



ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**ΣΥΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ
ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΤΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΩΝ Μ.Ε.Κ.**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:
**ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗ ΝΙΚΗ
ΡΑΥΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΡΙΣΤΟΦΑΝΗΣ**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΙΩΑΝΝΗΣ Δ. ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ
Δρ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

3638

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Στους παλαλασπημένους μας γονείς

Στους Καθηγητές μας του κ. Κωνσταντίνου Μαυρίδη.....
Και του κ. Ιωάννη Καλογήρου

Σε όλους όσους μας βοήθησαν και μας στήριξαν για την συλλογή του
υλικού, γνωστούς και αγνώστους.....

Σε εκείνους που μας αμφισβήτησαν και μας βοήθησαν με το δικό τους
τρόπο να γίνουμε καλύτεροι άνθρωποι θέτοντας νέους στόχους κάνο-
τας σημαντικά βήματα στην εξέλιξη και στην πρόοδο μας.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

- 1.1 ΙΣΧΥΣ
- 1.2 ΡΟΠΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- 2.1 ΚΑΥΣΙΜΑ
- 2.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- 3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΕΔΕΣ
- 3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
- 3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- 4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΚ
- 4.1 ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΚΑΙ ΕΛΚΥΣΗΣ
- 4.2 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΡΙΒΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΔΙ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

- 5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΑΕΡΑ
- 5.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
- 5.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΕΡΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

- 6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΚ
- 6.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 4-ΚΥΛΙΝΔΡΗΣ 4-ΧΡΟΝΗΣ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ ΚΑΙ ΩΣ ΑΕΡΟΜΗΧΑΝΗΣ (ΜΕ ΧΡΗΣΗ L.P.G) –ΣΥΓΚΡΙΣΗ
- 6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
- 6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΥ ΕΚΘΕΤΗ
- 6.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΞΩΔΟΥΣ «ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΑΙΠΑΝΤΙΚΩΝ»
- 6.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

7.1.1 ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΙΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΩΣΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ)

7.1.2 ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΙΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΤΡΟΦΑΛΟΘΑΛΑΜΟ (ΚΑΡΤΕΡ)

7.1.3 ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

7.1.4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

7.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

7.2.1 ΜΗ ΤΟΞΙΚΑ ΑΕΡΙΑ

7.2.2 ΑΖΩΤΟ (N₂)

7.2.3 ΟΞΥΓΟΝΟ (O₂)

7.2.4 ΥΔΡΑΤΜΟΙ (H₂O)

7.2.5 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)

7.2.6 ΤΟΞΙΚΑ ΑΕΡΙΑ

7.2.7 ΑΚΑΥΣΤΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC)

7.2.8 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

7.2.9 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NOx)

7.2.10 ΣΤΕΡΕΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

7.3 ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

7.3.1 ΛΟΓΟΣ ΛΑΜΔΑ

7.3.2 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΛΑΜΔΑ

7.3.3 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ

7.3.4 Ο ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

7.3.5 ΜΗ ΠΡΟΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

7.3.6 ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

7.3.7 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

7.3.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ

7.3.9 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ

7.3.10 ΜΗΧΑΝΙΚΟ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

7.3.11 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

7.4 ΛΥΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

7.4.1 ΛΥΣΕΙΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΚΑΥΣΙΜΑ

7.4.2 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

7.4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

7.4.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

7.4.5 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΔΙΑΝΟΜΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

7.4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

7.4.7 ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

7.4.8 ΛΟΓΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

7.4.9 ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ

7.4.10 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ

7.4.11 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

7.4.12 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

7.5 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

7.5.1 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

7.5.2 ΚΕΡΑΜΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

7.5.3 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

7.5.4 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΨΑΘΑ ΤΥΠΟΥ ΣΥΡΜΑΤΙΝΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

- 7.5.5 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΨΑΘΑ ΤΥΠΟΥ ΔΙΑΣΤΕΛΟΜΕΝΟΥ ΤΑΠΗΤΑ
- 7.5.6 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ
- 7.5.7 ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ
- 7.5.8 ΔΙΟΔΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ
- 7.5.9 ΑΡΡΥΘΜΙΣΤΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 7.5.10 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΙ ΤΡΙΟΔΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ
- 7.5.11 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

- 7.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ
- 7.6.1 ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΗ
- 7.6.2 ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗ ΑΠΟ ΜΟΛΥΒΔΟ
- 7.6.3 ΒΟΥΛΩΜΑ
- 7.6.4 ΣΠΑΣΙΜΟ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ
- 7.6.5 ΛΙΩΣΙΜΟ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΟΥ

- 7.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΗ
- 7.7.1 ΔΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 7.7.2 ΑΡΡΥΘΜΙΣΤΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 7.7.3 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

- 7.8 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ
- 7.8.1 ΔΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 7.8.2 ΑΡΡΥΘΜΙΣΤΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 7.8.3 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

- 7.9 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΜΕ ΔΗΠΤΗ (λ)
- 7.9.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ
- 7.9.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΔΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ (λ)
- 7.9.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ
- 7.9.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΡΟΠΗΣ

1.1 ΙΣΧΥΣ

Η ισχύς είναι ένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός κινητήρα και γι'αυτό ορίζεται σημαντικός ο καθορισμός της στους υπολογισμούς κινητήρων. Την ισχύ την ορίζουμε σαν το παραγόμενο έργο στην μονάδα του χρόνου

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.1.1)$$

P=ισχύς, W=έργο, t=χρόνος

Η ισχύς υπολογίζεται επίσης από το γινόμενο της ροπής επί την ταχύτητα περιστροφής :

$$P=M\omega \quad (1.1.2)$$

M=ροπή, ω =γωνιακή ταχύτητα

Η γωνιακή ταχύτητα υπολογίζεται από την σχέση:

$$\omega=2\pi n \quad (1.1.3)$$

n= αριθμός στροφών

Μονάδες ισχύος σε W (Watt) ή kW.Άμεση μέτρηση της ισχύος του κινητήρα δεν είναι δυνατή. Γι' αυτό υπολογίζονται ροπή και στροφές ή έργο και χρόνος και κατόπιν υπολογίζεται η ισχύς του κινητήρα.

1.2 ΡΟΠΗ

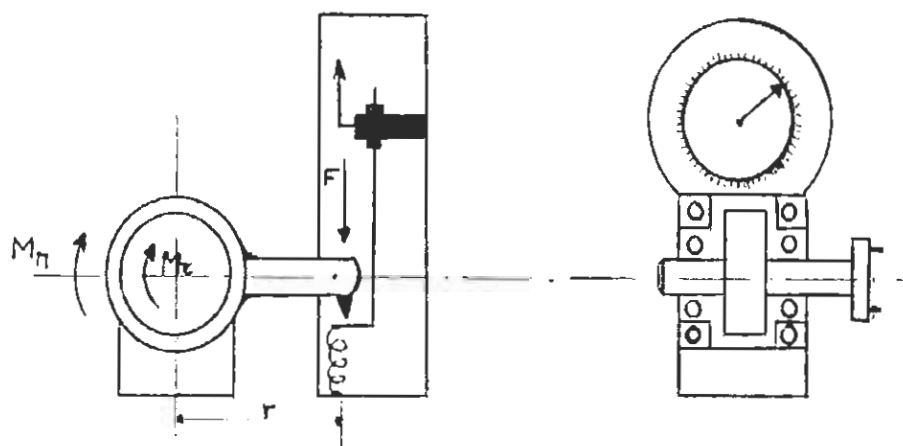
Η ωφέλιμη ισχύς υπολογίζεται από την σχέση:

$$P=M\omega, \text{ όπου } \omega=2\pi n \quad (1.2.1)$$

δηλαδή υπολογίζονται ροπή και αριθμός στροφών και κατόπιν υπολογίζεται η ωφέλιμη ισχύς από τη σχέση (1.2.1). Αυτή η μέθοδος είναι γρήγορη και ακριβής και είναι

προτιμότερη από το να υπολογίσουμε το παραγόμενο έργο W στον αντίστοιχο χρόνο t και κατόπιν την ισχύ του κινητήρα από την σχέση (1.1.1).

Η ροπή μπορεί να υπολογισθεί άμεσα. Οι μετρητικοί μηχανισμοί για την μέτρηση της ροπής χωρίζονται σε πέδες ισχύος και αξονικούς δυναμοδείκτες. Η πέδη ισχύος δεν καθορίζει μόνο την ροπή, αλλά και την ισχύ και την μετατρέπει σε θερμική ή ηλεκτρική ισχύ.



ΣΥΜΠΛΕΚΤΗΣ

Σχ. (1.2.1) Πέδη Ισχύος

M_s = Ροπή περιβλήματος M_r = Ροπή τυμπάνου r = Ακτίνα μοχλοβραχίονα

Στο σχ. (1.2.1) η ροπή δια μέσου του στροφαλοφόρου άξονα μεταφέρεται στο κινητό τύμπανο της πέδης ισχύος. Από το κινητό τύμπανο (ρότορας) μέσω του εργαζόμενου μέσου (κύρια νερό ή μαγνητικό πεδίο), μεταφέρεται στο περίβλημα της δυναμοπέδης (στάτορας). Ο στάτορας που έχει την ευχέρεια να πάλλεται, υποβαστάζεται μέσω ενός μοχλοβραχίονα πάνω σε ζυγαριά. Στο άκρο του μοχλοβραχίονα μήκους r εφαρμόζεται η δύναμη F . Η δύναμη αντίδρασης στη ζυγαριά προκαλεί στο μοχλό τη ροπή αντίδρασης M_s . Η κλίμακα της ζυγαριάς δίδει απευθείας την εφαρμοζόμενη ροπή ή την δύναμη. Επί το πλείστον η ζυγαριά είναι εφοδιασμένη με κλίμακα τιμών δύναμης, διότι γνωστού και του αριθμού στροφών υπολογίζεται η ισχύς :

$$P=M\omega$$

Όπου $M=Fr$ και $\omega=2\pi n$

$$\text{έχουμε: } P = F \times 1,5915m \times 2\pi n \frac{1kW}{1000 \frac{Nm}{sec}} = \frac{Fn}{100} \frac{kW sec}{Nm} \quad (1.2.2)$$

P = ισχύς F = δύναμη, n = αριθμός στροφών, r = ακτίνα μοχλοβραχίονα.

Επιλέγεται μήκος μοχλοβραχίονα $r = 1,5915\text{m}$ χάριν υπολογιστικής οικονομίας.

$$1.5915\text{m} \times 2 \times \pi \cong 10 \text{ και η ισχύς : } P = \frac{Fn}{100}, P[\text{kW}], F[\text{N}], n=[1/\text{sec}]$$

Εάν θέσουμε τον αριθμό των στροφών από 1/sec σε 1/min και στον μοχλοβραχίονα την τιμή $r=0,9549\text{m}$:

$$P = F \times 0,9549\text{m} \times 2 \pi n \frac{1\text{min}}{60\text{sec}} \frac{1\text{kW}}{1000 \frac{\text{Nm}}{\text{sec}}} = \frac{Fn}{10000} \frac{\text{kW min}}{\text{Nm}} \quad (1.2.3)$$

$$0,9549\text{m} \times 2 \times \pi \frac{1}{60} \cong \frac{1}{10} \text{ και η ισχύς : } P = \frac{Fn}{10000} .P[\text{kW}], F[\text{N}], n[1/\text{min}]$$

Παλαιότερες πέδες ισχύων ήταν κατασκευασμένες με μήκη μοχλοβραχίωνων $r_1=0,7162\text{m}$ και $r_2=0,9738 \text{m}$. Ο τύπος της ισχύος δίνονταν από την σχέση :

$$P = \frac{Fn}{1000} \quad (1.2.4)$$

$F[\text{Kp}], n[1/\text{min}], P[\text{PS}]$ με μήκος μοχλοβραχίονα $r_1=0,7162\text{m}$.

$F[\text{Kp}], n[1/\text{min}], P[\text{kW}]$ με $r_2 = 0,9738 \text{m}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

2.1 ΚΑΥΣΙΜΑ

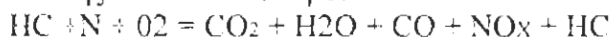
Σαν καύσιμο καθορίζεται η αναγκαία ύλη καύσης για την επίτευξη της λειτουργίας ενός κινητήρα. Με την καύση του καυσίμου στο εσωτερικό του κυλίνδρου ενός κινητήρα παράγεται θερμική ενέργεια που κατά το 1/3 της περίπου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια. Τα υπόλοιπα 2/3 της θερμικής ενέργειας απορροφώνται από το ψυκτικό μέσο νερό ή αέρα και αποβάλλονται με τα καυσαέρια στο περιβάλλον. Τα καύσιμα παρασκευάζονται κυρίως από το αργό πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο. Με την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου παίρνουμε από 40 ως 200°C βενζίνη και από 200 ως 360°C πετρέλαιο εσωτερικής καύσης DIESEL. Το υπολειπόμενο της ανωτέρω κλασματικής απόσταξης είναι τα βαρέα έλαια(βενζινομηχανές).

Χρησιμοποιείται σαν καύσιμο βενζίνη στους κινητήρες ΟΤΤΟ και πετρέλαιο εσωτερικής καύσης στους κινητήρες DIESEL(πετρελαιομηχανές). Για την καύση των υπολειπομένων βαρέων ελαίων ενδείκνυται μόνο, οι γι' αυτόν τον σκοπό κατασκευασμένες μεγάλης ισχύος μηχανές DIESEL. Τα υπολειπόμενα βαρέα έλαια περιέχουν μεγάλο ποσοστό ενώσεων θείου και ο κατασκευαστής και ο αγοραστής κινητήρων ενδιαφέρονται εξίσου για τις ιδιότητες των καυσίμων και επίσης για την κατανάλωση καυσίμου που κρίνει αποφασιστικά την οικονομικότητα του κινητήρα.

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ & ΚΑΥΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Το ευρύτερα χρησιμοποιημένο καύσιμο για τις αυτοκίνητες μηχανές είναι η βενζίνη. Η βενζίνη είναι ένας υδρογονάνθρακας (HC), δηλαδή αποτελείται κατά το πλείστον από υδρογόνο (H) και άνθρακα (C) . Εάν η "τέλεια καύση" πραγματοποιηθεί , όλη η βενζίνη στο θάλαμο καύσης θα καίγεται εντελώς .Τέλεια όμως καύση δε συμβαίνει Κάποιος ατμός βενζίνης (HC) δεν καίγεται. Εξέρχεται από τον κύλινδρο με τα υπόλοιπα καυσαέρια Ποιοτικά η κατώτερη εξίσωση δείχνει τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της καύσης σε έναν κύλινδρο:



Οι HC εμφανίζονται και στα δύο μέλη της εξίσωσης. Αυτό σημαίνει ότι κάποια ποσότητα της βενζίνης δεν καίγεται και εμφανίζεται ως ατμός (HC) βενζίνης με τα αέρια που φεύγουν από την εξάτμιση.

Το δεξιό μέλος της εξίσωσης παρουσιάζει επίσης άλλες ενώσεις που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της καύσης. Εκτός από HC, το καυσαέριο περιέχει πάντα κάποια ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του άνθρακα (CO₂),οξείδια αζώτου(NO_x) και υδρατμούς(H₂O). Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα τέλειας καύσης. Σχηματίζεται από την ένωση ενός ατόμου άνθρακα με ένα άτομο του

οξυγόνου αντί δύο όπως συμβαίνει στην πλήρη καύση. Το μονοξείδιο άνθρακα είναι ένα δηλητηριώδες αέριο ικανό να προκαλέσει το θάνατο σε κλειστούς χώρους μέσα σε λίγα λεπτά.

Η αιθαλομίχλη είναι μια μορφή "βρώμικου αέρα" που προκύπτει από την καύση. Μπορεί να προκληθεί από αντίδραση που μεταξύ υδρογονανθράκων (HC) και οξειδίων αζώτου παρουσία του ηλιακού φωτός. Η εμφάνιση αιθαλομίχλης μπορεί να αποτραπεί καταστέλλοντας τον σχηματισμό NO_x στη μηχανή. Οι υψηλές θερμοκρασίες ευθύνονται για το σχηματισμό οξειδίων του αζώτου. Όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 2500 F [1371°C], η θερμότητα ευνοεί ένωση του αζώτου και του οξυγόνου του αέρα και σχηματισμό οξειδίων του αζώτου.

Ο υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα είναι αβλαβή αέρια. Το μονοξείδιο άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες (HC), και τα οξείδια αζώτου είναι ρυπαντές. Η νομοθεσία περιορίζει τις εκπομπές αυτών των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Οι περισσότερες αλλά όχι όλες οι εκπομπές ρύπων είναι αποτέλεσμα της καύσης. Υπάρχουν τέσσερις πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων από το όχημα. Αυτές είναι ο στρομφαλοθάλαμος της μηχανής, το σύστημα καθαρισμού αέρα και ο εξαερωτήρας, η δεξαμενή καυσίμου, και η εξάτμιση. Οι ρύποι που προέρχονται από κάθε πηγή ελέγχονται από τα παρακάτω συστήματα:

- 1. Σύστημα ελέγχου εκπομπής ρύπων στρομφαλοθαλάμου.** Αυτό επαναφέρει αέρια που έχουν διαφύγει μέσω των ελατηρίων του εμβόλου στον στρομφαλοθάλαμο, στη μηχανή για να καούν. Έτσι αποτρέπεται η διαφυγή τους στην ατμόσφαιρα.
- 2. Σύστημα ελέγχου εκπομπής ρύπων προεργόμενων από την εξάτμιση του καυσίμου.** Αυτό παγιδεύει τους ατμούς καυσίμων που διαφεύγουν από το σύστημα καθαρισμού αέρα, τον εξαερωτήρα (αν υπάρχει) και τη δεξαμενή καυσίμου. Οι ατμοί επαναφέρονται στη μηχανή και καίγονται.
- 3. Σύστημα ελέγχου εκπομπών εξάτμισης.** Περιλαμβάνει ποικιλία συσκευών και συστημάτων διαχείρισης λειτουργίας μηχανής και ελέγχου εκπομπών. Η λειτουργία τους είναι η μείωση των ρυπαντών στα καυσαέρια.

BENZINΗ

2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ BENZINΗΣ

Η βενζίνη παράγεται από το ακατέργαστο πετρέλαιο το οποίο πρωτογενώς προέρχεται από γεωτρήσεις. Με κλασματική απόσταξη λαμβάνονται η βενζίνη, το πετρέλαιο diesel, λιπαντικά έλαια, γράσο και πολλά άλλα προϊόντα. Διάφορες πρόσθετες ουσίες εισάγονται στη βενζίνη κατά τη διάρκεια της απόσταξης και βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά του καυσίμου.

Μια βενζίνη κατάλληλη για μηχανή αυτοκινήτου πρέπει να έχει :

1. Κατάλληλη πτητικότητα, η οποία καθορίζει πόσο εύκολα η βενζίνη ατμοποιείται.
2. Αντίσταση στο κτύπημα ή έκρηξη.
3. Ανασταλτικούς παράγοντες οξείδωσης, οι οποίοι αποτρέπουν το σχηματισμό σχετικών επικαθίσεων στο σύστημα καυσίμων.
4. Αντιοξειδωτικά πρόσθετα, τα οποία αποτρέπουν την οξείδωση των μεταλλικών μερών στο σύστημα καυσίμου.
5. Αντιπηκτικά, τα οποία μετατοπίζουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το πάγωμα της γραμμής καυσίμου.
6. Απορρυπαντικά, τα οποία βοηθούν στο να είναι καθαρός ο εξαερωτήρας ή οι εγχυτήρες καυσίμου.
7. Χρωστική ουσία για τον προσδιορισμό, όπως κόκκινη χρωστική ουσία, η οποία δίνει στη μολυβδόχο βενζίνη ένα πορτοκαλί χρώμα.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Πτητικότητα

Η ευκολία με την οποία μια βενζίνη ατμοποιείται είναι η “πτητικότητα” της. Η βενζίνη πρέπει να ατμοποιηθεί γρήγορα αφότου αναμιχθεί με τον αέρα στην περιοχή της ρυθμιστικής δικλείδας (πεταλούδας) ή στην πολλαπλή εισαγωγή. Διαφορετικά, σταγονίδια υγρής βενζίνης εισάγονται στους κυλίνδρους. Τα σταγονίδια αυτά αποξεπλώνουν το λάδι από τα τοιχώματα των κυλίνδρων.

Η βενζίνη (HC) που δεν ατμοποιείται δεν θα καεί. Εξέρχεται από τον κύλινδρο με τα καυσαέρια εξάτμισης. Ο καταλυτικός μετατροπέας απομακρύνει το μεγαλύτερο μέρος των HC από τα καυσαέρια. Το υπόλοιπο μολύνει τον αέρα και μειώνει την εξοικονόμηση καυσίμου.

Η πτητικότητα καθορίζει το πόσο γρήγορα μια βενζίνη ατμοποιείται. Η βενζίνη υψηλής πτητικότητας ατμοποιείται γρήγορα, η βενζίνη χαμηλής πτητικότητας ατμοποιείται αργά. Η βενζίνη πρέπει να έχει τη σωστή πτητικότητα για το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιείται. Η μηχανή είναι δύσκολο να ξεκινήσει εάν η πτητικότητα είναι πολύ χαμηλή. Προκαλείται τότε μικρή ατμοποίηση για να παραχθεί ένα μίγμα δυνάμενο να καεί. Απόφραξη ατμού είναι το αποτέλεσμα πολύ υψηλής πτητικότητας. Τότε η βενζίνη στο σύστημα καυσίμου ατμοποιείται αποτρέποντας την κανονική ροή καυσίμου. Οι στροφές πέφτουν ή η μηχανή δε θα ξεκινήσει.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΥΠΗΜΑΤΑ (ΠΕΙΡΑΚΙΑ)

Το πόσο καλά μια βενζίνη αντιστέκεται στο κτύπημα ή την έκρηξη, καθορίζει το εάν θα συμβεί κανονική ή ανώμαλη καύση. Το σχήμα δείχνει συγκριτικά την κανονική καύση και την ανώμαλη καύση η οποία μπορεί να οφείλεται σε κτύπημα ή προανάφλεξη. Κατά την διάρκεια της κανονικής καύσης, το μέτωπο της φλόγας σαρώνει σταδιακά ολόκληρο το θάλαμο καύσης, προκαλώντας ομαλή αύξηση της πίεσης. Η ανώμαλη καύση που προκαλείται από την έκρηξη παρουσιάζεται στο κέντρο του σχήματος. Αφότου εμφανίζεται ο σπινθήρας, η φλόγα μετακινείται μέσα στο θάλαμο καύσης. Πριν όμως η φλόγα φθάσει το τέλος του μίγματος, οι συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που ενεργούν σε αυτό το τελευταίο μέρος του άκαυστου μίγματος το οδηγούν στην έκρηξη. Τα δύο μέτωπα φλογών συναντώνται, προκαλώντας μια πολύ απότομη και υψηλή αύξηση της πίεσης. Το αποτέλεσμα είναι η πρόκληση ενός μεταλλικού θορύβου.

Ο κτύπος ή η έκρηξη μπορεί σοβαρά να βλάψει μια μηχανή. Τα ισχυρά φορτία στα έμβολα μεταδίδουν μεγάλες δυνάμεις στα έδρανα και σε άλλα μέρη της μηχανής. Τα έμβολα μπορούν να σπάσουν. Η έκρηξη επίσης μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη προανάφλεξη με εξίσου καταστρεπτικές συνέπειες.

ΒΑΘΜΟΙ ΟΚΤΑΝΙΟΥ

Η ποιότητα αντίστασης μιας βενζίνης στο κτύπημα καθορίζεται από τον αριθμό οκτανίου της. Όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός οκτανίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση της βενζίνης στη πρόκληση χτύπων. Η βενζίνη 93 οκτανίων είναι περισσότερο ανθεκτική στο κτύπημα από μια βενζίνη 87 οκτανίων. Επομένως, μια βενζίνη που σχετίζεται με την ανάπτυξη κτυπήματος είναι μια βενζίνη χαμηλού

αριθμού οκτανίων. Η βενζίνη που αντιστέκεται στο κτύπημα είναι βενζίνη υψηλού αριθμού οκτανίων.

Ο αριθμός οκτανίου για οποιαδήποτε βενζίνη καθορίζεται με τη δοκιμή του στις εργαστηριακές μηχανές.

Οι μηχανές υψηλής-συμπίεσης απαιτούν μεγάλο αριθμού οκτανίων βενζίνη. Ο λόγος συμπίεσης είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο το μίγμα καυσίμων αέρα συμπιέζεται στο χρόνο της συμπίεσης. Οι υψηλοί λόγοι συμπίεσης είναι επιθυμητοί επειδή οι μηχανές συμπίεσης μπορούν να παράγουν περισσότερη ισχύ.

Αλλά, η υψηλή συμπίεση αυξάνει τη θερμοκρασία του μίγματος αέρα-καυσίμου. Μετά τον σπινθηρισμό, η υψηλή θερμοκρασία καύσης μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση των NO_x και κτύπημα. Στη συνέχεια μέρος του άκαυστου μίγματος εκρήγνυται πριν από την κανονική καύση. Πριν από το 1975 η προσθήκη τετρααιθυλίου μόλυβδου επέτρεπε υψηλότερους λόγους συμπίεσης χωρίς έκρηξη.

Από το 1975, η νομοθεσία άρχισε σταδιακά να απαιτεί τη χρήση αμόλυβδων καυσίμων. Ο μόλυβδος που προστίθεται στη βενζίνη δεν καίγεται. Φεύγει με τα αέρια εξάτμισης και μολύνει τον αέρα. Ο μόλυβδος βλάπτει επίσης τον καταλυτικό μετατροπέα και άλλες συσκευές ελέγχου εκπομπής ρύπων. Ο μόλυβδος είναι ένα δηλητήριο. Η αναπνοή αέρα που περιέχει μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει τη δηλητηρίαση από μόλυβδο που μπορεί να προκαλέσει ασθένεια και ενδεχομένως θάνατο.

ΔΥΟ ΕΙΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Τα πρατήρια βενζίνης πωλούν δύο είδη βενζίνης, μολυβδόχο και αμόλυβδη. Η μολυβδόχος βενζίνη πρέπει να καταργηθεί σταδιακά εντελώς. Για να αποτρέψουμε την εισαγωγή άλλης βενζίνης εκτός της αμόλυβδης σε ένα όχημα που κινείται με αμόλυβδη βενζίνη η οπή από την οποία τροφοδοτείται η δεξαμενή καυσίμου είναι μικρότερη. Έτσι η αντλία μολυβδόχου βενζίνης δεν μπορεί να εισχωρήσει σε αυτήν την οπή.

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΚΤΑΝΙΟΥ

Ο σχεδιασμός και ο λόγος συμπίεσης της μηχανής καθορίζει το οκτάνιο που απαιτείται. Εντούτοις, αυτή η απαίτηση αλλάζει με τον καιρό, τις συνθήκες οδήγησης, και τη μηχανική κατάσταση της μηχανής. Παραδείγματος χάριν, επικαθίσεις κατάλοιπων καυσίμου από προηγούμενες καύσεις στα τοιχώματα του θαλάμου καύσης, μειώνουν τον όγκο του. Αυξάνουν επίσης τις απαιτήσεις οκτανίου και την πιθανότητα έκρηξης. Η μειωμένη αποδοτικότητα ψύξης, ενδεχόμενα προβλήματα των συστημάτων καυσίμου ή ανάφλεξης, και η αποτυχία των ελέγχων εκπομπής μπορούν επίσης να αλλάξουν τις απαιτήσεις οκτανίου. Επιπλέον, ο τρόπος με τον οποίο ο οδηγός λειτουργεί το όχημα έχει μια επίδραση. Η απαίτηση οκτανίου θα είναι χαμηλότερη εάν ο οδηγός δεν απαιτεί τις γρήγορες επιταχύνσεις και τη λειτουργία σε υψηλές στροφές με εντελώς ανοικτή τη ρυθμιστική δικλείδα. Κατόπιν η εκποροσκορότητα είναι λιγότερο πιθανό να εμφανιστεί. Οι αυτόματες μεταδόσεις κάνουν επίσης μια διαφορά στην απαίτηση οκτανίου μηχανών. Με αυτόματη μετάδοση συμβαίνουν μικρά χρονικά διαστήματα με συνδυασμό χαμηλών στροφών – ρυθμιστική δικλείδα τελείως ανοικτή. Απλώς τότε γίνεται μετατόπιση σε χαμηλότερη σχέση μετάδοσης και οι στροφές αυξάνουν. Με χειροκίνητο κιβώτιο ο παραπάνω συνδυασμός μπορεί επίσης να συμβεί. Έτσι μπορεί να προκληθεί κτύπημα ακόμα και με υψηλού αριθμού οκτανίων καύσιμο.

ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΚΑΨΗΣ

Ένας άλλος τύπος ανώμαλης καύσης είναι η προανάφλεξη. Αυτή είναι ανάφλεξη του μίγματος αέρος-καυσίμου προτού να εμφανιστεί ο σπινθήρας. Το μίγμα αρχίζει να καίγεται ή "προ-αναφλέγεται," λόγω πολύ θερμών περιοχών στο θάλαμο καύσης. Οι πιθανές αιτίες περιλαμβάνουν πολύ θερμή βαλβίδα εξαγωγής, ή σπινθηριστή, ή τις επικαθίσεις άνθρακα. Δεδομένου ότι αυτές οι επιφάνειες έχουν πολύ υψηλή θερμοκρασία προκαλούν ανάφλεξη η οποία καλείται ανάφλεξη επιφάνειας. Η ανάφλεξη επιφάνειας μπορεί να εμφανιστεί πριν ή μετά από το σπινθήρα. Η προανάφλεξη μπορεί να προκαλέσει επιστροφή της φλόγας(back fire) μέσω της πολλαπλής εισαγωγής και του φίλτρου αέρα δηλ. διαφυγή της φλόγας στο σύστημα εισαγωγής του αέρα.. Τα προβλήματα που σχετίζονται με την προανάφλεξη μπορούν να προκληθούν από την εγκατάσταση σπινθηριστή ο οποίος καθίσταται πολύ θερμός κατά τη λειτουργία του, χρήση ακατάλληλου καυσίμου ή λιπαντικού και επικαθίσεις στο θάλαμο καύσης .Οι τελευταίες αυξάνουν το λόγο συμπίεσης με αποτέλεσμα την εκρηκτική καύση.

ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΚΡΗΞΗ

Το σχήμα του θαλάμου καύσης έχει επίδραση στην έκρηξη. Στην θάλαμο σφηνών το μέτωπο φλογών πρέπει να ταξιδεύει σε ολόκληρη την θάλαμο. Το τέλος της σφήνας συμπίεζει και αποσβήνει την περιοχή. Αυτό βοηθά να αποτρέψει την εκπυρσοκρότηση του τελευταίου μέρους του άκαυτου μίγματος αέρος-καυσίμου. Η συμπίεση εμφανίζεται στο τέλος του κτυπήματος συμπίεσης. Το μίγμα συμπίεζεται προς τα έξω τόσο γρήγορα και έτσι προωθεί την αναταραχή. Η αναταραχή βελτιώνει την καύση. Ο ημισφαιρικός θάλαμος καύσης έχει ένα κεντρικά-τοποθετημένο βούλωμα σπινθήρων. Το μέτωπο φλογών ταξιδεύει μόνο σε μια σχετικά σύντομη απόσταση.

ΆΛΛΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ-ΜΗΧΑΝΩΝ

ΑΙΘΑΝΟΛΗ

Η αιθανόλη είναι συνήθως ένα μίγμα 10% αιθυλικού οινόπνευματος, ή αιθανόλη, και 90% αμόλυβδης βενζίνης. Η αιθανόλη γίνεται από τη ζάχαρη, το σιτάρι, ή άλλο οργανικό (ζωντανό) υλικό. Οι μηχανές μπορούν να είναι αναμμένες στην αιθανόλη χωρίς οποιαδήποτε αλλαγή στο σύστημα καυσίμων. Στην πραγματικότητα, η χρήση της αιθανόλης επεκτείνει τον ανεφοδιασμό της βενζίνης και θα μπορούσε να διευκολύνει την απαίτηση για το ακατέργαστο πετρέλαιο (> λ2-2). Εάν περισσότερο από 10% αιθανόλης προστίθεται στη βενζίνη, το σύστημα καυσίμων πρέπει να τροποποιηθεί για να παρέχει ένα πλουσιότερο μίγμα. Η ευθεία αιθανόλη απαιτεί μια αναλογία αέρος-καυσίμου 9:1. Η ιδανική αναλογία αέρος-καυσίμου για την ευθεία βενζίνη είναι 14.7:1

ΜΕΘΑΝΟΛΗ

Μια άλλη μορφή οινόπνευματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμα μηχανών είναι μεθανόλη, ή ξύλινο οινόπνευμα. Αυτά τα καύσιμα είναι ιδιαίτερα τοξικά (δηλητηριώδης) και περιέχουν καυστικές ουσίες . Έχει περίπου το μισό ενεργειακό περιεχόμενο της βενζίνης (15.900 kJ) ανά λίτρο [kJ/L] έναντι με 32.300 kJ/L). Η αναλογία αέρος-καυσίμου για την ευθεία μεθανόλη είναι για την προσθήκη 6.4:1. Επειδή η μεθανόλη είναι τόσο διαβρωτική, επιτίθεται στο αργίλιο, την ύλη συγκολλησεως, τα πλαστικά, και άλλα υλικά. Για να αποτραπεί η ζημία, τα μέρη του συστήματος καυσίμου πρέπει να κατασκευαστούν από ανοξείδωτο χάλυβα και άλλα μέταλλα και πλαστικά που αντιστέκονται σε αυτήν την δράση. Η ευθεία μεθανόλη δεν ατμοποιείται τόσο εύκολα όσο η βενζίνη. Η προσθήκη κάποιας βενζίνης καθιστά τις

κρύες ενάρξεις ευκολότερες και βελτιώνει την προθέρμανση των μηχανών. Το χαρακτηριστικό μίγμα ή αποκαλούμενο μίγμα M85 είναι 85% μεθανόλης και 15% βενζίνη. Η προσθήκη της βενζίνης καθιστά επίσης το μίγμα ασφαλέστερο επειδή η βενζίνη ατμοποιείται ευκολότερα. Αυτό εμπλουτίζει τον ατμό που συλλέγεται επάνω από το υγρό, στη δεξαμενή καυσίμων. Κατόπιν ο ατμός είναι πέρα από το σημείο ανάφλεξης, ή τη θερμοκρασία στην οποία ο ατμός θα μπορούσε να αναφλέγει και να καεί. Φτωχό μίγμα μεθανόλης καίγεται με μια σχεδόν αόρατη φλόγα. Η προσθήκη της βενζίνης δίνει το χρώμα της φλόγας. Αυτό είναι σημαντικό σε περίπτωση πυρκαγιάς. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι η μεθανόλη προσελκύει το νερό. Εάν το νερό μπει στο μίγμα, η βενζίνη και η μεθανόλη μπορούν να χωριστούν. Κατόπιν η μηχανή θα χρονοτριβήσει επειδή το σύστημα καυσίμων μπορεί να χειριστεί μόνο το μίγμα. Ένα πλεονέκτημα στη χρησιμοποίηση της μεθανόλης είναι ότι μπορεί να γίνει από τον άνθρακα, το σχιστόλιθο πετρελαίου, το ξύλο, το λίπασμα, τα απορρίμματα, και άλλο υλικό. Έχει χρησιμοποιηθεί για χρόνια ως καύσιμο για τα αυτοκίνητα αγώνων. Η μεθανόλη είναι τα μόνο καθαρό και εύκολα αποθηκεύσιμο υγρό καύσιμο που ξέρουμε πώς να κάνουμε από τον άνθρακα.

ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Μερικά συστήματα καυσίμων οχημάτων περιλαμβάνουν έναν αισθητήρα εύκαμπτων καυσίμων. Δίνει στο όχημα τη δυνατότητα να λειτουργήσει σε ποικίλα συνδυασμένα καύσιμα (διάφορα μίγματα βενζίνης και οιοπνεύματος). Ο αισθητήρας καθορίζει το ποσοστό της μεθανόλης στα καύσιμα που χρησιμοποιείται και στέλνει αυτές τις πληροφορίες στην ηλεκτρονική ενότητα ελέγχου. Εάν ρυθμιστεί έπειτα από την ανάφλεξη καμπιλών για να ταιριάζει με τα καύσιμα, το όχημα με αυτόν τον τύπο συστήματος καυσίμων καλείται όχημα εύκαμπτων καυσίμων, ή όχημα μεταβλητών-καυσίμων. Έχει την "ευελιξία" να λειτουργήσει στα διάφορα μίγματα καυσίμων, που κυμαίνονται από την ευθεία βενζίνη ως την ευθεία μεθανόλη. Επιπλέον, οι ελάχιστες αλλαγές επιτρέπουν στο όχημα για να λειτουργήσει στην αιθανόλη με αναλογία (> 12-10).

ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (LPG)

Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG) γίνεται από το ακατέργαστο πετρέλαιο. Τα LPG γυρίζουν στο υγρό όταν τίθεται δια πίεση. Όταν η πίεση εκτονωθεί, το υγρό μετατρέπεται πάλι σε αέριο. Τα LPG που χρησιμοποιούνται σε πολλά οχήματα είναι προπάνιο. Το όχημα απαιτεί ένα ειδικό σύστημα καυσίμων για να χειριστεί το προπάνιο, το οποίο αποθηκεύεται σε 200 PSI [1380 kPa] στους κυλίνδρους πίεσης στο οπίσθιο τμήμα του οχήματος. Ο ρυθμιστής μετατροπών επιτρέπει στα LPG να μετατραπεί σε αέριο πριν εισέλθει στην μηχανή.

Το πλεονέκτημα των LPG είναι η εκτίμηση οκτανίου του πέρα από 100. Οι μηχανές μπορούν να έχουν μια υψηλή αναλογία συμπίεσης (> 11-10) για μεγαλύτερη δύναμη και αποδοτικότητα. Τα LPG καίνε επίσης καθαρά στους θαλάμους καύσης. Αποτελέσματα λίγης ένδυσης μηχανών. Δεδομένου ότι το σύστημα καυσίμων σφραγίζεται, καμία αντλία καυσίμων και έλεγχοι εκπομπής δεν απαιτούνται.

ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ (CNG)

Αντίθετα από τα LPG που αποθηκεύεται ως υγρό (> 12-13), το CNG είναι ένα αέριο πάντα. Καιγόμενο το CNG απελευθερώνει περίπου 20% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από τη βενζίνη, αλλά ελαφρώς περισσότερο άζωτο (> 12-1). το μεταλλικό κουτί ξυλάνθρακα (> 13-3) απαιτείται για τον έλεγχο των εξατμιστικών εκπομπών από το σύστημα καυσίμων. Τα καύσιμα αποθηκεύονται στους κυλίνδρους πίεσης στο οπίσθιο τμήμα του οχήματος. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο έχει μια εκτίμηση οκτανίου

113. Αυτό επιτρέπει στη μηχανή να έχει μια υψηλότερη αναλογία συμπίεσης. Εντούτοις, στη μηχανή, τα αερίωδη καύσιμα παίρνουν τον περισσότερο όγκο από την ψεκασμένη υγρή βενζίνη. Με τα λιγότερα καύσιμα και τον αέρα που εισάγουν τις αίθουσες καύσης, η μηχανή παράγει 10%- σε 15% λιγότερη δύναμη από μια παρόμοια καίγοντας βενζίνη μηχανών. Παίρνει περίπου τέσσερα γαλόνια [15.14 λ] CNG για να παράγει την ενέργεια ενός γαλονιού [3.78 λ] της βενζίνης. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται ειδικός εξοπλισμός για να συμπιέσει CNG σε 3600 PSI [24.840 K PA] για την εν πλω αποθήκευση.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΨΑΧΝΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Τα περισσότερα καύσιμα είναι μορφές υδρογονάνθρακα (> 12-1). Τα απολιθωμένα καύσιμα είναι καύσιμα υδρογονανθράκων που προέρχονται από το θέμα διαβίωσης. Αυτά περιλαμβάνουν το πετρέλαιο (και καύσιμα φτιαγμένα από αυτό συμπεριλαμβανομένης της βενζίνης) τον άνθρακα και το ξύλο. Το κάψιμο οποιουδήποτε υδρογονάνθρακα ή απολιθωμένων καυσίμων παράγει το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Το διοξείδιο του άνθρακα συλλέγεται στη γήινη ατμόσφαιρα επειδή καίγονται τόσο πολλά καύσιμα. Το διοξείδιο του άνθρακα ενεργεί όπως ένα κάλυμμα. Επιτρέπει στη θερμότητα από του ήλιου να μπει και την αποτρέπει από να ακτινοβολήσει μακριά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά συνέπεια, η γη θερμαίνεται. Αυτό είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η θέρμανση της γης θα παραγάγει πολλές καιρικές αλλαγές. Τα μεγάλα ανοίγματα του εδάφους στο κέντρο των Ηνωμένων Πολιτειών μπορούν να γίνουν έρημοι. Τα πολικά καλύμματα πάγου θα αρχίσουν να λειώνουν. Η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί. Κατόπιν οι παράκτιες πόλεις όπως η Νέα Υόρκη και το Σαν Ντιέγκο θα είναι κάτω από το νερό.

Η απειλή έχει γίνει τόσο σοβαρή που πολλές κυβερνήσεις εργάζονται για να μειώσουν το κάψιμο απολιθωμένων καυσίμων. Οι επιστήμονες προσπαθούν να βρουν εναλλακτικά καύσιμα. Αν και όλα τα καύσιμα υδρογονανθράκων παράγουν το CO₂ όταν καίγεται, μερικά όπως η μεθανόλη παράγουν λιγότερο CO₂ από άλλα. Το ευθύ αέριο υδρογόνο και το φυσικό αέριο (>12-14) είναι επίσης πιθανά εναλλακτικά καύσιμα. Αλλά και τα δύο παράγουν το CO₂ όταν καίγονται.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Μια πιθανή λύση στην αναζήτηση των εναλλακτικών καυσίμων είναι ο με μπαταρίες ηλεκτρικός φορέας. Το ηλεκτρικό όχημα είναι ένας με μηδενικές εκπομπές φορέας. Αυτό είναι επειδή δεν έχει καμία άμεση εκπομπή. Ηλιακά κύτταρα τοποθετούνται στην κορυφή του οχήματος θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να μετατρέψουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια για τη φόρτιση μπαταριών και για την πρόσθετη δύναμη όταν απαιτείται. Το ηλεκτρικό όχημα με μια αυτονομία 200-μίλι-ανά-φόρτιση μπαταρίας -δαπάνη θα χειριζόταν τις περισσότερες ανάγκες ταξιδιού. Θα μπορούσε να μεταφέρει τους ανθρώπους για τις καθημερινές τους ανάγκες. Οι μπαταρίες θα μπορούσαν να επαναφορτιστούν τη νύχτα συνδέοντας το όχημα με το εγχώριο ηλεκτρικό σύστημα. Εντούτοις, εάν τα εκατομμύρια των ηλεκτρικών οχημάτων ήταν σε λειτουργία, η ζήτηση για την ηλεκτρική ενέργεια θα αυξανόταν. Τότε περισσότερα μη πυρηνικά ρυπαντικά ή ηλιακής ενέργειας παραγωγικές εγκαταστάσεις θα απαιτούνταν για να παρέχουν την πρόσθετη ηλεκτρική ενέργεια.

2.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

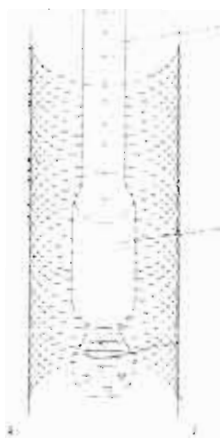
Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μεγέθη του κινητήρα είναι η κατανάλωση καυσίμου. Συνηθίζεται να δίνεται σε Kg/h, g/h .

Η μέτρηση της κατανάλωσης βασίζεται στην εξής βασική αρχή: να μετρηθεί ο χρόνος μέσα στον οποίο καταναλίσκεται σ' έναν κινητήρα ένας ορισμένος όγκος καυσίμου ή μια ορισμένη ποσότητα καυσίμου. Από το χρόνο και τον όγκο καυσίμου υπολογίζεται η μάζα καυσίμου και στην συνέχεια η κατανάλωση.

$$B = \frac{m}{t}, m = \rho V \quad (2.2.1)$$

B = κατανάλωση καυσίμου, M = μάζα καυσίμου, T = πυκνότητα καυσίμου, V= όγκος καυσίμου

Η πυκνότητα του καυσίμου υπολογίζεται με το αραιότερο (σχ.2). Η κατανάλωση καυσίμου δεν ενδείκνυται σαν μέγεθος για την σύγκριση διαφορετικών κινητήρων. Για τον λόγο αυτό καθορίσθηκε η ειδική κατανάλωση καυσίμου. Μ' αυτή συνδέουμε την κατανάλωση καυσίμου και την ωφέλιμη ισχύ του κινητήρα:



βαθμονομημένος λαιμός

σώμα άνωσης

σφαιρίδια χάλυβα

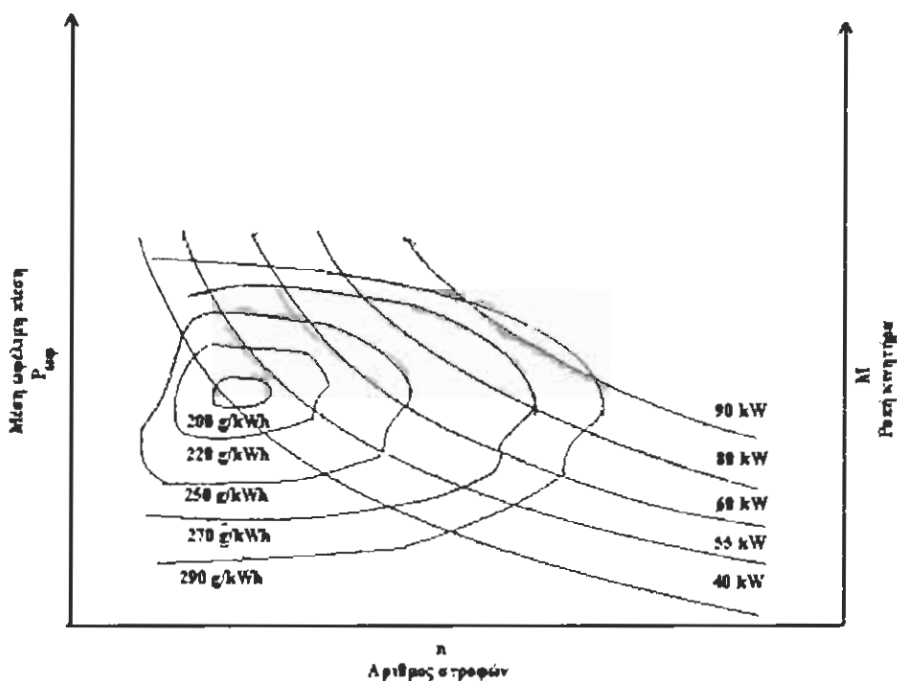
Σχ.(2.2.1)Αραιόμετρο

$$K_e = \frac{B}{P_e}$$

K_e = ειδική κατανάλωση καυσίμου, B= κατανάλωση καυσίμου, P_e = ωφέλιμη ισχύς

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Στο χαρακτηριστικό διάγραμμα κατανάλωσης εμφανίζεται η μέση πραγματική πίεση και η ροπή του κινητήρα σαν συνάρτηση του αριθμού στροφών και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Οι καμπύλες σταθερής ειδικής κατανάλωσης είναι κλειστές. Επιπρόσθετα στο διάγραμμα περιέχονται καμπύλες σταθερής ωφέλιμης ισχύος.

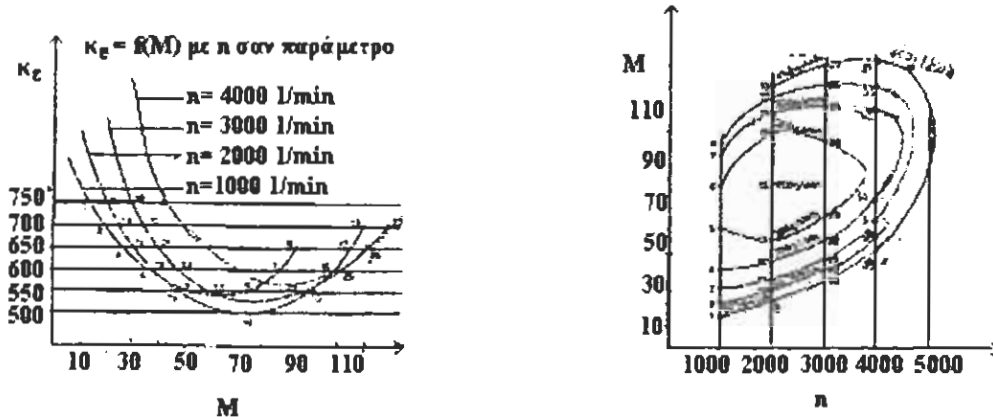


Σχ.(2.3.1) Χαρακτηριστικό διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου

Από το διάγραμμα του σχ.(2.3.1) γίνεται φανερό ότι ένας κινητήρας με την ίδια ωφέλιμη ισχύ με κάποιον άλλο μπορεί να λειτουργεί με τελείως διαφορετικές ειδικές καταναλώσεις. Είναι φανερό ότι επιδιώκεται ο κινητήρας να λειτουργεί στις χαμηλότερες δυνατόν ειδικές καταναλώσεις. Και επίσης ο κινητήρας στην κανονική λειτουργία του πρέπει να εργάζεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην βέλτιστη ειδική κατανάλωσή του.

Για τον σχεδιασμό του χαρακτηριστικού διαγράμματος της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου πραγματοποιούνται οι ακόλουθες μετρήσεις: Υπολογίζεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου του κινητήρα μεταβάλλοντας τη ροπή και κρατώντας σταθερό τον αριθμό στροφών.

Από τις παραπάνω μετρήσεις υπολογίζεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου και μεταφέρεται στο διάγραμμα σαν συνάρτηση της μέσης πραγματικής πίεσης και της ροπής σε συνάρτηση με τον αριθμό στροφών σχ.(2.3.2).



Σχ.(2.3.2) Κατασκευή του χαρακτηριστικού διαγράμματος της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Οι παράλληλες ευθείες του αριστερού διαγράμματος και οι καμπύλες του δεξιού διαγράμματος είναι καμπύλες σταθερής ειδικής κατανάλωσης. Το παραπάνω διάγραμμα κατανάλωσης καυσίμου είναι κατασκευασμένο μόνο για τέσσερις αριθμούς στροφών.

Η αναγκαία μέση πραγματική πίεση υπολογίζεται από την ροπή σύμφωνα με την σχέση:

$$p_e = \frac{M2\pi}{V_h z i} \quad (2.3.1)$$

p_e = μέση πραγματική πίεση. M = ροπή. V_h = εμβολισμός ενός κυλίνδρου. z = αριθμός κυλίνδρων. i = αριθμός ενδεικτικών διαγραμμάτων ανά κύκλο λειτουργίας .

Συνεπώς από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για την κατασκευή των κλειστών καμπυλών σταθερής ειδικής κατανάλωσης ακολουθείται η παρακάτω μεθοδολογία. Για έναν συγκεκριμένο κινητήρα υπολογίζεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου μεταβάλλοντας τη ροπή και κρατώντας σταθερό τον αριθμό στροφών. Κατασκευάζονται έτσι καμπύλες σταθερού αριθμού στροφών με τετημένη τον άξονα της ροπής και τεταγμένη της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

Κατόπιν μεταφέρονται τα σημεία τομής των καμπυλών σταθερού αριθμού στροφών με τις παράλληλες ευθείες της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου σαν διάγραμμα με τετμημένη τον αριθμό στροφών και τεταγμένη την ροπή. Για ανωτέρω σημεία τομής δημιουργούν τις κλειστές καμπύλες σταθερής ειδικής κατανάλωσης καυσίμου του χαρακτηριστικού διαγράμματος της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

Η ροπή του κινητήρα υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$M = \frac{P_e}{2\pi n}$$

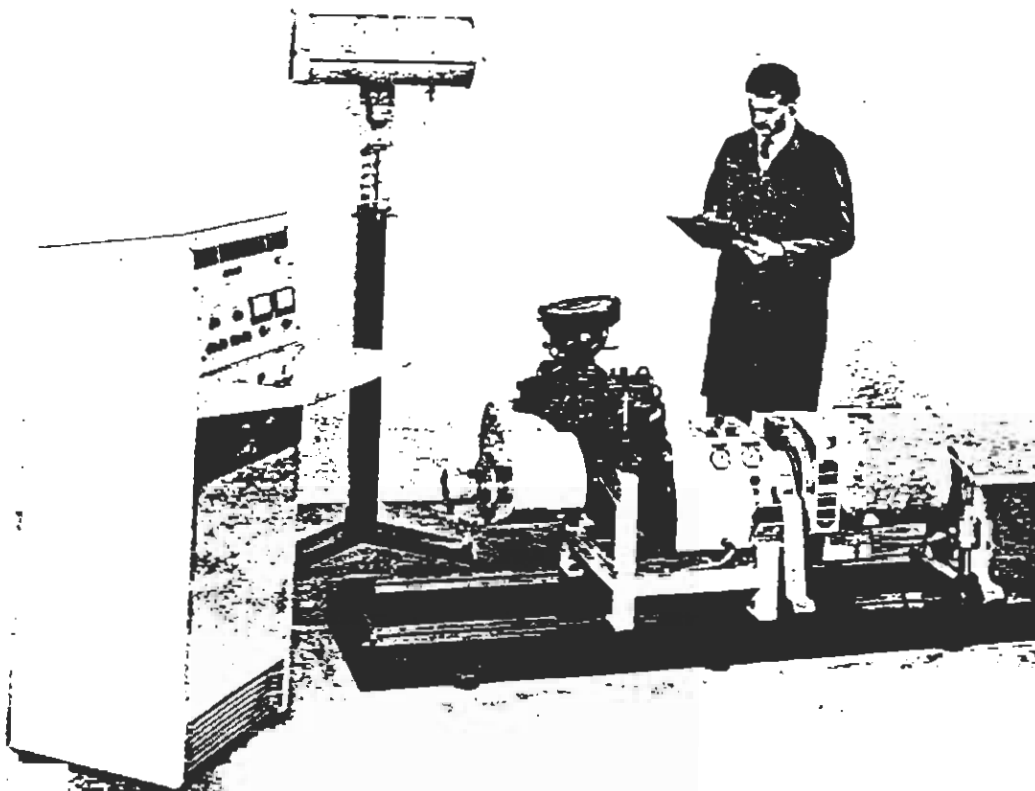
M= ροπή, P =ωφέλιμη ισχύς (μέση πραγματική), n =αριθμός στροφών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

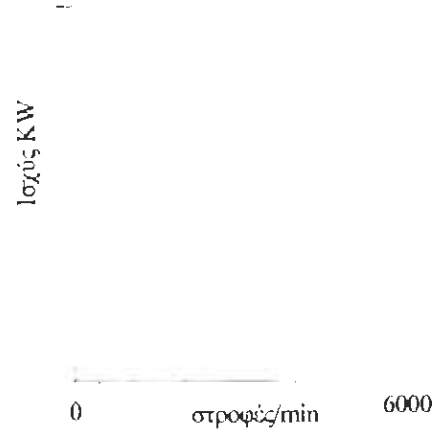
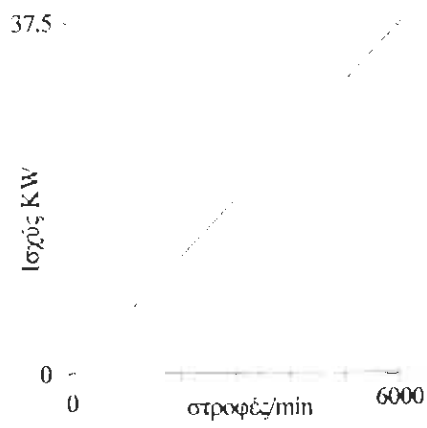
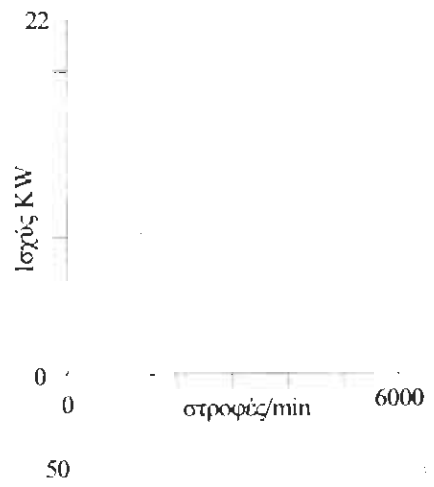
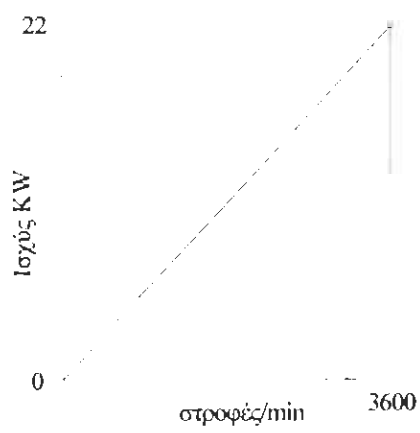
3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΕΔΕΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ως επί το πλείστον εγκατεστημένες τράπεζες δοκιμών κινητήρων, μπορούν να συνεργαστούν και με οποιαδήποτε άλλη μηχανή της οποίας η έξοδος και η ταχύτητα (στροφές) βρίσκονται μέσα στα όρια ισχύος του υπάρχοντα δυναμομέτρου. Τυπικά διαγράμματα ισχύος δυναμομέτρων δίδονται στο σχ. (3.1.2), ενώ στο σχ. (3.1.1) δίδεται μια γενική εικόνα ολοκληρωμένης τράπεζας δοκιμών στην οποία είναι προσαρμοσμένος ένας κινητήρας.



Σχ. (3.1.1) Πλήρης τράπεζα δοκιμών



Σχ.3.1.2 Ορια Ισχύος

Η ηλεκτρική πέδη ισχύος παίζει το ρόλο του εκκινητή στην αρχή λειτουργίας της μηχανής εσωτερικής καύσης και κατόπιν της πέδης για την διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων. Λαμβάνεται άμεσα η ροπή του κινητήρα σε Nm, οι στροφές του κινητήρα σε 1/min και υπολογίζονται η ειδική κατανάλωση καυσίμου από την καταναλισκόμενη ποσότητα καυσίμου στο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα και ανα αποδιδόμενη ισχύ σε gr/Kwh.

Η ισχύς του κινητήρα υπολογίζεται έμμεσα σε συγκεκριμένη θέση λειτουργίας του κινητήρα αν είναι γνωστή η ροπή του κινητήρα, οι στροφές λειτουργίας και το μήκος του μοχλοβραχίονα (κεφάλαιο 1.2) για την σωστή επιλογή μονάδων μέτρησης και κατάλληλης σχέσης υπολογισμών.

Ο κινητήρας, που συνεργάζεται με μια σύγχρονη ηλεκτρική πέδη, συνοδεύεται επίσης με κατάλληλο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων, σύστημα ψύξης, μετρητή παροχής αέρα και ηλεκτρονικό παλμογράφο για την λήψη του ενδεικτικού διαγράμματος.

3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΕΞΟΔΟΥ, ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Στα ηλεκτρικά δυναμόμετρα τα ελατήρια και τα βάρη βαθμονομούνται σε Newtons με γνωστό το μήκος του μοχλοβραχίονα ροπής. Έτσι:

$$M = \frac{FL}{1000} \quad (3.2.1)$$

M=ροπή (Nm), F=ένδειξη ισορροπίας, Newtons (ή ένδειξη ισορροπίας + προστιθέμενα φορτία), L=μήκος μοχλοβραχίονα ροπής (mm).

Το αποδιδόμενο έργο η ισχύς μετρείται σε W ή kW και είναι το γινόμενο της ροπής επί την γωνιακή ταχύτητα.

$$P = \frac{1}{1000} \frac{2\pi n}{60} \cdot \Gamma \quad (3.2.2)$$

P-(kW), n-(RPM)

Συνθέτοντας τις δύο παραπάνω σχέσεις έχουμε:

$$P = \frac{2\pi n L F}{6 \times 10^7} \quad (3.2.3)$$

Το P δίδεται από σχέση που διέπει το δυναμόμετρο

$$P = \frac{Fn}{K_1} \quad (3.2.4)$$

όπου K_1 σταθερά δυναμομέτρου. Από τις σχέσεις (3.2.3) και (3.2.4) έχουμε:

$$k = \frac{6 \times 10^7}{2\pi L} \quad (3.2.5)$$

Πρακτικά στην περίπτωση βενζινομηχανών (έναυση με σπινθηριστή) για πλήρη παροχή καυσίμου (μέγιστη ισχύς), το διάγραμμα ροπής-στροφών είναι ενδιαφέρον επειδή περιγράφει ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της μηχανής που επηρεάζει τον συνολικό σχεδιασμό του οχήματος και την επίδραση της στοιχειομετρικής αναλογίας στην απόδοση ισχύος του κινητήρα. Για να σχεδιάσουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη ροπής – στροφών η μηχανή πρέπει να ζεσταθεί υπό πλήρη παροχή καυσίμου και σε αριθμό στροφών στο μέσον του πεδίου τιμών της. Ρυθμίζεται η αναλογία καυσίμου-αέρα και η προπορεία έναυσης για λήψη μέγιστης ροπής. Αυξάνεται το φορτίο του δυναμομέτρου για να μειωθούν οι στροφές λειτουργίας του κινητήρα στην χαμηλότερη τιμή στην οποία ακόμη ο κινητήρας λειτουργεί χωρίς προβλήματα. Λαμβάνει τον αριθμό στροφών και η ένδειξη της ροπής και σημειώνεται η μέση τιμή των διακυμάνσεων της.

Ενώ για να ληφθεί η χαρακτηριστική καμπύλη ροπής-στροφών είναι ικανοποιητικό να μετρηθούν οι στροφές μ' ένα ταχογράφο ενσωματωμένο στο δυναμόμετρο, για μετρήσεις άλλων χαρακτηριστικών όπως ισχύος και της κατανάλωσης καυσίμου είναι προτιμότερο για την μέτρηση των στροφών να χρησιμοποιείται ένας μετρητής στροφών και ένα "stop watch". Τα ηλεκτρικά δυναμόμετρα παρέχονται με μετρητές οι οποίοι μετρούν περιστροφές της μηχανής για μια συγκεκριμένη και μετρούμενη χρονική περίοδο.

Η χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος πλήρους παροχής καυσίμου-στροφών μιας μηχανής αυτοκινήτου είναι εξίσου ενδιαφέρουσα με την χαρακτηριστική καμπύλη ροπής-στροφών και μπορεί να σχεδιαστεί χωρίς δυσκολία με εφαρμογή των αντίστοιχων εξισώσεων.

Το σύστημα μέτρησης κατανάλωσης καυσίμου παρέχεται σχεδόν με όλες τις τράπεζες δοκιμών και συνίσταται από ένα βαθμονομημένο σωλήνα που δίδει την δυνατότητα υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμου σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο χρόνο λειτουργίας της μηχανής.

Η κατανάλωση καυσίμου υπολογίζεται ως εξής:

$$B = \frac{3600V_B}{t} \quad (3.2.6)$$

όπου V_B =βαθμονομημένος όγκος του μετρητή καυσίμου (λίτρα)

t =χρόνος κατανάλωσης του βαθμονομημένου όγκου (δευτερόλεπτα)

B =κατανάλωση καυσίμου (λίτρα/ώρα)

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό μια μηχανής εσωτερικής καύσης είναι η ειδική κατανάλωση καυσίμου εφόσον αυτή δίνει ένα μέτρο της θερμικής απόδοσης της μηχανής.

Αυτή ορίζεται ως ακολούθως:

$$K_e = \frac{B}{P} \quad (3.2.7)$$

όπου: K_e =ειδική κατανάλωση καυσίμου

οι στροφές της μηχανής προσδιορίζονται από τον μετρητή στροφών και το χρονόμετρο ως εξής:

$$n = \frac{60N}{t} \quad (3.2.8.)$$

όπου: N περιστροφές σε χρόνο t .

Συχνά αναφερόμαστε σε όρους όπως “μέση ενεργός πίεση” (break mean effective pressure, d.m.e.p.). Αυτή είναι η μέση πίεση που θα έπρεπε να επενεργήσει στα έμβολα κατά την διάρκεια κάθε χρόνου για τη λήψη της ισχύος εάν δεν υπήρχαν μηχανικές απώλειες:

$$P = \frac{p_n V_h}{6 \times 10^4 \times i} \quad (3.2.9)$$

όπου $p =$ b.m.e.p. kN/m^2 . V_h =κυβισμός $i=1$ για δίχρονη μηχανή, $i=2$ για τετράχρονη μηχανή

Ο κυβισμός δίνεται από τη σχέση

$$V_h = \frac{\pi d^2 s N}{4 \times 10^6} \quad (3.2.10)$$

όπου d =διάμετρος κυλίνδρου mm , s =διαδρομή εμβόλου mm , N =αριθμός κυλίνδρων
Με χειρισμό των εξισώσεων (3.2.9) και (3.2.4) λαμβάνουμε:

$$p = \frac{6 \times 10^4 F_1}{K_1 V_h} \quad (3.2.11)$$

Πετρελαιομηχανές αυτοκινήτων δίδουν καμπύλες ροπής και ισχύος στις μέγιστες τιμές , σε συνάρτηση με τις στροφές, όμοιες σε μορφή μ' αυτές που λαμβάνονται στις βενζινομηχανές.

Όπωςδήποτε αυτές οι καμπύλες παρουσιάζουν μικρότερο ενδιαφέρον αφού η μέγιστη ισχύς εξόδου μιας πετρελαιομηχανής καθορίζεται βασικά από την αντλία καυσίμου σε συνδυασμό με ένα ανεκτό επίπεδο κάπνας στην εξαγωγή. Μέγιστη ισχύς για μια πετρελαιομηχανή είναι λοιπόν ένα λιγότερο καθαρά ορισμένο χαρακτηριστικό από την αντίστοιχη ισχύ εξόδου για μια βενζινομηχανή, που προσδιορίζεται κύρια από την ογκομετρική απόδοση. Η ισχύς εξόδου μιας πετρελαιομηχανής ρυθμίζεται μόνον από την παροχή καυσίμου δίχως ρύθμιση του αέρα, ενώ η ισχύς εξόδου μιας συμβατικής βενζινομηχανής ρυθμίζεται ελέγχοντας την περιεκτικότητα του μίγματος καυσίμου-αέρα. Η βενζινομηχανή είναι “ποιοτικά ελεγχόμενη” ενώ η πετρελαιομηχανή είναι “ποσοτικά ελεγχόμενη”.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4: ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΚ

4.1 ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΚΑΙ ΕΛΚΥΣΗΣ

Η ισχύς τριβών ενός κινητήρα, προέρχεται από τις τριβές των κινούμενων εξαρτημάτων του, έμβολο, στροφαλοφόρος, άξονας κ.τ.λ. Στην ισχύ τριβών επίσης συνοπολογίζονται η ισχύς των βοηθητικών μηχανισμών της αντλίας καυσίμου, λαδιού, νερού, ανεμιστήρα κ.τ.λ. Συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι η ισχύς τριβών είναι η διαφορά από την εσωτερική ισχύ της ωφέλιμης ισχύος.

$$P_{\tau p} = P_i - P_e \quad (4.1.1)$$

$P_{\tau p}$ = ισχύς τριβών

P_i = εσωτερική ισχύς

P_e = ωφέλιμη ισχύς

Αντί της παραπάνω σχέσης χρησιμοποιείται συχνά η σχέση, η αντίστοιχη, για τις μέσες πιέσεις:

$$p_{\tau p} = p_i - p_e$$

$p_{\tau p}$ = μέση πίεση τριβής

p_i = μέση πίεση επί του εμβόλου

p_e = μέση ωφέλιμη πίεση

Η σχέση για τις μέσες πιέσεις προέρχονται από την σχέση που ισχύει για την ισχύ δια διαιρέσεως με το γινόμενο:

$$V_h \cdot n \cdot i$$

Επειδή ισχύει η σχέση:

$$P = p_i \cdot V_h \cdot n \cdot i$$

P = ισχύς ενός κυλίνδρου

p_i = μέση πίεση επί του εμβόλου

V_h = εμβολισμός ενός κυλίνδρου

n = αριθμός στροφών

i = αριθμός ενδεικτικών διαγραμμάτων ανά περιστροφή

Την ισχύ τριβών μπορεί να αποδώσει κανείς με τη βοήθεια του μηχανικού βαθμού απόδοσης:

$$n_m = \frac{P_c}{P_i} = \frac{P_c}{(P_c + P_{\tau p})} \quad (4.1.2)$$

n_m = μηχανικός βαθμός απόδοσης

Λύνοντας την παραπάνω σχέση ως προς την ισχύ τριβών έχουμε

$$P_{\tau p} = P_c \left(\frac{1}{n_m} - 1 \right) \quad (4.1.3)$$

$P_{\tau p}$ = ισχύς τριβών

P_c = ωφέλιμη ισχύς

n_m = μηχανικός βαθμός απόδοσης

Από τεχνικής και επιστημονική πλευράς είναι επιθυμητό η ισχύς τριβών, που είναι ισχύς απωλειών, να κρατιέται το δυνατόν μικρή. Ο ακριβής καθορισμός της δεν είναι καθόλου απλός. Η ακριβή μέθοδος εφαρμόζει τη σχέση :

$$P_{\tau p} = P_i - P_c$$

Αυτό σημαίνει ότι το εσωτερικό έργο και η ωφέλιμη ισχύς πρέπει να υπολογίζονται με πολλή μεγάλη ακρίβεια. Και μικρές ακόμη ανακρίβειες έχουν ως αποτέλεσμα το μεγάλο σφάλμα, γιατί η ισχύς τριβών είναι η διαφορά δύο μεγάλων στην τάξη μεγεθών που η διαφορά τους στην τιμή είναι μικρή. Επειδή ο ακριβής καθορισμός της εσωτερικής ισχύος είναι αρκετά δύσκολο εφαρμόζονται συχνά προσεγγιστικοί τρόποι υπολογισμού.

4.2 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΡΙΒΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία αυτή μεταβάλλεται η ροπή του κινητήρα με σταθερό αριθμό στροφών και ταυτόχρονα υπολογίζεται κατανάλωση καυσίμου. Από την ροπή υπολογίζεται η μέση ωφέλιμη πίεση και από την κατανάλωση καυσίμου η ανά ενδεικτικό διάγραμμα καταναλισκόμενη ποσότητα καυσίμου.

Αυτό πετυχαίνεται με τις επόμενες σχέσεις:

$$P_c = p_c V_b z n_i$$

$$P_e = M2\pi n$$

Από τις προηγούμενες σχέσεις βγαίνει η σχέση για την μέση ωφέλιμη πίεση:

$$p_e = \frac{M2\pi}{V_h z i} \quad (4.2.1)$$

p_e = μέση ωφέλιμη πίεση

M = ροπή

V_h = εμβολισμός ενός κυλίνδρου

z = αριθμός κυλίνδρων

i = αριθμός ενδεικτικών διαγραμμάτων ανά περιστροφή

Η σχέση για την ποσότητα καυσίμου ανά ενδεικτικό διάγραμμα είναι:

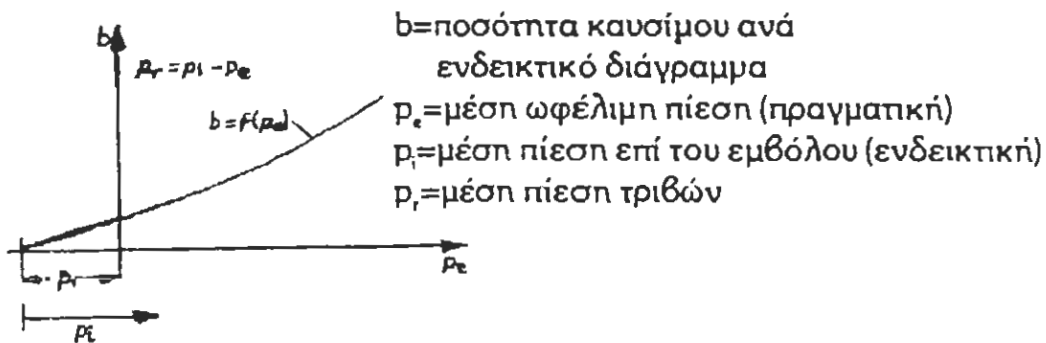
$$b = \frac{B}{z n i}$$

b = ποσότητα καυσίμου ανά ενδεικτικό διάγραμμα

B = κατανάλωση καυσίμου

n = αριθμός στροφών

Χαράσσεται το διάγραμμα της ποσότητας καυσίμου ανά ενδεικτικό διάγραμμα με την μέση ωφέλιμη πίεση σχ.(4.2.1):



Σχ. 5 Υπολογισμός της μέσης πίεσης τριβών με την βοήθεια της ποσότητας καυσίμου ανά ενδεικτικό διάγραμμα.

Η καμπύλη $b=f(p_e)$ δεν αρχίζει από την αρχή των συντεταγμένων επειδή ο κινητήρας στην λειτουργία του στο νεκρό (δηλ. με $p_e=0$), καταναλίσκει καύσιμο. Η υφιστάμενη εσωτερική ισχύς αντιστοιχεί στην ισχύ τριβών του κινητήρα. Για τον καθορισμό της πίεσης τριβών προεκτείνεται η καμπύλη προς τα αριστερά μέχρι να τιμήσει τον άξονα των τετημημένων. Σε αυτό το σημείο είναι η ποσότητα καυσίμου ανά ενδεικτικό διάγραμμα και η μέση πίεση επί του εμβόλου μηδέν. Κατά τη σχέση:

$$P_{\text{τρ}} = p_i - p_e$$

Η διαφορά μεταξύ της μέσης πίεσης επί του εμβόλου και της μέσης ωφέλιμης πίεσης είναι η μέση πίεση τριβών. Αυτή αντιστοιχεί με την απόσταση μεταξύ του σημείου τομής της καμπύλης με τον άξονα των τετμημένων και της αρχής των αξόνων. Η ισχύς υπολογίζεται λοιπόν κατά τη σχέση:

$$P_{\text{τρ}} = p_{\text{τρ}} V_h z n i \quad (4.2.2)$$

$P_{\text{τρ}}$ =ισχύς τριβών

$p_{\text{τρ}}$ =μέση πίεση τριβών

V_h =εμβολισμός ενός κυλίνδρου

z =αριθμός κυλίνδρων

n =αριθμός στροφών

i =αριθμός των ενδεικτικών διαγραμμμάτων ανά περιστροφή

Ο παραπάνω περιγραφόμενος τρόπος υπολογισμού της ισχύος τριβών, είναι απλός σωστός αλλά δυστυχώς όχι μεγάλης ακρίβειας. Δεν λαμβάνει υπόψη ότι η τριβή εξαρτάται επίσης από την πίεση του αερίου στον κύλινδρο και από την θερμοκρασία του κινητήρα. Με χρονικά ανεβασμένη μέση πίεση και πεσμένη θερμοκρασία κινητήρα, αυξάνει η τριβή. Γι' αυτό αυτός ο τρόπος πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για γενικευμένους υπολογισμούς της ισχύος τριβών.

4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΡΙΒΩΝ ΛΙ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

Ορισμένοι πειραματικοί πολυκύλινδροι κινητήρες προσφέρουν την δυνατότητα ηλεκτρικής διακοπής ενός των κυλίνδρων.

Η χρησιμότητα αυτής της διακοπής είναι η εξής : αποσυνδέοντας έναν κύλινδρο μπορούμε να καθορίσουμε την ισχύ τριβών. Αυτό το γεγονός μπορεί να αποτελέσει πειραματική άσκηση.

Η διαδικασία γι'αυτήν την πειραματική άσκηση είναι η παρακάτω: αρχικά εξακριβώνεται η ισχύς του κινητήρα όταν εργάζονται όλοι οι κύλινδροι. Κατόπιν αποσυνδέεται ένας κύλινδρος και επαναπροσδιορίζεται η ισχύς.

Από τα δεδομένα μέτρησης μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ τριβών ενός κυλίνδρου με τη βοήθεια της επόμενης σχέσης:

1. Κινητήρας που εργάζεται μ' όλους τους κυλίνδρους: Ισχύς: $P(n)$

$$\text{Ισχύς ανά κύλινδρο: } \frac{P(n)}{n} \quad (4.3.1)$$

2. Κινητήρας που εργάζεται με $n-1$ κυλίνδρους

$$\text{Ισχύς} \quad P(n-1) \quad (4.3.2)$$

3. Ο κινητήρας έχει $n-1$ κυλίνδρους, έτσι η ισχύς του ανέρχεται:

$$\frac{P(n)}{n}(n-1) \quad (4.3.3)$$

Η διαφορά ισχύος που προκύπτει από την (4.3.3) και την (4.3.2) είναι η ισχύς τριβών του αποσυνδεδεμένου κυλίνδρου.

Από την παραπάνω υπόθεση έχουμε τη σχέση για τον υπολογισμό της ισχύος τριβών του ενός κυλίνδρου:

$$P_{\text{τρ}} = \frac{P(n)}{n}(n-1) - P(n-1) \quad (4.3.4)$$

$P_{\text{τρ}}$: η ισχύς τριβών ενός κυλίνδρου

$P(n)$: η ισχύς όταν εργάζονται όλοι οι κύλινδροι

N : ο αριθμός κυλίνδρων

$P(n-1)$: η ισχύς όταν είναι αποσυνδεδεμένος ο ένας κύλινδρος

Η ευρισκόμενη ισχύς τριβών είναι ελαφρώς μικρότερη της πραγματικής, διότι υπάρχει επίδραση της θερμοκρασίας καθώς και σφάλμα κατά τον χρόνο της αποσύνδεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 :ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΕΡΑ.

5.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Η λειτουργία των μηχανών ΜΕΚ έχει μελετηθεί αρκετά σε όρους ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Μπορεί εξίσου καλά να εκφραστεί σε όρους θερμικής απόδοσης, που δίδει γνώση της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου και της πυκνότητας του.

Συνήθως όταν εκτιμάται η απόδοση μιας Μηχανής Εσωτερικής Καύσης γίνεται χρήση της κατώτερης θερμογόνου δύναμης, αφού δεν υπάρχει πιθανότητα να γίνει χρήση της λανθάνουσας θερμότητας σε μια συμβατική μηχανή.

Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη της βενζίνης ή του πετρελαίου diesel είναι 10.000 cal/gr που αντιστοιχεί σε:

$$H_k = 41.868 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Τυπικές τιμές της πυκνότητας καυσίμων στους 20°C είναι:

$$\text{βενζίνη } \rho = 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} \quad \text{πετρέλαιο Diesel } \rho = 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}$$

Η θερμική απόδοση της μηχανής ορίζεται σαν τον λόγο της θερμότητας που παρέχεται με την καύση του καυσίμου, που μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο.

Σχετίζεται με την ειδική κατανάλωση καυσίμου ως ακολούθως:

$$\eta_{th} = \frac{0,1146}{v}$$

Τελικά λαμβάνουμε τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\text{Βενζίνη} \quad \eta_{th} = 0,1146/v$$

$$\text{Diesel} \quad \eta_{th} = 0,1011/v$$

Με την χρήση αυτών των σχέσεων σχεδιάζονται οι θερμικές αποδόσεις βενζινομηχανών και πετρελαιομηχανών.

5.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΕΡΑ

Η μηχανή εσωτερικής καύσης είναι στην ουσία μια “αεριο-μηχανή” στην οποία ο αέρας είναι το εργαζόμενο μέσο. Η λειτουργία του καυσίμου είναι να προσδίδει μόνο θερμότητα. Δεν υπάρχει καμία τεχνική δυσκολία στην εισαγωγή επαρκούς καυσίμου στον εργαζόμενο κύλινδρο, αλλά η επιθυμητή ισχύς εξόδου περιορίζεται από την ποσότητα του αέρα που μπορεί να ανυρροφηθεί.

Είναι επακόλουθο ότι η επίτευξη της υψηλότερης δυνατής ογκομετρικής απόδοσης είναι ένας σημαντικός στόχος στην ανάπτυξη μηχανών υψηλών επιδόσεων. Επίσης ο σχεδιασμός των συστημάτων εισαγωγής και εξαγωγής και βαλβίδων και θυρίδων στους κυλίνδρους περιλαμβάνει ένα κύριο μέρος του προγράμματος ανάπτυξης στις μηχανές αυτού του τύπου.

Ο μετρητής κατανάλωσης αέρα, ΤΓ 40, είναι ένα απλό μέσο μέτρησης της ροής του αέρα το οποίο με σωστή χρήση παράγει ακριβή αποτελέσματα. Αποτελείται κύρια από ένα δοχείο αέρα κατάλληλου μεγέθους, που συνδέεται στην είσοδο του αέρα της μηχανής μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα. Ο αέρας εισέρχεται στον μετρητή από κυκλικό άνοιγμα και η πτώση πίεσης κατά μήκος του ακροφυσίου μετριέται με τη βοήθεια επικλινούς μανομέτρου. Η πτώση πίεσης περιορίζεται στα 10 cm H₂O, και αυτό επιτρέπει να αγνοηθούν τα αποτελέσματα της συμπιεστότητας στον υπολογισμό της εισροής αέρα και ακόμα περιορίζει τις επιδράσεις αυτής της πτώσης πίεσης στην ογκομετρική απόδοση της μηχανής σε λιγότερο από 1%.

Η ταχύτητα που αναπτύσσεται από ένα αέριο που διαστέλλεται ελεύθερα από την ηρεμία λόγω της επίδρασης μια διαφοράς πίεσης αρκετά μικρής (όπως στην παρούσα κατάσταση), για διαφορές πυκνότητας αμελητέες,

$$n_{th} = \frac{3,6 \times 10^6}{v \rho_f \Pi_l}$$

$$\rho_a = \text{πυκνότητα του αέρα, } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$U = \text{ταχύτητα, } \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$p = \text{διαφορά πίεσης, } \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Η διαφορά πίεσης μετριέται σε εκατοστά στήλης νερού και:

$$1 \text{ cmH}_2\text{O} = 98,1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

οπότε:

$$\frac{\rho_a U^2}{2} = 98.1 h_o$$

όπου: h_o =πτώση πίεσης στο στόμιο, cm H₂O.

Η πυκνότητα του αέρα δίδεται από την σχέση:

$$\frac{10^3 p_a}{\rho_a} = R T_a$$

p_a =βαρομετρική πίεση, kN/metre²

T_a =θερμοκρασία αέρα, K

$R=287$ Ξ/kgK

συνδυάζοντας τις δύο παραπάνω εξισώσεις:

$$U = 273.3 \sqrt{\frac{h_o T_a}{10^3 x p_a}}$$

Η ογκομετρική λόγος της ροής στις επικρατούσες συνθήκες πριν από το στόμιο δίδονται από την σχέση:

$$V_a = 10^{-3} x \frac{\pi D^2 K_3}{4} 237.3 \sqrt{\frac{h_o T_a}{10^3 x p_a}}$$

V_a =ογκομετρική λόγος ροής, i/sec

D =διάμετρος στομίου, mm

K_3 =συντελεστής εκροής του στομίου

Η τιμή της μάζας εκροής, από τις παραπάνω εξισώσεις είναι:

$$m_a = 10^{-6} x \frac{\pi D^2 K_3}{4} x 0.827 \sqrt{\frac{h_o p_a}{T_a} x 10^3}$$

m_a =τιμή της μάζας εκροής, kg/sec.

Θεωρώντας μια τιμή για τον συντελεστή εκροής στομίου αιχμηρών άκρων $K_3=0.6$ λαμβάνουμε:

Για την εκλογή του κατάλληλου στομίου εκροής ο παρακάτω πίνακας δίδει προσεγγιστικούς ρυθμούς εκροής, κάτω από τις παρακάτω σταθερές συνθήκες.

$h_0=10$ cm H_2O

$T_a=293$ K

$p_a=100$ kN/m²

στόμιο mm	V_a l/sec	m_a kg/sec
10	2	0.002
20	8	0.009
40	31	0.036
60	69	0.082
80	122	0.15
100	190	0.23

Η κατανάλωση αέρα μιας μηχανής φυσικής αναρρόφησης μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$V_a = n_{vol} \frac{V_s}{K_2} \frac{n}{60}$$

n_{vol} =ογκομετρική απόδοση της μηχανής

K_2 =σταθερά=1 για 2-χρονης και = 2 για 4-χρονης μηχανές

V_s =όγκος σάρωσης, litres

για εκλογή στομίου μια τιμή που μπορεί να θεωρηθεί είναι $n_{vol}=0.8$. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να δίνει την ογκομετρική απόδοση:

$$n_{vol} = \frac{60 K_2 V_a}{n V_s}$$

Αν το εύρος του αριθμού στροφών της μηχανής υπερβεί την αναλογία 2:1 τότε είναι επιθυμητό να εκλέγουμε δύο ή τρία στόμια διαφορετικών διαστάσεων για να

καλύψουμε όλο το εύρος. Διαφορετικά αν χρησιμοποιείται ένα στόμιο αρκετά μεγάλο για τον μέγιστο αριθμό στροφών, οι διαφορές πίεσης στις χαμηλές ταχύτητες δεν είναι επαρκείς για ακριβή μέτρηση με ένα απλό μανόμετρο.

Είναι απαραίτητο να βεβαιωθείτε ότι το δοχείο του αέρα έχει έναν ελάχιστο όγκο, ο οποίος είναι συνάρτηση του μεγέθους της μηχανής και άλλων χαρακτηριστικών και αν η ροή διαμέσου του στομίου είναι στρωτή για να είναι αυτή η μέθοδος μέτρησης αξιόπιστη. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η μηχανή τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός στροφών και όσο μικρότερος ο αριθμός των κυλίνδρων τόσο μεγαλύτερο το απαραίτητο μέγεθος του δοχείου αέρα. Επακόλουθο είναι ότι για μια δεδομένη μηχανή, ο ελάχιστος αριθμός στροφών λειτουργίας στην οποία θέλουμε να πάρουμε αξιόπιστες μετρήσεις της ροής του αέρα, καθορίζει το μέγεθος του δοχείου αέρα που χρειάζεται. Το κριτήριο είναι:

$$V_B = \frac{4,18 \times 10^2 D^4 K_2^2}{n^2 N_c V_S}$$

n =στροφές ανά λεπτό της μηχανής

N_c =αριθμός κυλίνδρων

V_B =όγκος του δοχείου αέρα του μετρητή ροής, litres.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6 . ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΑΡΑΧΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΚ.

6.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 4-ΚΥΛΙΝΔΡΗΣ 4-ΧΡΟΝΗΣ BENZINOMΗΧΑΝΗΣ ΩΣ ΑΕΡΙΟΜΗΧΑΝΗ (ΜΕ ΧΡΗΣΗ L.P.G.)- ΣΥΓΚΡΙΣΗ.

Η έλλειψη πετρελαίου έχει καταστήσει αναγκαία την εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων πηγών ενέργειας. Η μεγαλύτερη ποσότητα της βενζίνης καταναλώνεται στις Μ.Ε.Κ. και γι' αυτό είναι αυξημένη η απαίτηση για εναλλακτικά καύσιμα.

Το υγροποιημένο αέριο μίγμα υδρογονανθράκων γνωστό ως L.P.G. (υγραέριο ή γκάζι) είναι ένα από τα εναλλακτικά καύσιμα. Είναι καύσιμο που λαμβάνεται κατά την απόσταξη του αργού πετρελαίου, ή κατευθείαν από τις πετρελαιοπηγές και αποτελεί μίγμα υδρογονανθράκων και κυρίως προπανίου. Στο εμπόριο φέρεται μέσα σε μεταλλικές φιάλες (περιεχόμενο 10 kgf για οικιακή χρήση).

Οι αεριομηχανές ανήκουν στην κατηγορία των μηχανών και έχουν την ίδια περίπου κατασκευή και διάταξη με αυτές. Η βασική διαφορά τους από τις βενζινομηχανές είναι ότι, αντί να καίνε μίγμα βενζίνης αέρα, καίνε μίγμα από καύσιμο αέριο (L.P.G.) και ατμοσφαιρικό αέρα. Στις αεριομηχανές χρησιμοποιούνται οι γνωστοί μας εξαερωτήρες με μικρές τροποποιήσεις. Συνηθέστερα χρησιμοποιείται μια βαλβίδα, η οποία ονομάζεται βαλβίδα ανάμιξης, το δε έργο της είναι η ανάμιξη του αέρα και του καυσίμου, καθώς αυτά εισέρχονται στον κύλινδρο από διαφορετικούς το καθένα οχετούς. Η βαλβίδα αυτή αποτελεί ουσιώδες εξάρτημα της αεριομηχανής. Πρέπει δηλαδή και να επιτρέπει την είσοδο στον κύλινδρο και ταυτόχρονα την ανάμιξή του καυσίμου αερίου και του αέρα στην πρέπουσα αναλογία, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα της καύσης, και να παρεμποδίζεται η εισχώρηση του αέρα στην σωλήνωση του αερίου, προς αποφυγή έκρηξης. Η πρώτη από τις δύο αυτές προϋποθέσεις εξασφαλίζεται με την κατάλληλη εκλογή των διατομών των αγωγών αέρα και αερίου και με την κατάλληλη ρύθμιση της πίεσης που παρέχεται στην μηχανή κατά τη λειτουργία της. Η δεύτερη με κατάλληλη διάταξη, με την οποία ανοίγει πρώτα η δίοδος του αέρα προς τον κύλινδρο και αποκαθιστάται το ρεύμα ροής του αέρα προς αυτόν και στη συνέχεια η δίοδος του αερίου.

Τα αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας τη μια φορά βενζίνη και την άλλη L.P.G., χωρίς να αλλάξει κατασκευαστικά ο κινητήρας είναι διαφορετικά. Η ισχύς της μηχανής όταν λειτουργεί με L.P.G. είναι μικρότερη απ' ό,τι όταν λειτουργεί με βενζίνη κι αυτή η διαφορά είναι μεγαλύτερη σε υψηλότερο αριθμό στροφών, λόγω του υψηλού ειδικού όγκου του αερίου στην είσοδο. Και η ροπή στρέψης είναι χαμηλότερη όταν η μηχανή λειτουργεί με L.P.G. Πέραν όμως από την μικρότερη ισχύ που παρέχει ο κινητήρας, είναι προτιμότερη η χρήση L.P.G., γιατί η καύση είναι

σχεδόν τέλεια αφού το καύσιμο είναι κατά πολύ ελαφρύτερο της βενζίνης και ήδη είναι αέριο προτού μπει στον αναμίκτη (καλύτερη ανάμιξη με τον ατμοσφαιρικό αέρα). Δεν υπάρχει επίσης κίνδυνος μόλυνσης της ατμόσφαιρας όπως γίνεται με τη χρήση βενζίνης, ή πετρελαίου.

6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Έχουμε ένα σύστημα μετάδοσης κίνησης στους πίσω τροχούς που αποτελείται από τα παρακάτω κύρια μέρη:

- α) Τον συμπλέκτη
- β) Το κιβώτιο ταχυτήτων με συγχρονισμό, τριών (3) ταχυτήτων εμπροσθοπορείας και μιας (1) οπισθοπορείας.
- γ) Τον άξονα μετάδοσης κίνησης με τους αρθρωτούς συνδέσμους
- δ. Την οπίσθια γέφυρα με το διαφορικό, τα ημιαξόνια και τους κινητήριους τροχούς.

ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ:

- 1) Πόσες στροφές/μίν (RPM) παίρνουν οι πίσω τροχοί για κάθε ταχύτητα, όταν ο πρωτεύοντας άξονας του συμπλέκτη περιστρέφεται με 50 στροφές/μίν και το όχημα κινείται σε ευθεία.
- 2) Ομοίως με 50 στροφές/μίν του πρωτεύοντα άξονα του συμπλέκτη, πόσες στροφές παίρνει ο κάθε ένας από τους δύο πίσω τροχούς όταν:
 - α) Ο ένας τροχός είναι ανυψωμένος και
 - β) Ο ένας περιστρέφεται με μικρό συντελεστή πρόσφυσης, π.χ. σε χιόνι (το όχημα κάνει διαφορικό).
- 3) Εάν ανυψωθούν και οι δύο τροχοί και περιστρέψουμε με το χέρι τον ένα, τι θα κάνει ο άλλος τροχός. Να δοθεί εξήγηση.

ΔΙΔΟΝΤΑΙ:

- A) W_k = γωνιακή ταχύτητα κορώνας
 W_1, W_2 = γωνιακή ταχύτητα πλανητών
 W_δ = γωνιακή ταχύτητα δορυφόρων
 R = ακτίνα πλανητών
 R = ακτίνα δορυφόρων

- B) Περιφερειακή ταχύτητα: $v = \omega r = \frac{2\pi n}{60} \Rightarrow v = \frac{m}{9.55 \text{ sec}}$

Γωνιακή ταχύτητα

$$w = \frac{v}{r} = \frac{2\pi n}{60} \Rightarrow w = \frac{n}{9.55} \frac{1}{\text{sec}}$$

Η εξίσωση των περιφερειακών ταχυτήτων θα είναι:

$$w_1 R = w_k R - w_{\delta} r \quad (6.2.1)$$

$$w_2 R = w_k R + w_{\delta} r \quad (6.2.2)$$

με πρόσθεση κατά μέρη των (6.2.1) και (6.2.2) προκύπτει :

$$w_1 + w_2 = 2w_k \quad (6.2.3)$$

α) Όταν το σχήμα κινείται σε ευθεία οδό, οι αντιστάσεις επί των τροχών θα είναι ίδιες και κατά συνέπεια οι δορυφόροι δεν περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους. Αφού λοιπόν οι αντιστάσεις είναι ίδιες έχουμε $w_1 = w_2$. Θέτοντας στον τύπο (6.2.3) έχουμε:

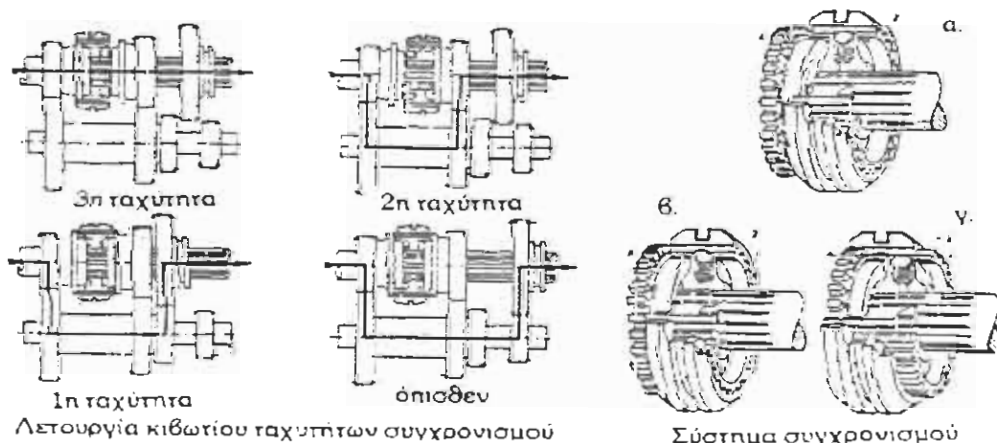
$$2w_1 = 2w_2 = 2w_k \Rightarrow w_1 = w_2 = w_k \Rightarrow n_1 = n_2 = n_k$$

Δηλαδή κάθε τροχός περιστρέφεται με τις στροφές της κορώνας.

β) Σε περίπτωση όμως που το όχημα κινείται σε στροφή ο εσωτερικός τροχός, έστω ο 1, θα υφίσταται μεγαλύτερη αντίσταση από τον εξωτερικό τροχό 2. Άρα $w_1 < w_2$ και ο δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του. Αν σταματήσει τελείως ο τροχός 1 λόγω αντίστασης, τότε $w_1 = 0$ και από την σχέση (6.2.3):

$$w_2 = 2w_k \Rightarrow n_2 = 2n_k$$

Δηλαδή ο άλλος τροχός, ο 2 παίρνει και τις στροφές του 1 και γυρίζει με διπλάσιες στροφές της κορώνας.



ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

I) Οι στροφές που παίρνουν οι τροχοί για κάθε ταχύτητα σε ευθεία πορεία, δίδονται από την σχέση:

$$n_1=n_2=\frac{n_p \cdot z_1 z_3}{z_2 z_4} \quad (6.2.4)$$

- Όπου: n_1, n_2 : Οι στροφές των τροχών (RPM).
 n_p : Οι στροφές του πρωτεύοντος άξονα του συμπλέκτη (RPM).
 z_1 : Αριθμός οδόντων του μεγάλου οδοντωτού τροχού για κάθε μια από τις ταχύτητες.
 z_2 : Αριθμός οδόντων του μεγάλου οδοντωτού τροχού για κάθε μια από τις ταχύτητες.
 z_3 : Ο αριθμός οδόντων του πηνίου
 z_4 : Ο αριθμός οδόντων της κορώνας.

Μεγέθη που μετρούνται και υπολογίζονται καταχωρούνται στον παρακάτω πίνακα:

	z_1	z_2	z_3	z_4	n_p RPM	$n_1=n_2$ RPM
1η ταχύτητα	16	32	15	50	50	7,50
2η ταχύτητα	20	28	15	50	50	10,71
3η ταχύτητα	24	24	15	50	50	15,0
όπισθεν	10	24	15	50	50	6,25

II) Από τις σχέσεις:

$$w_1+w_2=2w_k$$

$$w_1=\frac{n_1}{9,55}$$

$$w_2=\frac{n_2}{9,55} \Rightarrow n_1=2n_k-n_2 \quad (6.2.5)$$

$$w_k=\frac{w_k}{9,55}$$

- Όπου n_1 : Οι στροφές του ανυψωμένου τροχού (RPM)
 n_2 : Οι στροφές του τροχού που δεν είναι ανυψωμένος (RPM)
 $n_k=n_2$: Οι στροφές της κορώνας (RPM) δίνονται από την σχέση (iv)

Από τις σχέσεις (iv) και (v), έχουμε:

$$n_1 = 2 \left[\frac{n_2 Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} \right] - n_2 \quad (6.2.6)$$

Από την σχέση (6.2.6) αν $n_2=0$, ο ανυψωμένος τροχός παίρνει διπλάσιες στροφές απ' ότι έπαιρνε όταν εργαζόταν και οι δύο τροχοί κανονικά.

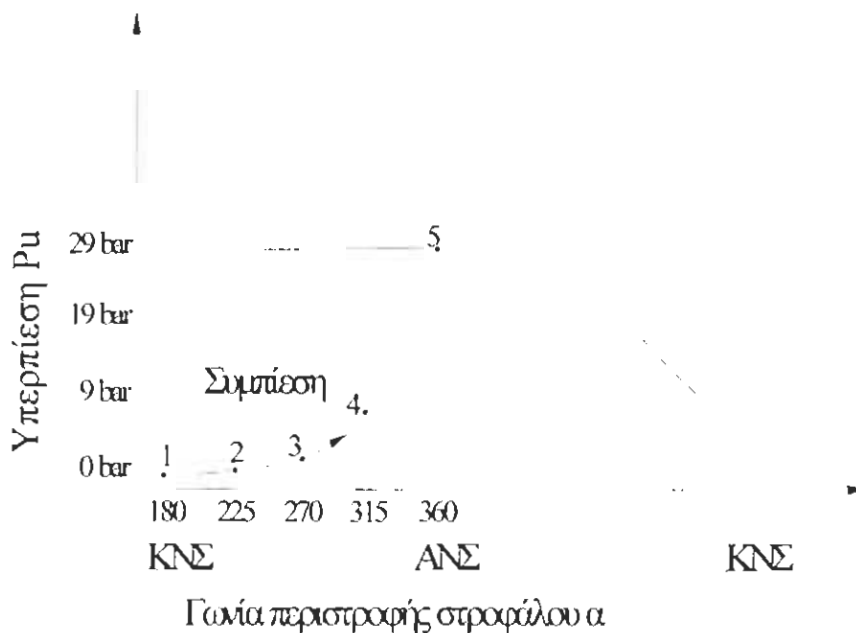
Τα ίδια συμπεράσματα εξάγονται και για την περίπτωση που ο ένας τροχός εργάζεται με μικρό συντελεστή πρόσφυσης.

III) Θα περιστρέφεται με τις ίδιες στροφές αλλά σε αντίθετη φορά, διότι μεταξύ των δυο πλανητών (που έχουν ίδιο αριθμό δοντιών), μεσολαβεί ένας τρίτος οδοντωτός τροχός (δορυφόρος), που αλλάζει την φορά περιστροφής.

6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΥ ΕΚΘΕΤΗ

Στον υπολογισμό ενός ενδεικτικού διαγράμματος μιας νέο-κατασκευασμένης μηχανής εσωτερικής καύσης, πρέπει να είναι γνωστός ο πολυτροπικός εκθέτης στις τρέχουσες αλλαγές καταστάσεως στον κύλινδρο. Επειδή ο πολυτροπικός εκθέτης δεν επιτρέπεται να λαμβάνεται από τα κατασκευαστικά δεδομένα μιας μηχανής, πρέπει να γίνεται αποδεκτός από εμπειρία. Για την απόκτηση τέτοιου είδους εμπειρίας θα έπρεπε στο δοκιμαστήριο μηχανών εσωτερικής καύσης να λαμβάνεται το διάγραμμα της επικρατούσης πίεσης στον κύλινδρο και απ' αυτό να καθορίζεται ο πολυτροπικός εκθέτης.

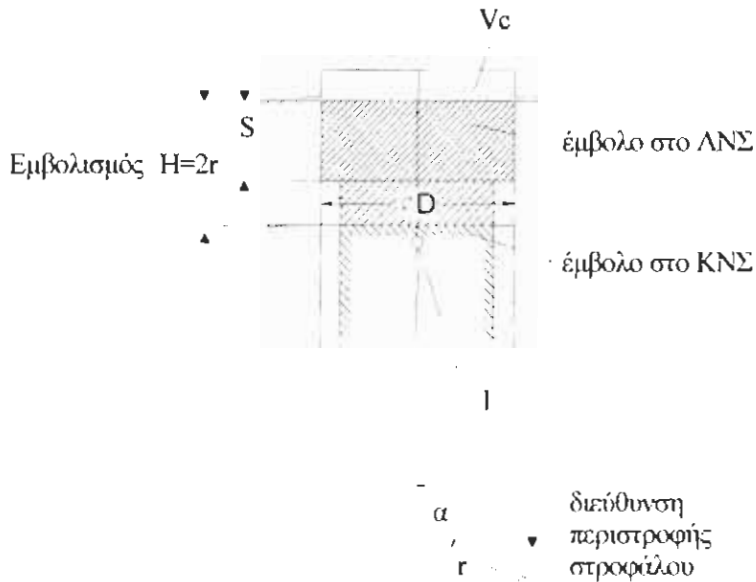
Ακολουθούμε την εξής πορεία. Λαμβάνουμε την πίεση στον κύλινδρο σε συνάρτηση με την γωνία περιστροφής του στροφάλου α σχ.(6.4.1):



Σχ.(6.3.1) Καμπύλη πίεσης στο κύλινδρο σε συνάρτηση με τη γωνία περιστροφής α του στροφάλου

Αυτό το διάγραμμα μεταφέρεται σε λογαριθμικό χαρτί με επί πλέον αλλαγή αξόνων ως προς τα μεγέθη. Η υπερπίεση γίνεται απόλυτη πίεση και η γωνία περιστροφής στροφάλου α αντικαθίσταται από τον αντίστοιχο όγκο εμβολισμού. Για τον

υπολογισμό του εμβολισμού που αντιστοιχεί στην εκάστοτε γωνία περιστροφής στροφάλου α χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:



Σχ. (6.3.2) Κίνηση του εμβόλου στον κύλινδρο

$$s = r \left(1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \alpha \right)$$

s = διαδρομή εμβόλου, r = ακτίνα στροφάλου, α = γωνία περιστροφής στροφάλου

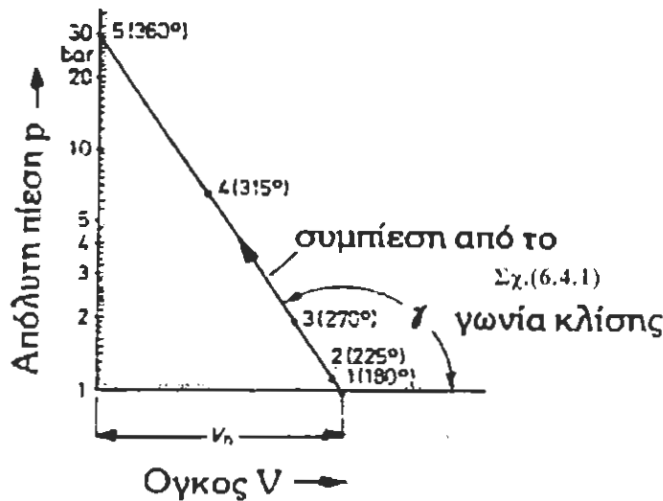
$\lambda = \frac{r}{l}$ = λόγος πλαγιότητας, l = μήκος διωστήρα.

Για την παραγωγή της παραπάνω σχέσης χρησιμοποιείται το σχ.(6.3.2)

$$V = V_c + \frac{\pi D^2}{4} s$$

$V=0$ εκάστοτε ολικός όγκος κυλίνδρου, $V_c=$ όγκος θαλάμου καύσης, $D=$ διάμετρος κυλίνδρου

Με την μεταφορά από το σχ.(6.3.1)στο διπλό λογαριθμικό χαρτί σχηματίζεται η παριστάμενη ευθεία στο σχ.(6.3.3)



Σχ. (6.3.3) Καμπύλη συμπίεσης από το σχ.(6.3.1)που παριστάνεται πάνω σε διπλό λογαριθμικό χαρτί.

Ο ζητούμενος πολυτροπικός εκθέτης είναι το μέγεθος που εκφράζει η κλίση της ευθείας. Για την απόδειξη των παραπάνω έχουμε:

Για την πολυτροπική αλλαγή κατάστασης ισχύει:

$$P_1 V_1^n = P V^n$$

Με λογαρίθμηση της σχέσης αυτής παίρνουμε:

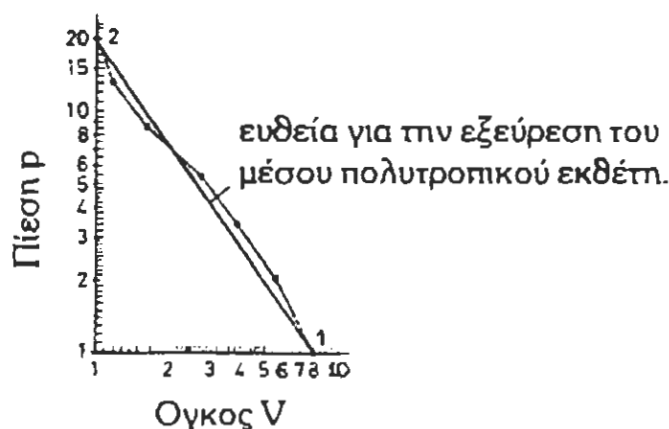
$$\lg(P_1 V_1^n) = \lg(P V^n)$$

$$\lg P_1 + n \lg V_1 = \lg P + n \lg V$$

Και:

$$\lg P - \lg P_1 = -n(\lg V - \lg V_1)$$

Αυτή είναι η εξίσωση μιας ευθείας που πάνω στο διπλό λογαριθμικό χαρτί είναι ευθεία γραμμή, με n την τιμή της κλίσης της.



Σχ. (6.3.4) Υπολογισμός του μέσου πολυτροπικού εκθέτη

Εάν με γ ορισθεί η κλίση της ευθείας:

$$N = -\tan \gamma$$

Επίσης ο πολυτροπικός εκθέτης n μπορεί να ορισθεί με δύο σημεία της ευθείας:

$$n = - \frac{\lg p_2 - \lg p_1}{\lg V_2 - \lg V_1}$$

Με την μεταφορά της καμπύλης πίεσης πάνω στο διπλό λογαριθμικό, επί το πλείστον δεν σχηματίζεται ευθεία, αλλά μια αποκλίνουσα ευθεία με πολλά αποκλίνοντα σημεία σχ.(6.3.4). Αυτό γιατί η καμπύλη πίεσης δεν έχει σταθερό πολυτροπικό εκθέτη. Η ευθεία που ενώνει τα σημεία 1 και 2 ορίζει τον μέσο πολυτροπικό εκθέτη.

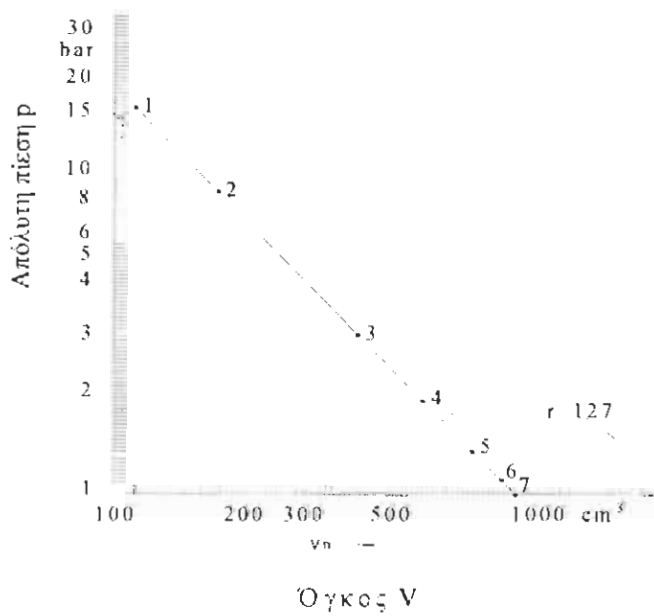
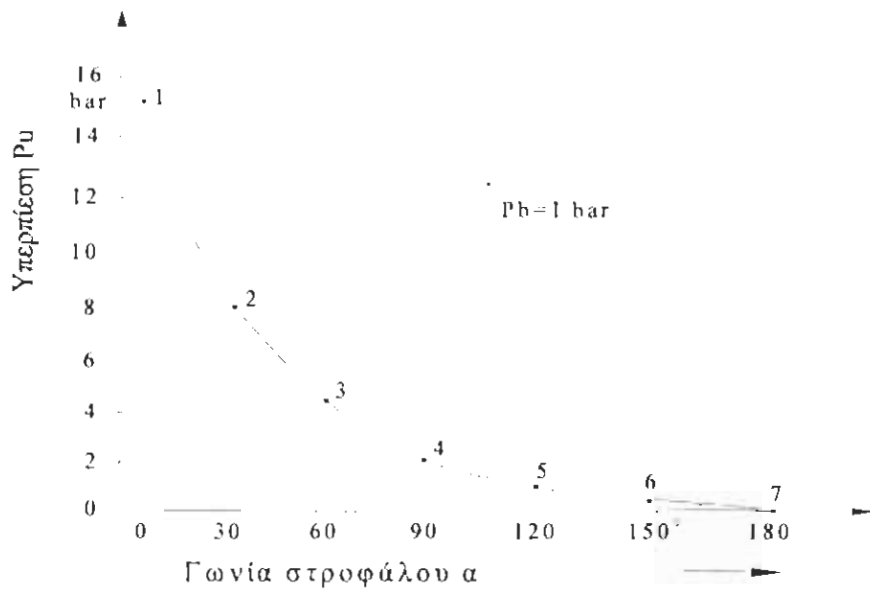
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Να ορισθεί ο πολυτροπικός εκθέτης της καμπύλης πίεσης (χρόνος έκρηξης) που δίδεται στο σχ.(6.3.5):

Δίδονται: $H=100\text{mm}$, $D=100\text{mm}$, $l=200\text{mm}$, $\varepsilon=8$, $P_b=1\text{bar}$

ΛΥΣΗ

Η καμπύλη πίεσης που δίδεται με την βοήθεια των 7 σημείων μεταφέρεται στο διπλό λογαριθμικό χαρτί. Επί πλέον θέτουμε την πίεση με την απόλυτη τιμή της και τους αντίστοιχους εμβολισμούς από την σχέση:



Σχ.(6.3.5) Υπολογισμός του πολυτροπικού εκθέτη του παραδείγματος.

Ο όγκος του χώρου καύσης βγαίνει από τον όγκο εμβολισμού και την σχέση συμπίεσης:

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

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = \frac{\frac{\pi 10^2}{4} 10}{8 - 1} \text{ cm}^3 = \frac{785,4 \text{ cm}^3}{7} = 112,2 \text{ cm}^3$$

$$r = \frac{H}{2} = \frac{100 \text{ mm}}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{r}{l} = \frac{50}{200} = 0,25$$

$$\frac{\lambda}{2} = 0,125$$

$$\frac{\pi D^2}{4} r = \frac{\pi 10^2 \text{ cm}^2}{4} 5 \text{ cm} = 392,7 \text{ cm}^3$$

α σε Grad	$\cos \alpha$	$\sin^2 \alpha$	$(\lambda/2) \sin^2 \alpha$	$1 - \cos \alpha + (\lambda/2) \sin^2 \alpha$	V σε cm^3
0	1,000	0,000	0,000	0,000	112,2
30	0,866	0,250	0,031	0,165	177,0
60	0,500	0,750	0,094	0,594	315,5
90	0,000	1,000	0,125	1,125	554,0
120	-0,500	0,750	0,094	1,594	738,2
150	-0,8660	0,250	0,031	1,897	857,2
180	-1,000	0,000	0,000	2,00	897,6

Από το σχ.(6.3.5) και από την καμπύλη πίεσης (ευθεία) στο διπλό λογαριθμικό χαρτί λαμβάνεται η κλίση:

$$\gamma = 127^\circ$$

Οπότε:

$$\tan \gamma = 1,33$$

Ο πολυτροπικός εκθέτης της καμπύλης πίεσης ανέρχεται:

$$n=1,33$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

$$p=p_b+p_u$$

$$p=p_b+p_u$$

p =απόλυτη πίεση, p_b =βαρομετρική πίεση αέρα, p_u =υπερπίεση, p_u =υποπίεση

Παράδειγμα

Σ' ένα μανόμετρο αναγνώσκεται υπερπίεση 15 bar. Το βαρόμετρο δείχνει 720 Torr. Πόσο ανέρχεται η απόλυτη πίεση σε bar και Torr.

$$p = p_b + p_u = 720Torr + 15bar, \quad 1bar = 750Torr$$

$$p = \frac{720Torr}{750Torr / bar} + 15bar = 15,96bar$$

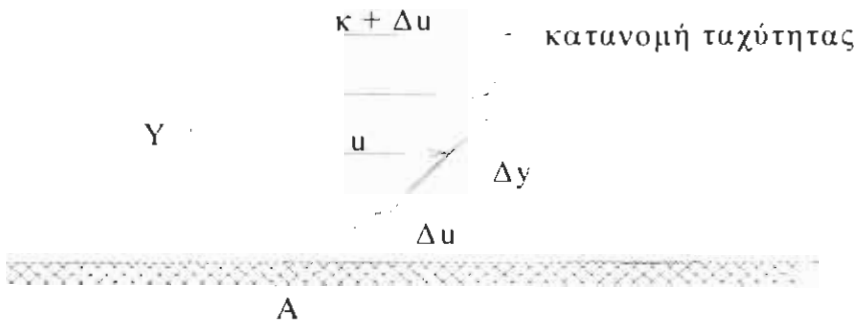
$$p = 15,9 \quad 750 \frac{Torr}{bar} = 11,970Torr$$

6.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΞΩΔΟΥΣ «ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ»

Το ιξώδες αποτελεί την κυριότερη ιδιότητα, η οποία χαρακτηρίζει την μηχανική συμπεριφορά όλων των πραγματικών ρευστών. Από φυσικής απόψεως εξεταζόμενο το ιξώδες χαρακτηρίζει την εσωτερική τριβή του ρευστού, δηλαδή την αντίστασή του στις παραμορφώσεις και την σχετική μετατόπιση των διαδοχικών ρευστών στρωμάτων. Το ιξώδες των ρευστών μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω μείωσης της μοριακής τους συνοχής, εν αντιθέσει με τα αέρια στα οποία το ιξώδες αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, λόγω εντονότερης μοριακής δραστηριότητας για μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η διατμητική τάση στα ρευστά δίδεται από την σχέση:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

τ = διατμητική τάση, δηλαδή η δύναμη τριβής ανά μονάδα επιφάνειας, du/dy =η τιμή της μεταβολής της ταχύτητας u στην κάθετη κατεύθυνση της ροής y και μ είναι ο συντελεστής του απόλυτου ιξώδους ή «απόλυτο ιξώδες» σχ.(6.5.1)



σχ.(6.5.1)

Οι διαστάσεις του απόλυτου ιξώδους είναι:

$$[\mu] = \frac{[\tau]}{[du/dy]} = \frac{F \times T}{L^2} = \frac{M}{L \times T}$$

οπου οι διαστάσεις δύναμης είναι:

$$[F] = M \times L \times T^{-2}$$

Οι μονάδες μετρήσεως του απόλυτου ιξώδους εις το σύστημα C.G.S. είναι το Poise και το Centipoise=0.01 Poise.

$$1 \text{ Poise} = 100 \text{ Centipoise} = 1 \text{ dyn} \times \frac{\text{sec}}{\text{cm}^2}$$

Στην πράξη χρησιμοποιείται το «κινηματικό ιξώδες» το οποίο ισούται:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Όπου ρ = η πυκνότητα του υγρού. Οι διαστάσεις του κινηματικού ιξώδους είναι:

$$[\nu] = L^2 \times T^{-1}$$

Το κινηματικό ιξώδες μετράται στο σύστημα C.G.S. σε Stokes.

$$1 \text{ Stoke} = 1 \text{ cm}^2/\text{sec} = 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$$

Το κινηματικό ιξώδες ν μετράται με ιξωδόμετρα, όργανα με τα οποία προσδιορίζεται ο χρόνος σε sec, ο οποίος απαιτείται για την διαρροή ενός ορισμένου όγκου υγρού δια μέσου οπής.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ιξωδομέτρων όπως το ιξωδόμετρο «Saybolt Universal» («S»), «Redwood» («R») και «Engler» («E»). Η σχέση που τα συνδέει μεταξύ τους είναι:

$$\frac{^{\circ}E}{1} = \frac{R}{30} = \frac{S}{37,5}$$

Η εξίσωση η οποία μετατρέπει τα μετρηθέντα sec στα διάφορα ιξωδόμετρα σε μονάδες m²/sec είναι:

$$\nu = At - B/t \text{ (m}^2/\text{sec)}$$

Όπου A και B σταθερές με τιμές:

Για το Saybolt Universal: $A = 0.219 \times 10^{-6}$, $B = 180.23 \times 10^{-6}$

Για το Redwood: $A = 0.260 \times 10^{-6}$, $B = 171.86 \times 10^{-6}$

Για το Engler:

$$A=0.147 \times 10^{-6}, B=376,25 \times 10^{-6}$$

Το ιξώδες των υγρών μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (το καύσιμο ή λιπαντικό καθίσταται λεπτόρρευστο) και ως εκ τούτου μαζί με τον βαθμό του ιξώδους (κινηματικό) δίνεται και η θερμοκρασία στην οποία αυτό μετρήθηκε.

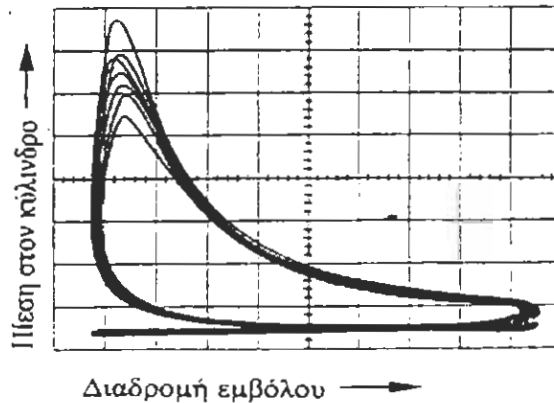
Για τα ελαφρά καύσιμα η συμβατική θερμοκρασία μπορεί να είναι αυτή των 20°C, ενώ για τα βαρύτερα, με συνηθισμένο ιξώδες 1,5-2 °E, η θερμοκρασία είναι αυτή των 50°C. Για καύσιμα με ιξώδες μεγαλύτερο των 5°E και θερμοκρασία 50°C απαιτείται προθέρμανση για να αντληθούν.

Το ιξώδες αυξάνει με αυξανόμενη την πίεση, η μεταβολή όμως αυτή είναι μικρή για τις χαμηλές πιέσεις κυκλοφορίας του καυσίμου και μόνο πάνω από 200-300 ατμόσφαιρες είναι υπολογίσιμη.

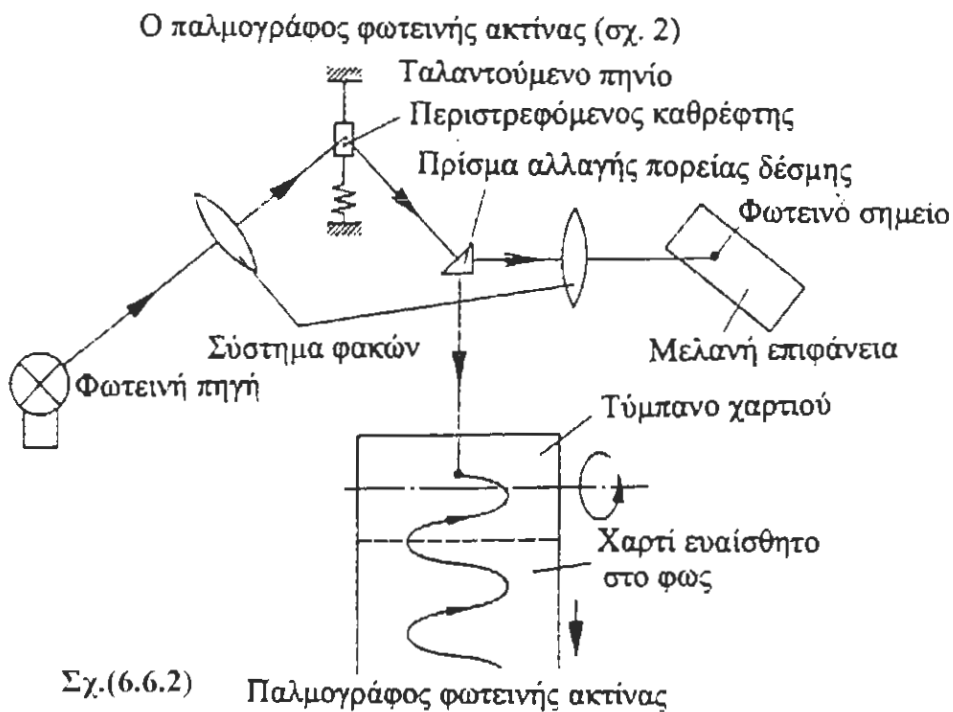
6.6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΗΣ

Οι μηχανικοί ενδείκτες επιτρέπουν τον σχεδιασμό των ενδεικτικών διαγραμμμάτων σχετικά αργών κινητήρων, δηλαδή την παρουσίαση ενός μέσου ενδεικτικού διαγράμματος που σχηματίζεται από πολλούς κύκλους λειτουργίας. Ο λόγος είναι η παρουσία των μηχανικών μερών του μηχανισμού. Εάν ο ενδείκτης ήταν πλήρως ηλεκτρικός θα μπορούσαμε να καταγράψουμε ενδεικτικά διαγράμματα μεμονωμένων κύκλων λειτουργίας και ταχύτερων κινητήρων. Με έναν τέτοιον ενδείκτη μπορούμε να καταγράψουμε την μεταβολή της πίεσης κατά την διάρκεια μιας κρουστικής καύσης. Ο ηλεκτρικός ενδείκτης αποτελείται από τον αισθητήρα πίεσης τον ενισχυτή και την συσκευή ένδειξης. Ο ενισχυτής ενισχύει το αδύναμο ηλεκτρικό σήμα που λαμβάνεται από τον αισθητήρα, μερικές φορές μάλιστα μετατρέποντας το σε άλλο ηλεκτρικό σήμα. Έτσι π.χ. ένα πιεζοηλεκτρικό σήμα φόρτισης όχι απλά ενισχύεται αλλά κάποιες φορές αν κριθεί αναγκαίο μετατρέπεται σε σήμα ρεύματος ή παλμογράφο. Χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί παλμογράφοι και παλμογράφοι φωτεινής ακτίνας. Στον ηλεκτρονικό παλμογράφο δημιουργείται σε ένα σωλήνα τύπου Braun μια ρυθμιζόμενη δέσμη ηλεκτρονίων. Αυτή εμφανίζεται πάνω στην οθόνη ως φωτεινό σημείο, αφού η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων μετατρέπεται σε ενέργεια φωτός και θερμότητας. Μεταξύ δύο ζευγών πλακών που υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο κατευθύνεται η δέσμη ηλεκτρονίων σε κάθετη ή οριζόντια κατεύθυνση. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η καταγραφή σημείων και γραμμών των σημάτων τάσης που δέχεται ο παλμογράφος. Συνήθίζεται να συνδέεται η κάθετη ακτίνα με τον αισθητήρα πίεσης. Η οριζόντια ακτίνα συνδέεται είτε ευθέως με μια συσκευή ενσωματωμένη στον παλμογράφο για την μέτρηση του ή στη συσκευή

μέτρησης της διαδρομής του εμβόλου. Έτσι λαμβάνονται τα γνωστά διαγράμματα πίεσης-χρόνου κ.τ.λ. και το διάγραμμα πίεσης με την διαδρομή του εμβόλου. Η ακτίνα ηλεκτρονίων καταγράφει για κάθε κύκλο λειτουργίας το αντίστοιχο διάγραμμα. Λαμβάνοντας φωτογραφία του διαγράμματος αποκτούμε μια πολύ χρήσιμη εικόνα για την αξιολόγηση κάποιων σημαντικών χαρακτηριστικών της υπό εξέταση μηχανής. Σε ένα παλμογράφο με μνήμη μπορεί κανείς να αποθηκεύσει το εμφανιζόμενο στη οθόνη ενδεικτικό διάγραμμα και έτσι αργότερα να το αξιολογήσει. Ο ηλεκτρονικός παλμογράφος δεν χρησιμεύει μόνο για την καταγραφή του ενδεικτικού διαγράμματος ενός κύκλου λειτουργίας αλλά μπορεί να παρουσιάσει τα διαγράμματα περισσότερων κύκλων λειτουργίας σε επικάλυψη σχ.(6.6.1)

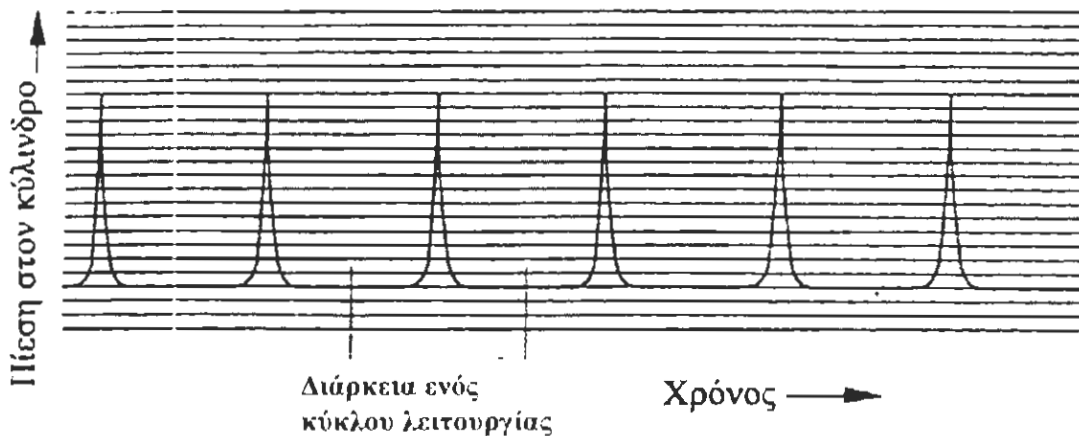
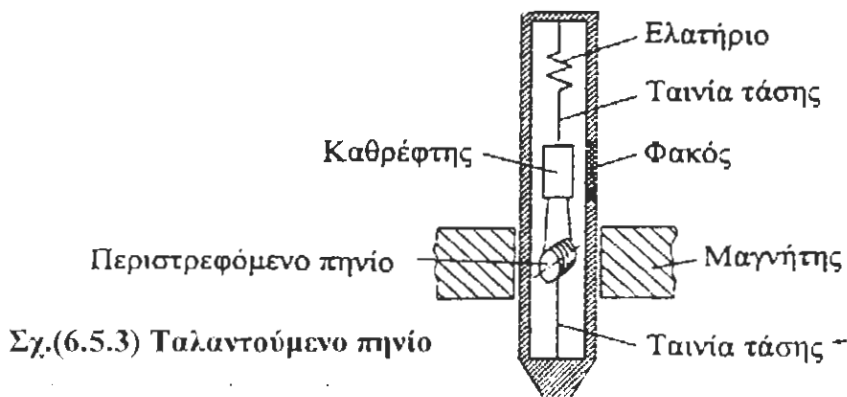


Σχ.(6.6.1) Ενδεικτικό διάγραμμα περισσοτέρων κύκλων λειτουργίας .



Καταγράφει το σήμα μέτρησης με την βοήθεια μιας ακτίνας φωτός πάνω σε ένα χαρτί, ευαίσθητο στο φως. Το σήμα που προέρχεται από τον ενισχυτή (σε αντίθεση με τον ηλεκτρονικό παλμογράφο δεν πρέπει να είναι σήμα τάσης αλλά σήμα ρεύματος), οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύλιγμα σχ.(6.6.3). Αυτός αποτελείται από ένα τύλιγμα πηνίου μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο μεταξύ δύο τετρωμένων μάντων. Στον επάνω μάντα έχει τοποθετηθεί ένας μικρός καθρέπτης. Λάμπα υδραργύρου ή φθορίου, μέσα από ένα σύστημα φακών, ρίχνει μια ακτίνα φωτός πάνω στον καθρέπτη, που τελικά την οδηγεί πάνω στο ευαίσθητο χαρτί.

Ένα σήμα ρεύματος μετατρέπεται τελικά σε γραμμή πάνω σε χαρτί. Εάν τώρα το πηνίο είναι συνδεδεμένο με ένα ενισχυτή με τον ηλεκτρικό αισθητήρα πίεσης, τότε λαμβάνεται το διάγραμμα πίεσης-χρόνου.

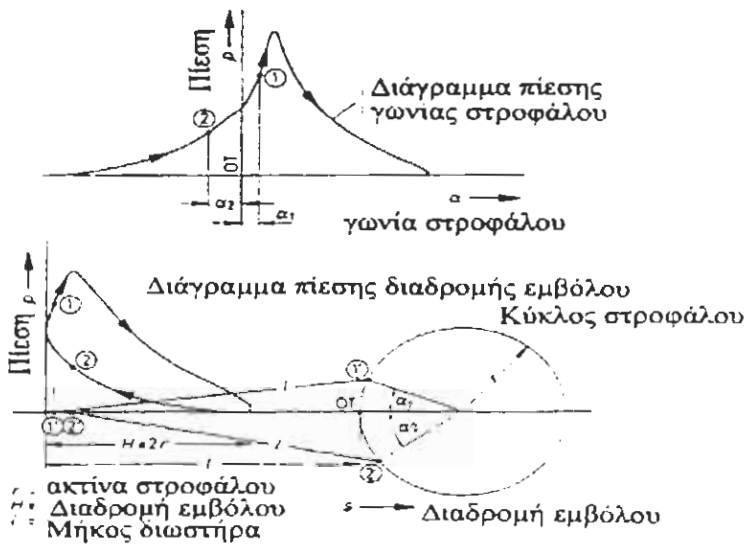


Σχ.(6.5.4) Διάγραμμα πίεσης-χρόνου παλμογράφου φωτεινής ακτίνας

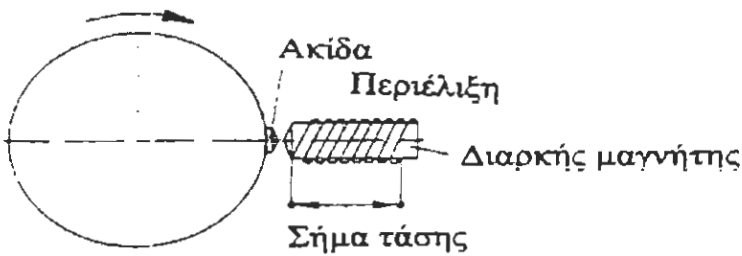
Ο παλμογράφος φωτεινής ακτίνας έχει το πλεονέκτημα ότι μας παρέχει πάνω σε χαρτί άμεσα το ενδεικτικό διάγραμμα. Όμως δεν είναι εφικτό να παρουσιαστεί άμεσα ένα διάγραμμα πίεσης-διαδρομής εμβόλου όπως γίνεται με τον ηλεκτρονικό παλμογράφο. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος οι γρήγορες διαδικασίες να προκαλέσουν ιδιοταλάντωση στο πηνίο. Γι' αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε η ιδιοσυχνότητα του πηνίου να είναι αρκετά μεγάλη για να λαμβάνονται απρόσκοπτα οι μετρήσεις. Ένα διάγραμμα πίεσης-διαδρομής εμβόλου μπορεί να γίνει μόνο με

ηλεκτρονικό παλμογράφο και με την χρήση ενός αισθητήρα της διαδρομής του εμβόλου. Γι αυτό συνήθως είναι στην διάθεση μας μόνο ένα διάγραμμα πίεσης-χρόνου.

Στο σχ.(6.5.5) περιγράφεται, πως ένα διάγραμμα πίεσης-γωνίας στροφάλου, μετατρέπεται σε διάγραμμα πίεσης-διαδρομής εμβόλου. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το διάγραμμα πίεσης-χρόνου, εάν βέβαια έχει προηγηθεί το διάγραμμα πίεσης-γωνίας στροφάλου. Για να γίνει αυτό απαιτείται το Άνω Νεκρό Σημείο (Α.Ν.Σ.) και ένα δεύτερο γνωστό σημείο γωνίας πάνω στο διάγραμμα πίεσης-χρόνου. Το σήμα οδηγείται από τον επαγωγικό δότη σχ.(6.5.6)

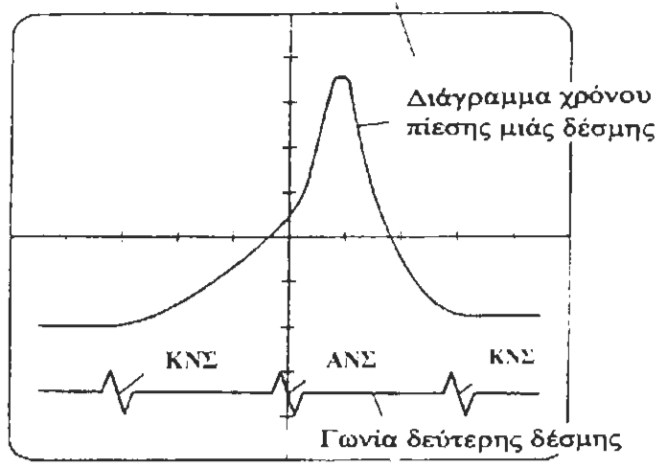


Σχ. (6.5.5) Μετατροπή του διαγράμματος πίεσης στροφάλου στο διάγραμμα πίεσης διαδρομή εμβόλου



Σχ.(6.5.6)Επαγωγικός δότης

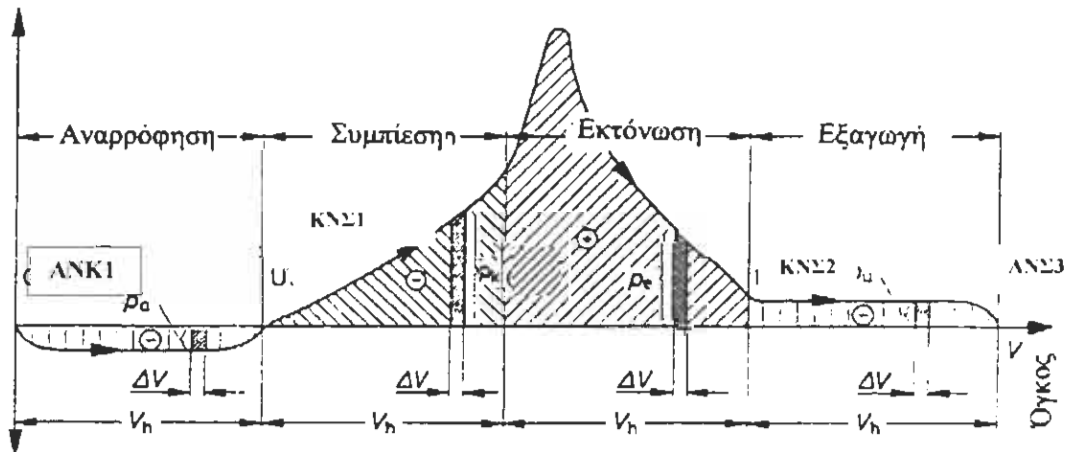
Για να σχεδιάσουμε το περίγραμμα σχ. (6.5.7) ο ηλεκτρονικός παλμογράφος χρειάζεται μια δεύτερη φωτεινή ακτίνα και ο παλμογράφος φωτεινής ακτίνας ένα δεύτερο ταλαντούμενο πηνίο.



Σχ.(6.5.7) Διάγραμμα πίεσης χρόνου με καθορισμό των νεκρών σημείων.

Εξεύρεση της μέσης πίεσης του εμβόλου Ρi με το ενδεικτικό διάγραμμα είναι πολύπλοκη διαδικασία. Ιδιαίτερα χρονοβόρα μέθοδος είναι, εάν πρέπει να προσδιορίσουμε την μέση πίεση του εμβόλου όχι από ένα ενδεικτικό διάγραμμα, αλλά από πολλά. Για την διευκόλυνση της εργασίας μιας και την βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων μας, δημιουργήθηκε η μεθοδολογία του Ri-μέτρου. Αυτές οι συσκευές δουλεύουν ηλεκτρονικά. Χωρίς να αναφερθούν οι λεπτομερείς δομές μιας τέτοιας συσκευής, θα μελετήσουμε τις βασικές αρχές αυτής της συσκευής. Στο σχ.(6.5.8) παρουσιάζεται ένα P-V διάγραμμα.

ο Υπερπίεση



ο Υποπίεση

Σχ.(6.5.8) p-V διάγραμμα ενός τετράγωνου κινητήρα

Η καμπύλη έχει σχήμα όπως φαίνεται στο διάγραμμα πίεσης-γωνία στροφάλου. Ένα τέτοιο διάγραμμα υπολογίζεται με την μέθοδο του Ri-μέτρου. Το έργο των αερίων δίδεται αυτού διαγράμματος από τη σχέση:

$$W = - \int_{ΑΝΣ}^{ΚΝΣ} p dV - \int_{ΚΝΣ1}^{ΑΝΣ2} p dV + \int_{ΑΝΣ2}^{ΚΝΣ2} p dV - \int_{ΚΝΣ2}^{ΑΝΣ3} p dV$$

Για την αξιολόγηση με την μέθοδο Ρi-μέτρου έχουμε:

$$W = -\sum_1^n (p_a)_k \Delta V - \sum_1^n (p_k)_k \Delta V + \sum_1^n (p_c)_k \Delta V - \sum_1^n (p_u)_k \Delta V$$

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

6

Η σχέση αυτή δίδει τιμές προσεγγιστικά ίδιες με την προηγούμενη, και μάλιστα όσο μικρότερα ΔV επιλέγουμε. Από τη σχέση

$$W = p_i \cdot V_h$$

$$p_i = W / V_h$$

Για τον όγκο εμβολισμού έχουμε :

$$V_h = n \cdot \Delta V$$

Έτσι βρίσκουμε την τελική σχέση για τον προσδιορισμό της μέσης πίεσης του εμβόλου από το ενδεικτικό διάγραμμα.

$$p_i = \frac{1}{n \cdot \Delta V} \left[-\sum_1^n (p_a)_k \Delta V - \sum_1^n (p_k)_k \Delta V + \sum_1^n (p_c)_k \Delta V - \sum_1^n (p_a)_k \Delta V - \sum_1^n (p_u)_k \Delta V \right]$$

$$p_i = \frac{1}{n} \left[-\sum_1^n (p_a)_k - \sum_1^n (p_k)_k + \sum_1^n (p_c)_k - \sum_1^n (p_a)_k - \sum_1^n (p_u)_k \right]$$

W=έργο αερίων

ANΣ = Άνω Νεκρό Σημείο

KNΣ = Κάτω Νεκρό Σημείο

V_h = Εμβολισμός ενός κυλίνδρου

ΔV = Μεταβολή όγκου

n = Αριθμός ογκομετρικών διαφορών ή αριθμός εμβολισμών

p_a = Πίεση κατά τη διάρκεια εισαγωγής

p_k = πίεση κατά τη διάρκεια συμπίεσης

p_c = πίεση κατά τη διάρκεια της εκτόνωσης

p_u = πίεση κατά τη διάρκεια εξαγωγή

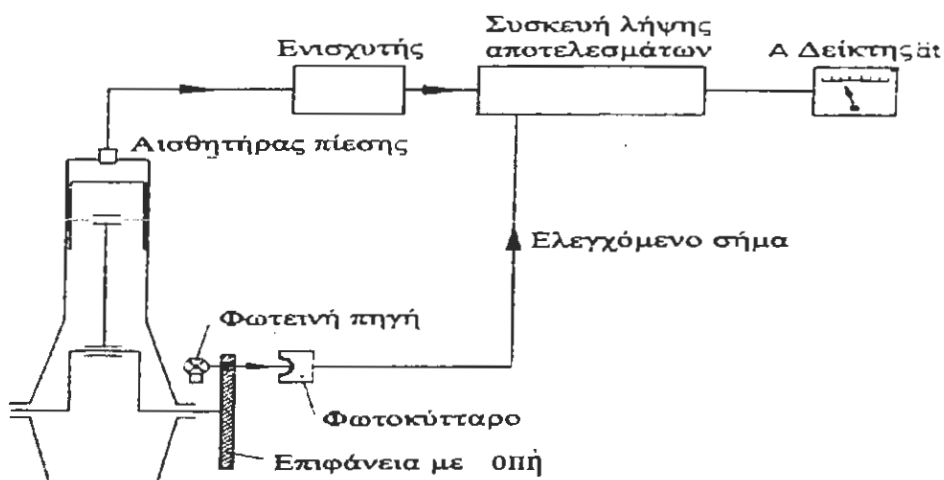
k = από 1 έως n

Η παραπάνω θεώρηση αναφέρεται σ' ένα P-V διάγραμμα ενός τετράχρονου κινητήρα.

Για έναν δίχρονο κινητήρα μπορεί να βρεθεί μια αντίστοιχη σχέση. Ο τύπος για την πίεση εμβόλου μας περιγράφει την μεθοδολογία λειτουργίας του Ρi-μέτρου.

Στη συνέχεια πρέπει να ληφθεί για κάθε στοιχειώδες βήμα όγκου η αντίστοιχη πίεση μέσα στον κύλινδρο. Αυτές οι πιέσεις αθροίζονται και το άθροισμα της πίεσης διαιρείται με τον αριθμό των στοιχειωδών όγκων. Στην κεφαλή του κυλίνδρου έχει ενσωματωθεί ένας δότης πίεσης ο οποίος λαμβάνει συνεχώς την τιμή των πιέσεων $(p_a)_k$. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ενός δευτέρου δότη πίεσης που σε κάθε στοιχειώδη όγκο δίδει ένα σήμα για την καταχώρηση της τιμής πίεσης. Τα σήματα μπορεί να παράγονται π.χ. μέσα από οπή, που βρίσκεται στον στροφαλοφόρο άξονα. Η απόσταση της οπής επιλέγεται έτσι, ώστε οι στοιχειώδεις όγκοι κατά την μέτρηση να είναι όλοι ίδιοι. Στην μια πλευρά της οπής βρίσκεται ένα φωτεινό σήμα και στην άλλη ένα φωτοκύτταρο. Αυτός ο δότης πίεσης παράγει με τη βοήθεια ενός ενισχυτή, πίεση ανάλογη της τάσης. Ο αριθμός των σημάτων που προκύπτει είναι ανάλογος της αναγραφόμενης μέσης πίεσης του εμβόλου.

Με μια τέτοια συσκευή μπορούμε να μετρήσουμε την μέση πίεση του εμβόλου ενός ή περισσοτέρων κύκλων λειτουργίας (ενδεικτικών διαγραμμάτων). Στο σχ.(6.6.9) δίδεται η μεθοδολογία ενός τέτοιου Ρi-Μέτρου



Σχ.(6.5.9) Ρi-Μέτρο

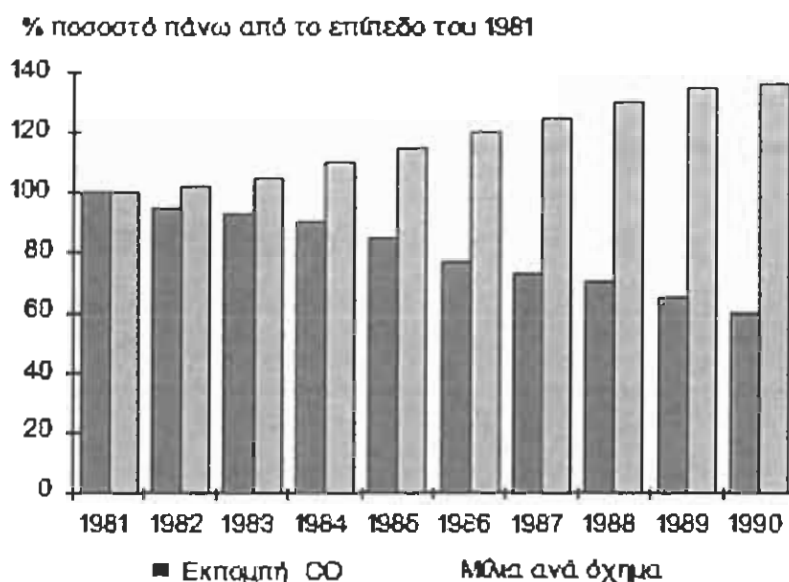
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Εισαγωγή

Το αυτοκίνητο σήμερα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η πιο “δημοφιλής” τεχνολογική εξέλιξη του ανθρώπου, με την έννοια ότι εκτός του ότι υπάρχει μία θεαματική αύξηση παραγωγής αυτοκινήτων σε όλο τον κόσμο, σε αυτό εφαρμόζονται οι περισσότερες σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις της επιστήμης. Η θεαματική αύξηση αυτοκινήτων σε όλο τον κόσμο έχει σαν αποτέλεσμα και την δημιουργία ορισμένων προβλημάτων όπως οι ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα παραγόμενα καυσαέρια των αυτοκινήτων.

Όπως φαίνεται και από το (διάγραμμα 1.1) η θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών για την μείωση των καυσαερίων έφερε αποτέλεσμα.

Έτσι παρατηρείται μείωση των ρύπων με την εφαρμογή νέων τεχνολογικών εξελίξεων (π.χ. καταλύτες) παρά την αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1

Μείωση των εκπομπών CO₂ σε σύγκριση με τον αριθμό χλμ.

Επίσης και ο αριθμός χιλιομέτρων που διανύονται από τα αυτοκίνητα έχει αυξηθεί περισσότερο από 30% μέσα στα τελευταία χρόνια (1981 - 1990)

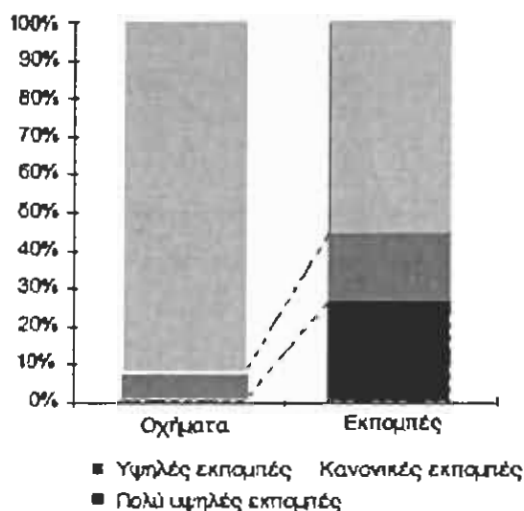
Η συνολική εκπομπή ρύπων έχει μειωθεί κατά 40 %. Αυτό βασικά οφείλεται στον καταλυτικό μετατροπέα (καταλύτη). Ξεκίνησε και εφαρμόστηκε νομοθετικά στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. και κατόπιν ακολούθησαν και οι υπόλοιπες χώρες του κόσμου.

Έτσι στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες έχουν θεσπίσει αυστηρά όρια, όσον αφορά την ρύπανση του περιβάλλοντος από τα αυτοκίνητα. Αποτέλεσμα είναι να βρεθούν τεχνολογικές λύσεις που να μπορεί πλέον το αυτοκίνητο σήμερα να θεωρείται ότι εκπέμπει πολύ λίγους ρύπους έως και μηδενικούς

Όλα αυτά οφείλονται στις τεράστιες επενδύσεις που έκαναν οι αυτοκινητοβιομηχανίες για την

μείωση των ρύπων ** που εκπέμπει ** γενικά το αυτοκίνητο, πιεζόμενες από την νομοθεσία και από την ευαισθητοποίηση των ανθρώπων για καθαρότερο περιβάλλον.

Ας δούμε λοιπόν ποιες είναι οι πηγές εκπομπής ρύπων από το αυτοκίνητο



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2

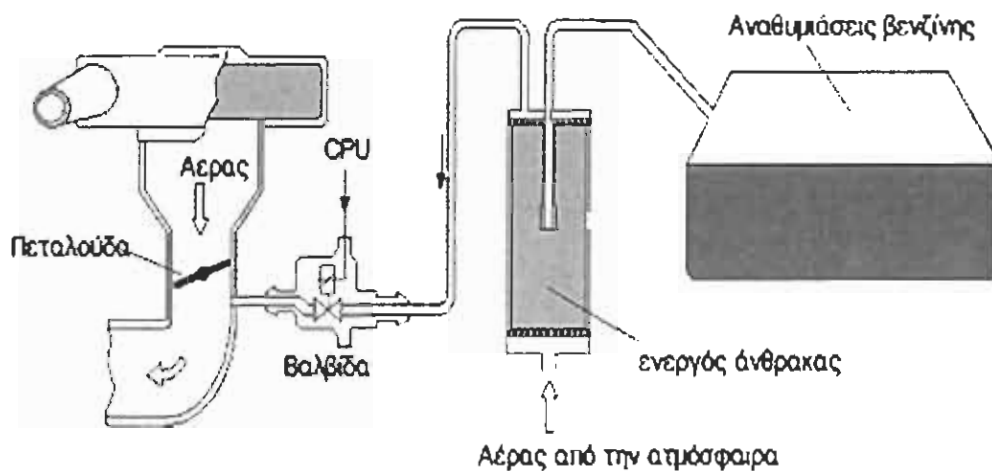
Ποσοστό ρύπων που εκπέμπονται ως λειτουργία των επιπέδων εκπομπών των αυτοκινήτων

7.1 Πηγές εκπομπής

Στο αυτοκίνητο είναι δυνατό να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές πηγές ρύπανσης : πρώτον τις αναθυμιάσεις από τα καύσιμα, δεύτερον αναθυμιάσεις που δημιουργούνται μέσα στο στροφαλοθάλαμο (κάρτερ) και τρίτον τα καυσαέρια εξάτμισης

7.1.1. Αναθυμιάσεις βενζίνης από τη δεξαμενή καυσίμου και εξαέρωση βενζίνης από το σύστημα τροφοδοσίας (καρμπυρατέρ).

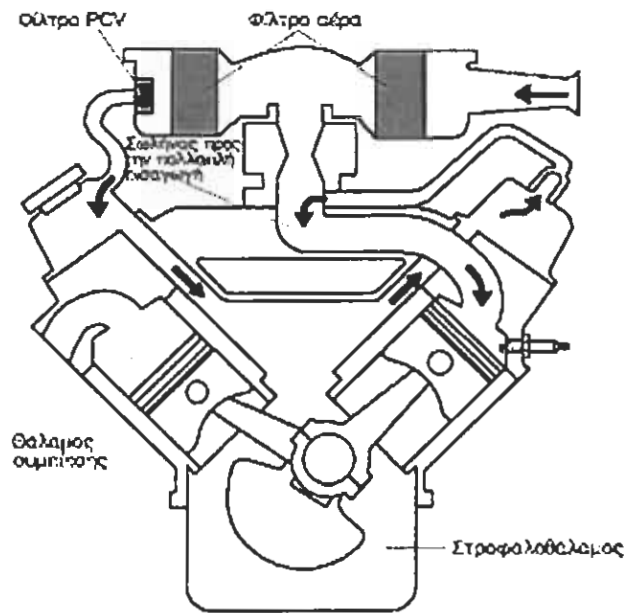
Υπολογίζεται ότι περίπου το 20% των άκαυστων υδρογονανθράκων που ένα αυτοκίνητο εκπέμπει στην ατμόσφαιρα στην πραγματικότητα προέρχεται από την εξαέρωση της βενζίνης μέσα στη δεξαμενή καυσίμου και το καρμπυρατέρ. Για να εμποδίσουμε αυτές τις εκπομπές όταν το όχημα βρίσκεται σε στάση, η δεξαμενή καυσίμου και το καρμπυρατέρ συνδέονται με ένα κλειστό δοχείο το οποίο περιέχει ενεργό άνθρακα που απορροφά και συγκρατεί τις αναθυμιάσεις της βενζίνης. Όταν το όχημα ξεκινήσει, αυτή η βενζίνη επαναχρησιμοποιείται με τον αέρα που διοχετεύεται μέσα από τον ενεργό άνθρακα.



Σχ.1 Σύστημα ελέγχου αναθυμιάσεων βενζίνης με δοχείο ενεργού άνθρακα (ECS)

7.1.2. Αναθυμιάσεις μέσα από τον στροφαλοθάλαμο (κάρτερ)

Οι αναθυμιάσεις του στροφαλοθάλαμου ευθύνονται για το 25% περίπου των άκαυστων υδρογονανθράκων που εκπέμπονται από το αυτοκίνητο. Αυτά τα αέρια αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες, αν και, ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας της μηχανής, μπορεί επίσης να περιέχουν κάποια από τα υποπροϊόντα της καύσης. Αυτή η πηγή ρύπανσης είναι εύκολο να ελεγχθεί καθώς μπορούμε να επανακυκλοφορήσουμε τις αναθυμιάσεις του στροφαλοθαλάμου πίσω στη μηχανή. Αυτή η λύση έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη για πολλά χρόνια.



Σχ.2 Επανακυκλοφορία αναθυμιάσεων στροφαλοθαλάμου

7.1.3. Καυσαέρια εξάτμισης

Τα καυσαέρια εξάτμισης είναι 100% υπεύθυνα για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Επιπλέον, περιέχουν περίπου το 50% των άκαυστων υδρογονανθράκων που παράγονται από την μηχανή. Σ' αυτή την τελευταία πηγή ρύπανσης έχει επικεντρωθεί σχεδόν όλη η υπάρχουσα νομοθεσία σχετικά με την προκαλούμενη από οχήματα ρύπανση, αφού αυτή είναι η κύρια πηγή ρύπανσης.

Διαχρονικά, οι λύσεις στο πρόβλημα των καυσαερίων των εξατμίσεων των οχημάτων υπήρξαν ποικίλες αλλά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες .

Πρώτον λύσεις που σχετίζονται με το ίδιο το καύσιμο, δεύτερο λύσεις που αφορούν το σχεδιασμό της μηχανής και τρίτον λύσεις που επιδρούν πάνω στα καυσαέρια της εξάτμισης, καθώς αυτά βγαίνουν από το θάλαμο καύσης και πριν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. Θα εξετάσουμε αυτές τις λύσεις στη συνέχεια σε ειδικό κεφάλαιο.

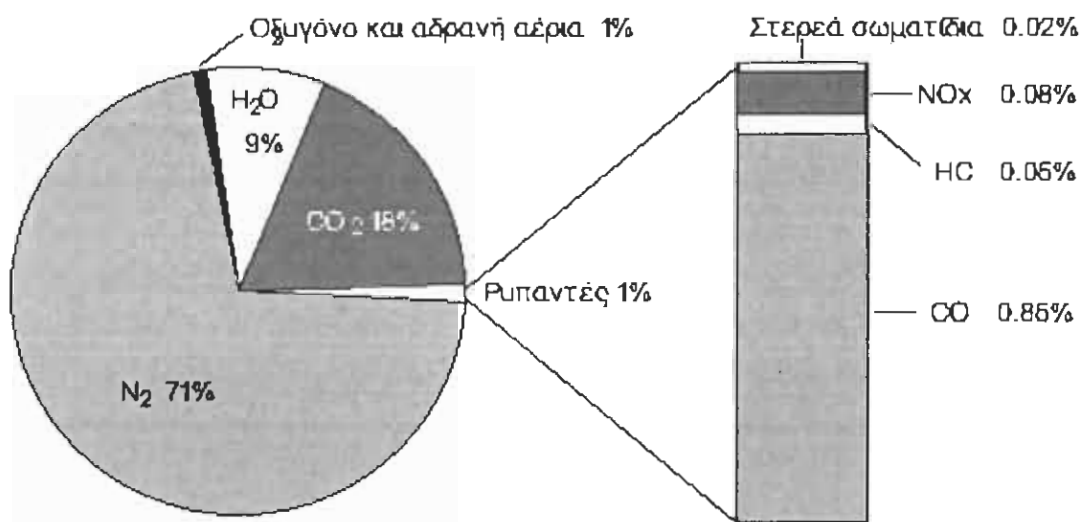
Σύσταση καυσαερίων

Η μηχανή εσωτερικής καύσεως δεν είναι ικανή να καίει εντελώς όλο το καύσιμο στους κυλίνδρους της, εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί. Όσο πιο ατελής είναι η

διαδικασία καύσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα επιβλαβών ουσιών που απελευθερώνονται με τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα.

Οπουδήποτε κι αν κοιτάξουμε στον κόσμο, σε διαφορετικές χώρες με διαφορετικές νομοθεσίες, αιώτερος σκοπός είναι η μείωση της ρύπανσης. Όλες οι προσπάθειες να μειωθεί η εκπομπή ρύπων στοχεύουν να διασφαλίσουν την ελαχιστοποίηση των ρύπων, αλλά ταυτόχρονα προσπαθούν να επιτύχουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων σε οποιαδήποτε κατάσταση λειτουργίας του οχήματος και τέλος προσπαθούν να εξασφαλίσουν μια ομαλή οδήγηση. Αυτοί οι στόχοι προφανώς έρχονται σε αντίθεση, και έτσι διαφορετικοί κατασκευαστές αυτοκινήτων επιλέγουν διαφορετικές λύσεις.

Όταν γίνεται τέλεια καύση ενός υδρογονάνθρακα, τα μόνα υποπροϊόντα είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O). Όμως συνέπεια της ατελούς καύσης, η μηχανή εσωτερικής καύσεως παράγει, εκτός από αβλαβείς ουσίες και άλλες ουσίες που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα, τουλάχιστον όταν συναντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Τα επιβλαβή υποπροϊόντα αντιπροσωπεύουν περίπου 1% των καυσαερίων που εκπέμπονται από τη μηχανή.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3

Σύνσταση καυσαερίων βενζινομηχανής

7.1.4 Νομοθεσία

Στις 20 Μαρτίου 1970 η Οδηγία 70/220/EEC δημοσιεύτηκε στην επίσημη εφημερίδα της ΕΟΚ υποδεικνύοντας ότι τα κράτη-μέλη θα έπρεπε να λάβουν μέτρα για την καταπολέμηση της ρύπανσης που προκαλείται από τα καυσαέρια που παράγονται από τις μηχανές καύσεως όλων των οχημάτων. Από τότε, αυτή η οδηγία έχει υποστεί πολλές τροποποιήσεις, που όλες προσπαθούσαν να μειώσουν τα επίπεδα της ρύπανσης σταδιακά, έτσι ώστε η αυτοκινητοβιομηχανία να μπορέσει να προσαρμοστεί στη νέα νομοθεσία.

Μέχρι το 1988 τα αυτοκίνητα διακρίνονταν σε κατηγορίες σύμφωνα με το βάρος τους και θέτονταν συγκεκριμένα όρια για κάθε κατηγορία (πίνακας 1.1).

Από τότε, η διάκρισή τους σε κατηγορίες γινόταν σύμφωνα με τον αριθμό των κυλίνδρων που είχε κάθε αυτοκίνητο. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές κατηγορίες με διαφορετικά όρια (πίνακας 1.2). Η οδηγία 91/441/EEC δημοσιεύτηκε στη συνέχεια, επιβάλλοντας πολύ αυστηρά όρια, ανεξάρτητα από τον αριθμό των κυλίνδρων (πίνακας 1.3) και εισαγόντας νέα τεστ, που έπρεπε να διεξαχθούν σε μη αστικές οδικές συνθήκες (μέχρι τότε τα τεστ διεξάγονταν μόνο υπό αστικές οδικές συνθήκες). Αυτά τα όρια σήμαιναν ότι οι κατασκευαστές υποχρεώνονταν να τοποθετούν καταλυτικό μετατροπέα σε όλα τα μοντέλα τους.

Βάρος (kg)		CO g/test	HC+NOx g/test
ελάχιστο	μέγιστο		
	1020	58	19.0
1020	1250	67	20.5
1250	1470	76	22.0
1470	1700	84	23.5
1700	1930	93	25.0
1930	2150	101	26.5
	2150	110	28.0

Πίνακας 1

Κυβισμός Min. Max.	Ημερομηνία εφαρμογής		Οδηγία	CO g/test	HC+NOx g/test	NOx g/test
	Νέα μοντέλα	Υποχρεωτική εφαρμογή				
2.0	1-10-88	1-10-89	88/76/CEE	25	6.5	3.5
1.4 2.0	1-10-91	1-10-93	88/76/CEE	30	8	
1.4	1-10-90 1-07-92	1-10-91 1-01-93	88/76/CEE 89/458/CEE	45 19	15 5	6

Πίνακας 2

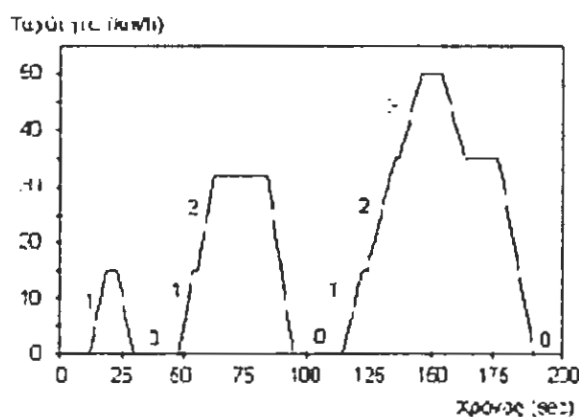
Ημερομηνία εφαρμογής	CO g/km	HC+NOx g/km
-------------------------	------------	----------------

Νέα Υποχρεωτική μοντέλα εφαρμογή			
1-7-92	1-1-93	2.72	0.97

Πίνακας 3

Για να μετρηθεί το επίπεδο των εκπομπών των ρυπαντών από ένα όχημα ώστε, να είναι μέσα στα όρια της ΕΟΚ, τα τεστ πρέπει να διεξαχθούν σε κανονικές συνθήκες οδήγησης (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5). Αυτό το τεστ αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος (κυκλοφορία μέσα στην πόλη) χρησιμοποιείται μια υποθετική καμπύλη οδήγησης, η οποία έχει υπολογισθεί με μια λογική συνάφεια προς τη συμπεριφορά ενός οδηγού σε κυκλοφοριακές συνθήκες μέσα στην πόλη. Το τεστ επαναλαμβάνεται τέσσερις φορές, ξεκινώντας με τη μηχανή από το νεκρό σημείο.

Στο δεύτερο μέρος (κυκλοφορία εκτός πόλεως) η μηχανή λειτουργεί σα να κινείται το αυτοκίνητο με ταχύτητα μέχρι περίπου 120 χλμ./ώρα σε κάποια μεγάλη κυκλοφοριακή αρτηρία. Ολόκληρο το τεστ διαρκεί 1180 δευτερόλεπτα και το αυτοκίνητο διανύει συνολικά 11 χλμ.



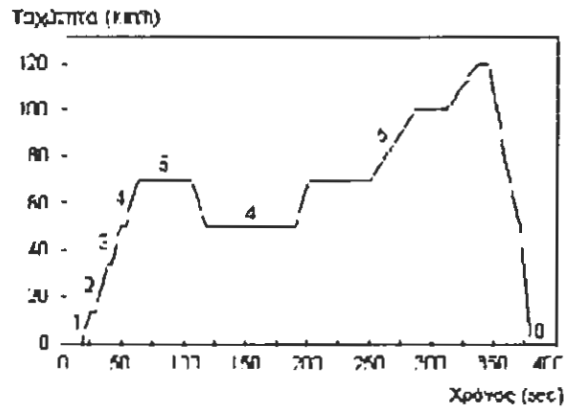
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4

Τεστ οδήγησης ΕΟΚ. Εντός πόλεως

1η ταχύτητα 2: 2η ταχύτητα 3: 3η ταχύτητα 4: 4η ταχύτητα 5: 5η ταχύτητα 0: Ρελαντί

Για να διεξαχθεί αυτό το τεστ χρησιμοποιείται μηχανισμός με κυλιόμενους κυλίνδρους που προσομοιάζει την κανονική οδήγηση. Ο οδηγός του οχήματος πρέπει να ακολουθήσει τις οδηγίες του τεστ, βοηθούμενος από ένα κομπιούτερ, το οποίο θα επισημάνει κάθε απόκλιση από τον θεωρητικό κύκλο της ΕΟΚ που η οδήγησή του δείχνει. Κατά την διάρκεια του τεστ τα καυσαέρια φεύγουν στην ατμόσφαιρα και δείγματα αυτών λαμβάνονται διαρκώς σε πλαστικές σακούλες για να αναλυθούν στη συνέχεια στο τέλος

του τεστ. Από αυτά τα δείγματα θα προκύψουν οι ποσότητες των ρυπαντών που απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα για κάθε χιλιόμετρο που διανύθηκε.



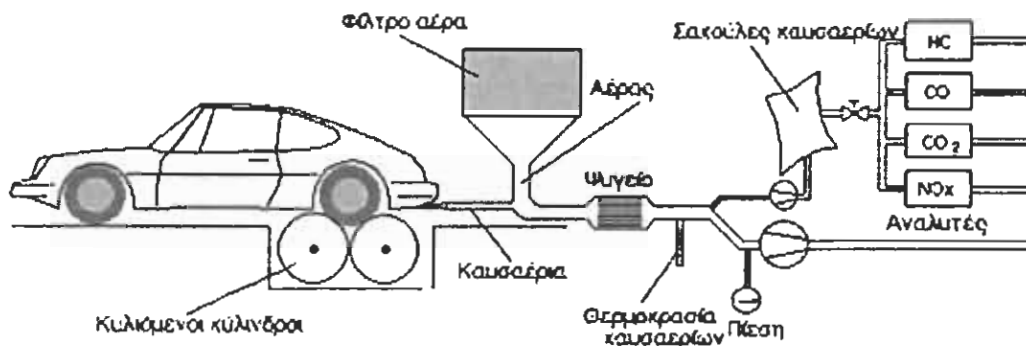
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5

Τεστ οδήγησης ΕΟΚ εκτός πόλεως

1: 1η ταχύτητα 2: 2η ταχύτητα 3: 3η ταχύτητα 4: 4η ταχύτητα 5: 5η ταχύτητα 0: Ρεζονάνς

Υπάρχουν και άλλα τεστ οδήγησης που διεξάγονται σε διαφορετικές χώρες, όπως το Ομοσπονδιακό τεστ (Federal Test Procedure) στις ΗΠΑ ή τα Ιαπωνικά τεστ.

Ο σκοπός όλων αυτών των τεστ όμως είναι ο ίδιος : να εξομοιώνουν την λειτουργία της μηχανής όσο το δυνατόν πιστότερα με τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης.



Σχ.3 Εγκατάσταση μέτρησης καυσαερίων

7.2 Σύσταση καυσαερίων

7.2.1. Μη τοξικά αέρια

7.2.2 Αζωτο (N_2)

Εκτός από το ότι είναι το κύριο συστατικό του αέρα που αναπνέουμε (79%), είναι επίσης χημικά αδρανές (δεν μπορεί να αντιδράσει με άλλα στοιχεία). Σε αυτήν την κατάσταση, βγαίνει από την εξάτμιση χωρίς να έχει υποστεί καμία απολύτως αλλαγή, εκτός από ένα μικρό ποσοστό το οποίο έχει μετατραπεί σε οξείδιο του αζώτου (NO_x), εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατεί μέσα στο θάλαμο καύσεως.

7.2.3 Οξυγόνο (O_2)

Το αέριο αυτό είναι απολύτως απαραίτητο για να γίνει η καύση. Είναι το δεύτερο κύριο συστατικό του αέρα, σε ποσοστό περίπου 21%. Σε μια ιδανική αναλογία, δεν θα έμεινε καθόλου οξυγόνο από την καύση, η οποία στην περίπτωση αυτή θα ήταν τέλεια. Καθώς αυτό δεν είναι δυνατόν, υπάρχει ένα υπόλοιπο οξυγόνου στα καυσαέρια, περίπου 0.6%. Αν το μίγμα που χρησιμοποιείται είναι πολύ πλούσιο, τότε το επίπεδο του οξυγόνου μειώνεται, αλλά ποτέ δεν μηδενίζεται. Αντίθετα, εάν το μίγμα είναι φτωχό, η ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια αυξάνεται σημαντικά.

7.2.4 Υδρατμοί (H_2O)

Όπως έχουμε ήδη σημειώσει, το νερό είναι ένα προϊόν της καύσης. Σε αυτό οφείλεται ο λευκός καπνός που βλέπουμε να βγαίνει από την εξάτμιση, ιδίως τις κρύες μέρες. Οι ατμοί του νερού συμπυκνώνονται (ψύχονται) κατά μήκος της εξάτμισης καθώς η θερμοκρασία των καυσαερίων μειώνεται και σχηματίζουν τα χαρακτηριστικά σταγονίδια νερού που βλέπουμε στην έξοδο των εξατμίσεων των αυτοκινήτων.

5.2.5 Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)

Όπως και οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα υπάρχει πάντοτε όταν γίνεται καύση. Αν

και το αέριο αυτό δεν είναι τοξικό, είναι εμμέσως βλαβερό για την ατμόσφαιρα, όταν συναντάται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες της κανονικής. Όταν η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα είναι μεγαλύτερη από εκείνη που πρέπει, τα φυτά δεν μπορούν να την απορροφήσουν και να την μετατρέψουν σε οξυγόνο. Τότε η ισορροπία της φύσης διαταράσσεται, οδηγώντας στο περίφημο “φαινόμενο του θερμοκηπίου” δηλαδή στην άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη και σε διάφορες απρόβλεπτες κλιματολογικές μεταβολές.

Σύσταση καυσαερίων

7.2.6 Τοξικά αέρια

Ο κατάλογος των βλαβερών ουσιών που υπάρχουν στα καυσαέρια είναι εξαιρετικά μακρύς, όπως είναι και η ποικιλία υδρογονανθράκων και πρόσθετων ουσιών που υπάρχουν στη βενζίνη. Υπάρχει επίσης μια ποικιλία σύνθετων (περίπλοκων) χημικών αντιδράσεων οι οποίες πραγματοποιούνται ταυτόχρονα με την καύση των υδρογονανθράκων.

Υδρογονάνθρακες που δεν καίγονται

- C_nH_m (παραφίνες, ολεφίνες, αρωματικοί υδρογονάνθρακες).

Υδρογονάνθρακες που καίγονται μερικώς

- C_nH_mCHO (αλδεΐδες)
- C_nH_mCO (ακετόνες)
- C_nH_mCOOH (καρβοξύλιο)
- CO (μονοξείδιο του άνθρακα)

Προϊόντα της θερμικής διάσπασης του πετρελαίου και λοιπά παράγωγα

- C_2H_2 (ασετιλίνη)
- C_2H_4 (αιθυλένιο)
- H_2 (υδρογόνο)
- πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ.

Προϊόντα της καύσης

- από ατμοσφαιρικό άζωτο NO , NO_2 (οξείδια του αζώτου)
- από πρόσθετες ουσίες στα καύσιμα (οξείδια του μολύβδου κλπ.)
- από ακαθαρσίες στα καύσιμα (οξείδια του θείου)

Εκτός από αυτά, με την βοήθεια του ηλιακού φωτός παράγονται από τα καυσαέρια και τα ακόλουθα προϊόντα καύσης :

- οργανικά υπεροξείδια
- όζον κλπ.

- Υπεροξειδία, ακετυλικά παράγωγα, νιτρώδη

Παρά το μακρύ αυτό κατάλογο, όλοι αυτοί οι ρύποι δε βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στα καυσαέρια έτσι ώστε να δημιουργούν πρόβλημα ρύπανσης. Στην πραγματικότητα για μόνο τέσσερις από αυτούς υπάρχουν περιορισμοί στη νομοθεσία των ποσοστών που επιτρέπεται να εκπέμπονται από αυτοκίνητα. Αυτοί είναι: οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξειδία του αζώτου (Nx) και τα στερεά σωματίδια (μόνο για μηχανές ντίζελ).

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στο Όζον, το οποίο, όταν βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, προστατεύει τη ζωή στη γη, φιλτράροντας τις υπεριώδεις ακτινοβολίες του ήλιου, αλλά όταν βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους είναι βλαβερό, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τις αστικές περιοχές. Το όζον προκαλεί σοβαρούς ερεθισμούς και ευθύνεται για τα συμπτώματα του αναπνευστικού συστήματος και της όρασης που σχετίζονται με τη ρύπανση. Καταστρέφει το εσωτερικό των πνευμόνων, επιδεινώνει τα αναπνευστικά προβλήματα και γενικά κάνει τους ανθρώπους πιο δεκτικούς σε αναπνευστικές μολύνσεις και επιπλοκές. Ιδιαίτερα τα παιδιά είναι ευάλωτα στα καταστρεπτικά αποτελέσματα του όζοντος, καθώς και οι ενήλικες με πνευμονικά προβλήματα. Επίσης, η παρουσία του όζοντος σε υψηλά επίπεδα εμποδίζει την ανάπτυξη των φυτών και μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές στα τροπικά δάση.

Το όζον είναι μια μοριακή μορφή του οξυγόνου που αποτελείται από 3 άτομα οξυγόνου συνδεδεμένα μεταξύ τους. Δεν εκπέμπεται άμεσα από τα αυτοκίνητα, αλλά σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα μετά από περίπλοκες χημικές αντιδράσεις, σχετιζόμενες με την ύπαρξη υδρογονανθράκων, οξειδίων του αζώτου και ηλιακού φωτός. Η ταχύτητα με την οποία γίνονται αυτές οι αντιδράσεις εξαρτάται από τη θερμοκρασία αλλά και από την ποσότητα του ηλιακού φωτός. Κατά συνέπεια, τα υψηλότερα επίπεδα παρουσίας όζοντος σημειώνονται στα ζεστά, ηλιόλουστα, καλοκαιρινά πρωινά ή απογεύματα. Οι υδρογονάνθρακες και τα οξειδία του αζώτου παράγονται μέσα από μια ποικιλία διαδικασιών που κατά την καύση, συμπεριλαμβανομένων και διαφόρων βιομηχανικών διαδικασιών, αλλά στις μεγάλες πόλεις τουλάχιστον το μισό αυτού του είδους της ρύπανσης, προέρχεται από εξατμίσεις μηχανών.

7.2.7 Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

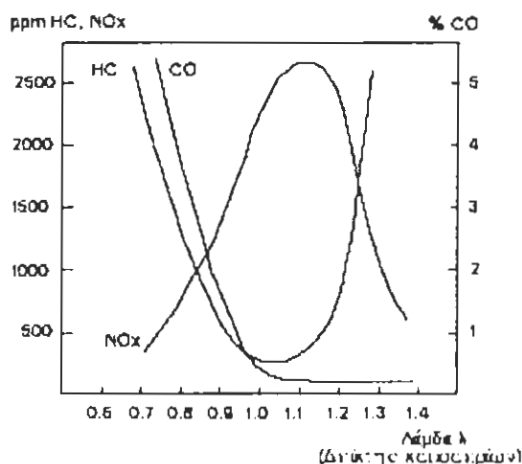
Σαν άκαυστους υδρογονάνθρακες, θα πρέπει επίσης να θεωρήσουμε και εκείνους τους υδρογονάνθρακες που καίγονται μερικώς, όπως τα παράγωγα από τη διαδικασία θερμικής διάσπασης. Κανονικά οι υδρογονάνθρακες έχουν τη δική τους ιδιαίτερη οσμή. Με την παρουσία οξειδίων του αζώτου και ηλιακού φωτός σχηματίζουν προϊόντα οξειδωσης τα οποία ενοχλούν τις βλεννώδεις μεμβράνες της μύτης. Κάποιοι από αυτούς τους υδρογονάνθρακες θεωρούνται καρκινογόνοι.

Οι υδρογονάνθρακες παράγονται κυρίως από το άκαυστο καύσιμο που κολλάει στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως.

Το μίγμα αέρα/καυσίμου ψύχεται μερικά, εξαιτίας του μικρού διάκενου μεταξύ της κεφαλής του κυλίνδρου και του εμβόλου με αποτέλεσμα το μίγμα να μην είναι αρκετά θερμό, ώστε η φλόγα να φτάσει σε όλο το μίγμα και έτσι η καύση πραγματοποιείται μόνο μέχρι κάποια απόσταση από τις επιφάνειες του κυλίνδρου και του εμβόλου. Η εκπομπή υδρογονανθράκων αυξάνεται εξίσου είτε όταν χρησιμοποιείται πλούσιο μίγμα, είτε φτωχό, γιατί η καύση δεν πραγματοποιείται υπό ιδανικές συνθήκες και στις δυο περιπτώσεις. Ελάχιστο ποσό εκπομπής υδρογονανθράκων επιτυγχάνεται όταν το μίγμα είναι ελαφρώς φτωχό, οπότε υπάρχει περίσσεια οξυγόνου και βρίσκεται σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία.

7.2.8 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο και αόρατο και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο εξαιτίας της υψηλής τοξικότητάς του. Μειώνει την ικανότητα του αίματος να απορροφά οξυγόνο και βέβαια την ποσότητα του οξυγόνου στην κυκλοφορία του αίματος. Συγκέντρωση μόνο 0.3% μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα που αναπνέουμε είναι αρκετή για να προκαλέσει θάνατο μέσα σε περίπου 30 λεπτά. Υψηλότερη συγκέντρωση θα προκαλέσει λιποθυμία σε λιγότερο από ένα λεπτό.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6

Συγκέντρωση ρυπαντών σε μηχανή βενζίνης

Αυτό το αέριο δημιουργείται από υπερβολική ποσότητα βενζίνης στο μίγμα. Όταν το μίγμα γίνει πολύ πλούσιο, δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να σχηματίσει CO_2 , οπότε σχηματίζεται CO, το οποίο απαιτεί λιγότερο οξυγόνο. Συγκεκριμένα στις πετρελαιομηχανές που λειτουργούν πάντα με φτωχό μίγμα, το ποσό του CO στα καυσαερίά τους είναι αμελητέο. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 το CO εθεωρείτο κυρίαρχο πρόβλημα και ήταν η πρώτη ρυπογόνος ουσία που η εκπομπή της ρυθμίστηκε από σχετική νομοθεσία της ΕΟΚ.

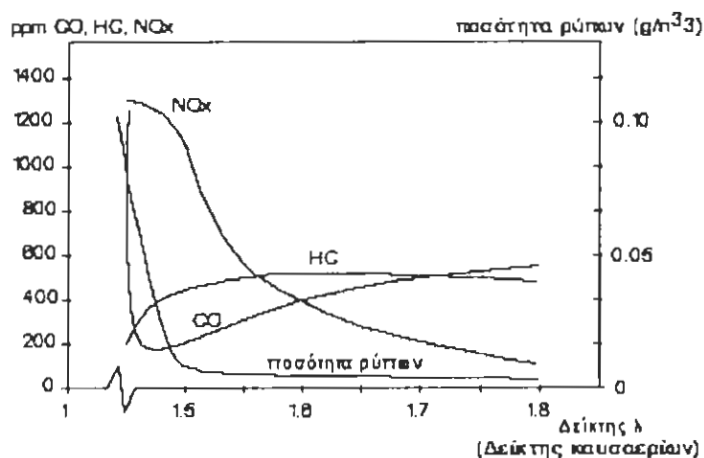
7.2.9 Οξείδια του αζώτου (NOx)

Το μονοξείδιο του αζώτου είναι επίσης άχρωμο, άοσμο και αόρατο. Με την παρουσία του οξυγόνου στον αέρα γρήγορα μεταβάλλεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2) το οποίο έχει χρώμα κόκκινο και έχει μια οξεία μυρωδιά η οποία ερεθίζει τα αναπνευστικά όργανα. Σε υψηλές δόσεις μπορεί να καταστρέψει την εσωτερική επιφάνεια των αναπνευστικών οργάνων.

Όταν βρεθεί στην ατμόσφαιρα συνδυάζεται με υδρατμούς για να σχηματίσει όξινες ενώσεις οι οποίες μετατρέπονται στην φοβερή "όξινη βροχή", που σκοτώνει τα φυτά και κάνει το έδαφος τόσο όξινο, ώστε να είναι αδύνατη πλέον η βλάστηση. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται εντονότερο στις περισσότερο βιομηχανοποιημένες χώρες παρά στις αναπτυσσόμενες.

Τα οξείδια του αζώτου προκύπτουν ως αποτέλεσμα του συνδυασμού αζώτου και οξυγόνου υπό τις συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν μέσα στο θάλαμο καύσης. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία και η πίεση, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα

NOx παράγεται από τη μηχανή. Συνεπώς όσο αυξάνονται οι στροφές της μηχανής ή το φορτίο, αυξάνεται και η ποσότητα των οξειδίων αζώτου που παράγονται.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7

Συγκέντρωση των ρυπαντών σε μηχανή ντίζελ

Στις μηχανές ντίζελ εμφανίζονται λιγότερα οξείδια αζώτου από τις μηχανές βενζίνης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μίγμα αέρα/καυσίμου περιέχει λιγότερο καύσιμο. Εάν κοιτάξουμε σε τιμές όπου το μίγμα είναι εξίσου πλούσιο, η σχέση αέρα/καυσίμου είναι πιο σημαντική εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων.

7.2.10 Στερεά σωματίδια

Η ατελής καύση δημιουργεί στερεά σωματίδια με τη μορφή στάχτης και καπνιάς (αιθάλης). Σε αυτοκίνητα με μηχανές βενζίνης οι εκπομπές τέτοιων σωματιδίων είναι ουσιαστικά αμελητέες, γι' αυτό και η σχετική νομοθεσία γι' αυτού του είδους τη ρύπανση περιορίζεται στις μηχανές ντίζελ.

Εάν, κατά τη διαδικασία της καύσης, δημιουργηθούν περιοχές πλούσιου μίγματος, όταν η θερμοκρασία και η πίεση είναι υψηλές και υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, η μοριακή αλυσίδα των υδρογονανθράκων μπορεί να σπάσει και να απελευθερώσει το υδρογόνο. Αυτό σημαίνει ότι θα δημιουργηθούν υπόλοιπα άκαυστου άνθρακα. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί στη ροή του καυσίμου που έρχεται από το μπεκ (στην περίπτωση των μηχανών ντίζελ) ή στα καύσιμα που εναποθέτονται στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως. Ευτυχώς, τα περισσότερα από αυτά τα σωματίδια οξειδώνονται στη συνέχεια για να σχηματίσουν διοξείδιο του άνθρακα, και έτσι δεν εμφανίζονται στα καυσαέρια.

7.3 Λήπτης λάμδα λ

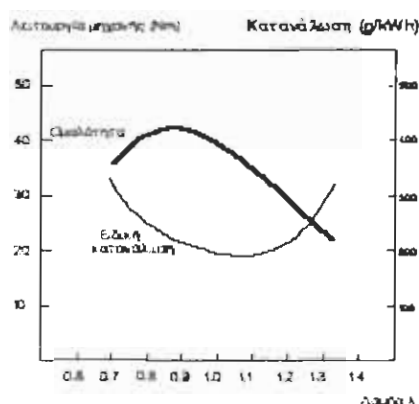
Ανάλογα με τον τεχνολογικό κλάδο στον οποίο αναφερόμαστε, αυτό το γράμμα έχει διαφορετική έννοια, αν και στην επιστημονική ορολογία είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται το ελληνικό αλφάβητο για να αποδοθούν παράμετροι, μεταβλητές και μεγέθη. Στην τεχνολογία του αυτοκινήτου το Λ χρησιμοποιείται για να δηλώσουμε την αναλογία αέρα/καυσίμου.

7.3.1 Λόγος λάμδα

Ο λόγος λάμδα είναι ο λόγος (κλάσμα) μεταξύ της ποσότητας του αέρα που η μηχανή χρησιμοποιεί και της ποσότητας του αέρα που η μηχανή θα χρησιμοποιούσε εάν η καύση ήταν τέλεια. Είναι, δηλαδή, μια αριθμητική απεικόνιση του πόσο πλούσιο ή φτωχό είναι το μίγμα αέρα/βενζίνης.

Σε ιδανικές συνθήκες ο λόγος λάμδα θα έπρεπε πάντοτε να ισούται με ένα. Σ' αυτή την περίπτωση η μηχανή λειτουργεί με μίγμα αέρα/καυσίμου όμοιο με εκείνο που θεωρητικά θα έπρεπε να χρησιμοποιεί. Όμως η πίεση του αέρα και η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα μεταβάλλονται συνεχώς, οπότε και η ποσότητα του αέρα που εισάγεται από τη μηχανή επίσης μεταβάλλεται άρα και ο λόγος λάμδα επηρεάζεται.

Ο λόγος λάμδα για την κατάσταση λειτουργίας του οχήματος είναι ζωτικής σημασίας για μια μηχανή, αφού η ομαλότητα, η κατανάλωση και η εκπομπή ρύπανσης επηρεάζονται ιδιαίτερα από αυτόν. Μικρές διαφοροποιήσεις στον λόγο λάμδα μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες διακυμάνσεις στην ομαλή λειτουργία της μηχανής, στην κατανάλωση και στα καυσαέρια. (βλ. διαγράμματα 2.2 και 3.1).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8

Επίδραση του λόγου λάμδα στην ομαλή λειτουργία της μηχανής και στην ειδική κατανάλωση καυσίμων

Προκειμένου να ελεγχθεί περισσότερο ο λόγος λάμδα, οι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει ακόμα πιο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου της μηχανής : ακριβέστερα συστήματα τροφοδοσίας (καρμπυρατέρ), ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού με αισθητήρες και πιο εξελιγμένους μετρητές ροής. Απώτερος στόχος είναι πάντοτε η δυνατότητα μέτρησης, όσο το δυνατό ακριβέστερα, του αέρα που εισάγεται από τη μηχανή, με σκοπό να προστεθεί ακριβώς η σωστή ποσότητα καυσίμου, που θα επιτρέψει στη μηχανή να λειτουργήσει με τον καλύτερο λόγο λάμδα για κάθε κατάσταση λειτουργίας.

7.3.2 Ερμηνεία του λόγου λάμδα

Μίγμα	Λάμδα	Ερμηνεία
ΠΛΟΥΣΙΟ	λιγότερο από 0.75	Η μηχανή θα πλημμυρίσει από καύσιμο. Το μίγμα δεν είναι πολύ εύφλεκτο. Αν ήταν πλουσιότερο, το όχημα θα σταματούσε εξαιτίας υπερβολικής ποσότητας καυσίμων.

	μεταξύ 0.75 & 0.85	Πολύ πλούσιο μίγμα. Αυτός ο λόγος λάμδα θα αυξήσει την ιπποδύναμη, αλλά μόνο για πολύ σύντομα διαστήματα. Κατά την επιτάχυνση το μίγμα εμπλουτίζεται για ένα σύντομο χρονικό διάστημα ώστε να επιτευχθεί αυτή η αύξηση της ισχύος.
	μεταξύ 0.85 & 0.95	Πλούσιο μίγμα. Σε αυτό το επίπεδο του λόγου λάμδα η μηχανή επιτυγχάνει μέγιστη ιπποδύναμη και μάλιστα με διάρκεια, αλλά αυτό το είδος μίγματος έχει παρενέργειες και πρέπει να χρησιμοποιείται στην κανονική οδήγηση.
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	μεταξύ 0.95 & 1.05	Σωστό μίγμα. Η μηχανή λειτουργεί με αυτό το λόγο λάμδα εξίσου ομαλά είτε σε στάση είτε με σταθερή ταχύτητα.
	μεταξύ 1,05 & 1.15	Φτωχό μίγμα. Η μηχανή χάνει ισχύ αλλά η κατανάλωση μειώνεται στο ελάχιστο.
ΦΤΩΧΟ	μεταξύ 1.15 & 1.30	Πολύ φτωχό μίγμα. Η μηχανή χάνει πολύ ισχύ και η κατανάλωση αυξάνεται. Αυτό προκαλεί προβλήματα στην αυτοανάφλεξη και δυσλειτουργία της εξάτμισης.
	περισσότερο από 1.30	Το μίγμα δεν είναι πλέον αναφλέξιμο. Η μηχανή δεν θα λειτουργήσει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

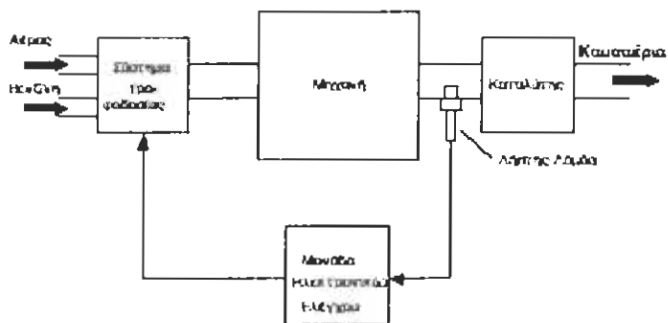
Προκειμένου να επιτύχουμε την τελειότερη δυνατή λύση θα ήταν ιδανικό να διατηρούμε λόγο λάμδα ίσο με ένα. Αυτή η τιμή δεν είναι η καλύτερη για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας της μηχανής. Για να επιτύχουμε μέγιστη ιπποδύναμη από μια μηχανή βενζίνης χρησιμοποιούμε ελαφρώς πλούσιο μίγμα, ενώ για ελάχιστη κατανάλωση η μηχανή πρέπει να λειτουργεί με λίγο φτωχότερο μίγμα. (βλ. πίνακα 3.1).

7.3.3 Ρύθμιση του Λήπτη Λάμδα

Ο μοναδικός τρόπος διατήρησης ακριβούς ελέγχου του μίγματος αέρα/καυσίμου, κάτι απαραίτητο για τα σύγχρονα αυτοκίνητα, είναι η χρήση του αισθητήρα που λέγεται "λήπτης λάμδα". Πρόκειται για ένα σύστημα που επιτρέπει να διατηρείται ο λόγος λάμδα όσο το δυνατόν πιο κοντά στο 1 χωρίς να απαιτούνται προσαρμογές. Το σύστημα αντιδρά ταχύτατα και αυτόματα και δεν παρουσιάζει προβλήματα φθοράς τμημάτων, όπως συμβαίνει με τα συμβατικά συστήματα.

Για παράδειγμα ένα ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού που βασίζεται στο σύστημα L - Jetronic (LE, LE2, LE3, Motronic, Digifant) υπολογίζει την ποσότητα αέρα που εισάγεται στη μηχανή χρησιμοποιώντας ένα μετρητή ροής και μια αντίσταση NTC που μετράει τη θερμοκρασία του αέρα. Ανάλογα με την ποσότητα του αέρα που η μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (ECU) υπολογίζει από αυτές τις πληροφορίες, στέλνονται μηνύματα προς τα μπεκ

ώστε να παραμείνουν ανοιχτά για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Ένα τέτοιο συμβατικό σύστημα ρύθμισης του μίγματος, που διατηρεί το λόγο λάμδα μεταξύ 0.98 και 1.02 για οποιαδήποτε κατάσταση λειτουργίας της μηχανής, είναι αρκετά καλό εφόσον είναι καλά ρυθμισμένο.



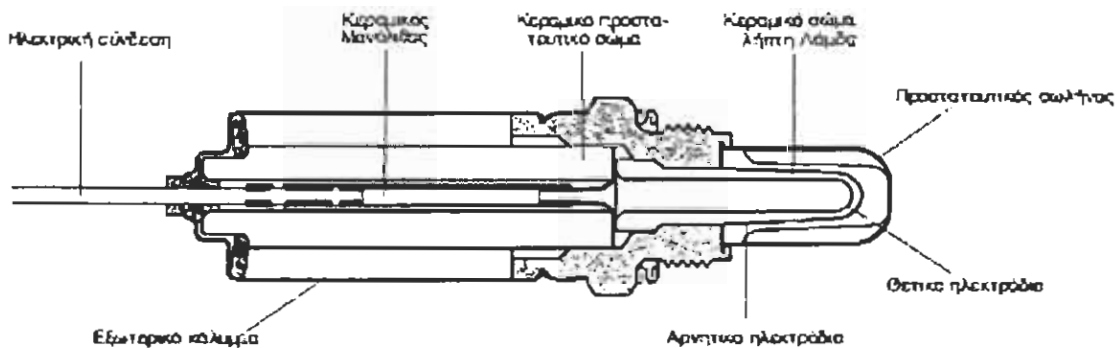
Σχ.4 Λειτουργία κλειστού συστήματος ρύθμισης (με λήπτη λάμδα)

Αυτή η ακρίβεια όμως δεν είναι αρκετή, όταν χρησιμοποιείται ένας τριοδικός καταλύτης. Ο λόγος λάμδα πρέπει να διατηρείται μεταξύ 0.99 και 1.00 ανεξάρτητα από άλλες ρυθμίσεις μέσα στο σύστημα με οποιαδήποτε κατάσταση λειτουργίας και φορτίου της μηχανής. Για να επιτευχθεί αυτή η ακρίβεια, χρησιμοποιείται ο λήπτης λάμδα.

Ο μηχανισμός ελέγχου λάμδα είναι ένα εξάρτημα ενσωματωμένο ή συνδεδεμένο σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού (αν και χρειάζεται να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις) που χρησιμοποιείται για να διορθώνει την αναλογία αέρος/καυσίμου. Ενώ δηλαδή το σύστημα ηλεκτρονικού ψεκασμού υπολογίζει την ποσότητα του αέρα που εισάγεται στη μηχανή και τον απαραίτητο χρόνο τροφοδοσίας (ψεκασμού), έχει επίσης ένα σχεδόν τέλειο σύστημα διόρθωσης της διάρκειας τροφοδοσίας, το λήπτη λάμδα. Αυτός ελέγχει διαρκώς τη σύσταση των καυσαερίων και στέλνει μηνύματα στον εγκέφαλο που παρουσιάζουν τη διαφοροποίηση ανάμεσα στο πραγματικό και το ιδανικό μίγμα. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες αυτές, ο εγκέφαλος επαναυπολογίζει τη διάρκεια ανοίγματος του συστήματος ψεκασμού και διορθώνει τις διακυμάνσεις του λόγου λάμδα.

7.3.4. Ο λήπτης λάμδα

Πρόκειται για έναν ηλεκτροχημικό σένσορα (αισθητήρα) οξυγόνου, που συνήθως βρίσκεται κοντά στο σωλήνα εξάτμισης, καθώς χρειάζεται υψηλή θερμοκρασία για να λειτουργήσει. Αυτός ο αισθητήρας χρησιμοποιεί κεραμικό μονόλιθο (οξείδιο του ζirkονίου ZrO) ως ηλεκτρολύτη. Η κεραμική επιφάνεια έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια, ενώ η άλλη επιφάνεια είναι διαρκώς σε επαφή με τον αέρα που περικλείεται.

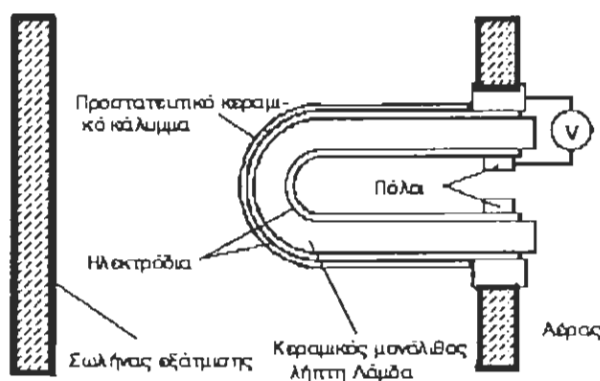


Σχ.5 Τμήμα λήπτη λάμδα BOSCH

Σε θερμοκρασία άνω των 300° C ο κεραμικός μονόλιθος αποκτά συγκεκριμένες ιδιότητες που του επιτρέπουν να μεταφέρει ιόντα οξυγόνου από την επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στον αέρα στην αντίθετη πλευρά, παράγοντας ένα γαλβανικό δυναμικό. Αυτό το δυναμικό ευθύνεται άμεσα για τη διαφορά στις συγκεντρώσεις οξυγόνου στις δύο επιφάνειες του αισθητήρα (λήπτη λάμδα).

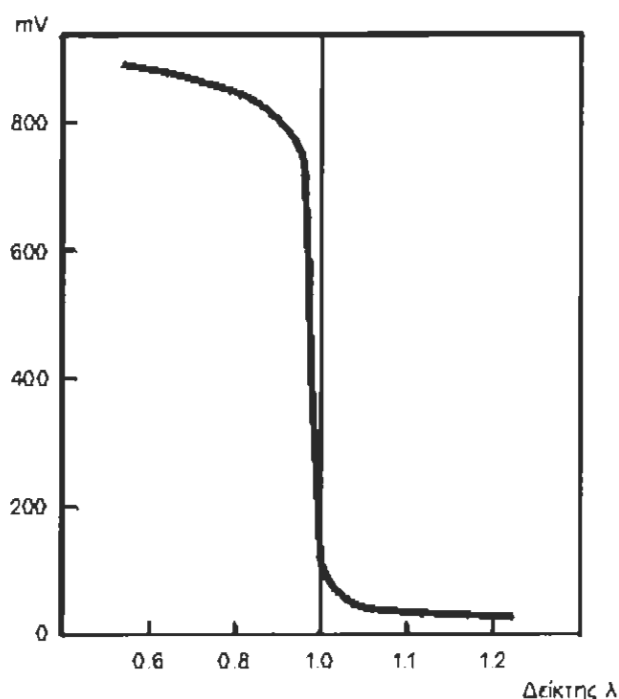
Τα καυσαέρια που παράγονται από μηχανές εσωτερικής καύσης πάντοτε περιέχουν ένα συγκεκριμένο υπόλοιπο οξυγόνου, ακόμα και όταν η μηχανή λειτουργεί με εξαιρετικά πλούσιο μίγμα.

Η αναλογία του υπόλοιπου οξυγόνου εξαρτάται άμεσα από το μίγμα αέρα/καυσίμου που μπαίνει μέσα στη μηχανή, δηλαδή από το λόγο λάμδα με τον οποίο λειτουργεί. Αυτή η σχέση φανερώνει ότι είναι δυνατό, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχει ο λήπτης λάμδα, να ελέγξουμε τη σχέση του αέρα με το καύσιμο.



Σχ.6 Διάγραμμα του λήπτη λάμδα μέσα στην εξάτμιση

Όταν το οξυγόνο στα καυσαέρια, έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του λήπτη λ και είναι λιγότερο από την ιδανική ποσότητα (πλούσιο μίγμα, $\lambda < 1$), τα ιόντα οξυγόνου κινούνται προς την άλλη επιφάνεια όπου εμφανίζεται έλλειψη οξυγόνου και παράγεται ένα δυναμικό περίπου 900 mV. (βλ. διάγραμμα 3.5). Εάν υπάρχει περίσσεια οξυγόνου στα καυσαέρια, εάν δηλαδή υπάρχει περισσότερο οξυγόνο από ότι θα υπήρχε στο τέλειο μίγμα (φτωχό μίγμα, $\lambda > 1$), τότε τα ιόντα δεν μετακινούνται και εμφανίζεται μόνο ένα υπολειμματικό δυναμικό 100 mV.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9

Ρεύμα μέσα σε λήπτη λάμδα που λειτουργεί σε 600° C.

Υπάρχουν δύο τύποι λήπτη λάμδα : ένας με προθερμαντική και ένας χωρίς προθερμαντική λειτουργία. Εξωτερικά δεν εμφανίζουν διαφορές, αλλά τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία στο σύστημα εξάτμισης και έχουν διαφορετικούς αριθμούς καλωδίων σύνδεσης.

7.3.5 Μη προθερμαινόμενος λήπτης λάμδα.

Το είδος αυτό του λήπτη δεν έχει σύστημα εσωτερικής θέρμανσης και προκειμένου να λειτουργήσει απαιτείται θερμοκρασία 300° C. Βρίσκεται πάντοτε τοποθετημένος όσο το δυνατόν κοντύτερα στην πολλαπλή εξαγωγή, βιδωμένος επάνω στο σωλήνα της εξάτμισης. Έχει μόνο ένα καλώδιο σύνδεσης (συνήθως μαύρο), το οποίο είναι ο θετικός πόλος προς το δυναμικό που δημιουργείται από το λήπτη. Το αρνητικό του φορτίο το αποκτά από το έδαφος, μέσω της μηχανικής του σύνδεσης με το σωλήνα της εξάτμισης.

Κανονικά αυτός ο τύπος λήπτη μεταβάλλει τα μηνύματα που στέλνει (900 mV ή 100 mV) πάρα πολύ συχνά, καθώς βρίσκεται σε άμεση επαφή με τα καυσαέρια καθενός από τους κυλίνδρους ξεχωριστά και διαφοροποιεί την κατάσταση του ανάλογα με τη σύσταση των καυσαερίων καθενός από τους κυλίνδρους.

7.3.6 Θερμαινόμενος λήπτης λάμδα

Αυτός ο τύπος λήπτη περιέχει μια ηλεκτρική αντίσταση που τροφοδοτείται από ένα ρελαί ή από τον εγκέφαλο, οπότε φτάνει τη θερμοκρασία λειτουργίας μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Έχει την ικανότητα να διατηρεί αυτή τη θερμοκρασία πάνω από τα όρια λειτουργίας ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία των καυσαερίων. Κατά συνέπεια υπάρχει μεγαλύτερη ευχέρεια κατά την τοποθέτησή του μέσα στο σύστημα της εξάτμισης. Συνήθως βρίσκεται μεταξύ της εξόδου του σωλήνα εξάτμισης και του κυρίου καταλύτη.

Υπάρχουν δύο είδη θερμαινόμενων λήπτων λάμδα, ανάλογα με το πως κλείνει κύκλωμα με το έδαφος : μέσω της επαφής με τη μάζα του αυτοκινήτου, ή μέσω ενός καλωδίου (συνήθως γκρι χρώματος). Όπως και στον μη προθερμαινόμενο λήπτη λάμδα, υπάρχει ένα καλώδιο θετικού φορτίου (επίσης μαύρο), αλλά υπάρχουν και δύο πρόσθετα καλώδια που τροφοδοτούν την αντίσταση θέρμανσης (συνήθως άσπρα).

Αυτοί οι λήπτες λάμδα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους μη προθερμαινόμενους λήπτες, καθώς οι τελευταίοι βρίσκονται κοντύτερα στους κυλίνδρους και υφίστανται θερμικές καταπονήσεις, όταν η μηχανή λειτουργεί σε πλήρες φορτίο.

7.3.7 Πώς λειτουργεί το κλειστό σύστημα ρύθμισης

Το σύστημα αρχίζει να λειτουργεί τη στιγμή της εκκίνησης. Κατά τη φάση της εκκίνησης από η μηχανή χρειάζεται ένα πλούσιο μίγμα για να αντισταθμίσει το γεγονός, ότι το καύσιμο συμπυκνώνεται στα κρύα τοιχώματα του θαλάμου καύσης χωρίς να καίγεται, και ότι πρέπει να αναπτύξει μια ειδική ισχύ που θα αντισταθμίσει την τριβή που υφίστανται τα μηχανικά μέρη, όταν η μηχανή λειτουργεί σε χαμηλή θερμοκρασία.

Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης ο λήπτης λάμδα στέλνει πληροφορίες στον εγκέφαλο, ο οποίος όμως δεν τις χρησιμοποιεί μέχρις ότου ο αισθητήρας θερμοκρασίας μέσα στο ψυκτικό να μεταδώσει μια προκαθορισμένη ένδειξη και η μηχανή να αρχίσει να λειτουργεί με τη διαδικασία προθέρμανσης.

Σε μια φάση λειτουργίας της μηχανής, κατά την επιτάχυνση, το σύστημα ρύθμισης με το λήπτη λάμδα που διατηρεί το τέλειο μίγμα δεν πρέπει να λειτουργήσει. Κατά την επιτάχυνση η μηχανή χρειάζεται ένα κάπως πιο πλούσιο μίγμα για να φτάσει στην αναλογία αέρα/καυσίμου που αναπτύσσει τη μέγιστη ιπποδύναμη. Επομένως, μόλις οι διάφοροι αισθητήρες μεταδώσουν στον εγκέφαλο συνθήκες επιτάχυνσης, αυτός αγνοεί για μερικά δευτερόλεπτα τα μηνύματα του λήπτη λάμδα. Αυτός ο χρόνος είναι αρκετός για να σχηματιστεί το κατάλληλο μίγμα που θα επιτρέψει την ανάπτυξη της μέγιστης ισχύος να δημιουργήσει την απαιτούμενη για το όχημα επιτάχυνση.

Μόλις ο χρόνος της επιτάχυνσης λήξει, αποκαθίσταται ξανά η λειτουργία του συστήματος ρύθμισης του λήπτη λάμδα.

Κατά την διαδικασία ρύθμισης, εάν η κατάσταση του λήπτη λάμδα ανταποκρίνεται σε πλούσιο μίγμα (ένδειξη περίπου 900 mV), ο εγκέφαλος μειώνει την ποσότητα καυσίμου για να κάνει το μίγμα φτωχότερο. Για όσο διάστημα το μίγμα παραμένει πλούσιο, ο εγκέφαλος θα συνεχίσει να μειώνει σταδιακά την ποσότητα του καυσίμου, σε προκαθορισμένα ποσά, μέχρι ο λήπτης λάμδα να μεταβιβάσει ενδείξεις ότι το μίγμα είναι φτωχό. (ένδειξη περίπου 100mV). Από εκείνη τη στιγμή ο εγκέφαλος αρχίζει να αυξάνει την ποσότητα των καυσίμων για να εμπλουτίσει το μίγμα. Αυτός ο κύκλος του κλειστού συστήματος ρύθμισης συνεχίζεται αδιάκοπα όσο λειτουργεί η μηχανή.

Η μετατροπή του μίγματος σε πλουσιότερο ή φτωχότερο ελέγχεται από τον εγκέφαλο σύμφωνα με τα μηνύματα που λαμβάνει από το λήπτη λάμδα είναι περιορισμένη. Αν, δηλαδή, ύστερα από μια προγραμματισμένης χρονικής διάρκειας διόρθωση (π.χ. μετατροπής του μίγματος σε φτωχότερο), ο λήπτης λάμδα δεν αντληφθεί αλλαγή στο μίγμα, (το μίγμα δεν γίνει φτωχότερο στην έκταση που οι μεταβολές του λήπτη λάμδα επιβάλλουν/ορίζουν) ο εγκέφαλος θα χρησιμοποιήσει μια προκαθορισμένη επείγουσα διαδικασία.

7.3.8 Μέθοδοι ρύθμισης του Λήπτη Λάμδα

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι αποδεκτοί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τη ρύθμιση του λ :

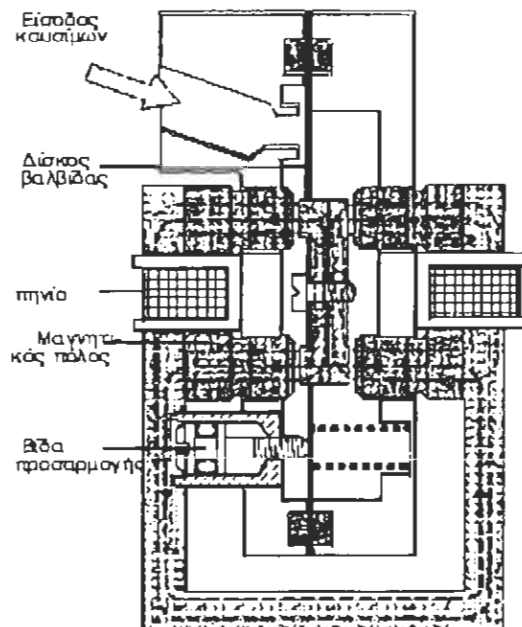
- ηλεκτρονικό καρμπυρατέρ
- μηχανοηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού
- ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού

7.3.9 Ηλεκτρονικό καρμπυρατέρ

Εάν δεν γινόταν καμία ρύθμιση στο μίγμα ύστερα από την αρχική ρύθμιση αέρα/καυσίμου, τα ηλεκτρονικά καρμπυρατέρ θα έδιναν πάντοτε ένα κάπως φτωχό μίγμα. Η μικρή διόρθωση του λόγου λάμδα, που χρησιμοποιείται από τον εγκέφαλο σύμφωνα με τις μεταβιβαζόμενες από το λήπτη λάμδα πληροφορίες, πετυχαίνει να ενεργοποιηθούν οι ρυθμίσεις στη βαλβίδα από την πρώτη στιγμή λειτουργίας της. Όταν αυτή κλείσει, η αύξηση στη διαφορά πίεσης μέσα στο κύριο σώμα του καρμπυρατέρ και η πρόσθετη επίδραση του μπεκ εκκίνησης δημιουργούν ένα πλουσιότερο μίγμα.

7.3.10 Μηχανικό - ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού

Στα συστήματα KE - Jetronic ο εγκέφαλος εκτελεί το κλειστό σύστημα ρύθμισης χρησιμοποιώντας τον ηλεκτροϋδραυλικό ρυθμιστή πίεσης αυξάνοντας ή μειώνοντας την πίεση του καυσίμου στα μπεκ. Αύξηση της πίεσης δημιουργεί αύξηση και της ποσότητας καυσίμου, και αφού η ποσότητα του αέρα παραμένει σταθερή το μίγμα εμπλουτίζεται. Αντιστρόφως, μείωση της πίεσης συνεπάγεται μείωση και του καυσίμου που ψεκάζεται από τα μπεκ οπότε και το μίγμα γίνεται φτωχότερο.



Σχ.7 Ηλεκτροϋδραυλικός ρυθμιστής

7.3.11 Ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού

Στα ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού (τόσο στα μονού σημείου, όσο και στα πολλαπλών σημείων συστήματα ψεκασμού αλλά και σε όλες τις παραλλαγές τους), οι ρυθμίσεις της αναλογίας στο μίγμα αέρος/καυσίμου, ώστε ο λόγος λάμδα να παραμένει

όσο το δυνατό κοντύτερα στον ιδανικό, επηρεάζονται από την χρονική διάρκεια του ψεκασμού. Όταν ο εγκέφαλος λαμβάνει μηνύματα από το λήπτη λάμδα που δείχνουν ότι το μίγμα είναι φτωχό, αυξάνει τη διάρκεια του ανοίγματος των μπεκ, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ποσότητα καυσίμου που πηγαίνει στη μηχανή και έτσι εμπλουτίζεται το μίγμα. Από την άλλη πλευρά, εάν το μίγμα είναι πολύ πλούσιο, ο εγκέφαλος μειώνει τη διάρκεια ανοίγματος των μπεκ και έτσι το μίγμα σταδιακά γίνεται φτωχότερο.

7.4 Λύσεις στο πρόβλημα της ρύπανσης

Η ρύπανση που προκαλούν τα αυτοκίνητα δεν είχε δημιουργήσει μια ευρύτερη συνειδητοποίηση του προβλήματος, μέχρι τη δεκαετία του 1960. Από τότε οι κατασκευαστές αρχίζουν να βελτιώνουν τις μηχανές με σκοπό την καταπολέμηση της ρύπανσης. Αυτές οι βελτιώσεις στράφηκαν σε τρεις διαφορετικές λύσεις : λύσεις βασισμένες στην ποιότητα του καυσίμου, λύσεις που σχετίζονταν με το σχεδιασμό της μηχανής και λύσεις που αφορούν την επεξεργασία των καυσαερίων.

7.4.1 Λύσεις εξαρτώμενες από τα καύσιμα

Για την παραγωγή οξειδίων του μολύβδου και θείου κατά την καύση, ευθύνεται αποκλειστικά η αρχική παρουσία τους στα καύσιμα. Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισής τους είναι η μείωση των ποσοτήτων τους που περιέχονται στη βενζίνη.

Ο μολυβδος χρησιμοποιείται στη βενζίνη με την μορφή του τετρααιθυλιούχου μολύβδου για να αυξηθεί ο βαθμός οκτανίων. Η μείωσή του, όχι εντελώς, αλλά σε αμελητέα επίπεδα, μας δίνει τη λεγόμενη "αμόλυβδη" βενζίνη, η οποία περιέχει ειδικά πρόσθετα ή ελαφρύτερους υδρογονάνθρακες για να αυξηθούν οι βαθμοί οκτανίων, αποφεύγοντας τη χρήση ενώσεων με βάση το μολύβδο. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε σοβαρά τεχνικά και οικονομικά προβλήματα, ιδίως επειδή οι ελαφρύτεροι υδρογονάνθρακες είναι περισσότερο πτητικοί και μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά τη λειτουργία της μηχανής.

Έτσι η αμόλυβδη βενζίνη έχει χαμηλότερους βαθμούς οκτανίων από τη συμβατική βενζίνη και οι μηχανές πρέπει να λειτουργούν με χαμηλή συμπίεση. Το υδρόθειο H_2S προέρχεται από το αργό πετρέλαιο από την αρχική ύπαρξη του θείου και είναι δύσκολο να εξαλειφθεί. Η βενζίνη σχηματίζεται από τους πτητικούς υδρογονάνθρακες που εμφανίζονται στα πρώτα στάδια της διαδικασίας διυλίσεως, έτσι η περιεκτικότητά της σε θείο είναι σχετικά χαμηλή. Με βελτιωμένες διαδικασίες διυλίσεως η περιεκτικότητα σε θείο μπορεί να περιοριστεί σε ασήμαντα επίπεδα.

Μια άλλη εναλλακτική λύση είναι η χρήση καθαρών καυσίμων όπως αιθάνιο, μεθάνιο, φυσικό αέριο, προπάνιο ή αναγεννημένη βενζίνη. Αυτοί οι τύποι καυσίμων είναι εκ φύσεως καθαρότεροι από τη συμβατική βενζίνη. Γενικά αυτά τα καύσιμα εκπέμπουν λιγότερους υδρογονάνθρακες, με μειωμένη δραστηριότητα και λιγότερο τοξικούς. Η χρήση καθαρών καυσίμων θα βοηθούσε επίσης στη μείωση του αυξανόμενου ποσοστού CO_2 στην ατμόσφαιρα και θα επιβράδυνε το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Αιθάνιο	Τέλειο καύσιμο για αυτοκινούμενα οχήματα	Υψηλό κόστος παραγωγής

	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Πολύ χαμηλές εκπομπές υδρογονανθράκων ικανών να σχηματίσουν όζον και τοξικές ουσίες. ☐ Εύκολο στην παραγωγή 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Μειωμένη αυτονομία οχήματος
Μεθάνιο	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Τέλειο καύσιμο για αυτοκίνητα ☐ Πολύ χαμηλές εκπομπές τοξικών υδρογονανθράκων ☐ Μπορεί να παραχθεί από πολλές πηγές, συμπεριλαμβανομένων και ανανεώσιμων πηγών 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Μειωμένη αυτονομία του οχήματος
Φυσικό Αέριο	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Πολύ χαμηλή παραγωγή τοξικών υδρογονανθράκων ☐ Μπορεί να παραχθεί από πολλές πηγές, συμπεριλαμβανομένων και ανανεώσιμων πηγών ☐ Εξαιρετικό καύσιμο, ειδικά για εταιρείες που διαθέτουν πολλά οχήματα 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Αυξημένο κόστος λειτουργίας ☐ Μειωμένη αυτονομία οχήματος ☐ Δυσκολία αποθήκευσης
Προπάνιο	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Φτηνότερο από τη βενζίνη (προς το παρόν) ☐ Είναι το ευκολότερα διαθέσιμο καθαρό καύσιμο αυτή τη στιγμή ☐ Χαμηλή παραγωγή τοξικών υδρογονανθράκων 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Η ζήτηση θα αυξήσει το κόστος ☐ Περιορισμένη προσφορά στην αγορά

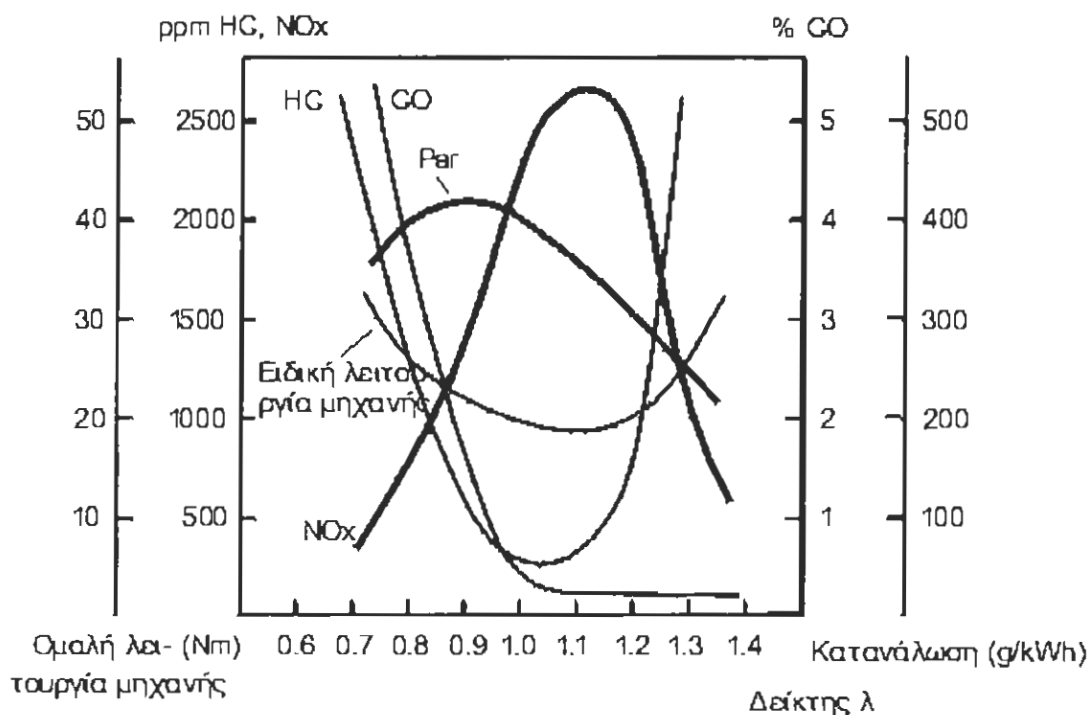
	<input type="checkbox"/> Παράγεται από ανανεώσιμες πηγές <input type="checkbox"/> Εξαιρετικό καύσιμο, ειδικά για εταιρείες με πολλά οχήματα	
Αναγεννημέ- νη βενζίνη	<input type="checkbox"/> Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε σύγχρονο όχημα, χωρίς να απαιτούνται τροποποιήσεις <input type="checkbox"/> Χαμηλή παραγωγή τοξικών υδρογονανθράκων	<input type="checkbox"/> Λίγο ακριβότερο από τη βενζίνη σήμερα

7.4.2 Λύσεις που σχετίζονται με το σχεδιασμό της μηχανής

Πολλές διαφορετικές λύσεις έχουν υιοθετηθεί από τους κατασκευαστές, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα το σχεδιασμό της μηχανής. Θα αναφέρουμε τις πιο σημαντικές.

7.4.3 Μέτρηση καυσίμου

Ο λόγος λάμδα λειτουργίας της μηχανής, έχει άμεση επίδραση στη σύνθεση των καυσαερίων. Καθώς οι μηχανές συνήθως φτάνουν τα υψηλότερα επίπεδά τους, όταν οι τιμές του λάμδα είναι περίπου 0.9, το μίγμα αέρα/καυσίμου σε πλήρες φορτίο κυμαίνεται γύρω από αυτό το σημείο. Από την άλλη, λόγος λάμδα περίπου 1.1 είναι ο καλύτερος για μια οικονομική κατανάλωση. Στο ίδιο σημείο επιτυγχάνονται οι χαμηλότερες εκπομπές HC και CO₂, αλλά και οι υψηλότερες εκπομπές NOx. Όταν το όχημα είναι σταματημένο με τη μηχανή αναμμένη, η αναλογία αέρα/καυσίμου κυμαίνεται γύρω από ένα λόγο λάμδα που πλησιάζει το 1, γιατί αν το μίγμα είναι φτωχό, οι εκπομπές HC θα αυξηθούν.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10

Επίδραση του λόγου λάμδα στις εκπομπές ρύπων και στη λειτουργία και κατανάλωση της μηχανής

Από τα παραπάνω είναι φανερό, ότι η αναλογία αέρα/καυσίμου κατά τη λειτουργία της μηχανής, πρέπει να ελέγχεται αυστηρά προκειμένου να επιτευχθεί, όσο το δυνατόν μικρότερη ρύπανση από τα καυσαέρια. Έχοντας αυτό υπόψη τους, οι κατασκευαστές έχουν βελτιώσει τα συστήματα δημιουργίας του μίγματος με το να ελέγχουν το μεταβαλλόμενο λόγο λάμδα όσο το δυνατόν ακριβέστερα και αξιόπιστα, καταφεύγοντας κατά κύριο λόγο στον ηλεκτρονικό έλεγχο του μίγματος. Μια άλλη μέθοδος μείωσης των ρύπων που χρησιμοποιείται, είναι η διακοπή της παροχής καυσίμου όταν η μηχανή επιβραδύνει, και μέχρι να φτάσει στο ρελαντί.

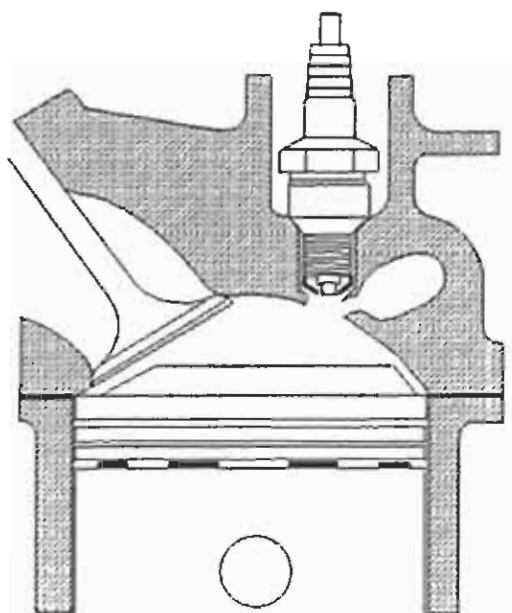
7.4.4 Προετοιμασία του μίγματος

Όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα καύσιμα, η προετοιμασία του μίγματος πριν την καύση παίζει σημαντικό ρόλο, στην ποσότητα των ρύπων που εκπέμπει το όχημα. Η ευφλεκτότητα, η διαδικασία της καύσης και η σύνθεση των καυσαερίων επηρεάζονται σημαντικά από την ομοιογένεια και τη διασπορά των καυσίμων τη στιγμή της ανάφλεξης, καθώς επίσης και από τη θερμοκρασία του μίγματος. Ένας ομοιογενής σχηματισμός του μίγματος είναι μια καλή λύση.

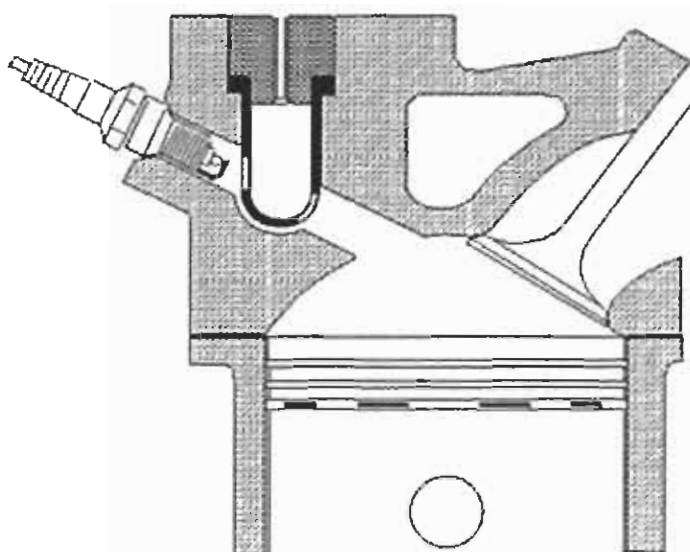
Κάποιοι κατασκευαστές, π.χ. η TOYOTA, έχουν αφιερώσει πολλή προσπάθεια σε αυτόν τον τομέα (βλ. διάγραμμα 4.2) και έχουν επιτύχει ένα σχεδιασμό θαλάμου καύσεως, με σωστά τοποθετημένη θέση του μπουζί ο οποίος δημιουργεί μεγαλύτερο στροβιλισμό του μίγματος μέσα στο θάλαμο καύσης και την καλύτερη ομοιογενοποίηση του μίγματος, τόσο πριν, όσο και κατά τη διάρκεια της καύσης.

Από την άλλη πλευρά, η HONDA (βλ. διάγραμμα 4.3), έχει επιτύχει ανάλογα αποτελέσματα με τη χρήση μιας μεθόδου διασποράς του καυσίμου. Σε αυτή τη μέθοδο, η καύση ξεκινά από ένα προθάλαμο καύσης, ο οποίος συγκοινωνεί με μια τρίτη βαλβίδα, και

περιέχει ένα μίγμα πλούσιο σε καύσιμο, το οποίο ταχύτατα προωθείται στον συμπληρωμένο με φτωχό μίγμα θάλαμο καύσεως. Με αυτή τη διαδικασία, το πλούσιο μίγμα γύρω από το μπεκ διευκολύνει την ανάφλεξη, και χάρη στην ισχυρή ανάμιξη μέσα στο θάλαμο καύσεως, αναφλέγεται ολόκληρο το μίγμα.



Σχ.8 Θάλαμος καύσης TOYOTA



Σχ.9 Μηχανή HONDA CVCC

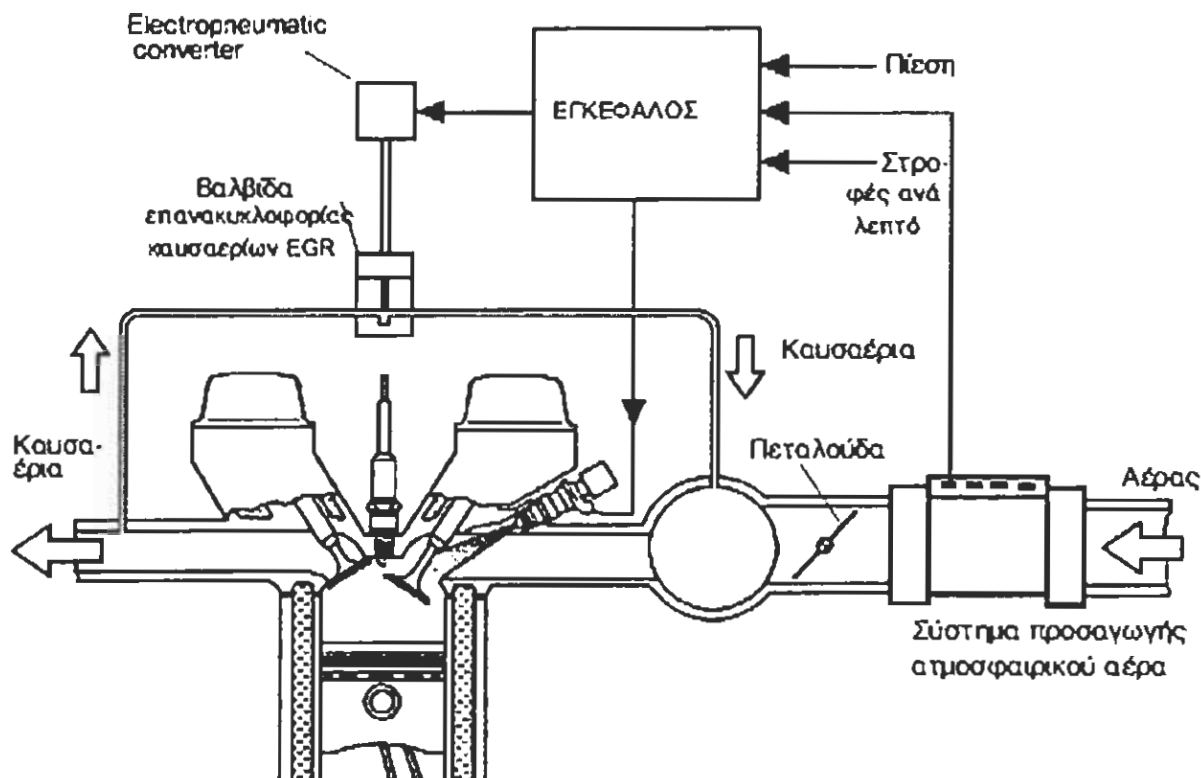
7.4.5 Ομοιόμορφη διανομή μίγματος

Έχει μεγάλη σημασία να λειτουργούν όλοι οι κύλινδροι με την ίδια αναλογία αέρα/καυσίμου, ώστε να εξασφαλίζεται λειτουργία με ελάχιστα ποσοστά ρύπανσης. Αυτό απαιτεί ομοιόμορφη διανομή αέρα/καυσίμου σε όλους τους κυλίνδρους, με τη βοήθεια καλοσχεδιασμένων μπεκ.

Αυτός ο παράγοντας σχεδιασμού αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν χρησιμοποιείται ένα κλειστό σύστημα ρύθμισης (δηλ. με λήπτη λάμδα) για τον τελειότερο έλεγχο του μίγματος αέρα/καυσίμου, ενώ το σύστημα ρύθμισης αναλύει τα καυσαέρια από όλους τους κυλίνδρους μαζί. Εάν ένας από αυτούς χρησιμοποιεί ακατάλληλο δείγμα αέρα/καυσίμου, το σύστημα ρύθμισης θα διορθώσει την αναλογία του μίγματος και σε εκείνους τους κυλίνδρους που λειτουργούν σωστά για να επιτευχθεί ο καλύτερος λόγος λάμδα.

7.4.6 Σύστημα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων

Τα καυσαέρια είναι δυνατό να επαναισαχθούν στο θάλαμο καύσης με σκοπό να μειωθεί η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του, από την οποία εξαρτάται κατά κύριο λόγο ο σχηματισμός των οξειδίων του αζώτου. Στην πράξη, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται από τους περισσότερους κατασκευαστές σε μερικά μοντέλα τους, ιδίως τα μοντέλα TURBO. Χάρη στην πρόοδο που έχει επιτευχθεί στις δυνατότητες επεξεργασίας στοιχείων των εγκεφάλων που χρησιμοποιούνται σήμερα, είναι εύκολο να ελεγχθεί η λειτουργία της βαλβίδας επανακυκλοφορίας (EGR) και να ρυθμιστεί η επανακυκλοφορία των καυσαερίων, ώστε να έχουμε τον καλύτερο συνδυασμό μεταξύ της απόδοσης της μηχανής και της εκπομπής ρύπων.



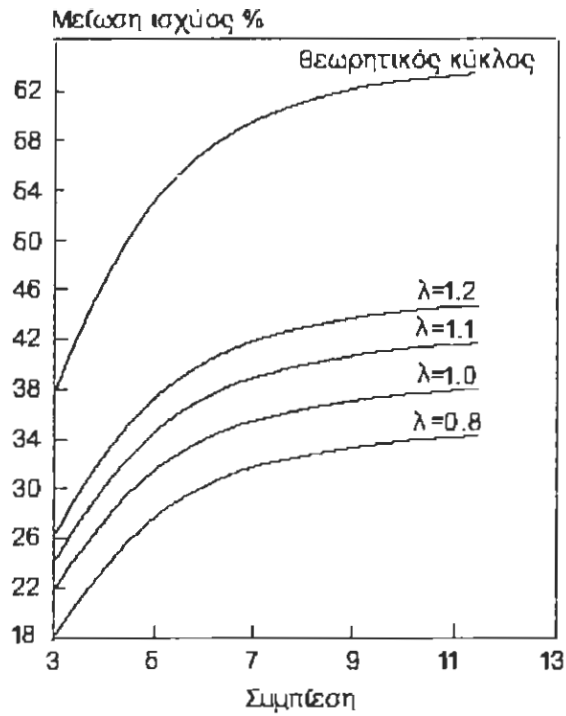
Σχ.10 Σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων

Η χρήση αυτού του συστήματος επηρεάζει επίσης τη χρονική στιγμή της ανάφλεξης, η οποία πρέπει να προσδιορισθεί με ακρίβεια για να επιτευχθεί η ελάχιστη ειδική κατανάλωση. Τα επίπεδα του CO στα καυσαέρια δεν επηρεάζονται από αυτή τη διαδικασία, αν και τα επίπεδα των υδρογονανθράκων αυξάνονται ελαφρά εξαιτίας των υπολειμμάτων που δημιουργούνται στα τοιχώματα του θαλάμου όταν η θερμοκρασία πέφτει (του στρώματος καυσίμου που κολλάει στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως, χωρίς να καίγεται επειδή η φλόγα έχει σβήσει).

Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται μόνο όταν η μηχανή λειτουργεί με μερικό φορτίο αφού σε πλήρες φορτίο προκαλεί ανεπιθύμητη μείωση ισχύος.

7.4.7 Χρόνος ανάφλεξης

Καθυστερώντας την ανάφλεξη της μηχανής, δημιουργείται μια εσκεμμένη μείωση των εκπομπών HC και NOx (διάγραμμα 4.6), η οποία όμως συνοδεύεται από μια ελάττωση της ισχύος στη μηχανή, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής κατανάλωσης (βλ. διάγραμμα 4.7). Αυτός είναι ένας από τους λόγους στους οποίους οφείλεται η μεγάλη ποσότητα ρυπαντών που εκπέμπουν αυτοκίνητα, όταν χρησιμοποιούν αμόλυβδη βενζίνη χωρίς να έχουν υποστεί την απαραίτητη μετασκευή. Με δεδομένο τους χαμηλότερους βαθμούς οκτανίων της αμόλυβδης βενζίνης, η ανάφλεξη πρέπει να επιβραδυνθεί για να αποφευχθούν φαινόμενα προανάφλεξης (πιράκια)..



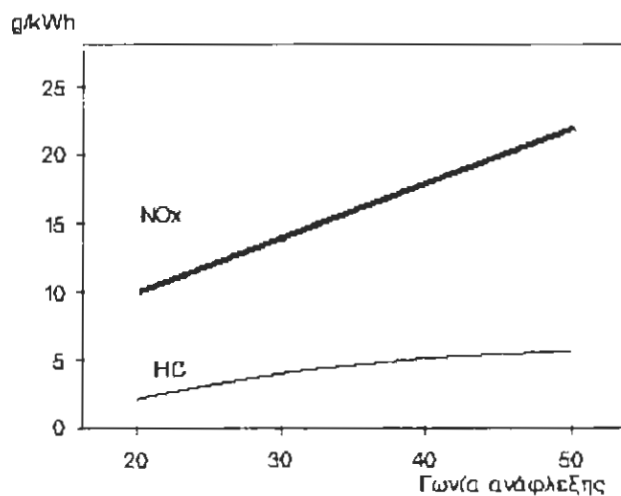
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11

Επίδραση του λόγου συμπίεσης στην απόδοση της μηχανής

7.4.8 Λόγος συμπίεσης

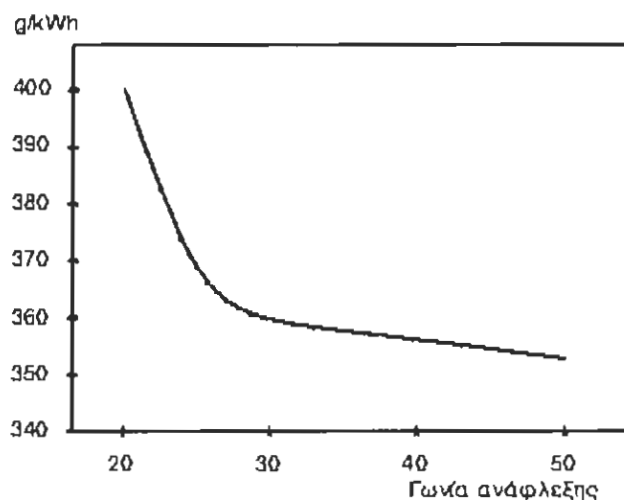
Ένας υψηλός λόγος συμπίεσης συμβάλλει στην καλύτερη απόδοση του αυτοκινήτου, πράγμα που σημαίνει ανάπτυξη μεγαλύτερης ισχύος και μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμων. Ωστόσο οι μέγιστες θερμοκρασίες καύσης θα ανέβαιναν δραματικά, και μαζί τους και οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου.

Επιπλέον ο λόγος συμπίεσης περιορίζεται από τους βαθμούς οκτανίων της βενζίνης που αυτή τη στιγμή διατίθεται στην αγορά. Εάν ο λόγος συμπίεσης ξεπερνούσαν τα όρια που επιβάλλουν οι βαθμοί οκτανίων του καυσίμου, η μηχανή θα κτυπούσε πειράκια, πράγμα που θα μπορούσε να καταστρέψει την κεφαλή του κυλίνδρου και το έμβολο, ειδικά αν αυτό συνέβαινε σε υψηλές ταχύτητες.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12

Επίδραση της γωνίας ανάφλεξης στις συγκεντρώσεις HC και NOx

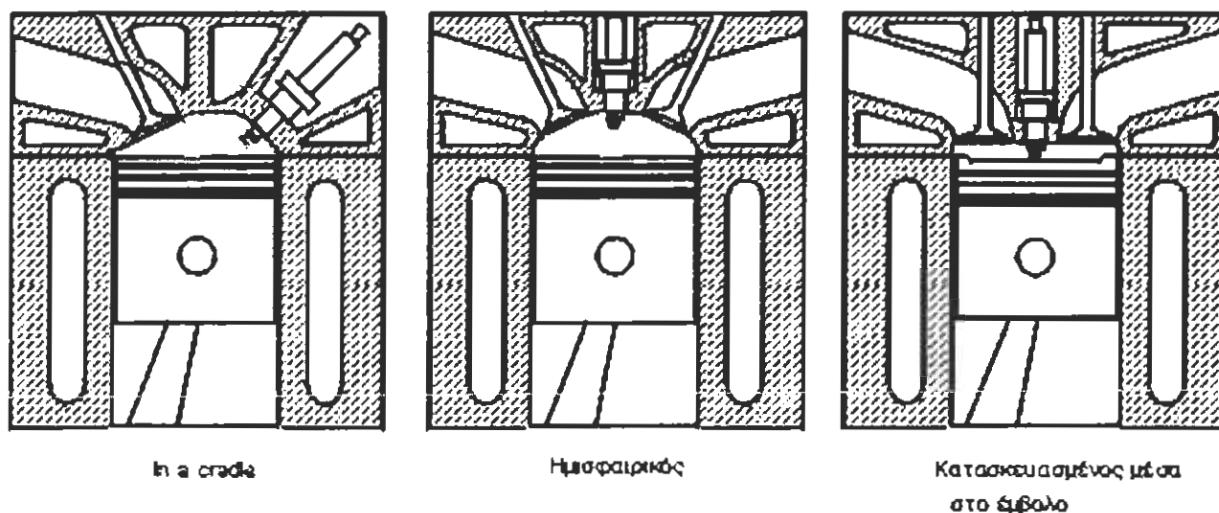


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13

Επίδραση της γωνίας ανάφλεξης στην ειδική κατανάλωση καυσίμων

7.4.9 Θάλαμος καύσης

Στο σχεδιασμό του θαλάμου καύσεως, είναι σημαντικό να υπάρχει μια μικρή λεία επιφάνεια, στο κέντρο της οποίας είναι το μπουζί, έτσι ώστε η φλόγα να διασχίζει μια μικρή απόσταση, για να πετυχαίνουμε όσο το δυνατό τελειότερη καύση και μια ουσιαστική μείωση των εκπομπών HC. Επίσης, σκόπιμο είναι να δημιουργείται η μεγαλύτερη δυνατή ανατάραξη μέσα στο θάλαμο καύσης, γιατί έτσι βελτιώνεται η ομοιογένεια του μίγματος και η διάδοση της φλόγας.



Σχ.11 Διαφορετικοί σχεδιασμοί του θαλάμου καύσης

7.4.10 Λύσεις που σχετίζονται με τα καυσαέρια

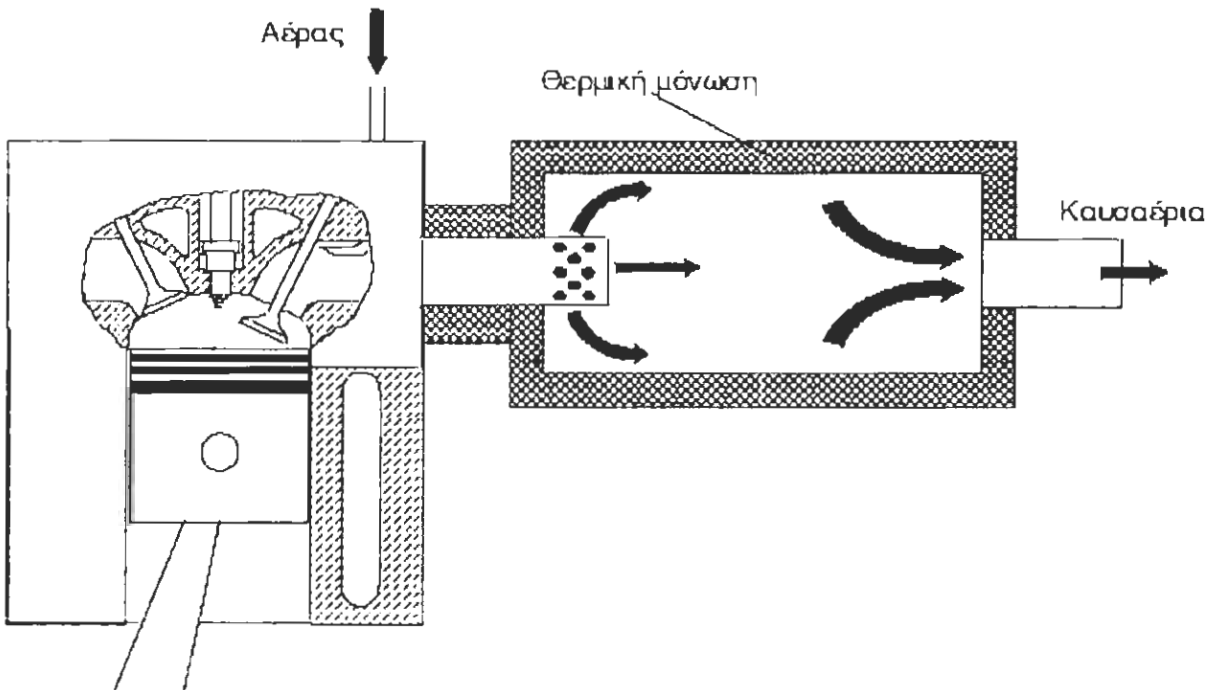
Η σύγχρονη νομοθεσία για την καταπολέμηση της ρύπανσης υποδεικνύει ότι είναι πρακτικά αδύνατο να επιτευχθούν τα όρια που έχουν θεσμοθετηθεί τελειοποιώντας μόνο τη διαδικασία καύσης. Η μόνη αποτελεσματική εναλλακτική λύση είναι η επεξεργασία των καυσαερίων, όταν πια έχουν φύγει από το θάλαμο καύσης.

Μέσω της οξειδωσης στον αέρα, το CO και οι HC μπορούν απλά να μετατραπούν σε έναν αβλαβή συνδυασμό CO₂ και H₂O. Η εξάλειψη των οξειδίων του αζώτου είναι επίσης δυνατή χάρη μια αντίδρασή τους με το O⁻. Αυτές οι χημικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται υπό τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στο σύστημα εξάτμισης, όμως όχι αρκετά γρήγορα ώστε να εξαλειφθούν οι επιβλαβείς ουσίες σε επαρκείς ποσότητες. Δύο λύσεις υπάρχουν για αυτό :

- η θερμική επεξεργασία των καυσαερίων και
- η καταλυτική μετατροπή των καυσαερίων

7.4.11 Θερμική επεξεργασία των καυσαερίων

Ένας τρόπος αφαίρεσης του CO και των HC από τα καυσαέρια είναι η οξείδωσή τους καθώς εξέρχονται από το θάλαμο καύσης. Οι μηχανές που λειτουργούν με φτωχό μίγμα περιέχουν αρκετό οξυγόνο στα καυσαερίά τους για να πραγματοποιηθεί η οξείδωση, υπό τις κατάλληλες συνθήκες. Αντίθετα, οι μηχανές που λειτουργούν με πλούσιο μίγμα απαιτούν πρόσθετο αέρα, το οξυγόνο του οποίου θα πραγματοποιήσει την αντίδραση. Η θερμική επεξεργασία αποτελείται από ένα θάλαμο αρκετά μεγάλο για να περιέχει όλα τα καυσαέρια που παράγει η μηχανή, για χρόνο αρκετό για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της οξείδωσης. Αυτό απαιτεί καλή μόνωση μεταξύ της βαλβίδας εξόδου καυσαερίων και της εξόδου του θαλάμου, έτσι ώστε η αντίδραση να πραγματοποιείται γρήγορα.



Σχ.12 Σχέδιο εγκατάστασης του θερμικού αντιδραστήρα

Για να είναι το σύστημα αποτελεσματικό, πρέπει να επεξεργαστούμε τις παραμέτρους της μηχανής που επηρεάζουν την μετάδοση της θερμότητας, όπως ο σχεδιασμός της πολλαπλής εισαγωγής, η επικάλυψη αυτού του εξαρτήματος με ανακλαστικό υλικό, κλπ. Βασικό πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η μεγάλη μείωση των HC και του CO, αλλά μειονέκτημά του, η αύξηση των εκπομπών NO_x.

Στην πραγματικότητα, σε μερικά οχήματα η θερμική επεξεργασία είναι η εισαγωγή αέρα μέσα στην πολλαπλή εξαγωγή κατά τη διάρκεια της αρχικής εκκίνησης, με σκοπό να

μειωθούν οι εκπομπές ρύπων σε αυτή τη φάση λειτουργίας της μηχανής και να θερμανθεί ο καταλύτης γρηγορότερα.

7.4.12 Καταλυτική μετατροπή των καυσαερίων

Στην καταλυτική μετατροπή χρησιμοποιείται μια παλιά γνωστή χημική διαδικασία για να επιταχυνθεί η αντίδραση που αυτόματα, πραγματοποιείται μέσα στο σύστημα εξάτμισης.

Υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες ουσίες, οι οποίες, χωρίς να παίρνουν μέρος στην αντίδραση, προκαλούν σημαντική επιτάχυνσή της (π.χ. ευγενή μέταλλα, όπως η πλατίνα και το ρόδιο).

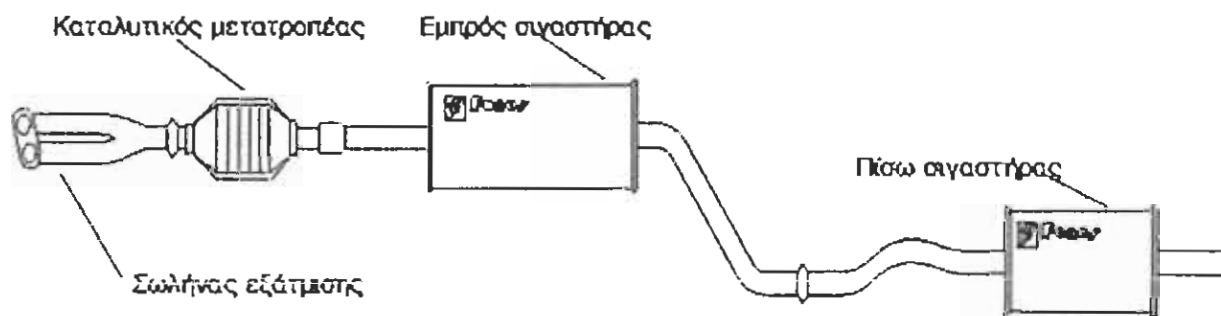
Στην περίπτωση των αυτοκινήτων, τα μέταλλα που ευθύνονται για την καταλυτική μετατροπή των καυσαερίων βρίσκονται σε ένα μεταλλικό κουτί που μοιάζει πολύ με σιγαστήρα εξάτμισης και είναι τοποθετημένο κοντά στη μηχανή για να διατηρεί υψηλή θερμοκρασία. Αυτό το εξάρτημα ονομάζεται καταλύτης ή καταλυτικός μετατροπέας.

7.5 Ο καταλυτικός μετατροπέας

Στο χώρο της χημείας, ουσίες που παραβρίσκονται σε μια χημική αντίδραση και την επιταχύνουν, χωρίς όμως να παίρνουν μέρος σε αυτήν ονομάζονται καταλύτες. Όταν η διαδικασία της αντίδρασης τελειώνει, ο καταλύτης δεν έχει μεταβληθεί και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά.

Στο αυτοκίνητο, ο καταλύτης είναι ένας μηχανισμός τοποθετημένος μέσα στο σύστημα εξάτμισης, πολύ κοντά στη μηχανή προκειμένου να διατηρείται σε υψηλή θερμοκρασία. Σκοπός του είναι να εξουδετερώνει τους ρύπους που παράγονται λόγω της ατελούς καύσης και να τους μετατρέπει σε αβλαβείς ουσίες.

Στην πραγματικότητα, η ονομασία “καταλύτης” δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής, γιατί ο καταλύτης είναι μια ομάδα ευγενών μετάλλων, που περιέχονται μέσα στο μετατροπέα και σκοπό τους έχουν να επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις που αφαιρούν τους ρυπαντές από τα καυσαέρια.

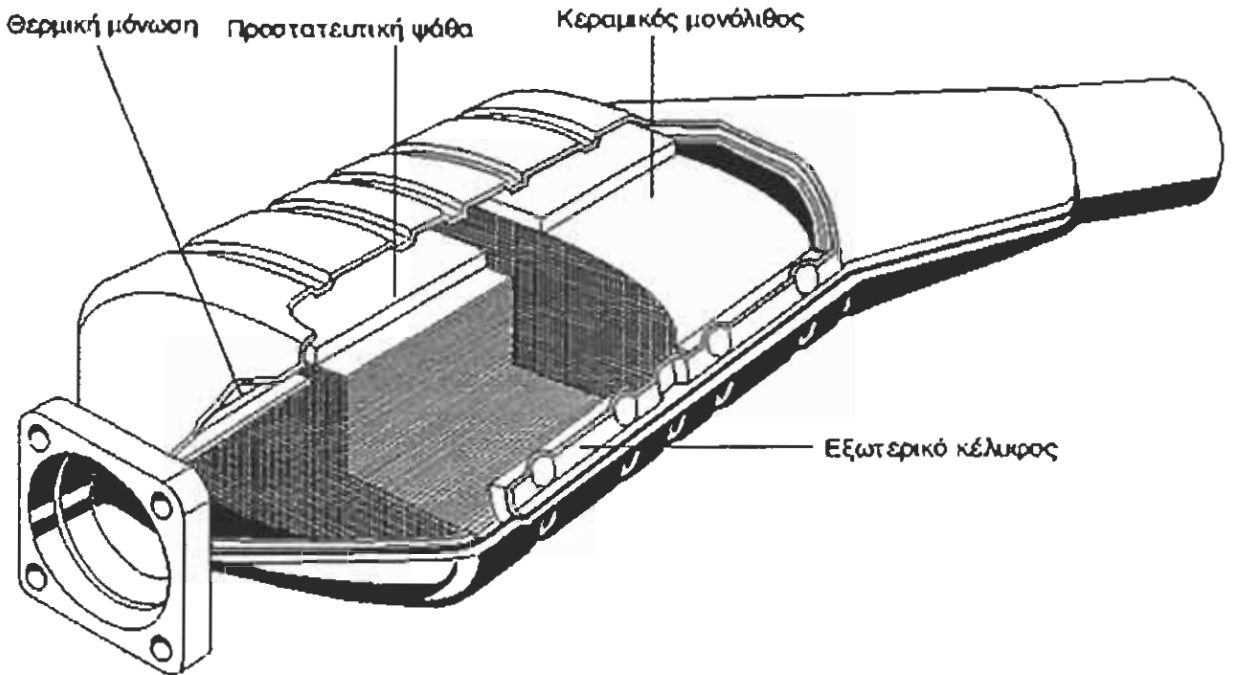


Σχ.13 Θέση του καταλυτικού μετατροπέα μέσα στο σύστημα εξάτμισης

7.5.1 Τα μέρη του καταλυτικού μετατροπέα

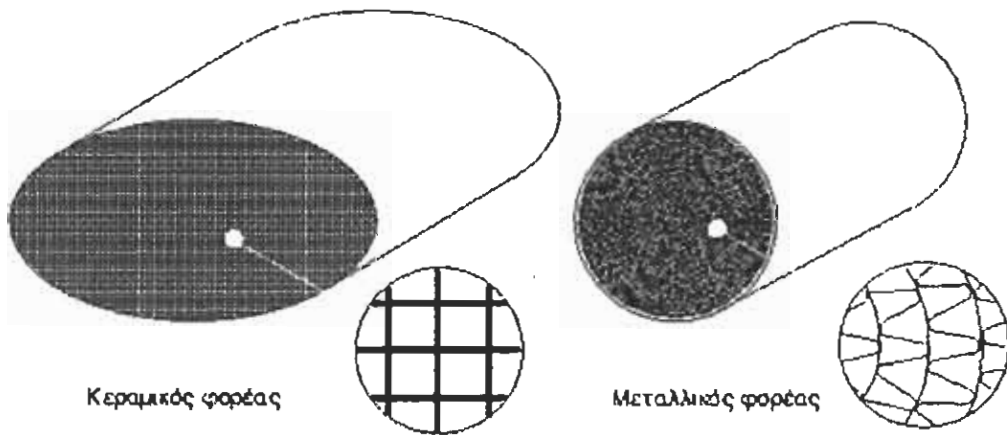
Για να πραγματοποιηθούν γρήγορα και αποτελεσματικά οι χημικές αντιδράσεις, που μειώνουν τους ρυπαντές, πρέπει τα καυσαέρια να έρχονται σε επαφή με τα πολύτιμα μέταλλα που επιταχύνουν τις αντιδράσεις για χρονικό διάστημα αρκετό για να ολοκληρωθεί η χημική αντίδραση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, τα καυσαέρια διοχετεύονται μέσα από εξαιρετικά λεπτούς σωλήνες, έτσι ώστε πρακτικά κάθε μόριο αερίου να έρχεται σε επαφή με τα πολύτιμα μέταλλα. Αυτός ο διαχωρισμός της ροής

πραγματοποιείται από το εσωτερικό υλικό του καταλύτη, το οποίο μπορεί να είναι μεταλλικό ή κεραμικό.



Σχ.14 Τμήμα καταλυτικού μετατροπέα με προστατευτική ψάθα

7.5.2 Κεραμικός φορέας



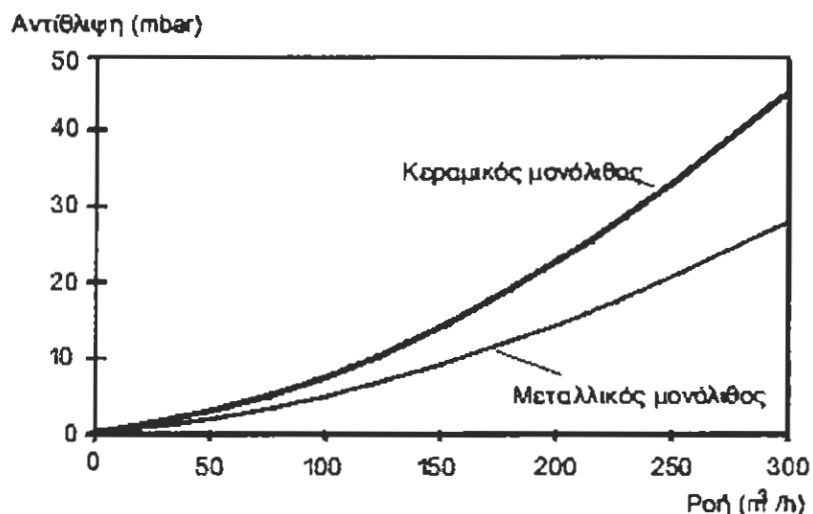
Σχ.15

Συνήθως αναφέρεται ως “κεραμικός μονόλιθος”. Κατασκευάζεται από κορδίτη, ο οποίος βρίσκεται σε εύπλαστη κατάσταση, σε κυψελοειδή μορφή με 400 κανάλια ανά τετραγωνική ίντσα και πάχος τοιχώματος 0.15mm. Με δεδομένη τη λεπτότητα των τοιχωμάτων, το μπροστινό μέρος που είναι ανοικτό στη ροή των καυσαερίων υπερβαίνει το 70% της συνολικής επιφάνειας, για αυτό και η αντίθλιψη είναι πολύ μικρή. Αυτό το εσωτερικό υλικό χρησιμοποιείται στους περισσότερους καταλυτικούς μετατροπείς.

7.5.3 Μεταλλικός φορέας

Κατασκευάζεται από ελάσματα ανοξείδωτου χάλυβα, πάχους 0.01mm, που σχηματίζουν ένα κυψελοειδές πλέγμα (όπως και στον κεραμικό) με 400 κανάλια/τετραγωνική ίντσα. Τα

δύο βασικά πλεονεκτήματα αυτού του είδους φορέα είναι η μικρότερη αντίθλιψη που προκαλείται, αφού η ανοιχτή μπροστινή επιφάνεια υπερβαίνει το 80%, και η μεγαλύτερη ανθεκτικότητά του στις υψηλές θερμοκρασίες. Κύριο μειονέκτημά του αποτελεί το υψηλό κόστος του. Αυτό το είδος φορέα κανονικά χρησιμοποιείται σε μικρούς μετατροπείς ή στους προκαταλύτες, οι οποίοι, επειδή βρίσκονται πολύ κοντά στην εξαγωγή, καταπονούνται σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες.

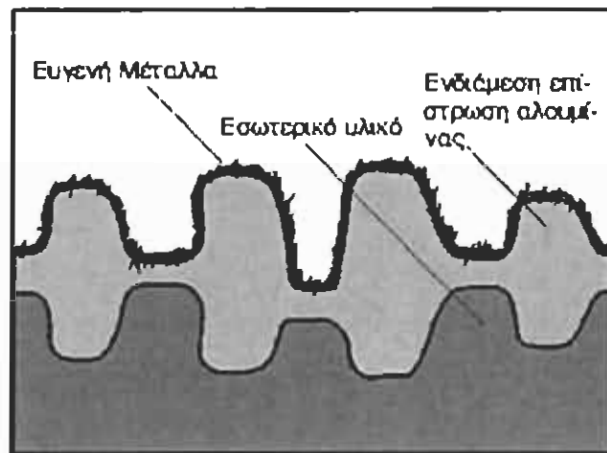


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14

Αντίθλιψη των καυσαερίων στον καταλύτη

Το εσωτερικό υλικό του καταλυτικού μετατροπέα (είτε κεραμικό είτε μεταλλικό) δεν έχει από μόνο του επαρκή επιφάνεια για να επιτευχθεί αποτελεσματική επαφή των καυσαερίων με τα ευγενή μέταλλα. Επιπλέον, χρειάζεται με κάποιο τρόπο να στερεωθούν τα λεγόμενα ευγενή μέταλλα πάνω στο εσωτερικό υλικό. Αυτός είναι ο διπλός ρόλος της ενδιάμεσης επίστρωσης αλουμίνας, (μεταξύ εσωτερικού υλικού και ευγενών μετάλλων), η οποία αυξάνει μέχρι και 100 φορές την ενεργό επιφάνεια στην οποία γίνονται οι αντιδράσεις. Οι τύποι της ενδιάμεσης επίστρωσης ποικίλουν ανάλογα με τα ευγενή μέταλλα και τις ποσότητές τους που θα στερεωθούν σε αυτή, καθώς και με τη μέθοδο κατασκευής της ίδιας της ενδιάμεσης επίστρωσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τη χημική σύσταση, την αποτελεσματικότητα του καταλύτη, την αντίστασή του στις υψηλές θερμοκρασίες και τη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος.

Στην περίπτωση των κεραμικών καταλυτών υπάρχει ένα ενδιάμεσο συστατικό, ανάμεσα στον μονόλιθο και το μεταλλικό κέλυφος, το οποίο συνδέει τον κεραμικό φορέα και το εξωτερικό κάλυμμα, απορροφώντας τις διαφορές διαστολής τους, αφού όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, το χαλύβδινο κέλυφος διαστέλλεται ενώ ο κεραμικός μονόλιθος δεν μεταβάλλεται ως προς τις διαστάσεις του. Συνέπεια αυτού είναι η άνοδος της θερμοκρασίας να επιφέρει αύξηση του χώρου ανάμεσα στον κεραμικό φορέα και το μεταλλικό κάλυμμα. Υπάρχουν δύο λύσεις στο πρόβλημα : η χρήση μιας προστατευτικής ψάθας, είτε τύπου συρμάτινου πλέγματος, είτε τύπου διαστελλόμενου τάπητα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15

Επιφάνεια καναλιού σε μεγέθυνση

7.5.4 Προστατευτική ψάθα τύπου συρμάτινου πλέγματος

Η κατασκευή ενός καταλύτη με αυτό το ενδιάμεσο συστατικό είναι πολύ απλή και με σχετικά χαμηλό κόστος. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η θερμική καταπόνηση που προκαλείται στο συρμάτινο πλέγμα ύστερα από τις αναρίθμητες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας μειώνει την αποτελεσματικότητά του. Το πρόβλημα οξύνεται όταν τα τμήματα του μονόλιθου δεν είναι κυκλικά, γιατί τότε η διαστολή γίνεται ασύμμετρα. Ένα επιπλέον μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να έχει δυσμενή επίδραση στην αποτελεσματικότητά του καταλύτη: πιθανή αδυναμία του συρμάτινου πλέγματος να σταματήσει τα καυσαέρια θα δημιουργήσει μια δίοδο διαφυγής καυσαερίων ανάμεσα στον κεραμικό μονόλιθο και το εξωτερικό κέλυφος χωρίς να γίνει προηγουμένως επεξεργασία τους.

7.5.5 Προστατευτική ψάθα τύπου διαστελλόμενου τάπητα

Αυτή η λύση απαιτεί μεγάλη ακρίβεια στο σχεδιασμό των διαστάσεων. Η ικανότητά της να διαστέλλεται με τη θερμοκρασία είναι πολύ μεγαλύτερη από την ικανότητα του μεταλλικού πλέγματος γι' αυτό και καλύπτει το κενό που προκαλείται από τη διαστολή του μεταλλικού κελύφους πολύ ευκολότερα.

Λειτουργεί επίσης ως μονωτικό στοιχείο, διατηρώντας το μονόλιθο σε υψηλή θερμοκρασία και έτσι βελτιώνει την απόδοση του καταλύτη. Κύριο μειονέκτημά της είναι η ευκολία με την οποία αποσυντίθεται όταν μειώνεται η πυκνότητά της, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί εύκολα να διαβρωθεί αν έρθει σε άμεση επαφή με τα καυσαέρια.

7.5.6 Εξωτερικό μεταλλικό κέλυφος

Κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα που βελτιώνει τα μηχανικά χαρακτηριστικά του στις υψηλές θερμοκρασίες και προβάλλει ισχυρή αντίσταση στη διάβρωση. Χρησιμοποιείται για να ισχυροποιήσει την κατασκευή και να την προστατεύσει από τη διαρκή χρήση και έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες.

Πέρα από αυτά τα κύρια μέρη, ο καταλυτικός μετατροπέας μπορεί να χρησιμοποιεί και άλλα δευτερεύοντα συστατικά μέρη, όπως προστατευτικούς δακτύλιους για την προστατευτική ψάθα τύπου διαστελλόμενου τάπητα, διπλό κέλυφος, μονωτικές κεραμικές ίνες, προστατευτική σχάρα (για τυχόν προσκρούσεις κλπ.) κ.α. Όλα αυτά αποτελούν μέρος

των διαφορετικών σχεδιασμών καταλυτικών μετατροπέων και η ύπαρξή τους αποτελεί επιλογή του κατασκευαστή.

7.5.7 Τύποι καταλυτικών μετατροπέων

Μπορούμε να διαχωρίσουμε τους καταλυτικούς μετατροπείς σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : διοδικούς καταλύτες, αρρυθμιστούς τριοδικούς καταλύτες και ρυθμιζόμενους τριοδικούς καταλύτες. Ο τελευταίος τύπος χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Ευρώπη από όλους τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, αν και είναι επίσης δυνατό να βρούμε διοδικούς καταλύτες σε οχήματα σχεδιασμένα πριν το 1988, ή αρρυθμιστούς τριοδικούς σε αυτοκίνητα από τις ΗΠΑ.

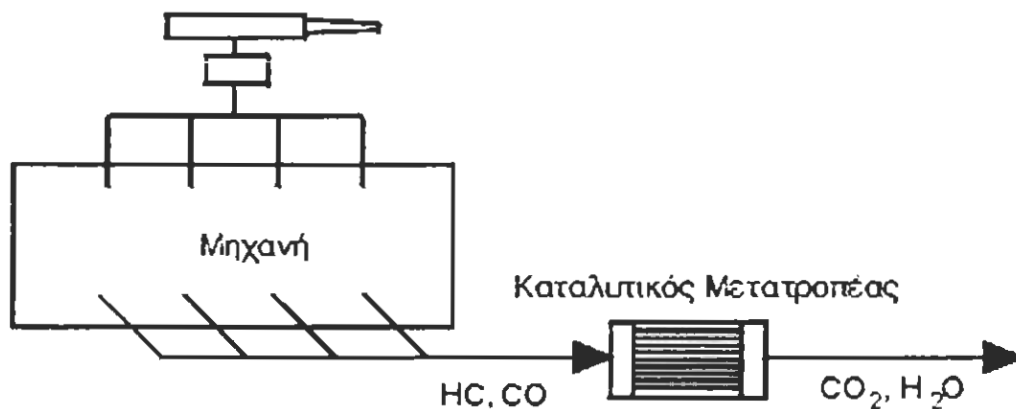
Πρέπει να διευκρινισθεί η έννοια του όρου “οδός” σε έναν καταλυτικό μετατροπέα. Δε σημαίνει ότι τα καυσαέρια έρχονται από δύο ή τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις, ούτε ότι υπάρχουν δύο ή τρεις κεραμικοί μονόλιθοι, αλλά δηλώνει τον αριθμό ρυπαντών, που μπορεί ο καταλύτης να μετατρέψει. Έτσι, ένας διοδικός καταλύτης μετατρέπει δύο ρυπαντές και ένας τριοδικός καταλύτης μετατρέπει τρεις ρυπαντές. Εξωτερικά δεν εμφανίζουν διαφορές (εκτός από τον αρρυθμιστο τριοδικό καταλύτη ο οποίος έχει έναν μικρής διαμέτρου σωλήνα εισαγωγής αέρα). Η διαφοροποίησή τους γίνεται με το είδος της ενδιάμεσης επίστρωσης αλουμίνας που χρησιμοποιούν, καθώς και το είδος ευγενούς μετάλλου που χρησιμοποιείται ως καταλύτης.

7.5.8 Διοδικοί καταλύτες

Είναι επίσης γνωστοί και ως οξειδωτικοί καταλύτες καθώς αυτό το είδος αντίδρασης πραγματοποιούν. Αποτελούν εναλλακτική λύση, αντί των θερμικών μετατροπέων που εξουδετερώνουν το CO και τους HC.

Πετυχαίνουν μεγάλη μείωση αυτών των ρυπαντών, αλλά οι υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες αυτές οι αντιδράσεις πραγματοποιούνται, αυξάνουν τις εκπομπές NOx. Κανονικά αυτοί οι καταλύτες χρησιμοποιούνται σε μηχανές που λειτουργούν με φτωχό μίγμα, αφού οι εκπομπές HC και CO είναι χαμηλές, ενώ τα NOx αντιμετωπίζονται με κάποια άλλη διαδικασία, πχ. επανακυκλοφορία των καυσαερίων.

Αν χρησιμοποιηθούν σε μηχανές που λειτουργούν με πλούσιο μίγμα, για να επιτευχθεί χαμηλή παραγωγή NOx αρχικά, τότε πρέπει να εισαχθεί πρόσθετος αέρας με τη βοήθεια μιας αντλίας, έτσι ώστε να υπάρχει επάρκεια οξυγόνου στον καταλύτη για να πραγματοποιηθεί η οξείδωση.

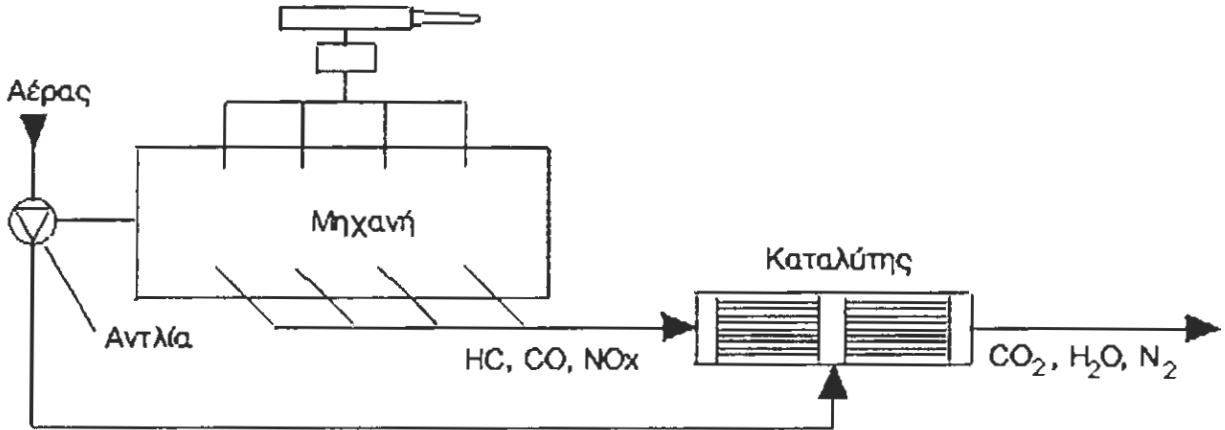


Σχ.16 Διοδικός καταλύτης

7.5.9 Αρρυθμιστος τριοδικός καταλύτης

Ονομάζεται συχνά και “τριοδικός καταλύτης ανοικτού συστήματος ρύθμισης”. Συνήθως δεν συναντάται στην Ευρώπη, γιατί έχει χρησιμοποιηθεί κατ’ αποκλειστικότητα σε οχήματα αμερικανικής κατασκευής.

Αποτελείται από δύο κεραμικούς μονόλιθους τοποθετημένους ξεχωριστά μέσα στο ίδιο μεταλλικό κέλυφος. Ανάμεσα στους δύο μονόλιθους υπάρχει ένας ατσάλινος σωλήνας, στον οποίο είναι συνδεδεμένο ένα σωληνάκι αντλίας που εισάγει τον αέρα από τη μηχανή. Ο πρώτος καταλύτης προκαλεί αναγωγικές αντιδράσεις, μετατρέποντας έτσι τα NOx, ενώ στο δεύτερο οξειδώνονται το CO και οι HC.

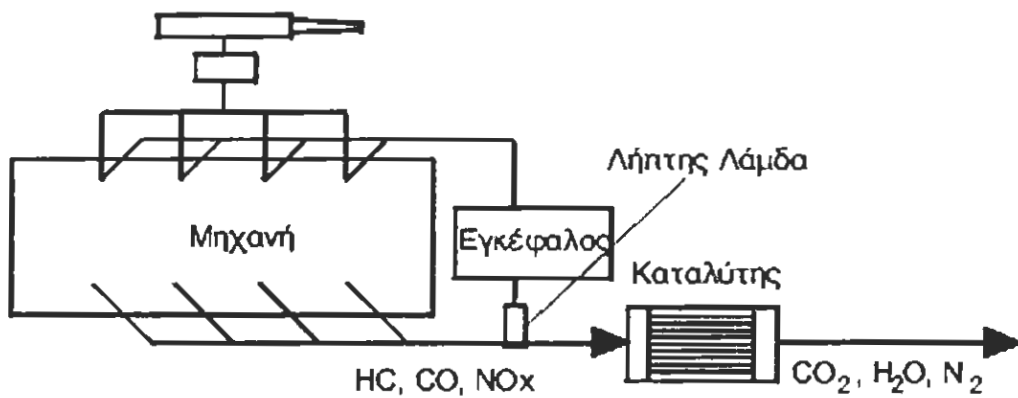


Σχ.17 Τριοδικός καταλύτης ανοικτού συστήματος ρύθμισης

Για να πραγματοποιηθούν αποτελεσματικά οι αναγωγικές αντιδράσεις στον πρώτο μονόλιθο πρέπει να υπάρχει έλλειψη οξυγόνου στα καυσαέρια, άρα η μηχανή πρέπει να λειτουργεί με πλούσιο μίγμα, το οποίο είναι αντιοικονομικό. Από την άλλη, ο δεύτερος καταλύτης χρειάζεται οξυγόνο για να λειτουργήσει, γι’ αυτό πρέπει να τροφοδοτείται με πρόσθετο αέρα μέσω μιας αεραντλίας.

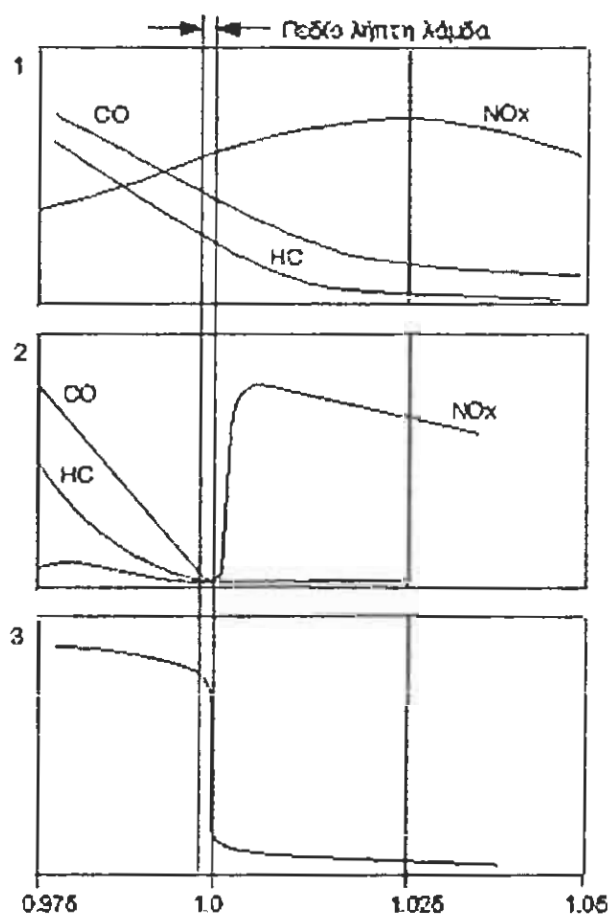
7.5.10 Ρυθμιζόμενοι τριοδικοί καταλύτες

Ονομάζονται επίσης “τριοδικοί καταλύτες κλειστού συστήματος ρύθμισης”. Αυτή η ονομασία (όπως η αντίστοιχη “τριοδικός ανοικτού συστήματος ρύθμισης” για τους αρρυθμιστους τριοδικούς), αναφέρεται στην ύπαρξη ή μη λήπτη λάμδα, που αντιστοίχως δημιουργεί κλειστό ή ανοικτό σύστημα ρύθμισης. Σε αντίθεση με τους αρρυθμιστους τριοδικούς, που πραγματοποιούν πρώτα τις αναγωγικές και ύστερα τις οξειδωτικές αντιδράσεις, οι ρυθμιζόμενοι τριοδικοί πραγματοποιούν και τις τρεις αντιδράσεις ταυτόχρονα. Η οξείδωση των HC και του CO συμβαίνει συγχρόνως με την αναγωγή των NOx.



Σχ.18 Τριοδικός καταλύτης κλειστού συστήματος ρύθμισης

Για να γίνουν επαρκώς οι αντιδράσεις πρέπει το μίγμα αέρα/καυσίμου να βρίσκεται πολύ κοντά στο τέλειο μίγμα, συνεπώς είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικού συστήματος ψεκασμού καυσίμων ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συστήματος τροφοδοσίας, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κλειστό σύστημα ρύθμισης.



Διάγραμμα 16

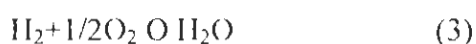
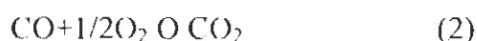
- 1: Εκπομπές πριν την κατάλυση
- 2: Εκπομπές μετά την κατάλυση
- 3: Μηνύματα λήπτη λάμδα

Η αποτελεσματικότητα του τριοδικού καταλύτη καθορίζεται από το λόγο λάμδα λειτουργίας της μηχανής. Η τέλεια καταλυτική αντίδραση είναι δυνατή μόνο μέσα στο “πεδίο λάμδα”. Όταν ο λόγος λάμδα διατηρείται μέσα σε αυτά τα όρια, οι τρεις χημικές αντιδράσεις (οξειδωση του CO, οξειδωση των HC και αναγωγή των NOx) πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και πολύ αποτελεσματικά.

Εάν το μίγμα γίνει φτωχότερο και ο λόγος λάμδα αυξηθεί σε βαθμό να ξεπεράσει τα όρια του “πεδίου λάμδα” της βέλτιστης περιοχής λειτουργίας του τριοδικού καταλύτη, η ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια θα εμποδίσει την πραγματοποίηση της αναγωγικής αντίδρασης και οι εκπομπές NOx θα αυξηθούν ραγδαία. Όμοια αν το μίγμα εμπλουτιστεί και ο λόγος λάμδα μειωθεί, η έλλειψη οξυγόνου θα δυσχεράνει τις οξειδωτικές αντιδράσεις, αυξάνοντας τις εκπομπές CO και HC.

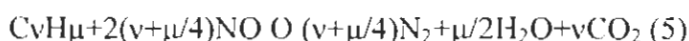
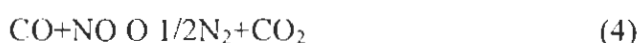
7.5.11 Χημικές αντιδράσεις

Μέσα στην ομάδα των υδρογονανθράκων πολλές διαφορετικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται και σε ποικίλες ταχύτητες. Εκείνοι που αντιδρούν πιο αργά είναι οι κεκορεσμένοι υδρογονάνθρακες (ειδικά το μεθάνιο). Οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες εφόσον βρίσκονται σε πλούσια σε οξυγόνο ατμόσφαιρα) και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί αντιδρούν σε μέτρια ταχύτητα, αλλά το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το υδρογόνο (H₂) αντιδρούν ταχύτατα.



Αυτές είναι οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στους οξειδωτικούς καταλύτες και μέσα από αυτές πετυχαίνουμε δραστική μείωση των HC και του CO.

Στους τριοδικούς καταλύτες πραγματοποιούνται επίσης και άλλες αντιδράσεις, είτε ταυτόχρονα (καταλύτες κλειστού συστήματος ρύθμισης) είτε διαδοχικά (καταλύτες ανοικτού συστήματος ρύθμισης). Αυτές είναι οι αναγωγικές αντιδράσεις που τελικά θα εξουδετερώσουν τα οξείδια του αζώτου (NOx).



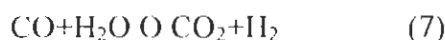
Οι αντιδράσεις (2) και (4) είναι οι κύριες αντιδράσεις που πραγματοποιούνται σε έναν τριοδικό καταλύτη για να αφαιρεθούν το CO και οι HC. Σε έναν καταλύτη ανοικτού συστήματος ρύθμισης (αρρυθμιστο τριοδικό) συμβαίνουν διαδοχικά, ενώ σε ένα καταλύτη κλειστού συστήματος ρύθμισης (ρυθμιζόμενο τριοδικό) συμβαίνουν ταυτόχρονα. Στη δεύτερη περίπτωση, για να πραγματοποιηθούν οι αντιδράσεις, οι συνθήκες πρέπει να ρυθμίζονται τέλεια.

Υπάρχουν επίσης κάποιες ξεκάθαρες προϋποθέσεις, που πρέπει να καλυφθούν ώστε οι δύο αντιδράσεις να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα. Η αντίδραση (2) θα προκαθορίσει αν το μίγμα θα γίνει φτωχό και τα καυσαέρια θα είναι πλούσια σε οξυγόνο. Εάν συμβεί αυτό, η αντίδραση (4) που είναι πιο αργή, θα μετακινηθεί προς τα αριστερά και η μετατροπή του NO θα μειωθεί. Αντιστρόφως, εάν υπάρχει μια φανερή έλλειψη οξυγόνου, η συγκέντρωση αυτού του αερίου και του NO δεν θα είναι αρκετή για να επιτύχει τα απαραίτητα για τη μετατροπή του CO και των HC επίπεδα.

Με δεδομένο ότι η αντίδραση (4) είναι πιο αργή από την αντίδραση (2), και για να επιτύχουμε την πιο αποτελεσματική μετατροπή του CO και του NO, πρέπει να μετακινήσουμε την αντίδραση (4) προς τα δεξιά, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί στην ίδια ταχύτητα με την αντίδραση (2). Ο λόγος λάμδα λειτουργίας της μηχανής θα πρέπει συνεπώς να είναι λίγο μικρότερος από 1.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι τριοδικοί καταλύτες είναι χρήσιμοι, μόνο μέσα στο λεγόμενο πεδίο λάμδα, κοντά στο σημείο όπου το μίγμα είναι τέλειο. Εάν ο καταλύτης λειτουργεί μέσα σε αυτό το πεδίο, πετυχαίνει μια πολύ καλή μείωση των τοξικών εκπομπών. Η έρευνα συνεχίζει τις προσπάθειες διεύρυνσης αυτού του πεδίου λάμδα όσο το δυνατόν περισσότερο. Μια τέτοια διεύρυνση θα ήταν δυνατή αν αυξήσουμε την ικανότητα του ροδίου να δεσμεύει οξυγόνο, με την εξασφάλιση αρκετών οξειδίων αλουμινίου (ενδιάμεση επίστρωση αλουμίνιας) πάνω στην προστατευτική ψάθα τύπου διαστελλόμενου τάπητα. Όταν δεν υπάρχει επάρκεια οξυγόνου στα καυσαέρια, αυτά μπορούν να οξειδώσουν τους υδρογονάνθρακες και το μονοξείδιο του άνθρακα για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου θα κατακρατούν τα καυσαέρια, επιβραδύνοντας έτσι τη διαδικασία της οξειδωσης.

Άλλος ένας τρόπος επιτάχυνσης της μετατροπής των υδρογονανθράκων και του CO κατά την περίοδο ανεπάρκειας οξυγόνου είναι η χρήση καταλυτών οι οποίοι επιταχύνουν τις αντιδράσεις (7) και (8). Χάρη στην παρουσία των υδρατμών, οι οποίοι βρίσκονται πάντοτε σε ικανοποιητικές ποσότητες, κάποιοι από τους ρυπαντές μπορούν να οξειδωθούν και με απουσία οξυγόνου.



Στην πραγματικότητα οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μέσα σε έναν καταλυτικό μετατροπέα είναι πολύ περίπλοκες, και πέρα από εκείνες που εξετάσαμε - οι οποίες είναι όλες επιθυμητές - παράλληλες αντιδράσεις μπορεί να πραγματοποιηθούν, οι οποίες να σχηματίσουν άλλες ανεπιθύμητες ουσίες.



Αυτό το πρόβλημα της “δευτερεύουσας ρύπανσης” έχει γίνει αντικείμενο ευρείας εξέτασης στις ΗΠΑ, όπου οι καταλυτικοί μετατροπέες είναι ο κανόνας, και το συμπέρασμα ήταν, ότι έχει μικρή σημασία. Με τη χρήση ρυθμιζόμενων τριοδικών καταλυτών, οι οποίοι λειτουργούν πολύ κοντά στο τέλειο μίγμα, είναι δυνατή η επίτευξη ευνοϊκών αποτελεσμάτων όπου οι παράλληλες αντιδράσεις πρακτικά εξαφανίζονται. Μόνο όταν το αυτοκίνητο είναι καινούργιο ή η μηχανή δεν είναι σωστά ρυθμισμένη είναι πιθανό να εντοπιστεί δευτερεύουσα ρύπανση. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι το υδρόθειο (H_2S) εξαιτίας της διαπεραστικής του οσμής χαλασμένων αυγών.

7.6 Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα

Για τη σωστή λειτουργία του καταλύτη (καταλυτικού μετατροπέα), εξαιρετική σημασία έχει η καταρχήν σωστή τοποθέτησή του, καθώς και ο περιοδικός έλεγχός του σε ολόκληρη

τη διάρκεια ζωής του. Οι καταλύτες είναι στιβαρής κατασκευής και φυσιολογικά έχουν διάρκεια ζωής 80.000 χλμ. Όμως η ζωή τους μπορεί να μειωθεί, αν το όχημα δεν συντηρείται σωστά ή η μηχανή δεν λειτουργεί κανονικά. Τα περισσότερα προβλήματα πρόωρης καταστροφής μπορούν να αποφευχθούν με περιοδικό έλεγχο της μηχανής, του καταλύτη και του λήπτη λάμδα.

Ο ιδιοκτήτης ενός οχήματος εφοδιασμένου με καταλυτικό μετατροπέα θα πρέπει να τηρεί κάποιες βασικές αρχές προκειμένου να τον διατηρήσει σε τέλεια λειτουργία, για όλα τα χιλιόμετρα, που η διάρκεια ζωής του προβλέπει. Αυτές οι αρχές είναι :

1. Ποτέ μη χρησιμοποιείτε βενζίνη με μόλυβδο, αφού ακόμα και μικρές ποσότητες μολύβδου μπορούν να καταστρέψουν τον καταλύτη.
2. Ελέγξτε την κατανάλωση λαδιού της μηχανής, ώστε να μην υπερβαίνει το ένα λίτρο ανά 1000 χλμ. Μεγαλύτερη κατανάλωση θα προκαλέσει σοβαρές βλάβες στις καταλυτικές ιδιότητες του μετατροπέα.
3. Μην προσπαθήσετε να ξεκινήσετε το όχημα με το να το σπρώχνετε, όταν ο καταλύτης είναι ζεστός, καθώς η μηχανή μπορεί να στείλει άκαυστο καύσιμο μέσα στον καταλύτη, όπου αυτό θα καεί, καταστρέφοντας τον κεραμικό μονόλιθο (θα σπάσει ή θα λιώσει).
4. Μη χρησιμοποιείτε στα καύσιμα πρόσθετα που περιέχουν μόλυβδο καθώς αυτός θα δηλητηριάσει τον καταλύτη και θα τον αχρηστεύσει.
5. Συνιστάται η τακτική συντήρηση του αυτοκινήτου, ιδίως του συστήματος ανάφλεξης, καθώς κάθε σοβαρή βλάβη του, καταστρέφει τον καταλύτη.
6. Ποτέ μην αφήνετε το ρεζερβουάρ να αδειάσει, καθώς αυτό προκαλεί ακανόνιστη παροχή καυσίμου, με συνέπεια τη δημιουργία μικροεκρήξεων (πειράκια) και υψηλή θερμοκρασία μέσα στον καταλύτη, με αποτέλεσμα να λιώσει ο κεραμικός μονόλιθος.

Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα

7.6.1 Αιτίες βλαβών καταλύτη

Όταν ένας καταλύτης καταστρέφεται πρόωρα, είναι απολύτως απαραίτητο να βρεθεί η αιτία της βλάβης, αφού ο αντικαταστάτης του, μπορεί να επηρεαστεί από το ίδιο πρόβλημα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η κακή λειτουργία ενός καταλύτη, όταν τα χλμ. χρήσης του δεν δικαιολογούν τέλος της διάρκειας ζωής του είναι δυνατό να οφείλεται σε κάποια (ή περισσότερες) από τις παρακάτω αιτίες :

- Δηλητηρίαση από μόλυβδο
- Βούλωμα από εξωτερικά υλικά
- Σπάσιμο λόγω πρόσκρουσης
- Τήξη του μονόλιθου

7.6.2 Δηλητηρίαση από μόλυβδο

Ο μόλυβδος που περιέχεται στη βενζίνη καθώς και σε μερικά πρόσθετα καύσιμα που χρησιμοποιούν οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων, καταστρέφει σημαντικά τον καταλυτικό μετατροπέα σε βαθμό, που να τον καθιστά εντελώς άχρηστο. Η δηλητηρίαση από το μόλυβδο είναι μια χημική αντίδραση. Ο μόλυβδος αντιδρά με τα ευγενή μέταλλα μέσα στον καταλύτη εξουδετερώνοντας την ικανότητά τους να επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις. Η κατανάλωση ενός γεμάτου ρεζερβουάρ βενζίνης με μόλυβδο, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα του καταλύτη, χωρίς όμως η ζημιά να είναι ανεπανόρθωτη. Δύο ή τρία γεμάτα ρεζερβουάρ με μολυβδόχο βενζίνη θα προκαλέσουν μόνιμη καταστροφή.

Από τη στιγμή που ο καταλύτης δηλητηριαστεί από μόλυβδο, δεν θα εκτελεί τον σκοπό της λειτουργίας του δηλ. την αφαίρεση των ρυπαντών, αν και η απόδοση του αυτοκινήτου δεν θα επηρεαστεί αρχικά, εκτός εάν έχει καταστραφεί και ο λήπτης λάμδα - πράγμα πιθανό- καθώς κάποιοι λήπτες είναι ευαίσθητοι στο μόλυβδο. Σε αυτήν την περίπτωση το αυτοκίνητο δεν θα λειτουργεί ομαλά και το ρελαντί δεν θα είναι σταθερό εξαιτίας της βλάβης στο σύστημα ρύθμισης του λήπτη λάμδα.

Ο μόλυβδος στην εξάτμιση μπορεί να ανιχνευθεί με την βοήθεια ενός χημικά επεξεργασμένου χαρτιού το οποίο ακουμπάμε στις αποθέσεις που σχηματίστηκαν είτε στο σύστημα εξάτμισης είτε στον καταλύτη. Αυτό το χαρτί, υποδεικνύει την παρουσία μόλυβδου αλλάζοντας χρώμα.

7.6.3 Βούλωμα

Η έλλειψη επιτάχυνσης και η απώλεια ιπποδύναμης, μπορεί να αποτελούν ενδείξεις βουλώματος του συστήματος εξάτμισης, συνήθως στον καταλύτη. Αυτό το είδος της βλάβης συνήθως προκαλείται από σωματίδια προερχόμενα από τη μηχανή λόγω κακής λειτουργίας, υπερβολική κατανάλωση λαδιού ή από σκουριά στο σωλήνα της πολλαπλής εξαγωγής. Ένας καταλύτης που δηλητηριάστηκε από μόλυβδο, μπορεί επίσης να βουλώσει, καθώς δεν είναι πλέον σε θέση να επεξεργαστεί τα μικρά σωματίδια άνθρακα που δημιουργεί η μηχανή και τα οποία ένας υγιής καταλύτης θα εξαφάνιζε σχεδόν εντελώς.

7.6.4 Σπάσιμο λόγω πρόσκρουσης

Ο κεραμικός μονόλιθος που σχηματίζει το εσωτερικό στρώμα του καταλύτη είναι εξαιρετικά ευαίσθητος σε χτυπήματα. Με δεδομένη τη θέση του στο όχημα, εκτίθεται σε κάθε είδους κακομεταχείριση. Επίσης, οι δονήσεις από ένα χαλαρό σύστημα εξάτμισης λόγω κακής στερέωσης, μπορούν να προκαλέσουν σπασίματα του κεραμικού μονόλιθου. Κανονικά οι καταλύτες προστατεύονται εξωτερικά από ένα μεταλλικό κέλυφος, που εμποδίζει πέτρες ή άλλα αντικείμενα, που μπορεί να βρεθούν στο δρόμο και να σπάσουν το μονόλιθο.

7.6.5 Λιώσιμο του μονόλιθου

Πολλά πράγματα που συμβαίνουν σε μια μηχανή μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του καταλυτικού μετατροπέα, αλλά το μόνο που μπορεί να προκαλέσει τήξη του μονόλιθου είναι η είσοδος άκαυστου καυσίμου στον καταλύτη λόγω κακής λειτουργίας της μηχανής. Η ζημιά που προκαλείται κυμαίνεται από μικρή πτώση της αποτελεσματικότητας του καταλύτη έως και πλήρες λιώσιμο του μονόλιθου.

Προβλήματα στο σύστημα ανάφλεξης είναι συνήθως η αιτία της εισόδου άκαυστου καυσίμου στο σύστημα εξάτμισης. Μπουζί που δεν λειτουργούν κανονικά, ελαττωματική τροφοδοσία και σπασμένα μπουζοκαλώδια προκαλούν ατελή καύση και αυξάνουν σε υψηλά επίπεδα τους υδρογονάνθρακες στα καυσαέρια. Μόλις αυτοί οι υδρογονάνθρακες φτάσουν στον καταλύτη, και με δεδομένη την υψηλή θερμοκρασία στην οποία λειτουργεί (περίπου 1000° C), καίγονται μέσα σε αυτόν. Αυτό προκαλεί ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας, μέχρι το σημείο όπου ο κεραμικός μονόλιθος λιώνει (1400° C).

Χρειάζονται μόνο δύο δευτερόλεπτα χωρίς ανάφλεξη στον κύλινδρο, όταν η μηχανή λειτουργεί υπό χαμηλό φορτίο, για να λιώσει ο μονόλιθος εντελώς.

Μακρά διαστήματα λειτουργίας της μηχανής με μίγμα είτε πολύ πλούσιο είτε πολύ φτωχό μπορούν επίσης να προκαλέσουν αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στον καταλύτη με συνέπεια και πάλι την τήξη του μονόλιθου.

7.7 Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα

Έλεγχος του καταλύτη

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Σε αυτό το τμήμα θα ασχοληθούμε με πληροφορίες για τα καυσαέρια που συλλέχθηκαν με τη βοήθεια ειδικού εξοπλισμού (αναλυτή καυσαερίων). Οι τιμές που χρησιμοποιούνται είναι ενδεικτικές και μόνο, γιατί οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, η ρύθμιση του αναλυτή αλλά και πιθανό εσωτερική βλάβη του ίδιου του αναλυτή θα μπορούσαν να προκαλέσουν διαφοροποίηση των τιμών από εκείνες που παραθέτονται εδώ. Για κάθε ομάδα ενδείξεων συμπεριλαμβάνεται ερμηνεία του τι πραγματικά σημαίνουν, επιτρέποντας έτσι σε εκείνον που διενεργεί τον έλεγχο να αποφασίσει αν είναι λογικές ή όχι, ακόμη κι αν δεν είναι ακριβώς μέσα στα συνιστώμενα όρια.

Ο καταλύτης είναι μια πολύ ευαίσθητη συσκευή και ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του, αποτελεί μια περίπλοκη διαδικασία, καθώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μόνο έμμεσες μεθόδους. Με τα εργαλεία που είναι συνήθως διαθέσιμα σε ένα συνεργείο, δεν είναι δυνατό να υπολογίσουμε πόσο αποτελεσματικά λειτουργεί.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν αναλυτή καυσαερίων για να μετρήσουμε τις τιμές τεσσάρων αερίων : CO, CO₂, HC και O₂. Χρειαζόμαστε επίσης μια σχετικά ακριβή ένδειξη του λόγου λάμδα. Ως εναλλακτική λύση για τον αναλυτή καυσαερίων υπάρχουν άλλες συσκευές που διατίθενται στην αγορά. Καθένας τους έχει ρυθμιστεί για ένα συγκεκριμένο μετατροπέα από την ίδια την κατασκευή του. Πλεονέκτημά τους είναι η ευκολία χρήσης τους, αν και δεν κάνουν διάγνωση του προβλήματος, όταν η μηχανή δεν λειτουργεί κανονικά.

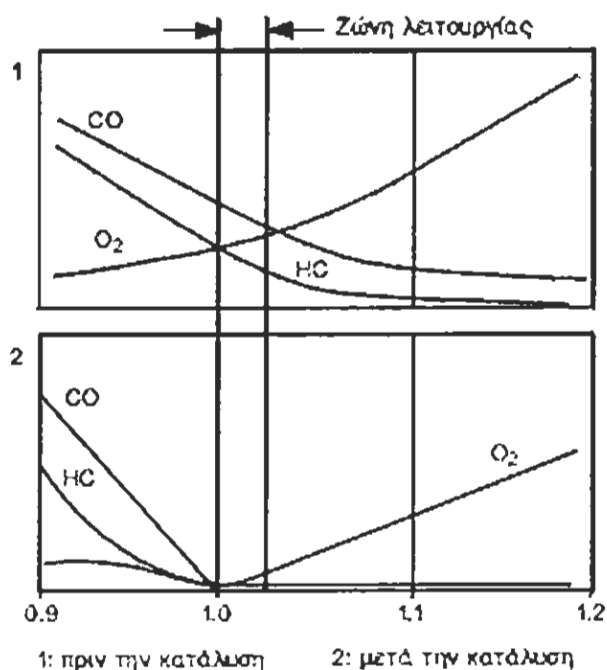
Ο ακριβέστερος τρόπος ελέγχου του καταλύτη είναι ο αναλυτής τεσσάρων αερίων. Εξετάζοντας τα καυσαέρια όπως βγαίνουν από την εξάτμιση σε λειτουργία με ταχύτητα περίπου **1500 r.p.m.** είναι εύκολο να διαπιστωθεί πιθανή δυσλειτουργία του καταλύτη. Κατά τη διεξαγωγή αυτού του τεστ, πρέπει να φροντίσουμε, ότι τόσο η μηχανή όσο και ο καταλύτης να έχουν φτάσει τις κατάλληλες θερμοκρασίες λειτουργίας τους. Αν και η μηχανή μπορεί να έχει φτάσει σε θερμοκρασία λειτουργίας, ο καταλύτης μπορεί να μη δουλεύει στην καλύτερη θερμοκρασία λειτουργίας, εμφανίζοντας έτσι χαμηλή ή και μηδενική μετατρεπτική δυνατότητα. Για να εξασφαλίσουμε μια αρκετά υψηλή θερμοκρασία του καταλύτη κατά τη διεξαγωγή του τεστ, θα πρέπει να δουλέψει η μηχανή (αφού έχει ζεσταθεί) για περίπου 3 λεπτά στις **2.500 r.p.m.**

Όταν διεξάγουμε αυτό το τεστ καυσαερίων, η καλύτερη συγκέντρωση καθενός από τα αέρια που θα επιτρέψει στον καταλύτη να λειτουργήσει σωστά ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του καταλύτη (διοδικός, αρρυθμιστος τριοδικός ή ρυθμιζόμενος τριοδικός).

7.7.1 Διοδικός καταλύτης

Ο διοδικός καταλύτης είναι σε θέση να επιταχύνει μόνο την οξειδωτική διαδικασία, επομένως η μηχανή πρέπει να λειτουργεί με ένα ελαφρά φτωχό μίγμα. Ο λόγος λάμδα

πρέπει συνεπώς να είναι πάντοτε μεγαλύτερος από 1, και είναι απαραίτητη η περίσσεια οξυγόνου, για να εξασφαλιστεί η τέλεια πραγματοποίηση των οξειδωτικών αντιδράσεων.



Διάγραμμα 17

Εάν ο καταλύτης λειτουργεί σωστά και η μηχανή είναι επίσης σωστά ρυθμισμένη, οι συγκεντρώσεις CO και HC θα είναι πολύ χαμηλές και το ποσοστό του CO₂ ψηλότερο από εκείνο ενός αυτοκινήτου, που δεν έχει καταλυτικό μετατροπέα, αν και στην ίδια μηχανή χωρίς καταλύτη κάποια από τα καυσαέρια θα μετατρέπονταν σε CO₂ αυξάνοντας έτσι το ποσοστό παρουσίας του CO₂.

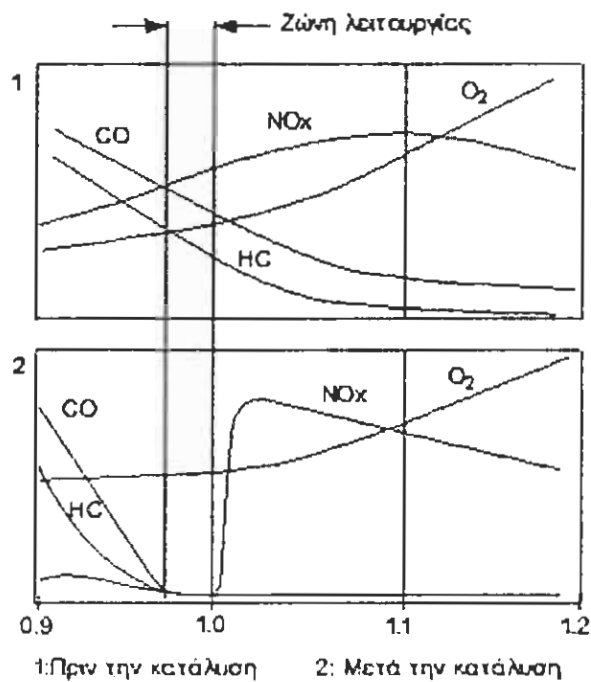
CO λιγότερο από 0.2 % HC λιγότερο από 50 ppm

O₂ περισσότερο από 0.2 % CO₂ περισσότερο από 12 %

λ μεγαλύτερος από 1.01

7.7.2 Αρρυθμιστος τριοδικός καταλύτης

Αυτός ο τύπος καταλύτη απαιτεί τη διεξαγωγή δύο διαδοχικών τεστ : το πρώτο πριν τον καταλύτη και το δεύτερο μετά τον καταλύτη.



Διάγραμμα 18
Αρρυθμιστος τριοδικός καταλύτης που λειτουργεί σωστά

CO λιγότερο από 0.2 % HC λιγότερο από 50 ppm
 O₂ περισσότερο από 1.0 %

Εάν ο καταλύτης λειτουργεί σωστά, τα επίπεδα HC και CO είναι χαμηλότερα και με δεδομένο ότι στο σύστημα γίνεται πρόσθετη εισαγωγή αέρα, υπάρχει περίσσεια οξυγόνου στα καυσαέρια. Με αυτές τις τιμές μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι ο καταλύτης εκπληρώνει τον οξειδωτικό σκοπό του, αν και μπορεί να μην είναι σε θέση να πετύχει τις αναγωγικές αντιδράσεις που θα εξαφανίσουν το NO_x. Για να αποδειχθεί ότι επίσης ανάγει τα οξείδια του αζώτου, πρέπει να πραγματοποιήσουμε ένα δεύτερο τεστ, αυτή τη φορά χωρίς τον πρόσθετο αέρα.

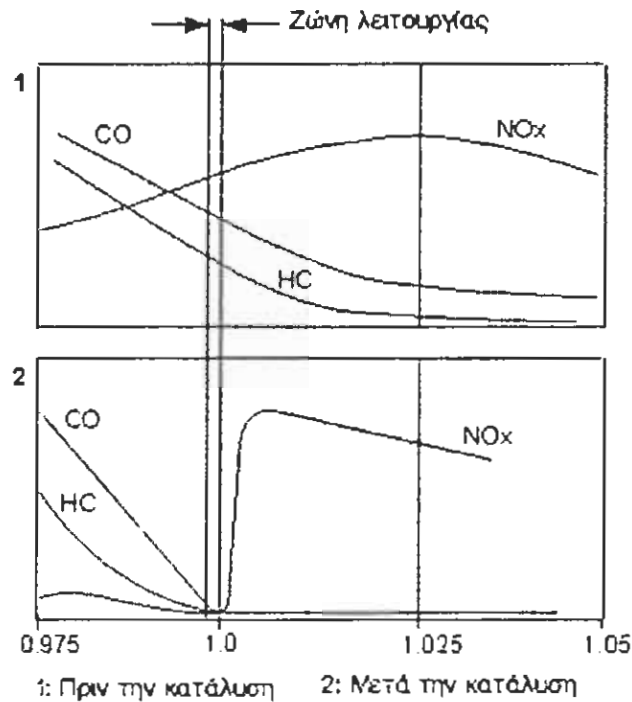
Με αποσυνδεδεμένη την εισαγωγή αέρα :

O₂ λιγότερο από 0.8 % λ μικρότερος από 0.99

Αυτό το είδος καταλυτικού μετατροπέα χρειάζεται να λειτουργεί η μηχανή με κάπως πλούσιο μίγμα, έτσι ώστε να υπάρχει έλλειψη οξυγόνου και ο πρώτος καταλύτης να μπορεί να πραγματοποιήσει αποτελεσματικά τις αναγωγικές αντιδράσεις. Επομένως ο λόγος λάμδα πρέπει να είναι μικρότερος από 1 και δεν πρέπει να υπάρχει πολύ οξυγόνο στα καυσαέρια.

7.7.3 Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης

Όπως είναι ήδη γνωστό, ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης πρέπει να λειτουργεί με μίγμα πολύ κοντά στο τέλειο, ώστε να εξουδετερώνει ταυτόχρονα και τους τρεις ρυπαντές (CO, HC και NOx).



Διάγραμμα 19
Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης που λειτουργεί σωστά

Επομένως ο λόγος λямδα πρέπει να είναι κοντά στο 1 και δεν πρέπει να υπάρχει πρακτικά καθόλου υπόλοιπο οξυγόνου, αφού η καύση είναι σχεδόν τέλεια μετά την κατάλυση. Με τον ίδιο τρόπο, τα επίπεδα του CO και των HC θα είναι πολύ χαμηλά και το ποσοστό CO₂ υψηλότερο εκείνου μιας μηχανής χωρίς καταλύτη.

CO λιγότερο από 0.2 % HC λιγότερο από 50 ppm
O₂ λιγότερο από 0.2 % CO₂ περισσότερο από 13 %
λ μεταξύ 0.99 και 1.00

Στα τρία είδη καταλυτών που εξετάστηκαν, εάν κάποια από τις μετρήσεις υπερβεί τα διαγραφόμενα όρια, φανερώνει πρόβλημα του καταλύτη ή της μηχανής. Σε αυτήν την περίπτωση ένα εξωτερικό θερμομέτρο μπορεί να φανεί χρήσιμο :

- Εάν η θερμοκρασία του σωλήνα εξαγωγής από τον καταλύτη είναι τουλάχιστον 50° C υψηλότερη εκείνης του σωλήνα εισαγωγής, ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργεί, αφού οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του παράγουν πολλή θερμότητα και τα αέρια που βγαίνουν από αυτόν είναι θερμότερα από εκείνα που μπαίνουν.

- Εάν η θερμοκρασία της εξαγωγής από τον καταλύτη είναι μικρότερη ή ίση με τη θερμοκρασία του σωλήνα εισαγωγής τότε ο καταλυτικός μετατροπέας δε λειτουργεί.

Αυτό το τεστ είναι απλώς ενδεικτικό, καθώς μας λέει αν πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα ή όχι, αλλά δεν δείχνει εάν είναι και οι σωστές αντιδράσεις, καθώς η μηχανή μπορεί να μην λειτουργεί σωστά.

Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα

7.8 Μετρήσεις καταλύτη

Όπως έχει ήδη ειπωθεί, όταν οι συγκεντρώσεις των αερίων που εκπέμπονται από τον καταλύτη δεν είναι μέσα στα προδιαγεγραμμένα όρια, μπορεί η μηχανή ή ο καταλύτης να μη λειτουργούν κανονικά.

Όταν η μηχανή είναι εντάξει και το πρόβλημα είναι στον καταλύτη τότε οι συγκεντρώσεις των αερίων θα παραμείνουν μέσα στα συγκεκριμένα και καλά καθορισμένα όρια. Εάν όμως η βλάβη είναι στη μηχανή, μπορεί να προκύψουν οποιεσδήποτε συγκεντρώσεις και συνδυασμοί αερίων, ανάλογα με το τι δε λειτουργεί στη μηχανή ή στο σύστημα ρύθμισης.

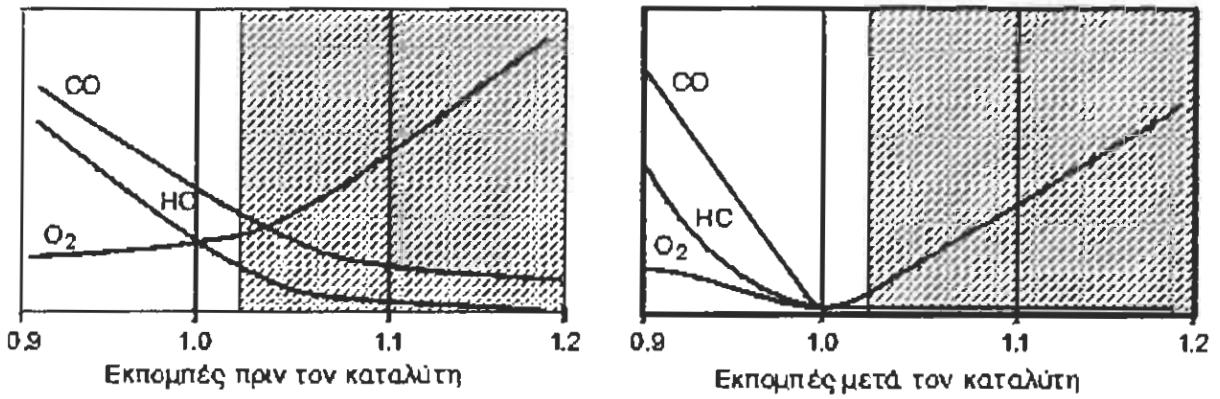
Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα συνηθέστερα προβλήματα, καθώς και οι συγκεντρώσεις αερίων που προκαλούν.

7.8.1 Διοδικός καταλύτης

	CO	HC	O ₂	I
<u>1</u>	κάτω από 0.2%	κάτω από 50 ppm	πάνω από 2%	πάνω από 1.01
<u>2</u>	μεταξύ 0.2% και 0.5%	μεταξύ 50 και 200 ppm	μεταξύ 0.2% και 2 %	πάνω από 1.01
<u>3</u>	μεταξύ 0.5% και 1.5%	μεταξύ 200 και 300 ppm	μεταξύ 0.2% και 2 %	πάνω από 1.01
<u>4</u>	πάνω από 1.5%	πάνω από 300 ppm		κάτω από 0.99

1. Καταλύτης που λειτουργεί σωστά. Πολύ φτωχό μίγμα.

Οι χαμηλές συγκεντρώσεις CO και HC δείχνουν, ότι ο καταλύτης λειτουργεί σωστά, όμως υπάρχει πάρα πολύ O₂ και ο λόγος λάμδα μεγαλύτερος από 1. Η μηχανή λειτουργεί με πολύ φτωχό μίγμα, το οποίο θα μπορούσε να καταστρέψει τον καταλύτη αυξάνοντας τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να οδηγήσει ακόμα και σε τήξη του κεραμικού μονόλιθου.



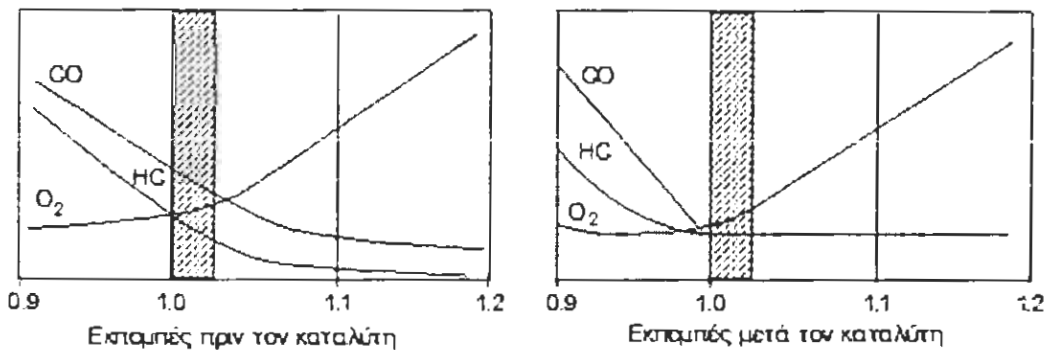
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20

Καταλύτης που λειτουργεί κανονικά. Μίγμα πολύ φτωχό.

2. Καταλύτης που λειτουργεί κανονικά. Τέλειο μίγμα

Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από εκείνες που θα έπρεπε, αν ο καταλύτης λειτουργούσε καλά, αλλά όχι τόσο υψηλές ώστε να δείχνουν, ότι ο καταλύτης έχει σταματήσει εντελώς να λειτουργεί.

Αυτές οι μη κανονικές εκπομπές μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον καταλύτη, ή πιθανότερα στη μηχανή που λειτουργεί με ένα κάπως πλούσιο μίγμα. Καθώς η συγκέντρωση O_2 είναι πάνω από το ελάχιστο που απαιτείται για ένα διοδικό καταλύτη και ο λόγος λ δείχνει ότι το μίγμα είναι φτωχό, η μηχανή λειτουργεί κανονικά. Οι εκπομπές οφείλονται κατά συνέπεια στον καταλύτη, είτε γιατί δε λειτουργεί κανονικά, είτε γιατί έχει δηλητηριαστεί, είτε γιατί έχει φτάσει στο τέλος της διάρκειας ζωής του, πάντως, για οποιοδήποτε λόγο, δεν αφαιρεί πλέον τους ρυπαντές αποτελεσματικά. Η ζωή του καταλύτη πλησιάζει στο τέλος της.

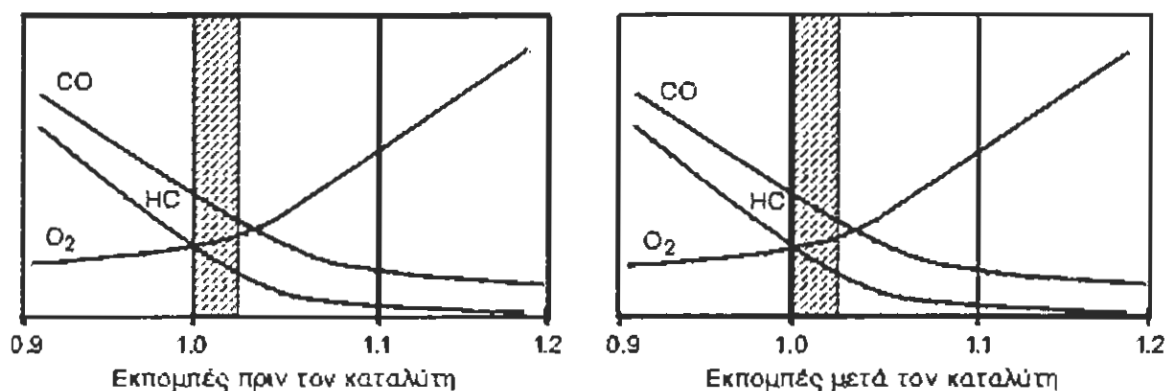


Διάγραμμα 21

Ελαττωματικός καταλύτης. Τέλειο μίγμα

3. Ελαττωματικός καταλύτης. Τέλειο μίγμα.

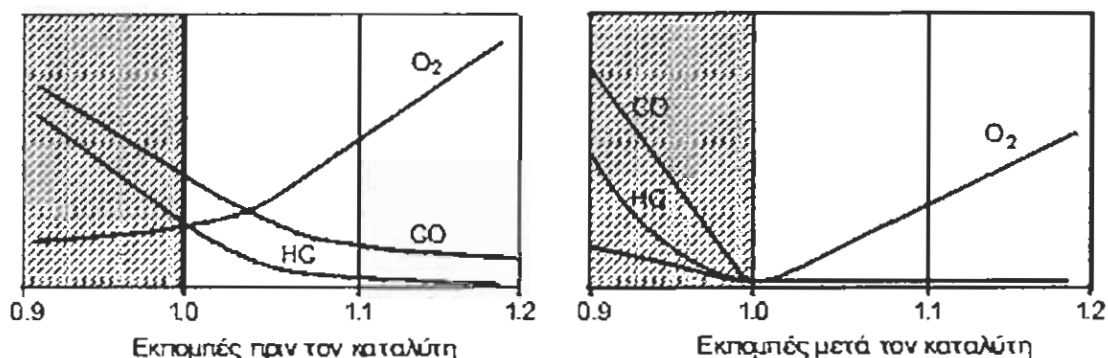
Οι συγκεντρώσεις του CO και των HC είναι υψηλότερες από εκείνες που θα έπρεπε αν ο καταλύτης λειτουργούσε κανονικά. Αυτές οι εκπομπές μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον καταλύτη, ή μπορεί η μηχανή να λειτουργεί με ένα μίγμα αέρα/καυσίμου πολύ πλούσιο γι' αυτό το είδος του καταλύτη. Καθώς η συγκέντρωση O₂ είναι υψηλότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη και ο λόγος λάμδα δηλώνει ένα πλούσιο μίγμα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μηχανή είναι ρυθμισμένη κανονικά και λειτουργεί σωστά. Οι υψηλές εκπομπές πρέπει συνεπώς να οφείλονται σε βλάβη του καταλυτικού μετατροπέα.



Διάγραμμα 22
Ελαττωματικός καταλύτης. Τέλειο μίγμα

4. Άγνωστη κατάσταση καταλύτη. Τέλειο μίγμα.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από εκείνες που κανονικά θα δημιουργούσε μια σωστά ρυθμισμένη μηχανή, ακόμη κι αν δεν υπήρχε καταλυτικός μετατροπέας. Από την άλλη, ο λόγος λάμδα υποδηλώνει ένα πλούσιο μίγμα. Δεν είμαστε σε θέση να πούμε σε τι κατάσταση βρίσκεται ο καταλύτης, αφού με πλούσιο μίγμα δεν μπορεί να πραγματοποιήσει τις αντιδράσεις οξείδωσης ούτως ή άλλως. Θα πρέπει να κάνουμε το μίγμα φτωχότερο, στα επίπεδα που καθορίζει ο κατασκευαστής του οχήματος, να επαναλάβουμε το τεστ με νέες μετρήσεις και έτσι να εξακριβώσουμε, εάν ο καταλύτης λειτουργεί.



Διάγραμμα 23
Αγνωστη κατάσταση καταλύτη. Πλούσιο μίγμα

7.8.2 Αρρυθμιστος τριοδικός καταλύτης

Στον πίνακα δεν αναφέρεται καθόλου το οξυγόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει μια αντλία που τροφοδοτεί με οξυγόνο τον καταλύτη, και η ποσότητα του οξυγόνου που υπάρχει εξαρτάται από την ποσότητα που η αντλία εισάγει, πράγμα που επίσης εξαρτάται από την ταχύτητα της μηχανής. Επομένως, κατά τη διάρκεια του τεστ, είναι σημαντικό να αποδείξουμε, ότι η αντλία στέλνει επαρκή ποσότητα φρέσκου αέρα στον καταλύτη. Αυτό μπορεί να γίνει αν φροντίσουμε οι ενδείξεις αέρα που λαμβάνονται με την εισαγωγή αέρα συνδεδεμένη να είναι πάντοτε μεγαλύτερες από εκείνες που λαμβάνονται όταν η εισαγωγή αέρα δεν είναι συνδεδεμένη. Εάν αυτό δε συμβαίνει, τότε είτε δεν γίνεται εισαγωγή αέρα, είτε το οξυγόνο δεν είναι αρκετό για να πραγματοποιηθούν οι οξειδωτικές αντιδράσεις.

	Εισαγωγή αέρα	CO	HC	Λ
<u>1</u>	Ναι	κάτω από 0.2%	κάτω από 50 ppm	
	Όχι	κάτω από 0.2%	κάτω από 50 ppm	πάνω από 0.99
<u>2</u>	Ναι	μεταξύ 0.2% και 1.0%	μεταξύ 50 και 200 ppm	
	Όχι	μεταξύ 1.0% και 2.0%	μεταξύ 200 και 300 ppm	κάτω από 0.99
<u>3</u>	Ναι	μεταξύ 0.2% και 1.0%	μεταξύ 50 και 200 ppm	

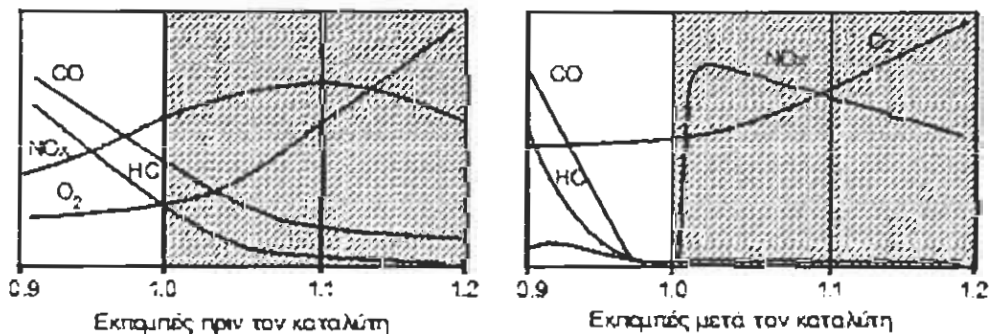
	Όχι	πάνω από 2.0%	πάνω από 300 ppm	κάτω από 0.99
<u>4</u>	Ναι	μεταξύ 1.0% και 2.0%	μεταξύ 200 και 300 ppm	
	Όχι	μεταξύ 1.0% και 2.0%	μεταξύ 200 και 300 ppm	κάτω από 0.99
<u>5</u>	Ναι	πάνω από 2.0%	πάνω από 300 ppm	
	Όχι	πάνω από 2.0%	πάνω από 300 ppm	κάτω από 0.99

1. Σωστός καταλύτης. Φτωχό μίγμα

Οι συγκεντρώσεις CO και HC με την εισαγωγή αέρα συνδεδεμένη είναι χαμηλές, έτσι γνωρίζουμε ότι ο καταλύτης δουλεύει ικανοποιητικά.

Με δεδομένα ότι η συγκέντρωση CO και HC παραμένει χαμηλή όταν αποσυνδέεται η εισαγωγή αέρα και ο λόγος λάμδα είναι μεγαλύτερος από εκείνον που απαιτείται για σωστή ρύθμιση με αυτό το είδος του καταλύτη (το μίγμα πρέπει να είναι πλούσιο), μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το μίγμα είναι πολύ φτωχό και κατά συνέπεια ο καταλύτης δεν μπορεί να προκαλέσει τις αναγωγικές αντιδράσεις που απαιτούνται για τη μετατροπή των NOx.

Θα πρέπει να ρυθμίσουμε τη μηχανή ώστε να δημιουργηθεί μίγμα που να εμπίπτει στα όρια που προτείνονται από τον κατασκευαστή και θα πρέπει να ελέγξουμε εάν η εισαγωγή αέρα είναι σωστή ύστερα από αυτή τη ρύθμιση.

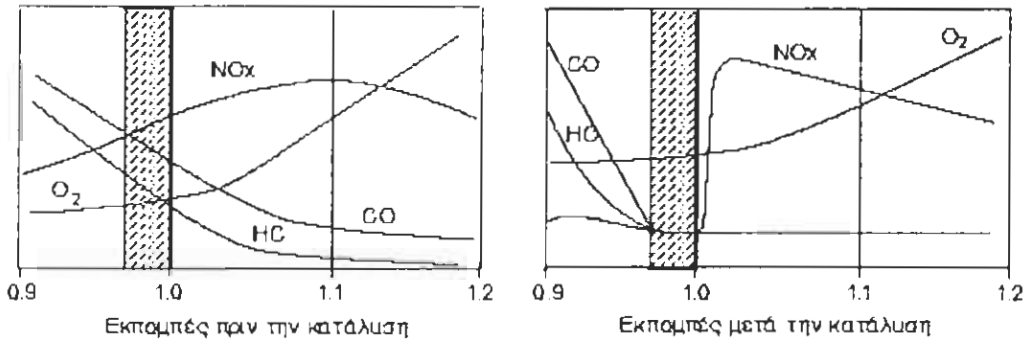


Διάγραμμα 24
Σωστός καταλύτης. Φτωχό μίγμα

2. Μη αποτελεσματικός καταλύτης. Σωστό μίγμα.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC με την εισαγωγή αέρα συνδεδεμένη είναι υψηλότερες από τις κανονικές σε περίπτωση σωστής λειτουργίας του καταλύτη, αλλά όχι αρκετά υψηλές για να συμπεράνουμε ότι ο καταλύτης δε λειτουργεί καθόλου. Αυτές οι μη κανονικές εκπομπές μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον καταλύτη, ή στο γεγονός ότι η μηχανή λειτουργεί με πολύ πλούσιο μίγμα.

Αφού με την αποσύνδεση της εισαγωγής αέρα τα επίπεδα CO και HC φτάνουν επίπεδα που κανονικά συναντώνται σε αυτοκίνητα χωρίς καταλύτη και αφού ο λόγος λάμδα υποδηλώνει ότι η μηχανή λειτουργεί με πλούσιο μίγμα (κανονικό γι' αυτόν τον τύπο καταλυτικού μετατροπέα), μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το υψηλό επίπεδο των εκπομπών οφείλεται σε κακή λειτουργία του καταλύτη, ο οποίος μπορεί να πλησιάζει το τέλος της ζωής του.

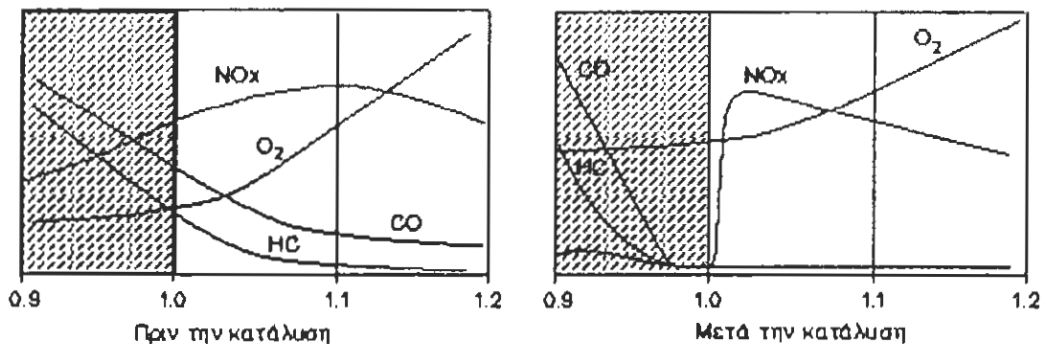


Διάγραμμα 25
Καταλύτης με χαμηλή αποτελεσματικότητα. Σωστό μίγμα

3. Σωστός καταλύτης, πολύ πλούσιο μίγμα.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC με την εισαγωγή αέρα ανοικτή είναι πάνω από εκείνες που κανονικά θα εμφανίζονταν με έναν καταλύτη σε καλή κατάσταση, αλλά όχι αρκετά υψηλές ώστε να συμπεράνουμε, ότι ο καταλύτης δε λειτουργεί. Αυτές οι μη κανονικές εκπομπές μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον καταλύτη, ή στο γεγονός ότι η μηχανή λειτουργεί με πολύ πλούσιο μίγμα.

Αφού όταν αποσυνδέουμε την εισαγωγή αέρα οι εκπομπές CO και HC φθάνουν σε υψηλότερα επίπεδα από ότι θα συνέβαινε με ένα αυτοκίνητο που δεν είναι εφοδιασμένο με καταλύτη και αφού ο λόγος λάμδα υποδηλώνει ότι το μίγμα είναι πλούσιο, το υψηλό επίπεδο των εκπομπών οφείλεται σε λανθασμένο μίγμα που μπορεί να προκαλέσει και τήξη του μονόλιθου.

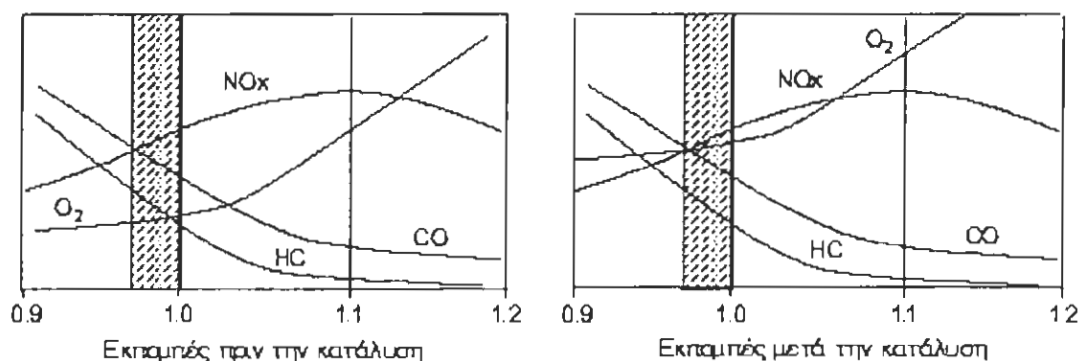


Διάγραμμα 26
Σωστός καταλύτης. Πολύ πλούσιο μίγμα

4. Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστό μίγμα.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από εκείνες που θα υπήρχαν με έναν καταλύτη σε καλή κατάσταση λειτουργίας. Αυτές οι μη κανονικές εκπομπές μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον καταλύτη ή στη μηχανή που λειτουργεί με πολύ πλούσιο μίγμα.

Καθώς η συγκέντρωση CO και HC σχεδόν δεν αλλάζει, όταν αποσυνδέεται η εισαγωγή αέρα (κανονικά η συγκέντρωση θα αυξανόταν), όταν η ποσότητα οξυγόνου εκμηδενίζεται, η συγκέντρωση των άλλων αερίων αυξάνεται γιατί η ένδειξη λαμβάνεται ως ογκομετρικό ποσοστό του συνολικού αερίου που αναλύεται) και αφού ο λόγος λάμδα, δείχνει ότι η μηχανή λειτουργεί με πλούσιο μίγμα, οι εκπομπές πρέπει να οφείλονται σε βλάβη στον καταλύτη.

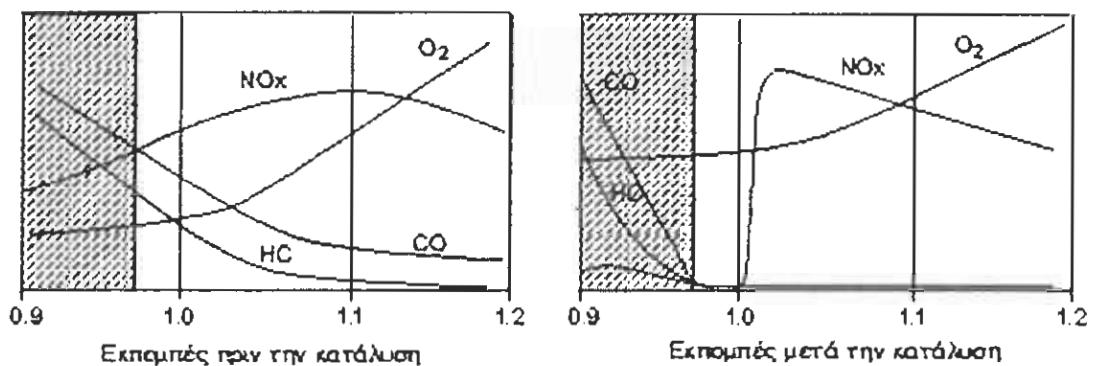


Διάγραμμα 27
Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστό μίγμα

5. Άγνωστη κατάσταση καταλύτη. Μίγμα πολύ πλούσιο.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC με την εισαγωγή αέρα συνδεδεμένη είναι υψηλότερες από εκείνες που θα έπρεπε με τη μηχανή σωστά ρυθμισμένη, ακόμα και αν δεν υπήρχε καταλύτης, άρα το μίγμα πρέπει να είναι πολύ πλούσιο. Αφού οι συγκεντρώσεις CO και HC δεν διαφοροποιούνται ιδιαίτερα όταν η εισαγωγή αέρα αποσυνδέεται, δεν μπορούμε να αποφανθούμε για την κατάσταση του καταλύτη, γιατί το μίγμα είναι πολύ πλούσιο και ο καταλύτης έτσι κι αλλιώς θα σταματούσε να λειτουργεί.

Πρέπει να διορθώσουμε το μίγμα στα επίπεδα που προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή και να επαναλάβουμε το τεστ στον καταλύτη.



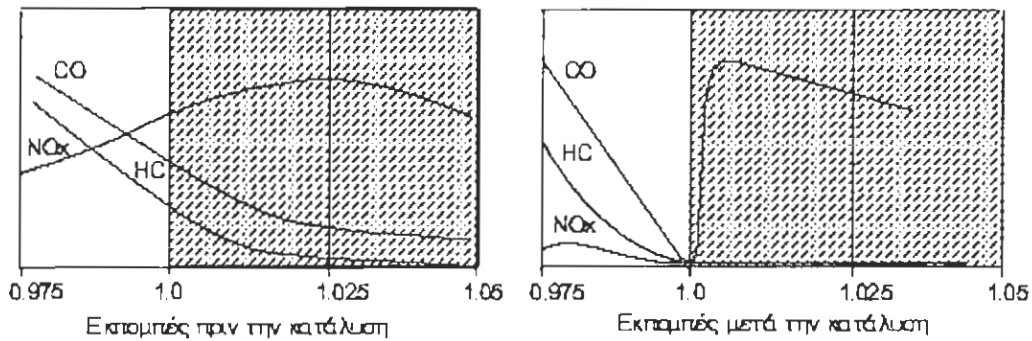
Διάγραμμα 28
Αγνωστη κατάσταση καταλύτη. Μίγμα πολύ πλούσιο

7.8.3 Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης :

	CO	HC	O ₂	λ
<u>1</u>	κάτω από 0.2%	κάτω από 50 ppm	πάνω από 0.2%	πάνω από 1.00
<u>2</u>	μεταξύ 0.2% και 0.3%	μεταξύ 50 και 100 ppm	πάνω από 0.2%	μεταξύ 0.99 και 1.00
<u>3</u>	μεταξύ 0.3% και 0.8%	μεταξύ 100 και 200 ppm	πάνω από 0.2%	μεταξύ 0.99 και 1.00
<u>4</u>	πάνω από 0.8%	πάνω από 200 ppm		κάτω από 0.99

1. Σωστός καταλύτης. Κακορυθμισμένη μηχανή με φτωχό μίγμα.

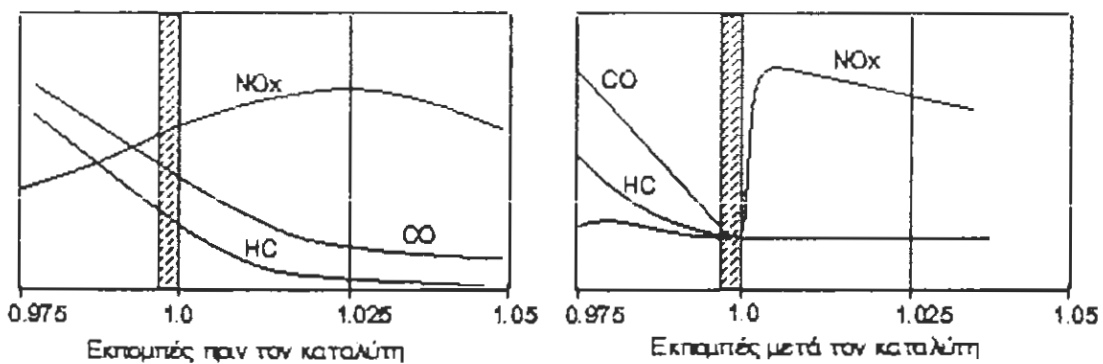
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι εξαιρετικά χαμηλές. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο καταλύτης είναι σε σωστή κατάσταση και λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά. Με δεδομένο ότι η συγκέντρωση O₂ και ο λόγος λάμιδα είναι υψηλότερα από τα αυστηρώς απαραίτητα για σωστή λειτουργία, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το μίγμα είναι πολύ φτωχό και συνεπώς ο καταλύτης δε μπορεί να επηρεάσει τις χημικές αντιδράσεις της αναγωγής που χρειάζονται για να εξαφανιστούν τα NOx.



Διάγραμμα 29
Σωστός καταλύτης. Μηχανή που δεν έχει ρυθμιστεί σωστά με φτωχό μίγμα

2. Καταλύτης που δε λειτουργεί αποτελεσματικά. Σωστή λειτουργία λάμδα

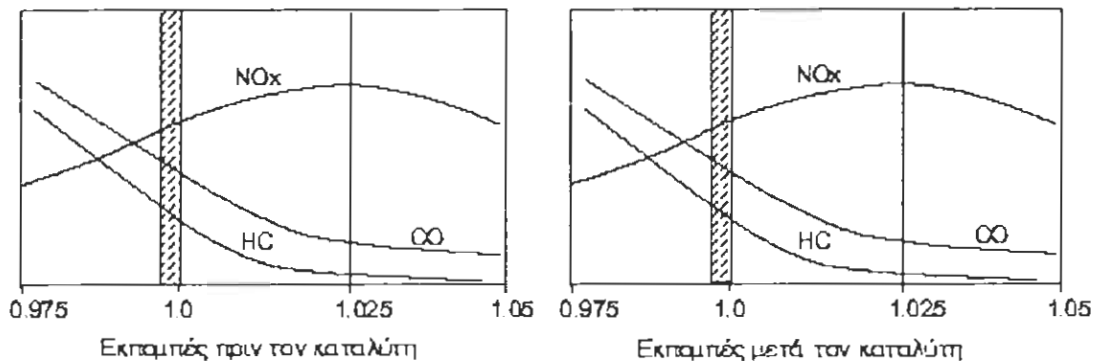
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από εκείνες που θα έπρεπε όταν ο καταλύτης είναι σε καλή κατάσταση λειτουργίας, αλλά δεν είναι αρκετά υψηλές για να αποδείξουν, ότι ο καταλύτης έχει σταματήσει εντελώς τη λειτουργία του. Αυτές οι μη κανονικές εκπομπές μπορούν να αποδοθούν στον ίδιο καταλύτη, ή στο γεγονός ότι η μηχανή λειτουργεί με ένα κάπως πλούσιο μίγμα, αλλά καθώς η συγκέντρωση του O₂ είναι υψηλότερη από την κανονική και ο λόγος λάμδα είναι μέσα στα όρια που απαιτούνται για σωστή λειτουργία, ξέρουμε ότι η μηχανή δουλεύει κανονικά. Οι εκπομπές πρέπει να προκαλούνται από τη δυσλειτουργία του καταλύτη, ο οποίος μπορεί να έχει δηλητηριαστεί ή παλιώσει και γι' αυτό δε λειτουργεί αποτελεσματικά.



Διάγραμμα 30
Μη αποτελεσματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία Λάμδα

3. Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία λάμδα.

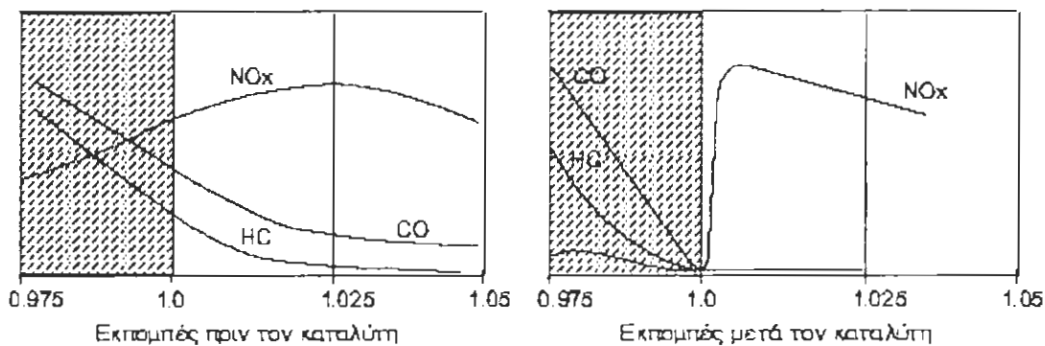
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από τις αναμενόμενες αν ο καταλύτης λειτουργούσε κανονικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον ίδιο τον καταλύτη ή στη μηχανή που λειτουργεί με υπερβολικά πλούσιο μίγμα, αλλά καθώς η συγκέντρωση O₂ είναι μεγαλύτερη από την κανονική και ο λόγος λάμδα είναι μέσα στα απαραίτητα για τη ρύθμιση όρια, γνωρίζουμε ότι η μηχανή λειτουργεί κανονικά. Συμπεραίνουμε έτσι ότι οι εκπομπές οφείλονται σε βλάβη του καταλύτη.



Διάγραμμα 31
Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία Λάμδα

4. Άγνωστη κατάσταση καταλύτη, μηχανή ρυθμισμένη προς ένα πλούσιο μίγμα.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από τις κανονικές, ακόμα κι αν δεν υπήρχε καταλυτικός μετατροπέας στο όχημα. Μπορούμε επίσης να δούμε ότι ο λόγος λάμδα είναι μικρότερος από εκείνον που θα έπρεπε για κανονική λειτουργία, συνεπώς μπορούμε να συμπεράνουμε, ότι η μηχανή λειτουργεί με πλούσιο μίγμα. Χωρίς έναν αναλυτή NO_x σε αυτή την περίπτωση δεν μπορούμε να διαπιστώσουμε την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο καταλύτης, αφού πραγματοποιεί μόνο οξειδωτικές αντιδράσεις όταν το μίγμα είναι πλούσιο.



Διάγραμμα 32
 Αγνωστη κατάσταση καταλύτη. Η μηχανή είναι ρυθμισμένη προς πλούσιο μίγμα

7.9 Έλεγχος του συστήματος ρύθμισης με λήπτη λ

Καθώς η λειτουργία του κλειστού συστήματος ρύθμισης είναι αρκετά απλή, δεν εμφανίζει συχνά βλάβες, κι όταν αυτό συμβεί, είναι εύκολο να εντοπιστεί και να διορθωθεί το πρόβλημα. Χρειάζεται να ελέγξουμε μόνο το λήπτη λάμδα, τον εγκέφαλο και τα καλώδια προς τα δύο εξαρτήματα.

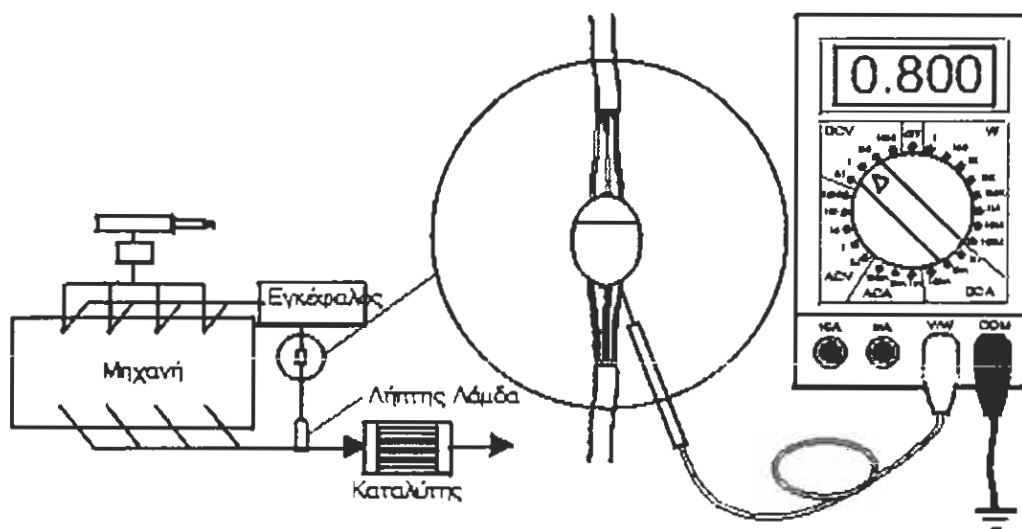
Συχνά όταν το κλειστό σύστημα ρύθμισης δεν λειτουργεί κανονικά ή έχει σταματήσει να λειτουργεί εντελώς, αυτό δεν οφείλεται σε βλάβη του ίδιου του συστήματος ρύθμισης ή σε κάποιο από τα εξαρτήματά του, αλλά σε άλλες αιτίες, όπως προβλήματα ανάφλεξης, λανθασμένη σχέση αέρα / καυσίμου, ή βλάβη ενός από τους αισθητήρες της μηχανής. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται ολοκληρωμένη επισκευή του ηλεκτρονικού συστήματος της μηχανής, συμπεριλαμβανομένων και των αισθητήρων, πριν μπορέσουμε να ελέγξουμε το κλειστό σύστημα ρύθμισης.

Πριν αρχίσουμε τον έλεγχο του κλειστού συστήματος ρύθμισης πρέπει να βεβαιωθούμε ότι κάποια άλλα συστήματα λειτουργούν, ιδίως η ανάφλεξη. Ακόμα και η μικρότερη βλάβη σε κάποιο από τα μπουζοκαλώδια μπορεί να κάνει το λήπτη λάμδα να λειτουργεί διαρκώς με μια περίσσεια οξυγόνου, η οποία δεν θα ανταποκρίνεται στο μίγμα αέρα/καυσίμου που στην πραγματικότητα θα φτάνει στη μηχανή. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες διορθώσεις του μίγματος αέρα/καυσίμου. Κάθε πρόβλημα του συστήματος ανάφλεξης που δεν έχει επισημανθεί επηρεάζει την ορθότητα των ελέγχων στο σύστημα ρύθμισης.

7.9.1 Έλεγχος του κλειστού συστήματος ρύθμισης

Ο έλεγχος του κλειστού συστήματος ρύθμισης είναι μια εύκολη διαδικασία εάν έχουμε ένα πολύμετρο με αντίσταση εισαγωγής μεγαλύτερη από 1 MΩ. Σχεδόν όλα τα ψηφιακά πολύμετρα, έχουν αντίσταση μεγαλύτερη από αυτή την τιμή. Αυτό όμως δε συμβαίνει με τα αναλογικά πολύμετρα, μόνο υψηλής ποιότητας αναλογικά πολύμετρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του κλειστού συστήματος ρύθμισης. Ο λόγος για τον οποίο χρειαζόμαστε χαμηλή αντίσταση εισαγωγής είναι, ότι ο λήπτης λάμδα παράγει ένα πολύ χαμηλό γαλβανικό δυναμικό. Υπάρχει ειδικός εξοπλισμός ελέγχου στην αγορά, ο οποίος μας επιτρέπει να ελέγχουμε το κλειστό σύστημα ρύθμισης και να παράγουμε μηνύματα προς τον εγκέφαλο. Όταν χρησιμοποιούμε κάτι τέτοιο, οδηγίες χρήσης και διαδικασία του test καθορίζονται από τον κατασκευαστή της συσκευής.

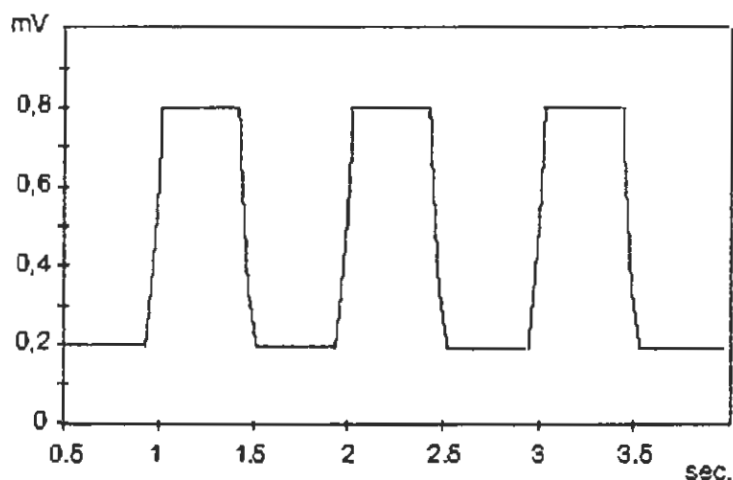
Με τη μηχανή να λειτουργεί και στην θερμοκρασία πλήρους λειτουργίας της, χωρίς να αποσυνδέσουμε το λήπτη λάμδα, συνδέουμε το θετικό πόλο του πολυμέτρου με το καλώδιο που στέλνει τα μηνύματα στον εγκέφαλο (συνήθως μαύρο) και τον αρνητικό πόλο με το σώμα του οχήματος (διάγραμμα 7.1). Επιλέγεται μια κλίμακα στο πολύμετρο, που θα μας επιτρέψει να μετρήσουμε μέχρι 1 Volt DC και η μηχανή σταθεροποιείται στις 1500 σ.α.λ. Το test μπορεί να διεξαχθεί σε οποιαδήποτε ταχύτητα εκτός από το ρελαντί, αφού σε αυτή την ταχύτητα λειτουργίας το σύστημα ρύθμισης είναι πολύ ασταθές. Φυσικά είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε την ταχύτητα που υποδεικνύεται για να επιτύχουμε σταθερή ρύθμιση και να κάνουμε έναν αξιόπιστο έλεγχο.



Σχ.19 Σχήμα των απαραίτητων συνδέσεων για τον έλεγχο του κλειστού συστήματος ρύθμισης

Εάν η ένδειξη δυναμικού που δείχνει το πολύμετρο κυμαίνεται μεταξύ 0.2 και 0.8 volts περίπου, το κλειστό σύστημα ρύθμισης είναι σε σωστή διάταξη. Η συχνότητα με την οποία

μεταβάλλεται η τιμή του δυναμικού εξαρτάται από τον αριθμό των στροφών στις οποίες διεξάγεται ο έλεγχος (περισσότερες στροφές, μεγαλύτερη συχνότητα) και από τον τύπο λήπτη λάμδα που είναι τοποθετημένος στο όχημα (με ή χωρίς δυνατότητα προθέρμανσης).

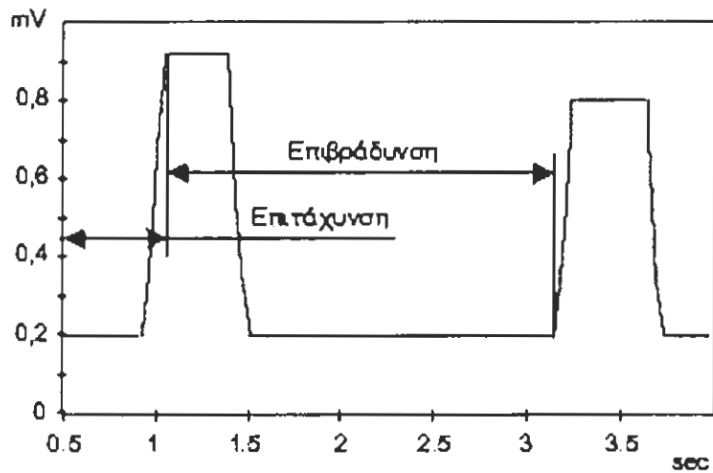


Διάγραμμα 33
Διακύμανση στο ραίμα μέσω από το λήπτη Λάμδα ως προς το χρόνο

Εάν το δυναμικό παραμείνει σταθερό υποδηλώνει ότι το σύστημα ρύθμισης δε λειτουργεί με τον καλύτερο τρόπο, οπότε πρέπει να διακρίνουμε εάν είναι ο λήπτης λάμδα που δε δουλεύει ή εάν ο εγκέφαλος δεν ανταποκρίνεται στα μηνύματα, είτε εξαιτίας ελαττώματος στη μονάδα ελέγχου, είτε εξαιτίας της λειτουργίας της μηχανής σε πρόγραμμα έκτακτης ανάγκης, είτε επειδή η μηχανή λειτουργεί έξω από τις συνθήκες που προγραμματίστηκαν από τον κατασκευαστή. Το πρόγραμμα του τελευταίου επιτρέπει στον εγκέφαλο να κάνει διορθώσεις μέσω του κλειστού συστήματος ρύθμισης αλλά αυτές περιορίζονται στο να μετατρέπει το μίγμα σε πλουσιότερο ή φτωχότερο.

7.9.2 Έλεγχος του λήπτη Λάμδα (λ)

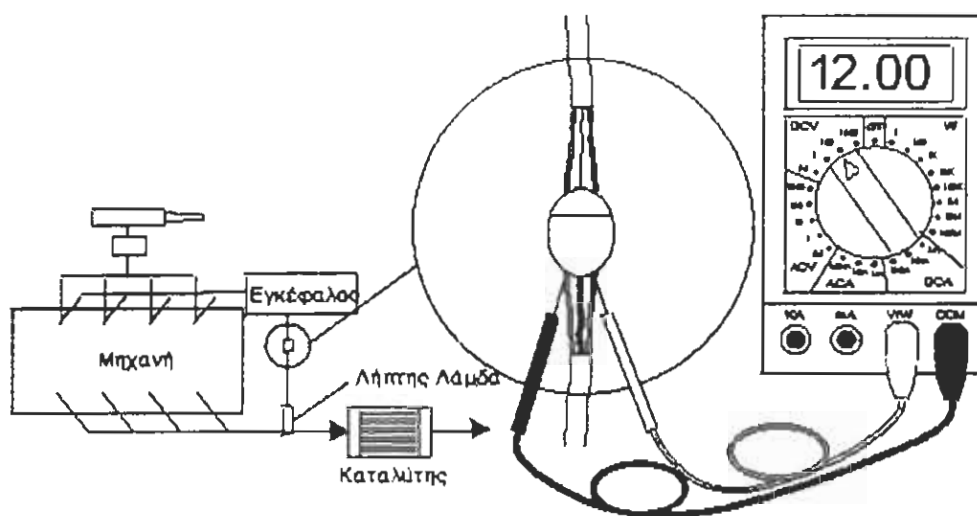
Το να αποδείξουμε, ότι ο λήπτης Λάμδα λειτουργεί κανονικά ως ξεχωριστό εξάρτημα είναι πολύ περίπλοκο και απαιτεί ειδικό εξοπλισμό μετρήσεων που κοστίζει ιδιαίτερα. Η πραγματοποίηση όμως του τεστ με τον κατάλληλο εξοπλισμό μας επιτρέπει να είμαστε σίγουροι για τη σωστή λειτουργία του λήπτη ή να διαπιστώσουμε το οποιοδήποτε πιθανό πρόβλημα.



Διάγραμμα 34
Μεταβολή του ρεύματος στο λήπτη Λάμδα ως προς το χρόνο κατά την απότομη επιτάχυνση

Πριν ξεκινήσουμε αυτά τα τεστ στο κλειστό σύστημα ρύθμισης πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η μηχανή βρίσκεται στη σωστή θερμοκρασία λειτουργίας. Η σύνδεση του πολύμετρου θα γίνει όπως περιγράφηκε παραπάνω, διατηρώντας αρχικά τη μηχανή στο ρελαντί. Για να βεβαιωθούμε ότι ο λήπτης στέλνει μηνύματα στον εγκέφαλο θα πρέπει να πατήσουμε απότομα το γκάζι και να το απελευθερώσουμε εξίσου ξαφνικά, επιτρέποντας στις στροφές να μειωθούν σταδιακά στο ρελαντί. Στην απότομη επιτάχυνση το μίγμα εμπλουτίζεται σύντομα και αυτός ο εμπλουτισμός θα πρέπει να γίνει αντιληπτός από το λήπτη λάμδα, ο οποίος θα στείλει ένα σήμα περίπου 0.8 volts. Με τον ίδιο τρόπο, απελευθερώνοντας το γκάζι και επιτρέποντας τις στροφές της μηχανής να μειωθούν φυσιολογικά, το μίγμα πρέπει να γίνει φτωχότερο για λίγα δευτερόλεπτα, κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης. Σε αυτό το διάστημα ο λήπτης θα πρέπει να στείλει ένα σήμα περίπου 0.2 volts. Εάν καμία μεταβολή στο δυναμικό δεν παρουσιαστεί κατά τη διάρκεια του ελέγχου, ο λήπτης λάμδα δεν στέλνει μηνύματα στον εγκέφαλο, αφού ο τελευταίος δεν αντιδρά στις διακυμάνσεις του μίγματος.

Αν ο λήπτης λάμδα λειτουργεί στην προθέρμανση, πριν είμαστε σίγουροι ότι έχει βλάβη, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η εσωτερική αντίσταση προθέρμανσης λαμβάνει αρκετό ρεύμα ώστε να λειτουργήσει. Για να το ελέγξουμε αυτό θα συνδέσουμε το multimeter στα δύο καλώδια τροφοδοσίας για το λήπτη (συνήθως άσπρα) και θα ελέγξουμε την ένδειξη του μετρητή (διάγραμμα 7.4), έχοντας επιλέξει μια κατάλληλη κλίμακα. Η τροφοδοσία είναι συνήθως 12 volts, αν και υπάρχουν λήπτες που τροφοδοτούνται μέσω του εγκεφάλου και λειτουργούν σε δυναμικό 6 volts.



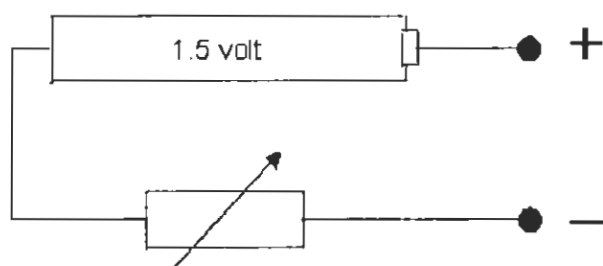
Σχ.20 Σχήμα των απαραίτητων συνδέσεων για τον έλεγχο της προθερμαντικής λειτουργίας

7.9.3 Έλεγχος της αντίδρασης του εγκεφάλου

Ο έλεγχος της αντίδρασης του εγκεφάλου είναι απαραίτητος, όταν έχουμε αποδείξει, ότι το σύστημα ρύθμισης δε λειτουργεί και ο λήπτης λάμδα είναι ελαττωματικός. Εάν ο λήπτης λάμδα λειτουργεί και δεν υπάρχει αντίδραση, τότε δεν υπάρχει κυθόλου σύστημα ρύθμισης. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ελέγξουμε την καλωδίωση προς τον εγκέφαλο πριν καταλήξουμε, ότι η βλάβη βρίσκεται σε αυτόν.

Για να ελέγξουμε αν υπάρχει αντίδραση του εγκεφάλου στα μηνύματα που δέχεται από τον λήπτη Λάμδα, πρέπει να δώσουμε εξομοιωμένα μηνύματα αυτού του είδους με εξωτερικά μέσα, για να δούμε αν ο εγκέφαλος θα ανταποκριθεί. Για να γίνει αυτό, αποσυνδέουμε το λήπτη λάμδα από το ηλεκτρικό σύστημα του αυτοκινήτου και συνδέουμε ένα ρευματοφόρο καλώδιο στο καλώδιο μηνυμάτων του λήπτη, το οποίο μας επιτρέπει να στέλνουμε ρεύμα στον εγκέφαλο.

Ο εγκέφαλος είναι προγραμματισμένος να δέχεται σήματα δυναμικού από το λήπτη λάμδα που ποτέ δεν ξεπερνούν τα 1.2 volts. Επομένως δε θα αντιδράσει σε μηνύματα υψηλότερου επιπέδου. Επιπλέον, κάθε σήμα πάνω από αυτό το επίπεδο θα μπορούσε να καταστρέψει τον ίδιο τον εγκέφαλο. Επομένως θα χρησιμοποιήσουμε ένα απλό κύκλωμα εξομοίωσης σημάτων (διάγραμμα 7.5) το οποίο μας επιτρέπει να στέλνουμε στον εγκέφαλο σήματα περίπου 1 volt. Γι' αυτό το λόγο θα συνδέσουμε σε σειρά μια μπαταρία 1.5 volt και μια μεταβλητή αντίσταση έτσι που να μπορούμε να ρυθμίζουμε τα όρια στον εξομοιωτή για να επιτύχει παροχή ρεύματος 1 volt.



Σχ.21 Κύκλωμα εξομοίωσης σημάτων

Το τεστ αυτό βασίζεται στο δυναμικό που θα μετρηθεί από το πολύμετρο ενώ θα ελέγχουμε το κλειστό σύστημα ρύθμισης και θα φτάσει περίπου τις 1.500 σ.α.λ. Όσο αυξάνονται οι στροφές, τόσο πιο αισθητή θα είναι η μεταβολή στην ταχύτητα που θα παρατηρούμε κατά την εξομοίωση σημάτων, αλλά η προτεινόμενη ταχύτητα μηχανής θα μας δώσει αρκετά αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.

- Εάν ενώ ελέγχουμε το κλειστό σύστημα ρύθμιση, το πολύμετρο δείξει τάση λιγότερη από 0.4 volts, θα συνδέσουμε το θετικό ηλεκτρόδιο του κυκλώματος εξομοίωσης σημάτων με το καλώδιο σημάτων του λήπτη Λάμδα και θα γειώσουμε το αρνητικό πάνω στο σώμα του οχήματος. Με αυτόν τον τρόπο, ειδοποιούμε τον εγκέφαλο ότι το μίγμα είναι πλούσιο και θα πρέπει σταδιακά να γίνει φτωχότερο. Εάν ο εγκέφαλος ανταποκριθεί, θα πρέπει να παρατηρήσουμε μείωση των στροφών της μηχανής.
- Εάν ενώ ελέγχουμε το κλειστό σύστημα ρύθμισης, το πολύμετρο δείξει τάση μεγαλύτερη από 0.4 volts, θα συνδέσουμε το καλώδιο σημάτων του λήπτη με το έδαφος, μέσω του σώματος του οχήματος. Με αυτόν τον τρόπο ειδοποιούμε τον εγκέφαλο ότι το μίγμα είναι φτωχό και πρέπει σταδιακά να εμπλουτιστεί. Εάν ο εγκέφαλος αντιδράσει, πρέπει να παρατηρήσουμε αύξηση στις στροφές της μηχανής.

Εάν, αφού έχουμε εκτελέσει αυτό το τεστ, ο εγκέφαλος δεν έχει αντιδράσει, δεν μπορούμε ακόμη να είμαστε σίγουροι ότι η μονάδα είναι ελαττωματική, αφού το πρόβλημα μπορεί να βρίσκεται στην καλωδίωση.

7.9.4 Έλεγχος της καλωδίωσης

Για να ελέγξουμε την καλωδίωση από το λήπτη Λάμδα ως τον εγκέφαλο θα πρέπει να αποσυνδέσουμε και τα δύο συστήματα και να εξετάσουμε το ίδιο το καλώδιο χρησιμοποιώντας το πολύμετρο ως μετρητή Ωμ (αντίστασης). Συνδέοντας έναν από τους πόλους του πολύμετρου στο καλώδιο σημάτων του λήπτη Λάμδα και τον άλλο στο αντίστοιχο καλώδιο του εγκεφάλου, η αντίσταση που θα μετρήσουμε πρέπει να είναι μηδενική.

Εάν η ένδειξη του πολύμετρου ήταν στο άπειρο, θα σημαίνει ότι το καλώδιο σημάτων ήταν κάπου σπασμένο. Από την άλλη, εάν υπήρχε κάποια ένδειξη αντίστασης, θα σήμαινε ότι το καλώδιο ήταν φθαρμένο και με δεδομένο ότι το σήμα του λήπτη Λάμδα ήταν πολύ χαμηλό, το σήμα θα χανόταν στην πορεία από το λήπτη Λάμδα ως τον εγκέφαλο, ο οποίος ποτέ δε θα το λάμβανε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bensinger, W.D., Die Steuerung des Gaswechsels in schnelllaufenden Verbrennungsmotoren, Springer-Verlag, New York (1968).

Bensinger/Meier, Kolben, Pleuel und Kurbelwelle bei Schnelllaufenden Verbrennungsmotoren, Springer-Verlag (1961).

Dubbel, Band I, II, Tschnbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, 13. Auflage, New York, (1974).

Grohe, H., Otto und Dieselmotoren Vogel Buchverlag Würzburg (1987).

Grohe, H., Messen an Verbrennungsmotoren Vogel Buchverlag Würzburg (1986).

Haug, Die Drehschwingungen in Kolbenmaschinen, Springer-Verlag (1952).

Kuo, K.K.Y., Principles of combustion. Press John Wiley and Sons (1986).

Mahle, Kolbenjunde, Selbstverlag der Fa. Mahle, Stuttgart (1964).

Mavridis, C., Simulation unsteady (isothermal and reacting) square cylinder wake turbulent flows. Ph. D Thesis, University of Patras (1996).

Mayr, Ortsfeste Dieselmotoren und Schiffsdieselmotoren, Springer-Verlag (1960).

Neugebauer, Kräfte in den Triebwerken Schnelllaufender Kolbenkraftmaschinen, ihr Gleichgang und Massenausgleich, Springer-Verlag (1952).

Patanker, S.V., Numerical heat transfer and fluid flow. McGraw-Hill bookcompany New York (1978)

Saws, Geschichte des deutschen Verbrennungsmotorenbaus von 1860 bis 1918, Springer-Verlag (1962).

Strehlow, R.A., Combustion Fundamentals, McGraw Hill Book Company (1985).

Taylor, C.F. and Taylor, E.S., The Internal Combustion Engine Int. Textbook Company, Pennsylvania (1970).

