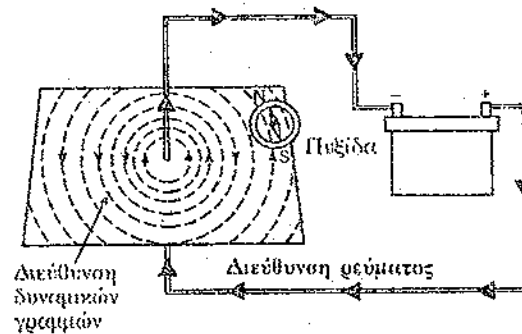
➤ **Η.Ε.Δ ΑΠΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ:**

Αν ένας αγωγός κινηθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο, στον αγωγό αναπτύσσεται μια τάση. Το γεγονός αυτό ονομάζεται *ηλεκτρομαγνητική επαγωγή* και χρησιμοποιείται από τον εναλλακτήρα του συστήματος φόρτισης για την παραγωγή τάσης και ρεύματος. Ο εναλλακτήρας αποτελεί την κύρια πηγή τάσης όταν ο κινητήρας λειτουργεί.

## ▪ 2.5 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός σχετίζονται στενά. Ο μαγνητισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί ηλεκτρισμός και το αντίστροφο. Χρησιμοποιώντας το μαγνητισμό στον εναλλακτήρα του αυτοκινήτου, ένα μέρος της ισχύος που αναπτύσσεται από τον κινητήρα μετατρέπεται σε κίνηση ηλεκτρονίων, η οποία χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος του αυτοκινήτου και για τη φόρτιση της μπαταρίας.

Κάθε φορά που μέσα από ένα αγωγό διέρχεται ρεύμα, γύρω από τον αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο. Ο μαγνητισμός που παράγεται από μαγνητικό ρεύμα ονομάζεται *ηλεκτρομαγνητισμός*. Η φορά των μαγνητικών δυναμικών γραμμών ή του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούνται έχοντας φορά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, καθορίζεται από την κατεύθυνση της κίνησης του ρεύματος. (Σχ. 2.6)

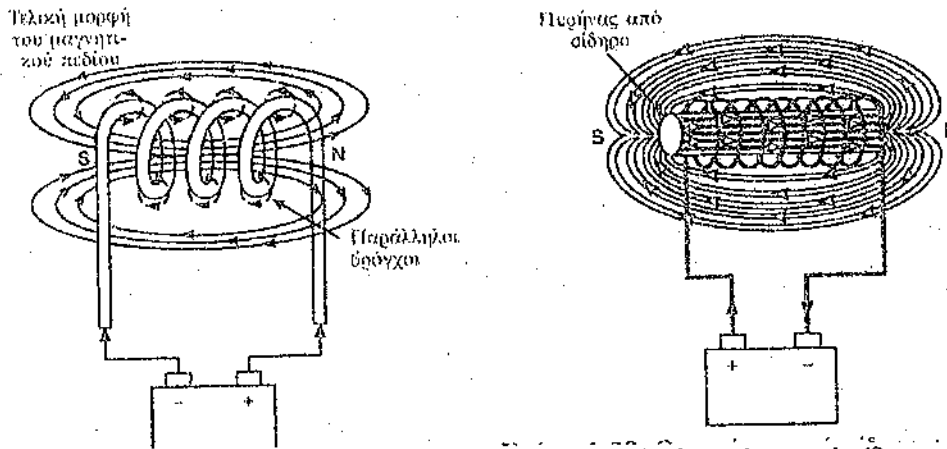


Σχήμα 2.6 : Δυναμικές γραμμές που παράγονται από ρεύμα  
ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Η ποσότητα του ρεύματος που περνά μέσα από έναν απλό αγωγό καθορίζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου που παράγεται γύρω από τον αγωγό. Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα, τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το μαγνητικό πεδίο που παράγεται. Καθώς αρχίζουν να κινούνται επιπλέον ηλεκτρόνια, κάθε κινούμενο ηλεκτρόνιο δημιουργεί επιπλέον δυναμικές γραμμές, οι οποίες αυξάνουν την πυκνότητα του πεδίου.

Όταν ένα πηνίο από σύρμα τυλίγεται σε πυρήνα από μαλακό σίδηρο και στο σύρμα διοχετεύεται ρεύμα, τότε η συσκευή γίνεται *ηλεκτρομαγνήτης*. Οι μαγνητικές

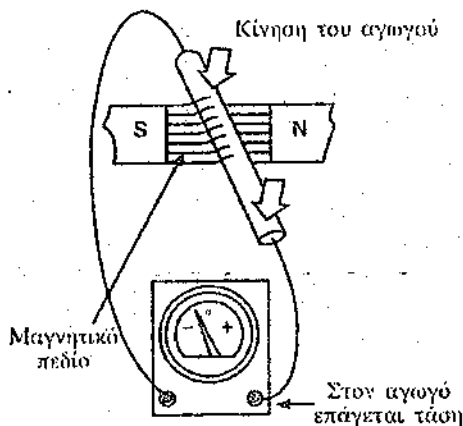
δυναμικές γραμμές θα είναι τότε εκατοντάδες φορές περισσότερες απ' ότι όταν υπάρχει μόνο το πηνίο. Οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές δυσκολεύονται πολύ περισσότερο να κινούνται στον αέρα παρά μέσα από σίδηρο ή ατσάλι. Αυτή η αρχή της τοποθέτησης πυρήνα από σίδηρο για τη δημιουργία εξαιρετικά ισχυρού μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιείται στην κατασκευή των πηνίων έναυσης, των ηλεκτρομαγνητών και των ρελαί



Σχήμα 2.7 : Μαγνητικό πεδίο πηνίου με ρεύμα (αριστερά) - Ο πυρήνας από σίδηρο αυξάνει την ένταση του πεδίου (δεξιά)  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

▪ **2.6 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ**

Όταν μέσα από μαγνητικό πεδίο περάσει ένας αγωγός (ή μέσα από αγωγό περάσουν μαγνητικές δυναμικές γραμμές), τότε στον αγωγό επάγεται μια ηλεκτρεγερτική δύναμη ή τάση (Σχ. 2.8)

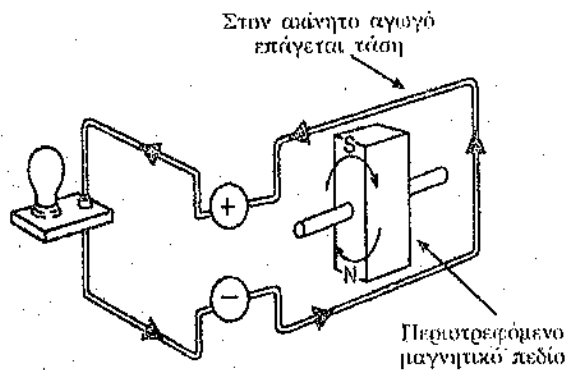


Σχήμα 2.8: Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Η επαγόμενη τάση προκαλεί τη διέλευση ρεύματος σε ηλεκτρικό κύκλωμα. Αυτή η αρχή ονομάζεται *ηλεκτρομαγνητική επαγωγή*.

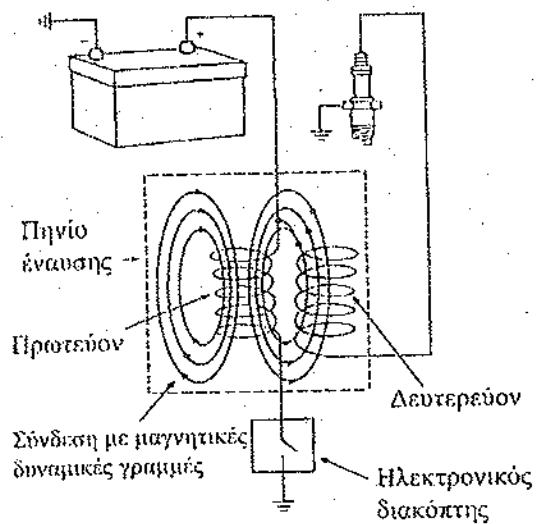
Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για επαγωγή τάσης με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Το μαγνητικό πεδίο μπορεί να περιστρέφεται (ρότορας) έτσι ώστε οι δυναμικές γραμμές να τέμνουν έναν ακίνητο αγωγό (στάτορα), πράγμα που αποτελεί και την αρχή λειτουργίας του εναλλακτήρα. (Σχ.2.9)

Ένας άλλος τρόπος είναι, οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου να μπορούν να ανοίγουν και να κλείνουν γύρω από ένα πηνίο (πρωτεύον) έτσι ώστε να επάγεται μια τάση σε ένα δεύτερο πηνίο (δευτερεύον) (Σχ. 2.10) Το γεγονός αυτό ονομάζεται *αμοιβαία επαγωγή* και το πηνίο έναυσης λειτουργεί επάνω σε αυτή την αρχή.



**Σχήμα 2.9:** Αρχή Λειτουργίας Εναλλακτήρα  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]





**Σχήμα 2.10:** Αμοιβαία Επαγωγή – Αρχή λειτουργίας του πηνίου έναυσης  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ – ΔΙΟΔΟΙ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ**

### ▪ 3.1 ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Τα περισσότερα ηλεκτρονικά εξαρτήματα κατασκευάζονται από ειδικούς κρυστάλλους που ονομάζονται *ημιαγωγοί*. Τα τρία είδη διατάξεων που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι: *οι δίοδοι, τα τρανζίστορ και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα*. Ο όρος *ημιαγωγός* χρησιμοποιείται για να περιγραφεί κάθε υλικό με ιδιότητες που βρίσκονται μεταξύ των ιδιοτήτων των μονωτών και των ιδιοτήτων των αγωγών.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά ημιαγωγία υλικά. Αυτά που είναι περισσότερο συνηθισμένα είναι το *πυρίτιο (Si)* και το *γερμάνιο (Ge)*. Από αυτά τα δύο, το πυρίτιο χρησιμοποιείται πολύ περισσότερο, αφού αυτό είναι φθηνότερο από το γερμάνιο και υπάρχει σε αφθονία στη φύση, αφού αποτελεί το βασικό συστατικό της άμμου. Οι καθαροί ημιαγωγοί ταξινομούνται σύμφωνα με την ατομική δομή τους και είναι όλοι στερεά σώματα τα οποία έχουν τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα. (Στοιβάδα σθένους.)

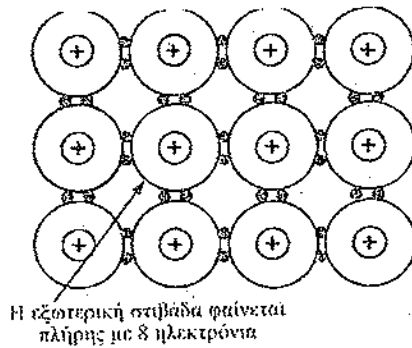
Όταν τα άτομα των ημιαγωγών συνδέονται για να σχηματίσουν ένα στερεό σώμα, διατάσσονται μόνα τους σε μια συστηματική διάταξη που ονομάζεται *κρυσταλλική δομή ή πλέγμα*. Αν εξετάσουμε έναν καθαρό κρύσταλλο πυριτίου, βρίσκουμε ότι τα τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική κάθε ατόμου έχουν την τάση να είναι κοινά σε διαφορετικά άτομα. Αυτός ο διαμοιρασμός ηλεκτρονίων ονομάζεται *ομοιοπολικός δεσμός* και με αυτό τον τρόπο το κάθε άτομο φαίνεται σαν έχει πλήρως συμπληρωμένη την εξωτερική του στοιβάδα με οκτώ ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια αυτά τείνουν λιγότερο να απομακρυνθούν από τις κανονικές τροχιές τους με αποτέλεσμα, οι καθαροί ημιαγωγοί σε θερμοκρασία δωματίου να μην είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού (Σχ. 3.1).

#### ➤ ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ ΤΥΠΟΥ N

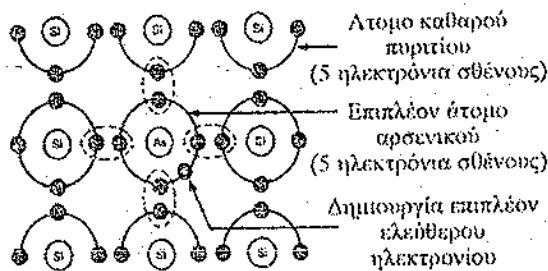
Προκειμένου να κάνουμε καλύτερο αγωγό έναν κρύσταλλο από καθαρό ημιαγωγό, προσθέτουμε σε αυτόν μια μικρή ποσότητα από κάποιο άλλο υλικό. Η διαδικασία αυτή, της πρόσθεσης δηλαδή ξένων ουσιών στον κρύσταλλο ονομάζεται *πρόσμειξη*. Επίσης πρόσμειξη ονομάζεται και η ουσία η οποία προστίθεται.

Αν χρησιμοποιήσουμε πρόσμειξη που έχει πέντε ηλεκτρόνια σθένους, δημιουργείται ημιαγωγός τύπου N. Για παράδειγμα σε καθαρό πυρίτιο προστίθεται ένα άτομο αρσενικού (As) με πέντε ηλεκτρόνια σθένους. (Σχ. 3.2)

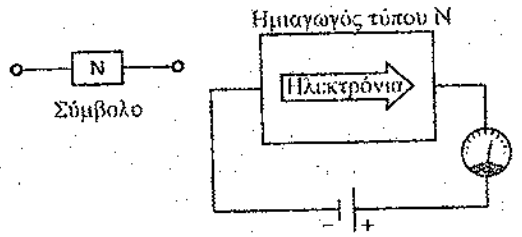
Τα τέσσερα από τα ηλεκτρόνια σθένους του ατόμου του αρσενικού συνδέονται με ομοιοπολικούς δεσμούς με τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων του πυριτίου. Επειδή τώρα η εξωτερική στοιβάδα του πυριτίου είναι πλήρης, το επιπλέον άτομο από το άτομο του αρσενικού είναι ελεύθερο να μετακινείται μέσα στον κρύσταλλο. Αυτό το ηλεκτρόνιο ονομάζεται *ελεύθερο ηλεκτρόνιο* και μπορεί εύκολα να δοθεί στον κρύσταλλο. Η επιπλέον πρόσμειξη αρσενικού δημιουργεί πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία είναι υπεύθυνα για την αγωγή του ηλεκτρισμού μέσα στον κρύσταλλο. Όταν λοιπόν σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα τοποθετηθεί κρύσταλλός τύπου N, θα άγει τον ηλεκτρισμό με αυτά τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, όπως σχεδόν ο μεταλλικός αγωγός (Σχ. 3.3) και όσο περισσότερα άτομα πρόσμειξης προσθέτουμε, τόσο καλύτερα θα άγει ο κρύσταλλος.



**Σχήμα 3.1:** Δομή του πλέγματος σε άτομα καθαρού πυριτίου  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



**Σχήμα 3.2:** Σχηματισμός ημιαγωγού τύπου N  
[ ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



Σχήμα 3.3: Αγωγή μέσα από κρύσταλλο τύπου N  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

### ➤ ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ ΤΥΠΟΥ P

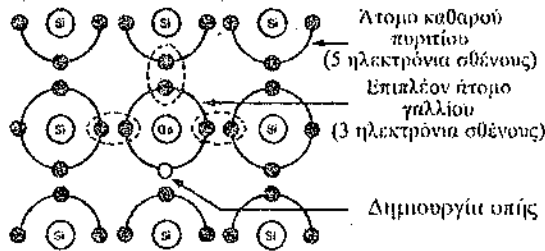
Δημιουργούμε κρύσταλλο τύπου P αν σε υλικό καθαρού ημιαγωγού προσθέσουμε άτομα προσμείξεων τα οποία περιέχουν τρία ηλεκτρόνια σθένους. Για παράδειγμα, προσθέτουμε σε καθαρό πυρίτιο ένα άτομο γαλλίου (Ga) με τρία ηλεκτρόνια σθένους. Αυτή τη φορά τα τρία ηλεκτρόνια σθένους του γαλλίου συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό με τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων πυριτίου. Όμως τώρα τα άτομα του πυριτίου δεν έχουν πλήρως συμπληρωμένη την εξωτερική τους στοιβάδα, αφού τους λείπει ένα για να γίνουν οκτώ. Σαν αποτέλεσμα λοιπόν στη στοιβάδα σθένους του ατόμου του γαλλίου υπάρχει ένας κενός χώρος ή οπή και η στοιβάδα αυτή μπορεί εύκολα να δεχτεί ένα ηλεκτρόνιο. (Σχ. 3.4).

Τα άτομα προσμείξεων που χρησιμοποιούνται για να σχηματίζουν κρύσταλλο τύπου P λέμε ότι είναι *τρισθενή*, πράγμα που αναφέρεται στα τρία ηλεκτρόνια του σθένους και ονομάζονται *προσμείξεις δέκτη*. Η επιπλέον πρόσμειξη δημιουργεί πολλές από αυτές τις οπές, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αγωγή του ηλεκτρισμού μέσα από το υλικό (Σχ.3.5).

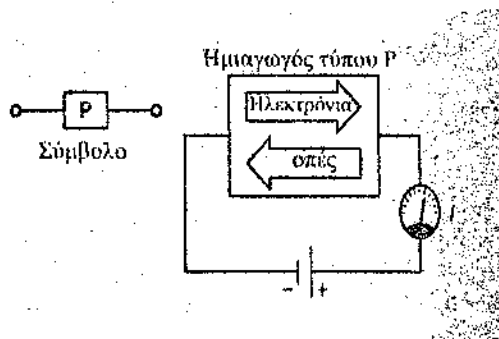
Πρέπει να τονιστεί ότι στο σχηματισμό των ημιαγωγικών κρυστάλλων και τύπου P αλλά και τύπου N, ο συνολικός αριθμός ηλεκτρονίων είναι ίσος με το συνολικό

αριθμό των πρωτονίων, και έτσι ο κρύσταλλός ούτε χάνει αλλά ούτε κερδίζει ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα να παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερος.

Και οι ημιαγωγοί τύπου P, αλλά και οι ημιαγωγοί τύπου N άγουν τον ηλεκτρισμό, όμως η αντίστασή τους καθορίζεται από την αναλογία των οπών ή των ελεύθερων ηλεκτρονίων που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία πρόσμειξης. Έτσι συμπεραίνουμε ότι και τα δύο είδη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αντιστάσεις και θα άγουν την ίδια ποσότητα ηλεκτρισμού και προς τις δύο κατευθύνσεις.



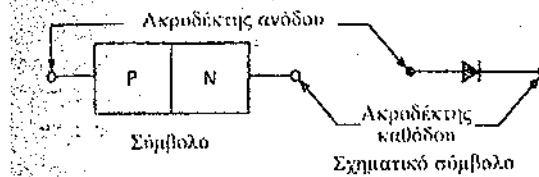
Σχήμα 3.4: Σχηματισμός ημιαγωγού τύπου P  
[ ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ]



Σχήμα 3.5: Αγωγή μέσα από κρύσταλλο τύπου P  
[ ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ]

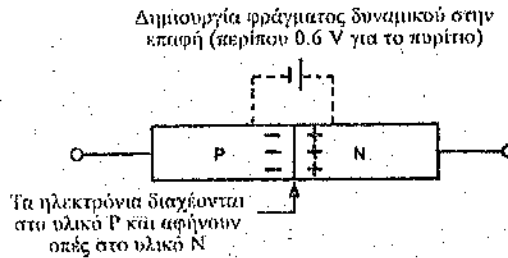
### ▪ 3.2 Η ΔΙΟΔΟΣ

Αν ημιαγωγοί τύπου P και N τοποθετηθούν μαζί σαν ζευγάρι, σχηματίζουν αυτό που ονομάζεται *επαφή PN* ή *δίοδος* (Σχήμα 3.6). Τα ηλεκτρόνια κινούνται μέσα στη δίοδο μόνο προς μια κατεύθυνση.



Σχήμα 3.6: Επαφή PN ή δίοδος  
(ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ)

Στο σημείο επαφής των δύο υλικών, ηλεκτρόνια από το υλικό N (κυρίως από άτομα προσμίξεων) έλκονται μέσα από το όριο και γεμίζουν οπές κοντά στο όριο. Η διαδικασία αυτή *διάχυση*. Τα άτομα στο υλικό P που δέχονται ηλεκτρόνια γίνονται *αρνητικά ιόντα* και τα άτομα στο υλικό N που χάνουν ηλεκτρόνια γίνονται *θετικά ιόντα*. Η διαδικασία αυτή δε συνεχίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα επειδή στη συνέχεια τα αρνητικά ιόντα του υλικού P απωθούν τα επιπλέον ηλεκτρόνια. Μεταξύ των δύο πλευρών του ορίου υπάρχει τώρα μια μικρή τάση, η οποία μπορεί να παρασταθεί με ένα μικρό ηλεκτρικό στοιχείο που σχεδιάζεται με διακεκομμένη γραμμή κατά μήκος της επαφής (Σχήμα 3.7). Η δημιουργία αυτής της τάσης τείνει να μην επιτρέπει και άλλη διάχυση ηλεκτρονίων επειδή λειτουργεί σαν τείχος φορτίων το οποίο δεν αφήνει άλλη κίνηση. αυτή η εσωτερική τάση ονομάζεται *φράγμα δυναμικού* και η περιοχή στην οποία δημιουργείται ονομάζεται *περιοχή εκκένωσης*. Το δυναμικό φράγματος εξαρτάται από την ποσότητα των προσμίξεων και είναι περίπου 0,6 V για δίοδους από πυρίτιο και 0,2 V για δίοδους από γερμάνιο.

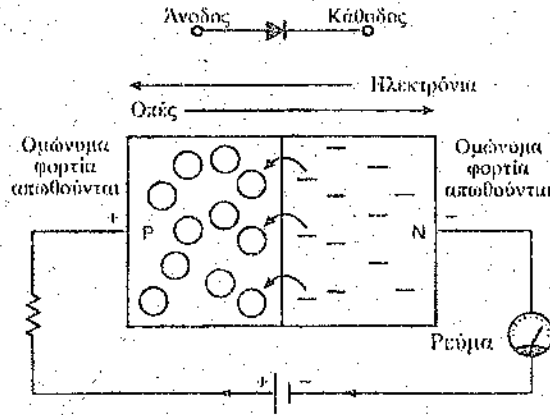


Σχήμα 3.7: Φράγμα δυναμικού στην επαφή PN  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Η σημαντικότερη ιδιότητα σε μια δίοδο είναι ότι άγει τον ηλεκτρισμό προς μια κατεύθυνση ενώ δεν επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος προς την αντίθετη κατεύθυνση. Μια δίοδος μπορεί να έχει ορθή ή ανάστροφη πόλωση, ανάλογα με την πολικότητα της τάσης DC (Συνεχούς Ρεύματος) που εφαρμόζεται στα άκρα της. Κανονικά μια δίοδος με ορθή πόλωση άγει το ρεύμα, ενώ μια δίοδος με ανάστροφη πόλωση δεν άγει το ρεύμα.

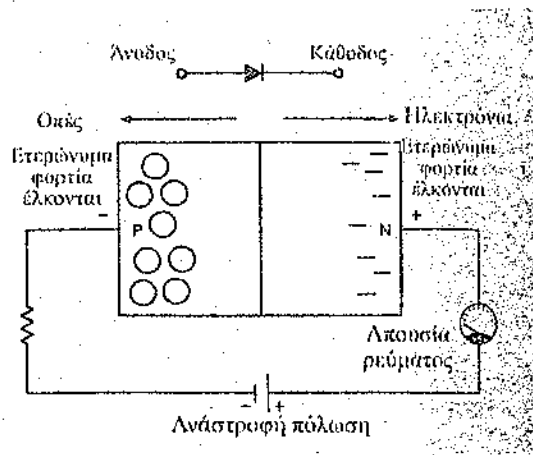
Όταν εφαρμόζεται μια τάση DC έτσι ώστε ο κρύσταλλος τύπου P να είναι συνδεδεμένος στο θετικό άκρο της πηγής τάσης και ο κρύσταλλος τύπου N να είναι συνδεδεμένος στο αρνητικό άκρο της πηγής τάσης, θεωρούμε ότι η δίοδος έχει **ορθή πόλωση** (Σχήμα 3.8). Το φορτίο από την πηγή τάσης DC απωθεί τις οπές και τα ηλεκτρόνια προς την επαφή. Όταν υπάρχει αρκετή τάση (0,6 V για δίοδο πυριτίου), τα ηλεκτρόνια κινούνται από τον αρνητικό ακροδέκτη της μπαταρίας μέσα από την περιοχή της επαφής προς το θετικό ακροδέκτη της μπαταρίας και δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα. Ακόμη, οι θετικές οπές, ουσιαστικά κινούνται μέσα από το υλικό τύπου P και μέσα από την περιοχή της επαφής. Το γεγονός αυτό αφήνει τα άτομα που βρίσκονται και στις δύο πλευρές της επαφής σαν ουδέτερα άτομα και τότε η αντίσταση της επαφής είναι πολύ μικρή. Σαν αποτέλεσμα, η δίοδος τότε άγει το ρεύμα των ηλεκτρονίων.





**Σχήμα 3.8:** Δίοδος με ορθή πόλωση  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

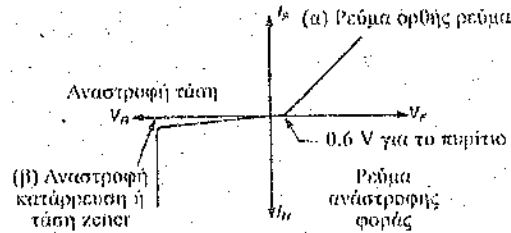
Όταν αναστραφεί η τάση DC, έτσι ώστε ο αρνητικός ακροδέκτης της πηγής τάσης να συνδέεται με τον κρύσταλλο τύπου P και ο αρνητικός ακροδέκτης της πηγής τάσης να συνδέεται με τον κρύσταλλο τύπου N, λέμε ότι η δίοδος έχει *ανάστροφη πόλωση* (Σχ.3.9). Το θετικό δυναμικό της μπαταρίας απομακρύνει τα ηλεκτρόνια από την περιοχή επαφής στο υλικό τύπου N, και το αρνητικό δυναμικό της μπαταρίας απομακρύνει τις οπές από την περιοχή επαφής στο υλικό τύπου P. Η περιοχή επαφής είναι κενή από φορείς ρεύματος (ηλεκτρόνια και οπές) και έτσι δεν υπάρχει ρεύμα. Στην ουσία, στην επαφή δημιουργείται μια ηλεκτρική αντίσταση με πολύ μεγάλη τιμή η οποία εμποδίζει τη διέλευση ρεύματος.



**Σχήμα 3.9:** Δίοδος με ανάστροφη πόλωση  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Μπορούμε να περιγράψουμε τη λειτουργία της διόδου βλέποντας τη χαρακτηριστική της καμπύλη. Καθώς η ορθή τάση αυξάνει από το μηδέν και πριν η δίοδος αρχίσει να άγει, πρέπει πρώτα να ξεπεραστεί η τάση του φράγματος δυναμικού. Όταν αρχίσει η αγωγή, υπάρχει μια σχεδόν γραμμική σχέση μεταξύ τάσης

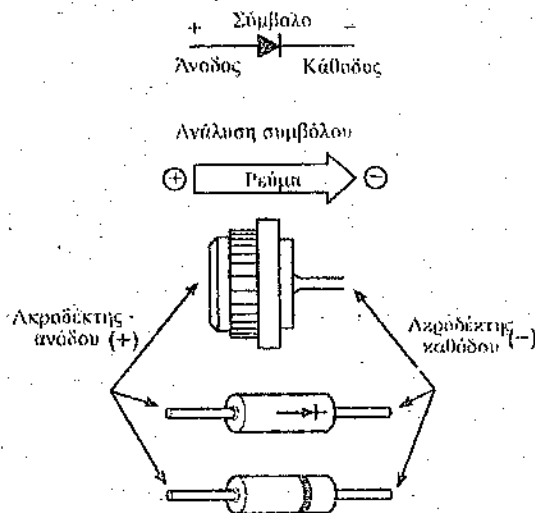
και ρεύματος (Σχ.3.10). Όταν εφαρμόζουμε τάση κατά την ανάστροφη φορά, πρέπει να αυξηθεί η τάση σε πολύ μεγαλύτερη τιμή πριν καταρρεύσει ο κρύσταλλος και αρχίσει να άγει. Αυτή η τιμή ανάστροφης τάσης ονομάζεται, **ανάστροφη τάση κατάρρευσης της διόδου ή τάση zener**.



**Σχήμα 3.10:** Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Κατά βάση η διόδος λειτουργεί σαν ένας διακόπτης με πολικότητα. Όταν έχει ορθή πόλωση, εμφανίζει σχετικά μικρή τιμή αντίστασης και λειτουργεί σαν κλειστός διακόπτης. Όταν έχει ανάστροφη πόλωση εμφανίζει μεγάλη τιμή αντίστασης και λειτουργεί σαν ανοικτός διακόπτης. (Σχ. 3.11).

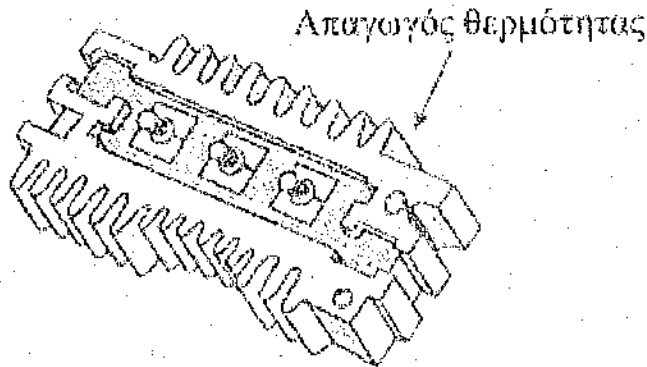
Υπάρχουν διόδοι σε πολλά σχήματα και μεγέθη περιβλήματος. Για να γίνεται η κατάλληλη σύνδεση στα κυκλώματα οι ακροδέκτες ανόδου και καθόδου πρέπει να αναγνωρίζονται σωστά. Μερικές διόδοι έχουν τυπωμένο στο περίβλημα τους το σύμβολο της διόδου. Οι διόδοι με σχήμα κυλίνδρου έχουν μια σκούρα ταινία για αναγνώριση των ακροδεκτών. Ο ακροδέκτης που είναι πλησιέστερα στην ταινία είναι κάθοδος, ενώ ο άλλος είναι η άνοδος. (Σχ. 3.12)



**Σχήμα 3.12:** Αναγνώριση των ακροδεκτών ανόδου και καθόδου σε διόδο  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Οι δίοδοι αποτιμούνται στο μέγιστο ρεύμα το οποίο μπορούν να άγουν με ασφάλεια κατά την ορθή φορά. Αν ξεπεραστεί αυτή η τιμή ρεύματος, η δίοδος θα υπερθερμανθεί και μπορεί να πάθει μόνιμη βλάβη. Γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το φυσικό μέγεθος της δίοδου, τόσο περισσότερο ρεύμα μπορεί να άγει. Οι δίοδοι μεγάλης ισχύος είναι σχεδιασμένες για να μεταφέρουν περισσότερο ρεύμα και κατά συνέπεια πρέπει να αποβάλλουν περισσότερη θερμότητα. Οι δίοδοι ισχύος, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στον εναλλακτήρα είναι τοποθετημένες μέσα σε απαγωγούς θερμότητας (Σχ. 3.13) οι οποίοι βοηθούν στην απαγωγή της θερμότητας που δημιουργείται και βοηθούν στο να αυξηθεί η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος.

Οι δίοδοι αποτιμούνται επίσης και με τη μέγιστη ανάστροφη τάση τους. Αυτή είναι η μέγιστη τάση στην οποία μπορούν να αντέξουν όταν λειτουργούν σε ανάστροφη πόλωση ή φραγή. Τυχόν εξάρσεις μεγάλης τάσης οι οποίες ξεπερνούν τη μέγιστη ανάστροφη τάση μπορεί να προκαλέσουν καταστροφή των δίοδων.



**Σχήμα 3.13:** Δίοδοι μέσα σε απαγωγό θερμότητας  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ – ΤΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡΣ**

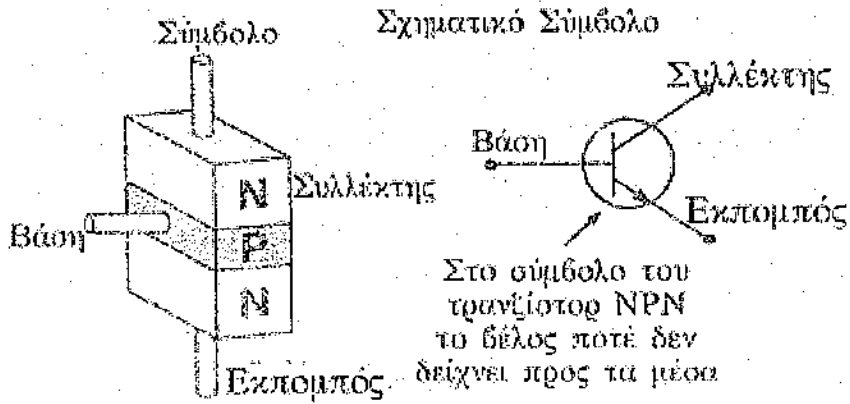
## ▪ 4.1 ΔΙΠΟΛΙΚΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡΣ

Τα τρανζίστορ, όπως και οι δίοδοι κατασκευάζονται με ημιαγωγικό υλικό τύπου N και τύπου P. Έχουν τρεις ακροδέκτες, σε αντίθεση με τους δύο ακροδέκτες στην δίοδο. Το τρανζίστορ, βασικά αποτελεί μια συσκευή ελέγχου του ρεύματος. Ένα πολύ μικρό ρεύμα ή μια μικρή τάση που εφαρμόζεται σε έναν ακροδέκτη μπορεί να ελέγχει ένα πολύ μεγαλύτερο ρεύμα που περνά από τους δύο άλλους ακροδέκτες. Τα τρανζίστορ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν διακόπτες για να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν ρεύμα, σαν μεταβλητές αντιστάσεις για να μεταβάλλουν την ποσότητα του ρεύματος και σαν ενισχυτές για να αυξάνουν την τάση ή το ρεύμα.

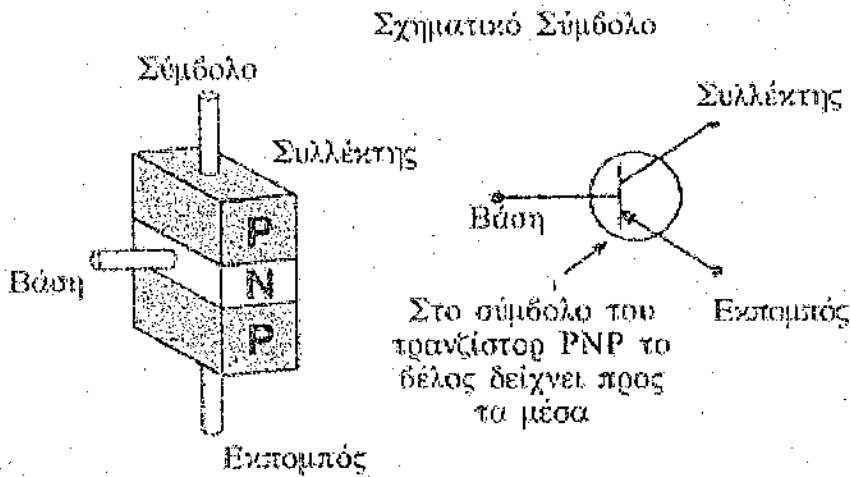
Υπάρχουν δύο κύριες οικογένειες τρανζίστορ: τα *διπολικά τρανζίστορ* και τα *τρανζίστορ φαινομένου πεδίου (field – effect transistor, FET)*. Στα διπολικά τρανζίστορ, το ρεύμα εξόδου ελέγχεται από ένα μικρό ρεύμα εισόδου. Το FET, πρακτικά δε χρησιμοποιεί ρεύμα εισόδου. Το ρεύμα εξόδου σε αυτού του είδους το τρανζίστορ, ελέγχεται αποκλειστικά από μια μικρή τάση εισόδου.

Η επίδραση των τρανζίστορ στα ηλεκτρονικά υπήρξε τεράστια. Το τρανζίστορ είναι το βασικό εξάρτημα που είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία των πολυπλοκότερων ηλεκτρονικών συστημάτων στα αυτοκίνητα. Ακόμη, το τρανζίστορ έχει οδηγήσει σε κάθε είδος σχετικών εφευρέσεων όπως τα *ολοκληρωμένα κυκλώματα* και οι *μικροεπεξεργαστές*.

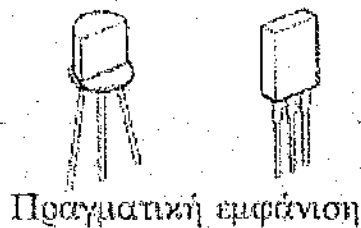
Βασικά το διπολικό τρανζίστορ αποτελείται από ένα κρύσταλλο που περιέχει τρεις ξεχωριστές περιοχές. Ένας ημιαγωγός μπορεί να δεχτεί πρόσμειξη (δηλαδή εσκεμμένη πρόσθεση ατόμων προσμειξεων με σκοπό τη μεταβολή της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας) έτσι ώστε να σχηματιστεί τρανζίστορ NPN ή PNP (Σχ. 4.1) Το μέσο των τριών περιοχών στο τρανζίστορ είναι γνωστό ως *βάση*. Οι δύο έξω περιοχές είναι γνωστές σαν *εκπομπός και συλλέκτης*. Η περιοχή βάσης είναι πολύ λεπτότερη και έχει λιγότερα άτομα προσμειξεων από τον εκπομπό και τον συλλέκτη. Χρησιμοποιείται για να ελέγχει το ρεύμα που διέρχεται μέσα από το τρανζίστορ. Τα σχηματικά σύμβολα για τα δύο τρανζίστορ είναι ίδια εκτός από τη φορά του βέλους στον ακροδέκτη πομπού. Η κατεύθυνση προς την οποία δείχνει αυτό το βέλος ξεχωρίζει τα δύο είδη τρανζίστορ. Σε ένα τρανζίστορ NPN το βέλος δείχνει μακριά από τη βάση. Στο τρανζίστορ PNP το βέλος δείχνει πάντοτε προς τη βάση. Το βέλος στον εκπομπό δείχνει πάντοτε τη συμβατική φορά ρεύματος από τα θετικά προς τα αρνητικά.



(α) Τρανζίστορ NPN

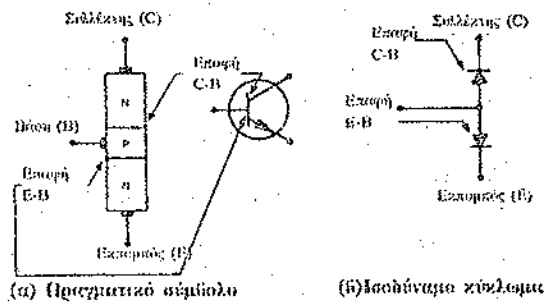


(β) Τρανζίστορ PNP



Σχήμα 4.1: Είδη διπολικών τρανζίστορ  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

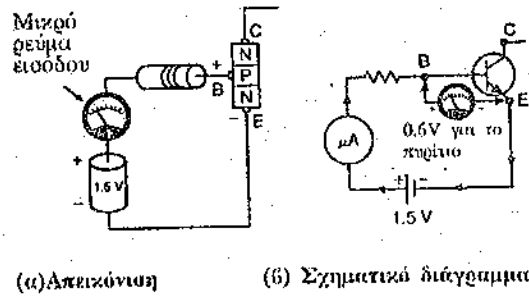
Το διπολικό τρανζίστορ έχει δύο επαφές όμοιες με την επαφή στη δίοδο. Η μια ονομάζεται *επαφή εκπομπού – βάσης* και η άλλη *επαφή συλλέκτη – βάσης*. Στο ισοδύναμο κύκλωμα του τρανζίστορ (Σχ. 4.2) αυτές οι επαφές σχεδιάζονται σαν δύο ξεχωριστές δίοδοι. Το τρανζίστορ PNP είναι το συμπλήρωμα του τρανζίστορ NPN. Αυτό σημαίνει ότι τα δύο τρανζίστορ είναι όμοια από ηλεκτρικής πλευράς εκτός από το ότι έχουν αντίθετα ρεύματα και τάσεις.



**Σχήμα 4.2:** Ισοδύναμο κύκλωμα διπολικού τρανζίστορ NPN  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 4.2 ΠΟΛΩΣΗ

Για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του τρανζίστορ, οι δύο επαφές πρέπει να έχουν τη σωστή πόλωση. Η επαφή εκπομπού – βάσης πάντοτε συνδέεται με *ορθή πόλωση* αφού έχουμε επιλέξει τιμές τάσης και αντίστασης έτσι ώστε να δημιουργείται μικρό ρεύμα (Σχ.4.3). Η πραγματική αγωγή μέσα από την επαφή αυτή γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στη δίοδο με ορθή πόλωση. Όπως αναφέραμε παραπάνω, τα τρανζίστορ είναι συσκευές οι οποίες ελέγχουν το ρεύμα και αυτό το μικρό ρεύμα εισόδου στη βάση είναι εκείνο που χρησιμοποιείται για να ελέγχει ένα πολύ μεγαλύτερο ρεύμα εξόδου στο συλλέκτη.



Σχήμα 4.3: Επαφή εκπομπού – βάσης, τρανζίστορ με ορθή πόλωση  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

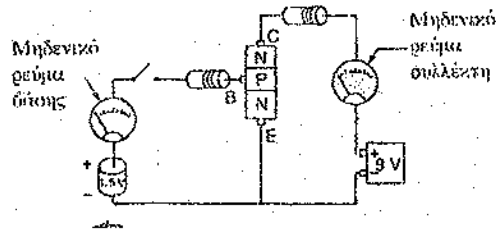
Για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του τρανζίστορ, η επαφή συλλέκτη – βάσης πρέπει πάντοτε να συνδέεται με *ανάστροφη πόλωση*. Δηλαδή τα τρανζίστορ NPN έχουν τον ακροδέκτη βάσης συνδεδεμένο με τη θετική πλευρά του κυκλώματος, ενώ τα τρανζίστορ PNP έχουν τον ακροδέκτη βάσης συνδεδεμένο με την αρνητική πλευρά του κυκλώματος.

### ▪ 4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

Το κλειδί για τη λειτουργία του διπολικού τρανζίστορ είναι η σωστή πόλωση των επαφών εκπομπού και συλλέκτη καθώς και το πάχος και η μικρή ποσότητα προσμείξεων της περιοχής βάσης. Όταν και οι δύο επαφές έχουν κατάλληλη πόλωση και έχουν συνδεθεί σε ένα κύκλωμα, το τρανζίστορ είναι έτοιμο να λειτουργήσει. Για την ορθή πόλωση της επαφής εκπομπού – βάσης και την ανάστροφη πόλωση της επαφής συλλέκτη – βάσης χρησιμοποιούνται δύο πηγές τάσεις.

Ο εκπομπός έχει πολύ μεγάλη ποσότητα προσμείξεων και λειτουργεί σαν η κύρια πηγή για το ρεύμα των ηλεκτρονίων. Η βάση έχει πολύ μικρή ποσότητα προσμείξεων και λειτουργεί για να ελέγχει το ρεύμα. Σε ένα τρανζίστορ NPN, ο συλλέκτης έχει μέτρια ποσότητα προσμείξεων και δέχεται τα περισσότερα ηλεκτρόνια από τον εκπομπό (Σχ. 4.4)



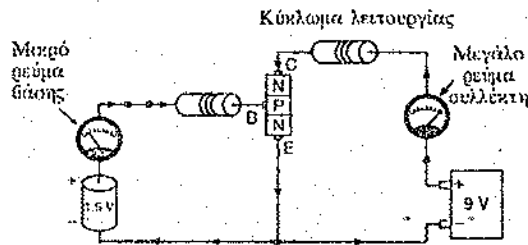


Σχήμα 4.4: Τρανζίστορ NPN σε πλήρες κύκλωμα  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Το ρεύμα στον ακροδέκτη βάσης ονομάζεται **ρεύμα βάσης** και το ρεύμα στον ακροδέκτη συλλέκτη ονομάζεται **ρεύμα συλλέκτη**. Η τιμή του ρεύματος βάσης ( $I_b$ ) καθορίζει την τιμή του ρεύματος συλλέκτη ( $I_c$ ). Μικρή αύξηση του  $I_b$  έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση του  $I_c$  και με αυτόν τον τρόπο το ρεύμα βάσης ελέγχει το ρεύμα συλλέκτη.

Αν σε ένα τρανζίστορ υπάρχει ρεύμα βάσης, τότε θα υπάρχει και ρεύμα συλλέκτη. Μια επαφή εκπομπού – βάσης με ορθή πόλωση αφήνει τα ηλεκτρόνια να περνούν από το φράγμα εκπομπού – βάσης. Επειδή η βάση είναι πολύ λεπτή και έχει λιγότερα άτομα προσμείξεων, το ρεύμα βάσης είναι πολύ μικρό. Το περισσότερο ρεύμα έλκεται προς τη θετική πολικότητα του συλλέκτη. Κατά συνέπεια το μικρό ρεύμα της βάσης μπορεί και ελέγχει το μεγαλύτερο ρεύμα συλλέκτη (Σχ. 4.5).

Επειδή όμως η περιοχή βάσης είναι λεπτή, ένα υπερβολικό ρεύμα βάσης μπορεί να καταστρέψει το τρανζίστορ. Οι τάσεις βάσης διατηρούνται μικρές και συνήθως τα ρεύματα ποικίλλουν από μερικά  $\mu\text{A}$  μέχρι αρκετά  $\text{mA}$ . Από την άλλη πλευρά, η τάση τροφοδοσίας συλλέκτη πρέπει να έχει μεγαλύτερη τιμή για να προσελκύει τους φορείς ρεύματος που εγχύονται στην περιοχή βάσης. Τα ρεύματα συλλέκτη ποικίλλουν από  $\text{mA}$  μέχρι  $\text{A}$ .

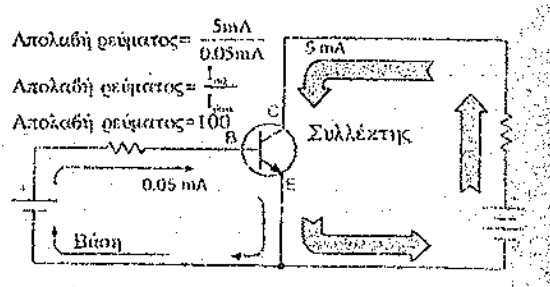


Σχήμα 4.5: Λειτουργία διπολικού τρανζίστορ  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

#### ▪ 4.4 ΑΠΟΛΑΒΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η απολαβή ρεύματος σε κύκλωμα με διπολικό τρανζίστορ, αποτελεί μέτρο του πόσο καλά το κύκλωμα μπορεί να ενισχύσει μικρές μεταβολές του ρεύματος βάσης. Η απολαβή ρεύματος, η οποία είναι γνωστή και σαν **βήτα** ( $\beta$ ) του τρανζίστορ, είναι ο λόγος του ρεύματος συλλέκτη προς το ρεύμα βάσης (Σχ. 4.6).

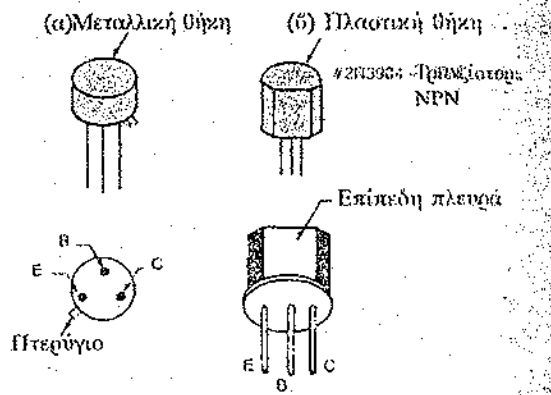
$$\text{Απολαβή ρεύματος} = I_{\text{συλλέκτη}} / I_{\text{βάσης}}$$



**Σχήμα 4.6:** Απολαβή ρεύματος με διπολικό τρανζίστορ  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

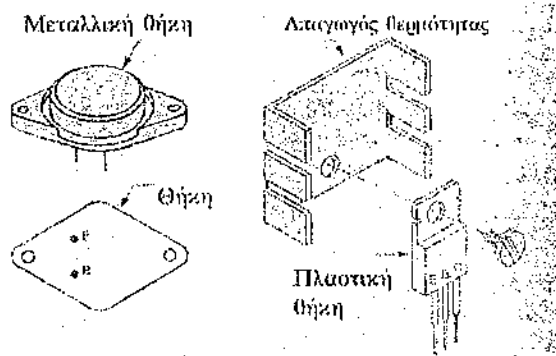
## ▪ 4.5 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ

Το τρανζίστορ για να προστατευθεί και για να έχει ένα τρόπο σύνδεσης των ακροδεκτών, είναι τοποθετημένο μέσα σε θήκη ή συσκευασία. Τα τρανζίστορ για μικρά σήματα είναι συνήθως τοποθετημένα μέσα σε μεταλλική, εποξική ή πλαστική θήκη (Σχ. 4.7).



Σχήμα 4.7: Συσκευασία τρανζίστορ για μικρά σήματα  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Τα τρανζίστορ για μεγάλα σήματα είναι σχεδιασμένα κατάλληλα, ώστε να μπορούν να δεχτούν μεγάλα ρεύματα και κατά συνέπεια να αποβάλλουν περισσότερη θερμότητα. Για να επιτευχθεί αυτό, το ημιαγωγικό υλικό και η θήκη κατασκευάζονται πολύ μεγαλύτερα (Σχ. 4.8). Σε αυτό το είδος τρανζίστορ, η σύνδεση του συλλέκτη είναι συχνά η θήκη. Για να αποβάλλεται η θερμότητα από τα τρανζίστορ ισχύος χρησιμοποιείται γράσο σιλικόνης και ροδέλες. Συχνά τα τρανζίστορ τοποθετούνται πάνω σε απαγωγούς θερμότητας (ψυγεία), οι οποίοι βοηθούν στην απαγωγή της θερμότητας.



**Σχήμα 4.8:** Συσκευασία τρανζίστορ μεγάλης ισχύος  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Ένα σημαντικό πράγμα που πρέπει να γνωρίζουμε για τα διπολικά τρανζίστορ είναι ότι μπορούν να πάθουν ζημιά από θερμότητα, από μεγάλη τάση και από ανάστροφες τάσεις.

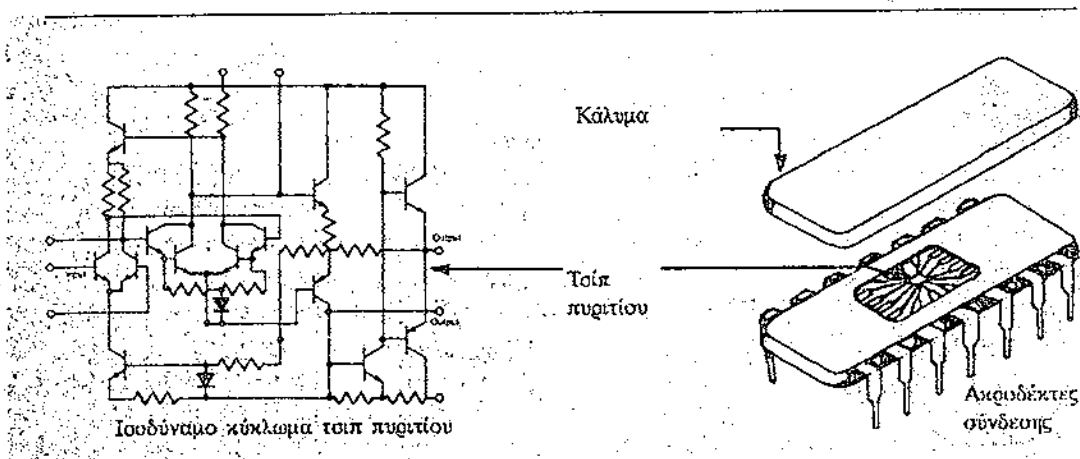
Τα μέτρα που μπορούμε να λαμβάνουμε προκειμένου να προστατεύουμε τα διπολικά τρανζίστορ είναι να αποφεύγουμε τις παροδικές τάσεις, να χρησιμοποιούμε θερμικό γράσο όπου χρειάζεται για να απάγουμε τη θερμότητα και να βεβαιωνόμαστε ότι εφαρμόζονται μόνο οι κατάλληλες τάσεις.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ – ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΙΣ**

## ▪ 5.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC) είναι σήμερα ίσως τα σημαντικότερα εξαρτήματα στα ηλεκτρονικά. Το IC είναι ένα πλήρες ηλεκτρονικό κύκλωμα μέσα σε ένα τσιπ από πυρίτιο. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα, που συχνά δεν είναι μεγαλύτερο από ένα τρανζίστορ, μπορεί να περιέχει από μερικά μέχρι εκατοντάδες χιλιάδες τρανζίστορ, διόδους, αντιστάσεις και πυκνωτές μαζί με ηλεκτρικούς αγωγούς που κατασκευάζονται και περιέχονται πλήρως μέσα σε ένα τσιπ από πυρίτιο (Σχ. 7.1)

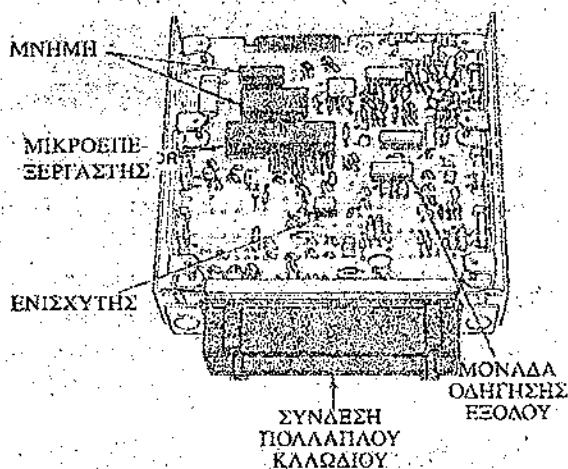
Τα IC διαίρονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη βασική συσκευή που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του κυκλώματος. Τα *διπολικά (TTL)* χρησιμοποιούν τα διπολικά τρανζίστορ (NPN, PNP) σαν κύρια στοιχεία του κυκλώματος. Τα *MOS* χρησιμοποιούν τρανζίστορ MOS φαινομένου πεδίου (MOFSET) σαν κύρια στοιχεία του κυκλώματος.



Σχήμα 5.1: Τσιπ IC

[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις λειτουργίες ηλεκτρονικού ελέγχου στο αυτοκίνητο (Σχ. 7.2). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι το μικρό του μέγεθος. Το ηλεκτρικό κύκλωμα μέσα σε ένα τσιπ IC είναι μια μικρογραφία του κυκλώματος που θα μπορούσε να κατασκευαστεί εξ ίσου καλά με διακριτά εξαρτήματα. Τα μικροσκοπικά κυκλώματα επιτρέπουν σε εξαιρετικά πολύπλοκα συστήματα να έχουν φυσικές διαστάσεις.



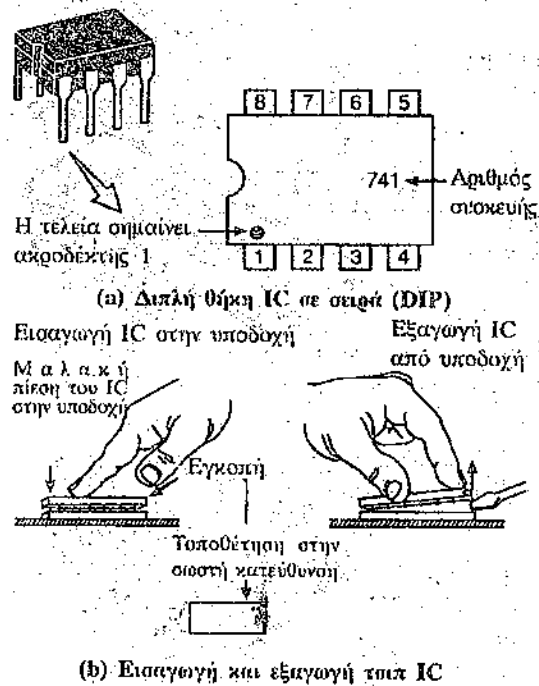
**Σχήμα 5.2:** Εφαρμογές IC στο αυτοκίνητο  
 (ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ)

Ένα άλλο πλεονέκτημα των IC είναι το μικρό κόστος. Το κόστος για την κατασκευή ενός ημιαγωγικού – με τα πολύπλοκα κυκλώματα εκατοντάδων χιλιάδων εξαρτημάτων-, είναι σχεδόν το ίδιο με το κόστος ενός απλού τρανζίστορ.

Ίσως όμως το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, είναι η μεγάλη ταχύτητα και η μεγάλη αξιοπιστία τους. Αυτό σημαίνει ότι τα IC είναι ταχύτερα για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους χωρίς βλάβη. Έχουν πολύ μικρότερη πιθανότητα βλάβης από τα διακριτά εξαρτήματα στο ίδιο σύστημα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν πάρα πολύ λιγότερες συγκολλήσεις και μεταλλικές συνδέσεις. Σε πολλά ημιαγωγικά συστήματα οι διακοπές λειτουργίας οφείλονται σε βλάβες αυτών των συνδέσεων.

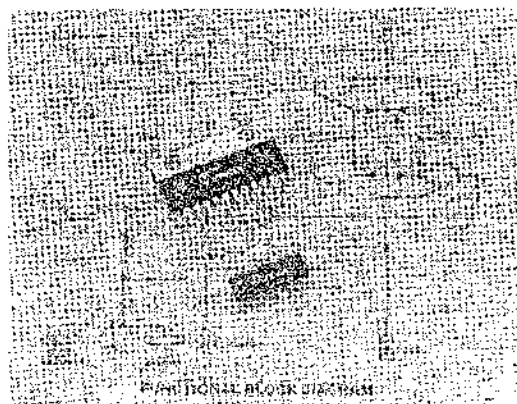
## ▪ 5.2 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ IC

Για λόγους προστασίας τα IC τοποθετούνται σε θήκες. Συνήθως το σχήμα αυτών των θηκών είναι στρογγυλό, τετράγωνο ή ορθογώνιο. Η δημοφιλέστερη συσκευασία για IC είναι σε διπλή θήκη σε σειρά (DIP, dual – in – line package). Στο σχήμα 5.3 φαίνεται ένα DIP. Η θήκη αυτή είναι κατασκευασμένη είτε από πλαστικά, είτε από κεραμικά υλικά. Παρατηρούμε ότι η συσκευασία έχει δύο σειρές ακροδεκτών για τοποθέτηση. Οι ακροδέκτες αυτοί μπορούν είτε να εισαχθούν σε αντίστοιχες υποδοχές ή να συγκολληθούν σε πινακίδα με τυπωμένο κύκλωμα. Συνήθως ο ακροδέκτης 1 σημειώνεται με μια βούλα. Όλοι οι άλλοι ακροδέκτες αριθμούνται στη σειρά με φορά αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.



Σχήμα 5.3: Εισαγωγή και εξαγωγή του IC  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Τα IC για μικρά σήματα είναι σχεδιασμένα για επεξεργασία σημάτων και γενικά έχουν προδιαγραφές για μικρά ρεύματα λειτουργίας - της τάξεως του mA - και για μικρές τάσεις - από 5 μέχρι 20 V - . Τα IC ισχύος είναι σχεδιασμένα για μεγαλύτερες τιμές ισχύος - κατανάλωση πάνω από 2W - και συνήθως τοποθετούνται σε κατάλληλο απαγωγό θερμότητας (Σχ. 5.4).



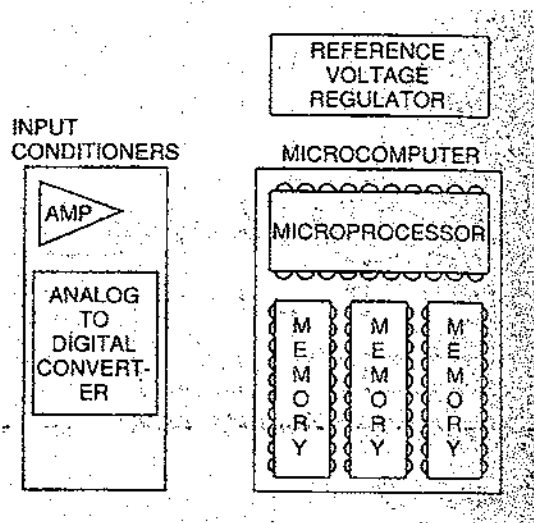
Σχήμα 5.4: IC ισχύος που μπορεί να δώσει 100W υπό φορτίο  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



Τα σύμβολα για τα IC είναι συνήθως ένα τρίγωνο ή ένα τετράγωνο. Επειδή το εσωτερικό κύκλωμα του τσιπ είναι πολύπλοκο, συνήθως δε γίνεται προσπάθεια παράστασης του εσωτερικού σχηματικού διαγράμματος (Σχ. 5.5)

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα MOS είναι εξαιρετικά ευαίσθητα για βλάβη από ηλεκτροστατική εκφόρτιση και μερικές φορές αυτό το γεγονός σημειώνεται με ένα σήμα προειδοποίησης (Σχ. 5.6). Κάποια βασικά πράγματα τα οποία πρέπει να προσέχουμε όταν εργαζόμαστε με κυκλώματα IC είναι:

- Πριν αγγίξουμε ακροδέκτες, το στατικό φορτίο στο σώμα μας πρέπει να εκφορτίζεται με άγγιγμα σε γειωμένη μεταλλική επιφάνεια.
- Πρέπει να χρησιμοποιούμε ειδικά γειωμένα κολλητήρια που υπάρχουν ειδικά για τα IC MOSFET, για να τα προστατεύσουμε από καταστροφή από στατικό ηλεκτρισμό.
- Δεν πρέπει να συνδέουμε ή να αποσυνδέουμε τα IC σε κύκλωμα όταν υπάρχει τροφοδοσία.
- Δεν πρέπει να εφαρμόζουμε τάση απευθείας σε IC εκτός και αν οι οδηγίες του κατασκευαστή το αναφέρουν.
- Τα εξαρτήματα πρέπει να αποθηκεύονται στην αρχική αντιστατική τους συσκευασία.



Σχήμα 5.5: Σύμβολα για διάφορα IC  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



Σχήμα 5.6 Προειδοποιητικό σήμα για συσκευές ευαίσθητες σε στατικό ηλεκτρισμό  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

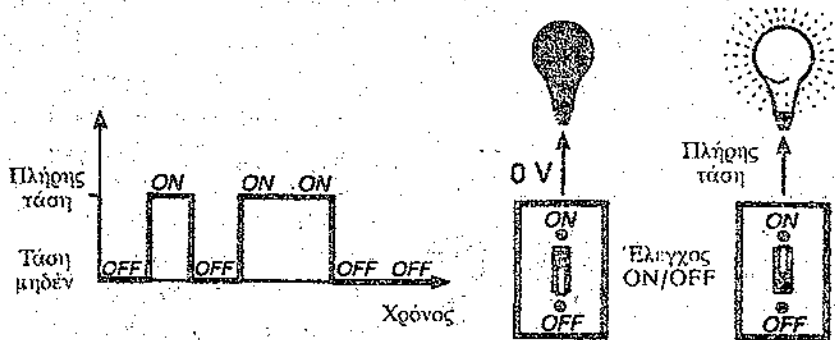
Η αναζήτηση βλαβών σε IC είναι σχετικά απλή. Βασικά το IC είναι ένα σύστημα, μέσα σε ένα άλλο σύστημα. Η αναζήτηση βλαβών προϋποθέτει γνώση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος και ποιες πρέπει να είναι οι εισοδοί και οι εξόδοι. Ένα τμήμα της αναζήτησης βλαβών σε IC αφορά στη δοκιμή όλων των εισόδων για να βεβαιωθούμε ότι είναι σωστές και στη συνέχεια δοκιμή όλων των εξόδων. Αν όλες οι εισοδοί είναι καλές και μερικές εξόδοι είναι κακές, τότε είναι πιθανό το IC να έχει βλάβη. Επειδή τα IC δεν επιδιορθώνονται σε περίπτωση βλάβης πρέπει να αντικαθίστανται.

### ▪ 5.3 ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ IC

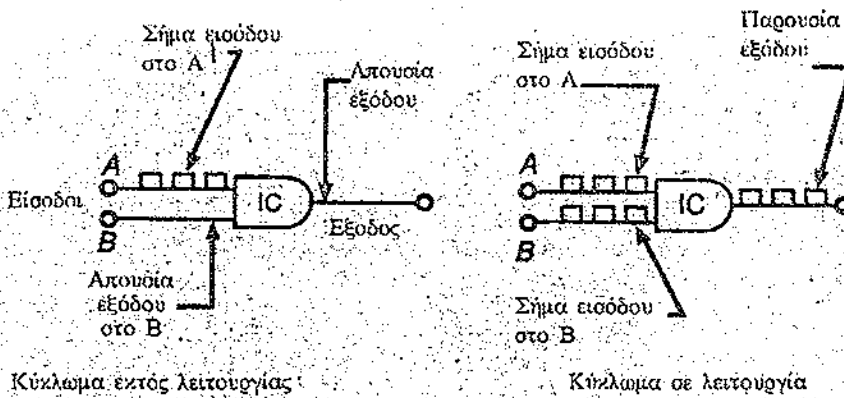
Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ταξινομούνται σύμφωνα με τις εφαρμογές τους σε ψηφιακά IC ή σε αναλογικά ή γραμμικά IC. Το ψηφιακό ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι το κύκλωμα που περιέχει κυκλώματα διακοπών. Τα σήματα εισόδου και εξόδου σε ψηφιακό IC είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να λειτουργούν σε δύο τιμές – μηδέν και μέγιστη- και να θυμίζουν τετραγωνικό κύμα. Συνήθως η τάση μηδέν (0) παριστάνει την κατάσταση OFF (εκτός λειτουργίας) και η μέγιστη τάση την κατάσταση ON (λειτουργία). Τα ψηφιακά IC περιλαμβάνουν πύλες δυαδικής λογικής, μνήμες και επεξεργαστές.

Αναλογικό IC είναι εκείνο το IC το οποίο περιέχει κυκλώματα ενίσχυσης. Η αναλογική και η ψηφιακή επεξεργασία μπορούν να φανούν σε μια απλή σύγκριση

μεταξύ ενός κυκλώματος για εξασθένηση της έντασης του φωτός και ενός κυκλώματος μεταγωγής. Το κύκλωμα εξασθένησης της έντασης του φωτός αφορά μια αναλογική διαδικασία, η οποία μεταβάλλει την ένταση μέσα σε μια περιοχή φωτεινότητας, από πλήρες σκοτάδι μέχρι πλήρες φως. (Σχ. 5.7) Από την άλλη πλευρά, η λειτουργία ενός διακόπτη για φως αφορά σε μια ψηφιακή διαδικασία στο ότι ο διακόπτης μπορεί να λειτουργεί μόνο για να διακόπτει ή να ανοίγει το φως. Τα αναλογικά IC περιλαμβάνουν ενισχυτές, χρονοκυκλώματα, ταλαντωτές και σταθεροποιητές τάσης. Μερικά IC συνδυάζουν αναλογικές και ψηφιακές λειτουργίες σε ένα μόνο τσιπ.



(a) Ψηφιακή κυματομορφή



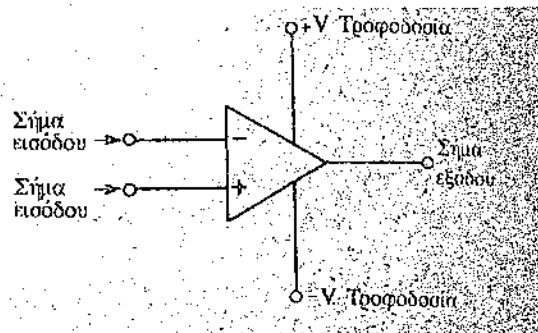
(b) Κύκλωμα μεταγωγής με ψηφιακό IC

Σχήμα 5.7: Ψηφιακό IC  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 5.4 IC ΜΕ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥΣ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

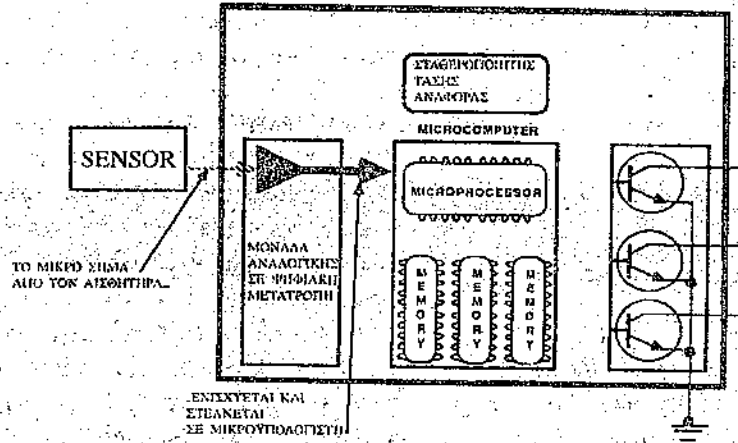
Τα IC με τελεστικούς ενισχυτές ( op- amp) είναι μεταξύ των περισσότερο χρησιμοποιούμενων αναλογικών IC. Παίρνουν τη θέση των ενισχυτών που παλαιότερα χρειαζόνταν πολλά εξαρτήματα. Ο op- amp είναι βασικά ένας ενισχυτής με μεγάλη απολαβή που χρησιμοποιείται για ενίσχυση ασθενών σημάτων AC ή DC.

Το σύμβολο του op- amp είναι ένα τρίγωνο σαν κορυφή βέλους (Σχ.5.8). Το τρίγωνο αυτό συμβολίζει την ενίσχυση και έχει φορά από την είσοδο προς την έξοδο. Οι op- amp έχουν πέντε βασικούς ακροδέκτες: δύο για την τάση τροφοδοσίας, δύο για τα σήματα εισόδου και ένα για το σήμα εξόδου.



Σχήμα 5.8: Σύμβολο και ακροδέκτες σε τελεστικό ενισχυτή  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Ο op- amp είναι βασικά ένας ενισχυτής με πολύ μεγάλη τιμή ενίσχυσης ή απολαβής (500.000 ή και περισσότερο). Οι op- amp χρησιμοποιούνται σαν τμήματα ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου για ενίσχυση πολύ ασθενών σημάτων από αισθητήρες. Στο σχήμα 5.9 φαίνεται μια εφαρμογή. Εδώ το ασθενές σήμα από τον αισθητήρα ενισχύεται πριν μεταδοθεί στον μικροεπεξεργαστή.

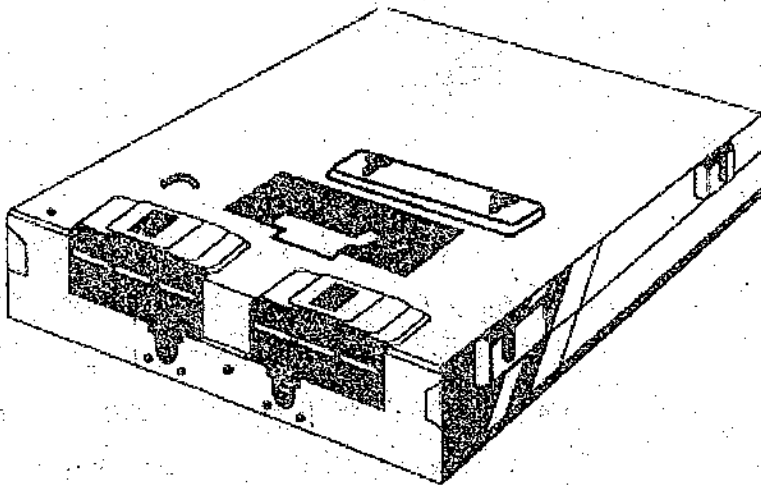


**Σχήμα 5.9:** Τελεστικός ενισχυτής σαν τμήμα ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ – Ο ΜΙΚΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ**

## ▪ 6.1 ΜΙΚΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΣΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Κατά βάση ο μικροϋπολογιστής είναι απλά ένας μικρός υπολογιστής. Μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να ελέγχει σχεδόν κάθε είδος συσκευής. Τα τελευταία χρόνια, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων χρησιμοποιούν υπολογιστές για να ελέγχουν αρκετά συστήματα στο αυτοκίνητο. Οι μικροϋπολογιστές που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου του κινητήρα προσφέρουν *έλεγχο του μίγματος αέρος / καυσίμου, της έναυσης, της κυκλοφορίας των καυσαερίων και των άλλων συστημάτων ελέγχου των εκπομπών ρύπων*. Ο υπολογιστής ο οποίος ελέγχει τις περισσότερες λειτουργίες του κινητήρα, είναι ένα μικρό κουτί, το οποίο βρίσκεται κάτω από το κάλυμμα του κινητήρα. (Σχ. 6.1)

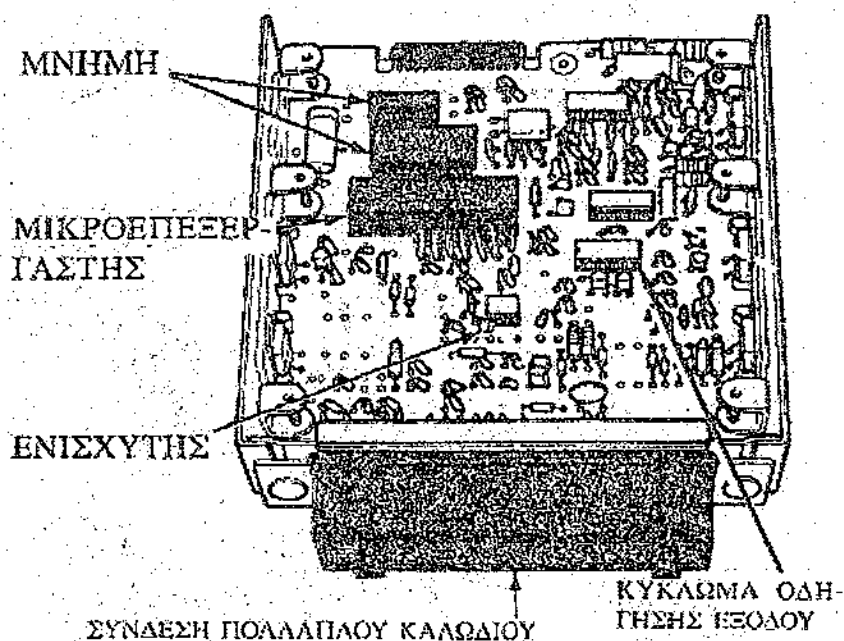


Σχήμα 6.1: Μικροϋπολογιστής αυτοκινήτου  
(ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ)

Τα συστήματα ελέγχου του κινητήρα τα οποία βασίζονται σε μικροϋπολογιστές έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- *Ελαττώνουν την κατανάλωση του καυσίμου*
- *Ελαττώνουν τις εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον*
- *Κρατούν σταθερή την απόδοση του κινητήρα*

Τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου του κινητήρα αποτελούνταν από αρκετά ξεχωριστά ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου του καυσίμου, της έναυσης και της ανακυκλοφορίας των καυσαερίων. Σήμερα η τάση είναι να χρησιμοποιείται ένας μικροϋπολογιστής για έλεγχο αρκετών συστημάτων. Στο σχήμα 6.2 φαίνεται μια ανοικτή μονάδα ελέγχου κινητήρα και μερικά από τα βασικά μέρη, από τα οποία αυτή αποτελείται.



Σχήμα 6.2: Εσωτερικά εξαρτήματα μικροϋπολογιστή  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

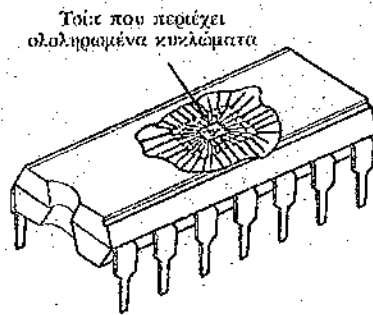
Αν και οι πρώτοι μικροϋπολογιστές για αυτοκίνητο σχεδιάστηκαν για να ελέγχουν λειτουργίες του κινητήρα, σήμερα είναι αρκετά συνηθισμένο να βλέπουμε μικροϋπολογιστές οι οποίοι αναλαμβάνουν τη διαχείριση και των ελέγχου και άλλων συστημάτων του σύγχρονου αυτοκινήτου. Μεταξύ αυτών είναι:

- 1) Τα συστήματα ηλεκτρονικών ταχυτήτων
- 2) Τα συστήματα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (ABS)
- 3) Τα συστήματα της ηλεκτρονικής ανάρτησης.
- 4) Την κίνηση του αυτοκινήτου και στους τέσσερις τροχούς
- 5) Τον κλιματισμό των αυτοκινήτων
- 6) Τους αερόσακους
- 7) Τις ανέσεις του χώρου των επιβατών
- 8) Το σύστημα ελέγχου της ευστάθειας (ESP)
- 9) Το σύστημα ελέγχου της ολίσθησης των τροχών (ASR)



## ▪ 6.2 ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

Ο εγκέφαλος του υπολογιστή είναι η *κεντρική μονάδα επεξεργασίας* (CPU, Central Processing Unit). Αν η CPU περιέχεται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, τότε αυτό το IC ονομάζεται *μικροεπεξεργαστής*. (Σχ. 6.3). Ο μικροεπεξεργαστής λειτουργεί με τις πληροφορίες που δέχεται και αποφασίζει τι να κάνει. Τα υπόλοιπα τμήματα του υπολογιστή παρέχουν βοήθεια στον μικροεπεξεργαστή.



Σχήμα 6.3: Μικροεπεξεργαστής  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 6.3 ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΝΗΜΗΣ

Ο μικροεπεξεργαστής δε μπορεί να αποθηκεύει πληροφορίες και έτσι στον υπολογιστή τοποθετούνται συσκευές αποθήκευσης, οι οποίες ονομάζονται *μνήμες*. Οι μνήμες περιέχουν το πρόγραμμα και τα δεδομένα. Ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να αλλάξει τις πληροφορίες που βρίσκονται στη μνήμη, *εγγράφοντας* νέες πληροφορίες σε αυτήν. Επίσης μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες από τη μνήμη, με *ανάγνωση* των πληροφοριών από τη μνήμη.

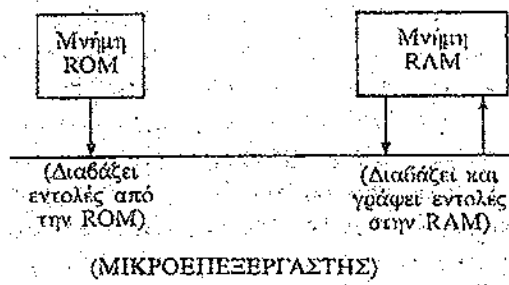
Στους υπολογιστές των αυτοκινήτων υπάρχουν οι εξής τρεις διαφορετικοί τύποι μνημών:

- Οι μνήμες **ROM**
- Οι μνήμες **RAM**
- Οι μνήμες **PROM**

Η πρώτη μνήμη ονομάζεται: **μνήμη μόνο ανάγνωσης (ROM = Read Only Memory)** είναι ένα είδος μνήμης το οποίο αποθηκεύει πληροφορίες με μόνιμο τρόπο. Όταν λοιπόν κατασκευάζεται ο υπολογιστής, τα προγράμματα που ελέγχουν τον μικροεπεξεργαστή αποθηκεύονται στην ROM. Όπως γίνεται αντιληπτό και από το όνομα αυτής της μνήμης, ο μικροϋπολογιστής μπορεί να διαβάζει αυτές τις εντολές από τη μνήμη ROM, αλλά δε μπορεί να γράψει νέες πληροφορίες σε αυτήν. (Σχ. 6.4)

Η δεύτερη μνήμη ονομάζεται: **μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM = Random Access Memory)** μπορεί και να γράφεται αλλά και να διαβάζεται. Οι μνήμες RAM λειτουργούν σαν ένας χώρος **προσωρινής** αποθήκευσης πληροφοριών. Για παράδειγμα, ο μικροεπεξεργαστής λαμβάνει μια μέτρηση που χρειάζεται έτσι ώστε να πάρει αρκετές διαφορετικές αποφάσεις. Στην περίπτωση αυτή γράφει τη μέτρηση στη RAM και μετά τη διαβάζει κάθε φορά που τη χρειάζεται. (Σχ. 6.4)

Υπάρχουν δύο είδη RAM: η **σταθερή** και η **ασταθής**. Η σταθερή RAM διατηρεί τις πληροφορίες της ακόμα και όταν σταματήσει η τροφοδοσία ηλεκτρικής τάσης. Αντίθετα για την ασταθή RAM, αν κάτι τέτοιο συμβεί, τότε σβήνονται όλες οι πληροφορίες από αυτή. Στο σύστημα του μικροϋπολογιστή στο αυτοκίνητο, η ασταθής RAM συνδέεται απευθείας με τη μπαταρία, έτσι ώστε η RAM να εξακολουθεί να τροφοδοτείται με τάση ακόμα και όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί.



Σχήμα 6.4: ROM και RAM  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Η τρίτη μνήμη ονομάζεται: **προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο ανάγνωσης (PROM = Programmable ROM)** όπως και η ROM, μπορεί να διαβαστεί αλλά όχι να γραφεί. Η PROM διαφέρει από τη ROM στο ότι μπορεί να βγει από τον υπολογιστή και να προγραμματιστεί με νέες πληροφορίες. Οι PROM χρησιμοποιούνται για να δίνουν στον μικροϋπολογιστή τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σχεδίασης και λειτουργίας για

κάθε μοντέλο αυτοκινήτου, πράγμα που επιτρέπει τη χρήση της ίδιας μονάδας μικροϋπολογιστή σε διαφορετικές γραμμές παραγωγής αυτοκινήτων. Οι μνήμες ROM και RAM συγκολλούνται στις πινακίδες με τα τυπωμένα κυκλώματα και δε χρειάζονται συντήρηση. Η PROM όμως τοποθετείται με βυσμάτωση και ίσως χρειάζεται να μεταφερθεί από τον αρχικό μικροϋπολογιστή σε νέα μονάδα, σε περίπτωση βλάβης.

Οι όροι ROM, PROM και RAM έχουν τυποποιηθεί σε όλη τη βιομηχανία υπολογιστών. Μια παραλλαγή της PROM είναι η EPROM (Erasable ROM = διαγραφόμενη ROM). Η EPROM είναι μια ειδικά σχεδιασμένη PROM που μπορεί να αναπρογραμματιστεί αφού διαγραφούν εντελώς τα περιεχόμενά της με υπεριώδες φως. Χρησιμοποιείται μερικές φορές σαν PROM επειδή έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα μνήμης.

Μια παραλλαγή της μνήμης RAM είναι η μνήμη KAM (Keep Alive Memory = Μνήμη που διατηρείται ζωντανή). Όπως συμβαίνει και με τη RAM, στην KAM μπορούν να γραφούν πληροφορίες και να διαβαστούν και να διαγραφούν από αυτήν. Αντίθετα με την RAM, η KAM τροφοδοτείται απευθείας από τη μπαταρία με μια τηκόμενη ασφάλεια. Έτσι όταν διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα δε χάνονται οι πληροφορίες που βρίσκονται στην KAM. Η χρήση των τσιπ μνήμης KAM έχει επιτρέψει την ανάπτυξη της *προσαρμοστικής στρατηγικής* στον υπολογιστή. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει στον υπολογιστή να διορθώνει τη φθορά και τη γήρανση μερικών εξαρτημάτων.

Η ηλεκτρικά διαγραφόμενη προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο ανάγνωση EEPROM (Electrically Erasable PROM) είναι μια σταθερή μνήμη που έχει την ίδια ευελιξία στον προγραμματισμό όπως και η RAM. Οι ηλεκτρονικοί χιλιομετρητές που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, συχνά χρησιμοποιούν EEPROM.

## ▪ 6.4 ΕΙΣΟΔΟΙ

Η εισαγωγή πληροφοριών στο σύστημα του μικροϋπολογιστή ουσιαστικά σημαίνει τη μετατροπή των πληροφοριών από κάποια μορφή σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν από τον υπολογιστή. Ο μικροϋπολογιστής λαμβάνει πληροφορίες για τη λειτουργία του αυτοκινήτου από αισθητήρες. Οι αισθητήρες εισόδου, που υπάρχουν στο όχημα, μετατρέπουν μηχανικές πληροφορίες ή πληροφορίες περιβάλλοντος – όπως η θερμοκρασία, η κίνηση ή η ταχύτητα – σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία μπορεί να αναγνωρίσει ο υπολογιστής.

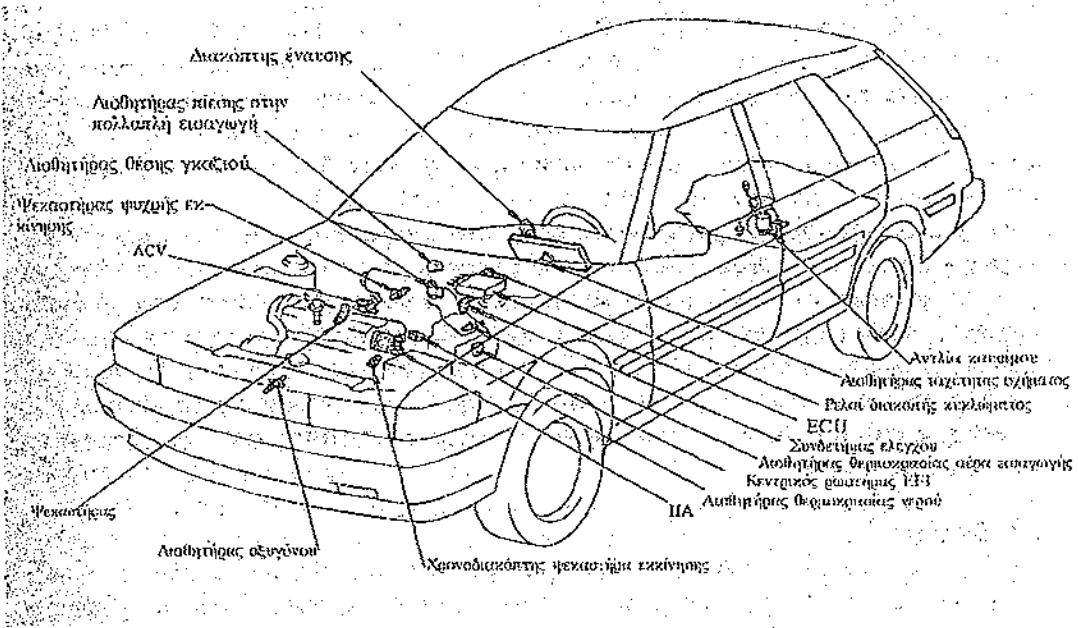
Οι αισθητήρες εισόδου στο όχημα περιλαμβάνουν τον αισθητήρα πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή, τον αισθητήρα της θέσης του γκαζιού, τον αισθητήρα της θερμοκρασίας αέρος στην εισαγωγή, τον αισθητήρα θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού, τον αισθητήρα οξυγόνου και τον αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου (Σχ. 6.5)

Τα σήματα εισόδου από τους αισθητήρες πρέπει να τροποποιηθούν ή να έλθουν σε κάποια ενδιάμεση μορφή πριν διαβιβαστούν στον μικροεπεξεργαστή. Υπάρχουν δύο κύρια είδη τάσης σημάτων που παράγονται από τους αισθητήρες εισόδου:

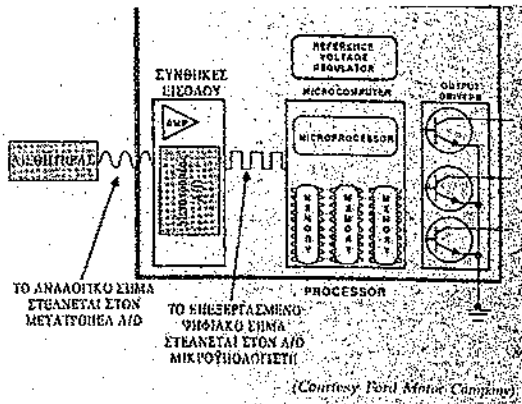
- *Αναλογικά Σήματα*
- *Ψηφιακά Σήματα*

Τα αναλογικά σήματα είναι συνεχώς μεταβαλλόμενα σήματα τάσης π.χ σήμα τάσεως αισθητήρα λάμδα, ενώ τα ψηφιακά σήματα είναι σήματα τα οποία έχουν μόνο δύο τιμές τάσης: την τάση ON (λειτουργίας) και την τάση OFF (διακοπή λειτουργίας) (Σχ.6.6)

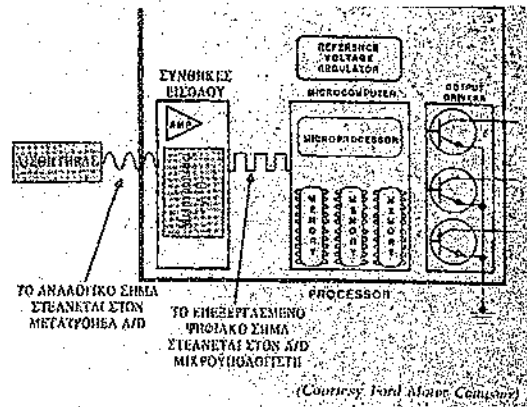
Ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιεί μόνο ψηφιακά σήματα σε ένα κώδικα που περιέχει μόνο 0 και 1. Κατά συνέπεια, όλα τα αναλογικά σήματα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακά. Η μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό εκτελείται από μια ενδιάμεση βαθμίδα μετατροπής A/D. (Σχ. 6.7) Η ύπαρξη ενδιάμεσης βαθμίδας στην είσοδο χρησιμοποιείται και για την ενίσχυση ασθενών σημάτων από αισθητήρα, για μορφοποίηση ψηφιακών σημάτων τάσης σε παλμούς και για ηλεκτρική μόνωση των ευαίσθητων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του μικροεπεξεργαστή από τυχόν μεγάλες τάσεις στις εισόδους.



**Σχήμα 6.5:** Αισθητήρες Εισόδου σε Μικροϋπολογιστή  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



**Σχήμα 6.6:** Τάσεις σήματος αισθητήρα  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



Σχήμα 6.7: Μετατροπέας A/D  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 6.5 ΕΞΟΔΟΙ

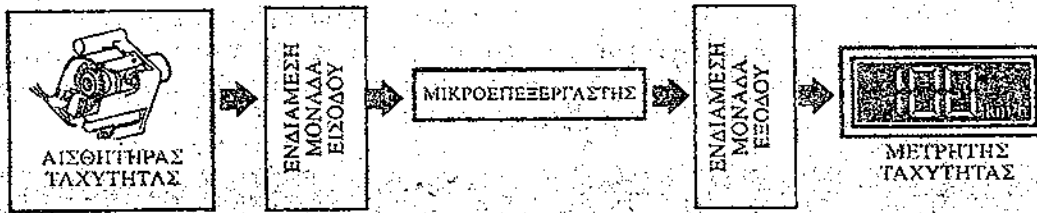
Τα σήματα εξόδου από τον μικροεπεξεργαστή πρέπει και αυτά να συνδεθούν με τις συσκευές για τις οποίες προορίζονται. Η ενδιάμεση βαθμίδα εξόδου δέχεται ψηφιακές πληροφορίες από τον μικροεπεξεργαστή και τα δεδομένα μετατρέπονται σε κατάλληλη τάση ή ρεύμα που θα ελέγξουν τη συσκευή εξόδου. Τα είδη συσκευών εξόδου περιλαμβάνουν απεικονίσεις σε όργανα που δείχνουν πληροφορίες και συσκευές ενεργοποίησης που παράγουν έργο. Για ένδειξη των αποτελεσμάτων των μετρήσεων στα όργανα του αυτοκινήτου χρησιμοποιούνται απεικονίσεις με υγρούς κρυστάλλους (LCD), δίοδοι φωτοεκπομπής (LED), ενδεικτικά φώτα και αναλογικά όργανα. Στο σχήμα 6.8 φαίνεται ένα παράδειγμα για τον τρόπο χρήσης ενδιάμεσων βαθμίδων για χειρισμό των εισερχόμενων πληροφοριών από τον αισθητήρα ταχύτητας και των εξερχόμενων πληροφοριών προς το μετρητή ταχύτητας.

Συσκευή ενεργοποίησης είναι μια συσκευή που σαν απόκριση σε ηλεκτρικό σήμα δίνει κίνηση. Οι συσκευές ενεργοποίησης συνήθως λειτουργούν με ηλεκτρικά σήματα εξόδου από τον μικροϋπολογιστή για να προκαλέσουν μεταβολές στις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος σαν απόκριση σε αποφάσεις που λαμβάνονται από τον μικροεπεξεργαστή. Τα κύρια είδη συσκευών ενεργοποίησης είναι:

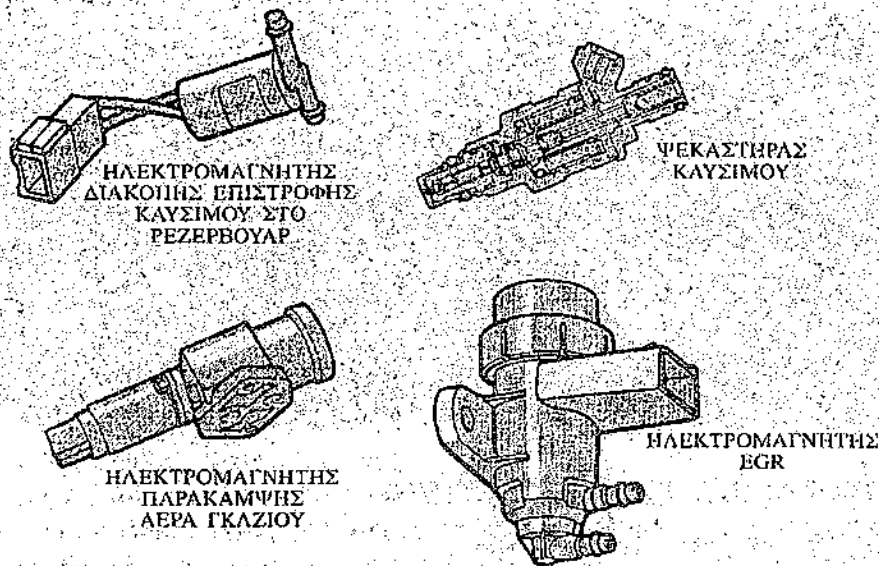
- Οι ηλεκτρομαγνήτες
- Οι ηλεκτρικοί κινητήρες
- Τα ρελέ

Οι συσκευές ενεργοποίησης που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνήτες περιλαμβάνουν:

- Τον ηλεκτρομαγνήτη διακοπής επιστροφής καυσίμου στο ρεζερβουάρ
- Τον ηλεκτρομαγνήτη παράκαμψης αέρος στο γκάζι
- Τον ψεκαστήρα καυσίμου
- Τον ηλεκτρομαγνήτη EGR (Σχ. 6.9)



Σχήμα 6.8: Ενδιάμεσες Μονάδες Εισόδου και Εξόδου  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



**Σχήμα 6.9:** Συσκευές Ενεργοποίησης με Ηλεκτρομαγνήτη  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 6.6 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Στον μικροϋπολογιστή, για έλεγχο του χρονισμού της σειράς υπολογισμών χρησιμοποιείται μια γεννήτρια παλμών ρολογιού. Οι γεννήτριες ρολογιού δίνουν ένα συνεχή συρμό τετραγωνικών παλμών με σταθερή συχνότητα. Όπως είπαμε παραπάνω, ο μικροεπεξεργαστής επικοινωνεί με τα διάφορα τμήματα του υπολογιστή με ένα δυαδικό κώδικα, ο οποίος αποτελείται από μεγάλες σειρές με 0 και 1. Κάθε παλμός ρολογιού είναι το μήκος 1 bit πληροφορίας και συγχρονίζεται με τα ψηφιακά δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό ο υπολογιστής μπορεί να γνωρίζει πότε τελειώνει ένας παλμός δεδομένων και πότε αρχίζει ένας άλλος, πράγμα που εξασφαλίζει τον ακριβή χρονισμό των ψηφιακών λειτουργιών. (Σχ. 6.10)

Οι υπολογιστές στέλνουν και δέχονται ψηφιακά σήματα μέσα από ζεύξεις δεδομένων ή αρτηρίες. Η ζεύξη δεδομένων ή αρτηρία είναι μια ομάδα από παράλληλες γραμμές στις οποίες μπορεί να συνδεθεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός εξαρτημάτων με διαφορετικές λειτουργίες. Μερικές ζεύξεις δεδομένων στέλνουν δεδομένα μόνο προς μια κατεύθυνση, από μια συσκευή προς άλλη. Άλλες ζεύξεις



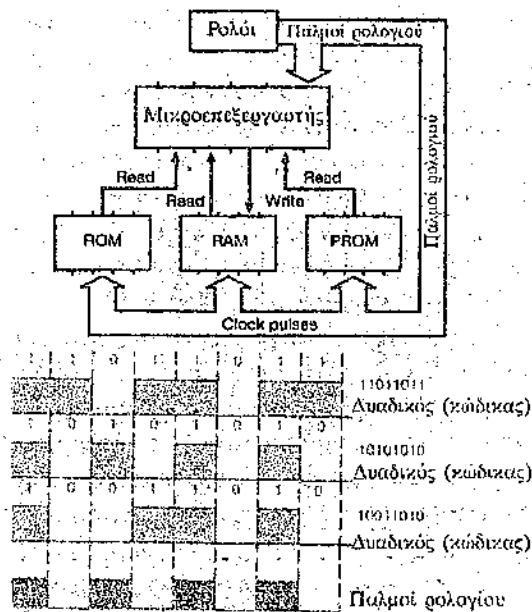
δεδομένων μπορούν να εκπέμπουν και προς τις δύο κατευθύνσεις, από μια συσκευή προς άλλη και προς τα πίσω. (Σχ. 6.11)

Τα δυαδικά δεδομένα που χρησιμοποιούν τα συστήματα υπολογιστών στέλνονται με δύο τρόπους:

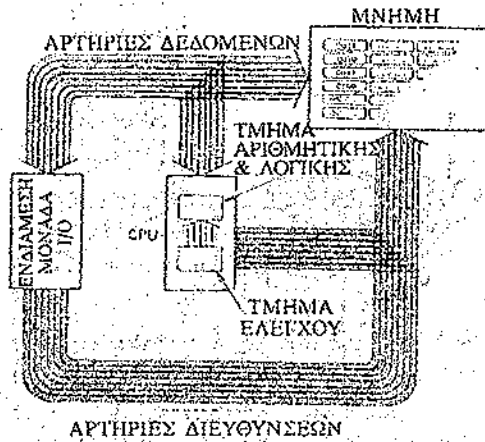
- Σε σειρά
- Παράλληλα

Σε *σειριακή* μορφή, τα δεδομένα εμφανίζονται σαν ακολουθία από 0 και 1, το ένα μετά το άλλο. Τα σειριακά δεδομένα συγχρονίζονται με τους παλμούς ρολογιού έτσι ώστε ο υπολογιστής να μπορεί να ξεχωρίσει μεταξύ των διαφορετικών bit δεδομένων.

Στην *παράλληλη* εκπομπή των ιδίων δεδομένων, κάθε bit στέλνεται την ίδια χρονική στιγμή στην δική του γραμμή.



Σχήμα 6.10: Ρολόγια υπολογιστή  
 [ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]



Στις αρτηρίες αυτές κινούνται τα δεδομένα που πρόκειται να γραφούν στις διευθύνσεις ή να διαβαστούν από τις διευθύνσεις που καθορίζονται από τα δεδομένα της ασημείας διευθύνσεων.

Σχήμα 6.11: Συνδέσεις ή αρτηρίες υπολογιστή  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

## ▪ 6.7 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Το πρόγραμμα υπολογιστή είναι μια ομάδα λεπτομερών οδηγιών που ακολουθεί ο μικροϋπολογιστής όταν ελέγχει ένα σύστημα. Τα προγράμματα αποθηκεύονται στη μνήμη και χρησιμοποιούνται από το μικροεπεξεργαστή όταν αυτός επεξεργάζεται πληροφορίες. Το πρόγραμμα αναλύει κάθε εργασία στα περισσότερα βασικά της τμήματα. Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα που λέει σε ένα υπολογιστή να ενεργοποιήσει ένα ηλεκτρομαγνήτη, μπορεί να έχει δεκάδες ακόμα και εκατοντάδες βήματα, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του συστήματος. Ο ίδιος ο υπολογιστής μπορεί να εκτελέσει πολλά είδη εργασιών. Αυτό που χρειάζεται είναι να αλλαχθεί το πρόγραμμα του υπολογιστή.

Στους μικροϋπολογιστές αυτοκινήτου, οι ROM και PROM έχουν μόνιμα αποθηκευμένα όλα τα σταθερά προγράμματα, πίνακες και τύπους που εκτελούν τους υπολογισμούς. Τα προγράμματα και τα δεδομένα αυτά εισάγονται μόνιμα στο τσιπ IC από τον κατασκευαστή κατά τη διάρκεια της κατασκευής του υπολογιστή και κανονικά δε μπορούν να διαγραφούν ή να επαναπρογραμματιστούν.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το πρόγραμμα περιέχει ένα λεπτομερή κατάλογο οδηγιών που κατευθύνουν τον μικροεπεξεργαστή στις λειτουργίες επεξεργασίας. Οι πίνακες βαθμονόμησης περιέχουν πληροφορίες για το συγκεκριμένο όχημα, όπως τον αριθμό των κυλίνδρων και τον κυβισμό. Οι πίνακες αναζήτησης περιέχουν τυποποιημένες πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας του οχήματος, όπως το χρόνο θέρμανσης του κινητήρα, για διάφορες θερμοκρασίες αυτού. (Σχ. 6.12)

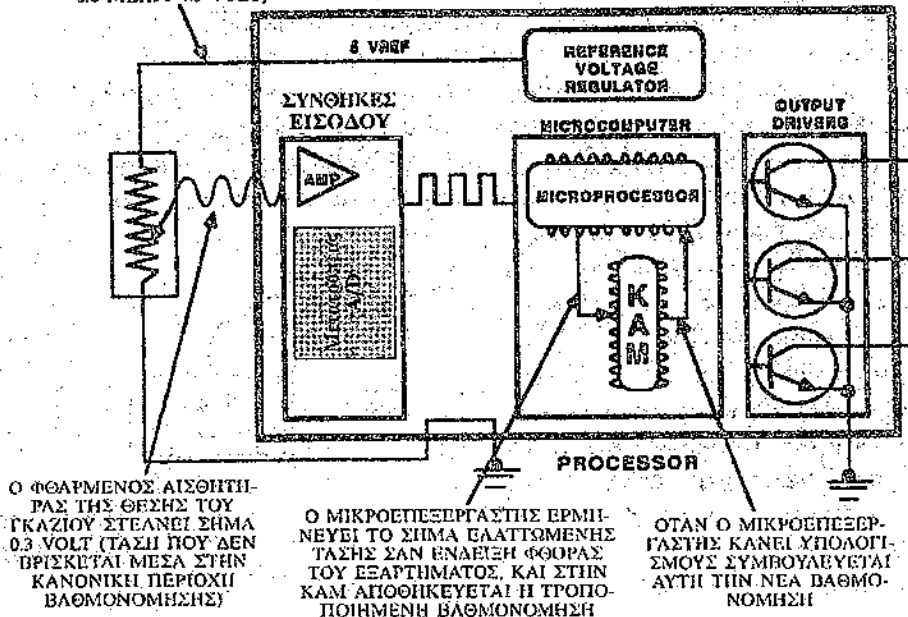
Θερμοκρασία επιβάρυνσης	Πίνακας κωδίκων για θερμοκρασία	Πίνακας κωδίκων χρόνου θέρμανσης	Χρόνος ανάθεσης πλάτωσης
190°F	10111110	0000	0 min
180°F	10110100	0001	1 min
170°F	10101010	0010	2 min
160°F	10100000	0011	3 min
150°F	10010110	0100	4 min
140°F	10001100	0101	5 min

Σχήμα 6.12: Πίνακας αναζήτησης σε αυτοκίνητο  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Μερικοί μικροϋπολογιστές αυτοκινήτου είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να μαθαίνουν από "παλαιότερες εμπειρίες". Αυτό επιτρέπει στον μικροεπεξεργαστή να κάνει διορθώσεις, που προκαλούνται από φθορές και γήρανση ορισμένων εξαρτημάτων. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε ένα παράδειγμα, έτσι ώστε να καταστεί πιο κατανοητή αυτή η πολύ σημαντική λειτουργία αυτών των μικροϋπολογιστών:

Ένας φθαρμένος αισθητήρας της θέσης του γκαζιού στέλνει στην κεντρική μονάδα ελέγχου, σήμα το οποίο βρίσκεται κάτω από την κανονική ονομαστική τιμή τάσεως. Ο μικροεπεξεργαστής το ερμηνεύει σαν ένδειξη φθοράς του εξαρτήματος και τροποποιεί τα στοιχεία βαθμονόμησης που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη ΚΑΜ. Από το σημείο αυτό και πέρα, ο μικροεπεξεργαστής, όταν εκτελεί υπολογισμούς, λαμβάνει σαν αναφορά την τροποποιημένη τιμή βαθμονόμησης. Σε μικροϋπολογιστές που έχουν αυτήν την ιδιότητα, χρειάζεται μια μικρή περίοδος μάθησης αν το όχημα είναι νέο (συνήθως κάτω από 10 Km οδήγησης). Το ίδιο συμβαίνει και όταν για κάποιο λόγο αποσυνδεθεί η μπαταρία ή αν κάποιο εξάρτημα του υπολογιστή αποσυνδεθεί ή αντικατασταθεί.

ΦΑΡΜΕΝΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΓΚΑΖΙΟΥ (Η ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΝΕΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ 0.6 ΜΕΧΡΙ 4.5 VOLT)



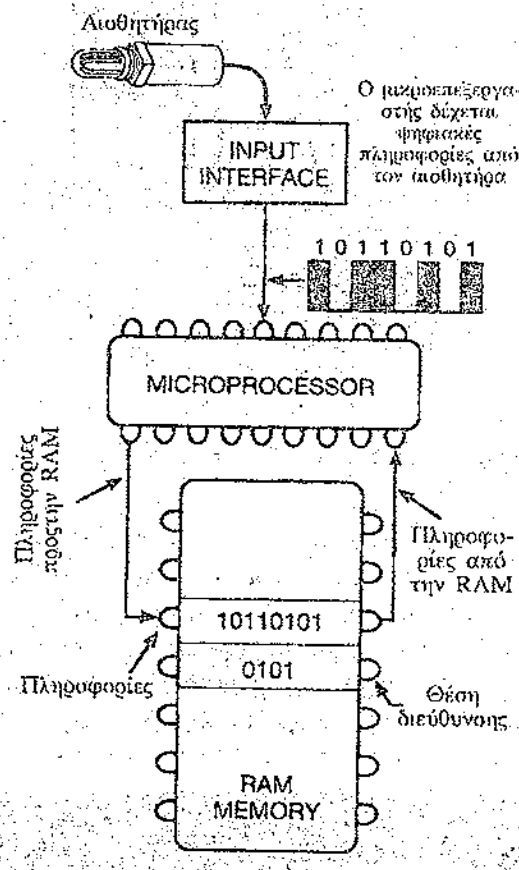
(Courtesy Ford Motor Company)

Σχήμα 6.13: Μικροϋπολογιστής σχεδιασμένος έτσι ώστε να μαθαίνει από παλαιότερες εμπειρίες (ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ)

## ▪ 6.8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, ο μικροεπεξεργαστής επεξεργάζεται πληροφορίες και παίρνει αποφάσεις σύμφωνα με κάποιο πρόγραμμα. Ο μικροεπεξεργαστής, προκειμένου να παίρνει τις σωστές αποφάσεις, πρέπει να δέχεται πληροφορίες από πολλούς αισθητήρες. Επειδή δεν είναι δυνατό να επεξεργάζονται αμέσως οι πληροφορίες των αισθητήρων από τον μικροεπεξεργαστή, για αυτό αποθηκεύονται αρχικά στη μνήμη του μικροϋπολογιστή. Για την αποθήκευση των πληροφοριών, ο επεξεργαστής τις γράφει σε μια συγκεκριμένη θέση της μνήμης RAM η οποία θέση ονομάζεται *διεύθυνση*. Προκειμένου τώρα ο μικροεπεξεργαστής να ανακαλέσει τις αποθηκευμένες πληροφορίες από τη RAM, απλά προσδιορίζει τη διεύθυνση όπου βρίσκονται αποθηκευμένες αυτές και ζητά να του σταλούν από εκεί. (Σχ. 6.14)

Προκειμένου, ο μικροεπεξεργαστής, να επεξεργαστεί τις πληροφορίες, διαβάζει όλες τις εισόδους από τους αισθητήρες, παίρνει τις τιμές αυτές και σύμφωνα πάντα με το πρόγραμμα δίνει εντολές εξόδου σε συσκευές ενεργοποίησης ή σε απεικονίσεις σε όργανα.



Σχήμα 6.14: Αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

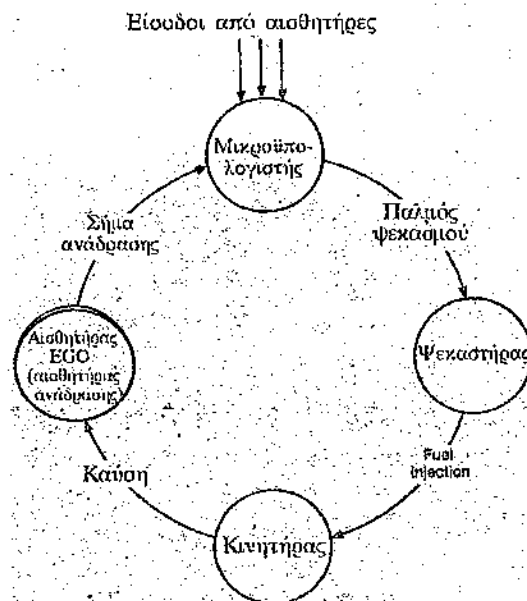
Οι υπολογιστές προκειμένου να δίνουν γρήγορο, αυτόματο και ακριβή έλεγχο για κάποια διαδικασία χρησιμοποιούν τους **βρόγχους ελέγχου**. Οι **βρόγχοι ελέγχου** είναι οι κύκλοι με τους οποίους ελέγχεται μια διαδικασία μέσω εισόδου πληροφοριών, επεξεργασίας δεδομένων και εξόδου συγκεκριμένων εντολών προς συσκευές ελέγχου. Βασικός σκοπός όλων των βρόγχων ελέγχου του μικροϋπολογιστή του κινητήρα είναι να ελέγχει τα συνεχώς τα σήματα των διαφόρων αισθητήρων, ούτως ώστε να μπορεί να "καταλαβαίνει" σε ποια φάση βρίσκεται ο κινητήρας και να κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις στην ποσότητα του μείγματος, ούτως ώστε ο κινητήρας

να λειτουργεί πάντοτε με τη **στοιχειομετρική αναλογία** αέρα / καυσίμου (14,7 μέρη αέρα προς 1 μέρος καυσίμου). Η στοιχειομετρική αυτή αναλογία, επιτρέπει στον καταλυτικό μετατροπέα να λειτουργεί στη μέγιστη απόδοσή του, έτσι ώστε να μετατρέπει τα βλαβερά προϊόντα της καύσεως σε αβλαβή, ενώ ταυτόχρονα να δίνει την καλύτερη δυνατή κατανάλωση και να προστατεύει τον καταλυτικό μετατροπέα.

Στα συστήματα ελέγχου των αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται δύο ειδών βρόγχοι ελέγχου:

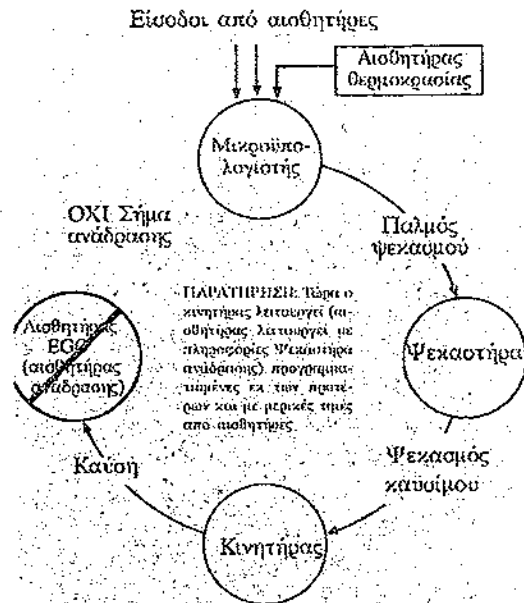
- Οι κλειστοί βρόγχοι ελέγχου
- Οι ανοικτοί βρόγχοι ελέγχου

Στη λειτουργία κλειστού βρόγχου, ο βρόγχος ελέγχου αποτελεί ένα πλήρη κύκλο. Για τη μέτρηση των αποτελεσμάτων της εξόδου από τον μικροϋπολογιστή χρησιμοποιείται ένας **αισθητήρας ελέγχου ανάδρασης**. Στο σχήμα 6.15 φαίνεται η λειτουργία ενός συστήματος ελέγχου αυτοκινήτου με κλειστό βρόγχο. Προς το μικροϋπολογιστή στέλνονται είσοδοι από τους αισθητήρες. Ο μικροϋπολογιστής τις επεξεργάζεται και στέλνει ένα παλμό εντολής για ψεκασμό καυσίμου προς τον ψεκαστήρα καυσίμου (μπεκ), κάτι που συνεπάγεται την καύση του μίγματος αέρα / καυσίμου με έκρηξη. Ο αισθητήρας οξυγόνου στα αέρια της εξάτμισης (αισθητήρας λ ή EGO) δίνει πληροφορίες στο μικροϋπολογιστή σχετικά με την ποσότητα του οξυγόνου που υπάρχει στην πολλαπλή εξαγωγή, επειδή δεν κάρηκε στον προηγούμενο κύκλο. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο μικροϋπολογιστή να ρυθμίζει συνεχώς την αναλογία αέρα / καυσίμου, έτσι ώστε να πετύχει την κατάλληλη τιμή οξυγόνου.



Σχήμα 6.15: Κύκλος ελέγχου κλειστού βρόγχου  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

Όταν ο κινητήρας είναι κρύος, τα περισσότερα συστήματα ελέγχου του μικροϋπολογιστή του κινητήρα έχουν λειτουργία ανοικτού βρόγχου. Στη λειτουργία αυτή ο βρόγχος ελέγχου δεν αποτελεί κλειστό κύκλο, επειδή δε λαμβάνει πληροφορίες από ανάδραση. Αντίθετα, ο μικροϋπολογιστής λαμβάνει αποφάσεις, βασισμένος στις εκ των προτέρων προγραμματισμένες πληροφορίες. Όταν ο κινητήρας είναι κρύος, το σήμα από τον αισθητήρα λ δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μέχρι η θερμοκρασία των καυσαερίων στους 315 °C περίπου. Η λειτουργία ανοικτού βρόγχου ενεργοποιείται από ένα σήμα από τον αισθητήρα θερμοκρασίας (Σχ. 6.16). Το σήμα αυτό ενημερώνει το μικροεπεξεργαστή να αγνοήσει το σήμα ανάδρασης από τον αισθητήρα λ, μέχρι τη στιγμή που ο κινητήρας έχει φθάσει στην εκ των προτέρων προγραμματισμένη τιμή θερμοκρασίας. Τα συστήματα που είναι εφοδιασμένα με αισθητήρες λ μπορούν να προγραμματιστούν έτσι ώστε να πηγαίνουν αυτόματα σε λειτουργία ανοικτού βρόγχου για να διατηρούν σταθεροποιημένη την καύση καυσίμου σε περιπτώσεις όπως η επιβράδυνση, η λειτουργία με μεγάλο φορτίο, η λειτουργία σε μεγάλη ταχύτητα, η λειτουργία του κινητήρα σε ρελαντί, η βλάβη του αισθητήρα λ ή βλάβη του κυκλώματος του, καθώς και η εκκίνηση του κινητήρα.



Σχήμα 6.16: Κύκλος ελέγχου ανοικτού βρόγχου.  
[ΠΗΓΗ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ]

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ – ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ**



## ▪ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αισθητήρες αποτελούν το βασικότερο συγκρότημα των ηλεκτρονικών συστημάτων διαχείρισης. Χρησιμεύουν για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας του κινητήρα και τη μετάδοση των σχετικών σημάτων στη μονάδα ελέγχου η οποία τα επεξεργάζεται και παράγει τα κατάλληλα σήματα ρύθμισης προς τους ενεργοποιητές των υποσυστημάτων έγχυσης και έναυσης.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη λειτουργίας του κινητήρα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

1. **Κύρια μεγέθη μέτρησης:** Πρόκειται κατά βάση για τα μεγέθη τα οποία αντικατοπτρίζουν το σημείο λειτουργίας του κινητήρα. Αυτά τα μεγέθη είναι:

- *Ο αριθμός στροφών και*
- *Η επιθυμητή ροπή που καθορίζεται από το φορτίο που καλείται να αντιμετωπίσει ο κινητήρας.*

Οι μετρήσεις των κύριων μεγεθών χρησιμοποιούνται από την ηλεκτρονική μονάδα, στον υπολογισμό των βασικών τιμών της ποσότητας του εγχεόμενου καυσίμου και της προπορείας έναυσης.

2. **Διορθωτικά μεγέθη μέτρησης:** Πρόκειται για τα μεγέθη τα οποία χαρακτηρίζουν την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα. Αυτά είναι:

- *Η θερμοκρασία του κινητήρα*
- *Η θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής και*
- *Το επίπεδο φόρτισης του κινητήρα (ρελαντί – μερικό φορτίο – πλήρες φορτίο)*

Με βάση τα παραπάνω μεγέθη η ηλεκτρονική μονάδα διορθώνει τις βασικές τιμές που υπολογίζει για τη διάρκεια έγχυσης και την προπορεία έναυσης στις καταστάσεις λειτουργίας που απέχουν από την κανονική: ψυχρή εκκίνηση – προθέρμανση – επιτάχυνση – επιβράδυνση και πλήρες φορτίο.

Οι απαιτήσεις σχεδιασμού των αισθητήρων όπως αυτές υπαγορεύονται από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων είναι:

- Αυξημένη ακρίβεια κατά τη μέτρηση
- Διατήρηση ακρίβειας ανεξάρτητα από το σημείο λειτουργίας του κινητήρα
- Μειωμένος χρόνος αντίδρασης
- Υψηλή διάρκεια ζωής
- Χαμηλό κόστος

Οι διάφοροι τύποι αισθητών που χρησιμοποιούνται σήμερα από τις αυτοκινητοβιομηχανίες σε Ευρώπη, Αμερική και Ιαπωνία για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας του κινητήρα παρουσιάζονται στον πίνακα του σχήματος 7.1

ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗ
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αριθμός στροφών</li> <li>• Γωνία στροφαλοφόρου</li> <li>• Φάση λειτουργίας κινητήρα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Επαγωγικός αισθητής</li> <li>• Αισθητής τύπου Hall</li> <li>• Μαγνητοαντιστατικός αισθητής</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φορτίο κινητήρα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μετρητής ροής όγκου αέρα</li> <li>• Μετρητής ροής μάζας αέρα</li> <li>• Μετρητής απόλυτης πίεσης εισαγωγής</li> <li>• Ποτενσιόμετρο πεταλούδας επιταχυντή</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θερμοκρασία κινητήρα</li> <li>• Θερμοκρασία αέρα εισαγωγής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θερμίστορς</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιεκτικότητα καυσαερίου σε O<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αισθητήρας λ για κινητήρες στοιχειομετρικής καύσεως</li> <li>• Αισθητήρας UEGO για κινητήρες φτωχής καύσεως</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παραγόμενες δονήσεις κατά τη διάρκεια της καύσεως</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αισθητήρας επιτάχυνσης ευρέως φάσματος συχνοτήτων</li> </ul>

**Σχήμα 7.1:** Τύποι αισθητήρων και παραλλαγές αυτών που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας του κινητήρα  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

## ▪ 7.1 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Το φορτίο που καλείται να αντιμετωπίσει ο κινητήρας μπορεί να καθοριστεί με τη μέτρηση των ακόλουθων μεγεθών:

- *Της απόλυτης πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής*
- *Της ροής του όγκου αέρα*
- *Της ροής μάζας αέρα*
- *Της γωνίας της πεταλούδας του επιταχυντή*

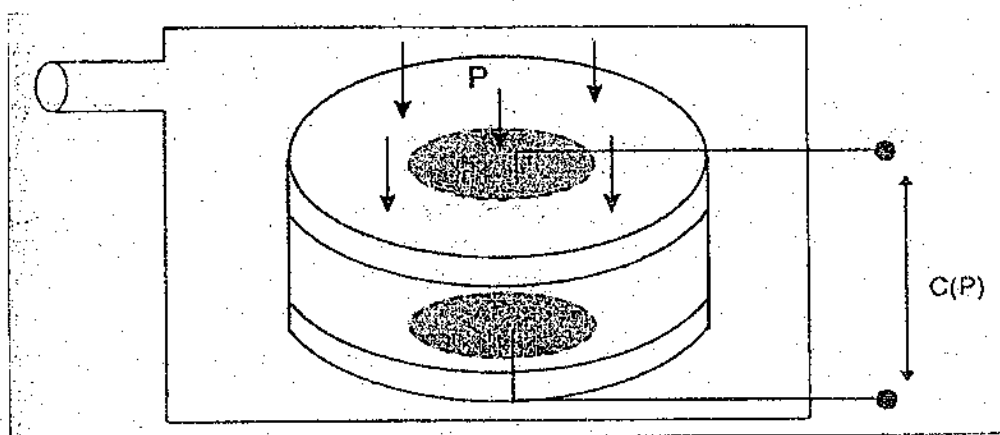
Πιο κάτω θα παρουσιάσουμε τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μέτρηση των προαναφερθέντων μεγεθών.

### ▪ 7.1.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΛΥΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

#### ▪ 7.1.1.1 Χωρητικός Αισθητήρας Πίεσης

Η μέτρηση της απόλυτης πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής με χρήση χωρητικού αισθητήρα έχει επικρατήσει σήμερα στα συστήματα ψεκασμού (μονού και πολλαπλών σημείων) με τα οποία εφοδιάζονται κινητήρες χαμηλού και μέσου κυβισμού.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του χωρητικού αισθητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 7.2. Όπως φαίνεται συνθέτεται κατά βάση από δύο παράλληλα διατεταγμένες δισκοειδείς πλάκες, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από κεραμικό υλικό – συνήθως Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Η εσωτερική επιφάνεια κάθε πλάκας φέρει επικάλυψη από λεπτό στρώμα πλατίνας (Pd). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας πυκνωτής παράλληλων πλακών. Οι δύο πλάκες προσαρμόζονται στα άκρα ενός άκαμπτου κυλίνδρου συγκεκριμένου μήκους έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα στεγανό κελί (στο εσωτερικό του κυλίνδρου επικρατούν συνθήκες απόλυτου κενού). Το όλο σύστημα τοποθετείται μέσα σε ένα κέλυφος το οποίο επικοινωνεί με την πολλαπλή εισαγωγής, μέσω ενός ελαστικού σωλήνα.



**Σχήμα 7.2:** Χωρητικός Αισθητήρας Απόλυτης Πίεσης  
 [ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

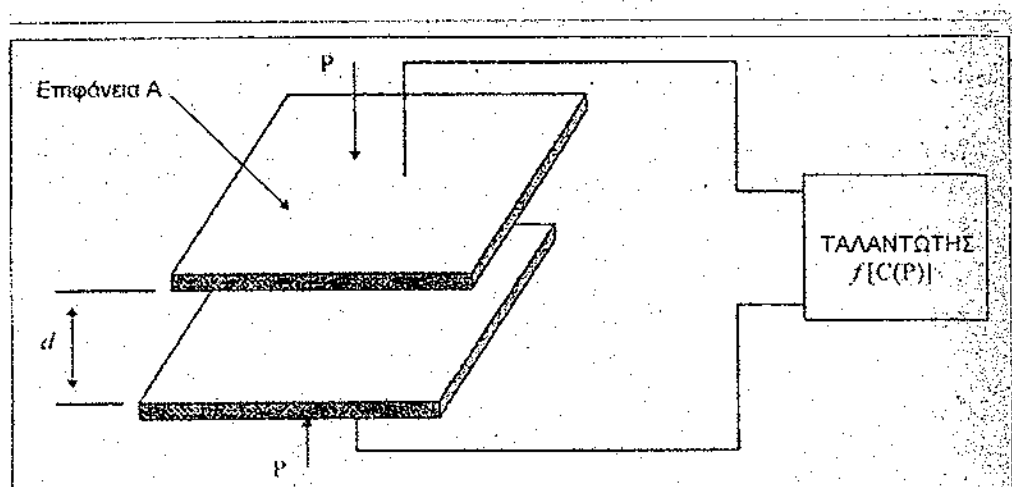
Η αρχή λειτουργίας του χωρητικού αισθητήρα στηρίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας του πυκνωτή λόγω των αυξομειώσεων στην απόσταση των δύο πλακών που προκαλούνται από τις επιδράσεις της πίεσης που εφαρμόζεται στο σύστημα (σχ. 7.3). Όπως είναι γνωστό η χωρητικότητα ενός πυκνωτή συσχετίζεται με την απόσταση μεταξύ των πλακών του σύμφωνα με τη σχέση:

$$C = E_0 A / D$$

όπου:

- **C** : Η χωρητικότητα του πυκνωτή.
- **E<sub>0</sub>**: Η διηλεκτρική σταθερά του αέρα ( $8.9 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$ )
- **A**: Η επιφάνεια των πλακών του πυκνωτή ( $\text{m}^2$ )
- **D**: Η απόσταση μεταξύ των πλακών του πυκνωτή (m)

Όπως γίνεται φανερό από την προηγούμενη εξίσωση, η αύξηση της πίεσης στην πολλαπλή οδηγεί σε μείωση της απόστασης μεταξύ των δύο πλακών – κάμψη των κεραμικών δισκοειδών πλακών- και άρα σε αύξηση της χωρητικότητας του πυκνωτή. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει όταν η πίεση μειώνεται.



**Σχήμα 7.3:** Αρχή λειτουργίας χωρητικού αισθητήρα πίεσης  
 (ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ)

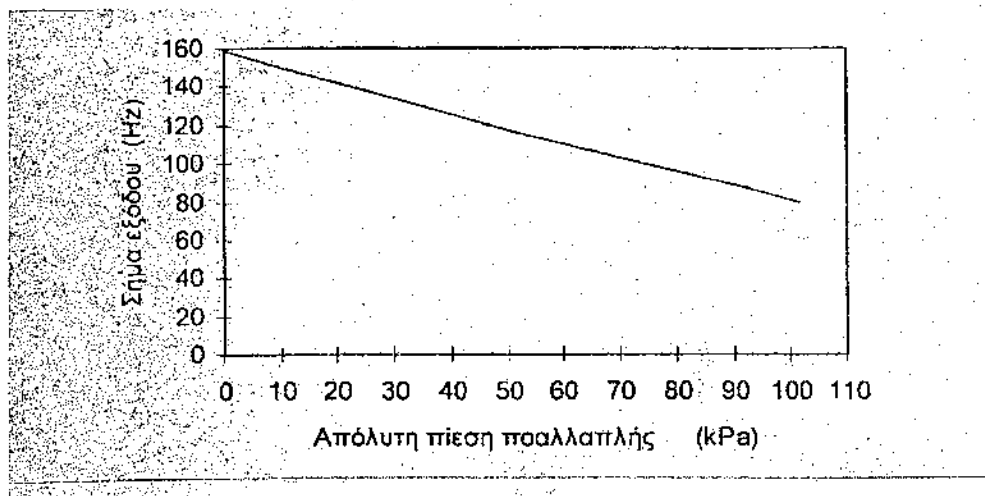
Προκειμένου να γίνουν αντιληπτές από τη μονάδα ελέγχου οι μεταβολές στη χωρητικότητα του πυκνωτή το σύστημα αποτελεί μέρος ενός ταλαντωτή LC (τα LC αποτελούν κυκλώματα συντονισμού τα οποία παράγουν περιοδικές κυματομορφές τάσης ή ρεύματος). Έτσι η ιδιοσυχνότητα του ταλαντωτή μεταβάλλεται σε σχέση με τη χωρητικότητα σύμφωνα με τη σχέση:

$$f = 1 / 2\pi(LC)^{1/2}$$

όπου:

- **f:** Η ιδιοσυχνότητα του ταλαντωτή (Hz)
- **L:** Η αυτεπαγωγή του πηνίου (H)
- **C:** Η χωρητικότητα του πυκνωτή (F)

Η καμπύλη λειτουργίας ενός χωρητικού αισθητήρα αμερικανικής τεχνολογίας (FORD) παρουσιάζεται στο σχήμα 7.4.



Σχήμα 7.4: Καμπύλη λειτουργίας ενός χωρητικού αισθητήρα πίεσης Αμερικανικής κατασκευής (ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ)

#### 7.1.1.2 ΠΙΕΖΟΑΝΤΙΣΤΑΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ο πιεζοαντιστατικός αισθητήρας, ο οποίος αναπτύχθηκε στα τέλη του '50 από τα Bell Telephone Laboratories και αποτέλεσε προπομπό των τρανζίστορ, αποτελεί μια εναλλακτική τεχνική μέτρησης της απόλυτης πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής και χρησιμοποιείται ευρύτατα στα συστήματα Ευρωπαϊκής Τεχνολογίας.

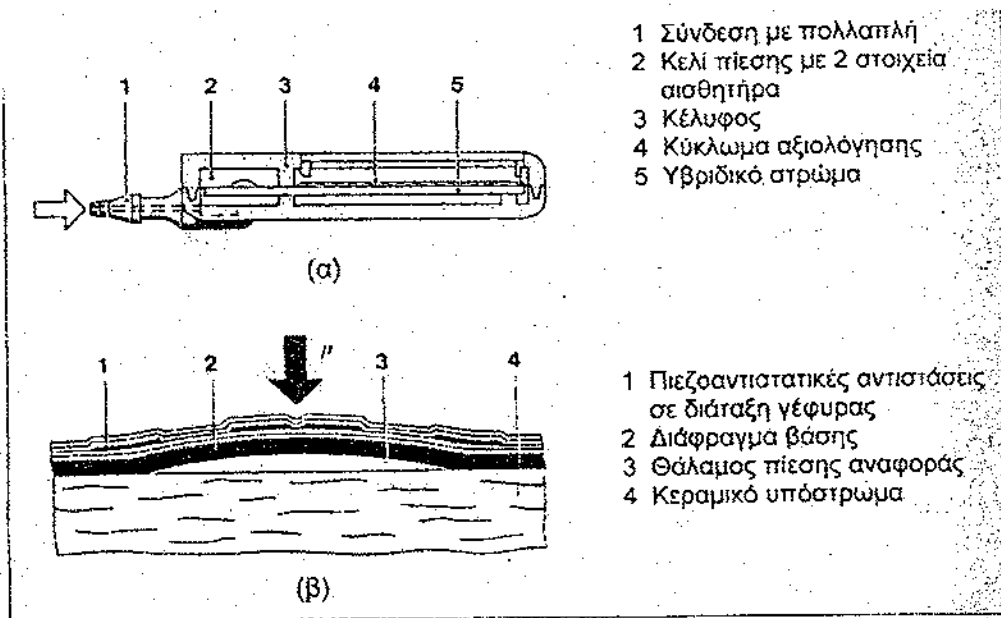
Η αρχή λειτουργίας του πιεζοαντιστατικού αισθητήρα στηρίζεται στη μεταβολή της αντίστασης του υλικού του, όταν σε αυτόν εφαρμόζεται ορισμένη πίεση. Την ιδιότητα αυτή έχουν οι ημιαγωγοί (π.χ μονοκρυσταλλικό πυρίτιο ή γερμάνιο στον κρύσταλλο του οποίου έχουν διασπαρθεί άτομα πεντασθενούς στοιχείου όπως P στην περίπτωση ημιαγωγών τύπου n ή τρισθενούς στοιχείου π.χ B στην περίπτωση ημιαγωγών τύπου p). Η ειδική αντίσταση ενός ημιαγωγού περιγράφεται από τη σχέση:

$$\rho = 1 / e N \mu$$

όπου:

- **e:** Το ηλεκτρονικό φορτίο του ημιαγωγού, το οποίο εξαρτάται από το στοιχείο που προστίθεται στον κρύσταλλο του Si
- **N:** Ο αριθμός των φορέων φορτίου στον ημιαγωγό. Εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ατόμων του στοιχείου προσθήκης.
- **$\mu$ :** Η κινητικότητα των φορέων φορτίου η οποία εξαρτάται από το μέγεθος της εξασκούμενης τάσης και τη διεύθυνσή της ως προς τον άξονα του κρυστάλλου.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση ενός πιεζοαντιστατικού αισθητήρα ευρωπαϊκής τεχνολογίας (Bosch) παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 7.5)



**Σχήμα 7.5:** Πιεζοαντιστατικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης (BOSCH)

α) Κατασκευαστική διαμόρφωση

β) Δομή στοιχείων αισθητήρα

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

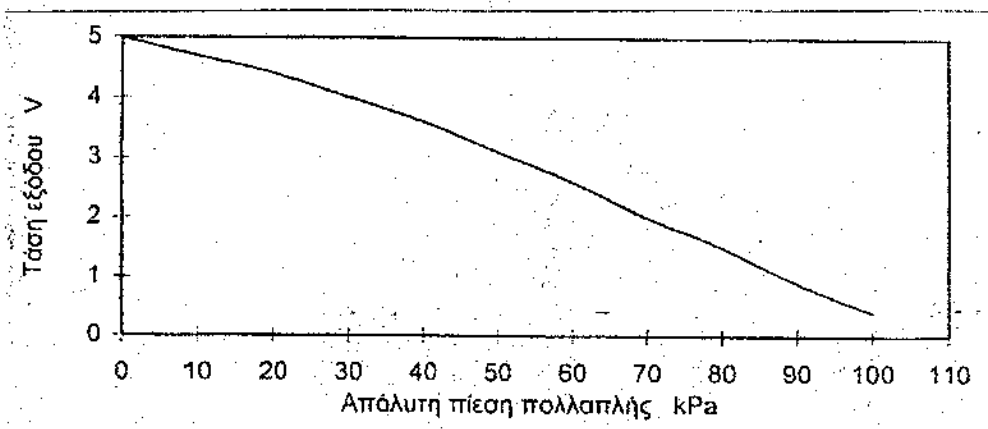
Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, ο αισθητήρας είναι χωρισμένος σε δύο τμήματα:

- α) Το κελί πίεσης με δύο στοιχεία αισθητήρα ( sensor elements) και
- β) το θάλαμο, ο οποίος περιέχει το κύκλωμα αξιολόγησης (evaluation circuitry) του σήματος εξόδου.

Τα στοιχεία του αισθητήρα και το κύκλωμα αξιολόγησης είναι τυπωμένα πάνω σε μια πλάκα από κεραμικό υλικό με υβριδική τεχνολογία.

Κάθε στοιχείο αισθητήρα συνθέτεται από ένα λεπτό διάφραγμα κωδωνοειδούς μορφής. Ο όγκος που περικλείεται από το διάφραγμα έχει συγκεκριμένη πίεση, η οποία ονομάζεται *πίεση αναφοράς*. Η κάμψη του διαφράγματος καθορίζεται από την εφαρμοζόμενη πίεση στην επιφάνειά του. Το διάφραγμα φέρει 4 αντιστάσεις από πιεζοαντιστατικό υλικό (ημιαγωγό p ή n) συνδεδεμένες στους κλάδους μιας γέφυρας Wheatstone. Έτσι οι μεταβολές της πίεσης προκαλούν ανάλογη μεταβολή στην τιμή των αντιστάσεων με αποτέλεσμα τη διαταραχή της ισορροπίας της γέφυρας. Η τάση εξόδου της γέφυρας αποτελεί ένδειξη της επικρατούσας πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής.

Το κύκλωμα αξιολόγησης ενισχύει το σήμα εξόδου της γέφυρας, αντισταθμίζει της επιδράσεις της θερμοκρασίας και γραμμικοποιεί την καμπύλη απόκρισης του αισθητήρα (Σχήμα 7.6)



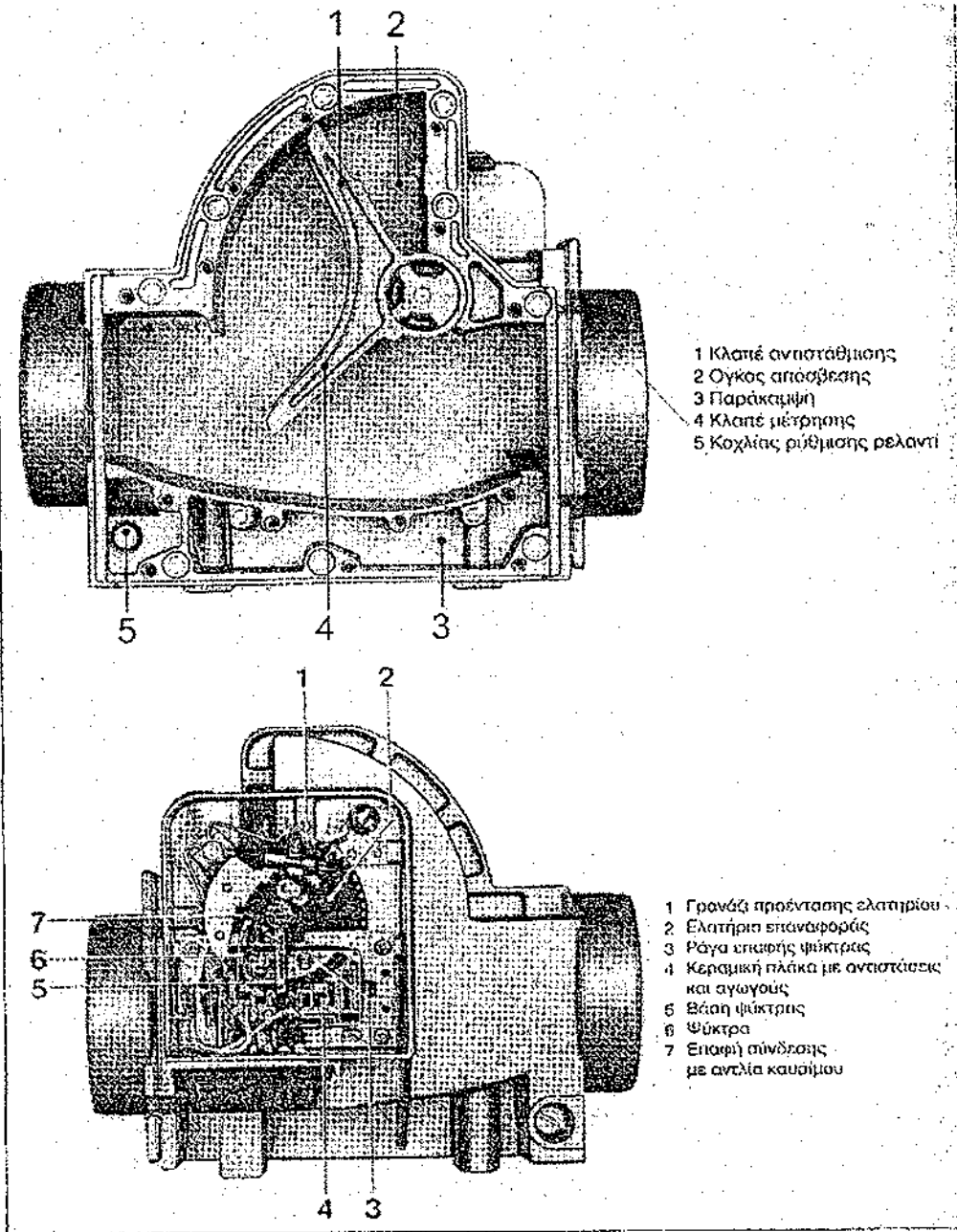
**Σχήμα 7.6:** Καμπύλη λειτουργίας ενός πιεζοαντιστατικού αισθητήρα πίεσης  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



### ▪ 7.1.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΟΓΚΟΥ ΑΕΡΑ

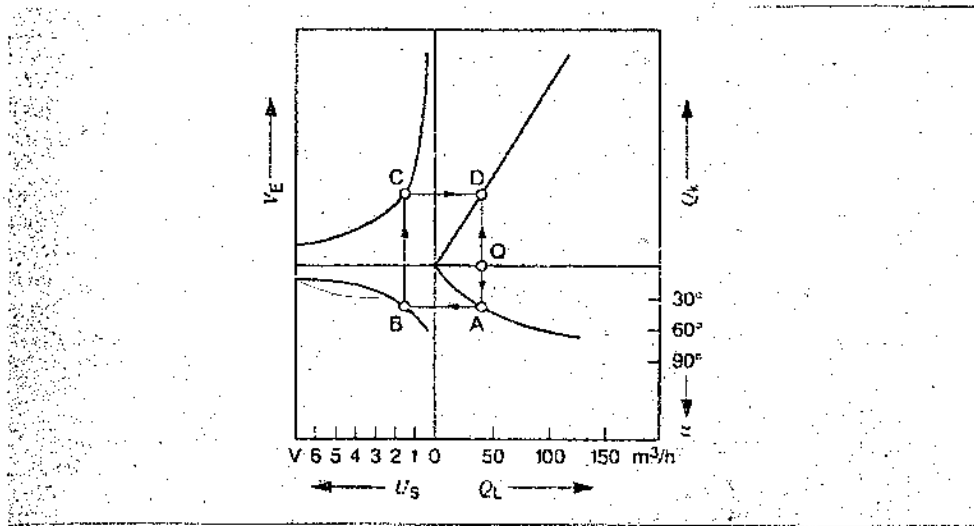
Η αρχή λειτουργίας του μετρητή ροής όγκου βασίζεται στη μέτρηση της δύναμης που εξασκείται από τη ροή του αέρα που αναρροφά ο κινητήρας πάνω σε ένα αιωρούμενο κλαπέ.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του συστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 7.7. Το κλαπέ είναι κατάλληλα διαμορφωμένο έτσι ώστε η ελεύθερη διατομή ροής να αυξάνει κατά την αύξηση της παροχής αέρα. Για την απόσβεση των κραδασμών που προκαλούνται από τις απότομες μεταβολές φορτίου, καθώς επίσης και από το άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων, υπάρχει ένα κλαπέ αντιστάθμισης. Ένα σπειροειδές ελατήριο πιέζει το κλαπέ στην κλειστή θέση. Ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η γωνία του κλαπέ να μεταβάλλεται λογαριθμικά σε σχέση με την ποσότητα αέρα που αναρροφάται. (Σχήμα 7.8)



**Σχήμα 7.7:** Αισθητής μέτρησης παροχής όγκου αέρα εισαγωγής (BOSCH)  
 α) πλευρά διόδου αέρα  
 β) πλευρά ηλεκτρικών συνδέσεων

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



**Σχήμα 7.8:** Καμπύλες εξάρτησης μεταξύ παροχής αέρα ( $Q_L$ ), γωνίας κλαπέ ( $\alpha$ ), τάσης ποτενσιόμετρου ( $U_S$ ) και ποσότητας ψεκαζόμενου καυσίμου ( $V_E$ )  
 ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑΙ

Η γωνία του κλαπέ μετατρέπεται σε σήμα τάσης σε ένα ποτενσιόμετρο. Ο δρομέας του ποτενσιόμετρου κινείται πάνω σε μια ράγα η οποία αποτελείται από οκτώ τμήματα υψηλής ωμικής αντίστασης. Σε κάθε τέτοιο τμήμα είναι συνδεδεμένη παράλληλα μια χαμηλή ωμική αντίσταση. Η μεταλλική ράγα είναι σχηματισμένη πάνω σε μια πλάκα από κεραμικό υλικό το οποίο χρησιμεύει σαν υπόστρωμα. Έτσι το κλαπέ μέτρησης κατά την κίνησή του παρασύρει το δρομέα του ποτενσιόμετρου με συνέπεια την παραγωγή τάσης στην έξοδό του. Η ρύθμιση του ποτενσιόμετρου είναι τέτοια ώστε να δίνει αντιστρόφως ανάλογη εξάρτηση μεταξύ ποσότητας αέρα και παραγόμενης τάσης. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που συνθέτουν τη διάταξη του συστήματος μέτρησης είναι μόνο αντιστάσεις για να μην επηρεάζεται η λειτουργία του ποτενσιόμετρου από τις μεταβολές που προκαλούνται είτε λόγω παλαιώσης, είτε λόγω των αυξομειώσεων της θερμοκρασίας.

Μια ρυθμιζόμενη διατομή παράκαμψης επιτρέπει το βραχυκύκλωμα του μετρητή από ορισμένη ποσότητα αέρα. Η μεταβολή της διατομής παράκαμψης παρέχει τη δυνατότητα εύκολης ρύθμισης της ποιότητας μίγματος λ στην κατάσταση ρελαντί.

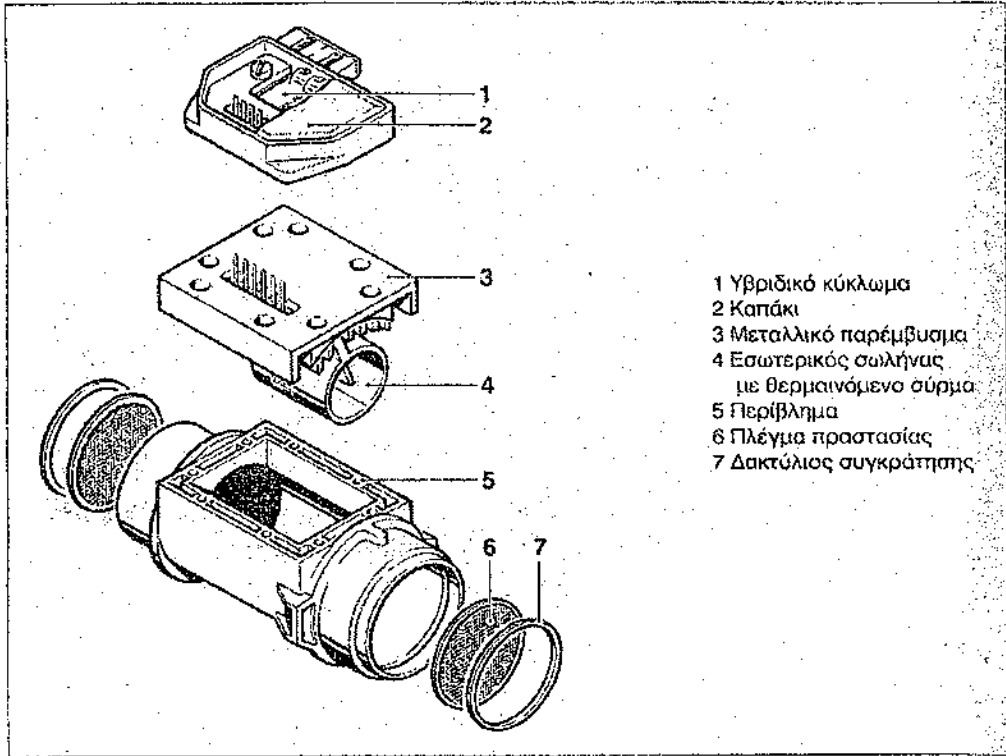
Η τεχνική μέτρησης της ροής όγκου αέρα με μετρητή τύπου κλαπέ, τείνει να εξαλειφθεί σήμερα εξαιτίας των προβλημάτων που δημιουργούνται στην ακρίβεια και την αξιοπιστία του συστήματος και οφείλονται κυρίως στην ανομοιόμορφη φθορά των κινητών εξαρτημάτων του (αύξηση ανοχών).

### ▪ 7.1.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΑΖΑΣ ΑΕΡΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

Ο καθορισμός του φορτίου του κινητήρα με μέτρηση της παροχής μάζας του αέρα εισαγωγής, παρέχει τη δυνατότητα απευθείας υπολογισμού της ποσότητας του εγχεόμενου καυσίμου. Για το λόγο αυτό η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί έναντι των προαναφερθέντων καθώς το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι ανεξάρτητο της πυκνότητας του αέρα.

Η μέτρηση της παροχής μάζας αέρα πραγματοποιείται με τεχνολογία *αενομετρίας θερμού σύρματος*. Η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στη ρύθμιση του ρεύματος που διαρρέει μια θερμαινόμενη αντίσταση έτσι ώστε να αντισταθμίζονται οι μεταβολές που προκαλούνται στη θερμοκρασία της, κατά τη ροή ενός ρευστού χαμηλότερης θερμοκρασίας, το οποίο ψύχει την αντίσταση. Αυτή η τιμή του απαιτούμενου ρεύματος αποτελεί μέτρο της ροής μάζας του ρευστού.

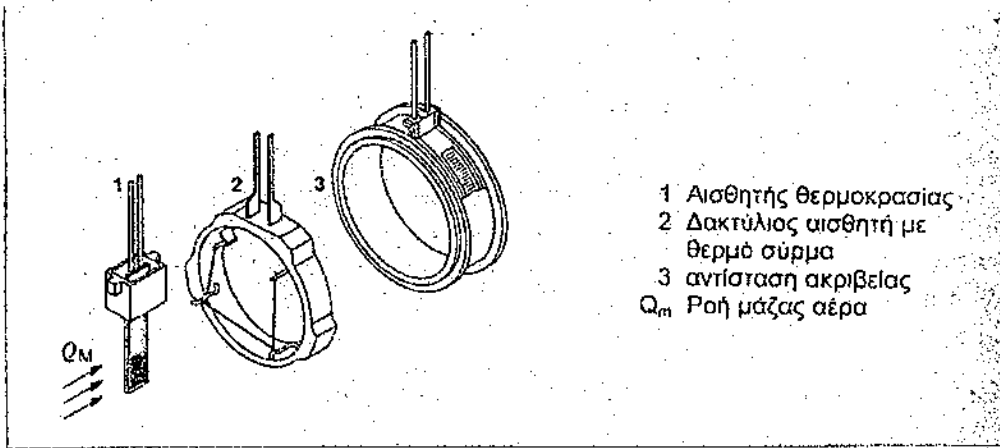
Η κατασκευαστική διαμόρφωση του συστήματος μέτρησης παρουσιάζεται στα σχήματα 7.9 και 7.10. Όπως φαίνεται, το ρόλο της θερμαινόμενης αντίστασης παίζει ένα πολύ λεπτό σύρμα, το οποίο είναι κατασκευασμένο από υλικό με ειδική αντίσταση, ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές μεταβολές. Το υλικό αυτό συνήθως είναι Pd ή μίγμα Pd- Ir. Το σύρμα θερμαίνεται ηλεκτρικά σε θερμοκρασία ελαφρά υψηλότερη του ρεύματος αέρα που το διαρρέει. Για την αντιστάθμιση των μεταβολών της θερμοκρασίας του αέρα χρησιμοποιείται ένας τυπικός αισθητής θερμοκρασίας, π.χ θερμίστορ. Το θερμαινόμενο σύρμα και ο αισθητής αποτελούν μέρη μιας γέφυρας Wheatstone, η οποία τροφοδοτείται με τάση μέσω ενός τελεστικού ενισχυτή (Σχ.7.11).



- 1 Υβριδικό κύκλωμα
- 2 Καπάκι
- 3 Μεταλλικό παρέμβυσμα
- 4 Εσωτερικός σωλήνας με θερμαινόμενο σύρμα
- 5 Περίβλημα
- 6 Πλέγμα προστασίας
- 7 Δακτύλιος συγκράτησης

**Σχήμα 7.9:** Μετρητής ροής μάζας αέρα εισαγωγής με τεχνολογία ανεμομετρίας θερμού σύρματος (BOSCH)

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



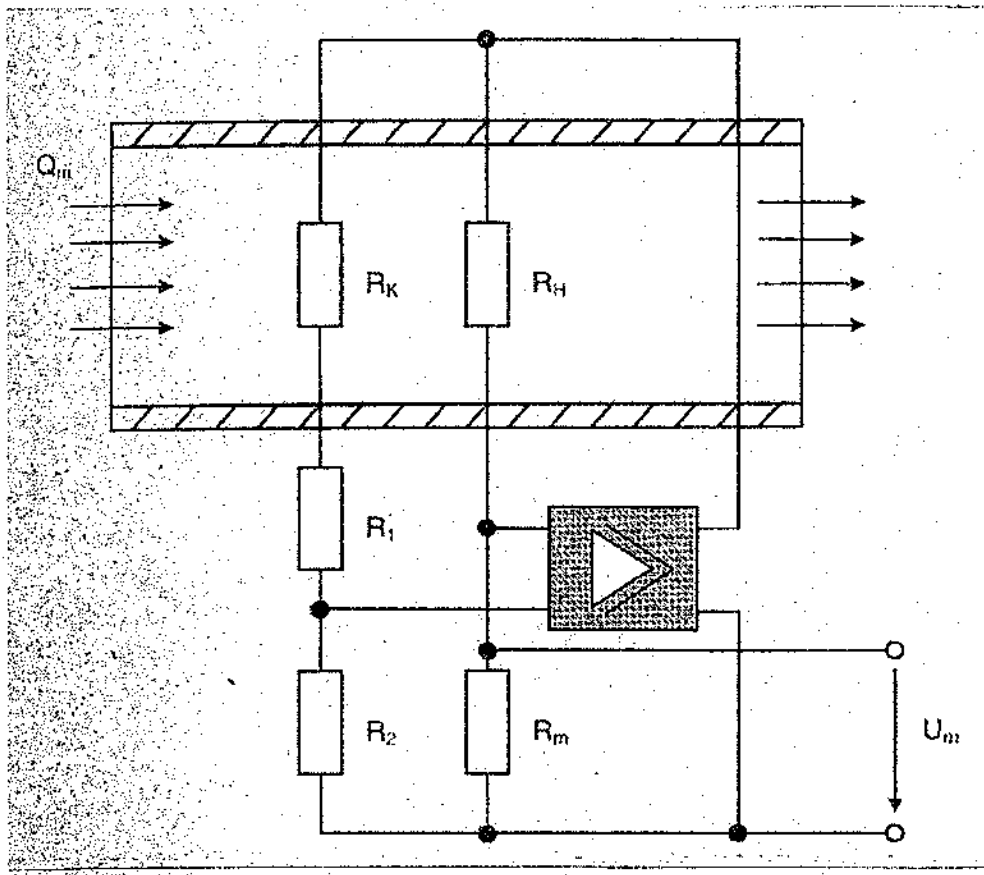
- 1 Αισθητής θερμοκρασίας
- 2 Δακτύλιος αισθητή με θερμό σύρμα
- 3 αντίσταση ακριβείας
- $Q_m$  Ροή μάζας αέρα

**Σχήμα 7.10:** Σύνθεση ανεμόμετρου θερμού σύρματος

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Κατά τη ροή του αέρα γύρω από το θερμό σύρμα η αντίστασή του μεταβάλλεται λόγω των απωλειών θερμότητας με εξαναγκασμένη συναγωγή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διαταραχή της ισορροπίας της γέφυρας και επομένως την πρόκληση διαφοράς δυναμικού στην είσοδο του ενισχυτή. Η τάση τροφοδοσίας ρυθμίζεται τότε από τον ενισχυτή, έτσι ώστε οι απώλειες θερμότητας να αντισταθμιστούν και η γέφυρα να επανέλθει σε κατάσταση ισορροπίας.

Το ρεύμα που απαιτείται κάθε φορά για τη διατήρηση σταθερής υπερθερμοκρασίας μεταξύ του σύρματος και της ροής αέρα μετατρέπεται σε σήμα τάσης σε μια από τις αντιστάσεις της γέφυρας και τροφοδοτείται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.



Σχήμα 7.11: Ηλεκτρικό κύκλωμα ροόμετρου μάζας (Διάταξη στοιχείων αισθητή σε γέφυρα)

$R_H$  Θερμό Σύρμα  $R_K$  Αντίσταση Αντιστάθμισης

$R_m$  Αντίσταση μέτρησης  $R_1, R_2$  Ρυθμιζόμενες αντιστάσεις

$U_m$  Μετρούμενη τάση  $Q_m$  Ροή μάζας αέρα ανά μονάδα χρόνου

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

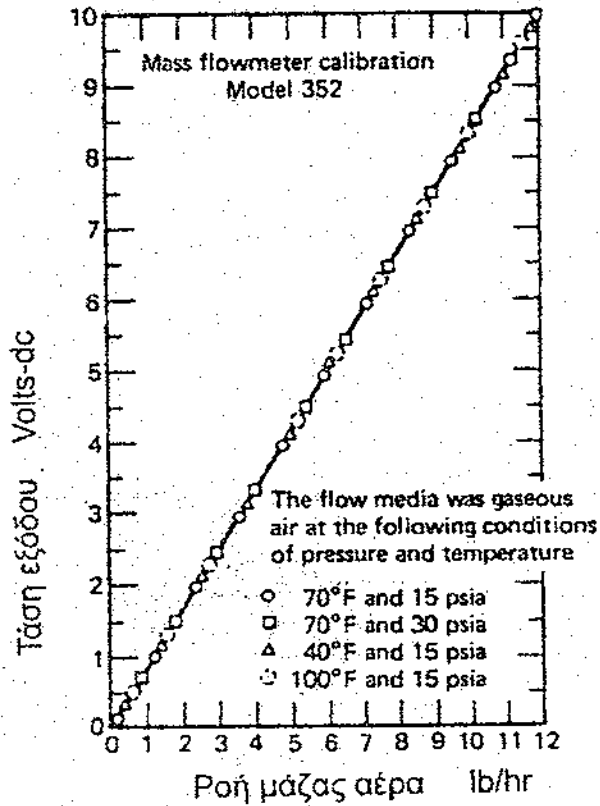
Η συσχέτιση της μεταφοράς θερμότητας με την παροχή μάζας αέρα περιγράφεται από το ακόλουθο μοντέλο (King et al):

$$\frac{dQ}{dt} = [A + B(\rho V)^{1/2}] (T_a - T_f) = P = I_a^2 R_a$$

όπου:

- **A , B:** Σταθερές βαθμονόμησης συστήματος μέτρησης
- **$\rho$  , V:** Ειδική παροχή μάζας
- **$T_a$ :** Θερμοκρασία θερμού σύρματος (K)
- **$T_f$ :** Θερμοκρασία ρεύματος αέρα (K)
- **$I_a$ :** Ένταση ρεύματος που διαρρέει το θερμαινόμενο σύρμα (A)
- **$R_a$ :** Αντίσταση θερμού σύρματος για τη συγκεκριμένη τιμή παροχής μάζας ( $\Omega$ )

Όπως γίνεται φανερό από την προηγούμενη σχέση, το σήμα τάσης στην έξοδο της γέφυρας παρουσιάζει μη γραμμική συμπεριφορά. Έτσι προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακρίβεια της μέτρησης στην περίπτωση διακυμάνσεων της παροχής μάζας με μεγάλο εύρος και χαμηλή συχνότητα, π.χ απότομες αλλαγές φορτίου σε χαμηλό αριθμό στροφών, απαιτείται η εισαγωγή στο κύκλωμα του ροόμετρου ενός γραμμικοποιητή. Στο σχήμα 7.12 παρουσιάζεται η καμπύλη απόκρισης ενός ροόμετρου μάζας αέρα στην έξοδο του οποίου έχει συνδεθεί ένας γραμμικοποιητής.



Σχήμα 7.12: Καμπύλη λειτουργίας ενός ανεμόμετρου θερμού σύρματος στην έξοδο του οποίου έχει συνδεθεί γραμμικοποιητής.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η εξάρτηση της αντίστασης  $R_a$  του θερμού σύρματος από τη θερμοκρασία μπορεί να παρασταθεί από την ακόλουθη γραμμική σχέση:

$$R_a = R_r[1+a(T_a - T_r)]$$

όπου:

➤  $R_r$ : Αντίσταση θερμού σύρματος στην θερμοκρασία αναφοράς



- $\alpha$  : Συντελεστής θερμικής μεταβολής της αντίστασης, ο οποίος εξαρτάται από το υλικό κατασκευής της αντίστασης

Η επικάλυψη ξένων σωματιδίων στην επιφάνεια του σύρματος μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων. Για το λόγο αυτό, κατά το σβήσιμο του κινητήρα το σύρμα θερμαίνεται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία για περίπου 1 δευτερόλεπτο, οπότε και αυτοκαθαρίζεται.

Το ανεμόμετρο θερμού σύρματος αποτελεί σήμερα τη βέλτιστη δυνατότητα μέτρησης της ροπής του κινητήρα. Ειδικότερα παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων τεχνικών μέτρησης:

- *Απευθείας μέτρηση της παροχής μάζας αέρα εισαγωγής (κύρια μεταβλητή στον υπολογισμό του εγχεόμενου καυσίμου).*
- *Απουσία κινητών μερών.*
- *Πρόκληση αμελητέας αντίστασης στη ροή του ρεύματος αέρα-Αποφυγή φαινομένων ανακυκλοφορίας.*

#### ▪ 7.1.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΑΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗ

Όπως είδαμε παραπάνω, η ρύθμιση της ροπής του βενζινοκινητήρα γίνεται με ποσοτική μεταβολή του καυσίμου μίγματος μέσω κατάλληλου στραγγαλιστικού του ρεύματος εισαγωγής αέρα, από την πεταλούδα του επιταχυντή (μεταβολή του βαθμού πλήρωσης). Συνεπώς η μέτρηση της γωνίας της πεταλούδας αποτελεί σαφή ένδειξη του φορτίου που καλείται να αντιμετωπίσει ο κινητήρας.

Η σχηματική παράσταση της διάταξης μέτρησης παρουσιάζεται στο σχήμα 7.13. Όπως φαίνεται η γωνία μετατρέπεται σε σήμα τάσης σε ένα ποτενσιόμετρο και το σχετικό σήμα μεταδίδεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Από την ανάλυση του κυκλώματος προκύπτει η παρακάτω συσχέτιση μεταξύ της στιγμιαίας γωνίας πεταλούδας και της τάσεως στην έξοδο του ποτενσιόμετρου:

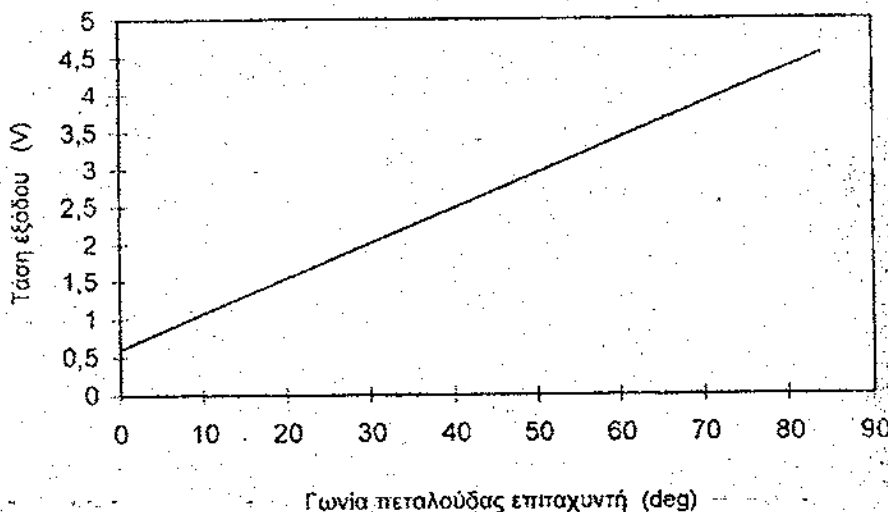
$$V(\theta) = [1/(R/R_p) + (R_p/R_m)(1-R/R_p)] * E$$

$$R/R_p = \theta_i / \theta_t$$

όπου:

- $E$  : Η τάση τροφοδοσίας του ποτενσιόμετρου, η οποία για συστήματα ψηφιακής τεχνολογίας είναι 5V.
- $R_p$  : Η συνολική αντίσταση του ποτενσιόμετρου.
- $R$  : Η στιγμιαία τιμή της αντίστασης.
- $R_m$  : Η αντίσταση του οργάνου μέτρησης ( $R_m \rightarrow \infty$ )
- $\theta_i$  : Η στιγμιαία γωνία πεταλούδας.
- $\theta_t$  : Η συνολική γωνία ανοίγματος της πεταλούδας ( $\theta_t = 90^\circ$ )

Όπως βλέπουμε από την προηγούμενη σχέση, η γραμμική συμπεριφορά του συστήματος μέτρησης εξαρτάται άμεσα από την τιμή του λόγου  $R_p/R_m$ . Στο σχήμα 7.14 παρουσιάζεται η καμπύλη λειτουργίας του ποτενσιόμετρου για διάφορες τιμές του λόγου  $R_p/R_m$ . Όπως γίνεται αντιληπτό, η γραμμική συμπεριφορά του προσεγγίζεται για  $R_p/R_m < 0.1$ .



Σχήμα 7.14: Καμπύλη λειτουργίας ενός ποτενσιόμετρου που χρησιμοποιείται σε βενζινοκινητήρα αμερικανικής κατασκευής.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

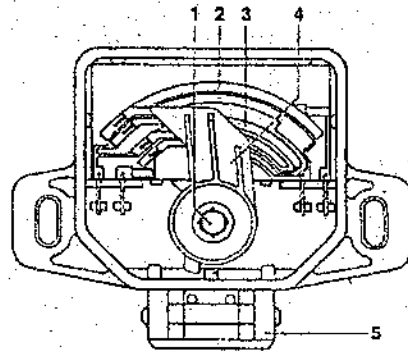
Η ανομοιόμορφη κατανομή του βαθμού πλήρωσης στο πεδίο λειτουργίας του κινητήρα σε σχέση με τη γωνία της πεταλούδας\* προβάλλει την απαίτηση αυξημένης ευκρίνειας του σήματος που παράγεται στα άκρα του ποτενσιόμετρου και μεταδίδεται στη μονάδα ελέγχου.

Μια παραλλαγή στη φιλοσοφία κατασκευής του ποτενσιόμετρου η οποία ικανοποιεί την προηγούμενη απαίτηση παρουσιάζεται στο σχήμα 7.15. Όπως φαίνεται η γωνία πεταλούδας στην περιοχή μεταξύ ρελαντί και πλήρους φορτίου κατανέμεται σε δύο παράλληλα συνδεδεμένους τομείς αντίστασης (ο πρώτος αντιστοιχεί σε γωνία από  $0^{\circ} - 24^{\circ}$  ενώ ο δεύτερος από  $18^{\circ} - 90^{\circ}$ ). Σε καθένα από τους τομείς της αντίστασης αντιστοιχεί ένας παράλληλος αγωγός ο οποίος λειτουργεί ως συλλέκτης.

Τόσο τα ελάσματα των αντιστάσεων όσο και αυτά των συλλεκτών είναι σχηματισμένα υπό μορφή επίστρωσης πάνω σε μια πλάκα από κεραμικό υλικό. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στην ακρίβεια της μέτρησης. Επιπλέον το όλο σύστημα προσαρμόζεται στο σώμα της εισαγωγής μέσω μιας ελαστικής μεμβράνης η οποία εξασφαλίζει την απορρόφηση των κραδασμών που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του κινητήρα.

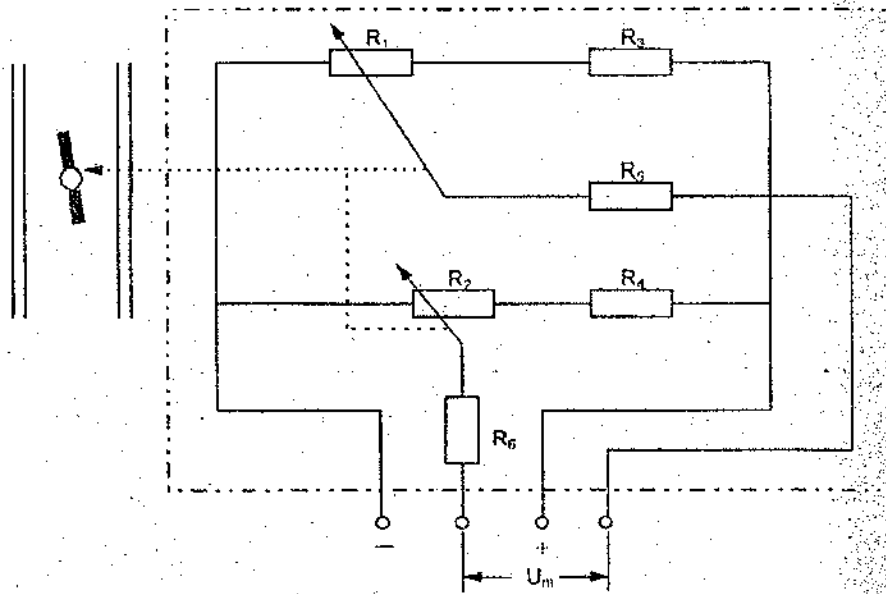
Ο καθορισμός του φορτίου με μέτρηση της γωνίας πεταλούδας είναι σήμερα ευρύτατα διαδεδομένος στα συστήματα ψεκασμού μονού σημείου λόγω του χαμηλού κόστους του ποτενσιόμετρου (ανταγωνίζεται αυτό των αισθητήρων πίεσης). Επίσης το ποτενσιόμετρο χρησιμοποιείται σε πολλά συστήματα ψεκασμού πολλαπλών σημείων ως συμπληρωματικός αισθητήρας στην περίπτωση βλάβης του κύριου αισθητήρα.

- 
- Κατά τη λειτουργία του κινητήρα σε περιοχή χαμηλού φορτίου – χαμηλού αριθμού στροφών, μεταβολή στη θέση της πεταλούδας κατά  $1.5^{\circ}$  μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στο βαθμό πλήρωσης έως και 15%, ενώ για την ίδια μεταβολή γωνίας σε περιοχή υψηλού φορτίου η μεταβολή του βαθμού πλήρωσης δεν ξεπερνά το 1%.



- 1 Άξονας πεταλούδας
- 2 Τροχιά αντίστασης 1 Ω
- 3 Τροχιά αντίστασης 2 Ω
- 4 Βραχίονας επαφών
- 5 Ηλεκτρικές συνδέσεις

(α)



(β)

**Σχήμα 7.15:** Παραλλαγή στη φιλοσοφία κατασκευής του ποτενοσιόμετρου. Κατανομή γωνίας πεταλούδας σε δύο τομείς αντίστασης (Bosch Mono- Jetronic)

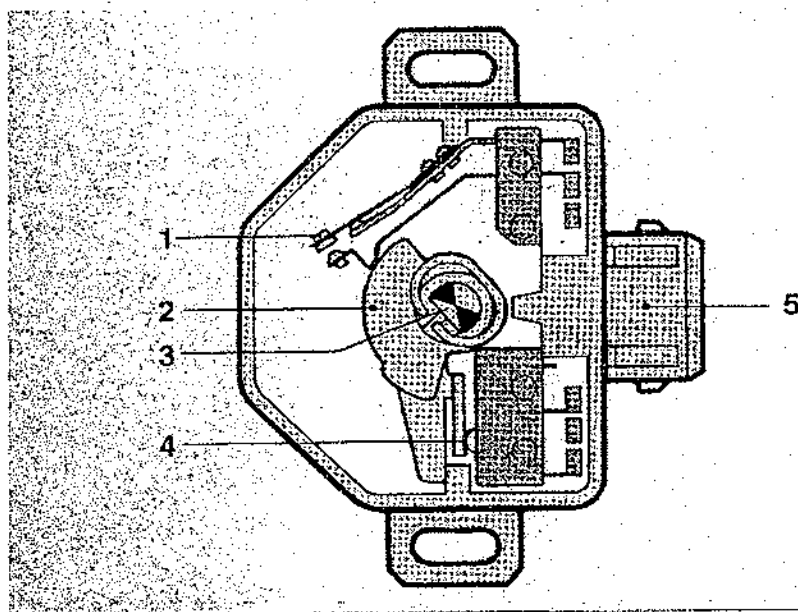
- α) κατασκευαστική διαμόρφωση
- β) κυκλωματικό διάγραμμα

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### 7.1.5 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ «ΡΕΛΑΝΤΙ», «ΠΛΗΡΟΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ»

Η αναγνώριση των καταστάσεων λειτουργίας του ρελαντί και του πλήρους φορτίου επιτρέπει στην ηλεκτρονική μονάδα τη λήψη των κατάλληλων στρατηγικών ρύθμισης της έγχυσης και της έναυσης έτσι ώστε να βελτιστοποιούνται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα (μεγιστοποίηση επιτογχανόμενης ροπής κατά τη φάση του πλήρους φορτίου, ελαχιστοποίηση κατανάλωσης καυσίμου με σύγχρονη βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα κατά τη φάση του ρελαντί.).

Η αναγνώριση των διαφορετικών επιπέδων φόρτισης του κινητήρα γίνεται μέσω ενός κυλιόμενου διακόπτη, ο οποίος είναι προσαρμοσμένος απευθείας στον άξονα της πεταλούδας του επιταχυντή (σχ. 7.16). Ο βραχίονας του διακόπτη πιέζει την επαφή ρελαντί ή πλήρους φορτίου όταν βρεθεί στις δύο ακραίες θέσεις του. Η κίνηση της ατράκτου του διακόπτη σε ενδιάμεσες θέσεις αντιστοιχεί σε λειτουργία κινητήρα στην κατάσταση μερικού φορτίου.



Σχήμα 7.16: Διακόπτης πεταλούδας επιταχυντή (Bosch Motronic)

1. Επαφή πλήρους φορτίου
2. Κυλιόμενος διακόπτης
3. Ατράκτος πεταλούδας
4. Επαφή ρελαντί

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

## 7.2 ΑΙΣΘΗΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ, ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ, ΧΡΟΝΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

### ▪ 7.2.1 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

Η μέτρηση του αριθμού στροφών και της γωνίας στροφάλου με χρήση επαγωγικού αισθητήρα χρησιμοποιείται ως η πλέον διαδεδομένη τεχνική στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρονικής διαχείρισης κινητήρων.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του επαγωγικού αισθητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 7.17. Όπως μπορούμε να δούμε οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί ένας μόνιμος μαγνήτης διαπερνούν το εσωτερικό ενός σωληνοειδούς (πηνίο) και επεκτείνονται προς τα έξω μέσα από τον αέρα και τα μαγνητικά διαπερατά εξαρτήματα του κινητήρα (π.χ τις εδράσεις του αισθητήρα). Για την αύξηση της συγκέντρωσης των δυναμικών γραμμών στο εσωτερικό του σωληνοειδούς χρησιμοποιείται ένας πυρήνας από μαλακό σίδηρο.

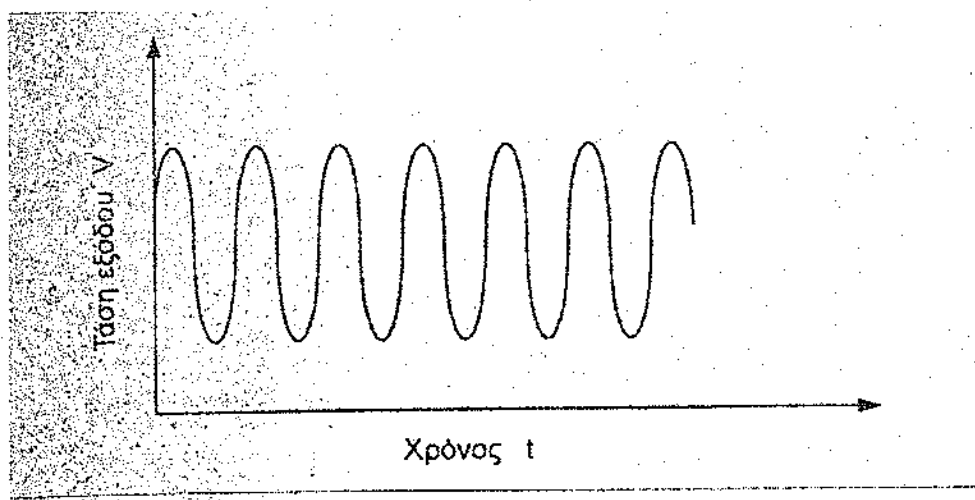
Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα βασίζεται στη δημιουργία παλμών εναλλασσόμενης τάσεως εξ'επαγωγής στο τύλιγμα του σωληνοειδούς κατά τη διέλευση από το πεδίο του μαγνήτη των δοντιών ενός φερομαγνητικού δίσκου (για κάθε δόντι που περνά μπροστά από τον αισθητήρα, επηρεάζεται το πεδίο στη διεύθυνση και τη φορά του με συνέπεια τη μεταβολή της μαγνητικής ροής που διαπερνά το σωληνοειδές). Ο οδοντωτός φερομαγνητικός δίσκος προσαρμόζεται είτε απευθείας στο στροφαλοφόρο άξονα, είτε στον άξονα του διανομέα υψηλής τάσης, όταν αυτός υπάρχει. Η αναπτυσσόμενη τάση στο τύλιγμα του σωληνοειδούς δίνεται από τη σχέση:

$$V = v_0 e^{i\omega t} = d\Phi/dt = d\theta/dt * d\Phi/d\theta = \omega * d\Phi/d\theta$$

όπου:

- $\Phi$ : Η μαγνητική ροή που διαρρέει το σωληνοειδές
- $\omega$ : Η γωνιακή ταχύτητα του φερομαγνητικού δίσκου

Όπως γίνεται φανερό από την προηγούμενη σχέση το εύρος και η συχνότητα της παραγόμενης τάσης εξαρτώνται άμεσα από τον αριθμό στροφών του κινητήρα. Έτσι κατά τη μείωση του αριθμού στροφών το σήμα εξόδου του αισθητή εξασθενεί μέχρι την υπέρβαση κάποιου ορίου (περίπου 10 rpm) οπότε πρακτικά μηδενίζεται. Επιπλέον η κυματομορφή της παραγόμενης τάσης εξαρτάται έμμεσα από το διάκενο αέρα μεταξύ αισθητή και γραναζιού και τη θέση που είναι μονταρισμένος ο αισθητής (αξονικά ή ακτινικά προς το δίσκο). Η κυματομορφή της απόκρισης του αισθητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 7.18. Όπως φαίνεται για κάθε δόντι που περνά μπροστά από τον αισθητήρα παράγεται και ένας παλμός τάσης.



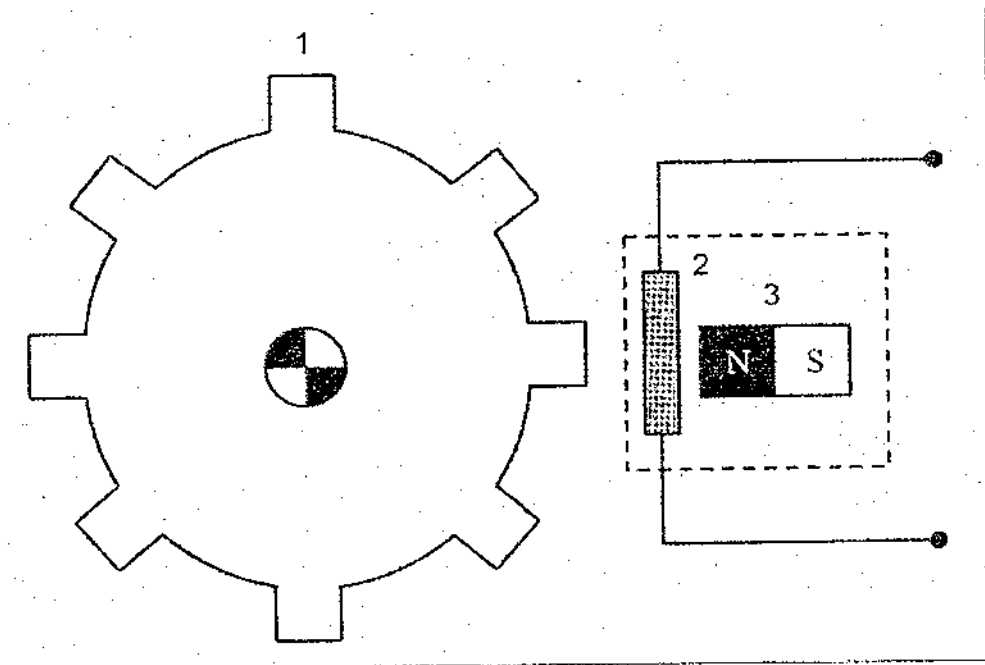
**Σχήμα 7.18** Καμπύλη απόκρισης επαγωγικού αισθητή  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Για τον υπολογισμό της γωνίας στροφάλου υπάρχει στο δίσκο ένα σημείο αναφοράς (χαλύβδινος πείρος ή έλλειμμα δοντιού) το οποίο αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη θέση εμβόλου (συνήθως Α.Ν.Σ πρώτου κυλίνδρου). Κατά τη διέλευση του σημείου αναφοράς από το πεδίο του αισθητήρα προκαλείται μια διαταραχή στην παραγόμενη κυματομορφή η οποία εμφανίζεται είτε με μορφή αιχμής αν πρόκειται για χαλύβδινο πείρο ή με μορφή επιμηκυνμένου διαστήματος μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών, αν πρόκειται για έλλειμμα δοντιού. Εξαιτίας της εξάρτησης του σήματος του αισθητήρα από την ταχύτητα περιστροφής η χρήση του καθίσταται αδύνατη για τη λήψη στατικών μετρήσεων της θέσεως του στροφαλοφόρου (μηδενική ταχύτητα περιστροφής). Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα του επαγωγικού αισθητήρα.

### 7.2.2 ΜΑΓΝΗΤΟΑΝΤΙΣΤΑΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

Ο μαγνητοαντιστατικός αισθητήρας παρουσιάζει το πλεονέκτημα της παραγωγής σήματος ανεξάρτητου από την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του αισθητήρα αυτού (σχήμα 7.19) περιλαμβάνει ένα λεπτό στρώμα ημιαγωγού το οποίο διαπερνάται από τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργείται από ένα μόνιμο μαγνήτη.



**Σχήμα 7.19:** Μαγνητοαντιστατικός αισθητήρας μέτρησης αριθμού στροφών – γωνίας στροφάλου - χρόνου λειτουργίας κινητήρα

1. Φερομαγνητικός δίσκος
2. Στρώμα ημιαγωγού
3. Μόνιμος μαγνήτης

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η αρχή λειτουργίας του μαγνητοαντιστατικού αισθητήρα βασίζεται σε μια ιδιότητα των ημιαγωγών, σύμφωνα με την οποία η ειδική αντίσταση ( $\rho$ ) του υλικού τους μεταβάλλεται συναρτήσει της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο οποίο είναι εκτεθειμένοι. Η ιδιότητα αυτή εκφράζεται από τη σχέση:



$$\rho(\mathbf{B}) = \rho_0 (1 + \gamma \mathbf{B}^2)$$

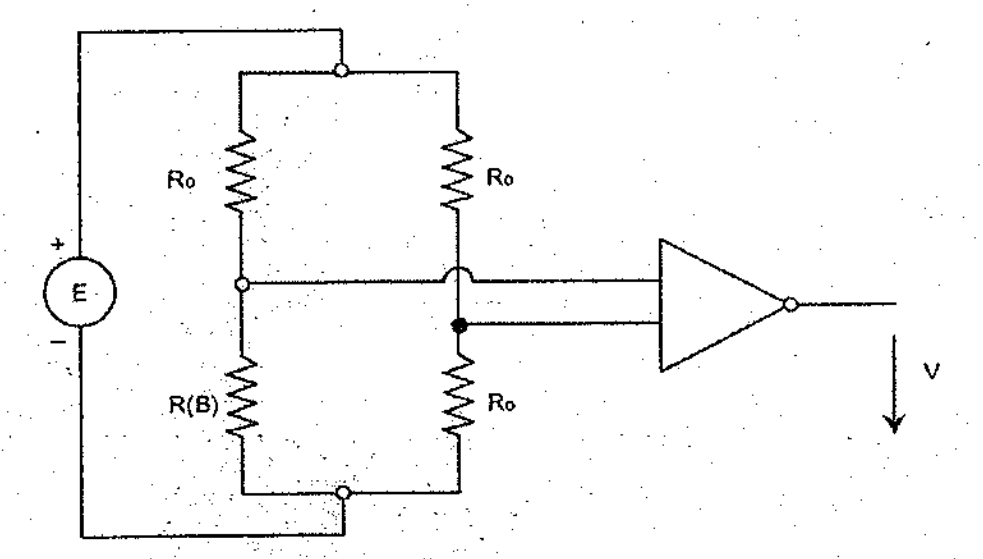
όπου  $\mathbf{B}$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου που εφαρμόζεται στο στρώμα του ημιαγωγού.

Έτσι κατά το πέρασμα των δοντιών ενός φερομαγνητικού δίσκου εμπρός από τον αισθητήρα, το πεδίο υφίσταται μεταβολή ως προς την ένταση, τη διεύθυνση και τη φορά του, με συνέπεια τη μεταβολή της αντίστασης του ημιαγωγού. Η μεταβολή της αντίστασης μετατρέπεται σε σήμα τάσης σε μια γέφυρα Wheatstone (Σχ. 7.20). Οι άλλες τρεις αντιστάσεις της γέφυρας έχουν σταθερή τιμή ίση με:

$$R_0 = R(\mathbf{B}) / \mathbf{B} = 0$$

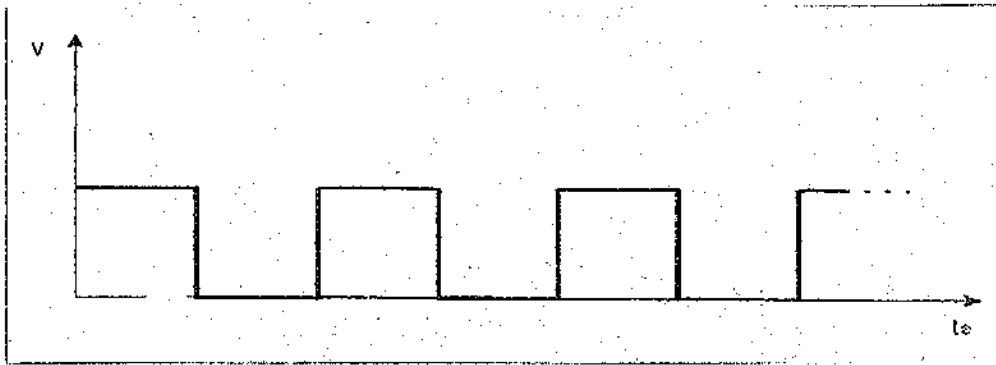
Η κυματομορφή της παραγόμενης τάσης στα άκρα της γέφυρας παρουσιάζεται στο σχήμα 7.21.

Το σημαντικό πλεονέκτημα του μαγνητοαντιστατικού αισθητήρα, σε σχέση με τον επαγωγικό αισθητήρα, είναι όπως είπαμε, ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη στατικών μετρήσεων της θέσεως του στροφαλοφόρου.



Σχήμα 7.20: Μετατροπή μεταβολών αντίστασης ημιαγωγού σε σήμα τάσης με σύνδεση του σε κύκλωμα γέφυρας.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



**Σχήμα 7.21:** Καμπύλη απόκρισης ενός μαγνητοαντιστατικού αισθητή.  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

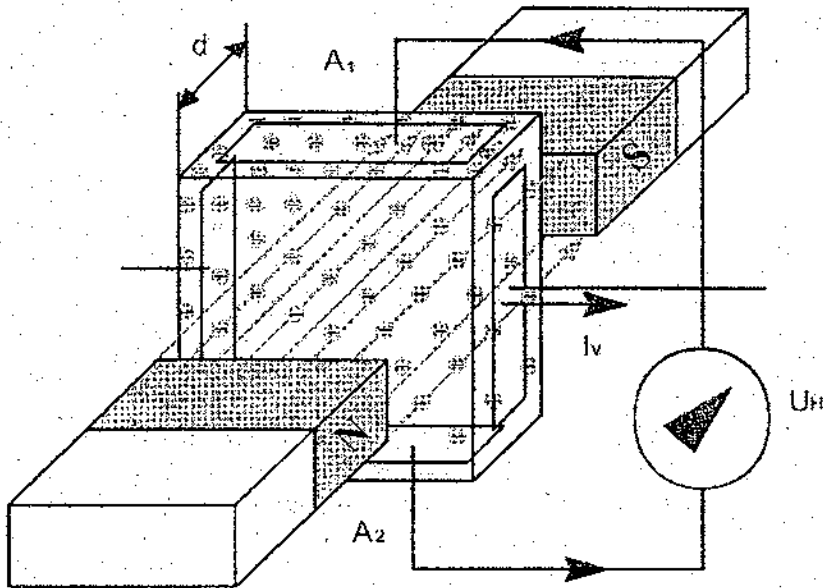
### ▪ 7.2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΣ ΤΥΠΟΥ HALL

Η αρχή λειτουργίας της παλμογεννήτριας Hall στηρίζεται στην εφαρμογή του φαινομένου Hall σε ημιαγωγούς (σχήμα 7.22). Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό τα ηλεκτρόνια που κινούνται σε μια στρώση ημιαγωγού κάθετα στις μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου δέχονται μια πλευρική ηλεκτρομαγνητική δύναμη, κάθετη στη διεύθυνση του ρεύματος, η οποία ονομάζεται *δύναμη Lorentz*. Η πλευρική δύναμη που ασκείται από το μαγνητικό πεδίο σε κάθε ηλεκτρόνιο περιγράφεται από τη σχέση:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}$$

όπου:

- **q:** Το φορτίο του ηλεκτρονίου ( $-1.6 \cdot 10^{-19}$  C)
- **v:** Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου στο στρώμα του ημιαγωγού (m/s)
- **B:** Η ένταση του μαγνητικού πεδίου (Tesla)

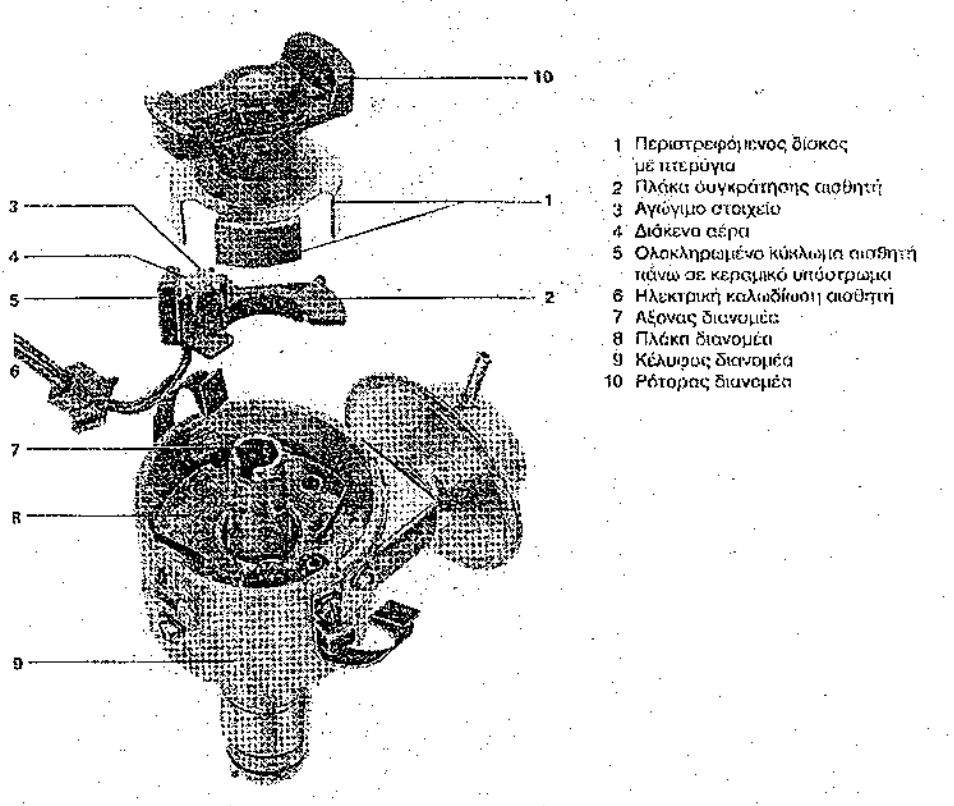


Σχήμα 7.22: Φαινόμενο Hall σε ημιαγωγούς  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

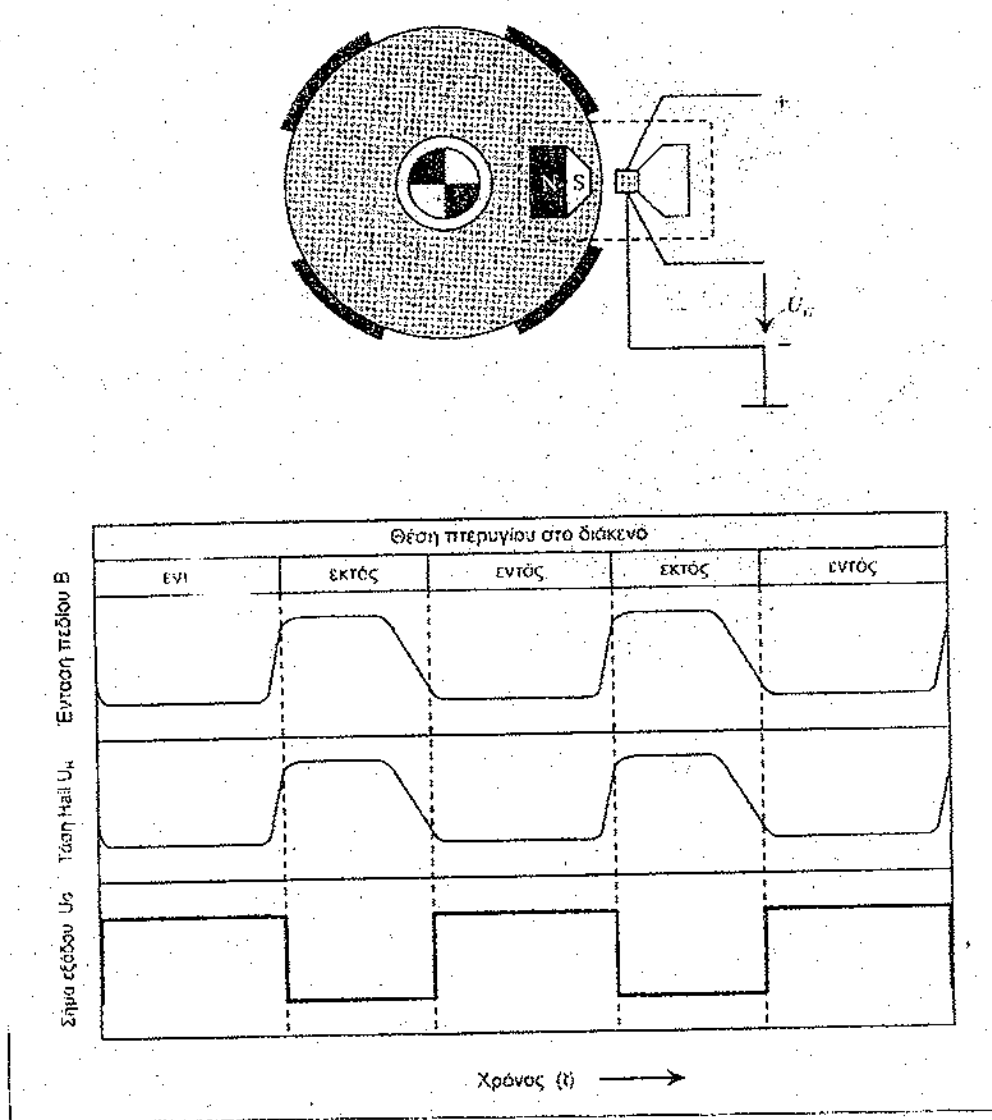
Υπό την επίδραση της δύναμης Lorentz η ροή των ηλεκτρονίων εκτρέπεται προς μια πλευρά του ημιαγωγού. Άμεση συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των ηλεκτρονίων στην πλευρά αυτή. Έτσι η διαφορά στη συγκέντρωση μεταξύ των δύο πλευρών του ημιαγωγού προκαλεί την εμφάνιση μιας εγκάρσιας διαφοράς δυναμικού (διαφορά δυναμικού Hall). Πρέπει στο σημείο αυτό να πούμε ότι το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού εξαρτάται από την ένταση του πεδίου που εφαρμόζεται στο στρώμα του ημιαγωγού.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση της παλμογεννήτριας Hall παρουσιάζεται στο σχήμα 7.23. Ένας πτερυγοφόρος φερομαγνητικός δίσκος ο οποίος συνήθως προσαρμόζεται στον άξονα του διανομέα, χρησιμοποιείται για τη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου που εφαρμόζεται στο στρώμα του ημιαγωγού. Έτσι κατά την περιστροφή του δίσκου τα πτερύγιά του παρεμβάλλονται διαδοχικά μεταξύ του μαγνήτη και του ημιαγωγού στρώματος προκαλώντας την περιοδική διέγερση και αποδιέγερση του κυκλώματος Hall. Η κυματομορφή του παραγόμενου σήματος στην έξοδο του αισθητή παρουσιάζεται στο σχήμα 7.24.

Η παλμογεννήτρια Hall παρουσιάζει το πλεονέκτημα της παραγωγής σήματος σταθερού εύρους ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής του φερομαγνητικού δίσκου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στη λήψη στατικών μετρήσεων της θέσεως του εκκεντροφόρου άξονα (καθορισμός χρόνου λειτουργίας κινητήρα κατά τη φάση της εκκίνησης στα συστήματα με διαδοχικό ψεκασμό).



**Σχήμα 7.23:** Προσαρμογή παλμογεννήτριας Hall στον άξονα του διανομέα.  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



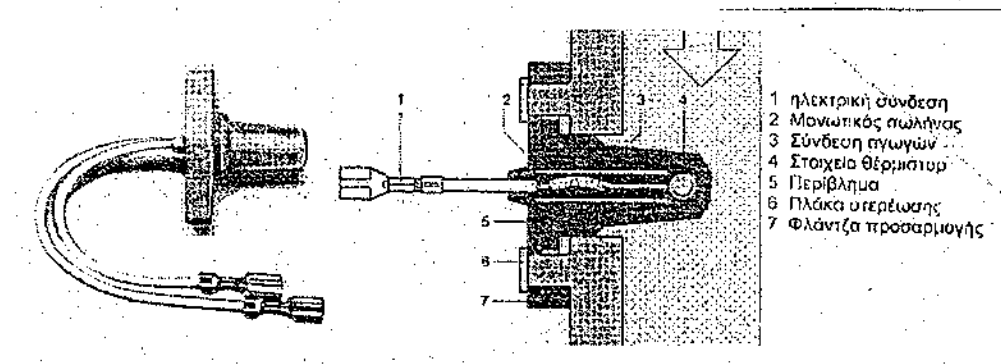
**Σχήμα 7.24:** Κυματομορφές μαγνητικής επαγωγής (B), τάσης Hall ( $U_H$ ) και σήματος εξόδου αισθητή ( $U_O$ ).

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### ▪ 7.2.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ – ΑΕΡΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.

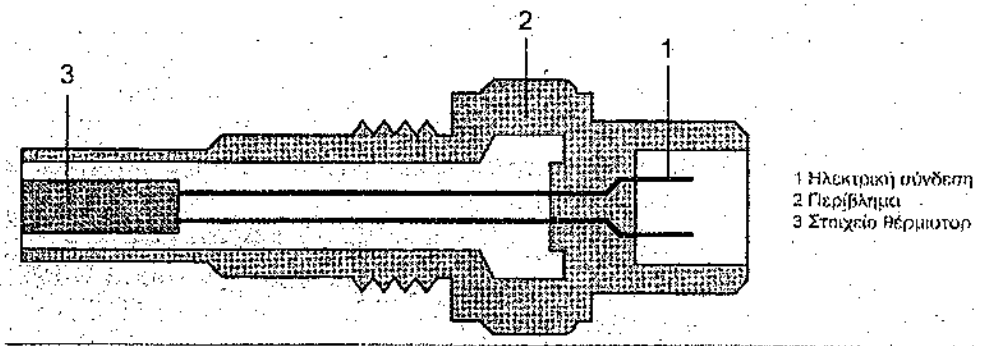
Η προσαρμογή της ποσότητας του εγγεόμενου καυσίμου και της προπορείας έναυσης στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα γίνεται από τη μονάδα ελέγχου με βάση τις πληροφορίες που δέχεται για τη θερμοκρασία του κινητήρα και του αέρα εισαγωγής.

Η μέτρηση των θερμοκρασιών του κινητήρα και του αέρα εισαγωγής γίνεται κατά τεκμήριο με θερμίστορς.



Σχήμα 7.25: Αισθητής θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



Σχήμα 7.26: Αισθητής θερμοκρασίας κινητήρα  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Ως θερμίστορες χαρακτηρίζονται μίγματα ημιαγωγών υλικών ( $\text{NiO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  και  $\text{CO}_2\text{O}_3$ ) η αντίσταση των οποίων παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας (συμπεριφορά τύπου NTC). Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των ηλεκτρικών φορέων (ηλεκτρονίων, οπών) κατά την αύξηση της θερμοκρασίας. Η μεταβολή της αντίστασης συναρτήσεως της θερμοκρασίας περιγράφεται με το ακόλουθο εκθετικό μοντέλο.

$$R = R_0 e^{\beta(1/T - 1/T_0)}$$

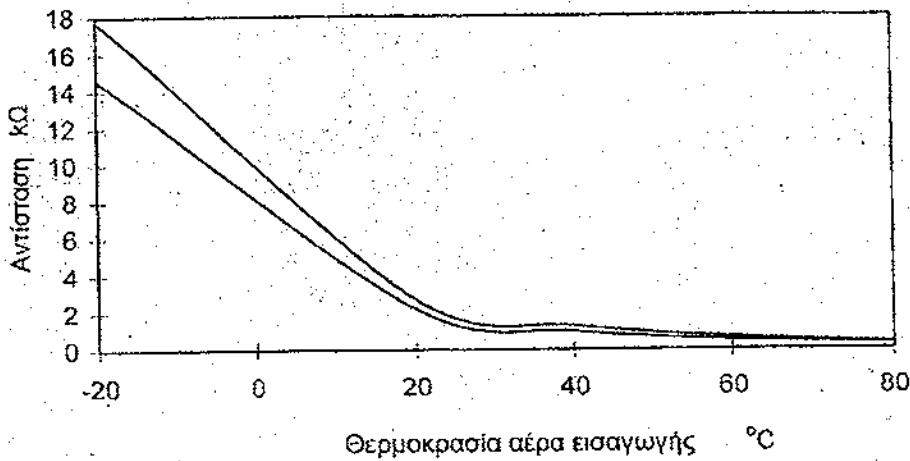
όπου:

- $R$ : Αντίσταση θερμίστορ σε θερμοκρασία  $T_a$
- $R_0$ : Αντίσταση θερμίστορ στη θερμοκρασία αναφοράς  $T_0$
- $\beta$ : Σταθερά, τιμή της οποίας εξαρτάται από το υλικό (3000K – 5000K)
- $T$ ,  $T_0$ : Απόλυτες θερμοκρασίες

Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι η ευαισθησία του θερμίστορ ισούται με:

$$S = \Delta R/R / \Delta T = - \beta/T^2$$

Οι καμπύλες απόκρισης των αισθητών θερμοκρασίας κινητήρα και αέρα εισαγωγής παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 7.27: Καμπύλη λειτουργίας αισθητή θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής (απόκλιση)  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΒΕΒΛΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Ο αισθητής θερμοκρασίας κινητήρα τοποθετείται στο κύκλωμα ψύξης μετά τον θερμοστάτη. Σε ότι αφορά τον αισθητή θερμοκρασίας αέρος αυτός τοποθετείται στην είσοδο του συστήματος εισαγωγής σε κεντρικό σημείο, έτσι ώστε η λήψη της μέτρησης να γίνεται στο σημείο που η ταχύτητα της ροής μεγιστοποιείται.

## ▪ 7.2.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΟΞΥΓΟΝΟ

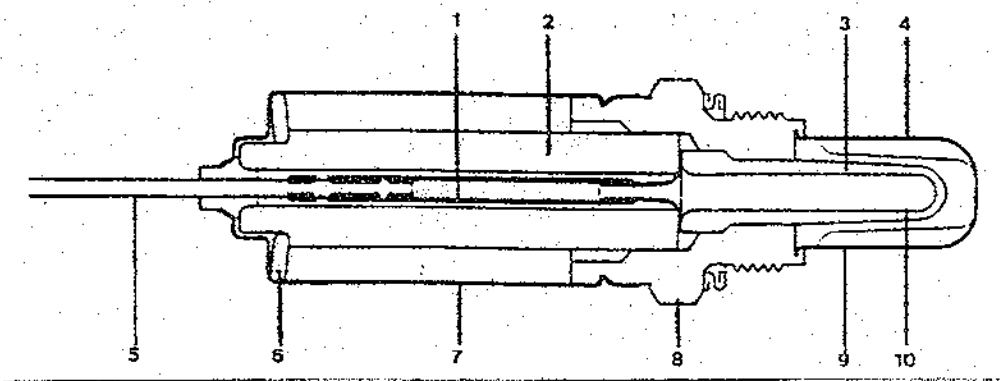
### ▪ 7.2.5.1 Αισθητήρας λ

Στα συστήματα επεξεργασίας καυσαερίου με τριοδικό ρυθμιζόμενο καταλυτικό μετατροπέα, η επίτευξη ταυτόχρονης μετατροπής των τριών ρύπων: CO, HC και NO με υψηλό βαθμό απόδοσης, απαιτεί τη λειτουργία του κινητήρα σε μια στενή περιοχή γύρω από τη στοιχειομετρική σχέση ( $\lambda = 13\%$ ). Η απαίτηση αυτή μπορεί να



υλοποιηθεί εάν η ποσότητα του εγγεόμενου καυσίμου ρυθμίζεται σε κύκλωμα κλειστού βρόγχου, έτσι ώστε η ποιότητα μίγματος λ να διατηρείται συνεχώς εντός των προβλεπόμενων ορίων ανεξάρτητα από την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος ελέγχου στηρίζεται στη μέτρηση της περιεκτικότητας του καυσαερίου σε ελεύθερο οξυγόνο, η οποία αποτελεί σαφή ένδειξη της σύστασης του μίγματος. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε αρχικά από τη BOSCH ένας ειδικός αισθητής (αισθητήρας λ) η λειτουργία του οποίου μοιάζει με αυτήν του ηλεκτρολυτικού κελιού.



Σχήμα 7.28: [ Αισθητήρας λ]

1 Αγωγός	6 Ελατήριο
2 Κεραμικό στοιχείο προστασίας	7 Προστατευτικό κέλυφος
3 Κεραμικό στοιχείο αισθητή	8 Κοχλιοτομημένο περίβλημα
4 Προστατευτικό κάλυμμα (πλευρά καυσαερίου)	9 Ηλεκτρόδιο (-)
5 Ηλεκτρική σύνδεση	10 Ηλεκτρόδιο (+)

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### Κατασκευαστική διαμόρφωση:

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του αισθητήρα λ παρουσιάζεται στο προηγούμενο σχήμα. Όπως φαίνεται ο αισθητής αυτός συνθέτεται κατά βάση από ένα επίμηκες δακτυλιοειδές κεραμικό στοιχείο οι δύο επιφάνειες του οποίου είναι εκτεθειμένες η μεν εξωτερική στη ροή των καυσαερίων και η δε εσωτερική στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι δύο επιφάνειες είναι επικαλυμμένες με επίστρωση πορώδους αεροδιαπερατής πλατίνας (Pd) η οποία αφενός ασκεί καταλυτική δράση και αφετέρου

λειτουργεί σαν συνεχές ηλεκτρόδιο με συνέπεια τη δημιουργία ενός εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος στην επιφάνεια του δακτυλίου.

Ο επιμήκης κεραμικός δακτύλιος είναι κατασκευασμένος από διοξείδιο του ζirkονίου ( $ZrO_2$ ) στη μάζα του οποίου έχει διασπαρθεί μικρή ποσότητα οξειδίου του υτρίου ( $Y_2O_3$ ). Η διασπορά του τρισθενούς υτρίου στο κρυσταλλικό πλέγμα της τετραθενούς ζirkονίας έχει τις ακόλουθες επιδράσεις:

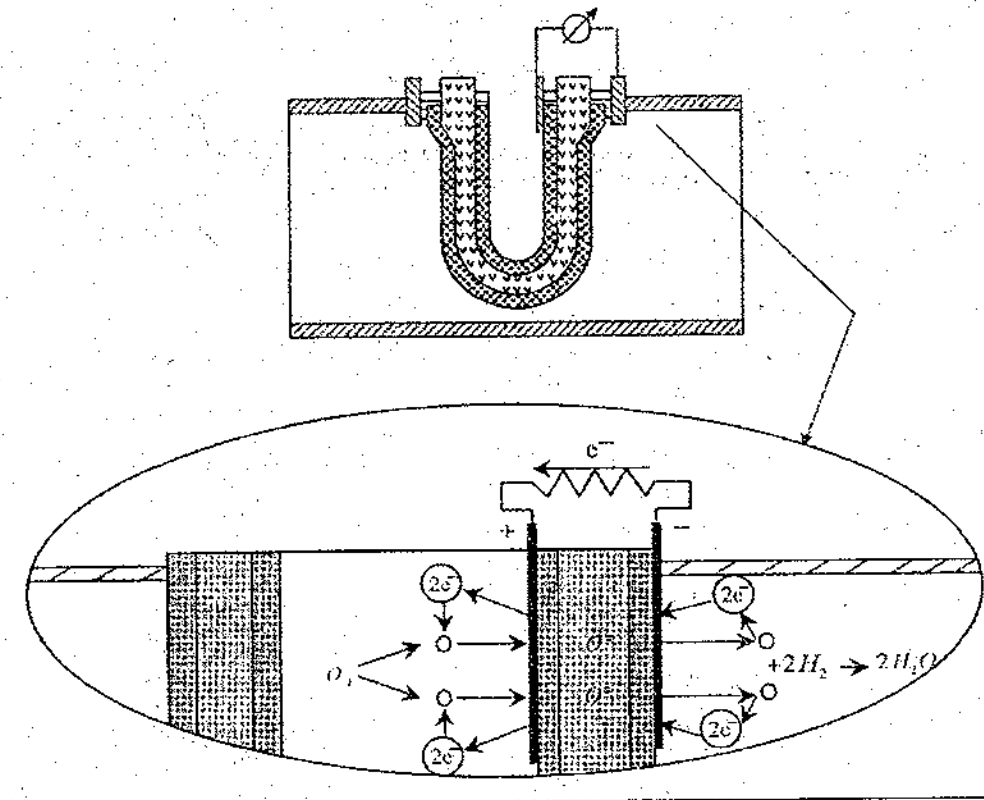
- Σταθεροποίηση του  $ZrO_2$  και αύξηση της αντοχής του σε θερμική καταπόνηση.
- Δημιουργία ατελειών στον κρύσταλλο του  $ZrO_2$  μέσα από τις οποίες επιτρέπεται μόνο η διάχυση ιόντων οξυγόνου. Τα υλικά που παρουσιάζουν τη συμπεριφορά αυτή είναι γνωστά στη βιβλιογραφία ως "ion selective" solid materials.

Στην εκτεθειμένη στα καυσαέρια πλευρά πάνω από το στρώμα της πλατίνας υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό στρώμα υψηλής διαπερατότητας. Ρόλος του στρώματος αυτού είναι η προστασία της πλατίνας από τυχόν μολύνσεις οι οποίες μπορούν να προκληθούν από τα κατάλοιπα της καύσης (μείωση ενεργής καταλυτικής επίστρωσης). Ένας διάτρητος μεταλλικός σωλήνας προσφέρει επιπλέον προστασία στον κεραμικό αισθητήρα καθώς εμποδίζει το σχηματισμό στερεών επικαθήσεων στην επιφάνειά του, ενώ παράλληλα μειώνει τις επιδράσεις των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας στην εξαγωγή κατά τη μετάβαση του κινητήρα από τη μια κατάσταση λειτουργίας στην άλλη.

Το κεραμικό στοιχείο είναι στερεωμένο σε ένα κοχλιοτομημένο περίβλημα μαζί με τις ηλεκτρικές του επαφές. Πάνω από το κοχλιοτομημένο περίβλημα υπάρχει ένα επιπλέον μεταλλικό προστατευτικό κέλυφος το οποίο φέρει εγκοπές για τον εξαερισμό του αισθητή. Το κέλυφος αυτό συγκρατεί ένα ελατήριο το οποίο εξασφαλίζει την καλή επαφή του κεραμικού στοιχείου με τον αγωγό του θετικού ηλεκτροδίου. Ο αγωγός μέχρι την έξοδό του από τον αισθητή είναι μονωμένος από ένα δευτερεύον δακτυλιοειδές κεραμικό στοιχείο.

#### Λειτουργία αισθητήρα λ:

Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα λ στηρίζεται στο φαινόμενο μεταφοράς ιόντων οξυγόνου διαμέσου του κεραμικού τοιχώματος του δακτυλίου από την πλευρά που είναι εκτεθειμένη στον ατμοσφαιρικό αέρα σε αυτήν που είναι εκτεθειμένη στη ροή του καυσαερίου.



**Σχήμα 7.29:** Αρχή λειτουργίας αισθητήρα λ  
 [ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

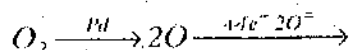
Οι ηλεκτροχημικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του κεραμικού δακτυλιοειδούς στοιχείου μπορούν να ταξινομηθούν με τη σειρά που αυτές συμβαίνουν ως εξής:

1. Καταλυτική διάσπαση του μοριακού οξυγόνου του ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της πλατίνας. Κάθε άτομο οξυγόνου που ελευθερώνεται κερδίζει δύο ηλεκτρόνια και μετατρέπεται σε αρνητικά φορτισμένο ιόν.
2. Μετακίνηση των ιόντων οξυγόνου μέσα από το κεραμικό τοίχωμα του δακτυλίου προς την επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στη ροή των καυσαερίων.
3. Απώλεια των δύο έξτρα ηλεκτρονίων κατά την έξοδο των ιόντων στην πλευρά του καυσαερίου. Τα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται μεταφέρονται διαμέσου του ηλεκτρικού κυκλώματος που σχηματίζει η επικάλυψη της πλατίνας με συνέπεια την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης στα άκρα των δύο ηλεκτροδίων. Τα σχηματιζόμενα άτομα

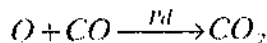
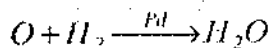
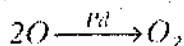
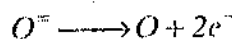
οξυγόνου είτε αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας μοριακό οξυγόνο είτε αντιδρούν με το  $H_2$  ή το  $CO$  που περιέχεται στο καυσαέριο σχηματίζοντας  $H_2O$  ή  $CO_2$  αντίστοιχα.

Οι προηγούμενες ηλεκτροχημικές διεργασίες μπορούν να παρασταθούν συνοπτικά από τις παρακάτω αντιδράσεις:

a) Εσωτερική επιφάνεια δακτυλίου (πλευρά ατμόσφαιρας):



b) Εξωτερική επιφάνεια δακτυλίου (πλευρά καυσαερίου): scan



Από τα προηγούμενα γίνεται φανερό ότι ο αισθητήρας λ παρουσιάζει συμπεριφορά κελιού καυσίμου στο οποίο το ρόλο του ηλεκτρολύτη παίζει το εμπλουτισμένο σε οξυγόνο κεραμικό στρώμα ζirkονίας (στερεός ηλεκτρολύτης).

Όπως έχει αποδειχθεί η κινούσα δύναμη κατά τη μετακίνηση των ιόντων οξυγόνου μέσα στο κεραμικό στοιχείο είναι η διαφορά συγκέντρωσης σε μοριακό οξυγόνο μεταξύ των δύο πλευρών του δακτυλίου.

Η αναπτυσσόμενη τάση στα άκρα του εξωτερικού κυκλώματος υπολογίζεται από την εξίσωση του Nerst:

$$V_0 = RT/4F * \ln (p''_{O_2} / p'_{O_2})$$

Όπου:

$p''_{O_2}$  : Μερική πίεση οξυγόνου στο καυσαέριο (κPa)

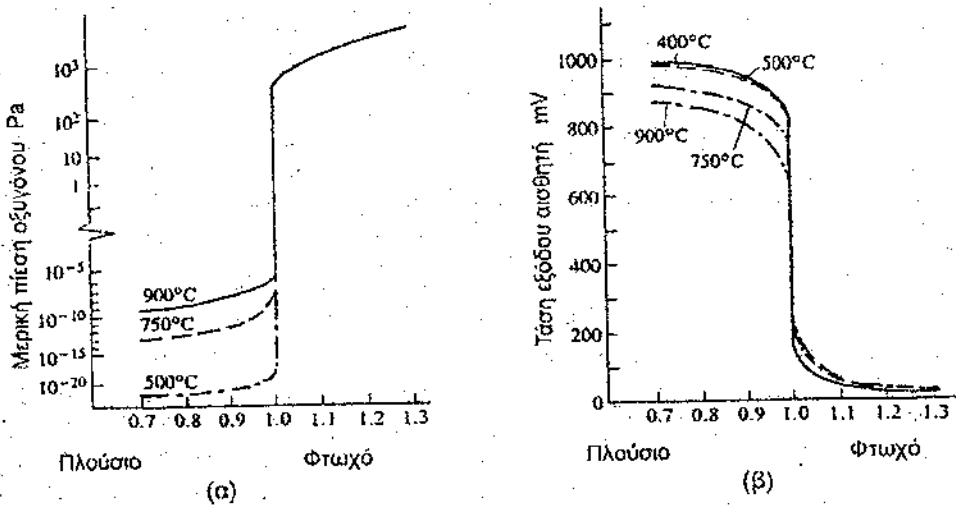
$p'_{O_2}$  : Μερική πίεση οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα (σε κανονικές συνθήκες = 20 κPa)

R: Σταθερά ιδανικού αερίου ( $R=8,3 \text{ J/mol,K}$ )

T: Θερμοκρασία καυσαερίου (K)

F: Σταθερά Faraday ( $F=96489 \text{ C/mol}$ )

Η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του αισθητή συναρτίζει της ποιότητας μίγματος  $\lambda$  και της θερμοκρασίας παριστάνεται στο παρακάτω σχήμα. Όπως φαίνεται κατά τη μετάβαση της λειτουργίας του κινητήρα από την περιοχή πλούσιου ( $\lambda < 1$ ) στην περιοχή φτωχού μίγματος ( $\lambda > 1$ ) η απότομη αύξηση στη συγκέντρωσή του  $O_2$  προκαλεί ανάλογη αύξηση στην τιμή της παραγόμενης τάσης (αύξηση από 100 σε 800 – 1000 mV). Η απότομη αυτή μεταβολή στην τιμή της τάσης χρησιμεύει ως σήμα ελέγχου ανατροφοδοσίας (feedback control signal) το οποίο πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα για τις αποκλίσεις της σύστασης του μίγματος από τη στοιχειομετρική αναλογία.



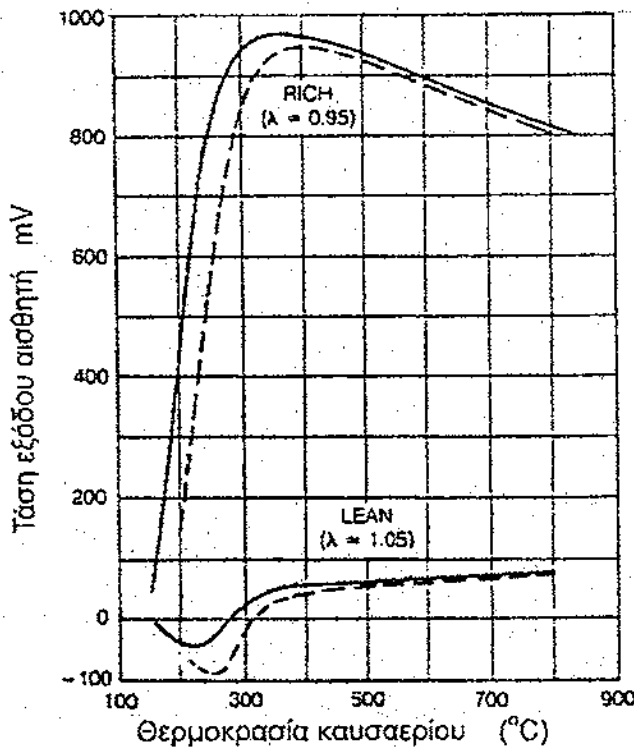
Σχήμα 7.30: Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας αισθητήρα  $\lambda$

α) Μεταβολή μερικής πίεσεως οξυγόνου στα αέρια προϊόντα της καύσης (κατάσταση ισορροπίας) συναρτίζει της ποιότητας μίγματος  $\lambda$ .

β) Τάση εξόδου αισθητήρα  $\lambda$  συναρτίζει της ποιότητας μίγματος  $\lambda$  και της θερμοκρασίας.

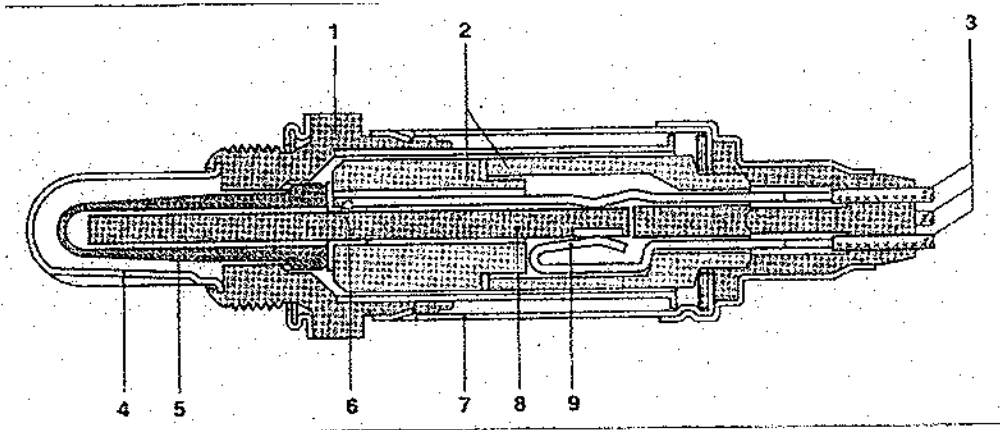
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η συμπεριφορά του αισθητήρα λ εξαρτάται ισχυρά από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Η ενεργοποίηση του αισθητή συμβαίνει σε θερμοκρασίες άνω των 300 °C (θερμοκρασία στην οποία αρχίζει να γίνεται αγωγίμο το κεραμικό στρώμα του  $ZrO_2$ ). Ο χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη της θερμοκρασίας ενεργοποίησης αποτελεί κρίσιμο χαρακτηριστικό για τη λειτουργία του κλειστού κυκλώματος ελέγχου λ ιδιαίτερα κατά τη φάση της ψυχρής εκκίνησης (φάση με υψηλές εκπομπές ρύπων) όπου η θερμοκρασία καυσαερίου είναι χαμηλή. Αυτός ο χρόνος είναι περίπου της τάξεως των 150s. Στα σύγχρονα συστήματα για την ταχύτερη επίτευξη της θερμοκρασίας ενεργοποίησης εφαρμόζεται τεχνική ηλεκτρικής θέρμανσης του αισθητήρα.



**Σχήμα 7.31:** Εξάρτηση σήματος εξόδου αισθητήρα λ από τη θερμοκρασία καυσαερίου για λειτουργία σε περιοχή πλούσιου και φτωχού μίγματος

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

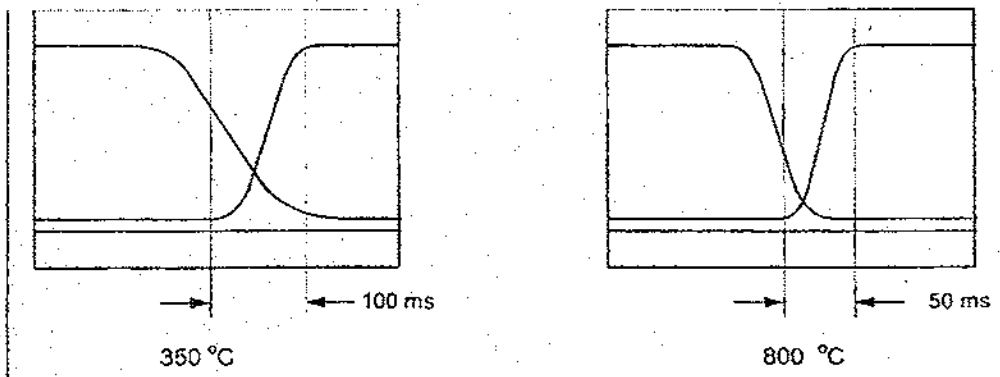


**Σχήμα 7.32:** Θερμαινόμενος αισθητήρα λ

- 1) Κοχλιοτομημένο περίβλημα 2) Προστατευτικός κεραμικός σωλήνας 3) Ηλεκτρικές συνδέσεις
- 4) Διάτρητος προστατευτικός σωλήνας κεραμικού στοιχείου αισθητή 5) Κεραμικό στοιχείο αισθητή 6) Στοιχείο επαφής 7) Προστατευτικό μεταλλικό κέλυφος
- 8) Στοιχείο θέρμανσης αισθητή 9) Ακροδέκτης ηλεκτροδίου θέρμανσης.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Ένα επιπλέον κρίσιμο χαρακτηριστικό για τη λειτουργία του κλειστού συστήματος είναι ο χρόνος αντίδρασης του αισθητή. Όπως φαίνεται στο σχήμα 7.33 ο χρόνος αντίδρασης του αισθητή είναι περίπου 100ms για θερμοκρασίες της τάξεως των 350 °C, ενώ μειώνεται στα 50 ms για θερμοκρασίες της τάξης των 800 °C. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα του αισθητήρα του αισθητήρα λ καθώς οδηγεί σε αύξηση του χρόνου απόκρισης του κλειστού συστήματος ελέγχου.



**Σχήμα 7.33:** Εξάρτηση χρόνου αντίδρασης αισθητήρα λ από τη θερμοκρασία του καυσαερίου.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

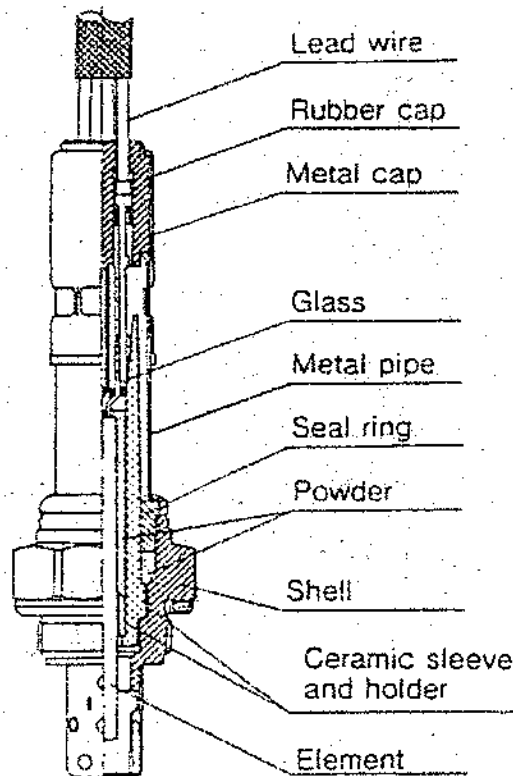
### ▪ 7.2.5.2 Αισθητής UEGO (Universal – Exhaust – Gas – Oxygen – Sensor)

Ο αισθητής UEGO σε σχέση με τον προαναφερθέντα αισθητήρα λ παρουσιάζει το πλεονέκτημα της παραγωγής σήματος με χαρακτηριστικά On – Off κατά τη μεταβολή του λόγου λ ακόμα και πέρα από τη στοιχειομετρική περιοχή. Για το λόγο αυτό η χρήση του είναι ευρύτατα διαδεδομένη στα συστήματα ελέγχου κινητήρων με μεταβαλλόμενο λ στο πεδίο λειτουργίας τους (κινητήρες φτωχής καύσης).

#### Κατασκευαστική διαμόρφωση:

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του αισθητή UEGO παρουσιάζεται στο σχήμα 7.34. Όπως φαίνεται συνθέτεται από τρία επιμήκη επίπεδα κεραμικά στοιχεία κατασκευασμένα από ζιρκόνια ( $ZrO_2$ ). Μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου στοιχείου παρεμβάλλεται ένας νεκρός όγκος ο οποίος πλευρικά περικλείεται από ένα πορώδες κεραμικό στρώμα υψηλής διαπερατότητας. Επιπλέον οι επιφάνειες των στοιχείων 1 και 2 είναι επικαλυμμένες με επίστρωση πορώδους αεροδιαπερατής πλατίνης η οποία αφενός λειτουργεί ως ηλεκτρόδιο και αφετέρου ασκεί καταλυτική δράση. Το τρίτο στοιχείο εφάπτεται με την εκτεθειμένη στο καυσαέριο επιφάνεια του δεύτερου στοιχείου και ο ρόλος του είναι η προστασία της επίστρωσης της πλατίνης από τυχόν μολύνσεις που μπορούν να προκληθούν από τα κατάλοιπα της καύσης.



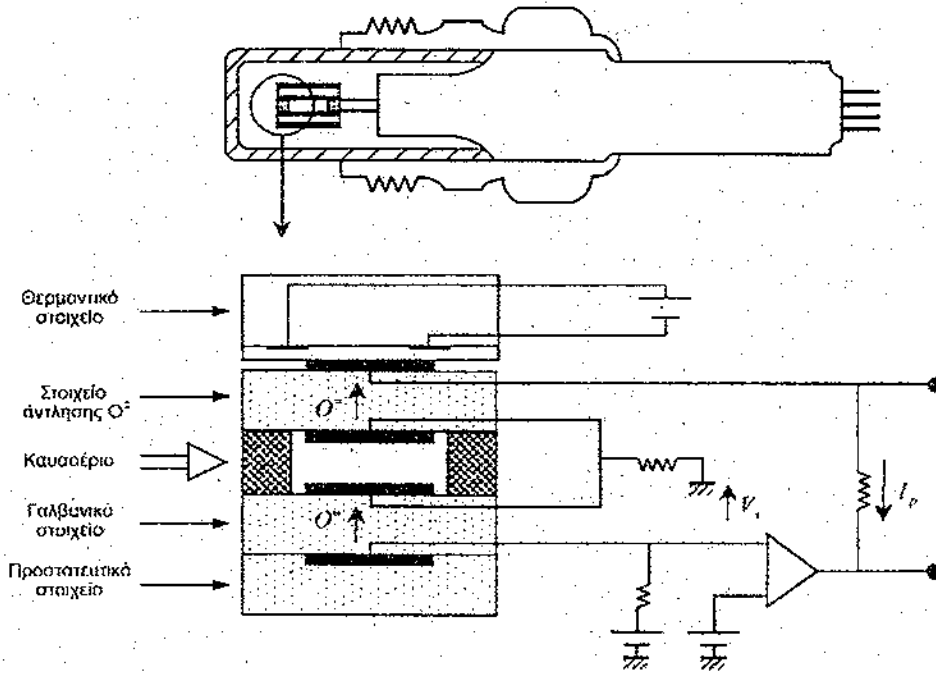


**Σχήμα 7.34:** Αισθητής UEGO (Universal Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor)

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Για την επίτευξη της θερμοκρασίας λειτουργίας του αισθητή υπάρχει ένα θερμαντικό στοιχείο από Pt το οποίο είναι σχηματισμένο υπό μορφή επικάλυψης πάνω σε ένα κεραμικό υπόστρωμα από αλουμίνα. Το στρώμα της αλουμίνας συγκολλάται στην ελεύθερη επιφάνεια του πρώτου στοιχείου με χρήση ενός πυρίμαχου ανόργανου υλικού συγκόλλησης.

Ο αισθητής είναι στερεωμένος πάνω σε ένα μεταλλικό κοχλιοτομημένο περίβλημα μαζί με τις ηλεκτρικές του επαφές. Σε αντίθεση με τον αισθητήρα λ ο αισθητής UEGO δεν έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και για το λόγο αυτό το άνω τμήμα του είναι κλεισμένο μέσα σε ένα γυάλινο αεροστεγές κέλυφος. Επιπλέον ένας διπλός διάτρητος μεταλλικός σωλήνας προστατεύει το εκτεθειμένο στο καυσαέριο τμήμα του αισθητή από το σχηματισμό στην επιφάνεια του, στερεών επικαθίσεων.



Σχήμα 7.35: Αρχή λειτουργίας αισθητή UEGO.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### Λειτουργία:

Η αρχή λειτουργίας του αισθητή UEGO στηρίζεται στη διάχυση ιόντων οξυγόνου μέσα από το στρώμα ζιρκονίας (στερεός ηλεκτρολύτης) του πρώτου στοιχείου (στοιχείο άντλησης ιόντων οξυγόνου) όταν στα άκρα των ηλεκτροδίων του εφαρμόζεται ορισμένη τιμή τάσης. Η τιμή του ρεύματος ( $I_p$ ) που διαρρέει το στρώμα εξαρτάται από τη μερική πίεση του οξυγόνου στο καυσαέριο. Επιπλέον η μεταβολή του ρεύματος σε σχέση με την εφαρμοζόμενη τάση περιορίζεται από την ταχύτητα διάχυσης των ιόντων οξυγόνου μέσα από το στρώμα.

Συνέπεια του φαινομένου της διάχυσης είναι η μεταβολή της μερικής πίεσεως του οξυγόνου στο εσωτερικό του νεκρού όγκου. Η μεταβολή αυτή προκαλεί την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης ( $V_s$ ) στα άκρα των ηλεκτροδίων του δεύτερου στοιχείου (γαλβανικό στοιχείο). Όπως γίνεται φανερό η λειτουργία του δεύτερου στοιχείου είναι όμοια με αυτήν του κλασσικού αισθητή λ με τη διαφορά ότι εδώ το ηλεκτρόδιο αναφοράς (άνοδος) δεν είναι εκτεθειμένο στον αέρα αλλά στο καυσαέριο. (Σχήμα 7.35)

Η τροφοδοσία του πρώτου στοιχείου γίνεται μέσω ενός διαφορικού ενισχυτή έτσι ώστε η παραγόμενη τάση στο δεύτερο στοιχείο να διατηρείται συνεχώς ίση με 450 mV. Ως σήμα ελέγχου ανατροφοδοσίας χρησιμοποιείται η τιμή του ρεύματος ( $I_p$ ) που διαρρέει το πρώτο στοιχείο.

Για την περίπτωση λειτουργίας του κινητήρα σε περιοχή φτωχού μίγματος, η τιμή του ρεύματος ( $I_p$ ) προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$I_p = 4 * F * D * S / R * T * L / (P_{O_e} - P_{O_d})$$

Όπου:

**F:** σταθερά Faraday

**D:** συντελεστής διάχυσης  $O_2$

**S:** εγκάρσια διατομή στρώματος διάχυσης

**L:** μήκος στρώματος διάχυσης

**R:** σταθερά ιδανικού αερίου

**T:** απόλυτη θερμοκρασία αισθητή

**$P_{O_e}$ :** μερική πίεση  $O_2$  στο καυσαέριο

**$P_{O_d}$ :** μερική πίεση  $O_2$  στο εσωτερικό του νεκρού όγκου.

Για την περίπτωση λειτουργίας του κινητήρα σε περιοχή πλούσιου μίγματος η τιμή του ρεύματος ( $I_p$ ) προσδιορίζεται από τη σχέση:

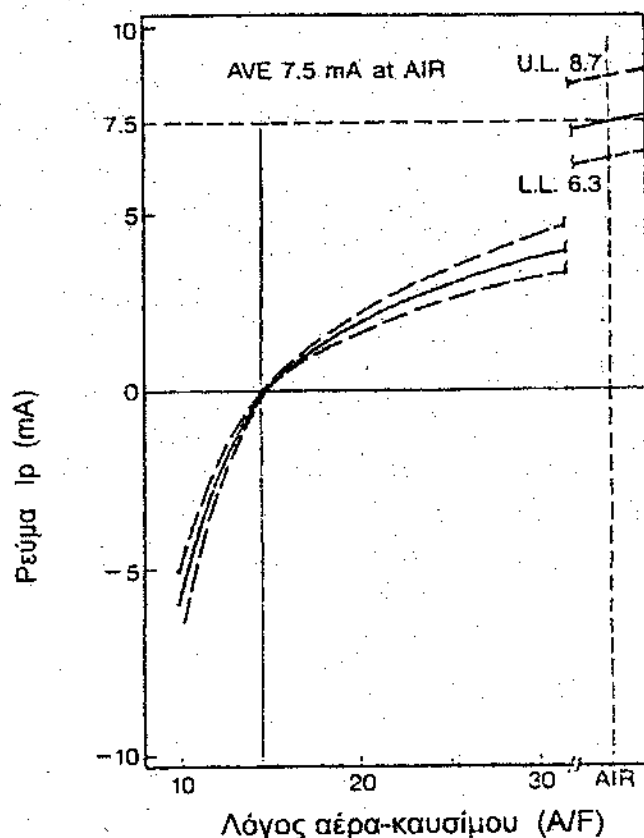
$$I_p = 2 * F * S / R * T * L (D_{H_2} * P_{H_2,e} + D_{CO} * P_{CO,e} + D_{C_nH_m} * P_{C_nH_m,e})$$

Όπου:

**$D_{H_2}$ ,  $D_{CO}$ ,  $D_{C_nH_m}$ :** συντελεστές διάχυσης  $H_2$ ,  $CO$ ,  $C_nH_m$

**$P_{H_2,e}$ ,  $P_{CO,e}$ ,  $P_{C_nH_m,e}$ :** μερικές πιέσεις  $H_2$ ,  $CO$ ,  $C_nH_m$  στο καυσαέριο

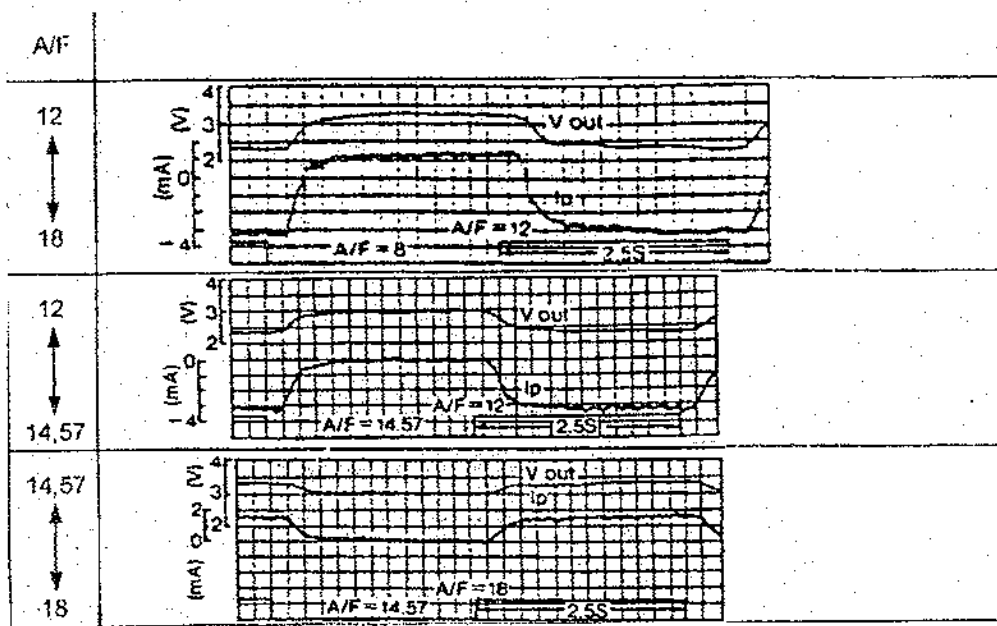
Όπως γίνεται φανερό από τις προηγούμενες σχέσεις το ποσό του ρεύματος ( $I_p$ ) είναι ανάλογο της περιεκτικότητας του καυσαερίου σε ελεύθερο  $O_2$  στην περίπτωση λειτουργίας κινητήρα με φτωχό μίγμα και του  $O_2$  που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση των προϊόντων της καύσης στην περίπτωση λειτουργίας κινητήρα με πλούσιο μίγμα.



Σχήμα 7.36: Καμπύλη λειτουργίας αισθητή UEGO συναρτήσει της ποιότητας μίγματος  $\lambda$ .

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του αισθητή UEGO συναρτήσει της ποιότητας μίγματος  $\lambda$  παρουσιάζεται στο σχήμα 7.36. Όπως φαίνεται η τιμή του ρεύματος  $I_p$  μηδενίζεται κατά τη λειτουργία του κινητήρα με στοιχειομετρικό μίγμα ( $\lambda = 1$ ). Στο σχήμα 7.37 παρουσιάζονται οι καμπύλες απόκρισης του αισθητή UEGO για διάφορες μεταβολές του λόγου  $\lambda$ .

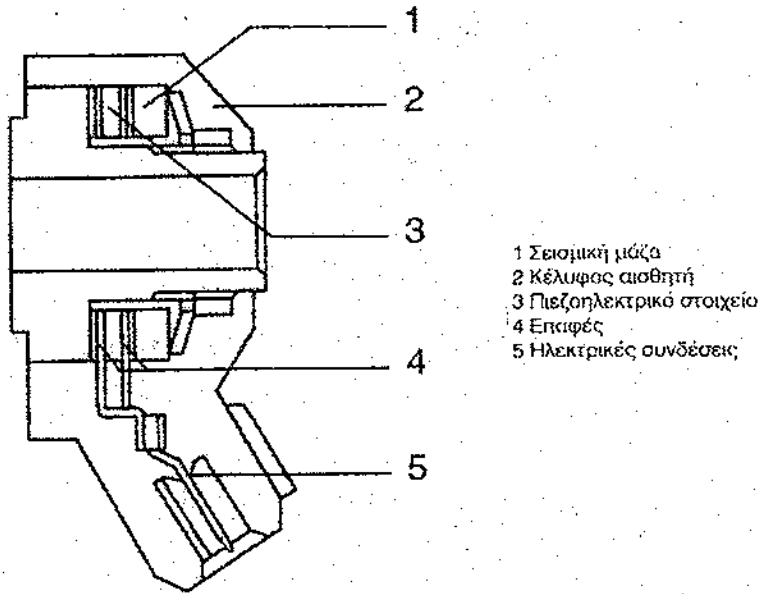


Σχήμα 7.37: Καμπύλες απόκρισης αισθητή UEGO για διαφορετικές μεταβολές του λόγου λ (4-κώλινδρος κινητήρας 1.5 lt, n = 1500rpm, απόλυτη πίεση πολλαπλής = 400 mmHg)

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

▪ **7.2.6 ΑΙΣΘΗΤΗΣ ΚΤΥΠΗΜΑΤΟΣ**

Η εκδήλωση κτυπήματος κατά την καύση (κρουστική καύση) αποτελεί ένα ιδιαίτερο ανεπιθύμητο φαινόμενο καθώς μπορεί να οδηγήσει στην πρόωρη φθορά και αχρήστευση του κινητήρα λόγω της υψηλής θερμικής και μηχανικής καταπόνησης στην οποία υποβάλλονται τα εξαρτήματά του. Για το λόγο αυτό στα σύγχρονα συστήματα η προπορεία έναυσης ρυθμίζεται σε κύκλωμα κλειστού βρόγχου στο οποίο το σήμα ανατροφοδосίας προέρχεται από έναν αισθητή κτυπήματος.



Σχήμα 7.38: Κατασκευαστική διαμόρφωση αισθητή κτυπήματος (BOSCH)

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

#### Αρχή λειτουργίας:

Η αρχή λειτουργίας του αισθητή στηρίζεται στην ανίχνευση της σχετικής κίνησης μεταξύ μιας μάζας η οποία λειτουργεί ως στοιχείο σύνδεσης του αισθητή με τον κινητήρα (base mass) και μιας ταλαντευόμενης μάζας (seismic mass) η οποία λόγω αδράνειας έχει την τάση να αντιστέκεται στις μεταβολές της ταχύτητας του συστήματος. Η κίνηση της ταλαντευόμενης μάζας μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα, μέσω ενός πιεζοηλεκτρικού στοιχείου.

Η μελέτη της συμπεριφοράς της ταλαντευόμενης μάζας γίνεται με εισαγωγή της θεωρίας των ταλαντώσεων ενός βαθμού ελευθερίας με απόσβεση. Έτσι με βάση το διάγραμμα ελεύθερου σώματος (σχήμα 7.39) η ταλαντωτική κίνηση του συστήματος περιγράφεται από την εξίσωση:

$$m \cdot (\ddot{y} - \ddot{x}) + C(\dot{y} - \dot{x}) + k(y - x) = -m\ddot{x} = R(t) \rightarrow m\ddot{z} + C\dot{z} + kz = -m\ddot{x} = R(t)$$

όπου:

$R(t)$ : εξωτερική διέγερση του συστήματος

$k$ : σταθερά ελατηρίου (N/m)

$C$ : σταθερά απόσβεσης (N/ms<sup>-1</sup>)

Θεωρώντας ημιτονοειδή συμπεριφορά οι εκφράσεις της διέγερσης και της απόκρισης γράφονται ως εξής:

$$R(t) = R_0 e^{i\omega t} \quad (2.6.2)$$

$$z = z_0 e^{i\omega t} \quad (2.6.3)$$

Ακόμα ισχύει:  $R(t) = m\omega^2 x_0 e^{i\omega t} \quad (2.6.4)$

Με αντικατάσταση των 2.6.3 και 2.6.4 στην εξίσωση 2.6.1 προκύπτει η παρακάτω γενική λύση:

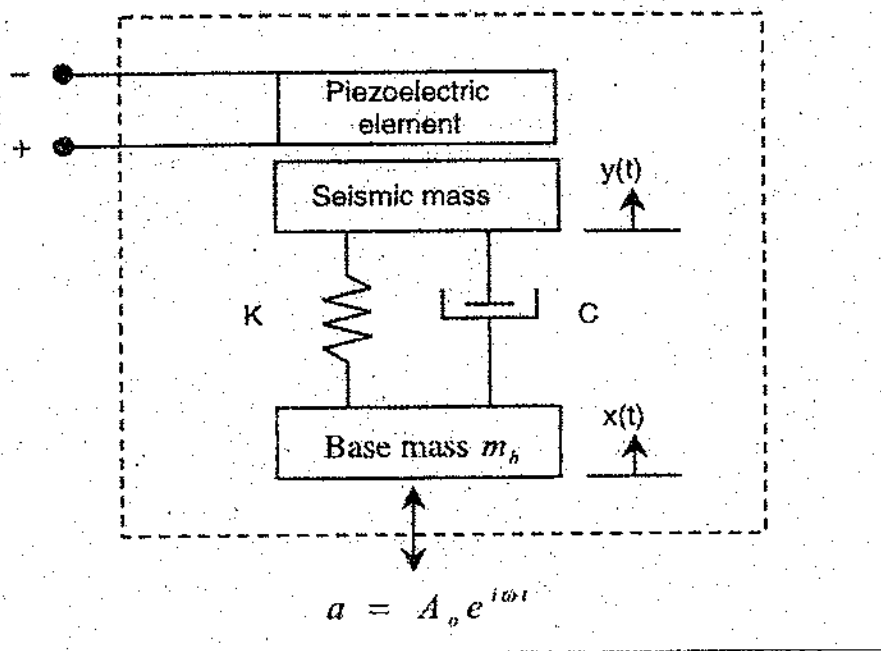
$$z = -e^{-i\phi} / \omega_n^2 \cdot \{(1-r^2)^2 + (2dr)^2\}^{1/2} \cdot x$$

όπου:

$\omega_n = k/m^{1/2}$ : φυσική συχνότητα ταλάντωσης

$d: C/2 \cdot (km)^{1/2}$ : αδιάστατη απόσβεση

$r = \omega/\omega_n$ : αδιάστατη συχνότητα



Σχήμα 7.39: Αρχή λειτουργίας αισθητή κτύπηματος.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Το ηλεκτρικό φορτίο που παράγεται κατά την κρούση της ταλαντευόμενης μάζας στον κρύσταλλο του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου εκφράζεται από τη σχέση:

$$q = S_q a \quad \text{pC}$$

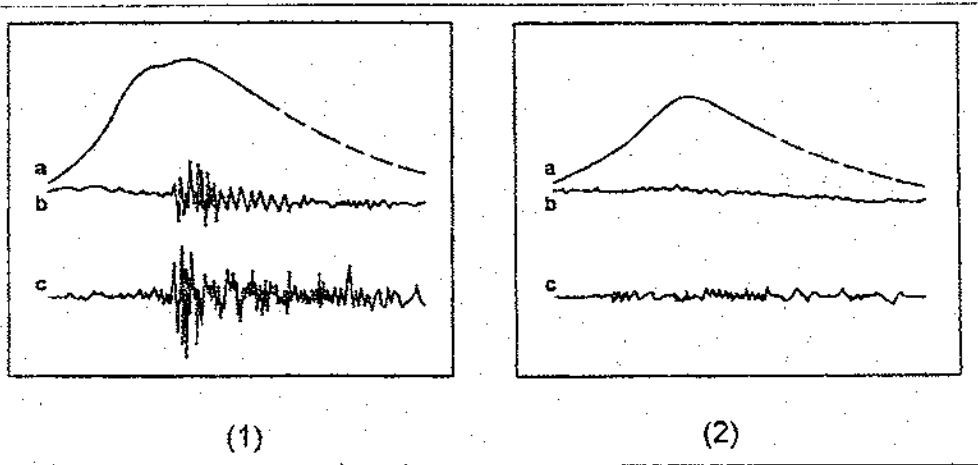
όπου:

$S_q$ : η ευαισθησία του αισθητή (pC/g)

$a$ : η επιτάχυνση του συστήματος (g)

Η απόκριση του αισθητή κατά τη λειτουργία του κινητήρα με και χωρίς κτύπημα παρουσιάζεται στο σχήμα 7.40.





**Σχήμα 7.40:** Σήματα αισθητή κτυπήματος:

1) Καύση με χτύπημα      2) Καύση χωρίς χτύπημα

a) Μεταβολή πίεσης στον κύλινδρο

b). Φιλτραρισμένο σήμα

c) αφιλτράριστο σήμα

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ – ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ**

## ▪ 8.1 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ενεργοποιητές αποτελούν την τελική βαθμίδα ενός ηλεκτρονικού συστήματος ρύθμισης ή ελέγχου, στην περίπτωση που έχουμε συστήματα κλειστού βρόχου. Αυτοί λαμβάνουν τα σήματα που παράγονται από τη μονάδα ελέγχου μετά από την επεξεργασία των πληροφοριών που αντικατοπτρίζουν την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα και τα μετατρέπουν σε εξόδους ικανές να πραγματοποιήσουν τις επιθυμητές ρυθμίσεις στα υποσυστήματα έγχυσης και έναυσης.

Η δομή ενός ενεργοποιητή συνθέτεται από τα παρακάτω συγκροτήματα:

- Τον **μετασχηματιστή (transformer)** του ηλεκτρικού σήματος εισόδου σε ορισμένο είδος ενέργειας, η οποία συνήθως είναι μαγνητική ή ηλεκτρική.
- Το **τελικό στοιχείο ρύθμισης (final control element)** το οποίο υπό την επίδραση του πεδίου που δημιουργεί ο μετασχηματιστής εκτελεί τη ρύθμιση του συστήματος.

Οι πλέον συνηθισμένοι ενεργοποιητές σε εφαρμογές αυτοκινήτου είναι οι **ηλεκτρομηχανικοί ενεργοποιητές**. Πρόκειται για μετατροπείς ενέργειας στους οποίους η ζεύξη μεταξύ του ηλεκτρικού και του μηχανικού συστήματος επιτυγχάνεται διαμέσω είτε ηλεκτρικού είτε μαγνητικού πεδίου. Ως εκ τούτου η ηλεκτρομηχανική μετατροπή ενέργειας βασίζεται στα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται αφενός με το ηλεκτρικό ή το μαγνητικό πεδίο και αφετέρου με τη μηχανική δύναμη και κίνηση. Τα φαινόμενα αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

- Άσκηση μηχανικής δύναμης σε σιδηρομαγνητικό υλικό το οποίο ευρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από πηνίο το οποίο διαρρέεται από ρεύμα. (**Αρχή λειτουργίας ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων**).
- Μεταξύ κυκλωμάτων τα οποία διαρρέονται ρεύμα ασκούνται δυνάμεις μέσω των μαγνητικών τους πεδίων (**Αρχή λειτουργίας των πολλαπλασιαστών**). Ομοίως επί αγωγού ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα και ευρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου με κατάλληλο προσανατολισμό αναπτύσσεται δύναμη (**Δύναμη Laplace – Αρχή λειτουργίας κινητήρων D.C.**).

Τα ποιοτικά κριτήρια τα οποία λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των μετατροπών ενέργειας είναι:

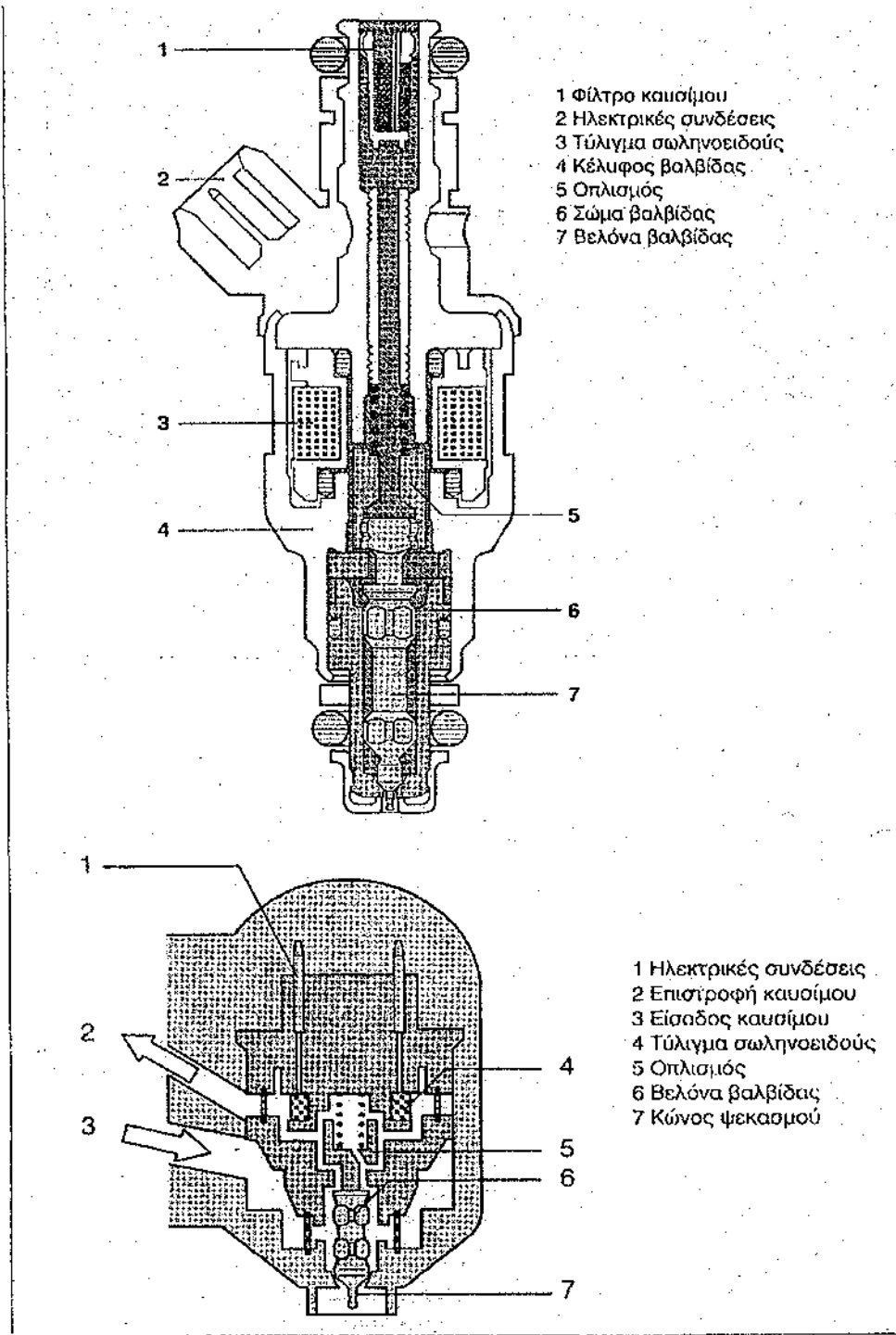
- Βαθμός απόδοσης μετατροπής
- Προσέγγιση γραμμικής συμπεριφοράς από το σύστημα
- Δυναμική απόκριση συστήματος (ελάχιστη καθυστέρηση)

## ▪ 8.2 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΕΓΧΥΣΗΣ (ΕΓΧΥΤΗΡΕΣ)

Οι εγχυτήρες αποτελούν το βασικότερο συγκρότημα του συστήματος παροχής καυσίμου. Στόχος είναι ο ψεκασμός της ακριβούς δοσολογίας καυσίμου ανεξάρτητα από την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα (εκκίνηση – προθέρμανση, ρελαντί, μερικό φορτίο, μεταβατικές φάσεις, πλήρες φορτίο). Ανάλογα με το σύστημα στο οποίο χρησιμοποιούνται, ο ψεκασμός του καυσίμου γίνεται είτε στους αυλούς της πολλαπλής μπροστά από τη βαλβίδα εισαγωγής κάθε κυλίνδρου (συστήματα ψεκασμού πολλαπλών σημείων) είτε πάνω από την πεταλούδα του επιταχυντή (συστήματα ψεκασμού μονού σημείου). Σε κάθε περίπτωση πάντως ο ψεκασμός του καυσίμου πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ανάμιξη με το ρεύμα του αέρα εισαγωγής.

### Κατασκευαστική διαμόρφωση:

Η κατασκευαστική διαμόρφωση ενός τυπικού εγχυτήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 8.1. Όπως φαίνεται πρόκειται για μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα σωληνοειδούς μορφής στο εσωτερικό της οποίας διακρίνονται το τύλιγμα και ο σπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη με τον οποίο είναι συνδεδεμένη η βελόνα του ακροφυσίου. Στη θέση ηρεμίας, δηλαδή όταν δε διαρρέει ρεύμα το τύλιγμα, η βελόνα πέζεται στεγανά πάνω στην έδρα της από ένα ελικοειδές ελατήριο. Κάθε φορά που διεγείρεται ο ηλεκτρομαγνήτης η βελόνα σηκώνεται κατά 60 – 100 μm επιτρέποντας τον ψεκασμό του καυσίμου μέσα από τον ειδικά καλιμπραρισμένο δακτύλιο του μπεκ του εγχυτήρα.



**Σχήμα 8.1:** Κατασκευαστική διαμόρφωση αντιπροσωπευτικών τύπων εγχυτήρων

α) Εγχυτήρας συστήματος ψεκασμού πολλαπλών σημείων

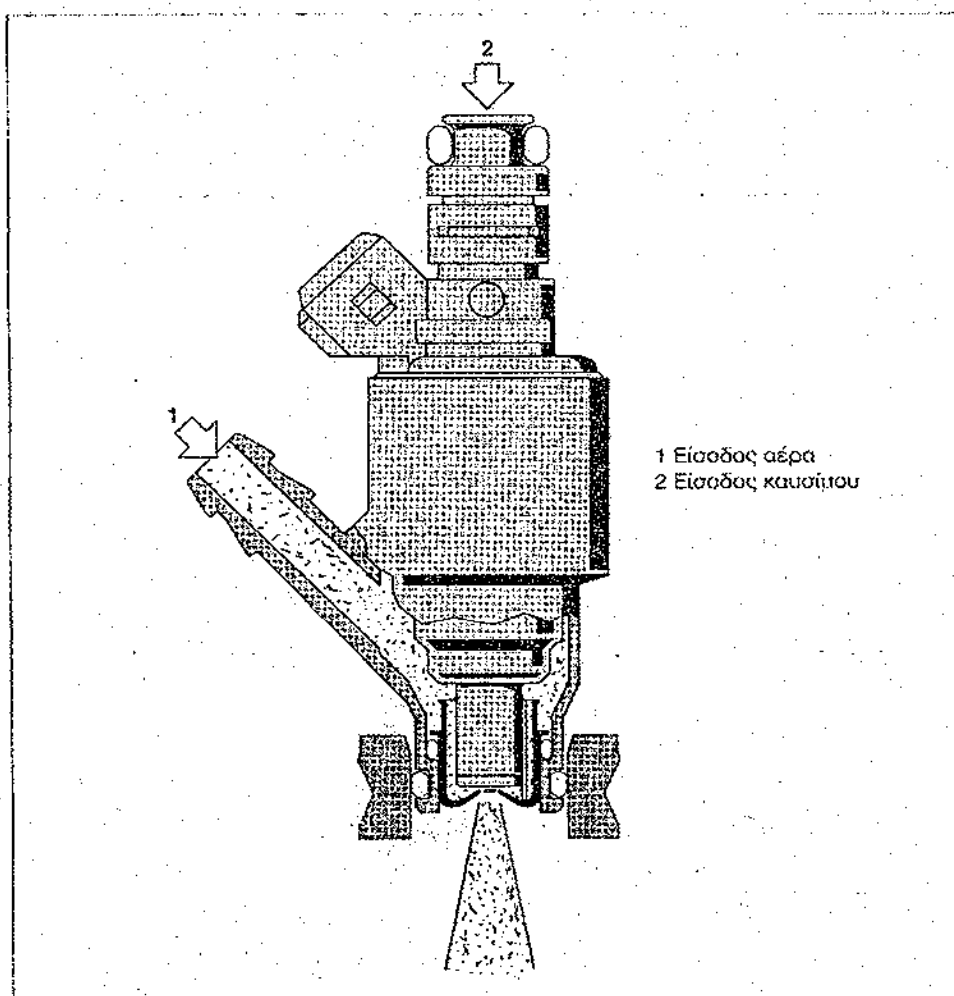
β) Εγχυτήρας συστήματος ψεκασμού μονού σημείου

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Ο σχεδιασμός του μπεκ και της μύτης της βελόνας γίνονται με διάφορες τεχνολογίες έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο αποτελεσματικός διασκορπισμός του ψεκαζόμενου καυσίμου. Επιπλέον η γωνία τοποθέτησης του εγχυτήρα στο σύστημα εισαγωγής επιλέγεται έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα σχηματισμού στρώματος καυσίμου στα τοιχώματα της πολλαπλής. Άμεση συνέπεια όλων των

παραπάνω είναι η βελτίωση του φαινομένου της καύσης και επομένως η βελτίωση της επιτυγχανόμενης ροπής και της ισχύος του κινητήρα.

Μια βελτιωμένη παραλλαγή εγχυτήρων είναι οι λεγόμενοι εγχυτήρες με εμφύσηση αέρα (Σχ. 8.2). Οι εγχυτήρες αυτοί επιτυγχάνουν καλύτερο διασκορπισμό και άρα καλύτερη ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, ιδιαίτερα κατά τη λειτουργία του κινητήρα στο ρελαντί όπου στην εισαγωγή επικρατούν χαμηλές ταχύτητες ροής. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην εκμετάλλευση της σημαντικής πτώσης πίεσης που προκαλείται από τον αυξημένο στραγγαλισμό της πεταλούδας για να οδηγήσουμε ορισμένο ποσό αέρα απ' ευθείας γύρω από το μπεκ του εγχυτήρα. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι εκπομπές καυσαερίων και η κατανάλωση καυσίμου στο ρελαντί και τα χαμηλά σημεία λειτουργίας του κινητήρα.



Σχήμα 8.2: Εγχυτήρας με εμφύσηση αέρα  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΒΕΛΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

#### Λειτουργία:

Οι εγχυτήρες ενεργοποιούνται ηλεκτρομαγνητικά και ανοιγοκλείνουν με ηλεκτρικές ώσεις από τη μονάδα ελέγχου. Η συχνότητα εκπομπής των παλμών έγχυσης υπολογίζεται με βάση τον αριθμό στροφών του κινητήρα. Οι στροφές σε

συνδυασμό με τη ροή του αέρα που αναρροφάται προσδιορίζουν τη χρονική διάρκεια έγχυσης.

Κατά τις χρονικές στιγμές της έναρξης και της διακοπής του παλμού που εισάγεται στον εγχυτήρα, η δυναμική συμπεριφορά του ρεύματος που διαρρέει το τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη προκαλεί την εμφάνιση αντί - ΗΕΔ, σύμφωνα με το φαινόμενο της αυτεπαγωγής.

$$\mathbf{V=L di/dt}$$

Όπου  $L$  = η αυτεπαγωγή του πηνίου (H)

Η συμπεριφορά αυτή έχει σαν συνέπεια την καθυστέρηση στην απόκριση του εγχυτήρα κατά τις φάσεις του ανοίγματος και του κλεισίματός του. Η μεταβατική απόκριση του συστήματος στη διέγερση του ορθογωνικού παλμού περιγράφεται από τη συνάρτηση:

$$I(t) = \begin{cases} \frac{E}{R} (1 - e^{-t/\tau}) & 0 \leq t \leq D \\ -\frac{E}{R} [e^{-(t-D)/\tau} - e^{-t/\tau}] & t \geq D \end{cases}$$

Η ελκτική μαγνητική δύναμη η οποία ενεργεί επί της βελόνας του εγχυτήρα προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\mathbf{F=i^2 dL/dx}$$

Για να ανασηκωθεί η βελόνα από την έδρα της πρέπει να ισχύει η συνθήκη:

$$\mathbf{F = F_k + F_T + F_B}$$

Όπου:

$F_k$ : Η δύναμη του ελατηρίου που πιέζει τη βελόνα στην έδρα της.

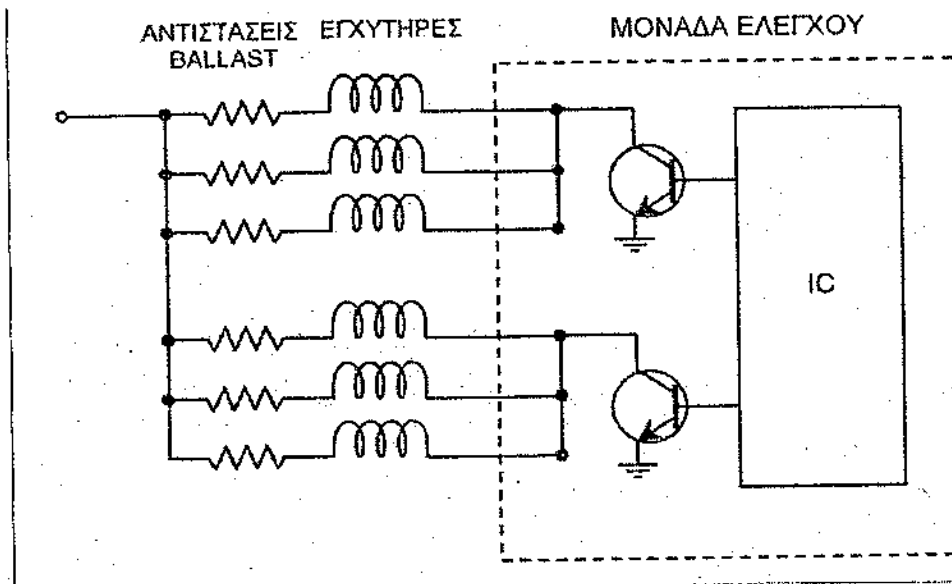
$F_T$ : Η δύναμη τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των επιφανειών της βελόνας και των αγωγών οδήγησης.

$F_B$ : Το ίδιο βάρος της βελόνας (Προκειμένου να μειωθεί η μηχανική αδράνεια του εγχυτήρα η μάζα της βελόνας είναι πολύ μικρή)

Μετά την αποκόλληση της βελόνας από την έδρα της η αύξηση στη μαγνητική ελκτική δύναμη προκαλεί την επιταχυνόμενη κίνησή της. Ο χρόνος ανύψωσης και πτώσης της βελόνας πρέπει να είναι της τάξης των 1-1.5 ms.

Οι παλμοί έγχυσης που παράγονται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου προτού σταλούν στους εγχυτήρες ενισχύονται στο κύκλωμα της τελικής βαθμίδας ενίσχυσης που ακολουθεί. Η τελική βαθμίδα ενίσχυσης μπορεί να τροφοδοτεί συγχρόνως 3 ή 4 εγχυτήρες (στην περίπτωση 6-κύλινδρων ή 8-κύλινδρων κινητήρων υπάρχουν δύο τελικές βαθμίδες ενίσχυσης οι οποίες ενεργοποιούνται ταυτόχρονα.

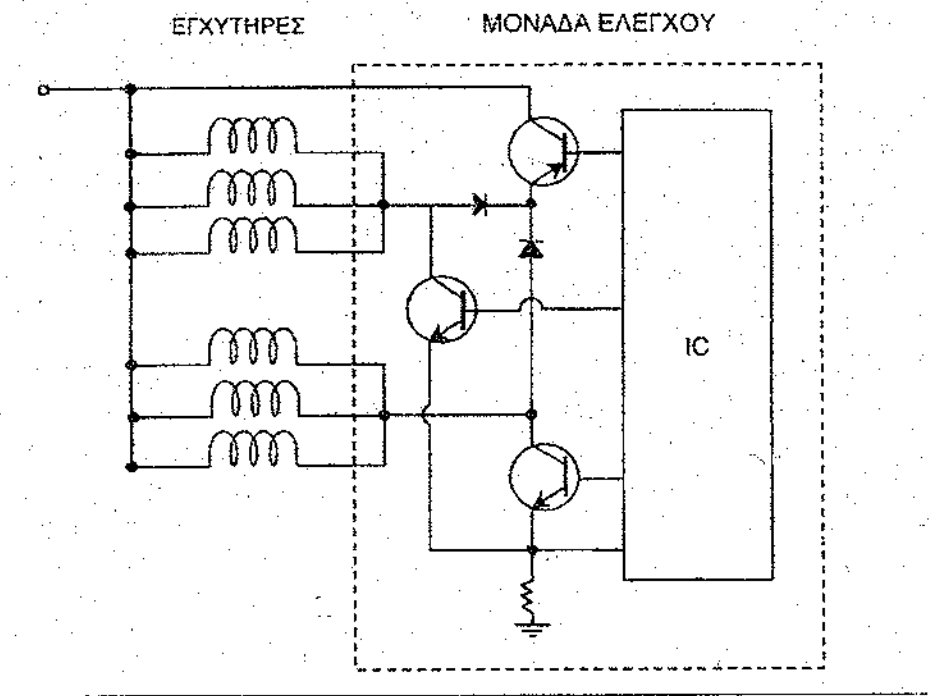
Για τον περιορισμό του ρεύματος που διαρρέει το τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη και τη μείωση στην καθυστέρηση απόκρισης του συστήματος, μία ηλεκτρική αντίσταση συνδέεται σε σειρά με κάθε εγχυτήρα (ballast resistors) (σχ.8.3). Η τεχνική αυτή παρουσιάζει το μειονέκτημα της απώλειας ηλεκτρικής ενέργειας η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα στις αντιστάσεις. Για το λόγο αυτό σήμερα η τεχνική αυτή έχει αντικατασταθεί από την εφαρμογή ελεγχόμενων τελικών βαθμίδων στη μονάδα ελέγχου (σχ. 8.4). Στην περίπτωση αυτή αφού σηκωθεί ο οπλισμός και αρχίσει η έγχυση, το ρεύμα προς τον εγχυτήρα ρυθμίζεται σε σημαντικά χαμηλότερη τιμή, έτσι ώστε ο οπλισμός να διατηρείται απλά σηκωμένος. Οι κυματομορφές της τάσεως και του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο του εγχυτήρα στην περίπτωση ελεγχόμενων τελικών βαθμίδων ενίσχυσης παρουσιάζονται στο σχήμα 8.5.



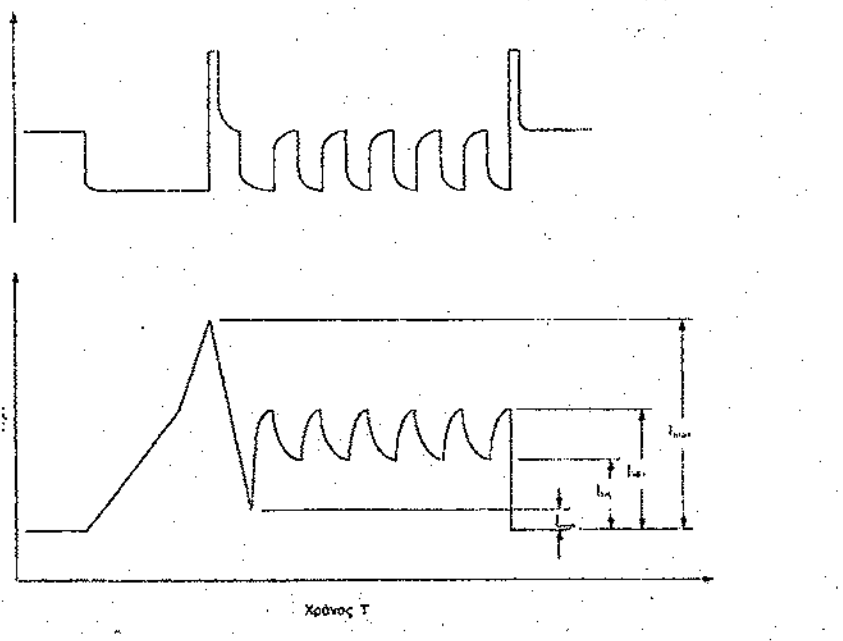
Σχήμα 8.3: Περιορισμός ρεύματος που διαρρέει το τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη κάθε εγχυτήρα με σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά (αντιστάσεις ballast)

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]





**Σχήμα 8.4:** Περιορισμός ρεύματος που διαρρέει το τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη με εφαρμογή ελεγχόμενων τελικών βαθμίδων στη μονάδα ελέγχου.  
 [ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



**Σχήμα 8.5:** Κυματομορφές τάσεως και ρεύματος στο πηνίο του εγχυτήρα στην περίπτωση εφαρμογής ελεγχόμενων τελικών βαθμίδων ενίσχυσης.  
 [ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### ▪ 8.3 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΕΝΑΥΣΗΣ

Ο όρος *ενεργοποιητής έναυσης* περικλείει το σύνολο των εξαρτημάτων εκείνων που συγκροτούν το σύστημα παραγωγής και διανομής υψηλής τάσης. Τα εξαρτήματα αυτά είναι:

- Πολλαπλασιαστής
- Διανομέας (Συστήματα με μηχανική διανομή υψηλής τάσης)
- Σπινθηριστής (Μπουζί)

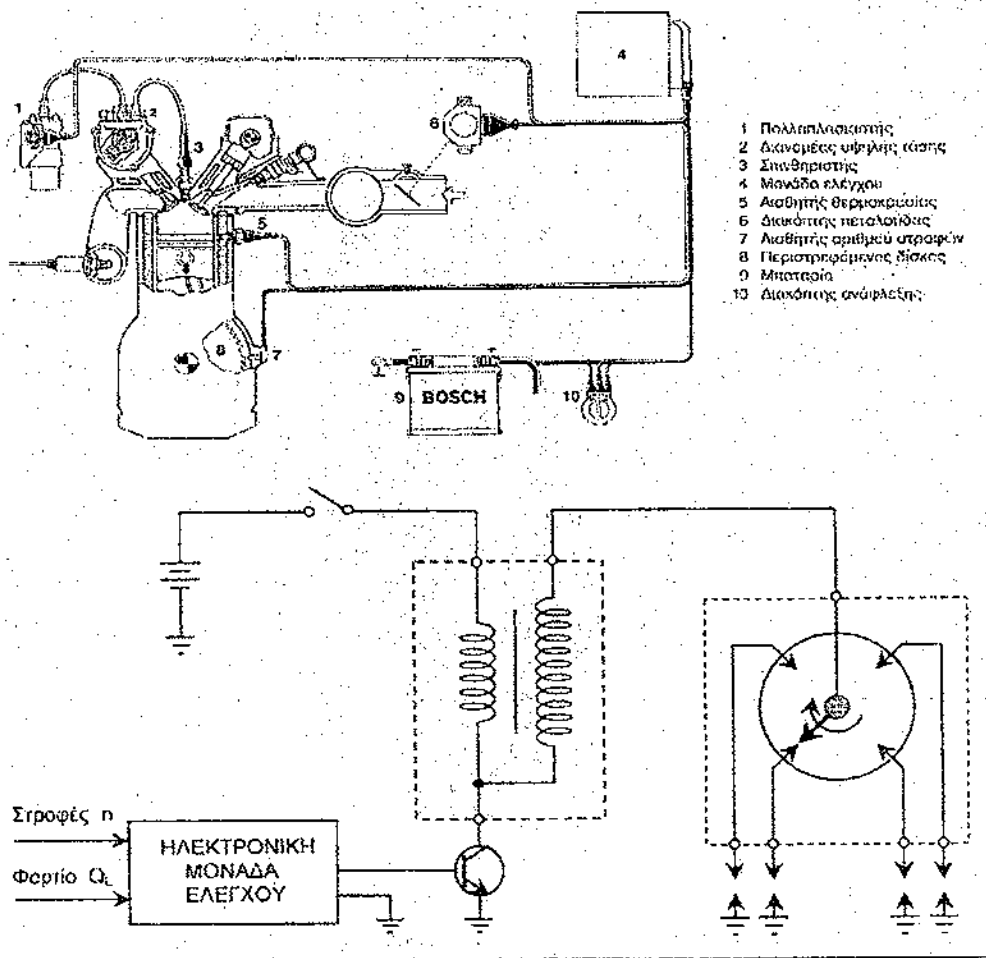
Τα συστήματα παραγωγής και διανομής υψηλής τάσης που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους κατασκευαστές οχημάτων σε Ευρώπη, Αμερική και Ιαπωνία μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής δύο κατηγορίες:

- Συστήματα με διανομέα.
- Συστήματα χωρίς διανομέα (Distributor less Ignition Systems – DIS)

Σε καθένα από τα παραπάνω συστήματα τα χαρακτηριστικά μεγέθη της έναυσης (γωνία dwell, προπορεία έναυσης) υπολογίζονται σαν συνάρτηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του κινητήρα (σημείο λειτουργίας, θερμοκρασία, τάση μπαταρίας) από πεδία τα οποία είναι αποθηκευμένα στη μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας. Έτσι στα συστήματα αυτά απουσιάζουν παντελώς οι μηχανικοί ρυθμιστές των συμβατικών συστημάτων (φυγοκεντρικός ρυθμιστής, ρυθμιστής κενού).

#### ▪ 8.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΔΙΑΝΟΜΕΑ

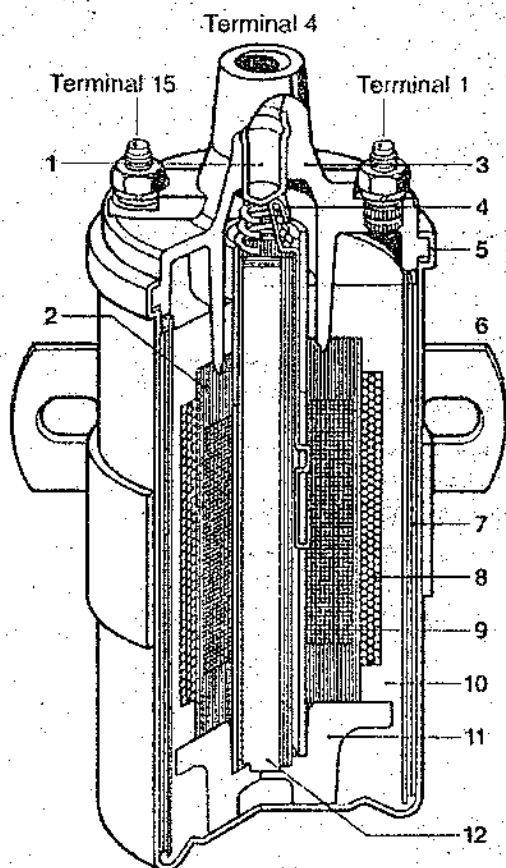
Πρόκειται για συστήματα τα οποία μακροσκοπικά μοιάζουν με τα παραδοσιακά συστήματα έναυσης. Εδώ οι παραγόμενοι παλμοί έναυσης από το δευτερεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή μεταβιβάζονται προς τους σπινθηριστές σύμφωνα με τη σειρά έναυσης των κύλινδρων μέσω ενός περιστρεφόμενου ρότορα ο οποίος παίρνει κίνηση από τον άξονα του εκκεντροφόρου.



**Σχήμα 8.6:** Ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης έναυσης με διανομέα  
 α) Λειτουργική δομή συστήματος BOSCH  
 β) Κυκλωματικό διάγραμμα συστήματος

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Ο πολλαπλασιαστής (σχήμα 8.7) ενεργοποιείται με ορθογωνικούς παλμούς οι οποίοι παράγονται από την μονάδα ελέγχου. Οι παλμοί πριν σταλούν ενισχύονται στην τελική βαθμίδα ενίσχυσης. Ο χρονισμός των παλμών εισόδου γίνεται με βάση την πληροφορία για τον αριθμό στροφών του κινητήρα.



Σχήμα 8.7: [ Κατασκευαστική διαμόρφωση πολλαπλασιαστή στα συστήματα έναυσης με διανομέα]

1. Σύνδεση με αγωγό υψηλής τάσης
2. Στρώσεις μόνωσης από χαρτί
3. Μονωτικό καπάκι
4. Σύνδεση τυλίγματος υψηλής τάσης
5. Κέλυφος πολλαπλασιαστή
6. Έλασμα στήριξης πολλαπλασιαστή στο σασί του οχήματος
7. Ντύσιμο πολλαπλασιαστή με φύλλα Al
8. Πρωτεύον κύκλωμα πολλαπλασιαστή
9. Δευτερεύον κύκλωμα πολλαπλασιαστή
10. Σώμα πολλαπλασιαστή με την εξωτερική επαφή μέσω ελατηρίου.
11. Μόνωση
12. Πυρήνας από μάλακό σίδηρο

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η μαγνητική ενέργεια που αποθηκεύεται στο πρωτεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή κατά τη διάρκεια του παλμού εκφράζεται από τη σχέση:

$$W = \frac{1}{2} L i^2$$

όπου:

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-RD/L})$$

όπου:

**E:** Τάση τροφοδοσίας πολλαπλασιαστή ( $E = 12V$ )

**D:** Διάρκεια παλμού (s)

Κατά τη διακοπή του παλμού το ρεύμα πέφτει απότομα στο μηδέν με συνέπεια την παραγωγή αντί-ΗΕΔ στα άκρα του πρωτεύοντος κυκλώματος:

$$V = L di/dt$$

Η μεταβολή του ρεύματος προκαλεί ανάλογη μεταβολή στη μαγνητική ροή που διαπερνά το πηνίο του δευτερεύοντος με αποτέλεσμα την εμφάνιση πολύ υψηλότερης τάσης στα άκρα του (φαινόμενο αμοιβαίας επαγωγής). Με τη θεώρηση συμπεριφοράς χωρητικού στοιχείου και με την παραδοχή ότι κατά τη μετατροπή της ενέργειας δεν υπάρχουν απώλειες η μέγιστη παρεχόμενη τάση στα άκρα του δευτερεύοντος (διαθέσιμη τάση έναυσης) μπορεί να παρασταθεί από τη σχέση:

$$V_{s, \max} = i \cdot (L/C_s)^{1/2}$$

όπου:

**i:** Η τιμή του ρεύματος που διαρρέει το πρωτεύον τη στιγμή της κατάρρευσης

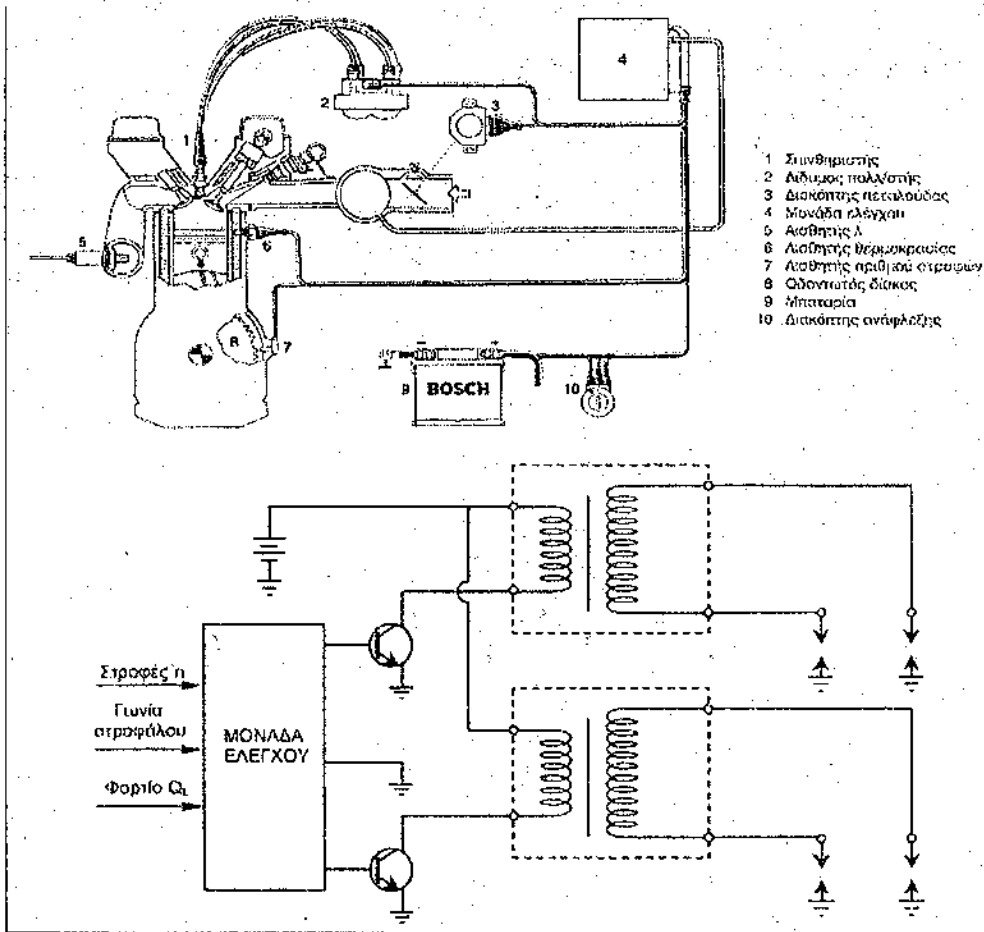
**C<sub>s</sub>:** Η συνολική χωρητικότητα του δευτερεύοντος κυκλώματος

Όπως γίνεται φανερό από τις προηγούμενες σχέσεις η χρονική διάρκεια του παλμού εισόδου επηρεάζει άμεσα το ποσό της ενέργειας που αποθηκεύεται στο κύκλωμα του πρωτεύοντος και άρα της τάσεως που παράγεται στα άκρα του δευτερεύοντος. Για το λόγο αυτό στα συστήματα με ηλεκτρονική διαχείριση της έναυσης η γωνία dwell –γωνία που παραμένει κλειστό το κύκλωμα του πρωτεύοντος- ρυθμίζεται έτσι ώστε η διάρκεια του παλμού να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η απαιτούμενη τιμή τάσης στα άκρα των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή για να προκληθεί διηλεκτρική κατάρρευση και να αναφλεγεί το καύσιμο μίγμα.

### ▪ 8.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΝΟΜΕΑ

Στα συστήματα ανάφλεξης χωρίς διανομέα (**DIS**) ο μηχανισμός διανομής υψηλής τάσης έχει αντικατασταθεί από ένα στατικό ηλεκτρονικά ελεγχόμενο κύκλωμα (

σχήμα 8.8). Το κύκλωμα αυτό περιλαμβάνει βαθμίδες εξόδου με ηλεκτρονικά ισχύος τα οποία ελέγχουν τη λειτουργία πολλαπλασιαστών, που καθένας τους φέρει δύο εξόδους υψηλής τάσεως (δίδυμοι πολλαπλασιαστές). (Σχήμα 8.10.α).



**Σχήμα 8.8:** Ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης έναυσης χωρίς διανομέα (DIS)  
 α) Λειτουργική δομή συστήματος BOSCH με δίδυμους πολλαπλασιαστές  
 β)Κυκλωματικό διάγραμμα συστήματος

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Στο σύστημα αυτό, δύο σπινθήρες διαφορετικής πολικότητας παράγονται ταυτόχρονα. Ο πρώτος σπινθήρας –σπινθήρας ο οποίος σκάει από το κεντρικό στο πλευρικό ηλεκτρόδιο του σπινθηριστή- ενεργεί στη διάρκεια του εμβολισμού συμπίεσης του κυλίνδρου, ενώ ο δεύτερος –σπινθήρας ο οποίος σκάει από το πλευρικό στο κεντρικό ηλεκτρόδιο του σπινθηριστή- ενεργεί στη διάρκεια του εμβολισμού εξαγωγής του κυλίνδρου που λειτουργεί σε ζεύγος με τον προηγούμενο.

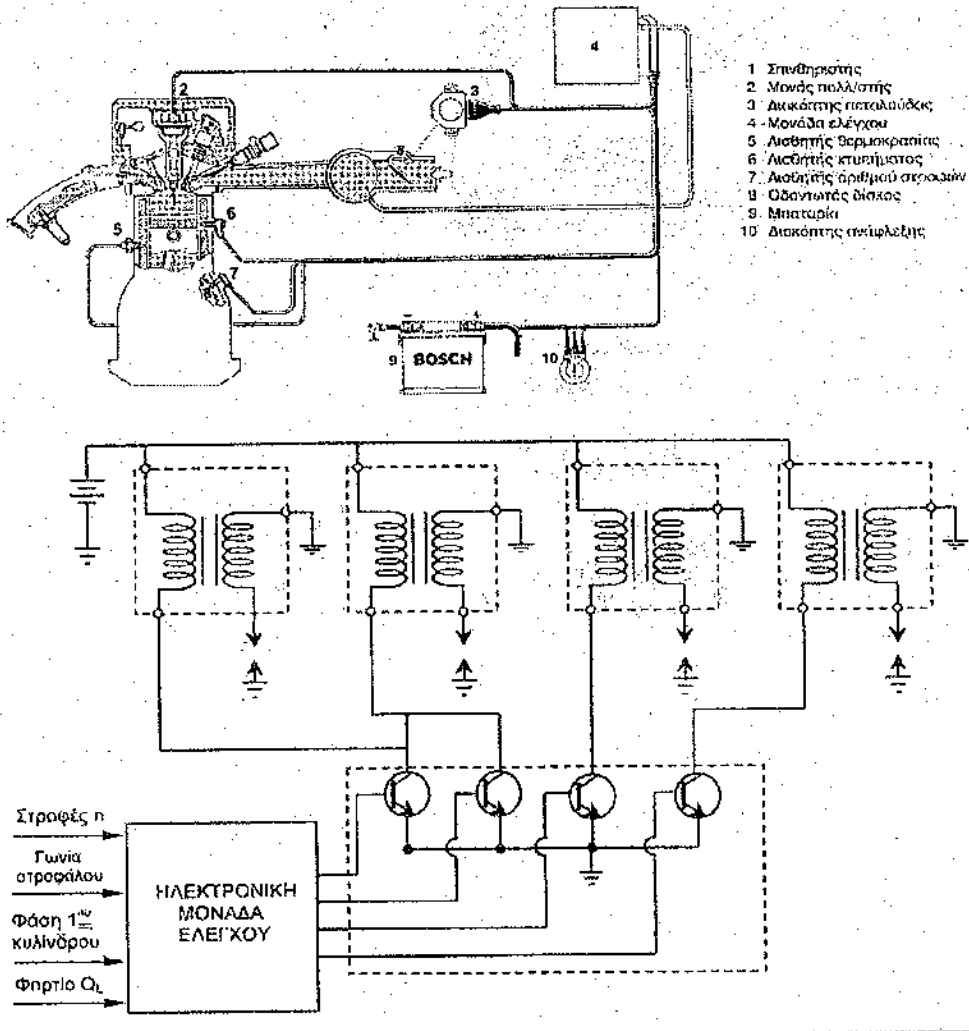
Η πρόκληση του σπινθήρα με το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο στον κύλινδρο ο οποίος βρίσκεται σε φάση συμπίεσης μπορεί να εξηγηθεί με βάση τη θεωρία των διηλεκτρικών. Σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία η διηλεκτρική αντοχή του συμπιεσμένου μίγματος αέρα – καυσίμου είναι πολλαπλάσια αυτής του ασυμπιεστού καυσαερίου. Συνέπεια αυτού είναι η απαίτηση εφαρμογής υψηλότερης τάσης στα

άκρα των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή για την πρόκληση διηλεκτρικής κατάρρευσης στο χώρο του κυλίνδρου που βρίσκεται σε φάση συμπίεσης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για τη δημιουργία τόξου στον κύλινδρο που συμπιέζει, η τιμή της τάσεως πρέπει να είναι της τάξεως των 10 kV ενώ στην περίπτωση του κυλίνδρου που βρίσκεται σε φάση εξαγωγής η τιμή αυτή δε ξεπερνά τα 2-3 kV. Επειδή η ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου που αποθηκεύεται μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή είναι:

$$E = \frac{1}{2} C V^2$$

γίνεται φανερό ότι ο σπινθήρας με το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο παράγεται στον κύλινδρο που βρίσκεται σε φάση συμπίεσης.

Παραλλαγή στη φιλοσοφία των συστημάτων χωρίς διανομέα αποτελούν τα συστήματα με πολλαπλασιαστές τεσσάρων εξόδων. Οι πολλαπλασιαστές αυτοί έχουν διαιρεμένο πρωτεύον κύκλωμα, το οποίο ελέγχει δύο βαθμίδες ισχύος και έχει δύο αντιπαράλληλες διόδους σε κάθε άκρο του κυκλώματος υψηλής τάσης σε ζευγάρια σαν συνάρτηση της φοράς του ρεύματος που διαρρέει το πρωτεύον. Αυτός ο τύπος στατικού διανομέα δεν είναι εφικτός για τρικύλινδρες και πεντακύλινδρες μηχανές, ενώ είναι πολύ πολύπλοκος για εξακύλινδρες και οκτακύλινδρες μηχανές. Στην περίπτωση των κινητήρων αυτών χρησιμοποιούνται ένας πολλαπλασιαστής για κάθε κύλινδρο, το δευτερεύον κύκλωμα του οποίου συνδέεται απευθείας με το θετικό ηλεκτρόδιο του σπινθηριστή. (Σχήμα 8.9). Κάθε πολλαπλασιαστής ενεργοποιείται από ξεχωριστή βαθμίδα της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου.

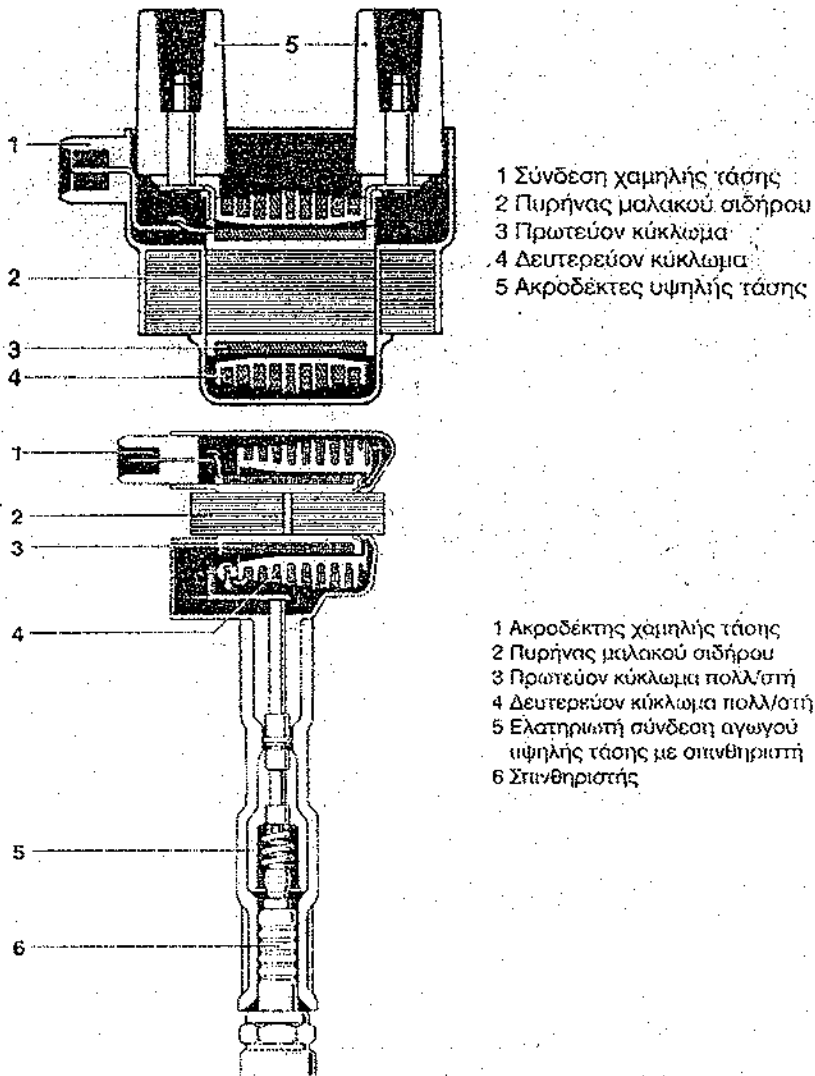


- 1 Σπινθηριστής
- 2 Μονάδα πολλαπλαστής
- 3 Διακόπτης πεταλούδας
- 4 Μονάδα ελέγχου
- 5 Αισθητής θερμοκρασίας
- 6 Αισθητής κτυπήματος
- 7 Αισθητής αριθμού στροφάλων
- 8 Οδοντωτός δίσκος
- 9 Μπαταρία
- 10 Διακόπτης ανάφλεξης

**Σχήμα 8.9:** Σύστημα έναυσης χωρίς διανομέα με ξεχωριστό πολλαπλασιαστή σε κάθε κύλινδρο (σύστημα για κινητήρες με 6, 8 ή 12 κυλίνδρους)  
 α) Λειτουργική δομή συστήματος BOSCH  
 β) Κυκλωματικό διάγραμμα συστήματος  
 [ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Τα συστήματα έναυσης που χρησιμοποιούν πολλαπλασιαστές διπλού και τετραπλού σπινθηρισμού απαιτούν δύο χωριστές βαθμίδες εξόδου. Το σημάδι αναφοράς που υπάρχει στο περιστρεφόμενο δίσκο του στροφαλοφόρου καθορίζει ποια από τις δύο βαθμίδες εξόδου λειτουργεί σε δεδομένο χρόνο.





**Σχήμα 8.10:** Πολλαπλασιαστές ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης χωρίς διανομέα  
 α) Δίδυμοι πολλαπλασιαστές  
 β) Μονοί πολλαπλασιαστές

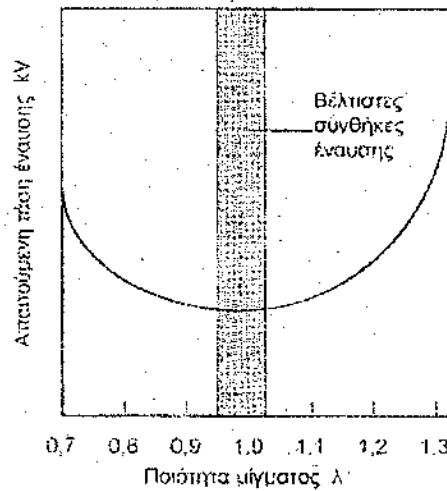
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η εφαρμογή των συστημάτων (DIS) τείνει να επικρατήσει σήμερα έναντι των συμβατικών ηλεκτρονικών συστημάτων με διανομέα εξαιτίας των αρκετών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Μερικά από αυτά είναι:

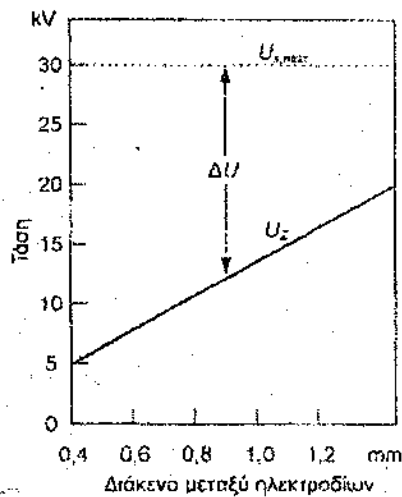
- Αυξημένη αξιοπιστία και μειωμένη απαίτηση συντήρησης του συστήματος λόγω της έλλειψης κινητών μερών τα οποία είναι ευαίσθητα σε θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις.
- Αυξημένη ακρίβεια του συστήματος, ανεπηρέαστη από το χρόνο λειτουργίας καθώς ο έλεγχος του σπινθήρα γίνεται ηλεκτρονικά και έτσι δεν υπάρχει ανάγκη μηχανικών ρυθμίσεων.
- Αυξημένη αξιοπιστία κατά τη φάση εκκίνησης του ψυχρού κινητήρα, ιδιαίτερα στα συστήματα με ξεχωριστό πολλαπλασιαστή σε κάθε

κύλινδρο, λόγω της ανυπαρξίας χώρων στους οποίους μπορεί να διεισδύσει νερό.

- Μειωμένη θερμική καταπόνηση των πηνίων έναυσης λόγω του μεγαλύτερου χρόνου μεταξύ των αναφλέξεων που διατίθεται για την ψύξη τους.



**Σχήμα 8.11:** Επίδραση ποιότητας μίγματος λ στην τιμή της απαιτούμενης τάσης έναυσης [ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



**Σχήμα 8.12:** Εξάρτηση απαιτούμενης τάσης έναυσης από το διάκενο μεταξύ των ηλεκτροδίων του μπουζί.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### ▪ 8.3.3 ΣΠΙΝΘΗΡΙΣΤΕΣ (ΜΠΟΥΖΙ)

Στόχος του σπινθηριστή (μπουζί) είναι η παροχή σπινθήρα με κατάλληλο ενεργειακό περιεχόμενο έτσι ώστε το μίγμα το οποίο βρίσκεται στην περιοχή των ηλεκτροδίων του να αναφλεχθεί και να εκκινήσει η διαδικασία καύσης στον κύλινδρο. Η πρόκληση σπινθήρα είναι συνέπεια της απότομης αύξησης της τάσεως μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων του σπινθηριστή η οποία προκαλείται κατά την κατάρρευση του μαγνητικού πεδίου στο πρωτεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή.

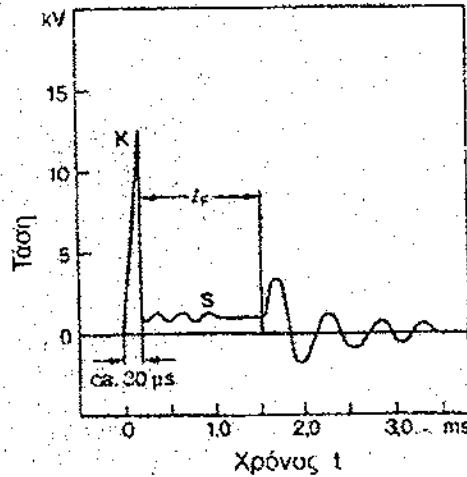
Η απαιτούμενη τιμή τάσεως (τάση έναυσης) για την πρόκληση διηλεκτρικής κατάρρευσης μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι άμεση συνάρτηση των χαρακτηριστικών που επηρεάζουν τη διεξαγωγή του φαινομένου της καύσης:

- Ποιότητα μίγματος λ (η πτώχευση του μίγματος οδηγεί σε αύξηση της απαιτούμενης τάσης έναυσης (σχ. 8.11))
- Σχέση συμπίεσης (κινητήρες υψηλής συμπίεσης απαιτούν υψηλότερη τάση έναυσης)
- Στροβιλισμός μίγματος (η ομοιόμορφη σύσταση μίγματος η οποία μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλο στροβιλισμό κατά τις φάσεις της εισαγωγής και της συμπίεσης οδηγεί σε μείωση της τάσεως έναυσης.)

Επιπλέον η τάση έναυσης εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του σπινθηριστή:

- Διάκενο ηλεκτροδίων (αύξηση στο διάκενο προκαλεί ανάλογη αύξηση στην τάση έναυσης. (σχ. 8.12))
- Γεωμετρία ηλεκτροδίων (ηλεκτρόδια με μικρές διαστάσεις επιτρέπουν την αύξηση της ενέργειας ηλεκτρικού πεδίου που αποθηκεύεται στον σπινθηριστή με συνέπεια τη μείωση της τάσεως έναυσης.)
- Υλικό ηλεκτροδίων (το υλικό κατασκευής των ηλεκτροδίων ασκεί σημαντική επίδραση στην τιμή της απαιτούμενης τάσης έναυσης καθώς η ενεργότητα των ηλεκτρονίων εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του υλικού.)

Η μεταβολή της τάσεως μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή κατά τη λειτουργία του παρουσιάζεται στο σχήμα 8.13.



**Σχήμα 8.13:** Κυματομορφή τάσης μεταξύ των ηλεκτροδίων του σπινθηριστή κατά τη διάρκεια της έναυσης

(K: σημείο πρόκλησης διηλεκτρικής κατάρρευσης [κεφαλή σπινθήρα], S: ουρά σπινθήρα,  $t_f$ : διάρκεια σπινθήρα)

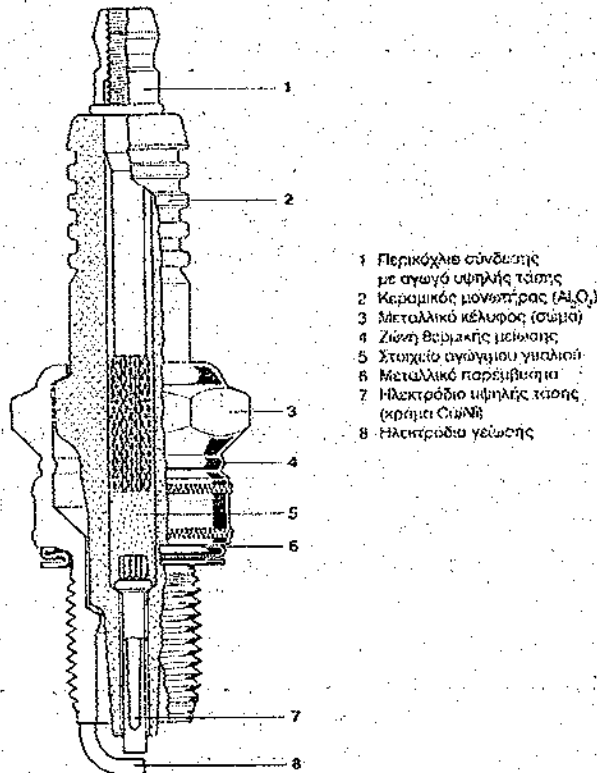
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η ύπαρξη κάποιου περιθωρίου μεταξύ της μέγιστης τιμής υψηλής τάσεως που μπορεί να παρέχει ο πολλαπλασιαστής ( $V_{s, \max}$ ) και της τάσεως έναυσης είναι απαραίτητη για την αντιστάθμιση των μεταβολών που μπορεί να υποστεί η τάση έναυσης εξαιτίας της παλαιώσης του σπινθηριστή ( π.χ αύξηση διάκενου λόγω φθοράς των ηλεκτροδίων).

#### Κατασκευαστική διαμόρφωση:

Η κατασκευαστική διαμόρφωση ενός τυπικού σπινθηριστή παρουσιάζεται στο σχήμα 8.14. Όπως φαίνεται συνθέτεται βασικά από τρία μέρη:

- Το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης
- Το μονωτήρα
- Το σώμα με το ηλεκτρόδιο γείωσης



Σχήμα 8.14: Κατασκευαστική διαμόρφωση ενός τυπικού σπινθηριστή (BOSCH)  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης είναι στερεωμένο μέσα στο μονωτήρα. Αποτελείται από δύο τμήματα μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται ένα συνδετικό στοιχείο από αγωγίμο γυαλί. Ρόλος του στοιχείου αυτού είναι η στεγανοποίηση του εσωτερικού καναλιού του μονωτήρα από διαρροή αερίων μέσα από τον κύλινδρο. Στο άνω τμήμα του ηλεκτροδίου το οποίο είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ή ορείχαλκο καταλήγει το καλώδιο υψηλής τάσης του πολλαπλασιαστή. Το κάτω τμήμα του ηλεκτροδίου είναι κατασκευασμένο από υλικό με μεγάλη ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα. Τέτοια υλικά είναι το ασημί, η πλατίνα και ο χαλκός με εξωτερική επικάλυψη από κράμα νικελίου. Τα υλικά αυτά προσφέρουν επίσης αυξημένη αντοχή στην εναλλασσόμενη θερμική καταπόνηση στην οποία υποβάλλεται το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης του σπινθηριστή κατά τη λειτουργία του κινητήρα.

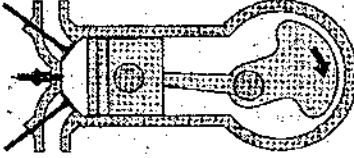
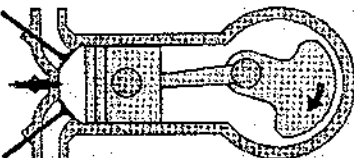
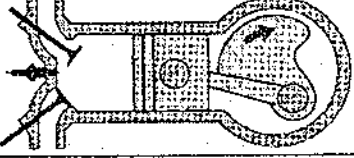
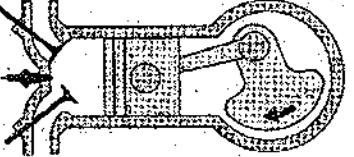
Ο μονωτήρας είναι κατασκευασμένος από ειδικό κεραμικό υλικό (συνήθως  $Al_2O_3$ ) και ο ρόλος του είναι να μονώνει το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης από το μεταλλικό σώμα του σπινθηριστή. Η συμπαγής μικροδομή του κεραμικού υλικού εξασφαλίζει υψηλή αντίσταση στη διαρροή ρεύματος από το κεντρικό ηλεκτρόδιο προς τα έξω (τρύπημα μόνωσης). Η υαλοποίηση της εξωτερικής επιφάνειας του μονωτήρα εμποδίζει τη δημιουργία σε αυτήν στρωμάτων ακαθαρσιών ή υγρασίας τα οποία λειτουργούν ως γέφυρες μεταξύ του άκρου του ηλεκτροδίου και του σώματος προκαλώντας τη διαρροή ρεύματος (αύξηση χωρητικότητας συστήματος). Επιπλέον η διαρροή ρεύματος εμποδίζεται από την περιφερειακή ραβδωτή διαμόρφωση του άνω

τμήματος του μονωτήρα (αύξηση στη διαδρομή που πρέπει να διανυθεί από το ρεύμα διαρροής).

Το χαλύβδινο σώμα του σπινθηριστή φέρει στο κάτω τμήμα του, σπειροειδής διαμόρφωση η οποία εξασφαλίζει την προσαρμογή του στην κυλινδροκεφαλή. Για την προστασία του σώματος από διάβρωση και την αποφυγή μαγκώματος στην περίπτωση αλουμινένιων κυλινδροκεφαλών το σώμα του σπινθηριστή φέρει ηλεκτρολυτική επικάλυψη νικελίου. Στο κάτω άκρο του σώματος στερεώνεται το ηλεκτρόδιο γείωσης του σπινθηριστή.

Οι απαιτήσεις σχεδιασμού των σπινθηριστών (υλικό ηλεκτροδίων, γεωμετρική διαμόρφωση ηλεκτροδίων, διαστάσεις μονωτήρα, διάκενο μεταξύ ηλεκτροδίων) όπως αυτές καθορίζονται από ένα συγκεκριμένο τύπο κινητήρα μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ηλεκτρικές απαιτήσεις.** Στα συστήματα με ηλεκτρονική διαχείριση της έναυσης οι απαιτήσεις σε τάση μπορεί να υπερβούν τα 30 kV. Η μονωτική ικανότητα του μονωτήρα πρέπει να διατηρείται ακόμη και στην περίπτωση που στην επιφάνεια του σχηματίζονται επικαθίσεις από τα κατάλοιπα της καύσης τα οποία κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να γίνουν αγώγιμα και να προκαλέσουν διαρροή ρεύματος. Η ηλεκτρική αντίσταση του μονωτήρα πρέπει να διατηρείται υψηλή ακόμα και μετά τους 1000 °C.
- **Αντοχή σε θερμική κόπωση.** Κατά τη λειτουργία του κινητήρα το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης του σπινθηριστή υποβάλλεται σε συνεχή εναλλασσόμενη θερμική φόρτιση το εύρος της οποίας εξαρτάται από την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα (σχήμα 3.3.10). Ο σχεδιασμός του θερμού ηλεκτροδίου και του μονωτήρα που το περιβάλλει πρέπει να εξασφαλίζει την απαγωγή του μεγαλύτερου μέρους της θερμότητας που απορροφάται κατά τη διαδικασία καύσης προς το σώμα της κυλινδροκεφαλής.
- **Απαιτήσεις σε μηχανική αντοχή.** Ο σπινθηριστής πρέπει να αντιστέκεται στις συνθήκες της περιοδικά μεταβαλλόμενης πίεσης που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του κινητήρα στο θάλαμο καύσης (0.9 – 50 bar) διατηρώντας παράλληλα τη στεγανότητά του. (σχήμα 8.15)
- **Αντοχή σε θερμική αποσύνθεση και χημική διάβρωση.** Οι υψηλές θερμοκρασίες της καύσης οδηγούν στην ερυθροπύρωση του ηλεκτροδίου με συνέπεια τον κίνδυνο διάλυσης της κρυσταλλικής δομής του υλικού του. Επιπλέον κατά τη φάση της ψυχρής εκκίνησης οι χαμηλές θερμοκρασίες στο θάλαμο καύσης (κάτω από το σημείο δρόσου του καυσίμου μίγματος) δημιουργούν διαβρωτικές συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν τοπικά το ηλεκτρόδιο προκαλώντας την ανάπτυξη ρηγμάτων που σταδιακά οδηγούν σε αστοχία.

Χρόνος Λειτουργίας	Συμπύεση	Καύση-Εκτόνωση	Εξαγωγή	Εισαγωγή
Θερμοκρασία αερίου	300.....600 °C	2000.....3000 °C	1300.....1600 °C	.....120 °C
Πίεση κυλίνδρου	8.....15 bar	30.....50 bar	1.....5 bar	0,9 bar
Θέση εμβόλου				
Γωνία στρόφουλου	90°	180°	360°	270°

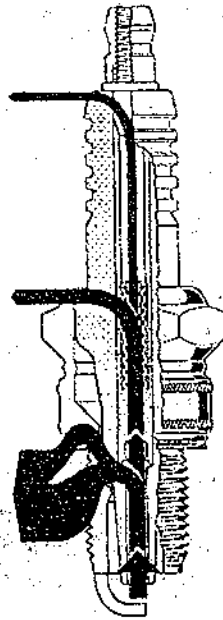
Σχήμα 8.15: [Συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στην περιοχή του σπινθηριστή κατά τη διάρκεια ενός πλήρη κύκλου λειτουργίας του κινητήρα.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας σπινθηριστών:

Οι περιοδικά μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας στο θάλαμο καύσης επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία του σπινθηριστή και επομένως τη λειτουργία του κινητήρα.

Από το ποσό της θερμότητας που απορροφάται κατά τη διάρκεια της καύσης από το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης και τη μόνωση που το περιβάλλει, ένα 20 % απάγεται από το φρέσκο μίγμα, ενώ το υπόλοιπο μεταφέρεται μέσα από τη μάζα του σπινθηριστή με αγωγή. Η θερμότητα που μεταφέρεται με αγωγή διαχέεται κυρίως προς το μεταλλικό σώμα του σπινθηριστή και από εκεί προς την κυλινδροκεφαλή (81%) και το περιβάλλον (13%). Ένα μικρό ποσοστό μεταφέρεται μέσα από τη μάζα του μονωτήρα προς το άνω τμήμα του και από εκεί με φυσική συναγωγή προς το περιβάλλον (6%).

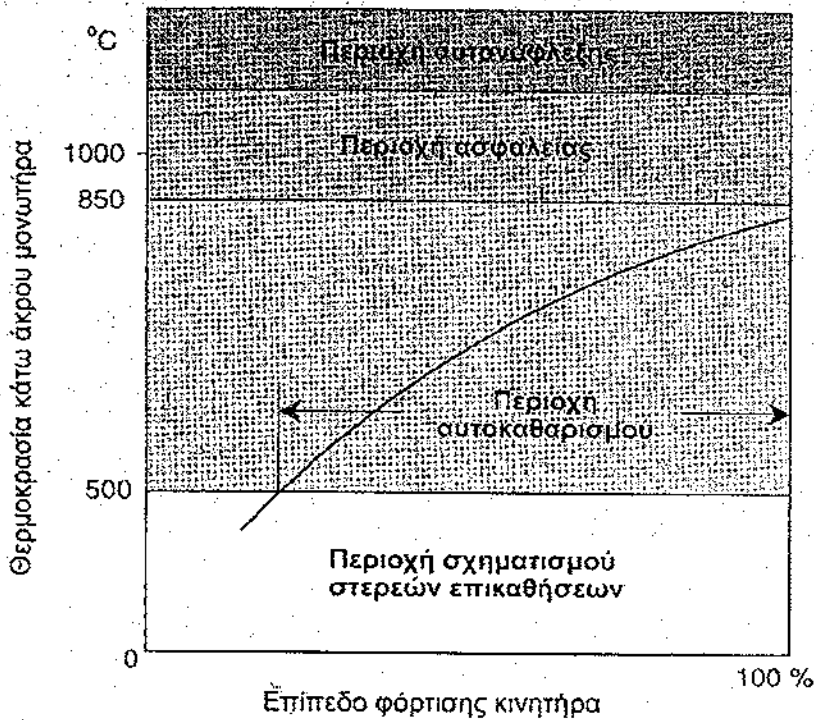


Σχήμα 8.16: [Διανομή θερμότητας με αγωγή στα διάφορα στοιχεία του σπινθηριστή.  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του σπινθηριστή πρέπει οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο κάτω άκρο του μονωτήρα να βρίσκονται στην περιοχή μεταξύ 400 και 850 °C . Θερμοκρασίες λειτουργίας κάτω των 400 °C δεν ευνοούν την οξείδωση του μέρους της γόμωσης που διεισδύει κατά τη συμπίεση στις εσοχές του σπινθηριστή, με συνέπεια να σχηματίζεται ένα αγωγίμο στρώμα στην επιφάνεια του μονωτήρα το οποίο προκαλεί την εμφάνιση διαρροών. Επιπλέον η μη



οξείδωση των καταλοίπων αυτών καθιστά τον σπινθηριστή σημαντική πηγή άκαυστων υδρογονανθράκων. Θερμοκρασίες λειτουργίας άνω των 800 °C μετατρέπουν τον σπινθηριστή σε εστία αυτανάφλεξης (φαινόμενο κρουστικής καύσης) με συνέπεια την εμφάνιση ανωμαλιών στην ομαλή εξέλιξη της καύσης.

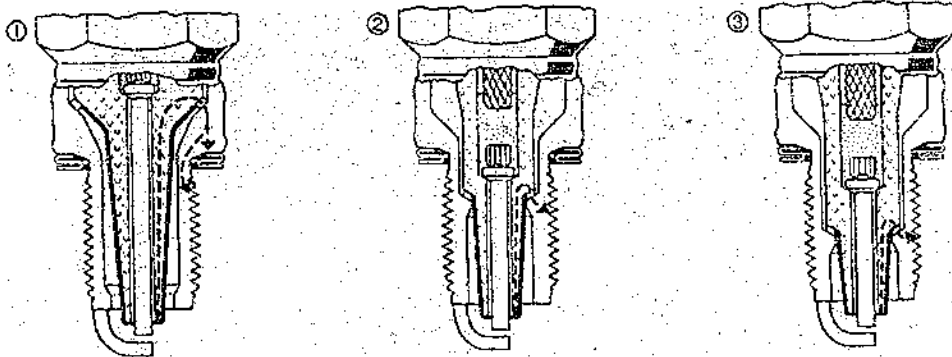


**Σχήμα 8.17:** Αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο κάτω άκρο του μονωτήρα συναρτήσει του επιπέδου φόρτισης του κινητήρα. Παρουσίαση περιοχής ομαλής λειτουργίας σπινθηριστή.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Το θερμοκρασιακό εύρος του σπινθηριστή εξαρτάται από τη γεωμετρική διαμόρφωση του κάτω άκρου του μονωτήρα (λαιμού) και είναι άμεση συνάρτηση του τύπου κινητήρα στον οποίο χρησιμοποιείται. Έτσι σπινθηριστές με μακρύ λαιμό έχουν μεγάλη επιφάνεια εκτεθειμένη στο θάλαμο καύσης με συνέπεια να απορροφούν μεγαλύτερο θερμικό φορτίο, το οποίο δε μπορεί να διαχυθεί προς το μεταλλικό σώμα.

Οι σπινθηριστές αυτοί χαρακτηρίζονται από υψηλό θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας (*θερμά μουτζί*), ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τους σπινθηριστές με κοντό λαιμό (*ψυχρά μουτζί*). Στο σχήμα 8.18 παρουσιάζονται οι καμπύλες θερμοκρασίας για τρεις τύπους σπινθηριστών (θερμός, μέτριος και ψυχρός) συναρτήσει του επιπέδου φόρτισης ενός συγκεκριμένου κινητήρα.

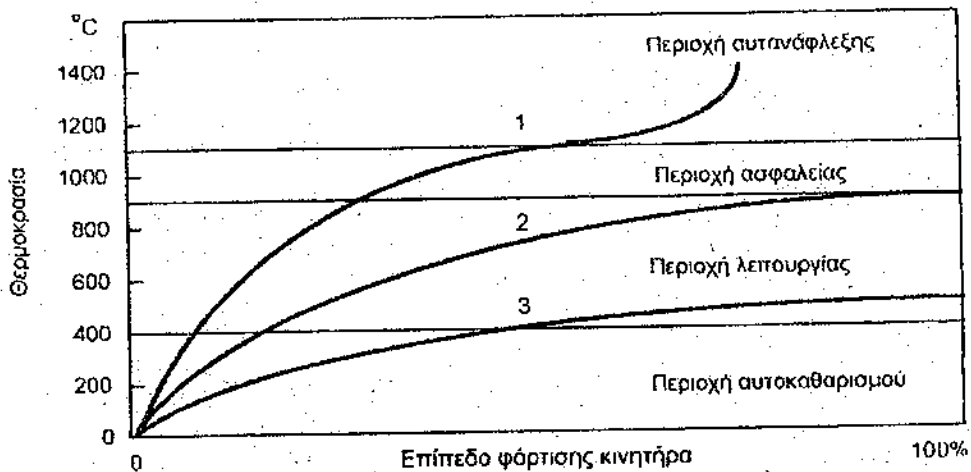


— Επιφάνεια απορρόφησης θερμότητας  
 ..... Διάδρομος μετάδοσης θερμότητας με αγωγή

1 Σπινθηριστής με υψηλό κωδικό θερμοκρασιακού εύρους (θερμό μπουζί). Ο μακρύς λαμβός αυξάνει την επιφάνεια του μονωτήρα που εκτίθεται στα θερμά αέρια της καύσης με συνέπεια την αύξηση της απορροφώμενης θερμότητας σε σχέση μ' αυτήν που απάγεται προς το μεταλλικό σώμα

2 Σπινθηριστής με μέτριο κωδικό θερμοκρασιακού εύρους. Η επιφάνεια του μονωτήρα είναι μικρότερη σε σχέση μ' αυτήν ενός θερμού σπινθηριστή. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση της απορροφώμενης θερμότητας και η καλλίτερη απαγωγή της προς το μεταλλικό σώμα

3 Σπινθηριστής με χαμηλό κωδικό θερμοκρασιακού εύρους (ψυχρό μπουζί). Ο κοντός λαμβός προκαλεί μείωση στην επιφάνεια του μονωτήρα που εκτίθεται στα θερμά καυσαέρια με συνέπεια την μείωση της απορροφώμενης θερμότητας και την πολύ καλή διάχυση της προς το μεταλλικό σώμα



Σχήμα 8.18: Καμπύλες θερμοκρασίας για τρεις διαφορετικούς τύπους σπινθηριστών (θερμός, μέτριος και ψυχρός) συναρτήσεσι του επιπέδου φόρτισης ενός συγκεκριμένου κινητήρα.

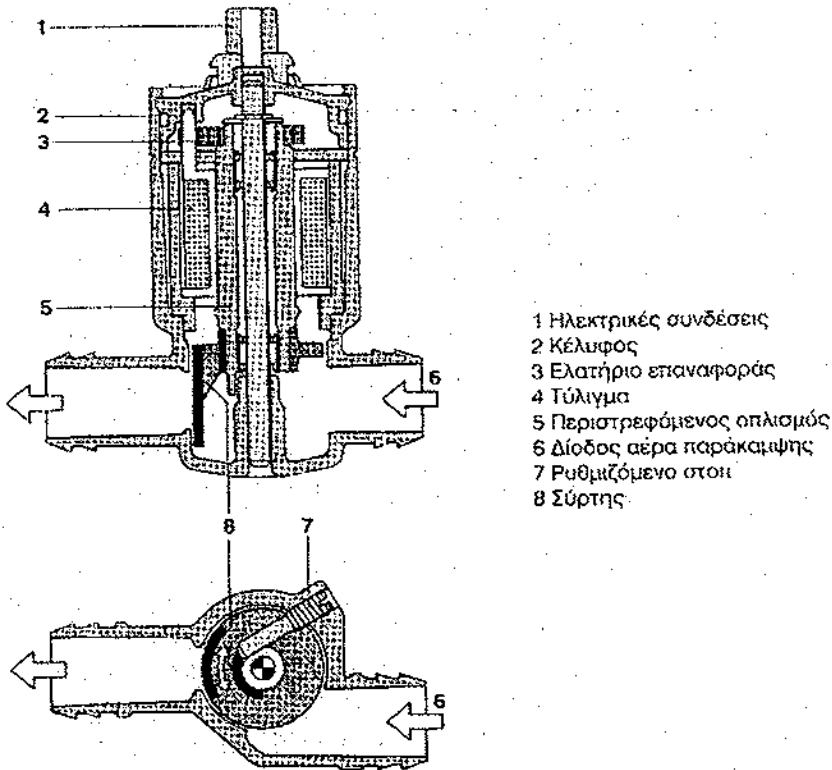
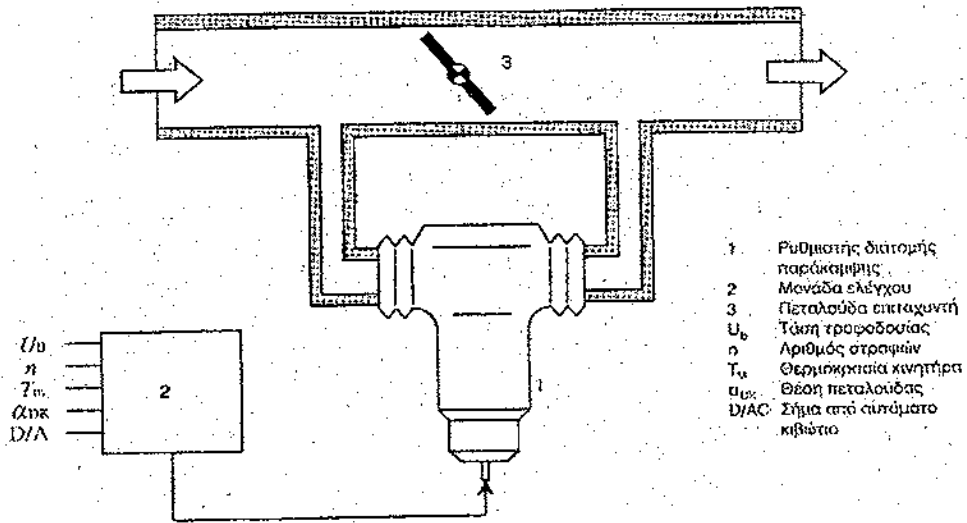
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

#### ▪ 8.3.4 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΡΕΛΑΝΤΙ.

Η ακριβής ρύθμιση των στροφών ρελαντί αποτελεί μία από τις βασικές λειτουργίες των ηλεκτρονικών συστημάτων διαχείρισης, καθώς οι στροφές του κινητήρα κατά τη φάση αυτή επιδρούν άμεσα στην κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη ρύθμιση των στροφών ρελαντί μπορούν συνοψιστούν στις εξής δύο κατηγορίες:

1. Ρύθμιση στροφών με παράκαμψη της πεταλούδας του επιταχυντή από ορισμένο ποσό αέρα (η πεταλούδα βραχυκυκλώνεται από ορισμένο ποσό αέρα μέσω μιας ρυθμιζόμενης διατομής παράκαμψης).
2. Ρύθμιση στροφών με απευθείας μεταβολή της θέσης της πεταλούδας του επιταχυντή.



Σχήμα 8.19: Ρύθμιση στροφών ρελαντί με παράκαμψη της πεταλούδας του επιταχυντή από ορισμένο ποσό αέρα

- α) Σύστημα ρύθμισης BOSCH.
- β) Ρυθμιστής διατομής παράκαμψης.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ

Για τη ρύθμιση της διατομής παράκαμψης χρησιμοποιείται ένας περιστρεφόμενος σύρτης (μέγιστη γωνία περιστροφής  $90^\circ$ ) ο οποίος παίρνει κίνηση από ένα μαγνητικό κινητήρα απλής διέγερσης. Η ροπή η οποία ασκείται από το μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς στην επιφάνεια του ρότορα (οπλισμός) μπορεί να προσδιοριστεί από την ακόλουθη σχέση:

$$T_m = B^2 \delta h (r + 0.5\delta) / \mu_0 \quad (\text{Nm})$$

όπου:

$B$ = Η ένταση του μαγνητικού πεδίου του σωληνοειδούς (Tesla)

$\delta$ = Διάκενο μεταξύ ρότορα και σωληνοειδούς (m)

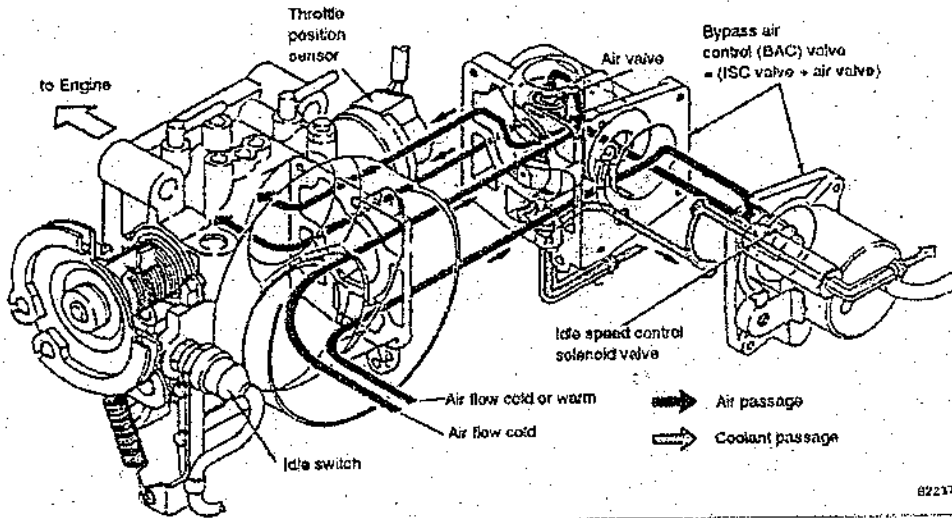
$h$ = Αξονικό μήκος ρότορα (m)

$r$ = Ακτίνα ρότορα (m)

$\mu_0$ = Μαγνητική διαπερατότητα (Tesla m/A)

Η ηλεκτρονική μονάδα ρυθμίζει κατάλληλα τη γωνία περιστροφής του σύρτη με ρύθμιση της παροχής ρεύματος προς το τύλιγμα του σωληνοειδούς (μεταβολή έντασης μαγνητικού πεδίου). Κατά τη διακοπή της τροφοδοσίας του σωληνοειδούς ένα ελατήριο επαναφέρει το σύρτη στη θέση ηρεμίας.

Παραλλαγή στη φιλοσοφία ρύθμισης που περιγράφηκε προηγουμένα αποτελεί η ρύθμιση της διατομής παράκαμψης με συνδυασμό δύο συρτών (σχήμα 8.20). Ο πρώτος σύρτης ελέγχεται ηλεκτρονικά από τη μονάδα ελέγχου, ενώ ο δεύτερος ελέγχεται μηχανικά από ένα θερμοστάτη ο οποίος είναι εκτεθειμένος στη ροή του ψυκτικού υγρού. Με τον τρόπο αυτό ανεξαρτητοποιείται η ρύθμιση των στροφών ρελαντί κατά τις φάσεις της ψυχρής εκκίνησης και της προθέρμανσης (σε περίπτωση απόκλισης οι στρόφες διορθώνονται από τον ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύρτη).

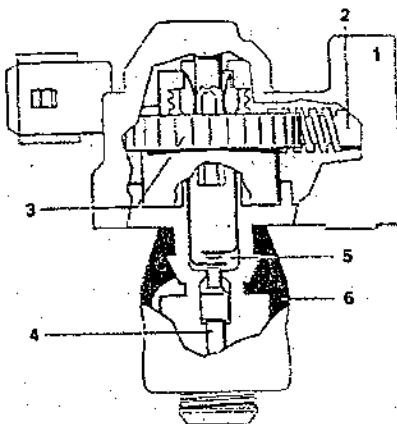


**Σχήμα 8.20:** Ρύθμιση διατομής παράκαμψης πεταλούδας με συνδυασμό ενός ηλεκτρονικά και ενός μηχανικά (μέσω θερμοστάτη) ελεγχόμενου σύρτη.  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Μοναδικό μειονέκτημα της τεχνικής ρύθμισης των στροφών των στροφών με παράκαμψη της πεταλούδας από ορισμένο ποσό αέρα αποτελεί η καθυστέρηση απόκρισης του συστήματος στην περίπτωση πολλαπλών εισαγωγής με μεγάλο όγκο.

### ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗ.

Η διάταξη ρύθμισης των στροφών ρελαντί με απευθείας μεταβολή της θέσης της πεταλούδας του επιταχυντή, παρουσιάζεται στο σχήμα 8.21. Όπως μπορούμε να δούμε, εδώ υπάρχει ένας σερβοκινητήρας θέσης ο οποίος μέσω μιας διάταξης ατέρμονα κοιλία - κορώνας επενεργεί στον άξονα της πεταλούδας προκαλώντας την επιθυμητή μεταβολή στην παροχή του αέρα εισαγωγής.



- 1 Κέλυφος ηλεκτρ/ρα
- 2 Ατέρμονας κοιλίας
- 3 Κορώνα
- 4 Άξονας διακόπτη πεταλούδας
- 5 Επαφή διακόπτη
- 6 Ελαστική φισούνα

**Σχήμα 8.21:** Σερβομηχανισμός ρύθμισης θέσης πεταλούδας επιταχυντή  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Ο σερβοκινητήρας θέσης είναι ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος σταθερού μαγνήτη (σχήμα 8.22) . Η συμπεριφορά του συστήματος μπορεί να περιγραφεί από τις ακόλουθες διαφορικές εξισώσεις:

□ Ηλεκτρική εξίσωση:

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = V(t) - V_b(t)$$

όπου:

$i(t)$  = Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το τυλίγμα του ρότορα (A)

$V(t)$  = Τάση τροφοδοσίας κινητήρα (ρυθμίζεται από τη μονάδα ελέγχου με βάση την επιθυμητή θέση της πεταλούδας) (V)

$V_b(t)$  = Αναπτυσσόμενη αντί - ΗΕΔ στο τυλίγμα του ρότορα εξαιτίας της κίνησης του μέσα στο μαγνητικό πεδίο του στάτη (V)

$L$  = Αυτεπαγωγή τυλίγματος ρότορα (H)

$R$  = Συνολική αντίσταση τυλίγματος ρότορα ( $\Omega$ )

□ Εξίσωση περιστροφικής κίνησης ρότορα:

$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} + B_m \frac{d\theta_m}{dt} = K \Phi i(t) = T_m$$

όπου:

$\omega_m$  = Γωνιακή ταχύτητα ρότορα ( $\omega_m = d\theta_m/dt$ ) (rad/s)

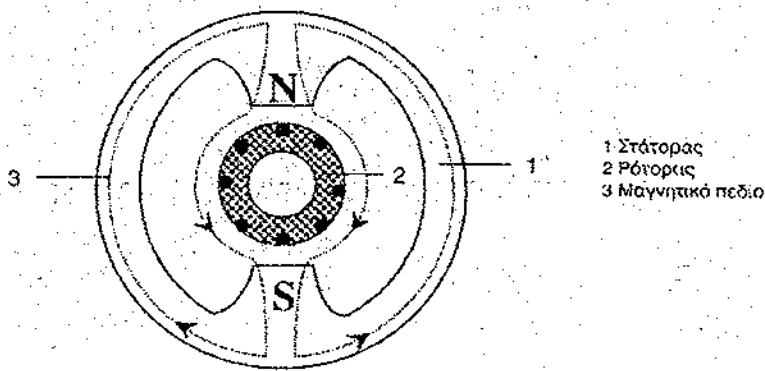
$J_m$  = Στρεπτική ροπή αδράνειας ρότορα ( $m^4$ )

$T_m$  = Ροπή κινητήρα (Nm)

$B_m$  = Συντελεστής τριβής

$K$  = Σταθερά η οποία εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του κινητήρα όπως διαστάσεις, σχήμα, υλικό κλπ)

$\Phi$  = Μαγνητική ροή που διαπερνά το τυλίγμα του ρότορα (Wb)



**Σχήμα 8.22:** Κινητήρας συνεχούς ρεύματος σταθερού μαγνήτη.  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



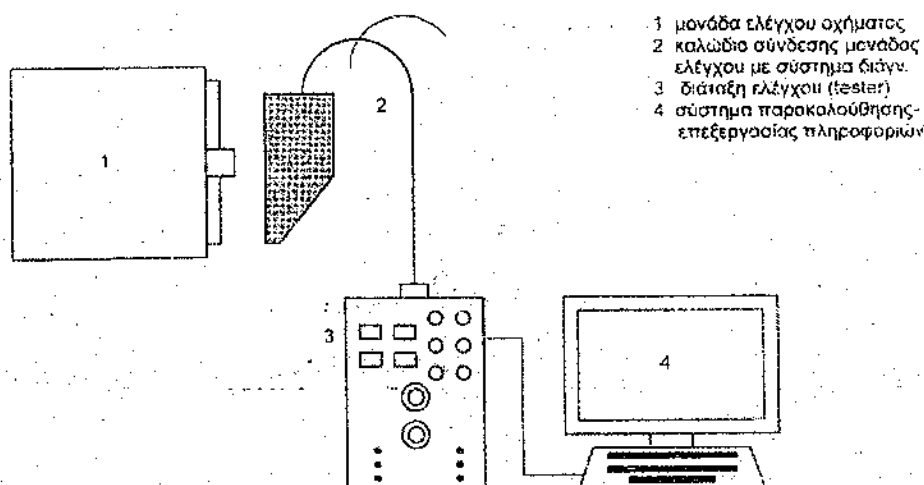
**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ – ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ- ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΗ**  
**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είδαμε η αποδοτική εφαρμογή των τεχνολογιών αντιρρύπανσης στον βενζινοκινητήρα προϋποθέτει την αξιόπιστη λειτουργία των υποσυστημάτων που επηρεάζουν τις εκπομπές ρύπων ( υποσυστήματα έγχυσης, έναυσης και επεξεργασίας καυσαερίου). Η σταδιακή αντικατάσταση των μηχανικών συστημάτων από άλλα με ηλεκτρονικό έλεγχο παρείχε σημαντικά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα σε ότι αφορά την παρεχόμενη κατά τη λειτουργία αξιοπιστία. Αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Η αυξημένη ταχύτητα επεξεργασίας των δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα άμεσης και ασφαλούς αντίδρασης στην περίπτωση σφάλματος (μετάβαση συστήματος σε κατάσταση λειτουργίας χωρίς σφάλμα.)
- Η συνεχής διαδικασία υπολογισμού και αποθήκευσης των δεδομένων επιτρέπει την ανίχνευση τυχόν δυσλειτουργιών του συστήματος και την αποθήκευση τους στη μνήμη του μικροϋπολογιστή, από την οποία μπορούν να εντοπιστούν με κατάλληλο διαγνωστικό σύστημα (Σχήμα 9.1)
- Το διαρκώς αυξανόμενο Software σε βάρος του ελαττούμενου Hardware οδηγεί σε αύξηση της αξιοπιστίας των ηλεκτρονικών συστημάτων διαχείρισης.



- 1 μονάδα ελέγχου οχήματος
- 2 καλώδιο σύνδεσης μονάδας ελέγχου με σύστημα διάγν.
- 3 διάταξη ελέγχου (tester)
- 4 σύστημα παρακολούθησης-επεξεργασίας πληροφοριών

Σχήμα 9.1: Σχηματική παράσταση συστήματος διάγνωσης off-board αποτελούμενο από διάταξη με δυνατότητα απευθείας σύνδεσης στη μονάδα ελέγχου του οχήματος.

(ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ)

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

- Σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα δε μπορεί να εξακριβωθεί καμία φθορά με συνέπεια μια βλάβη να συμβαίνει χωρίς προειδοποίηση.
- Τα ηλεκτρονικά συστήματα παρουσιάζουν ευαισθησίες σε εξωτερικές επιδράσεις, είτε αυτές προέρχονται από το περιβάλλον (θερμοκρασία, υγρασία και σκόνη), είτε από το υπό έλεγχο σύστημα (μηχανικές και δυναμικές φορτίσεις).

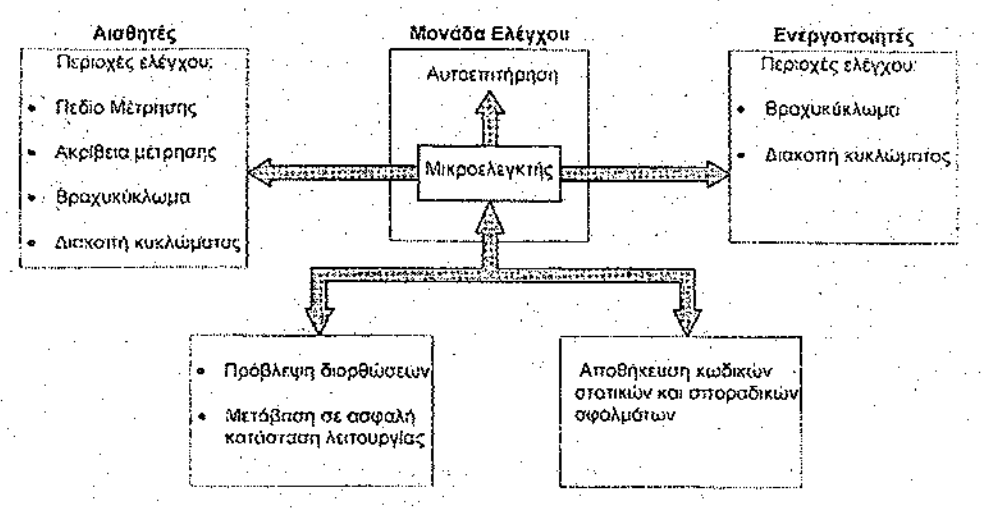
Η αυξανόμενη πυκνότητα ολοκλήρωσης ξεχωριστών συστημάτων, καθένα από τα οποία εργάζεται με τη δική του ευφυΐα (υποσυστήματα έγχυσης, έναυσης, ABS, διαχείρισης αυτόματου κιβωτίου κλπ) σύντομα έκανε δαιδαλώδη τη διαδικασία εντοπισμού και διόρθωσης των σφαλμάτων που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία. Έτσι αναδείχθηκε η ανάγκη για τη δημιουργία ενός εσωτερικού συστήματος αυτοδιάγνωσης ικανού να ελέγχει διαρκώς τα δεδομένα που εισάγονται στη μνήμη του μικροϋπολογιστή και να ανιχνεύει κάθε υπέρβαση από το κανονικό των τιμών των μεγεθών λειτουργίας του κινητήρα με βάση συγκεκριμένους αλγόριθμους. Κάθε σφάλμα που αναγνωρίζεται αποθηκεύεται στη μνήμη και για την ύπαρξή του πληροφορείται ο οδηγός από συγκεκριμένη ενδεικτική λυχνία. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα στο σύστημα ρύθμισης να μεταβεί σε κατάσταση ασφαλούς λειτουργίας – το εσφαλμένο σήμα αγνοείται- με βάση τα δεδομένα που διαθέτει ο μικροϋπολογιστής από την πριν την εμφάνιση του σφάλματος, κατάσταση λειτουργίας.

Η πρώτη σχετική αναφορά για απαίτηση συστημάτων αυτοδιάγνωσης στο αυτοκίνητο έγινε από την CARB (California Air Resources Board) το 1984 και οδήγησε στην εισαγωγή των συστημάτων αυτοδιάγνωσης πρώτης γενιάς **OBD** (On Board Diagnostics) από το 1988. Τα αυτοκίνητα θα έπρεπε να διαθέτουν συστήματα διάγνωσης όλων των εξαρτημάτων που ήταν άμεσα συνδεδεμένα με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Στα συστήματα αυτοδιάγνωσης δεύτερης γενιάς (**OBD II**) που εισήχθησαν μετά το 1994, ο έλεγχος επεκτείνεται σε όλα τα υποσυστήματα που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τις εκπομπές των καυσαερίων. Τα υποσυστήματα αυτά συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
- Σύστημα παροχής καυσίμου
- Σύστημα έναυσης
- Σύστημα ανακύκλωσης καυσαερίου (EGR)
- Αισθητήρας λάμδα
- Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας

- Σύστημα ταχείας ενεργοποίησης καταλύτη (σύστημα δευτερεύον αέρα, σύστημα προθέρμανσης καταλύτη, κλπ)
- Σύστημα κατακράτησης αναθυμιάσεων στο ρεζερβουάρ.



Σχήμα 9.2: Αρχή λειτουργίας συστημάτων αυτοδιάγνωσης  
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

## ▪ 9.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.

Η ικανότητα λειτουργίας των ηλεκτρονικών συστημάτων επηρεάζεται τόσο από εξωγενείς (επιδράσεις από το περιβάλλον) όσο και από ενδογενείς παράγοντες (επιδράσεις από το ίδιο σύστημα). Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να συνοψιστούν στους παρακάτω:

- θερμοκρασία
- υγρασία και σκόνη
- μηχανικές και δυναμικές φορτίσεις
- παρασιτική τάση
- παρασιτική ακτινοβολία

Από τους προηγούμενους παράγοντες αυτός που επιδρά ισχυρότερα στην αξιοπιστία των ηλεκτρονικών συστημάτων είναι η **θερμοκρασία**. Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας διακρίνονται σε:

- 1) Μακροπρόθεσμες (εποχιακές αλλαγές θερμοκρασίας)
- 2) Βραχυπρόθεσμες (μεταβολές από μέρα σε μέρα)

Στις προηγούμενες επιδράσεις θα πρέπει να προστεθεί και αυτή της θερμοκρασίας λειτουργίας του συστήματος, η οποία είναι σταθερή και ανεξάρτητη.

Η εξάρτηση του ποσοστού βλαβών  $\lambda(t)$  από τη θερμοκρασία εκφράζεται από την εξίσωση :

$$\lambda = A \exp (\theta / kT)$$

όπου:

A= Σταθερά

$\theta$ = Ενέργεια ενεργοποίησης

k=Σταθερά Boltzman ( $8,62 \cdot 10^{-5}$  eV/ K )

T= Θερμοκρασία (K)

Οι επιδράσεις της υγρασίας και της σκόνης θεωρούνται επίσης σημαντικές καθώς θεωρούνται υπεύθυνες για τη διάβρωση των περιφερειακών τμημάτων ενός ηλεκτρονικού συστήματος (αισθητές – ενεργοποιητές) και την πρόκληση βραχυκυκλωμάτων. Για το λόγο αυτό τα ηλεκτρονικά συστήματα θα πρέπει να θωρακίζονται κατάλληλα σε συνάρτηση με το κλίμα στο οποίο πρόκειται να λειτουργήσουν.

Η επίδραση των μηχανικών και δυναμικών φορτίσεων εμφανίζεται είτε με τη μορφή θραύσεων (λόγω κόπωσης ή υπέρβασης της αντοχής σε κρούση), είτε με τη μορφή διακοπών στη σύνδεση μεταξύ της μονάδας ελέγχου και των περιφερειακών τμημάτων του ηλεκτρονικού συστήματος (θραύση επαφών ή χαλάρωση συναρμογών σύνδεσης καλωδίων με τα διάφορα εξαρτήματα). Για το λόγο αυτό τα διάφορα εξαρτήματα σχεδιάζονται έτσι ώστε να ανθίστανται σε ένα εύρος επιταχύνσεων 10 – 30 g, ενώ για περαιτέρω αντίσταση εφοδιάζονται με κατάλληλες διατάξεις απόσβεσης.

Οι διακυμάνσεις στην τάση τροφοδοσίας επιδρούν επίσης στην αξιοπιστία των ηλεκτρονικών συστημάτων καθώς ευθύνονται για την εμφάνιση βλαβών είτε λόγω της πρόκλησης υπερτάσεων στα σημεία των ηλεκτρικών συνδέσεων, είτε λόγω της υπερθέρμανσης που υφίσταται όλο το σύστημα. Στις εφαρμογές αυτοκινήτου η τάση τροφοδοσίας ταλαντώνεται σε μια περιοχή μεταξύ 8V (φάση ψυχρής εκκίνησης) και 14V ( τάση φόρτισης μπαταρίας από τη γεννήτρια). Έτσι για την προστασία τους τα ηλεκτρονικά εφοδιάζονται με διατάξεις αντιστάθμισης

(σταθεροποιητές τάσης), ενώ προβλέπονται επίσης και διατάξεις ασφαλείας (προστασία από βραχυκυκλώματα και σφάλματα στις ηλεκτρικές συνδέσεις).

Επιπλέον παρασιτικά ηλεκτρομαγνητικά σήματα από διάφορες πηγές (σύστημα ανάφλεξης, γεννήτρια, ρελέ, κλπ) είναι δυνατόν να επάγουν ανεπιθύμητες τάσεις στα καλώδια που συνδέουν λογικά κυκλώματα. Τα ανεπιθύμητα αυτά σήματα προστίθενται στο σήμα κανονικής λειτουργίας με συνέπεια την εισαγωγή θορύβου στο σύστημα. Η ικανότητα των ηλεκτρονικών συστημάτων να εργάζονται αξιόπιστα σε περιβάλλον θορύβου είναι πολύ σημαντική, ιδιαίτερα στην περίπτωση του αυτοκινήτου. Για το λόγο αυτό τα ηλεκτρονικά κυκλώματα σχεδιάζονται έτσι ώστε πάντα να υπάρχει ένα περιθώριο θορύβου (μέγιστος θόρυβος ο οποίος μπορεί να προστεθεί στην είσοδο ενός λογικού κυκλώματος χωρίς να προκληθεί ανεπιθύμητη αλλαγή στη έξοδο). Επιπλέον λαμβάνονται μέτρα καταστολής των παρασίτων όπως η θωράκιση των κελυφών των ηλεκτρονικών τμημάτων και των καλωδίων που τα συνδέουν.

Η ικανότητα λειτουργίας των ηλεκτρονικών συστημάτων κάτω από τις επιδράσεις των προαναφερθέντων παραγόντων ελέγχεται με τη διεξαγωγή τυποποιημένων τεστ, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Ελεγχόμενη παράμετρος	Τύπος-Χαρακτηριστικά ελέγχου
Θερμοκρασία	<p>Δοκιμασία κυκλικής εναλλαγής θερμοκρασίας (<math>T_a = -65-200^{\circ}\text{C}</math>, cycle=10-4000)</p> <p>Δοκιμασία έκθεσης σε θερμό σημείο. (<math>T_a = 70-200^{\circ}\text{C}</math>, t=24-5000)</p> <p>Δοκιμασία υποβολής σε θερμικό σοκ. (<math>T_a = 0-100^{\circ}\text{C}</math>, cycle=20-300)</p>
Υγρασία-σκόνη	<p>Δοκιμασία κλιματολογικών επιδράσεων (<math>T_a = -10-65^{\circ}\text{C}</math>, p=1at, t=24-96hr)</p> <p>Δοκιμασία έκθεσης σε αλάτι και <math>\text{SO}_2</math></p> <p>Δοκιμασία έκθεσης σε σκόνη και ψεκασμό νερού</p>
Μηχανικές φορτίσεις	<p>Δοκιμασία υποβολής σε απότομες επιταχύνσεις. (Κρουσική επιτάχυνση στα 30g, Διαρκής επιτάχυνση στα 10g).</p> <p>Δοκιμασία υποβολής σε ταλάντωση (συχνότητα N=10-150Hz, εύρος επιτάχυνσης <math>x=1g</math>)</p>
Παρασιτική τάση	Δοκιμασία κυκλικής μεταβολής τάσης τροφοδοσίας ( $V=12 \pm 4\text{Volt}$ )
Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές	Προσδιορισμός μέγιστου πλάτους παρεμβολών για το οποίο η λειτουργία του συστήματος παραμένει ανεπηρέαστη

**Σχήμα 9.3:** Πίνακας τυποποιημένων δοκιμασιών στις οποίες υποβάλλονται τα ηλεκτρονικά συστήματα για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας τους.

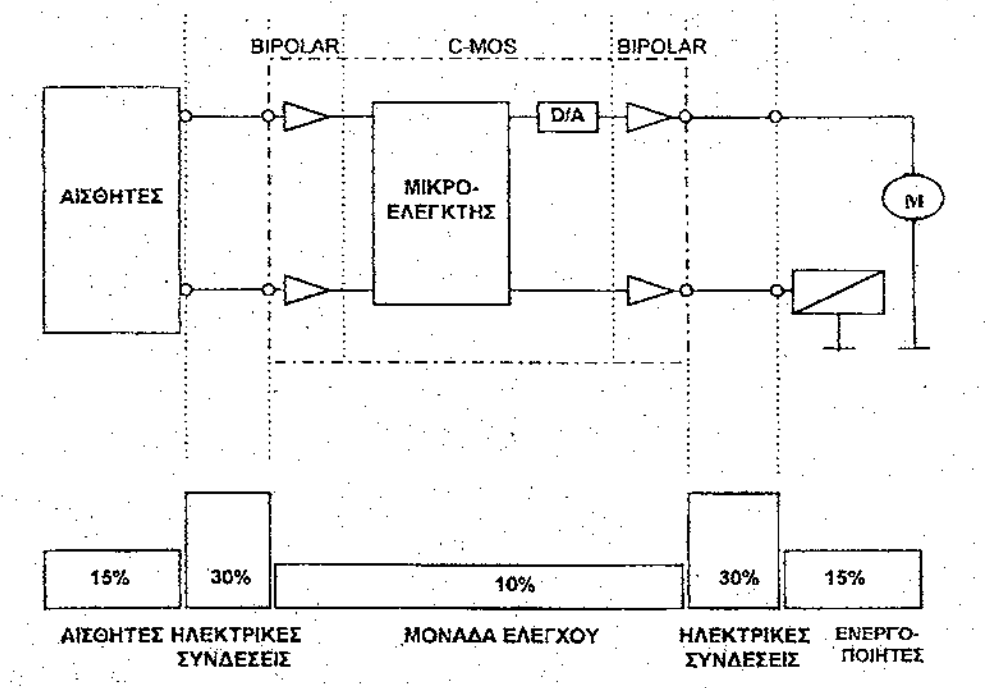
[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

## 9.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ.

Στα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα με ψηφιακή τεχνολογία οι βλάβες που εμφανίζονται κατανέμονται στα επιμέρους τμήματα ως εξής:

- 60% στις ηλεκτρικές συνδέσεις
- 15% στους αισθητήρες
- 15% στους ενεργοποιητές
- 10% στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου

Όπως γίνεται φανερό το μεγαλύτερο κίνδυνο για εμφάνιση βλάβης παρουσιάζουν οι ηλεκτρικές συνδέσεις οι οποίες είναι εκτεθειμένες στις επιδράσεις τόσο των εξωγενών, όσο και των ενδογενών παραγόντων που προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 9.4: Κατανομή συχνότητας βλαβών στα επιμέρους τμήματα ενός ηλεκτρονικού συστήματος διαχείρισης

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]



Τα κυριότερα αίτια που οδηγούν σε βλάβη των ηλεκτρικών συνδέσεων είναι τα εξής:

- Χαλάρωση συναρμογής στο σημείο σύνδεσης του καλωδίου με το εξάρτημα
- Διάβρωση επαφών
- Διείσδυση υγρασίας στην περιοχή επαφής
- Θραύση επαφών λόγω μηχανικής καταπόνησης
- Τήξη επαφών λόγω υπέρτασης

Οι βλάβες στη μονάδα ελέγχου οφείλονται κατά κύριο λόγο σε σφάλματα στις συγκολλήσεις και λιγότερο σε αστοχία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων (τρανζίστορς, ολοκληρωμένα κυκλώματα, κλπ).

Στόχος της αυτοκινητοβιομηχανίας σήμερα είναι η αύξηση της αξιοπιστίας των ηλεκτρονικών συστημάτων διαχείρισης. Στην κατεύθυνση αυτή επιδιώκεται η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού της δομής των ηλεκτρονικών συστημάτων μέσω της ταξινόμησης των βλαβών ανάλογα με τα αίτια που τις δημιουργούν και τις επιδράσεις που ασκούν στη λειτουργία του συστήματος. Τα μέτρα που λαμβάνονται για την αύξηση της αξιοπιστίας είναι:

- Προληπτική συντήρηση
- Τακτική επιθεώρηση
- Ανάπτυξη συστημάτων αυτοδιάγνωσης (συνεχής επιτήρηση της λειτουργίας του συστήματος)
- Αύξηση πυκνότητας ολοκλήρωσης ανεξάρτητων συστημάτων
- Μείωση Hardware – Αύξηση Software
- Πλεονασμός (εισαγωγή τμημάτων τα οποία μπορούν να υποκαταστήσουν μερικώς ή ολικώς τη λειτουργία που εκτελούν τα κύρια τμήματα στην περίπτωση βλάβης π.χ το ποτενσιόμετρο της πεταλούδας του γκαζιού μπορεί να υποκαταστήσει μερικώς τον μετρητή ροής αέρα στη λειτουργία καθορισμού του φορτίου του κινητήρα.)

## ■ 9.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΗΣ

### 9.3.1 Αυτοδιάγνωση καταλυτικού μετατροπέα.

Όπως προαναφέρθηκε το σύστημα αυτοδιάγνωσης επιτηρεί συνεχώς τη λειτουργία των υποσυστημάτων που επηρεάζουν τις εκπομπές των ρύπων και εντοπίζει πιθανές βλάβες τις οποίες καταγράφει σε ειδική περιοχή της μνήμης (KAM= Keep Alive Memory) . Στην περίπτωση επανάληψης της βλάβης ο οδηγός ενημερώνεται με το άναμμα μιας προειδοποιητικής λυχνίας στο ταμπλό, έτσι ώστε να επισκεφθεί το συνεργείο για επισκευή.

Η EPA (Environmental Protection Agency) δίνει συγκεκριμένες προδιαγραφές σχετικά με τη διάγνωση των βλαβών στα υποσυστήματα μετεπεξεργασίας καυσαερίου (καταλυτικός μετατροπέας, αισθητήρας λ ) και έναυσης. Έτσι μήνυμα βλάβης θα πρέπει να εμφανίζεται σε κάθε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις:

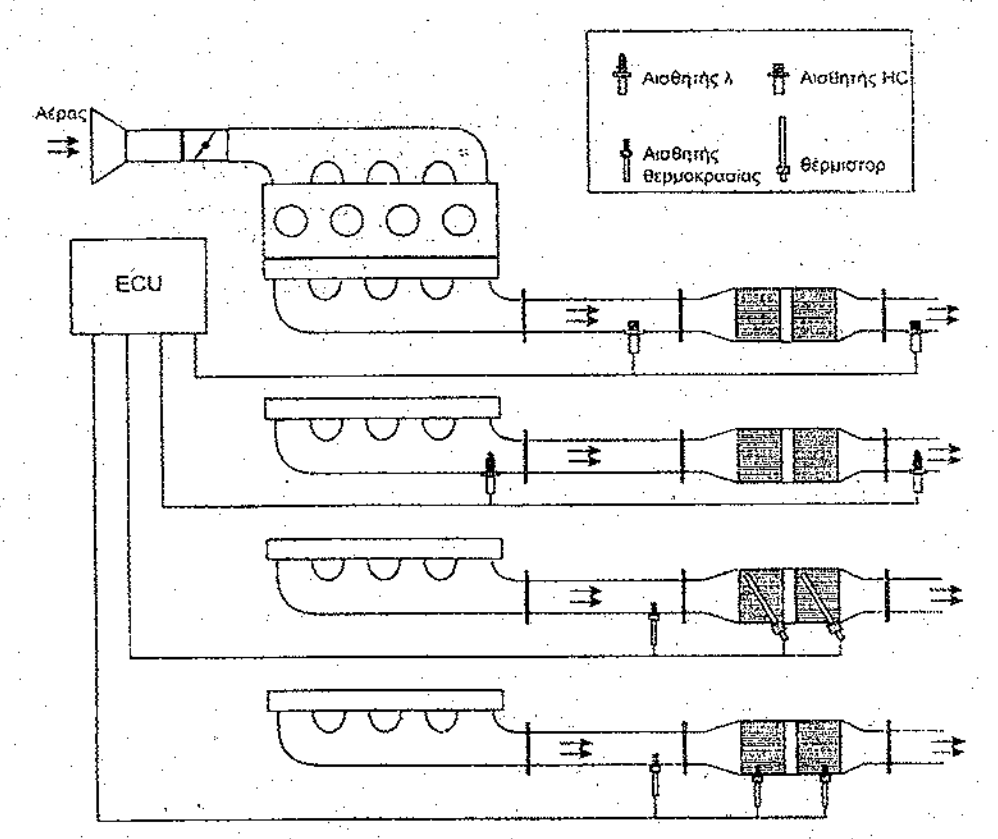
- Χειροτέρευση του καταλυτικού μετατροπέα, που οδηγεί είτε σε εκπομπές μεγαλύτερες από 0.6 g/ mile HC, είτε σε αύξηση των εκπομπών σε σχέση με νέο καταλύτη μεγαλύτερη από 0.4 g / mile HC.
- Αστοχία έναυσης που οδηγεί σε αύξηση εκπομπών μεγαλύτερη από 0.4 g/ mile HC, 3.4 g/ mile CO ή 1.0 g/ mile NO.
- Χειροτέρευση του αισθητήρα λ που οδηγεί σε αύξηση εκπομπών μεγαλύτερη από 0.2 g/ mile HC, 1.7 g/ mile CO ή 0.5 g/ mile NO.

Η αδυναμία απευθείας μέτρησης του ποσού των εκπεμπόμενων ρύπων πάνω στο όχημα με τις συμβατικές μεθόδους ανάλυσης καυσαερίων, απαιτεί την ανάπτυξη μεθοδολογιών έμμεσης αναγνώρισης της σωστής λειτουργίας του καταλυτικού μετατροπέα. Οι απαιτήσεις που τίθενται κατά τον σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος είναι:

- Απλότητα στην εγκατάσταση των αισθητών
- Σχετικά απλός αλγόριθμος διάγνωσης, έτσι ώστε να επιβαρύνεται όσο το δυνατό λιγότερο η ηλεκτρονική μονάδα.
- Χαμηλό κόστος του επιπλέον εξοπλισμού.
- Ικανοποιητική διάρκεια ζωής
- Δυνατότητα εφαρμογής της μεθοδολογίας σε πολλές παραλλαγές συστημάτων μετεπεξεργασίας καυσαερίου (ηλεκτρικά θερμαινόμενοι καταλύτες, προκαταλύτες, συστήματα με εισαγωγή δευτερεύοντα αέρα κλπ)

Οι τεχνικές οι οποίες έχουν κατά καιρούς προταθεί, για τη διάγνωση του καταλυτικού μετατροπέα συνοψίζονται στις παρακάτω:

- Χρήση διπλών αισθητών λ (πριν και μετά τον καταλύτη)
- Χρήση διπλών αισθητών συγκέντρωσης υδρογονανθράκων
- Χρήση αισθητών θερμοκρασίας καυσαερίου



**Σχήμα 9.5:** Σχηματική παράσταση εγκατάστασης στο σύστημα εξαγωγής του οχήματος διαφόρων συστημάτων αυτοδιάγνωσης του καταλυτικού μετατροπέα.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων τεχνολογιών αυτοδιάγνωσης.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ				
ΤΥΠΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗ	(διπλός) αισθητής λ		(διπλός) αισθητής υδρογονανθράκων	αισθητής θερμοκρασίας
ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗ	HEGO	UEGO	αισθητής : επιφανειακού τύπου "thick film" ιονισμός	γραμμικός θερμοζεύγος (thermistor) ή τύπου αντίστασης
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ	σύγκριση σημάτων αισθητήρων λ		βαθμός μετατροπής υδρογονανθράκων	ανίχνευση εξώθερμων αντιδράσεων
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	σταθερή πορεία, επιτάχυνση (κινητήρας θερμός)		όλα τα σημεία (κινητήρας θερμός)	ανάλογα με τη μεθοδολογία

Σχήμα 9.6: Χαρακτηριστικά των κυριότερων τεχνολογιών αυτοδιάγνωσης του τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα.

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

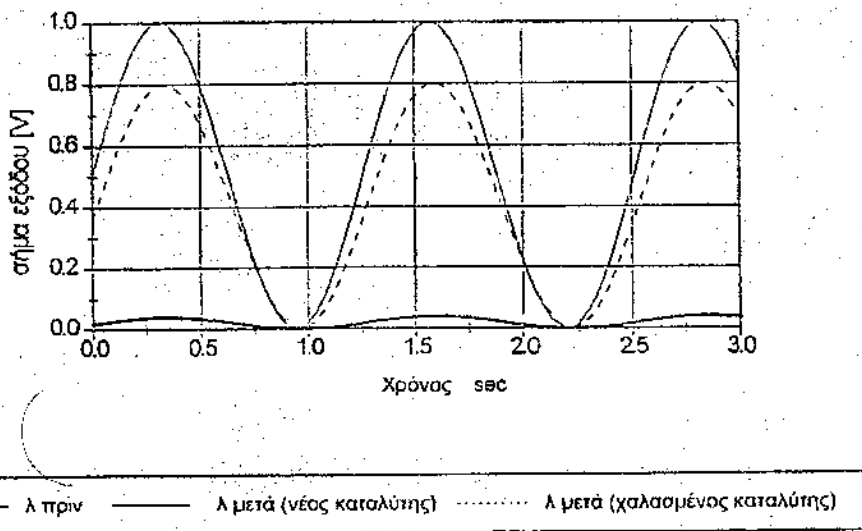
### ▪ 9.3.1.1 Χρήση διπλών αισθητών λ

Η λογική της αυτοδιάγνωσης του καταλυτικού μετατροπέα με χρήση διπλών αισθητών λ βασίζεται στη μέτρηση της περιεκτικότητας του καυσαερίου σε  $O_2$  πριν και μετά τον καταλύτη. Όπως έχει προαναφερθεί στα συστήματα με τριοδικό ρυθμιζόμενο καταλύτη, το σήμα του αισθητήρα λ χρησιμοποιείται ως σήμα ελέγχου ανατροφοδοσίας για τη διατήρηση της ποιότητας μίγματος λ στη στοιχειομετρική περιοχή. Όμως η πεπερασμένη απόκριση του συστήματος (εξαιτίας της συνολικής καθυστέρησης κατά τη μεταφορά του καυσαερίου από τη βαλβίδα εξαγωγής στον αισθητή, αλλά και της καθυστέρησης στην απόκριση του ίδιου του αισθητή) προκαλεί την περιοδική μεταβολή της ποιότητας μίγματος λ γύρω από τη στοιχειομετρική σχέση. Ωστόσο η προσθήκη ορισμένων σταθεροποιητών-προωθητών στην καταλυτική επίστρωση (όπως το Ce) μπορεί να βελτιώσει την

απόδοση του καταλύτη σε συνθήκες περιοδικά μεταβαλλόμενου  $\lambda$  (φαινόμενο αποθήκευσης  $O_2$ ).

Με βάση τα παραπάνω αναμένεται ότι κατά τη λειτουργία ενός οχήματος σε σταθερές σχετικά συνθήκες, ένας νέος καταλύτης θα αποσβένει τις διακυμάνσεις που εμφανίζονται στη συγκέντρωση του οξυγόνου στο καυσαέριο λόγω του περιοδικά μεταβαλλόμενου  $\lambda$ . Αντίθετα ένας καταλύτης γηρασμένος, με μειωμένη ικανότητα αποθήκευσης  $O_2$ , θα αφήνει να περνά περισσότερο  $O_2$  από μέσα του χωρίς να αντιδρά (αύξηση της συγκέντρωσης  $O_2$  στην έξοδο του καταλύτη), με συνέπεια τη μειωμένη απόδοση μετατροπής κατά τη λειτουργία του κινητήρα στην περιοχή πλούσιου μίγματος.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται τα αναμενόμενα σήματα των αισθητών  $\lambda$  πριν και μετά τον καταλύτη για τις περιπτώσεις αποδοτικής και μη λειτουργίας του.



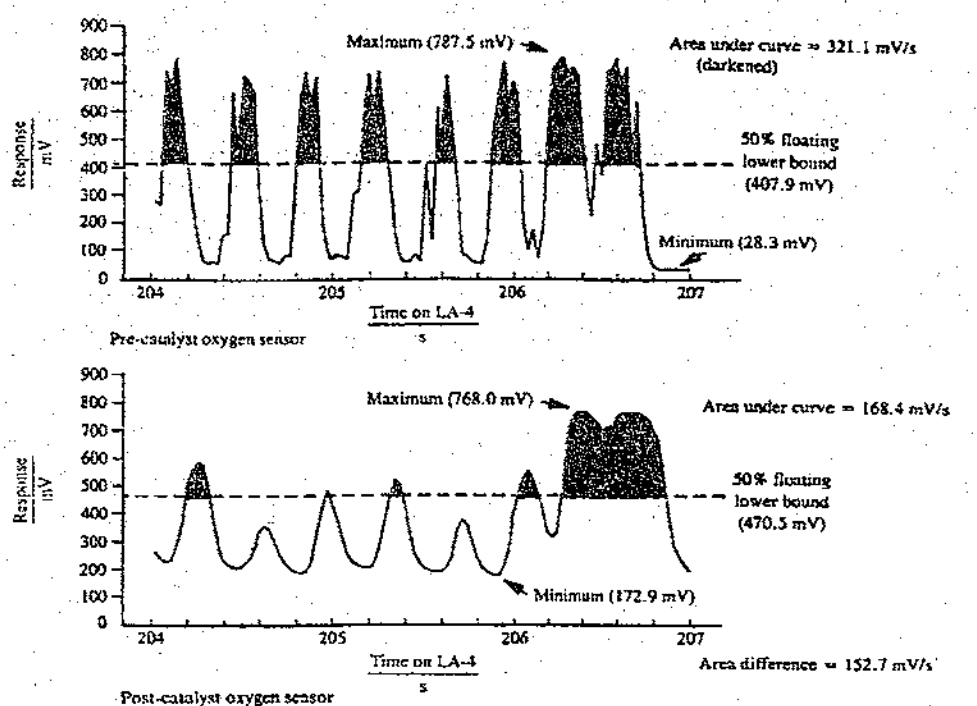
Σχήμα 9.7: Σήματα αισθητών  $\lambda$  πριν και μετά τον καταλυτικό μετατροπέα για ένα νέο και ένα τελείως χαλασμένο καταλύτη

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως η διάγνωση της κατάστασης λειτουργίας του καταλύτη μπορεί να επιτευχθεί με σύγκριση των σημάτων των αισθητών. Οι μεθοδολογίες που κατά καιρούς έχουν προταθεί συνοψίζονται στις παρακάτω:

- **Απευθείας σύγκριση των πλατών των σημάτων των αισθητών.** Η τεχνική αυτή δείχνει ικανοποιητική συσχέτιση σε συνθήκες σταθερού σημείου λειτουργίας όταν χρησιμοποιούνται αισθητές τύπου UEGO. Η συσχέτιση με χρήση συμβατικών αισθητών HEGO είναι λιγότερο εμφανής.
- **Μέθοδος διαφοράς ολοκληρωμένων επιφανειών.** Πρόκειται για μια ημιεμπειρική μεθοδολογία συσχέτισης η οποία προτάθηκε από τους Clemens et al (1990) και Kouypal et al (1991). Σύμφωνα με τη μεθοδολογία αυτή, οι επιφάνειες κάτω από τις καμπύλες των σημάτων

των αισθητών πριν και μετά τον καταλύτη υπολογίζονται για ένα διάστημα 3 sec με χρήση ολοκλήρωσης τραπεζίου. Η διαφορά μεταξύ των δύο επιφανειών αποτελεί ένδειξη για την ικανότητα μετατροπής του καταλυτικού μετατροπέα.



Σχήμα 9.8: Παράδειγμα της μεθόδου «διαφοράς ολοκληρωμένων επιφανειών» για 3 δευτερόλεπτα λειτουργίας

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

Η τεχνική της αυτοδιάγνωσης του καταλυτικού μετατροπέα με χρήση διπλών αισθητών λ παρουσιάζει σήμερα ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω χαμηλού κόστους και της εύκολης προσαρμογής των αισθητών λ στο σύστημα εξαγωγής. Επιπλέον ο δεύτερος αισθητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση της καλής λειτουργίας του πρώτου αισθητή καλύπτοντας έτσι άλλη μια απαίτηση της νομοθεσίας.

Ωστόσο η τεχνική αυτό παρουσιάζει μια σειρά από προβλήματα τα οποία προς το παρόν εμποδίζουν την ευρύτερη εφαρμογή της. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Η σχετικά υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας του αισθητή (>250 °C) απαιτεί την ύπαρξη ειδικού φίλτρου για την απορρόφηση των σημάτων χαμηλής θερμοκρασίας. Επιπλέον δεν είναι δυνατή η ανίχνευση λειτουργίας του μετατροπέα κατά τη φάση της ψυχρής εκκίνησης, ο έλεγχος της οποίας θεωρείται κρίσιμος στα οχήματα τεχνολογίας LEV – ULEV.
- Η μέθοδος σύγκρισης των σημάτων των αισθητών λ πριν και μετά τον καταλύτη στηρίζεται στην ικανότητα αποθήκευσης οξυγόνου. Παρόλα αυτά δεν έχει εξακριβωθεί ακόμα ότι η απώλεια της αποθηκευτικής

ικανότητας του καταλύτη σε οξυγόνο σχετίζεται άμεσα με τη συνολική πτώση της απόδοσής του.

- Η συσσώρευση άνθρακα και λαδιού πάνω στον αισθητή, καθώς και η λειτουργία του σε υψηλές θερμοκρασίες συντελούν στη γήρανσή του, με συνέπεια την αλλαγή στην απόκρισή του.
- Στα οχήματα με εμφύσηση δευτερεύοντα αέρα στην πολλαπλή εξαγωγής, το καυσαέριο που φτάνει στον αισθητή έχει πάνα περίσσεια οξυγόνου, με αποτέλεσμα το σήμα εξόδου να είναι στην ουσία μηδενικό, γεγονός που κάνει αδύνατη την εφαρμογή της μεθόδου στην περίπτωση αυτή.

Μια νέα τεχνολογία διάγνωσης παρουσιάζεται από τους Eastwood and Fisher (1994) και στηρίζεται στη χρήση ενός ειδικά σχεδιασμένου αισθητή οξυγόνου (NEEGO: Non Equilibrium Exhaust Gas Oxygen Sensor) ο οποίος είναι παραλλαγή του κλασσικού αισθητή λ. Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας αυτής, η αρχή λειτουργίας του κλασσικού αισθητή λ βασίζεται στη δημιουργία ηλεκτρικής τάσης στα άκρα των ηλεκτροδίων του εξαιτίας της διάχυσης ιόντων οξυγόνου μέσα από τη μάζα του. Η διάχυση των ιόντων αυτών είναι αποτέλεσμα μιας σειράς ηλεκτροχημικών μηχανισμών, μεταξύ των οποίων και οι αντιδράσεις των συστατικών του καυσαερίου στην καταλυτική επιστροφή του αισθητή.

Αντίθετα η επιφάνεια του αισθητή NEEGO είναι ελάχιστα ενεργή, με αποτέλεσμα να υπάρχει σε αυτήν μετρήσιμη ποσότητα οξυγόνου, ακόμα και μετά τον καταλυτικό μετατροπέα.

Με την υπόθεση ότι ένας νέος καταλύτης αξιοποιεί όλη την ποσότητα οξυγόνου που του παρέχεται για την μετατροπή των ρύπων, η μέτρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου στην έξοδο του θα ένδειξη της καλής λειτουργίας του. Εφόσον το σήμα του αισθητή NEEGO είναι ανάλογο της συγκέντρωσης οξυγόνου στο καυσαέριο, τότε αυτός μπορεί να τοποθετηθεί μετά τον καταλυτικό μετατροπέα για να διαγνώσει.

### ▪ 9.3.1.2 Χρήση αισθητών συγκέντρωσης υδρογονανθράκων

Η απευθείας μέτρηση της συγκέντρωσης υδρογονανθράκων πριν και μετά τον καταλύτη θεωρείται ως η πλέον ενδεδειγμένη τεχνική διάγνωσης, καθώς η ικανότητα μετατροπής HC αντικατοπτρίζει τη συνολική ικανότητα μετατροπής ρύπων. Η εφαρμογή όμως αυτής της τεχνικής προϋποθέτει την ανάπτυξη αισθητών HC κατάλληλων για εγκατάσταση σε οχήματα, με λογικό κόστος.

Οι αισθητές που πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί για τη μέτρηση της συγκέντρωσης HC στο καυσαέριο είναι:

- Ο ποτενσιομετρικός αισθητής στερεού ηλεκτρολύτη.
- Ο ανιχνευτής επιφανειακού ιονισμού

Ο ποτενσιομετρικός αισθητής στερεού ηλεκτρολύτη παράγει τάση εξόδου ανάλογη της συγκέντρωσης υδρογονανθράκων στο καυσαέριο. Παρουσιάζει πολύ καλή απόκριση λόγω του μικρού μεγέθους του, ενώ είναι ανθεκτικός σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες (900 °C). Λόγω όμως της υψηλής θερμοκρασίας που απαιτείται για την κανονική λειτουργία του αισθητή (600 °C – 800 °C) και αυτή η τεχνική παρουσιάζει αδυναμία ένδειξης κατά τη φάση της ψυχρής εκκίνησης (για περίπου 30 sec μετά την εκκίνηση του κινητήρα).

Οι ανιχνευτές υδρογονανθράκων τύπου επιφανειακού ιονισμού αποτελούνται από νήματα λευκόχρυσου πολύ μικρής διαμέτρου που διατηρούνται σε πολύ υψηλή θερμοκρασίας (τάξης 1000 °C) και παράγουν μικρά ρεύματα όταν διαρρέονται από ρευστό που περιέχει υδρογονάνθρακες. Το παραγόμενο από τον αισθητή σήμα εξαρτάται από:

- Την παροχή καυσαερίου
- Την συγκέντρωση CO και H
- Τη μοριακή δομή των υδρογονανθράκων

Παρόλο που έχει διαπιστωθεί η ικανότητα του αισθητή να διακρίνει μεταβολές στη συγκέντρωση υδρογονανθράκων, θα πρέπει να επλυθούν σημαντικά προβλήματα για να γίνει εφικτή η χρήση του σε εφαρμογές αυτοδιάγνωσης. Τα προβλήματα αυτά έχουν να κάνουν με τις ανεπιθύμητες εναποθέσεις στο ευαίσθητο νήμα, την επεξεργασία των πολύ ασθενών σημάτων καθώς και με τη διάρκεια ζωής του αισθητή σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας.



### • 9.3.1.3 Χρήση αισθητών θερμοκρασίας καυσαερίου

Η λογική της αυτοδιάγνωσης με χρήση αισθητών θερμοκρασίας βασίζεται στη μέτρηση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του μονόλιθου ως αποτέλεσμα των εξώθερμων αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της καταλυτικής επίστρωσης. Το ποσό της παραγόμενης θερμότητας αποτελεί σαφή ένδειξη της κατάστασης λειτουργίας του μετατροπέα.

Οι Collins et al (1993) πρότειναν τη χρήση ενός θερμίστορ εγκατεστημένου διαγώνια κατά μήκος του μονόλιθου. Το συγκεκριμένο θερμίστορ έχει την ιδιότητα να ανιχνεύει τη μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας κατά μήκος του μονόλιθου.

Η ιδιότητα αυτή στηρίζεται στην ιδιαίτερη εξάρτηση της ειδικής του αγωγιμότητας από τη θερμοκρασία, η οποία περιγράφεται από τη σχέση:

$$k = C_1 \exp(-C_2/T) S/m \quad [W/kgmK]$$

όπου:

$C_1, C_2$  = χαρακτηριστικές σταθερές του αισθητή

$T$  = Θερμοκρασία (K)

$S$  = Ροή θερμότητας προς το θερμίστορ (W/m)

$m$  = Μάζα θερμίστορ (kg)

Υπολογισμοί οι οποίοι διεξήχθησαν από τους παραπάνω ερευνητές έδειξαν ότι για τις συνήθεις πρακτικές εφαρμογές, η θερμή περιοχή του καταλύτη (περιοχή στην οποία μεγιστοποιείται η έκλυση ενέργειας από τις εξώθερμες αντιδράσεις) είναι της τάξης των 10mm – 30mm. Αντίστοιχοι υπολογισμοί έδειξαν ότι για να πάρουμε την ένδειξη της μέγιστης θερμοκρασίας από τον αισθητή, πρέπει το μήκος του αισθητή να είναι περίπου 5 φορές μεγαλύτερο από αυτό της θερμής περιοχής.

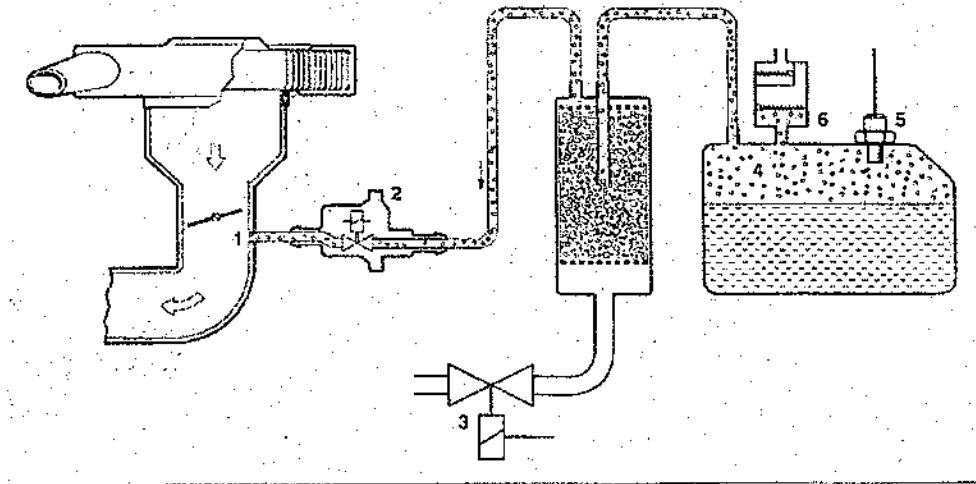
Η ένδειξη της μέγιστης αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας δεν μπορεί από μόνη της να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές αυτοδιάγνωσης του μετατροπέα. Η συνδυασμένη όμως μέτρηση της μέγιστης θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας εισόδου στον καταλύτη μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανίχνευση πιθανής μείωσης στην απόδοση μετατροπής των ρύπων. (Koltsakis, Stamatelos, 1995)

### ▪ 9.3.2 Αυτοδιάγνωση συστήματος κατακράτησης αναθυμιάσεων ρεζερβουάρ

Όπως είδαμε, τα αυστηρότερα νομοθετημένα όρια εκπομπών ρύπων προβλέπουν επίσης τη μείωση των HC που εκπέμπονται από το ρεζερβουάρ του οχήματος, λόγω της εξάτμισης του καυσίμου που βρίσκεται μέσα σε αυτό. Για την ικανοποίηση της απαίτησης αυτής προβλέπεται η σύνδεση του ρεζερβουάρ με ένα κάνιστρο ενεργού άνθρακα, το οποίο έχει την ικανότητα να προσροφά και να αποθηκεύει στο εσωτερικό του τις αναθυμιάσεις. Η αναγέννηση του ενεργού άνθρακα επιτυγχάνεται με αναρρόφηση αέρα από το περιβάλλον η οποία προκαλείται από τη διαφορά πίεσης μεταξύ της πολλαπλής εισαγωγής και του κάνιστρου.

Η διάγνωση της αποδοτικής λειτουργίας του συστήματος κατακράτησης αναθυμιάσεων γίνεται με την υποβολή του σε έλεγχο για τον πιθανό διαρροών ή αποφράξεων. Η λογική του ελέγχου είναι σχετικά απλή και βασίζεται στην ανίχνευση των μεταβολών της πίεσης του συστήματος.

Η διαδικασία ελέγχου διεξάγεται κατά τη λειτουργία του κινητήρα στη φάση του ρελαντί. Κατά τη φάση αυτή μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακόπτει την προσαρμογή αέρα αναγέννησης προς το κάνιστρο, ενώ η βαλβίδα ρύθμισης της παροχής των αναθυμιάσεων προς την πολλαπλή εισαγωγής ανοίγει στο μέγιστο. Έτσι στο σύστημα εγκαθίσταται βαθμιαία η πίεση της πολλαπλής. Ένας αισθητής ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στο ρεζερβουάρ μετρά την πίεση του συστήματος και στην περίπτωση που αυτή αποκλίνει από την πίεση της πολλαπλής αναγνωρίζεται εσφαλμένη λειτουργία και αποθηκεύεται ο αντίστοιχος κωδικός στη μνήμη του μικροϋπολογιστή.



Σχήμα 9.9: Έλεγχος με υποπίεση για τον εντοπισμό πιθανών διαρροών από το σύστημα κατακράτησης αναθυμιάσεων του ρεζερβουάρ (BOSCH)

1. Πολλαπλή εισαγωγής
2. Βαλβίδα ρύθμισης παροχής αναθυμιάσεων προς πολλαπλή
3. Βαλβίδα διακοπής παροχής αέρα αναρρόφησης προς το κάνιστρο
4. Ρεζερβουάρ
5. Διαφορικός αισθητής πίεσης
6. Βαλβίδα ασφαλείας

[ΠΗΓΗ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ]

### • 9.3.3 Αυτοδιάγνωση συστήματος ανακύκλωσης καυσαερίου (EGR)

Για την αυτοδιάγνωση του συστήματος ανακύκλωσης καυσαερίου έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι:

- Μέτρηση της θερμοκρασίας στο σημείο πολλαπλής εισαγωγής από όπου εισέρχεται το καυσαέριο που ανακυκλώνεται. Ένας αισθητής θερμοκρασίας μετρά την αύξηση της θερμοκρασίας στο σημείο εισόδου και στην περίπτωση που αυτή αποκλίνει από μια συγκεκριμένη τιμή αναγνωρίζεται σφάλμα στην λειτουργία του συστήματος.
- Μέτρηση της αύξησης της πίεσης που προκαλείται στην πολλαπλή εισαγωγής κατά την ανακύκλωση του καυσαερίου, ενώ ο κινητήρας βρίσκεται σε κατάσταση ρυμούλκησης (φάση κατά την οποία το άνοιγμα της βαλβίδας EGR μεγιστοποιείται). Ένας αισθητής πίεσης μετρά την αύξηση της πίεσης της πολλαπλής και στην περίπτωση που αυτή αποκλίνει από μια προκαθορισμένη τιμή αναγνωρίζεται σφάλμα στη λειτουργία του συστήματος. Η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη για συστήματα στα οποία ο καθορισμός του φορτίου γίνεται με μέτρηση της πίεσης της πολλαπλής οπότε και χρησιμοποιείται ο ίδιος αισθητής.

