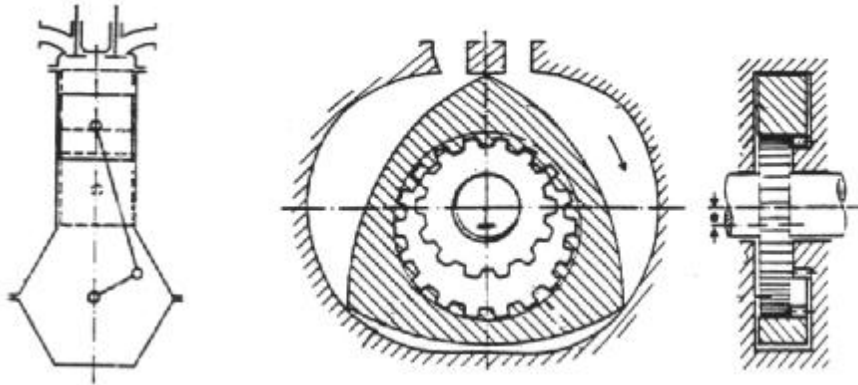


**ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΦ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ/ΓΙΑΣ  
ΟΜΑΔΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : «ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ  
ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ»**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:**

**Ι. Δ. ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ :**

**ΒΑΝΑΒΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΕΡΔΙΚΟΥΛΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ  
ΜΗΧΑΝΩΝ  
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ  
ΚΑΥΣΗΣ**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

- 1.1 ΙΣΧΥΣ
- 1.2 ΡΟΠΗ
- 1.3 ΠΕΔΗ ΙΣΧΥΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

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

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- 3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΕΔΕΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΕΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
  - 3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
  - 3.2 ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
    - 3.2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
    - 3.2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΕΝΑΥΣΗΣ
    - 3.2.3 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ
    - 3.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ
    - 3.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ
    - 3.2.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ
  - 3.3 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ
  - 3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΟΠΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΣ
    - 3.4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΠΗΣ-ΣΤΡΟΦΩΝ
    - 3.4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΡΟΦΩΝ
  - 3.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
    - 3.5.1 ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ
  - 3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
  - 3.7 ΑΠΟΔΟΣΗ ΝΤΗΖΕΛΟΜΗΧΑΝΗΣ ΣΕ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- 4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΜΕΚ-Ι ΚΑΙ ΜΕΚ-ΙΙ
  - 4.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
    - 1. 2-ΚΥΛΙΝΔΡΗ DIESEL PETTER PS2W

2. 4-ΚΥΛΙΝΔΡΗ ΟΤΤΟ FORD 1599 cm<sup>3</sup>
3. 1-ΚΥΛΙΝΔΡΗ ΟΤΤΟ ΜΕΤΑΒΑΗΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
4. ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΚΑΙ ΕΛΚΥΣΗΣ
5. ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
6. ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΔΙ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
7. ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΒΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
8. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΧ/ΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΩΝ ΕΡΓ/ΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ
9. ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
10. ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΕΡΑ
11. ΑΕΡΙΟΜΗΧΑΝΗ (LPG) 4-ΚΥΛΙΝΔΡΗ ΟΤΤΟ FORD 1599 cm<sup>3</sup>
12. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
13. ΠΟΡΕΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ
14. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΥΤ/ΤΟΥ
15. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ
16. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΥ ΕΚΘΕΤΗ
17. ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΞΩΔΟΥΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
18. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΗΛΕΚΤΡ/ΚΟΣ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

- 5.1.1 ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΙΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΩΣΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ)
- 5.1.2 ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΙΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΤΡΟΦΑΛΟΘΑΛΑΜΟ (ΚΑΡΤΕΡ)
- 5.1.3 ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ
- 5.1.4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

### 5.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

- 5.2.1 ΜΗ ΤΟΞΙΚΑ ΑΕΡΙΑ
- 5.2.2 ΑΖΩΤΟ (N<sub>2</sub>)
- 5.2.3 ΟΞΥΓΟΝΟ (O<sub>2</sub>)
- 5.2.4 ΥΔΡΑΤΜΟΙ (H<sub>2</sub>O)
- 5.2.5 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO<sub>2</sub>)
- 5.2.6 ΤΟΞΙΚΑ ΑΕΡΙΑ
- 5.2.7 ΑΚΑΥΣΤΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC)
- 5.2.8 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)
- 5.2.9 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO<sub>x</sub>)
- 5.2.10 ΣΤΕΡΕΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

### 5.3 ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

- 5.3.1 ΛΟΓΟΣ ΛΑΜΔΑ
- 5.3.2 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΛΑΜΔΑ
- 5.3.3 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ
- 5.3.4 Ο ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

- 5.3.5 ΜΗ ΠΡΟΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ
- 5.3.6 ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ
- 5.3.7 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ
- 5.3.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ
- 5.3.9 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ
- 5.3.10 ΜΗΧΑΝΙΚΟ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ
- 5.3.11 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

#### 5.4 ΛΥΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

- 5.4.1 ΛΥΣΕΙΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΚΑΥΣΙΜΑ
- 5.4.2 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ
- 5.4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 5.4.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ
- 5.4.5 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΔΙΑΝΟΜΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ
- 5.4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ
- 5.4.7 ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ
- 5.4.8 ΛΟΓΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
- 5.4.9 ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ
- 5.4.10 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ
- 5.4.11 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ
- 5.4.12 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

#### 5.5 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

- 5.5.1 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ
- 5.5.2 ΚΕΡΑΜΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ
- 5.5.3 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ
- 5.5.4 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΨΑΘΑ ΤΥΠΟΥ ΣΥΡΜΑΤΙΝΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ
- 5.5.5 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΨΑΘΑ ΤΥΠΟΥ ΔΙΑΣΤΕΛΟΜΕΝΟΥ ΤΑΠΗΤΑ
- 5.5.6 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ
- 5.5.7 ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ
- 5.5.8 ΔΙΟΔΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ
- 5.5.9 ΑΡΡΥΘΜΙΣΤΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 5.5.10 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΙ ΤΡΙΟΔΙΚΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ
- 5.5.11 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

#### 5.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

- 5.6.1 ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΗ
- 5.6.2 ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗ ΑΠΟ ΜΟΛΥΒΔΟ
- 5.6.3 ΒΟΥΛΩΜΑ
- 5.6.4 ΣΠΑΣΙΜΟ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ
- 5.6.5 ΛΙΩΣΙΜΟ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΟΥ

#### 5.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

- 5.7.1 ΔΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 5.7.2 ΑΡΡΥΘΜΙΣΤΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 5.7.3 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

#### 5.8 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

- 5.8.1 ΔΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 5.8.2 ΑΡΡΥΘΜΙΣΤΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ
- 5.8.3 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

- 5.9 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΜΕ ΛΗΠΤΗ ( $\lambda$ )**
  - 5.9.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ**
  - 5.9.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ ( $\lambda$ )**
  - 5.9.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ**
  - 5.9.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **1.1 ΙΣΧΥΣ**

Ένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός κινητήρα είναι και η ισχύς του και γι' αυτό ορίζεται στις περισσότερες δοκιμές κινητήρων. Την ισχύ την ορίζουμε σαν το έργο στην μονάδα του χρόνου

$$P = \frac{W}{t}$$

P=Ισχύς, W=Έργο, t=Χρόνος

Η ισχύς υπολογίζεται επίσης από την ροπή επί την γωνιακή ταχύτητα

$$P=M\omega$$

M=Ροπή,  $\omega$ =Γωνιακή Ταχύτητα

Η γωνιακή ταχύτητα υπολογίζεται από την σχέση:

$$\omega=2\pi n$$

n=Αριθμός Στροφών

Μονάδες ισχύος σε W (Watt) ή kW. Η μονάδα ισχύος PS να αποφεύγεται. Μια άμεση μέτρηση της ισχύος στον κινητήρα δεν είναι δυνατή. Γι' αυτό καθορίζονται είτε τα μεγέθη M και n W και t και απ' αυτά υπολογίζεται η ισχύς.

### **1.2 ΡΟΠΗ**

Η ωφέλιμη ισχύς ορίζεται από την σχέση:

$$P=M\omega, \omega=2\pi n$$

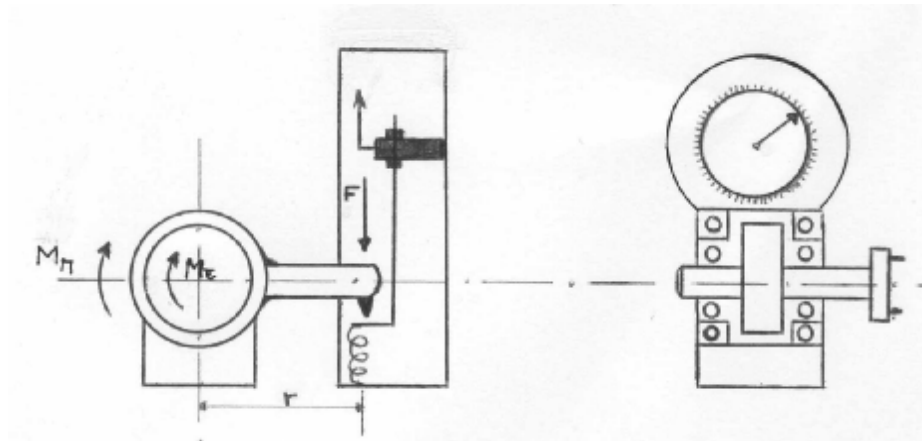
δηλαδή μετράει κάποιος την ροπή και τον αριθμό των στροφών και κατόπιν υπολογίζει την ωφέλιμη ισχύ. Αυτή η μέθοδος είναι γρήγορη και ακριβής και προτιμείται από την μέθοδο της σχέσης:

$$P = \frac{W}{t}$$

με την μέτρηση των W και t.

Η ροπή μπορεί να μετρηθεί απευθείας. Οι μετρητικοί μηχανισμοί για την μέτρηση της ροπής χωρίζονται σε πέδες ισχύος και αξονικούς δυναμοδείκτες. Η πέδη ισχύος δεν

μετράει μόνο την ροπή, αλλά και την ισχύ και την μετατρέπει σε θερμική ή ηλεκτρική ισχύ.



$M_{\pi}$  = Ροπή περιβλήματος  
 $M_{\tau}$  = Ροπή τυμπάνου  
 $r$  = Ακτίνα μοχλοβραχίονα

### Σχ. 1 Πέδη Ισχύος

Στο σχ. 1 η ροπή δια του άξονα μεταφέρεται στο κινητό τύμπανο της πέδης ισχύος. Από το κινητό τύμπανο μέσω του εργαζόμενου μέσου, κύρια νερό ή μαγνητικό πεδίο, μεταφέρεται στο περίβλημα της δυναμοπέδης (στάτορα). Ο στάτορας που έχει την ευχέρεια να πάλλεται, υποβαστάζεται με ένα μοχλοβραχίονα πάνω σε ζυγαριά. Στο άκρο του μοχλοβραχίονα μήκους  $r$  εφαρμόζει η δύναμη  $F$ . Η δύναμη αντίδρασης στη ζυγαριά προκαλεί στο μοχλό τη ροπή αντίδρασης  $M_{\pi}$ . Στην κλίμακα της ζυγαριάς μπορεί κάποιος να διαβάζει απευθείας την ροπή ή την δύναμη. Επί το πλείστον η ζυγαριά είναι εφοδιασμένη με σκάλα τιμών δύναμης, διότι γνωρίζοντας και τον αριθμό στροφών μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ:

$$P = M\omega$$

$$M = Fr \text{ και } \omega = 2\pi n$$

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

$$P = Fr2\pi n$$

$$F = \text{Δύναμη}$$

$$n = \text{Αριθμός Στροφών}$$

$$r = \text{Ακτίνα μοχλοβραχίονα,}$$

Εκλέγοντας κάποιος τον μοχλοβραχίονα:

$$r = 1,5915 \text{ m}$$

$$\acute{\epsilon}\chi\omicron\upsilon\mu\epsilon: P=F \cdot 1.5915\text{m} \times 2\pi n$$

$$\kappa\alpha\iota: P = \frac{Fn}{100}$$

$$P=\text{kW}, F=\text{N}, n=1/\text{sec}$$

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

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

$$P = \frac{Fn}{10000}$$

$$P=\text{kW}, F=\text{N}, n=1/\text{min}$$

Παλαιότερες πέδες ισχύων ήταν κατασκευασμένες με μοχλοβραχίονες:

$$r_1=0,7162\text{m} \text{ ή } r_2=0,9738 \text{ m:}$$

$$P = \frac{Fn}{1000}$$

$$F=Kp, n=1/\text{min}, P=PS \text{ με } r_1, P=\text{kW} \text{ με } r_2$$

### **Παράδειγμα:**

Η ζυγαριά μιας πέδης ισχύος με μοχλοβραχίονα 1,5915m δείχνει δύναμη 100N. Πόση είναι η ωφέλιμη ισχύς και η ροπή του κινητήρα εάν συγχρόνως ο αριθμός στροφών είναι 5000 1/min.

### **ΛΥΣΗ:**

Για πέδη ισχύος με μοχλοβραχίονα 1,5915m υπολογίζεται η ισχύς με την παρακάτω σχέση, που ο αριθμός στροφών είναι σε 1/s:

$$P = \frac{Fn}{100}$$



$$n=5000 \frac{1}{\text{min}} = \frac{5000}{60} \frac{1}{\text{sec}}$$

$$P = \frac{100 \times 5000}{100 \times 60} = 83,3 \text{ kW}$$

Η ωφέλιμη ισχύς είναι 83,3 kW

Η ροπή στρέψης υπολογίζεται:

$$M = Fy$$

$$M = 100 \text{ N} \times 1,5915 \text{ m} = 159,15 \text{ Nm}$$

Η ροπή στρέψης είναι: 159,15 Nm

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **2.1 ΚΑΥΣΙΜΑ**

Σαν καύσιμο ορίζεται η αναγκαία ύλη καύσης για την λειτουργία ενός κινητήρα. Με την καύση του στο εσωτερικό του κυλίνδρου του κινητήρα παράγεται θερμική ενέργεια που 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 πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Με την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου παίρνουμε από 40 ως 200°C βενζίνη και από 200 ως 360°C πετρέλαιο εσωτερικής καύσης DIESEL. Το υπολειπόμενο ονομάζεται βαρύ έλαιο.

Έτσι καίγεται βενζίνη στους κινητήρες ΟΤΤΟ και πετρέλαιο εσωτερικής καύσης στους κινητήρες DIESEL. Για την καύση του υπολειπομένου βαρέως ελαίου ενδείκνυται μόνο, οι γι' αυτόν τον σκοπό κατασκευασμένες μεγάλης ισχύος DIESEL μηχανές. Το υπολειπόμενο βαρύ έλαιο περιέχει πολύ θείο.

Εξίσου ενδιαφέρεται ο κατασκευαστής και ο αγοραστής για τις ιδιότητες των καυσίμων και επίσης για την κατανάλωση που κρίνει αποφασιστικά την οικονομικότητα του κινητήρα.

## **ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΜΗΧΑΝΗ**

### **ΚΑΥΣΙΜΑ**

#### **ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ & ΚΑΥΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**

Το ευρύτετα χρησιμοποιημένο καύσιμο για τις αυτοκίνητες μηχανές είναι το υγρό καύσιμο που λέγεται βενζίνη. Η βενζίνη είναι ένας υδρογονάνθρακας (HC), δηλαδή αποτελείται από υδρογόνο (H) και άνθρακα (C). Η καιγόμενη βενζίνη και οι προκύπτουσες χημικές αντιδράσεις της καύσης περιγράφονται στο σκάσιμο. Εάν η "τέλεια καύση" πραγματοποιηθεί, όλη η βενζίνη στην αίθουσα καύσης θα καιγόταν εντελώς. Εντούτοις, η πλήρης ή τέλεια καύση δεν εμφανίζεται. Κάποιος ατμός βενζίνης (HC) δεν καίγεται. Αφήνει τον κύλινδρο ως τμήμα του αερίου εξάτμισης μαζί με το μονοξείδιο άνθρακα (CO) και τα οξειδία αζώτου (NOX) που διαμορφώνονται. Εδώ είναι η εξίσωση που παρουσιάζει τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της καύσης σε έναν κύλινδρο μηχανών:



Η καύση αρχίζει με τα καύσιμα υδρογονανθράκων (βενζίνη ή HC) που καίγεται παρουσία του αζώτου και του οξυγόνου. Αυτό θερμαίνει τον παγιδευμένο αέρα, αναγκάζοντας τον να επεκταθεί και να λειτουργήσει το έμβολο. Ειδοποίηση ότι HC εμφανίζεται και στις δύο πλευρές της εξίσωσης. Αυτό σημαίνει ότι κάποιο ποσό της βενζίνης δεν καίγεται. Αφήνει τον κύλινδρο ως ατμός (HC) βενζίνης με τα αέρια που φεύγουν από την εξάτμιση.

Η σωστή πλευρά της εξίσωσης παρουσιάζει επίσης άλλες ενώσεις που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια της καύσης. Εκτός από HC, το αέριο εξάτμισης περιέχει πάντα κάποιο μονοξείδιο άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), τα οξειδία αζώτου και τον υδρατμό. Αποτελέσματα του μονοξειδίου άνθρακα από την ελλιπή καύση. Διαμορφώνεται όταν ενώνεται ένα άτομο του άνθρακα με ένα άτομο του οξυγόνου αντί δύο όπως στην πλήρη καύση. Αυτή η έλλειψη οξυγόνου αποτρέπει το διοξείδιο του άνθρακα σχηματισμού. Το μονοξείδιο άνθρακα είναι ένα δηλητηριώδες αέριο που μπορεί

να προκαλέσει το θάνατο. Αρκετό κοβάλτιο μπορεί να συσσωρευτεί από τη λειτουργία της μηχανής σε ένα κλειστό γκαράζ ώστε μέσα σε τρία λεπτά να σκοτωθεί καθένας που βρίσκεται μέσα στο γκαράζ. Η αιθαλομίχλη είναι μια μορφή "βρώμικου αέρα" που προκύπτει από την καύση. Μια αιτία της αιθαλομίχλης είναι η αντίδραση που εμφανίζεται μεταξύ, υδρογονανθράκων (HC) και οξειδίων αζώτου παρουσία του ηλίου.

Οι υψηλές θερμοκρασίες ευθύνονται για το σχηματισμό διοξειδίων του αζώτου. Όταν η θερμοκρασία είναι επάνω από 2500 βαθμούς Κελσίου [ 1371°C], η θερμότητα αναγκάζει μερικό από το άζωτο και το οξυγόνο στον αέρα να ενώσει και να διαμορφώσει τα οξειδία αζώτου . Ο υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα είναι αβλαβή αέρια. Εντούτοις, το μονοξείδιο άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες (HC), και τα οξειδία αζώτου είναι ατμοσφαιρικοί ρύποι. Μολύνουν τον αέρα που αναπνέουμε. Η αναπνοή του μολυσμένου αέρα είναι κακή για τους ανθρώπους και τα ζώα. Η έκθεση στο μολυσμένο αέρα είναι επίσης κακή για τις εγκαταστάσεις και τα δέντρα. Οι νόμοι περιορίζουν τις αυτοκίνητες 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 σύστημα ελέγχου εκπομπής μηχανών ρύπων , ο αεροκαθαριστήρας ή ο εξαερωτήρας, η δεξαμενή καυσίμων, και ο σωλήνας αναρρόφησης. Το ποσό ρύπων από κάθε πηγή ελέγχεται από τους ελέγχους εκπομπής ρύπων των οχημάτων. Αυτοί είναι:

**1. Σύστημα ελέγχου εκπομπής ρύπων.** Αυτό στέλνει τα αέρια απωλειών συμπίεσης (> 7-2) μέσα από τη μηχανή για να καούν . Έτσι αποτρέπεται η διαφυγή τους στην ατμόσφαιρα.

**2.Εξατμιστικό σύστημα ελέγχου εκπομπής ρύπων.** Παγιδεύει τους ατμούς καυσίμων που δραπετεύουν από τον αεροκαθαριστήρα, τον εξαερωτήρα (εάν χρησιμοποιείται), και τη δεξαμενή καυσίμων (> λ3-3). Αυτοί οι ατμοί επιστρέφουν έπειτα στη μηχανή και καίγονται.

**3. Σύστημα ελέγχου εκπομπής ρύπων εξάτμισης.** Περιλαμβάνει ποικίλη διαχείριση μηχανών, και τις συσκευές και τα συστήματα ελέγχου εκπομπής ρύπων. Όλα λειτουργούν για να μειώσουν τους ρύπους στο αέριο εξάτμισης.

## **BENZINH**

### **2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ BENZINHS**

Η βενζίνη γίνεται από το ακατέργαστο πετρέλαιο. Το ακατέργαστο πετρέλαιο προέρχεται από τα φρεάτια που τρυπιούνται με τρυπάνι κάτω στις δεξαμενές του πετρελαίου. Το ακατέργαστο πετρέλαιο καθαρίζεται για να δημιουργήσουμε τη βενζίνη, τα καύσιμα diesel, τη λίπανση, το πετρέλαιο, το λίπος, και πολλά άλλα προϊόντα. Διάφορες πρόσθετες ουσίες προστίθενται στη βενζίνη κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Αυτές βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά του για τη χρήση ως καύσιμα μηχανών.

**Η διευκρινισμένη βενζίνη για μια αυτοκίνητη μηχανή πρέπει να έχει:**

1. Κατάλληλη αστάθεια (> 12-3), η οποία καθορίζει πόσο εύκολα η βενζίνη ατμοποιείται (στροφές στον ατμό).
2. Αντίσταση στον κτύπο ή την προανάφλεξη.
3. Ανασταλτικοί παράγοντες οξειδωσης, οι οποίοι αποτρέπουν το σχηματισμό της γόμας στο σύστημα καυσίμων.
4. Αντιοξειδωτικοί πράκτορες, οι οποίοι αποτρέπουν την οξειδωση των μερών μετάλλων στο σύστημα καυσίμων.

5. Αντιπηκτικά , τα οποία καθυστερούν την πήξη στο πάγωμα σωμάτων και καύσιμο-γραμμών ρυθμιστικών βαλβίδων.
6. Απορρυπαντικά, τα οποία βοηθούν να κρατήσουν καθαρούς τους εγχυτήρες εξαερωτήρων ή καυσίμων.
7. Χρωστική ουσία για τον προσδιορισμό, όπως η κόκκινη χρωστική ουσία, η οποία δίνει στη μολυβδόχο βενζίνη μια σκουριά ή ένα πορτοκαλί χρώμα.

### **ΠΡΟΣΟΧΗ**

Η βενζίνη είναι ένα επικίνδυνο υγρό εάν δεν αντιμετωπίζεται κατάλληλα. Ο ατμός βενζίνης θα αυξηθεί από μια διαρροή βενζίνης σε ένα όχημα ή από ένα ανοικτό εμπορευματοκιβώτιο της βενζίνης. Ο σπινθήρας, η φλόγα, ή το αναμμένο τσιγάρο θα αναφλέξουν τον ατμό.

### **Αστάθεια >12-3**

Η ευκολία με την οποία μια βενζίνη ατμοποιείται είναι "η αστάθειά της." Η βενζίνη πρέπει να ατμοποιηθεί γρήγορα αφότου αναμιχθεί με τον αέρα στην πολλαπλή σωμάτων ή εισαγωγής ρυθμιστικών βαλβίδων. Διαφορετικά, σταγονίδια υγρής βενζίνης εισάγονται στους κυλίνδρους. Τα σταγονίδια αυτά ξεπλένουν το λάδι από τα τοιχώματα των κυλίνδρων.

Η βενζίνη (HC) που δεν ατμοποιείται δεν θα καεί. Αφήνει τον κύλινδρο με το αέριο εξάτμισης. Ο καταλυτικός μετατροπέας (> 13-15) αφαιρεί το μεγαλύτερο μέρος του HC από το αέριο εξάτμισης. Το υπόλοιπο βγαίνει από τον σωλήνα αναρρόφησης και μολύνει τον αέρα. Αυτό σπαταλά τη βενζίνη και μειώνει την οικονομία καυσίμων. Η αστάθεια καθορίζει το πόσο γρήγορα μια βενζίνη ατμοποιείται. Η βενζίνη υψηλής αστάθειας ατμοποιείται γρήγορα, η βενζίνη χαμηλής αστάθειας ατμοποιείται αργά. Η βενζίνη πρέπει να έχει τη σωστή αστάθεια για το κλίμα στο οποίο χρησιμοποιείται. Η μηχανή είναι δύσκολο να αρχίσει εάν η αστάθεια είναι πάρα πολύ χαμηλή. Ελάχιστα καύσιμα ατμοποιούνται για να παράγουν ένα καύσιμο μίγμα. Η κλειδαριά ατμού οδηγεί εάν η αστάθεια είναι πάρα πολύ υψηλή. Κατόπιν η βενζίνη στο σύστημα καυσίμων γυρίζει στον ατμό. Αυτό αποτρέπει την κανονική ροή καυσίμων. Η μηχανή χρονοτριβεί ή δεν θα αρχίσει. Οι μηχανές ραφινάρισματος πετρελαίου ρυθμίζουν την αστάθεια

. Η βενζίνη γίνεται πιο πτητική στον κρύο καιρό. Αυτό κάνει τη μηχανή να αρχίσει ευκολότερα στις χαμηλές θερμοκρασίες.

### **ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑ ΧΤΥΠΗΜΑΤΑ (ΠΕΙΡΑΚΙΑ)**

Το πόσο καλά μια βενζίνη αντιστέκεται στον κτύπο (> σπινθήρων - 12-5), ή στην εκτυρσοκρότηση, καθορίζεται από το εάν εμφανίζεται κανονική καύση ή ανώμαλη καύση. Κατά την διάρκεια της κανονικής καύσης, η φλόγα μεταδίδεται σταδιακά σε ολόκληρη την αίθουσα καύσης. Αυτό παράγει μια ομαλή άνοδο πίεσης. Η ανώμαλη καύση που προκαλείται από την εκτυρσοκρότηση παρουσιάζεται στο κέντρο του κυλίνδρου. Αφότου εμφανίζεται ο σπινθήρας στο βούλωμα σπινθήρων, η φλόγα μεταδίδεται σε ολόκληρη την αίθουσα καύσης. Εντούτοις, πριν η φλόγα φθάσει το τέλος του μίγματος, η θερμότητα και η πίεση ενεργώντας σε αυτό το τελευταίο μέρος του άκαυστου μίγματος αέρος-καυσίμου το οδηγούν στην έκρηξη. Τα δύο μέτωπα φλογών συναντιούνται, παράγοντας μια πολύ γρήγορη και υψηλή άνοδο πίεσης. Το αποτέλεσμα είναι η πρόκληση ενός μεταλλικού θορύβου. Ο κτύπος ή η εκτυρσοκρότηση σπινθήρων μπορεί σοβαρά να βλάψει μια μηχανή. Οι βαριοί κλονισμοί στα έμβολα μεταδίδουν το μεγάλο φορτίο στα ρουλεμάν και σε άλλα μέρη των μηχανών. Τα έμβολα μπορούν να σπάσουν. Η αυστηρή εκτυρσοκρότηση μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη προανάφλεξη.

### **ΒΑΘΜΟΙ ΟΚΤΑΝΙΟΥ**

Η ποιότητα αντίστασης μιας βενζίνης υποδεικνύεται από τον αριθμό οκτανίου της. Όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός οκτανίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση της βενζίνης στη πρόκληση χτύπων (> - 12-4). Η βενζίνη 93 οκτανίων είναι περισσότερο ανθεκτική στον κτύπο από μια βενζίνη 87 οκτανίων. Επομένως, μια βενζίνη που χτυπά ή πυροδοτείται εύκολα είναι μια χαμηλή βενζίνη οκτανίου. Η βενζίνη που αντιστέκεται στην εκτυρσοκρότηση είναι υψηλή βενζίνη οκτανίου.

Ο αριθμός οκτανίου για οποιαδήποτε βενζίνη καθορίζεται με τη δοκιμή του στις εργαστηριακές μηχανές. Τα αποτελέσματα της δοκιμής χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν

την ελάχιστη εκτίμηση οκτανίου (>12-4). Αυτό είναι ο αριθμός που ταχυδρομείται στις αντλίες στους σταθμούς επιδιορθώσεως.

Οι μηχανές υψηλής-συμπίεσης απαιτούν τη μεγάλου αριθμού οκτανίων βενζίνη. Η αναλογία συμπίεσης είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο το μίγμα καυσίμων αέρα συμπιέζεται στο κτύπημα συμπίεσης. Οι υψηλές αναλογίες συμπίεσης είναι επιθυμητές επειδή οι μηχανές συμπίεσης μπορούν να παραγάγουν περισσότερη δύναμη.

Εντούτοις, η υψηλή συμπίεση αυξάνει τη θερμοκρασία του μίγματος αέρα-καυσίμου. Αφότου εμφανίζεται ο σπινθήρας, η υψηλή θερμοκρασία καύσης μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση σε (> 12-1) και την εκτυρσοκρότηση (> 12-4). Κατόπιν μέρος του άκαυτου μίγματος αέρα-καυσίμου εκρήγνυται πριν από την κανονική καύση. Η προσθήκη μόλυβδου επέτρεπε τις υψηλότερες αναλογίες συμπίεσης χωρίς εκτυρσοκρότηση.

Από το 1975, οι ομοσπονδιακοί κανονισμοί απαιτούν όλα τα νέα αυτοκίνητα να λειτουργούν με αμόλυβδα καύσιμα. Ο μόλυβδος που προστίθεται στη βενζίνη δεν καίγεται. Φεύγει με το αέριο εξάτμισης και μολύνει τον αέρα. Ο μόλυβδος βλάπτει επίσης τον καταλυτικό μετατροπέα και άλλες συσκευές ελέγχου εκπομπή ρύπων. Ο μόλυβδος είναι ένα δηλητήριο. Η αναπνοή αέρα που περιέχει μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει τη δηλητηρίαση από μόλυβδο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει την ασθένεια και ενδεχομένως το θάνατο.

### **ΔΥΟ ΕΙΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ**

Μερικά πρατήρια βενζίνης μπορούν να πωλήσουν δύο είδη βενζίνης, μολυβδόχως και αμόλυβδος. 1996. Η μολυβδόχως βενζίνη πρέπει να καταργηθεί σταδιακά εντελώς. Κατόπιν μόνο οι διάφοροι βαθμοί αμόλυβδης βενζίνης θα είναι διαθέσιμοι. 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 καυσίμων είναι μικρότερη. Έτσι η αντλία βενζίνης δεν μπορεί να εισχωρήσει σε αυτήν την οπή.

### **ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΚΤΑΝΙΟΥ**

Η αναλογία σχεδίου και συμπίεσης μηχανών καθορίζει το οκτάνιο που απαιτείται. Εντούτοις, αυτή η απαίτηση αλλάζει με τον καιρό, τις συνθήκες οδήγησης, και τη μηχανική κατάσταση της μηχανής. Παραδείγματος χάριν, καταθέσεις αιθουσών καύσης μειώνουν τον τόμο εκκαθάρισης. Αυξάνουν επίσης τις απαιτήσεις οκτανίου και τη δυνατότητα της εκτυρσοκρότησης. Η μειωμένη αποδοτικότητα ψύξης, τα προβλήματα συστημάτων καυσίμων ή ανάφλεξης, και η αποτυχία των ελέγχων εκπομπής μπορούν επίσης να αλλάξουν τις απαιτήσεις. Οκτανίου. Επιπλέον, ο τρόπος που ο οδηγός ενεργοποιεί το όχημα έχει μια επίδραση. Η απαίτηση οκτανίου θα είναι χαμηλότερη εάν ο οδηγός δεν απαιτεί τις γρήγορες επιταχύνσεις και τη λειτουργία σε υψηλές ταχύτητες των ρυθμιστικών βαλβίδων. Κατόπιν η εκτυρσοκρότηση είναι λιγότερο πιθανό να εμφανιστεί. Οι αυτόματες μεταδόσεις κάνουν επίσης μια διαφορά στην απαίτηση οκτανίου μηχανών.

### **ΆΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΝΩΜΑΛΩΝ ΚΑΥΣΕΩΝ**

Ένας άλλος τύπος ανώμαλης καύσης είναι η προανάφλεξη. Αυτό είναι ανάφλεξη του αέρος-καυσίμου μίγματος προτού να εμφανιστεί ο σπινθήρας στο βούλωμα σπινθήρων. Το

μίγμα αρχίζει να καίει, ή "προ-αναφλέγεται," από τα καυτά σημεία στην θάλαμο καύσης. Οι πιθανές αιτίες περιλαμβάνουν μια καυτή βαλβίδα εξάτμισης, ένα βούλωμα σπινθήρων, ή τις καταθέσεις άνθρακα. Δεδομένου ότι αυτές οι επιφάνειες έχουν πολύ υψηλή θερμοκρασία προκαλούν την ανάφλεξη. Αυτό καλείται ανάφλεξη επιφάνειας. Η ανάφλεξη επιφάνειας μπορεί να εμφανιστεί πριν ή μετά από το σπινθήρα. Μπορεί να προκαλέσει τη μηχανή να βουίζει καθώς να παρουσιάζει τραχιά λειτουργία, και ήπια λειτουργία στην αυστηρή εκपुरσοκρότηση. Ο χαρακτηριστικός ήχος της προανάφλεξης είναι ένας θαμπός γδούπος (όχι ένας "μεταλλικός θόρυβος"). Η προανάφλεξη μπορεί να προκαλέσει την αποτυχία μέσω της πολλαπλής εισαγωγής και του αεροκαθαριστήρα. Η ανάφλεξη επιφάνειας, (προανάφλεξη) οφείλεται συνήθως σε προβλήματα υψηρεσιών

### **ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΚΠΥΡΣΟΚΡΟΤΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ**

Η μορφή του θαλάμου καύσης (> 9-8) έχει μια επίδραση στην εκपुरσοκρότηση. Στην θάλαμο σφηνών το μέτωπο φλογών πρέπει να ταξιδεύει σε ολόκληρη την θάλαμο. Το τέλος της σφήνας συμπιέζει και αποσβήνει την περιοχή. Αυτό βοηθά να αποτρέψει την εκपुरσοκρότηση του τελευταίου μέρους του άκαυτου μίγματος αέρος-καυσίμου. Η συμπύεση εμφανίζεται στο τέλος του κτυπήματος συμπίεσης. Το μίγμα συμπιέζεται 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 οινόπνεύματος, 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 οινόπνεύματος 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 κάποιων 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 καυσίμου οχημάτων περιλαμβάνουν έναν αισθητήρα εύκαμπτων καυσίμων . Δίνει στο όχημα τη δυνατότητα να λειτουργήσει σε ποικίλα συνδυασμένα καύσιμα (διάφορα μίγματα βενζίνης και οινόπνευματος). 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 καμπυλών για να ταιριάξει 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 αεριώδη 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 γαλιόνια [ 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 (CO<sub>2</sub>).

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 τον ήλιο 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 CO<sub>2</sub> όταν καίγεται, μερικά όπως η μεθανόλη παράγουν λιγότερο CO<sub>2</sub> από άλλα. Το ευθύ αέριο υδρογόνο και το φυσικό αέριο (>12-14) είναι επίσης πιθανά εναλλακτικά καύσιμα. Αλλά και τα δύο παράγουν το CO<sub>2</sub> 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 σοβαρότερα χαρακτηριστικά μεγέθη του κινητήρα είναι η κατανάλωση καυσίμου. Συνηθίζεται να δίνεται σε Kg/h.

Η μέτρηση της κατανάλωσης βασίζεται στο εξής: να μετριέται 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.

$$B = \frac{m}{t}, m = \rho V$$

B = κατανάλωση καυσίμου

M = μάζα καυσίμου

T = πυκνότητα καυσίμου

V = όγκος καυσίμου

Η πυκνότητα καυσίμου ορίζεται με το αραιότερο (σχ.2). Η κατανάλωση καυσίμου δεν ενδείκνυται σαν μέγεθος για την σύγκριση διαφορετικών κινητήρων. Γι' αυτό τον σκοπό καθορίστηκε η ειδική κατανάλωση καυσίμου. Με αυτή συνδέουμε την κατανάλωση καυσίμου και την ωφέλιμη ισχύ του κινητήρα:

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

$K_e$  = ειδική κατανάλωση καυσίμου

B = κατανάλωση καυσίμου

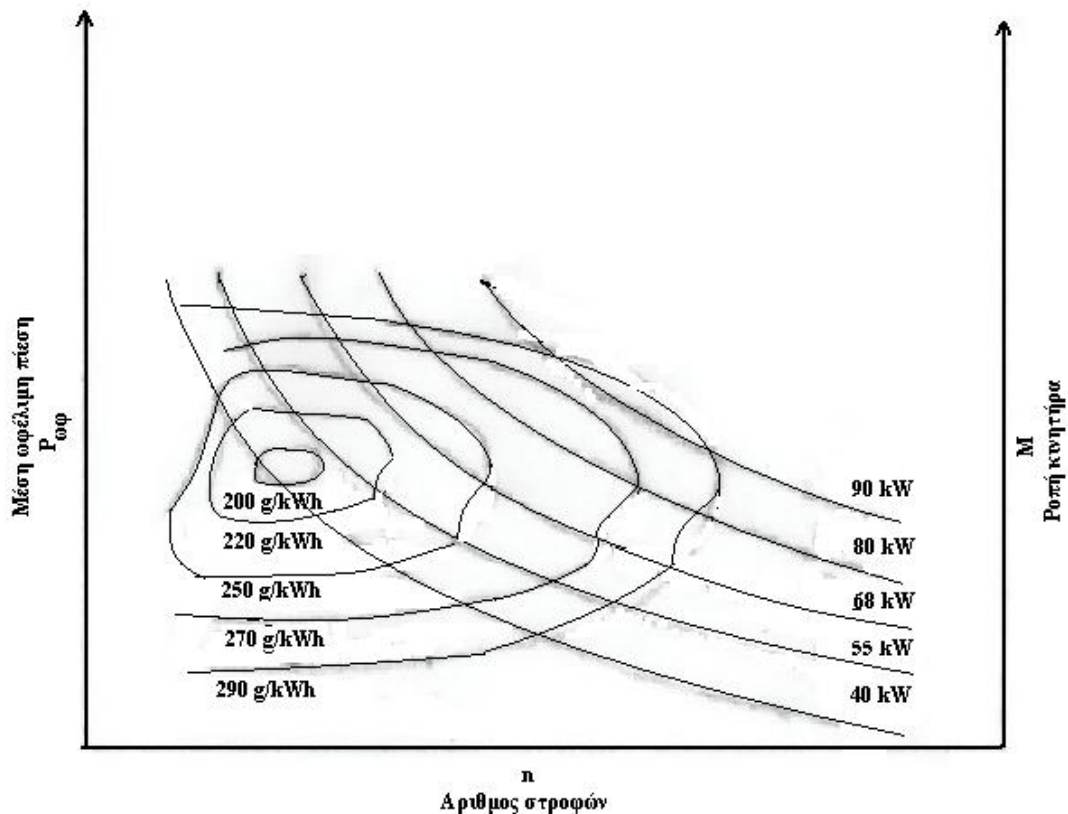
$P_e$  = ωφέλιμη ισχύς

**Σχ. 2 Αραιόμετρο**



## 2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

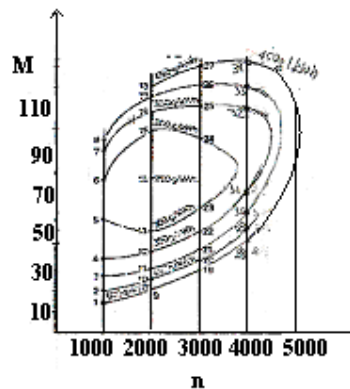
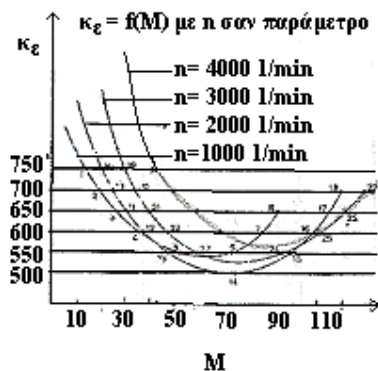
Στο χαρακτηριστικό διάγραμμα κατανάλωσης εμφανίζεται η μέση πραγματική πίεση και η ροπή του κινητήρα σαν συνάρτηση του αριθμού στροφών και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Οι καμπύλες σταθερής ειδικής κατανάλωσης είναι κλειστές. Επιπρόσθετα στο διάγραμμα περιέχονται καμπύλες σταθερής ωφέλιμης ισχύος.



Σχ.3 Χαρακτηριστικό διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου

Από το διάγραμμα του σχ.3 γίνεται φανερό ότι ένας κινητήρας με την ίδια ωφέλιμη ισχύ με κάποιον άλλο μπορεί να λειτουργεί με τελείως διαφορετικές ειδικές καταναλώσεις. Είναι φανερό ότι σκοπός είναι ο κινητήρας να λειτουργεί με τις χαμηλότερες δυνατόν ειδικές καταναλώσεις. Και επίσης ο κινητήρας πρέπει στην κανονική λειτουργία του 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: Μετρείται η ειδική κατανάλωση καυσίμου του κινητήρα μεταβάλλοντας τη ροπή 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.4).



Σχ. 4 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.

Στις 1500 στρ/min μετρήθηκαν τα εξής ζεύγη ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και ροπής (Κκαυσίμου, M) σε [g/kWh, Nm]

a/a	Κκαυσίμου [g/kWh]	M[Nm]
1	750	13
	700	20
3	650	27
4	600	37
5	550	53
6	550	75
7	600	87
8	650	93

Στις 2000 στρ/min μετρήθηκαν τα εξής ζεύγη ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και ροπής (Κκαυσίμου, M) σε [g/kWh, Nm]

a/a	Κκαυσίμου [g/kWh]	M[Nm]
9	750	22
10	700	26
11	650	31
12	600	39
13	550	49
14	500	76
15	550	99
16	600	109
17	650	115
18	700	120

Στις 3000 στρ/min μετρήθηκαν τα εξής ζεύγη ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και ροπής (Κκαυσίμου,Μ) σε [g/kwh,Nm]

a/a	Κκαυσίμου[g/kWh]	M[Nm]
19	750	30
20	700	36
21	650	41
22	600	48
23	550	60
24	550	95
25	600	111
26	650	122
27	700	130

Στις 4000 στρ/min μετρήθηκαν τα εξής ζεύγη ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και ροπής (Κκαυσίμου,Μ) σε [g/kWh, Nm]

a/a	Κκαυσίμου[g/kWh]	M[Nm]
28	750	43
29	700	50
30	650	59
31	600	69
32	600	110
33	650	121
34	700	133

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

$$P_e = \frac{M2\pi}{V_h z i}$$

$P_e$ = μέση πραγματική πίεση

$M$ = ροπή

$V_h$ = εμβολισμός ενός κυλίνδρου

$z$ = αριθμός κυλίνδρων

$i$ = αριθμός ενδεικτικών διαγραμμάτων ανά περιστροφή

Συνεπώς από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για την κατασκευή των κλειστών καμπυλών σταθερής ειδικής κατανάλωσης ακολουθείται η παρακάτω μεθοδολογία. Για μια συγκεκριμένη μηχανή μετράμε την ειδική κατανάλωση καυσίμου μεταβάλλοντας τη

ροπή κρατώντας σταθερό τον αριθμό στροφών. Κατασκευάζονται έτσι καμπύλες σταθερού αριθμού στροφών με τετμημένη τον άξονα της ροπής και τεταγμένη της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

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

M=ροπή

$P_{\omega\phi\epsilon\lambda}$  =ωφέλιμη ισχύς (μέση πραγματική)

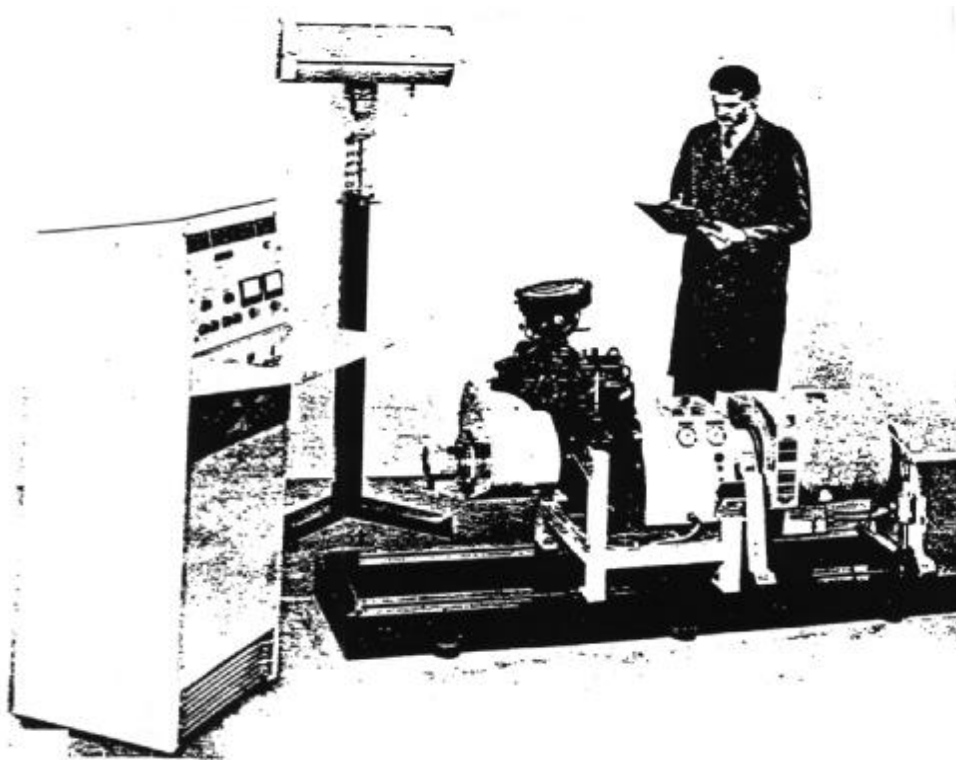
n=αριθμός στροφών

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

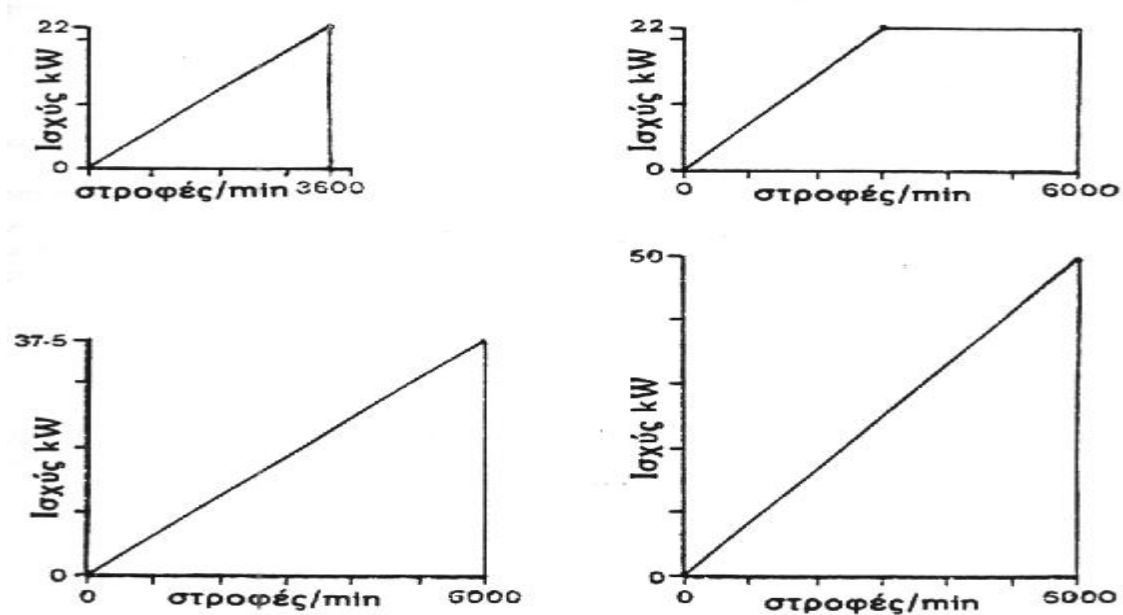
#### 3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΕΔΕΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΕΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

##### 3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Οι τράπεζες δοκιμών των τριών εγκατεστημένων στο χώρο του εργαστηρίου παλινδρομικών 4-χρονων ΜΕΚ της 1-κύλινδρης Otto 468 cm<sup>3</sup> μεταβλητής συμπίεσης (V/C), της 2-κύλινδρης Diesel Petter PS2W 1620 cm<sup>3</sup> και της 4-κύλινδρης Otto Ford 1599 cm<sup>3</sup>, μπορούν να συνεργαστούν και με οποιαδήποτε μηχανή της οποίας η έξοδος και η ταχύτητα (στροφές) κείνται μέσα στα όρια ισχύος του υπάρχοντα δυναμομέτρου. Τυπικά διαγράμματα ισχύος δυναμομέτρων δείχνονται 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) Όρια ισχύος δυναμομέτρων

Το ηλεκτρικό δυναμόμετρο περιλαμβάνει ένα θυρίστορ που διεγείρει κινητήρα συνεχούς ρεύματος χωριστής διέγερσης. Όταν το δυναμόμετρο χρησιμοποιείται για εκκίνηση της μηχανής MEK, η διαθέσιμη ισχύς είναι το 85% του διατιθέμενου βαθμού απόδοσής της. Με την χρήση ταχογεννήτριας προσαρμοσμένης στο δυναμόμετρο και σε συνεργασία με ρυθμιστή θυρίστορ επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια ταχύτητας περιστροφής (0,1% των μεγίστων στροφών). Ο ρυθμιστής είναι μονοφασική, τετράκλωνος, αναπαραγωγική μονάδα που επιστρέφει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σαν εναλλασσόμενο ρεύμα στο κύκλωμα ηλεκτρικής παροχής. Μ' αυτήν την διάταξη είναι δυνατόν να εφαρμόζουμε στην υπό έλεγχο μηχανή MEK μεταβλητό φορτίο, ή να επιβάλλουμε σταθερή ροπή με τον ρυθμιστή φορτίου και να μεταβάλλουμε τις στροφές. Το δυναμόμετρο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν κινητήρας για την εκκίνηση της μηχανής και για την μέτρηση των εσωτερικών απωλειών. Το αναπαραγωγικό δυναμόμετρο είναι ικανό να ρυθμιστεί να κινεί ή να απορροφά εξαιρετικά γρήγορα, τυπικά σε 15 με 20  $\mu\text{sec}$ .

Για την μέτρηση της ροπής λαμβάνεται σήμα από ένα φωτοκύτταρο φορτίου προσαρμοσμένο στον βραχίονα φόρτισης του δυναμόμετρου. Ένα ψηφιακό όργανο στην κονσόλα ελέγχου δίνει διαρκή ένδειξη της ροπής σε Nm (το όργανο δίνει ένδειξη κάθε 0,5 sec περίπου). Η κονσόλα ελέγχου έχει ρυθμιστές για ανεξάρτητη ρύθμιση φορτίου και ταχύτητας περιστροφής (στροφών). Το ρεύμα του φορτίου και η ταχύτητα περιστροφής (στροφές) αναγράφονται σε ψηφιακά όργανα.

Υπάρχουν τέσσερα ψηφιακά όργανα:

- Ø Ροπής σε Nm
- Ø Ταχύτητας σε στροφές/λεπτό
- Ø Χρονομετρητής (sec) σε συνδυασμό με την μέτρηση κατανάλωσης καυσίμου.
- Ø Μετρητής συνολικών περιστροφών στροφαλοφόρου άξονα.

Το κύκλωμα έχει εισόδους από διάφορα θερμοζεύγη τα οποία μετρούν την θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού και των καυσαερίων. Έχει επίσης εισόδους για τις ενδείξεις από τον μετατροπέα ροπής και την ταχογενήτριας και επίσης υπάρχει έξοδος πληροφοριών προς τον ρυθμιστή στροφών και τον εξαερωτήρα μέσω σερβοκινητήρα.

Το σύστημα παροχής καυσίμου είναι τοποθετημένο σε μια χαλύβδινη στήλη και περιλαμβάνει δοχείο καυσίμου, χωρητικότητας 25,50,75 και 100cm<sup>3</sup> καυσίμου.

Η μηχανή επίσης συνοδεύεται με το κατάλληλο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και ψύχεται με την χρήση συστήματος ψύξης νερού ανακυκλοφορίας και όχι με το ψυχρό νερό του δικτύου ύδρευσης.

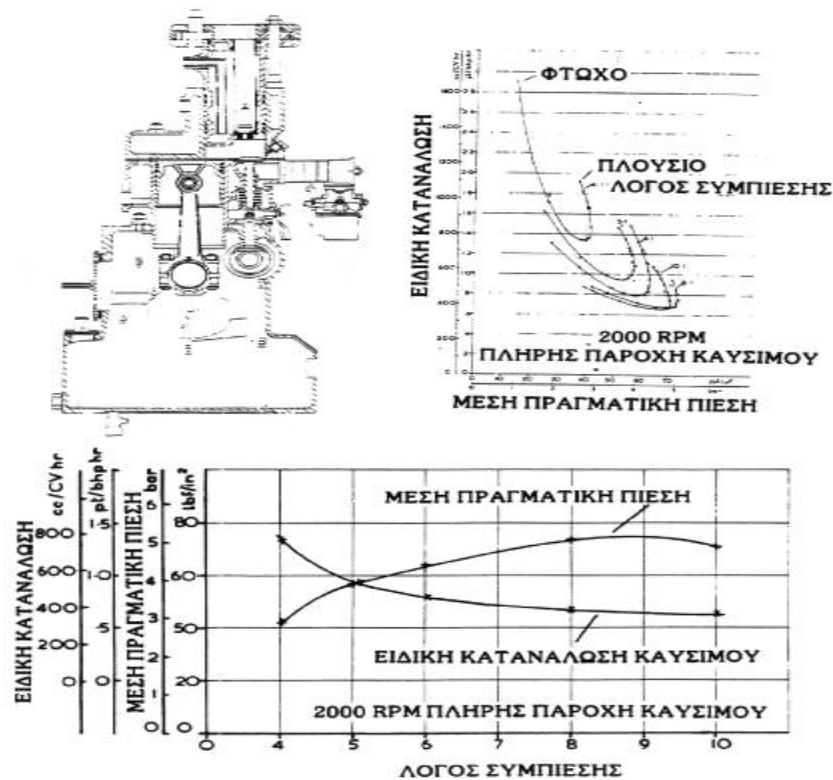
Ο επιπρόσθετος εξοπλισμός που συνοδεύει την κλίνη των δοκιμών είναι, μετρητής παροχής αέρα και ηλεκτρονικός παλμογράφος για την λήψη του ενδεικτικού διαγράμματος της μηχανής.

### **3.2 ΜΗΧΑΝΗ (ΟΤΤΟ) ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ**

Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι να παρουσιάσει τα αποτελέσματα της μεταβολής του λόγου συμπίεσης στην συμπεριφορά των βενζινομηχανών. Η μηχανή αποτελείται από ένα υδροψυκτικό κύλινδρο συμβατικού σχεδιασμού αλλά ο νεκρός χώρος του κυλίνδρου έχει το ειδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της δυνατότητας μεταβολής του. Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης της μηχανής είναι κατάλληλα σχεδιασμένα ώστε να αντέχουν στην καταπόνηση που προέρχεται από την προανάφλεξη και τα “πειράκια”. Τομή της μηχανής δείχνεται στο σχ. (3.2.1). Το έμβολο από κράμα αλουμινίου είναι εφοδιασμένο με δύο ελατήρια συμπίεσης και ένα ελατήριο ελαίου. Μια εξωτερικά τοποθετημένη αντλία λαδιού τροφοδοτεί με λιπαντικό τους τριβείς του στρόφαλου, τον κύλινδρο και τον εκκεντροφόρο άξονα. Ο εξαερωτήρας είναι εφοδιασμένο με ρυθμιστή παροχής καυσίμου για την ρύθμιση της ισχύος του μίγματος. Ο χρόνο παροχής του σπινθήρα του αναφλεκτήρα μπορεί επίσης να μεταβάλλεται. Ο λόγος συμπίεσης μεταβάλλεται με την ρύθμιση της θέσης ενός



Σχ. (3.2.1) Τομή της βενζινομηχανής μεταβλητής συμπίεσης και συμπεριφορά της σε διαφορετικούς λόγους συμπίεσης.



υδροψυκτικού χυτοσιδήρου εμβόλου προσαρμοσμένου σε σπή στην κεφαλή του υδροψυκτικού κυλίνδρου. Το έμβολο το οποίο φέρει και τον αναφλεκτήρα μονώνεται με χυτοσιδηρά ελατήρια συμπίεσης και ελαστικά μονωτικά δακτυλίδια. Το άνω άκρο του σχηματίζει την επιφάνεια της οροφής του θαλάμου καύσης. Το πιστόνι με κατάλληλο σύστημα ανεβοκατεβαίνει μέσα στην υποδοχή ρυθμίζοντας τον όγκο του θαλάμου καύσης.

### ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Υδρόψυκτη, 4-χρονη, 1-κύλινδρη βενζινομηχανή με πλευρικές βαλβίδες.

Διάμετρος εμβόλου:	85mm
Διαδρομή εμβόλου:	82,5mm
Κυβισμός:	468 cm <sup>3</sup>
Λόγος συμπίεσης:	4:1 έως 10:1
Εύρος στροφών:	1500 έως 2000 στροφές/λεπτό
Μέγιστες στροφές:	2500 στροφές/λεπτό
Ονομαστική ισχύς εξόδου:	2.3 kW

Σχέση συμπίεσης	Νεκρός χώρος	Ένδειξη counter
4:1	156 cm <sup>3</sup>	0
5:1	117 cm <sup>3</sup>	107
6:1	93.6 cm <sup>3</sup>	172
7:1	78 cm <sup>3</sup>	215
8:1	67 cm <sup>3</sup>	245
9:1	58,5 cm <sup>3</sup>	268
10:1	52 cm <sup>3</sup>	286

Όταν ο counter δείχνει 0 και ο λόγος συμπίεσης είναι 4:1 το έμβολό του counter βρίσκεται στην ανώτατη θέση.

#### **Πριν θέσουμε σε λειτουργία τη μηχανή**

- α. Ελέγχουμε με το χέρι αν περιστρέφεται ελεύθερα
- β. Ελέγχουμε την παροχή του καυσίμου.
- γ. Ελέγχουμε την ποσότητα του λιπαντικού λαδιού
- δ. Ελέγχουμε την παροχή του ψυκτικού νερο

#### **Έλεγχος του ηλεκτρικού δικτύου**

Στην κονσόλα ελέγχου υπάρχουν δύο κομβία και ένα πράσινο ενδεικτικό φως που χαρακτηρίζονται σαν ON, OFF και MAINS αντίστοιχα. Αυτά ελέγχουν την παροχή ισχύος προς το εσωτερικό της μονάδας με εξαίρεση το δυναμόμετρο. Το δυναμόμετρο δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί χωρίς τα ρυθμιστικά αυτά κομβία να είναι σε θέση ON.

#### **Ρυθμιστικά δυναμομέτρου**

Υπάρχουν δύο κομβία και ένα μπλε ενδεικτικό φως που χαρακτηρίζονται σαν RUN, STOP, DYNAMOMETER. Αυτά ρυθμίζουν την παροχή ισχύος στο δυναμόμετρο και ο χειριστής πρέπει να βεβαιωθεί ότι ο ρυθμιστής της φόρτισης είναι σε θέση ελαχίστου πριν πιέσει το κομβίο στο ON. Λάθος σ' αυτόν τον χειρισμό μπορεί να έχει αποτέλεσμα την απρόβλεπτη ξαφνική εκκίνηση της μηχανής. Το δυναμόμετρο πρέπει να είναι σε θέση OF όταν δεν χρησιμοποιείται.

### **Ρυθμιστικά Λειτουργίας**

Υπάρχουν δύο ποτενσιόμετρα δέκα θέσεων στο ταμπλό του μηχανήματος που χαρακτηρίζονται σαν “ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ” και “ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ”. Η ρύθμιση αυτών προσδιορίζει αντιστοιχεί τις στροφές και το ρεύμα φόρτισης του δυναμομέτρου.

### **Περίπτωση (μέθοδος) σταθερής ταχύτητας περιστροφής**

Εάν ρυθμίσουμε σ’ ένα σημείο όπου διατίθεται επαρκές ρεύμα οπλισμού (και κατά συνέπεια ροπής), για να αντεπεξέλθει σε κάθε εφαρμοζόμενο φορτίο τότε το δυναμόμετρο θα στρέφεται με μια ταχύτητα (στροφές) καθορισμένη μόνον από την ρύθμιση του ελέγχου στροφών. Οι στροφές αυτές θα είναι απόλυτα ανεξάρτητες από την κατάσταση της μηχανής και το δυναμόμετρο αυτομάτως καθορίζει την κίνηση ή την φόρτιση (πέδηση) για να κρατήσει τις επιθυμητές στροφές.

### **Περίπτωση (μέθοδος) σταθερής ροπής**

Εάν η ρύθμιση της φόρτισης είναι τέτοια ώστε να διατίθεται ανεπαρκές ρεύμα οπλισμού (και κατά συνέπεια ροπής) για να λάβουμε τις επιθυμητές στροφές, τότε η εφαρμοζόμενη ροπή στη μηχανή έχει μια σταθερή τιμή και η ταχύτητα περιστροφής (στροφές) αυξάνεται ή ελαττώνεται υπό τον έλεγχο της μηχανής (αντιπροσωπεύει τον έλεγχο του χειριστηρίου στροφών). Εάν η ταχύτητα της μηχανής πέσει σ’ ένα σημείο που αντιστοιχεί στην ρύθμιση του ελέγχου στροφών, τότε το δυναμόμετρο μεταπίπτει αυτόματα στην κατάσταση σταθερών στροφών. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να χρησιμοποιείται από τον χειριστή για να επιλέγει έναν ελάχιστο αριθμό στροφών κάτω από τον οποίο δεν θέλει να περιστρέφεται η μηχανή όταν χρησιμοποιεί την κατάσταση σταθερής ροπής.

### **Ψηφιακό όργανο μέτρησης στροφών**

Ακριβώς πάνω από τον ρυθμιστή στροφών υπάρχει ένα όργανο που δείχνει τον στιγμιαίο αριθμό, όταν η συνθήκη λειτουργίας της μηχανής διέπεται από την περίπτωση σταθερής ταχύτητας περιστροφής.

### **Αναλογικό όργανο μέτρησης του ρεύματος φόρτισης**

Ακριβώς πάνω από τον ρυθμιστή φόρτισης υπάρχει ένα όργανο που δείχνει το μέγεθος και τη διεύθυνση του ρεύματος οπλισμού. Αυτό το όργανο είναι τύπου απόκλισης, προς τα δεξιά από το μηδέν δείχνει ότι το δυναμόμετρο οδηγεί την μηχανή και προς τα αριστερά ότι το δυναμόμετρο φορτίζει (φρενάρει) την μηχανή.

### **Εκκίνηση της μηχανής**

- α. Βεβαιωθείτε ότι η διαθέσιμη ισχύς του δικτύου είναι η απαιτούμενη.
- β. Ανοίξτε το διακόπτη παροχής ηλεκτρικού ρεύματος προς την μονάδα ελέγχου.

- γ. Πιέστε το πράσινο κουμπί ON στο MAINS και βεβαιωθείτε ότι άναψε το πράσινο ενδεικτικό φως.
- δ. Τοποθετείστε τους ρυθμιστές στροφών και φορτίου στην ελάχιστη θέση.
- ε. Ετοιμάστε την μηχανή για εκκίνηση.
- στ. Πατήστε το πράσινο κουμπί του δυναμομέτρου και βεβαιωθείτε ότι άναψε το μπλε ενδεικτικό φως.
- ζ. Ρυθμίστε το ρυθμιστή στροφών στην επιθυμητή ταχύτητα του τροφάλου.
- η. Γρήγορα αυξήστε τη φόρτιση τοποθετώντας το ρυθμιστή από το μηδέν στο MAXIMUM.
- θ. Η μηχανή θα περιστραφεί με τις στροφές που επιλέξαμε. Εάν δε περιστραφεί επανατοποθετείστε το ρυθμιστή φόρτισης στην ελάχιστη θέση και ερευνήστε τα αίτια.
- ι. Σ' αυτό το σημείο το δυναμόμετρο λειτουργεί σε κατάσταση σταθερών στροφών

#### **Σταμάτημα της μηχανής**

- α. Μειώστε τον ρυθμιστή στροφών.
- β. Μειώστε το ρυθμιστή φόρτισης στο ελάχιστο για να αποσυρθεί όλο το φορτίο από τη μηχανή.
- γ. Κλείστε τη μηχανή (καύσιμο, έναυση κ.λ.π.).
- δ. Επαναφέρατε το ρυθμιστή στροφών στο ελάχιστο.
- ε. Θέσατε τον διακόπτη του δυναμομέτρου στο OFF και βεβαιωθείτε ότι το μπλε ενδεικτικό φως έσβησε.

#### **Λειτουργία σε κατάσταση σταθερών στροφών**

Από τη στιγμή που η μηχανή αρχίζει να λειτουργεί βεβαιωθείτε ότι ο ρυθμιστής φόρτισης έχει τεθεί στη μέγιστη τιμή. Η ταχύτητα της μηχανής τώρα μπορεί να ελέγχεται με τη χρήση του ρυθμιστή στροφών και είναι ανεξάρτητη από τα χαρακτηριστικά της μηχανής. Η κατάσταση σταθερών στροφών είναι χρήσιμη όταν δοκιμάζονται αρρυθμιστες μηχανές που χρειάζονται άμεσο έλεγχο της βαλβίδας της αντλίας του καυσίμου.

#### **Λειτουργία σε κατάσταση σταθερής ροπής με αρρυθμιστες μηχανές**

Σε αρρυθμιστες μηχανές αυτή η κατάσταση χρησιμοποιείται με προσοχή για την αποφυγή υπέρβασης του ανώτατου αριθμού στροφών. Η παρακάτω διαδικασία χρησιμοποιείται για να έχουμε κατάσταση σταθερής ροπής.

- α. Τοποθετείστε το ρυθμιστή φορτίου σε μικρή απόκλιση από το ελάχιστο και το ρυθμιστή στροφών στη μέση τιμή του.
- β. Τοποθετείστε τον ρυθμιστή φορτίου αργά και προσεκτικά σε μια θέση που η μηχανή μόλις αρχίζει να γυρίζει.
- γ. Τοποθετείστε το ρυθμιστή στροφών στην επιθυμούμενη ελάχιστη ταχύτητα της μηχανής.

δ. Ο ρυθμιστής φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ρύθμιση της εφαρμοζόμενης ροπής με την συνεργασία ενός ψηφιακού οργάνου μέτρησης ροπής και η ταχύτητα περιστροφής της μηχανής (στροφές) μπορεί να αλλάζει ελεύθερα σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ροπή και το άνοιγμα της βαλβίδας της αντλίας του καυσίμου.

ε. Εάν η κατάσταση του ανοίγματος της βαλβίδας της αντλίας καυσίμου, ή του ρυθμιστή φόρτισης, είναι τέτοια ώστε οι στροφές της μηχανής να πέσουν στην τιμή που θέσαμε στον ρυθμιστή τροφών, τότε αυτόματα το σύστημα μεταπίπτει σε κατάσταση σταθερής ταχύτητας περιστροφής και διατηρείται σ' αυτήν την κατάσταση όσο και οι παραπάνω συνθήκες ισχύουν.

### **Λειτουργία σε κατάσταση σταθερής ροπής με κυβερνούμενες μηχανές**

Αυτή είναι η πιο χρήσιμη κατάσταση όταν δοκιμάζεται μηχανές με λειτουργία. Έχουμε την ακόλουθη διαδικασία.

- α. Θέστε τον ρυθμιστή φορτίου στο ελάχιστο.
- β. Εκκινείται η μηχανή κανονικά.
- γ. Ρυθμίστε τον ρυθμιστή στροφών στην επιθυμητή ελάχιστη τιμή.
- δ. Χρησιμοποιώντας τα συστήματα ελέγχου λειτουργείται η μηχανή στην επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής.
- ε. Εφαρμόστε φορτίο στην μηχανή αυξάνοντας την φόρτιση με τον ρυθμιστή φορτίου και παρατηρείστε τις αλλαγές των στροφών χρησιμοποιώντας το ψηφιακό ταχύμετρο πάνω στην κονσόλα ελέγχου.

### **Προφυλάξεις**

- α. Βεβαιωθείτε ότι ο ρυθμιστής φορτίου είναι τοποθετημένος στο ελάχιστο πριν ενεργοποιήσετε το δυναμόμετρο.
- β. Βεβαιωθείτε ότι το κατάλληλο λάδι είναι διαθέσιμο για αρκετή ώρα δοκιμής.
- γ. Όταν χρησιμοποιούμε κατάσταση σταθερής ροπής σε αρρυθμιστες μηχανές μικρές μεταβολές στην ρύθμιση του φορτίου ή των χαρακτηριστικών της μηχανής μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες αλλαγές στην ταχύτητα περιστροφής της μηχανής.
- δ. Πάντα τοποθετήστε μια ρεαλιστική ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής όταν το σύστημα λειτουργεί σε κατάσταση σταθερής ροπής και αποφύγετε ρύθμιση πολύ χαμηλών στροφών όταν χρησιμοποιείται κατάσταση λειτουργίας σταθερής ταχύτητας περιστροφής.
- ε. Μην αφήνετε το δυναμόμετρο ενεργοποιημένο όταν δεν χρησιμοποιείται.
- στ. Μην κλείνετε [ποτέ την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος όταν η μηχανή λειτουργεί με ταχύτητα μεγαλύτερη της φυσιολογικής της λειτουργίας. (Μπορεί να αυξηθούν πολύ οι στροφές).

### **3.2.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ BENZINOMΗΧΑΝΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ**

Ο λόγος συμπίεσης της μηχανής ρυθμίζεται με την περιστροφή εξαγωνικού στελέχους που προεξέχει στην κορυφή του κυλίνδρου της μηχανής. Η θέση του στελέχους ρύθμισης του λόγου συμπίεσης ασφαρίζεται με ειδικό μηχανισμό μετά την ρύθμιση. Η θέση του μετρητικού εμβόλου και κατά συνέπεια ο λόγος συμπίεσης δείχνεται σ' ένα μετρητή. Εκτός από την περίπτωση κατά την οποία η μηχανή χρησιμοποιείται για σύγκριση διαφορετικών καυσίμων, απαιτείται χρήση βενζίνης του υψηλότερου διαθέσιμου αριθμού οκτανίων, για να έχουμε ικανοποιητική συμπεριφορά της μηχανής στον μέγιστο λόγο συμπίεσης. Είναι απαραίτητο να αρχίσουμε τη λειτουργία της μηχανής με ένα μέγιστο λόγο συμπίεσης 6:1 και με χρονισμό σπινθηρισμού 12ο πριν το Άνω Νεκρό Σημείο (ο χρονισμός σπινθηρισμού ρυθμίζεται με κατάλληλο μηχανισμό πάνω στην μηχανή). Είναι αναγκαίο να ρυθμίσουμε την βελανοειδή βαλβίδα που ρυθμίζει την παροχή του καυσίμου στο καρμπυρατέρ. Το άνοιγμα της διόδου παροχής καυσίμου και κατά συνέπεια η ισχύς του μίγματος τίθενται προσεγγιστικά στην σωστή τιμή στρέφοντας κατάλληλα την βαλβίδα ενώ κινούμε τη μηχανή μέχρι αυτή να πάρει μπροστά. Μπορεί να γίνει επιπλέον ρύθμιση της βαλβίδας έτσι ώστε να πετύχουμε ομαλή λειτουργία της μηχανής. Κατά την έναρξη λειτουργίας της μηχανής ελέγχουμε την πίεση του λαδιού. Δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1 bar.

Μπορούν να γίνουν πολλές διαφορετικές δοκιμές με τη βενζινομηχανή μεταβλητού λόγου συμπίεσης. Το πείραμα που έχει ίσως το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι εκείνο δείχνει την επίδραση του λόγου συμπίεσης πάνω στη συμπεριφορά της μηχανής. Η μηχανή αυτή δεν ενδείκνυται για μέτρηση του ακριβούς αριθμού οκτανίου της βενζίνης, αλλά μπορεί να γίνει ένας προσεγγιστικός προσδιορισμός της ποιότητας του καυσίμου. Όταν κάνουμε τέτοιου είδους πειράματα χρησιμοποιούμε δύο δοχεία καυσίμου, το ένα από τα οποία γεμίζεται με το καύσιμο που θέλουμε να ελέγξουμε και το άλλο με το καύσιμο αναφοράς. Εάν ληφθεί ένα ενδεικτικό διάγραμμα λειτουργίας της μηχανής μπορούν να μελετηθούν τα αποτελέσματα του λόγου συμπίεσης, του χρονισμού προανάφλεξης του μίγματος και του αριθμού οκτανίου του καυσίμου πάνω στο διάγραμμα του ενδεικτικού διαγράμματος.

### **3.2.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΕΝΑΥΣΗΣ**

Για να ελέγξουμε το χρονισμό έναυσης ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία. Μετακινούμε τον οδηγό υψηλής τάσης από το μαγαζί και τον προσαρμόζουμε στο μπουζί που βρίσκεται σε προεξοχή του στροφαλοθαλάμου. Τοποθετούμε την θέση του Άνω Νεκρού Σημείου που είναι σημειωμένη στο χείλος του τροχού και θέτουμε στην επιφάνεια του τροχού υπό μορφή κολλητικής ταινίας μια λωρίδα λεπτού χαρτιού μήκους 100 mm περίπου, η λωρίδα λεπτού χαρτιού είναι έτσι τοποθετημένη ώστε κάτω από το ηλεκτρόδιο του μπουζί όταν ο τροχός περιστρέφεται. Σημειώστε στο χαρτί το Άνω Νεκρό Σημείο. Αποσυμπιέστε και στρέψτε τη μηχανή με το χέρι με τέτοιες στροφές ώστε ο θόρυβος που ωφελείται από την ώση σύζευξης του παραγωγού σπινθηρισμών να σταματά. Ανοίξτε την έναυση για μερικά δευτερόλεπτα έτσι ώστε ο σπινθήρας να περνά μεταξύ του ηλεκτροδίου του σπινθηριστή και της επιφάνειας του τροχού τρυπώντας το χαρτί. Βγάλτε το χαρτί και κρατήστε το στο φως έτσι ώστε να γίνουν ορατές οι τρύπες που έγιναν από τους σπινθήρες. Όταν ο παραγωγός σπινθηρισμών είναι σωστά τοποθετημένος στην φλάντζα του, η τρύπα του σπινθήρα στο χαρτί ταυτίζεται με τις ενδείξεις του Άνω Νεκρού Σημείου στον τροχό. Ρυθμίστε αν είναι αναγκαίο δια περιστροφής τον παραγωγό σπινθηρισμών απελευθερώνοντας τους δυο σφικτήρες στη φλάντζα του.

### **3.2.3 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

Ο βραχίονας φόρτισης ο οποίος είναι τοποθετημένος στο κέλυφος φόρτισης φέρει ένα εκτεινόμενο στέλεχος στο οποίο μπορεί να κρεμαστεί ένα βάρος. Η διαδικασία βαθμονόμησης είναι η ακόλουθη και γίνεται με τη μηχανή συζευγμένη αλλά εκτός λειτουργίας.

1. Ανοίξτε την παροχή ισχύος σε όλα τα όργανα και επιτρέψτε να ζεσταθούν για 15 λεπτά.
2. Μετακινήστε ελαφρά το βραχίονα φόρτισης με το χέρι για να απομακρυνθεί κάθε ξένη ουσία μέσα στο σύστημα.
3. Ο μετρητής ροπής πρέπει τώρα να δείχνει μηδέν. Το εκτεινόμενο στέλεχος τοποθετείται στην θέση του χωρίς να κρεμαστεί το βάρος σε αυτήν την φάση. Τοποθετήστε τον μετρητή ροπής στο μηδέν με ρύθμιση του ποτενσιόμετρου χρησιμοποιώντας κατάλληλο εργαλείο μέσα στην μικρή τρύπα που γράφει μηδέν στο ενισχυτικό κουτί του κελύφους φόρτισης, το οποίο είναι τοποθετημένο στο άκρον του δυναμομέτρου.
4. Το μετρητικό όργανο πρέπει τώρα να τεθεί στην μέγιστη ροπή, η οποία δίνεται σε Nm Το μήκος του βραχίονα φόρτισης είναι 0,2 μέτρα. Εφαρμόζουμε στο εκτεινόμενο στέλεχος βάρος 0,5 κιλά και 4,5 κιλά. Ένα φορτίο 5 κιλών συνεπώς σε απόσταση 0,2 μέτρων από το κέντρο του δυναμόμετρου δίνει μια ροπή  $9,81 \times \text{Nm}$ .

Πάλι η ρύθμιση της μέγιστης ένδειξης γίνεται με κατάλληλο εργαλείο διαμέσου της οπής του ενισχυτή που φέρει την ένδειξη GAIN.

5. Η μηδενική και η μέγιστη ένδειξη θα πρέπει να επαναληφθούν για δέκα φορές έτσι ώστε οι ρυθμίσεις να έχουν μεγάλο βαθμό πιστότητας. Ρυθμίζοντας τα αποτελέσματα του GAIN στο μηδέν και αντίστροφα καταλήγουμε στη σωστή ρύθμιση.

6. Το σύστημα μπορεί τώρα να βαθμονομηθεί για μερικά σημεία μεταξύ του 0 και 5 κιλών για να δειχθεί ότι η απόκρισή του είναι γραμμική.

Οποσδήποτε εάν διαπιστωθεί ότι το σύστημα δεν είναι ρυθμιζόμενο σωστά είναι αναγκαίες οι παρακάτω ρυθμίσεις.

I. Ρύθμιση εάν διαπιστωθεί ότι το σύστημα δεν είναι ρυθμιζόμενο σωστά είναι αναγκαίες οι παρακάτω ρυθμίσεις.

II. Ρύθμιση της παροχής ισχύος που φθάνει στο σύστημα. Η παροχή ισχύος είναι τοποθετημένη πίσω από το μετρητή ροπής και μπορεί να ρυθμιστεί με τα δύο ποτενσιόμετρα έτσι ώστε η έξοδος της να είναι 15 VOLTS. Αυτή δεν είναι κρίσιμη μέτρηση, διότι κάθε τάση μεταξύ 12 και 20 VOLTS είναι ικανοποιητική.

III. Το GAIN του συστήματος αυτού είναι τέτοιο ώστε ο μετρητής ροπής να τίθεται υπό τάση 1 VOLT για την μέγιστη έξοδο από το κέλυφος της φόρτισης και αυτό επίσης δεν είναι κρίσιμο καθώς το μηδέν και το GAIN ρυθμίζονται όπως περιγράφηκε προηγουμένως.

### **3.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΓΙΑ ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ**

Προσεγγιστικά οι απαιτήσεις σε νερό ψύξης καθώς και η θερμότητα που αποβάλλεται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης είναι οι ακόλουθες:

Ροή ψυκτικού νερού, βενζινομηχανές 40 λίτρα/kW εξόδου

Ροή ψυκτικού νερού, μηχανές Diesel 30 λίτρα/kW εξόδου

Θερμότητα στο ψυκτικό νερό, βενζινομηχανές 1.2 kW/kW εξόδου

Θερμότητα στο ψυκτικό νερό, μηχανές Diesel 0,8kW/kW εξόδου.

Εάν αποφασιστεί να ψυχθεί η μηχανή απ' ευθείας από το δίκτυο η βάνα ρύθμισης της ροής πρέπει να τοποθετηθεί πριν την μηχανή και όχι μετά για να αποφεύγεται η ανάπτυξη στη μηχανή όλης της πίεσεως του δικτύου. Στην περίπτωση αυτή το νερό πρέπει να εισέρχεται από τη βάση του υδροχιτωνίου και να αποβάλλεται πάνω από το επίπεδο της κεφαλής του κυλίνδρου. Οποσδήποτε δεν συνιστάται αυτή η μέθοδος ψύξης των μηχανών, είτε επειδή αυτή προϋποθέτει λειτουργία της μηχανής σε χαμηλότερη από την επιθυμητή θερμοκρασία, είτε διότι παρέχει μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εισόδου και εξόδου του ψυκτικού νερού και σε συνδυασμό με χαμηλή παροχή του ψυκτικού νερού έχει σαν συνέπεια κίνδυνο απότομης ανόδου της θερμοκρασίας σε κάποια σημεία της μηχανής.



Το σύστημα ανακυκλοφορίας του ψυκτικού νερού των μηχανών του εργαστηρίου είναι μια καλύτερη εγκατάσταση. Αυτό το σύστημα το οποίο πρέπει να παρέχεται για χρήση στις μηχανές μεγαλύτερης ισχύος των 150 kW, περιλαμβάνει ένα δοχείο μίξης στο οποίο παρέχεται κρύο νερό από το δίκτυο, έναν ηλεκτροκινητήρα που κινεί την αντλία ανακυκλοφορίας του νερού και έναν θερμοστάτη ελέγχου της θερμοκρασίας εξόδου της μηχανής. Το σύστημα ψύξης νερού επίσης παρέχεται με ένα ροόμετρο μέτρησης της ροής του ψυκτικού νερού διαμέσου της μηχανής και θερμομέτρα για την ένδειξη θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου σ' αυτήν. Επίσης μπορεί να μετρηθεί ο ρυθμός της θερμότητας στο ψυκτικό νερό.

Το πλεονεκτήματα του συστήματος κυκλοφορίας του ψυκτικού νερού είναι ότι η θερμοκρασιακή διαφορά κατά μήκος της μηχανής διατηρείται σε χαμηλό επίπεδο ( $10^{\circ}\text{C}$ ), η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλή θερμοκρασία ( $70^{\circ}\text{C}$ ) και τα σχετικά προβλήματα με την ψύξη, την λίπανση και την διάβρωση του κυλίνδρου απουσιάζουν.

Στην περίπτωση μηχανών αυτοκινήτων η ροή και η θερμοκρασία του ψυκτικού νερού πρέπει να ρυθμίζονται παρόμοια με αυτές που ισχύουν όταν η μηχανή λειτουργεί με το δικό της ψυγείο.

### **3.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΔΟΥ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ**

Από λειτουργικής πλευράς το ιδανικό σύστημα εξόδου καυσαερίων για την μηχανή στο εργαστήριο είναι αυτό που προσομοιάζει ακριβώς το σύστημα που θα χρησιμοποιούνταν στην ίδια μηχανή στην κανονική της λειτουργική κατάσταση. Δεν πρέπει να διαφέρουν αισθητά από τις οδηγίες των κατασκευαστών της μηχανής το μήκος και η διάμετρος του σωλήνα μεταξύ της μηχανής και του σιγαστήρα, καθώς και η χωρητικότης και ο σχεδιασμός του σιγαστήρα. Μια αύξηση στο μήκος του σωλήνα είναι ανεπιθύμητο διότι μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχές της εξαγωγής των καυσαερίων και συνεπαγόμενα φαινόμενα από την αλλαγή του μοντέλου των παλμών πίεσης στο σύστημα εξαγωγής. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την σχέση στοιχειομετρικής απόδοσης/στροφές και τις χαρακτηριστικές καμπύλες ροπής/ταχύτητας (στροφές) της μηχανής και στην περίπτωση των 2-χρόνων μηχανών μπορεί να προκαλέσει αδυναμία λειτουργίας της μηχανής.

Αύξηση του μήκους του τμήματος του σωλήνα μετά τον σιγαστήρα είναι λιγότερο καθοριστικό πρόβλημα, αλλά πρέπει να δίνεται προσοχή στο θέμα της πίεσης εξόδου μετρώντας μ' ένα μανόμετρο πάνω στον σιγαστήρα μέγιστη πίεση 10 cm στήλης  $\text{H}_2\text{O}$ . Κάθε μεγαλύτερη πίεση εξόδου τείνει να επηρεάσει την στοιχειομετρική απόδοση και κατά συνέπεια την ισχύ εξόδου. Όταν περισσότερες από μια μηχανές οδηγούν τα καυσαέρια τους σε κοινό σωλήνα εξαγωγής ή θάλαμο εκτόνωσης όχι μόνο υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των παλμών εξαγωγής από τη μηχανή με συνέπεια διαταραχές στη λειτουργία τους αλλά όταν πρόκειται για βενζινομηχανές υπάρχει σοβαρός κίνδυνος έκρηξης. Εάν όπως στην περίπτωση μεγάλων εργαστηρίων υπάρχει μεγάλη ανάγκη κοινής

εξαγωγής πρέπει να εγκαθιστώνται ανεμιστήρας και κατάλληλη είσοδος αέρα στην κοινή εξαγωγή, ώστε να επιτυγχάνεται αραίωση των καυσαερίων. Επίσης πρέπει να προβλέπεται αυτοματισμός ώστε να επιτυγχάνεται σε λειτουργία ο ανεμιστήρας μόλις υπολογίζεται με βάση την απαίτηση ότι σε όλες τις βενζινομηχανές που είναι συνδεδεμένες στο σύστημα και λειτουργούν σε μέγιστη ισχύ και ταχύτητα ο λόγος αέρα προς καύσιμο δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 60 προς 1. Εάν ο βαθμός αραίωσης των καυσαερίων δεν είναι αρκετά μεγάλος τότε μπορεί να εκτονωθεί στο σύστημα εκρηκτικό μίγμα με κίνδυνο ατυχήματος.

Τη μηχανή ανοίγοντας διαδοχικά τη βαλβίδα με βήματα 1/8 περιστροφής εάν το μείγμα έχει γίνει εξαιρετικά πλούσιο, είναι αναγκαίο να βάλετε και να καθαρίσετε το μπουζί.

### **3.2.6 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΟΚΙΜΗΣ**

Πριν ξεκινήσουμε την δοκιμή πρέπει να κάνουμε μια γρήγορη εξέταση της εγκατάστασης, ελέγχονται όλα τα συστήματα που ρυθμίζουν τον στραγγαλισμό της μηχανής, το σταμάτημα, τις παροχές καυσίμου και ψυκτικού νερού και την λειτουργία του συστήματος κυκλοφορίας του ψυκτικού νερού.

Σε πολλές περιπτώσεις είναι πλεονέκτημα να γίνει μια δοκιμαστική λειτουργία των επιμέρους συστημάτων πριν αρχίσει η δοκιμή.

Πολλές δοκιμές μηχανών εσωτερικής καύσης απαιτούν την αναγραφή ενός αριθμού διαφορετικών ενδείξεων για τις δοκιμές. Γι' αυτό είναι επιθυμητό να εργάζονται συγχρόνως μερικοί σπουδαστές χρησιμοποιώντας κατάλληλα φύλλα αναγραφής των ενδείξεων των οργάνων.

Σαν παράδειγμα θεωρείστε την περιγραφή δοκιμής που περιέχει σύγχρονη μέτρηση της ισχύος εξόδου της κατανάλωσης καυσίμου της κατανάλωσης αέρα, της θερμότητας στο ψυκτικό νερό και της θερμοκρασίας καυσαερίων.

Μια κατάλληλη κατανομή υποχρεώσεων θα ήταν η ακόλουθη.

#### **Σπουδαστή Νο1**

Λειτουργεί την στήλη κατανάλωσης καυσίμου, τον διακόπτη της μηχανής, τον μετρητή στροφών και γράφει στα φύλλα δοκιμής την ένδειξη της μέσης τιμής της ροπής.

#### **Σπουδαστής Νο2**

Παρατηρεί τη μέση τιμή της ένδειξης του μανομέτρου που δείχνει την πίεση του αέρα εισόδου, την θερμοκρασία του αέρα εισόδου και τη θερμοκρασία των καυσαερίων

#### **Σπουδαστή Νο3**

Παρατηρεί την ένδειξη της μέσης ροής του ψυκτικού νερού και τις θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του ψυκτικού νερού.

#### **Σπουδαστής Νο4**

Γράφει τα δεδομένα από τα επιμέρους φύλλα δοκιμών στο συνολικό φύλλο δοκιμής, κάνει στοιχειώδη έλεγχο υπολογισμού και σχεδιασμό των αποτελεσμάτων και επιβεβαιώνει πως τ' άλλα δεδομένα που αφορούν την δοκιμή, όπως πίεση και θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχουν ληφθεί.

Στη διάρκεια μιας πλήρους εργαστηριακής περιόδου, διάρκειας 2 ωρών, οι σπουδαστές εναλλάσσονται κυκλικά, έτσι ώστε ο καθένας να έχει εμπειρία και των τεσσάρων θέσεων.

Οι δοκιμές μηχανών εσωτερικής καύσης προσφέρουν μια ευκαιρία για πληροφόρηση και πρακτική των μηχανικών πάνω σε αυτά τα θέματα. Μια καλή παρουσίαση των αποτελεσμάτων ενός πειράματος πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω κεφάλαια.

α. Εισαγωγή

β. Περιγραφή και βασικά τεχνικά δεδομένα της υπό έλεγχο μηχανής. Συνοπτική περιγραφή των συστημάτων και των μεθόδων μέτρησης, πειραματικά δεδομένα που λαμβάνονται κατά την διάρκεια του πειράματος. Μέθοδοι υπολογισμού και ανάλυση των δεδομένων της δοκιμής παρουσιασμένα γενικά με μορφή καμπυλών.

γ. Συζήτηση των αποτελεσμάτων της δοκιμής.

δ. Συμπεράσματα.

### **3.3 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ**

#### **Ενδείξεις δυναμομέτρου**

		<b><u>Μονάδες</u></b>
Ροπή	T	Nm
Ένδειξη δύναμης εξισορρόπησης	F	N
Μήκος βραχίονα ροπής	L	mm
Χρόνος	t	s
Στροφές ανά λεπτό	n	στρ./min
Ισχύς εξόδου	P	kW
Σταθερά δυναμομέτρου	K1	

#### **Κατανάλωση καυσίμου**

Δείκτης καυσίμου διαβαθμισμένου όγκου	VG	I
Κατανάλωση καυσίμου	V	I/h
Ειδική κατανάλωση καυσίμου	v	I/kW-h
Πυκνότητα καυσίμου	rf	kg/I
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη	HL	J/kg

#### **Διαστάσεις μηχανής**

Διάμετρος κυλίνδρου	d	mm
---------------------	---	----

Διαδρομή εμβόλου	s	mm
Αριθμός κυλίνδρων	N	
Σταθερά δίχρονης	K2=1	
Σταθερά τετράχρονης	K2=2	
Όγκος διαδρομής	Vs	I
Όγκος θαλάμου καύσης	Vc	I
Λόγος συμπίεσης	$\pi$	

### Διαμόρφωση μηχανής

Ενδεικτική ισχύς	I	kW
Μηχανικές απώλειες	M	kW
Μέση ενεργός πίεση στο έμβολο	p	kN/m <sup>2</sup>
Ενδεικτική μέση ενεργός πίεση	i	kN/m <sup>2</sup>
Μέση ενεργός πίεση τριβών	m	kN/m <sup>2</sup>
Μηχανικός βαθμός απόδοσης	n <sub>mech</sub>	
Απόδοση συμπίεσης	n <sub>a</sub>	
Θερμική απόδοση	n <sub>th</sub>	

### Κατανάλωση αέρα

Διάμετρος στομίου μέτρησης παροχής	D	mm
Όγκος αεροδοχείου	V <sub>B</sub>	I <sup>3</sup>
Συντελεστής στομίου	K <sub>3</sub>	
Θερμοκρασία αέρα	T <sub>A</sub>	K
Βαρομετρική πίεση	Pa	kN/m <sup>2</sup>
Πυκνότητα αέρα	p <sub>a</sub>	Kg/m <sup>3</sup>
Ταχύτητα ροής αέρα	U	m/s
Πτώση πίεσης στο στόμιο	h <sub>o</sub>	cmH <sub>2</sub> O
Σταθερά τέλειων αερίων	R	J/KgK
Ροή όγκου αέρα	V <sub>a</sub>	I/s
Ροή μάζας αέρα	m <sub>a</sub>	kg/s
Ογκομετρική απόδοση μηχανής	n <sub>vol</sub>	

### Ισολογισμός ενέργειες

Θερμογόνος δύναμη καυσίμου	H <sub>1</sub>	J/s
Ενthalπία καυσαερίων	H <sub>2</sub>	J/s
Ενthalπία αέρα εισόδου	H <sub>3</sub>	J/s
Θερμότητα στο ψυκτικό νερό	Q <sub>1</sub>	J/s
Άλλες θερμικές απώλειες	Q <sub>2</sub>	J/s
Θερμοκρασία καυσαερίων	T <sub>e</sub>	0C
Ροή ψυκτικού νερού μηχανής	g <sub>w</sub>	I/s

Θερμοκρασία εισόδου νερού	T1	0C
Θερμοκρασία εξόδου νερού	T2	0C
Θερμιδομετρική ροή ψυκτικού νερού	q <sub>wc</sub>	I/s
Θερμοκρασία εισόδου ψυκτικού νερού	T1c	0C
Θερμοκρασία εξόδου ψυκτικού νερού	T2c	0C
Θερμοκρασία καυσαερίων μετά το θερμιδόμετρο	T0	0C

### **3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΕΞΟΛΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

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

$$T = \frac{FL}{1000} \quad (3.4.1)$$

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

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

$$P = \frac{1}{1000} \frac{2\pi n}{60} T \quad (3.4.2)$$

$$P=(kW), n=(RPM)$$

Συνθέτοντας τις δύο παραπάνω σχέσεις έχουμε:

$$P = \frac{2\pi n L F}{6 \times 10^7} \quad (3.4.3)$$

Το P δίδεται από σχέση που διέπει το δυναμόμετρο

$$P = \frac{Fn}{K_1} \quad (3.4.4)$$

όπου K<sub>1</sub> σταθερά δυναμομέτρου. Από τις σχέσεις (3.4.3) και (3.4.4) έχουμε:

$$k = \frac{6 \times 10^7}{2\pi L} \quad (3.4.5)$$

Τα μεταγενέστερα υδραυλικά δυναμόμετρα έχουν το εξισορροποιητικό ελατήριο και τα προστιθέμενα φορτία διαβαθμισμένα άμεσα σε Nm ροπής και η εξίσωση του δυναμομέτρου είναι του τύπου:

$$P = \frac{Tn}{K_1} \quad (3.4.6)$$

### **3.4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΠΗΣ-ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ**

Πρακτικά στην περίπτωση μηχανών αυτοκινήτου (έναυση με σπινθηριστή) για πλήρη παροχή καυσίμου (μέγιστη ισχύς), η καμπύλη ροπής στροφών είναι ενδιαφέρουσα επειδή δείχνει ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της μηχανής που επηρεάζει την διαμόρφωση του οχήματος και δείχνει το αποτέλεσμα της στοιχειομετρικής επίδοσης στην έξοδο. Για να πάρουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη η μηχανή πρέπει να ζεσταθεί σε πλήρη παροχή καυσίμου και σε κάποια ταχύτητα στο μέσον του πεδίου τιμών της. Ρυθμίζουμε την αναλογία αέρα-καυσίμου και η πρωτοπορία έναυσης για να λάβουμε μέγιστη ροπή. Αυξάνουμε το φορτίο του δυναμομέτρου για να φέρουμε την ταχύτητα της μηχανής στην χαμηλότερη τιμή στην οποία η μηχανή δουλεύει ελαφρά. Μετράμε την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής και την ένδειξη του ελατηρίου εξισορρόπησης (ροπή) και σημειώνουμε τη μέση τιμή των διακυμάνσεων της.

### **3.4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΣΤΡΟΦΩΝ)**

Ενώ για να λάβουμε την χαρακτηριστική καμπύλη ροπής-ταχύτητας είναι ικανοποιητικό να μετρήσουμε την ταχύτητα μ' ένα ταχογράφο ενσωματωμένο στο δυναμόμετρο, για μετρήσεις άλλων χαρακτηριστικών όπως ισχύς εξόδου και κατανάλωση καυσίμου είναι επιθυμητό να μετρήσουμε την ταχύτητα περιστροφής χρησιμοποιώντας ένα μετρητή στροφών και ένα "stop watch".

Τα ηλεκτρικά δυναμόμετρα παρέχονται με μετρητές οι οποίοι μετρούν περιστροφές της μηχανής για μια συγκεκριμένη και μετρούμενη χρονική περίοδο.

Το "stop watch" αρχίζει να μετρά χρόνο όταν ο μετρητής στροφών φθάσει σε μια τιμή και σταματά όταν αυτός φθάσει σε κάποια υψηλότερη.

### **3.4.3 ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ-ΤΑΧΥΤΗΤΑ**

Η χαρακτηριστική καμπύλη ισχύς πλήρους παροχής καυσίμου-ταχύτητας (στροφών) μιας μηχανής αυτοκινήτου είναι ίσου ενδιαφέροντος με την χαρακτηριστική καμπύλη ροπής ταχύτητας (στροφών) και μπορεί να χαραχθεί χωρίς δυσκολία με εφαρμογή των εξισώσεων.

### **3.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Το σύστημα μέτρησης κατανάλωσης καυσίμου PLINT παρέχεται με όλες τις κλίνες δοκιμών και συνιστάται από ένα γυάλινο σωλήνα που περιέχει τέσσερα διαμερίσματα. Τα διαμερίσματα διαχωρίζονται από δίσκους έτσι ώστε να περιέχεται ακριβής όγκος καυσίμου μεταξύ αυτών. Κατά τη διαδικασία της δοκιμής πρώτα γεμίζουμε τον γυάλινο σωλήνα ως ένα επίπεδο πάνω από τον κορυφαίο διαχωριστικό δίσκο ανοίγοντας την εξαεριστική βαλβίδα στην κορυφή του σωλήνα. Η βαλβίδα που συνδέει τον μετρητή με το δοχείο καυσίμου είναι κλειστέι όταν η μηχανή “τροφοδοτείται” καύσιμο από τον μετρητή. Καθώς η στάθμη του καυσίμου περνά από τον τελευταίο διαχωριστικό δίσκο το χρονόμετρο σταματά και ο μετρητής απενεργοποιείται. Τελειώνοντας τη δοκιμή πρέπει να ξανανοιχθεί η βαλβίδα που συνδέει τον μετρητή καυσίμου με το δοχείο καυσίμου και να κλειστέι η εξαεριστική βαλβίδα.

Η κατανάλωση καυσίμου υπολογίζεται ως εξής:

$$V = \frac{3600V_G}{t} \quad (3.5.1)$$

όπου  $V_G$ =βαθμονομημένος όγκος του μετρητή καυσίμου (λίτρα)  
 $t$ =χρόνος κατανάλωσης του βαθμονομημένου όγκου (δευτερόλεπτα)  
 $V$ =κατανάλωση καυσίμου (λίτρα/ώρα)

#### **3.5.1 ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ**

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:

$$v = \frac{V}{P} \quad (3.5.1.1)$$

όπου:  $v$ =ειδική κατανάλωση καυσίμου 1/kWh

Η ταχύτητα περιστροφής της μηχανής προσδιορίζεται από τον μετρητή στροφών και το χρονόμετρο ως εξής:

$$n = \frac{60N}{t} \quad (3.5.1.2.)$$

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 ενεργήσει στα πιστόνια κατά την διάρκεια κάθε χρόνου για να πάρουμε την παρατηρούμενη ισχύ εξόδου εάν δεν υπήρχαν μηχανικές απώλειες:

$$P = \frac{pnV_s}{6 \times 10^4 \times K_2} \quad (3.5.1.3)$$

όπου  $p$ = b.m.e.p. kN/m<sup>2</sup>

$V_s$ =κυβισμός της μηχανής I3

$K_21$  για δίχρονη μηχανή

$K_22$  για τετράχρονη μηχανή

Ο κυβισμός δίνεται από τη σχέση

$$V_s = \frac{\pi d^2 s N}{4 \times 10^6} \quad (3.5.1.4)$$

όπου  $d$ =διάμετρος κυλίνδρου mm

$s$ =διαδρομή εμβόλου mm

$N$ =αριθμός κυλίνδρων

Με χειρισμό της εξίσωσης (3.5.1.3):

$$p = \frac{6 \times 10^4 K_2 F}{K_1 V_s} \quad (3.5.1.5)$$

Συνθέτοντας την εξίσωση (3.5.1.5) με τις εξισώσεις (3.4.4) ή (3.4.6) μπορούμε να γράψουμε:

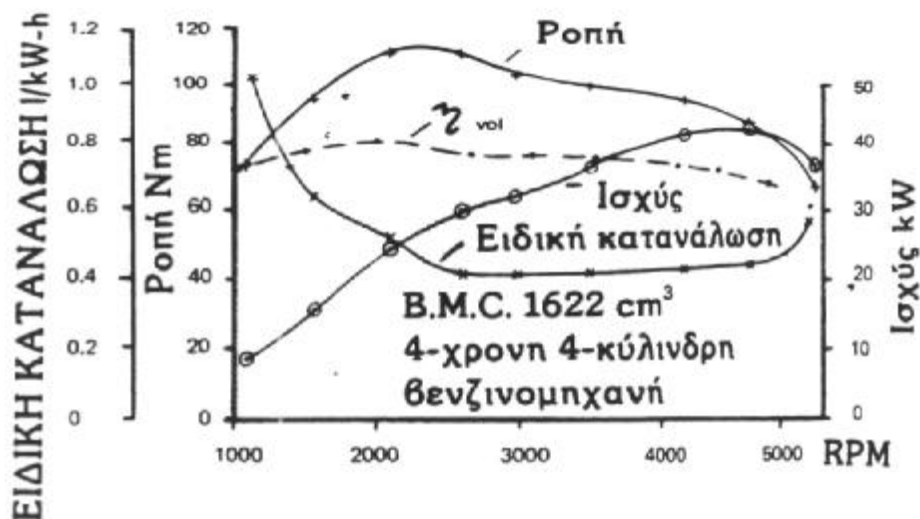
$$p = \frac{6 \times 10^4 K_2 F}{K_1 V_s} \quad (3.5.1.6)$$



$$p = \frac{6 \times 10^4 K_2 T}{K_1 V_s} \quad (3.5.1.7)$$

### 3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΡΟΠΗ, ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Στο παράδειγμα σχ. (3.6.1), παρατηρείται ότι η καμπύλη της ειδικής κατανάλωσης διατηρείται επίπεδη (σταθερή) σε ένα μεγάλο εύρος στροφών λειτουργίας.



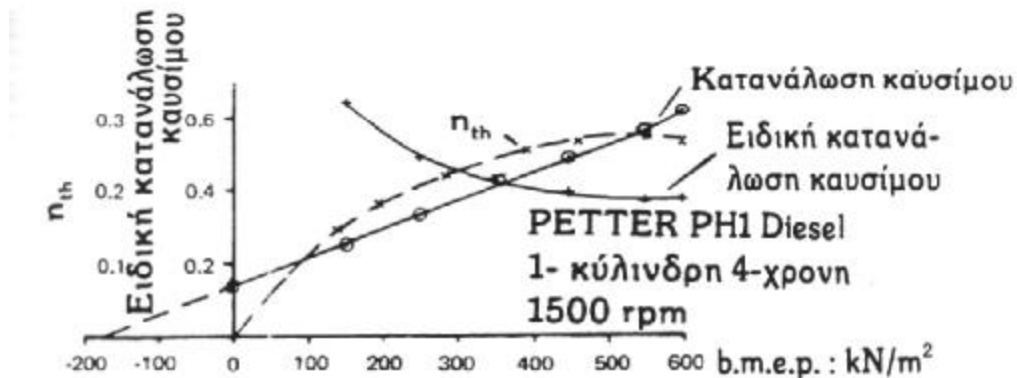
Σχ. (3.6.1) Πλήρης παροχή καυσίμου, ισχύς, ροπή και ειδική κατανάλωση βενζινομηχανής.

### 3.7 ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΗΣ ΣΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (ΣΤΡΟΦΕΣ): ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Πετρελαιομηχανές αυτοκινήτων έχουν καμπύλες ροπής και ισχύος σε μέγιστες τιμές εξόδου, σε συνάρτηση με την ταχύτητα περιστροφής (στροφές), όμοιες σε μορφή μ' αυτές που λαμβάνονται στις βενζινομηχανές.

Οποσδήποτε 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 εξόδου είναι λοιπόν ένα λιγότερο καθαρά ορισμένο χαρακτηριστικό για μια πετρελαιομηχανή 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 αέρα-καυσίμου. Η βενζινομηχανή είναι “ποιοτικά ελεγχόμενη” ενώ η πετρελαιομηχανή είναι “ποσοτικά ελεγχόμενη”.



Σχ. (3.7.1) Κατανάλωση και ειδική κατανάλωση καυσίμου πετρελαιομηχανής σε λειτουργία σταθερής ταχύτητας περιστροφής.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **4. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΚ Ι ΚΑΙ ΜΕΚ ΙΙ**

#### **4.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Στην αρχή αυτού του Κεφαλαίου 4 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των τριών εγκατεστημένων στο χώρο του εργαστηρίου παλινδρομικών 4-χρονων ΜΕΚ, (της 1-κύλινδρης Otto 468 cm<sup>3</sup> μεταβλητής συμπίεσης (V/C), της 2-κύλινδρης Diesel Petter PS2W. 1620 cm<sup>3</sup> και της 4-κύλινδρης Otto Ford 1599 cm<sup>3</sup>), που απέδιδαν κατά τον χρόνο της πρωτο-εγκατάστασης των.

Για 1-κύλινδρη βενζινομηχανή (Otto) 468 cm<sup>3</sup> μεταβλητής συμπίεσης (Variable/Compression) δίδονται ροπή, ισχύς και ειδική κατανάλωση συναρτήσει των στροφών.

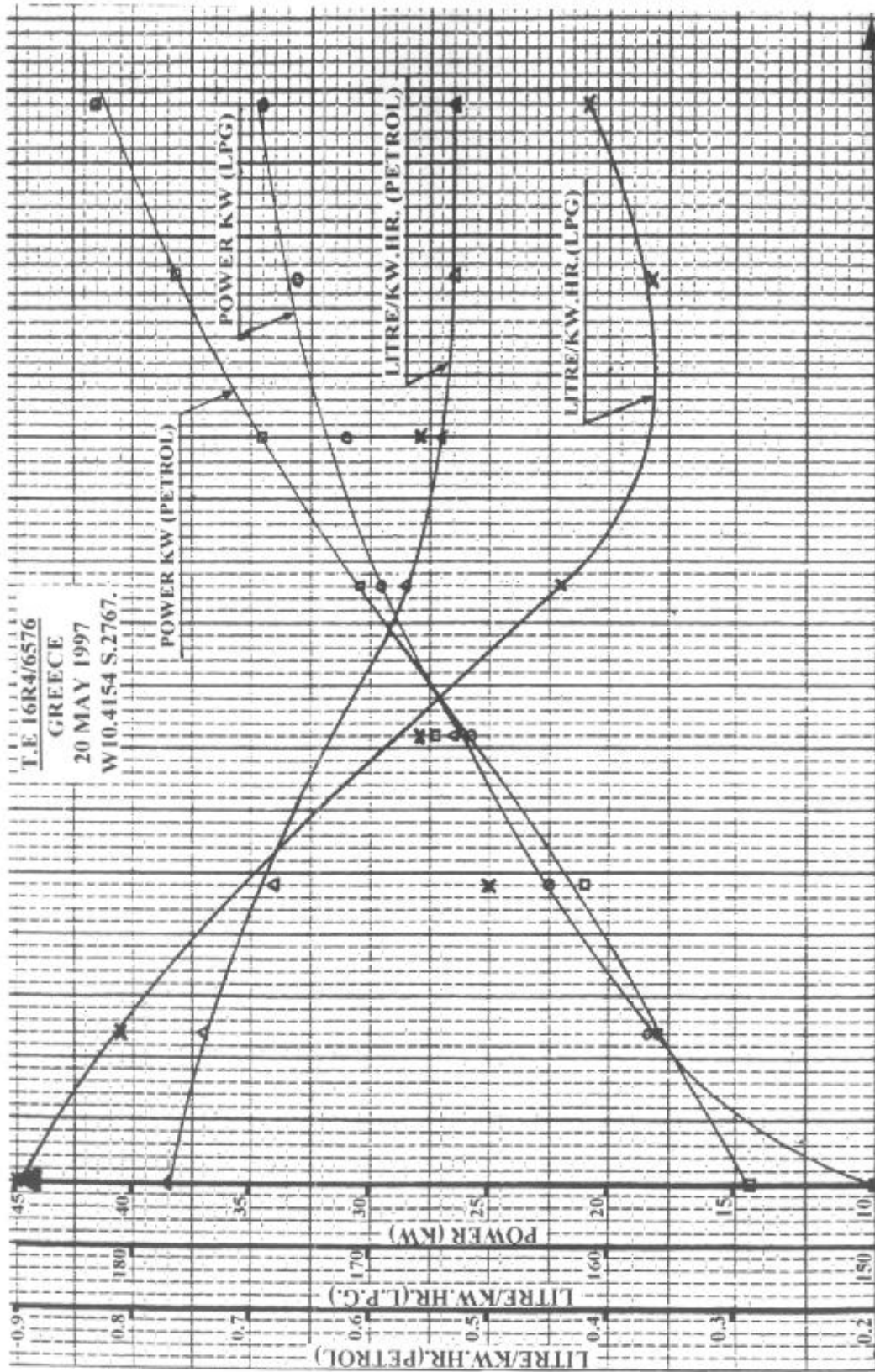
Για την 2-κύλινδρη πετρελαιομηχανή (Diesel) Petter PS2W. 1620 cm<sup>3</sup> δίδονται ειδική κατανάλωση συναρτήσει των στροφών.

Για την 4-κύλινδρη βενζινομηχανή (Otto) Ford 1599 cm<sup>3</sup>, δίδονται ροπή, ισχύς και ειδική κατανάλωση συναρτήσει των στροφών, για καύσιμο βενζίνη και αέριο.

Στην συνέχεια αυτού του Κεφαλαίου 4 περιγράφονται αναλυτικά μια προς μια όλες οι εργαστηριακές ασκήσεις που εκτελούνται στα εργαστήρια ΜΕΚ-Ι και ΜΕΚ-ΙΙ.

Customer <b>GREECE</b>		Serial No : <b>TE16R1/6566</b>		Works Order No : <b>4149</b>											
Date <b>20 MAY 1997</b>		Barometer : <b>758</b> mm Hg		Air Temp : <b>19 °C</b>											
Engine : <b>PETTER PS2W</b>		Bore : <b>96.8</b> mm		Stroke : <b>110</b> mm											
		Cylinders : <b>2</b>		Swept Vol. : <b>1620</b> cc											
		Fuel Gauge No. : <b>1</b>		Fuel : <b>DIESEL</b>											
Power 'kW' = $\frac{N \cdot \text{rev./min}}{9549.29}$		b.m.c.p. = $7.76 \cdot N_f (\text{KN/m}^2)$		FUEL Litre/hour = $\frac{180}{t}$											
TACHO rev/min	COUNTER		BRAKE LOAD (N)	POWER (KW)	b.m.c.p. (KN/m <sup>2</sup> )	t sec.	FUEL		EXHAUST °C	COOLING WATER		OIL		LOAD CURRENT AMPS	
	rev.	sec.					rev./min	L/hour		L/Kw*hr	IN °C	OUT °C	HEAD L/min		°C
2150	3044	84.8	2154	15	3.38	84.8	2.12	0.63	225	63.1	67.5	17	70	4.5	6.7
2123	2312	65.8	2108	30	6.62	65.8	2.74	0.41	262	65.0	69.8	17	70	4.5	13.8
2088	1840	52.9	2087	45	9.83	52.9	3.40	0.35	315	67.3	73.2	17	75	4.5	21.1
2067	1497	43.5	2064	60	12.97	43.5	4.14	0.32	378	68.0	75.5	17	78	4.5	28.7
2041	1195	35.2	2037	75	16.00	35.2	5.11	0.32	480	63.8	73.9	17	80	4.4	36.1
2025	1075	31.8	2028	80	16.99	31.8	5.66	0.33	537	60.0	70.7	17	82	4.3	39.0
2005	848	25.4	2003	85	17.83	25.4	7.09	0.40	649	64.4	76.4	17	84	4.2	41.8

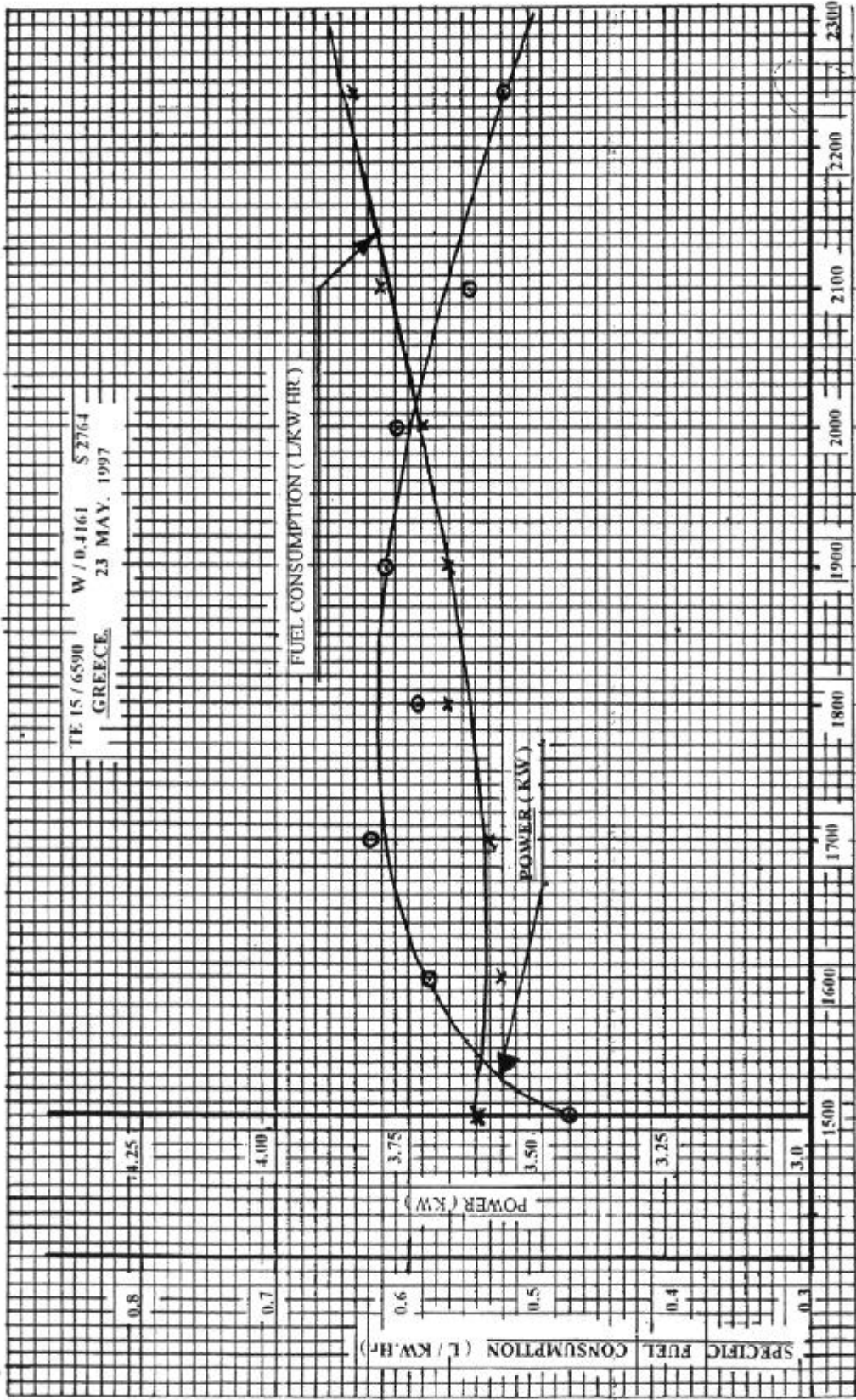
Customer : GREECE		Serial No : TE16R4/6578		Works Order No : 4155											
Date : 20 MAY 1997		Barometer : 760 mm Hg		Air Temp. : 18 °C											
Engine : FORD 1600 cc		Bore : 80.98 mm		Stroke : 77.62mm											
		Cylinders : 4		Swept Vol. : 1599cc											
		Fuel Gauge No. :		Fuel : L.P.G.											
				Oil : EUROTEX HD.SAE.15W.50											
Power 'kW' = $\frac{Nm \cdot rev}{min}$ <b>9549.29</b>		b. m. c. p. = <b>7.86 * N ( kN/m<sup>2</sup> )</b>		FUEL Litre/kW*Hr = $\frac{L.}{min \cdot kW}$											
TACHO rev/min	GAS FLOW		BRAKE LOAD (Nm)	POWER (KW)	b.m.c.p. (KN/m <sup>2</sup> )	FUEL L/hour	EXHAUST °C	COOLING WATER			OIL °C	LOAD CURRENT AMPS			
	MANO mm H <sub>2</sub> O	L / MIN.						TEMP. °C	IN °C	OUT °C			HEAD L/min	BAR	
3600	8.5	92.0	24.4	34.31	715.3	5520	160.9	793	63.9	76.7	24	2.8	90	2.8	92
3300	8.0	87.5	24.1	33.18	754.6	5250	158.2	818	52.4	68.6	26	3.8	88	3.8	97
3000	7.0	87.0	24.2	31.10	778.1	5220	167.9	821	63.7	76.1	25	3.0	90	3.0	100
2700	6.5	80.0	24.9	29.55	821.4	4800	162.4	821	61.1	76.0	25	2.8	90	2.8	107
2400	6.0	72.0	25.0	25.76	805.7	4320	167.7	787	52.0	66.6	24	2.6	90	2.6	107
2100	5.5	62.0	25.4	22.54	805.7	3720	165.0	764	60.6	71.5	24	2.6	90	2.6	107
1800	4.5	55.0	26.3	18.28	762.4	3300	180.5	766	64.3	74.5	24	2.5	90	2.5	102
1500	3.5	32.5	27.2	9.58	479.5	1950	203.6	740	63.2	72.7	23	2.4	90	2.4	63



1-ΚΥΛΙΝΔΡΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Customer : <b>GREECE</b>		Serial No : <b>TE 15 / 6590</b>		Works Order No : <b>4161</b>											
Date : <b>23<sup>rd</sup> MAY 1997</b>		Barometer : <b>765 mm Hg</b>		Air Temp. : <b>18 ° C</b>											
Engine : <b>LAB W1</b>		Bore : <b>85 mm</b>		Stroke : <b>82.5 mm</b>											
Orifice Diam. : <b>17.92 mm</b>		Cylinders : <b>1</b>		Swept Vol : <b>468 cc</b>											
Power 'KW' = <b>9549.29</b>		Nm x rev / min		Fuel Gauge No : <b>1</b>											
		FUEL : Litre / hour = <b>180</b>		TESTED AT 7 : 1 , CR.( 215)											
		FUEL : Litre / hour = <b>180</b>		<b>12 ° ADVANCED</b>											
		Volts : <b>380,2 PHASE LINE TO LINE NEUTRAL, 50 Hz</b>		Oil : <b>EVROTEX H.D. SAE 15W - 50</b>											
		Variable Vol : <b>468 cc</b>		Fuel : <b>PETROL</b>											
		Fuel Jet : <b>YES</b>		Oil : <b>EVROTEX H.D. SAE 15W - 50</b>											
		Variable Jet : <b>180</b>													
		TESTED AT 7 : 1 , CR.( 215)													
		<b>12 ° ADVANCED</b>													
TACHO	COUNTER		BRAKE LOAD (Nm)	POWER (Kw)	t/Sec	FUEL		EXHAUST ° C	COOLING WATER		OIL		LOAD CURRENT AMPS		
	rev./min	rev.				sec	rev./min		L/hour	LKW/hour	IN ° C	OUT ° C		HEAD L/min	° C
2241	2925	78.3	2241	15.2	3.57	78.3	2.30	0.64	597	15.1	63.1	10	82	4.0	12.3
2100	2787	79.7	2098	16.5	3.63	79.7	2.26	0.62	583	15.2	64.9	10	82	4.0	13.8
2000	2703	81.1	1999	18.0	3.77	81.1	2.22	0.59	576	15.4	64.9	10	83	4.0	14.8
1900	2646	83.4	1903	19.0	3.79	83.4	2.16	0.57	572	15.3	65.3	10	84	3.9	16.0
1800	2550	84.6	1808	19.7	3.73	84.6	2.13	0.57	568	15.4	66.2	10	84	3.8	16.2
1700	2461	86.6	1705	21.4	3.82	86.6	2.08	0.54	560	15.5	66.9	10	86	3.8	18.0
1600	2427	91.2	1596	22.2	3.71	91.2	1.97	0.53	556	15.6	67.0	10	86	3.7	18.8
1500	2386	94.6	1513	21.8	3.45	94.6	1.90	0.55	549	15.2	75.4	10	87	3.7	18.2





ENGINE SPEED. ( REV/MIN )



## 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.

$$P_r = P_i - P_e$$

$P_r$ =ισχύς τριβών

$P_i$ =εσωτερική ισχύς

$P_e$ =ωφέλιμη ισχύς

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

$$P_r = P_i - P_e$$

$P_r$ =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 τις ισχύεις δια διαιρέσεως με το γινόμενο:

$$V_h \cdot z \cdot n \cdot i$$

Επειδή ισχύει η σχέση:

$$P = P_i \cdot V_h \cdot z \cdot n \cdot i$$

$P$ =ισχύς ενός κυλίνδρου

$P_i$ =μέση πίεση επί του εμβόλου

$V_h$ =εμβολισμός ενός κυλινδρου

$n$ =αριθμός στροφών

$i$ =αριθμός ενδεικτικών διαγραμμάτων ανά περιστροφή

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

$$n_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{P_e}{(P_e + P_r)}$$

$n_m$ = μηχανικός βαθμός απόδοσης

Λύνοντας την παραπάνω σχέση ως προς την ισχύ τριβών έχουμε

$$P_r = P_e \left( \frac{1}{n_m} - 1 \right)$$

$P_r$ =ισχύς τριβών

$P_e$ =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

$$P_r = P_i - P_e$$

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.

### **ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟ ΤΡΙΒΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Μ' αυτόν τον τρόπο μεταβάλλεται η ροπή του κινητήρα με σταθερό αριθμό στροφών και συγχρόνως καθορίζεται η 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:

$$P_e = P_e V_h z n i$$

$$P_e = M 2 \pi n$$

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

$$P_e = \frac{M2\pi}{V_h z i}$$

$P_e$  = 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:

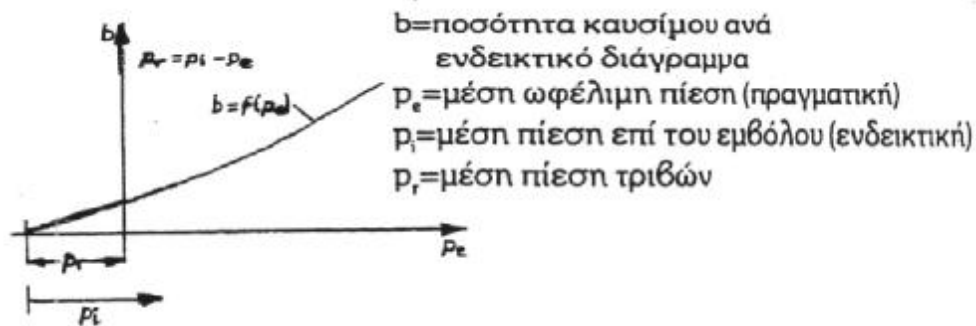
$$b = \frac{B}{z n i}$$

$b$  = 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.5:



**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 τετμημένων. Σε αυτό το σημείο είναι η ποσότητα καυσίμου ανά ενδεικτικό διάγραμμα και η μέση πίεση επί του εμβόλου μηδέν. Κατά τη σχέση:

$$P_r = P_i - P_e$$

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:

$$P_r = p_r V_h z n i$$

$P_r$  = ισχύς τριβών

$p_r$  = 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.

### **ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΡΙΒΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

Αυτή η μέθοδος βασίζεται στο ότι μια περιστρεφόμενη μάζα, δι' αφαίρεσης του αίτιου κίνησης, φρενάρει από την ροπή τριβής και τελικά σταματά. Γνωρίζοντας κάποιος την ροπή αδράνειας της μάζας και την γωνιακή επιβράδυνση υπολογίζει την ροπή τριβών.

$$M\gamma = \Theta\alpha$$

$M\gamma$  = ροπή τριβών

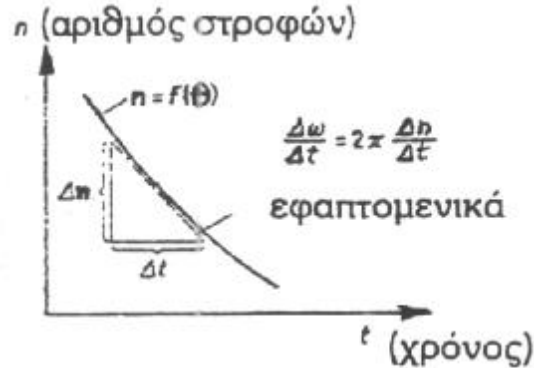
$\Theta$  = ροπή αδράνειας μάζας

$\alpha$  = γωνιακή επιβράδυνση

Την ισχύ τριβών την υπολογίζουμε από τη σχέση:

$$P = M\gamma\omega$$

Στην συνέχεια πρέπει να καθοριστούν η ροπή αδράνειας όλων των περιστρεφόμενων μαζών και επιπλέον να ληφθεί υπόψη η επίδραση των παλινδρομικών μαζών. Κατόπιν κατασκευάζεται (σχ.6), η καμπύλη διακοπής λειτουργίας του κινητήρα με τον εξής τρόπο:



**Σχ. 6 Καμπύλη διακοπής λειτουργίας κινητήρα**

Τίθεται σε λειτουργία ο κινητήρας ώστε να αποδίδει την μέγιστη ισχύ του και κατόπιν αποκόπτουμε την λειτουργία του. Με την βοήθεια ενός δότη αριθμού στροφών και ενός παλμογράφου φωτεινής ακτίνας σχεδιάζεται το διάγραμμα αριθμού στροφών αντιστοίχου χρόνου. Η γωνιακή επιβράδυνση  $\alpha$  λαμβάνεται αν στην καμπύλη  $n=f(t)$ . Φέρουμε εξωτερικά εφαπτόμενη στον αντίστοιχο αριθμό στροφών (σχ.6):

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$\omega$ =γωνιακή ταχύτητα

$t$ =χρόνος

Στην πιο πάνω μέθοδο παρουσιάζεται το σφάλμα υπολογισμού της ροπής αδράνειας της μάζας, που προστίθεται στα σφάλματα της μεθόδου αποσύνδεσης ενός κυλίνδρου.

### **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ**

Για ένα κινητήρα ροπής αδράνειας μαζών  $\Theta=2\text{kgm}^2$  λαμβάνεται εξωτερικά της καμπύλης διακοπής λειτουργίας του κινητήρα για 2000 1/min  $\Delta n=600$  1/min και  $\Delta t=1\text{sec}$ . Πόση είναι η ισχύς τριβών αυτού του κινητήρα για αριθμό στροφών  $n=2000$  1/min.

### **ΛΥΣΗ**

Υπολογίζεται η γωνιακή επιβράδυνση:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{2\pi\Delta n}{\Delta t} \qquad \alpha = \frac{2\pi 600}{1\text{s}60\text{s}} = 62,83 \frac{1}{\text{s}^2}$$

$$\text{Η ροπή τριβών: } M_r = \Theta \alpha = 2 \text{kgm}^2 \cdot 62.83 \frac{1}{\text{s}^2} = 125,66 \text{ Nm}$$

$$\text{Η ισχύς τριβών: } P_r = M_r \omega = 125.66 \text{Nm} \cdot 2\pi \frac{2000}{60\text{s}} = 26318 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 26,318 \text{kW}$$

## **ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΡΙΒΩΝ ΔΙ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΤΗΣ 4-ΚΥΛΙΝΔΡΗΣ 4-ΧΡΟΝΗΣ ΟΤΤΟ FORD 1600cm<sup>3</sup>**

### **ΜΟΝΑΔΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ**

Στην συγκεκριμένη μηχανή του εργαστηρίου (4-χρονη 4-κύλινδρη βενζινομηχανή Ford 1600 cm<sup>3</sup>), στο πίσω μέρος του δυναμομέτρου υπάρχει ρυθμιστής που ρυθμίζει τον αριθμό στροφών που δεν θέλουμε να υπερβούμε κατά τη διάρκεια του πειράματος (συνήθως ο αριθμός των στροφών είναι 3.600 R.P.M.).

Αν κατά λάθος υπερβούμε αυτό τον αριθμό τότε αυτόματα διακόπτεται η παροχή ρεύματος σε όλους του κυλίνδρους.

### **ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΚΑΣΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ**

Μεταξύ του κινητήρα και του δυναμομέτρου της συγκεκριμένης μηχανής υπάρχει ένας διακόπτης πέντε θέσεων (0,1,2,3,4). Τοποθετώντας τον διακόπτη στο 0 υπάρχει παροχή ρεύματος σε όλους τους κυλίνδρους.

Θέτοντας τον διακόπτη σε κάθε μια από τις άλλες τέσσερις θέσεις διακόπτεται διαδοχικά το ρεύμα σε έναν από τους κυλίνδρους.

Η χρησιμότητα αυτού του διακόπτη 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(Z)

$$\text{Ισχύς ανά κύλινδρο: } \frac{P(Z)}{Z} \quad (\text{i})$$

2. Κινητήρας που εργάζεται με Z-1 κυλίνδρους

$$\text{Ισχύς} \quad P(Z-1) \quad (\text{ii})$$

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

$$\frac{P(Z)}{Z} (Z-1) \quad (\text{iii})$$

Η διαφορά ισχύος που προκύπτει από την (iii) και το (ii) είναι η ισχύς τριβών του αποσυνδεδεμένου κυλίνδρου.

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

$$Pr = \frac{P(Z)}{Z} (Z-1) - P(Z-1)$$

Pr: η ισχύς τριβών ενός κυλίνδρου

P(Z): η ισχύς όταν εργάζονται όλοι οι κύλινδροι

Z: ο αριθμός κυλίνδρων

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

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

### **ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΚ**

Οι μηχανικές απώλειες σε μια Μηχανή Εσωτερικής Καύσης εκφράζουν την διαφορά μεταξύ της ισχύος που αναπτύσσεται στην κεφαλή των εμβόλων από τα καυσαέρια (ενδεικτική ισχύς) και της ωφέλιμης ισχύος που λαμβάνεται στον στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής.

Οι μηχανικές απώλειες οφείλονται κυρίως στις τριβές του κινούμενων μερών, τριβείς και μεταξύ εμβόλων και τοιχωμάτων του κυλίνδρου, ως επίσης και στην ισχύ που απαιτείται για να κινηθεί η αντλία έγχυσης καυσίμου, ελαίου, ψυκτικού νερού, ηλεκτρική γεννήτρια, ανεμιστήρας κ.τ.λ.

Ανάλογα με την μέθοδο μέτρησης των μηχανικών απωλειών που εφαρμόζεται, μπορεί ακόμη να περιλαμβάνονται “απώλειες αναρρόφησης”, που οφείλονται στην ισχύ που χρειάζεται για την αναρρόφηση του ποσοστού αέρα ή του μίγματος αέρα καυσίμου στην μηχανή και στην ισχύ που απαιτείται για την αποπομπή των καυσαερίων.

Υπάρχουν τέσσερις κοινές μέθοδοι για την μέτρηση των μηχανικών απωλειών:

- α. Μέτρηση της ισχύος που απαιτείται για να κινηθεί η μηχανή χωρίς να γίνει ανάφλεξη στους κυλίνδρους.
- β. Μέτρηση άμεσα της ενδεικνυόμενης ισχύος εξόδου από το ενδεικτικό διάγραμμα και ταυτόχρονα μέτρηση της μηχανικής ισχύος.
- γ. Με την προέκταση της γραμμής Willans.
- δ. Με την βοήθεια του τεστ Morse.

Κατά την ανάπτυξη του έργου της μηχανής είναι κοινή πρακτική να μετριούνται οι μηχανικές απώλειες στα διάφορα εξαρτήματα της μηχανής κινώντας την και μετακινώντας τα διάφορα ανεξάρτητα εξαρτήματα απορρόφησης ισχύος, σημειώνοντας την συνεισφορά εκάστου στις συνολικές μηχανικές απώλειες.

### Μέτρηση των μηχανικών απωλειών σε κίνηση.

Αυτή η μέθοδος μέτρησης των μηχανικών απωλειών η οποία είναι και γρήγορη και εύκολη είναι δυνατή όταν είναι διαθέσιμο ένα ηλεκτρικό δυναμόμετρο, ικανό να δράσει σαν μια πηγή ισχύος. Κατά την μέθοδο αυτή λειτουργείται η μηχανή μέχρι να ζεσταθεί καλά και τότε ή διακόπτεται η ανάφλεξη στην περίπτωση της βενζινομηχανής, ή ελαττώνεται η ποσότητα έγχυσης στο μηδέν στην περίπτωση της μηχανής Diesel και μετά καθορίζεται η ισχύς που απαιτείται για να λειτουργήσει η μηχανή σε πλήρη αριθμό στροφών.

Η ροπή που απαιτείται για να κινηθεί η μηχανή προσδίδει αντίδραση στο περίβλημα του δυναμομέτρου σε αντίθετη κατεύθυνση από εκείνη κατά την οποία απορροφούσε ισχύ. Είναι επομένως, αναγκαίο να γίνει χρήση πρόσθετου βάρους όταν μετριέται ροπή κατά την λειτουργία και για να πετύχουμε σημαντικά αποτελέσματα είναι ουσιώδες να τελειώσει η δοκιμή πολύ γρήγορα. Η μέτρηση της ροπής λειτουργίας πρέπει να γίνει μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα διακοπτόμενης ανάφλεξης, ή παροχής καυσίμου, εάν είναι δυνατόν χωρίς να επιτρέψουμε στην μηχανή να σβήσει. Ο λόγος είναι ότι η κατανομή θερμοκρασίας στην μηχανή και ιδιαίτερα στα έμβολα και στα ελατήρια, μεταβάλλεται πολύ γρήγορα, όταν σταματήσει η καύση, με επακόλουθο την γρήγορα μεταβολή του ιξώδους του ελαίου και των απωλειών τριβής.

Στην περίπτωση της βενζινομηχανής οι μηχανικές απώλειες εξαρτώνται από το άνοιγμα της βαλβίδας του μίγματος και γίνονται μεγαλύτερες όταν η βαλβίδα είναι κλειστή και αντιστοίχως, υπάρχει πτώση της ισχύος εξόδου. Αυτό γίνεται γιατί οι μηχανικές απώλειες, που μετριούνται μ' αυτόν τον τρόπο, περιλαμβάνουν την ισχύ που απαιτείται για την απορρόφηση του ποσοστού του αέρα στην μηχανή μετά την βαλβίδα στραγγαλισμού και αυτές οι απώλειες φυσικά, αυξάνουν όταν η βαλβίδα στραγγαλισμού είναι κλειστή και η πίεση στην πολλαπλή αναρρόφηση ή στο σωλήνα εισαγωγής πέφτει. Αυτή η κατάσταση δεν συμβαίνει στους κινητήρες Diesel, στους οποίους η παροχή αέρα δεν στραγγαλίζεται. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η θεώρηση ότι οι απώλειες απορρόφησης σε μια οδηγούμενη και σε μια εν λειτουργία μηχανή είναι ίδιες. Όπως δείχνει το ενδεικτικό διάγραμμα αυτή η θεώρηση δεν ισχύει.

Η ισχύς που απαιτείται για την λειτουργία μιας μηχανής με την βοήθεια του δυναμομέτρου υπολογίζεται βάσει των εξισώσεων:

$$M = \frac{F_n}{K_1}$$

$$M = \frac{T_n}{K_1}$$

M= μηχανικές απώλειες, kW

Η μηχανική απόδοση της μηχανής δίνεται από την σχέση:



$$n_{\text{μηχανικο}} = \frac{P}{P + M}$$

και η ενδεικτική ισχύς από την σχέση:

$$I = P + M$$

Είναι συνηθισμένο να εκφράζονται οι μηχανικές απώλειες και η ενδεικτική ισχύς σε όρους μέσης ενεργούς πίεσης:

$$i = \frac{6 \times 10^4 K_2 l}{n V_s}$$

$$m = \frac{6 \times 10^4 K_2 M}{n V_s}$$

$i$  = ενδεικτική μέση ενεργός πίεση,  $\text{kN/m}^2$  (i.m.e.p.)

$m$  = μέση ενεργός πίεση τριβής,  $\text{kN/m}^2$  (f.m.e.p.)

και:

$$n_{\text{μηχανικο}} = \frac{\bar{p}}{i} = \frac{\bar{p}}{p + m}$$

### **Μέτρηση των μηχανικών απωλειών προεκτείνοντας την γραμμή Williams**

Αυτή η μέθοδος η οποία γενικά είναι εφαρμόσιμη σε μηχανές Diesel, στις οποίες η παροχή αέρα δεν στραγγαλίζεται, απεικονίζεται ήδη στο σχ. (3.7.1). Αν σχεδιάσουμε την κατανάλωση καυσίμου υπό σταθερές στροφές, σε σχέση με την ισχύ εξόδου για μια τέτοια μηχανή, κανονικά βρίσκουμε ότι τα αποτελέσματα του τεστ παράγουν μια ακριβώς ευθεία γραμμή στο 75% της ισχύος εξόδου. Με προέκταση αυτής της γραμμής προς την μηδενική κατανάλωση καυσίμου, τέμνει αυτή η γραμμή τον οριζόντιο άξονα και η διαφορά ύψους μπορεί να ληφθεί σαν μέτρο των μηχανικών απωλειών μέσα στην μηχανή. Παρατηρείται στο σχ. (3.7.1) ότι αυτή η διαφορά ύψους αντιστοιχεί σε μια μέση ενεργό πίεση  $180 \text{ kN/m}^2$ .

Παίρνοντας αυτή σαν μέτρο των μηχανικών απωλειών μέσα στην μηχανή μπορούμε να την υπολογίσουμε με την αντιστοίχησή της σε μια μέγιστη b.m.e.p. των  $600 \text{ kN/m}^2$ , η αντίστοιχη i.m.e.p. είναι  $780 \text{ kN/m}^2$  και η μηχανική απόδοση είναι:

$$n_{\text{μηχανικο}} = \frac{600}{600 + 180} = 0,77$$

### Εκτίμηση των μηχανικών απωλειών με τη βοήθεια του τεστ Morse

Αυτή η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη μόνο σε πολυκύλινδρους κινητήρες και ή συνιστάται στην λειτουργία της μηχανής στην μέγιστη ισχύ εξόδου, και μετά διακοπή ή της ανάφλεξης στην περίπτωση βενζινομηχανής ή της παροχής καυσίμου σε κάθε κύλινδρο σε σειρά.

Σε κάθε περίπτωση οι ισχύεις εξόδου και η μηχανικές απώλειες υπολογίζονται ως ακολούθως:

Θεωρήστε την περίπτωση μιας 4-κύλινδρης μηχανή και υποθέστε ότι οι ενδεικτική ισχύς εξόδου κάθε κυλίνδρου είναι  $I_1, I_2, I_3$  και  $I_4$  αντιστοίχως.

Τότε οι μηχανικές απώλειες δίνονται από την σχέση:

$$M=I_1+I_2+I_3+I_4-P$$

Αν οι μετρούμενες ισχύεις εξόδου με καύση που καταστέλλεται, σε κάθε κύλινδρο σε σειρά είναι αντιστοίχως  $P_1, P_2, P_3$  και  $P_4$  τότε:

$$P-P_1=I_1$$

$$P-P_2=I_2$$

$$P-P_3=I_3$$

$$P-P_4=I_4$$

συνεπώς  $I=I_1+I_2+I_3+I_4=3P-(P_1+P_2+P_3+P_4)$

Μηχανικές απώλειες:

$$M=I-3P-(P_1+P_2+P_3+P_4)$$

Μηχανική απόδοση

$$\eta_{\text{μηχανικο}} = \frac{P}{I} = \frac{P}{4P - (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)}$$

Ίσως είναι πιο εύκολος ο υπολογισμός των απωλειών με όρους της μέσης ενεργούς πίεσης. Αν η b.m.e.p.'s που αντιστοιχεί σ' όλους τους κυλίνδρους που λειτουργούν και στη λειτουργία του κάθε διακοπτόμενου κυλίνδρου σε σειρά είναι αντίστοιχα:

$$p, p_1, p_2, p_3, p_4$$

τότε σε δοκιμή υπό σταθερό αριθμό στροφών:

$$\frac{\bar{P}}{P} = \frac{\bar{P}_1}{P_1} = \frac{\bar{P}_2}{P_2} = \frac{\bar{P}_3}{P_3} = \frac{\bar{P}_4}{P_4}$$

Μπορούμε να αντικαταστήσουμε m.e.p. αντί για ισχύ στην εξίσωση του pmech. Το πλεονέκτημα είναι ότι χρειαζόμαστε μόνον προσεκτική παρατήρηση των ροπών πέδησης, διατηρώντας τις στροφές σταθερές κατά τη διάρκεια του τεστ.

Για να εφαρμοσθεί το τεστ σε μια βενζινομηχανή, γίνεται χρήση του διακόπτη της δοκιμής Morse TE29. Αυτός ο διακόπτης διακόπτει την σύνδεση μεταξύ του διανομέα και των μπουζί και δουλειά του είναι να καταστέλλει τον σπινθήρα κάθε κύλινδρου.

Για να εφαρμοσθεί το τεστ σε μια μηχανή Diesel συνηθίζεται να διακόπτεται η παροχή καυσίμου σε κάθε κύλινδρο.

Υπάρχουν λόγοι αμφισβήτησης των αποτελεσμάτων του τεστ Morse.

Υπάρχει σφάλμα κατά την αποσύνδεση και επίσης θερμική επίδραση (μεταβολή θερμοκρασιών στον κύλινδρο).

Η διακοπή της καύσης επενεργεί και στη ροή του αέρα, ή του μίγματος αέρα-καυσίμου στην πολλαπλή εισαγωγή και επιπλέον στην επικρατούσα πίεση στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων.

Αυτές οι επιδράσεις αρκούν για να μεταβάλουν την διαδικασία που λαμβάνει χώρα στους κύλινδρους στους οποίους υπάρχει ακόμη καύση.

Επίσης η μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή ότι η μείωση της ισχύος εξόδου όταν αναστέλλεται η καύση σε κάποιον κύλινδρο ισούται με την συνεισφορά της ενδεικτικής ισχύος εκείνου του κυλίνδρου. Αυτό δεν ισχύει επειδή οι απώλειες αναρρόφησης στον κύλινδρο αναμφιβόλως θα αλλάξουν, όταν η ανάφλεξη αναστέλλεται και επίσης προστίθενται οι απώλειες τριβών του εμβόλου του αποσυνδεδεμένου κυλίνδρου.

### 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: L.C.V.=10.000 cal/gm που αντιστοιχεί σε:

$$HL=41.868 \times 10^6 \frac{J}{kg} \text{ (κατώτερης θερμογόνος δύναμη)}$$

όπου:

$H_L$ =χαμηλότερη θερμομαντική αξία J/KG

Τυπικές τιμές της πυκνότητας καυσίμων στους 20°C είναι:

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

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:

Βενζίνη  $\eta_{th}=0.1146/v$

Diesel  $\eta_{th}=0.1011/v$

Με την χρήση αυτών των σχέσεων σχεδιάστηκε η θερμική απόδοση της πετρελαιομηχανής Petter PH1 στο σχ. (3.7.1)

### **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 αναρροφηθεί.

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

Ο μετρητής κατανάλωσης αέρα, TE 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 μενομέτρου. Η πτώση πίεσης περιορίζεται στα 10 cm H<sub>2</sub>O, και αυτό επιτρέπει να

αγνοηθούν τα αποτελέσματα της συμπίεστικότητας 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.

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

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

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

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

Η διαφορά πίεσης μετριέται σε εκατοστά στήλης νερού και:

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

οπότε:

$$\frac{\rho_a U^2}{2} = 98,1 h_o$$

όπου:  $h_o$  = πτώση πίεσης στο στόμιο, cm H<sub>2</sub>O.

Η πυκνότητα του αέρα δίδεται από την σχέση:

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

$$p_a = \text{βαρομετρική πίεση, kN/metre}^2$$

$$T_a = \text{θερμοκρασία αέρα, K}$$

$$R = 287 \text{ } \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

συνδυάζοντας τις δύο παραπάνω εξισώσεις:

$$U = 237,3 \sqrt{\frac{h_o T_a}{10^3 \chi \rho_a}}$$

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

$$V_a = 10^{-3} \chi \frac{\pi D^2 K_3}{4} 237.3 \sqrt{\frac{h_0 T_a}{10^3 \chi \rho_a}}$$

$V_a$ =ογκομετρική λόγος ροής, l/sec

$D$ =διάμετρος στομίου, mm

$K_3$ =συντελεστής εκροής του στομίου

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

$$m_a = 10^{-6} \chi \frac{\pi D^2 K_3}{4} \chi 0.827 \sqrt{\frac{h_0 \rho_a}{T_a} \chi 10^3}$$

$m_a$ =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 δίνει προσεγγιστικούς ρυθμούς εκροής, κάτω από τις παρακάτω σταθερές συνθήκες.

$h_0=10$  cm  $H_2O$

$T_a=293$  K

$\rho_a=100$  kN/m<sup>2</sup>

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:

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

$n_{\text{vol}}$ =ογκομετρική απόδοση της μηχανής

$K_2$ =σταθερά=1 για 2-χρονο και = 2 για 4-χρονο μηχανές

$V_s$ =όγκος σάρωσης, litres

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

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

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.

**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ 4-ΚΥΛΙΝΔΡΗΣ 4-ΧΡΟΝΗΣ ΟΤΤΟ FORD 1600 cm3 ΩΣ**  
**ΑΕΡΙΟΜΗΧΑΝΗ (ΜΕ L.P.G.)**

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 εξαιρωτήρες 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 πρόπευσα 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 διατόμων των αγώνων αέρα και αερίου και με την κατάλληλη ρύθμιση της πίεσης που παρέχονται 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., είναι διαφορετικά. Η ισχύς της μηχανής όταν λειτουργεί με L.P.G. είναι μικρότερη απ' ότι 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 ανάμικτη (καλύτερη ανάμιξη με τον ατμοσφαιρικό αέρα). Δεν



υπάρχει επίσης κίνδυνος μόλυνσης της ατμόσφαιρας όπως γίνεται με τη χρησιμοποίηση βενζίνης, ή πετρελαίου.

Η σύγκριση της 4-χρονης 4-κύλινδρης βενζινομηχανής Ford 1600 cm<sup>3</sup> που χρησιμοποιεί L.P.G. και βενζίνη μ'ένα από διακόπτη, είναι καθαρά ακαδημαϊκού και πρακτικού ενδιαφέροντος και επιδεικνύεται στα αντίστοιχα αποτελέσματα (μετρήσεις των πειραματικών μηχανών).

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

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.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Την λειτουργία του συστήματος μετάδοσης κίνησης επεξηγεί εκπαιδευτικός επί υπάρχοντος ομοιώματος στο εργαστήριο ΜΕΚ.

### ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ:

- 1) Πόσες στροφές/min (RPM) παίρνουν οι πίσω τροχοί για κάθε ταχύτητα, όταν ο πρωτεύοντας άξονας του συμπλέκτη περιστρέφεται με 50 στροφές/min και το όχημα κινείται σε ευθεία.
- 2) Ομοίως με 50 στροφές/min 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  
 $W_\delta$  = γωνιακή ταχύτητα δορυφόρων  
R = ακτίνα πλανητών  
R = ακτίνα δορυφόρων

B) Περιφερειακή ταχύτητα:  $v = \omega r = \frac{2\pi n}{60} r \Rightarrow v = \frac{r n}{9,55} \frac{m}{sec}$

Γωνιακή ταχύτητα:  $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi n}{60} \Rightarrow \omega = \frac{n}{9,55} \frac{1}{sec}$

Η εξίσωση των περιφερειακών ταχυτήτων θα είναι:

$$\omega_1 R = \omega_k R - \omega_\delta r \quad (i)$$

$$\omega_2 R = \omega_k R + \omega_\delta r \quad (ii)$$

-----

$$\omega_1 + \omega_2 = 2\omega_k \quad (iii) \quad \text{με πρόσθεση κατά μέρη των (i) και (ii)}$$

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 άξονα τους. Αφού λοιπόν οι αντιστάσεις είναι ίδιες έχουμε  $\omega_1 = \omega_2$ . Θέτοντας στον τύπο (iii) έχουμε:

$$2\omega_1 = 2\omega_2 = 2\omega_k \Rightarrow \omega_1 = \omega_2 = \omega_k \Rightarrow n_1 = n_2 = n_k$$

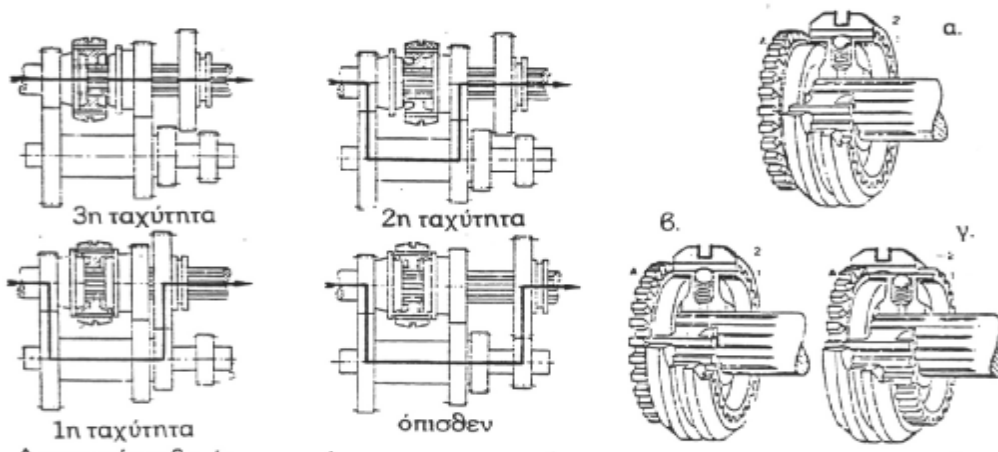
Δηλαδή κάθε τροχός περιστρέφεται με τις στροφές της κορώνας.

β) Σε περίπτωση όμως που το όχημα κινείται σε στροφή ο εσωτερικός τροχός, έστω ο No1, θα υφίσταται μεγαλύτερη αντίσταση από τον εξωτερικό τροχό No2. Άρα  $\omega_1 < \omega_2$  και ο δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του. Αν σταματήσει τελείως ο τροχός No1 λόγω αντίστασης, τότε  $\omega_1 = 0$  και από την σχέση (iii):

$$\omega_2 = 2\omega_k \Rightarrow n_2 = 2n_k$$

Δηλαδή ο άλλος τροχός, ο No2 παίρνει και τις στροφές του No1 και γυρίζει με διπλάσιες στροφές της κορώνας.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Για την άσκηση να ευρεθούν οι σχέσεις μετάδοσης για κάθε ταχύτητα μέχρι τους τροχούς μετρώντας τα δόντια των οδοντωτών τροχών.



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

$$n_1 = n_2 = \frac{n_\pi z_1 z_3}{z_2 z_4} \quad (iv)$$

Όπου:  $n_1, n_2$ : Οι στροφές των τροχών (RPM).  
 $n_\pi$ : 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:

	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$n_\pi$ 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:

$$w_1 + w_2 = 2w_k$$

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

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

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

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:

$$n_1 = 2 \left[ \frac{n_2 z_1 z_3}{z_2 z_4} \right] - n_2 \quad (\text{vi})$$

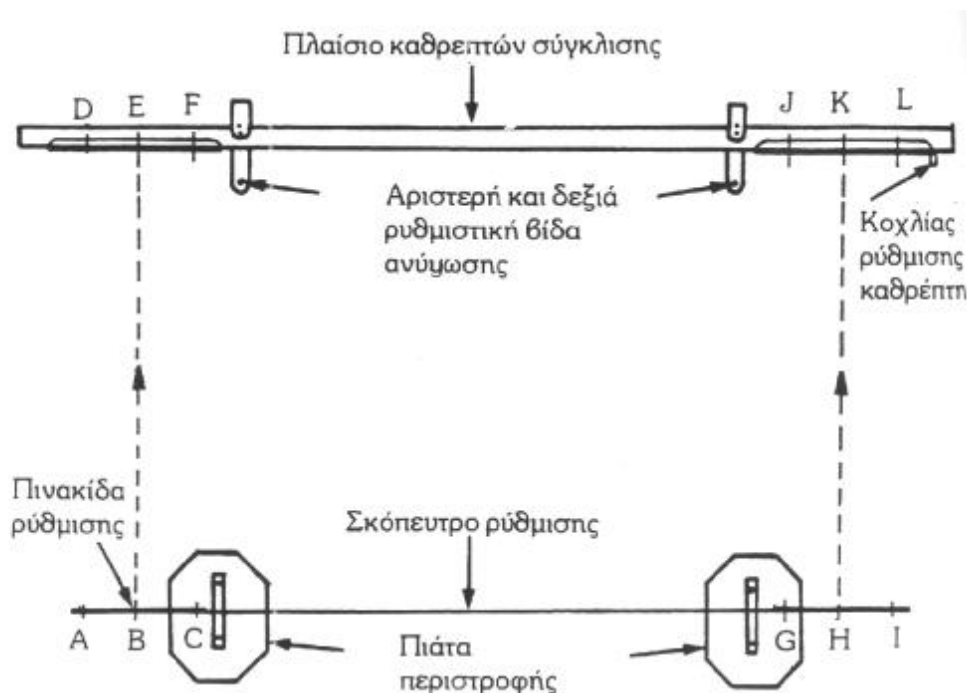
Από την σχέση (vi) αν  $n_2=0$ , ο ανυψωμένος τροχός παίρνει διπλάσιες στροφές απ' ότι έπαιρνε όταν εργαζόταν και οι δύο τροχοί κανονικά.

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.

## ΠΟΡΕΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

A. Αρχικά ελέγχεται εάν είναι ρυθμισμένο το πλαίσιο των καθρεπτών σύγκλισης.



Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του σκοπεύτρου ρύθμισης μπροστά στο πλαίσιο των καθρεπτών σύγκλισης, στο ίδιο περίπου ύψος και σε απόσταση 1/8'' (απόσταση μεταξύ καθρεπτών πλαισίου σύγκλισης και πινακίδας σκοπεύτρου ρύθμισης), κατά τέτοιον τρόπο ώστε να συμπίπτουν οι οπές A, B, C, G, H, I με τις οπές D, E, F, J, K, L αντίστοιχα.

Η καλή ρύθμιση του πλαισίου των καθρεπτών σύγκλισης συντείνει στην λήψη ακριβούς ευθυγράμμισης σύγκλισης. Μετά την τοποθέτηση του πλαισίου των καθρεπτών σύγκλισης η μοναδική φορά που πρέπει να μετακινηθεί ελαφρά είναι κατά την διαδικασία του ελέγχου σύγκλισης. Για να είμαστε βέβαιοι ότι είναι ρυθμισμένο το πλαίσιο των καθρεπτών σύγκλισης πρέπει ο παραπάνω έλεγχος να επαναλαμβάνεται περιοδικά, η ύστερα από έναν μη κανονικό χειρισμό του.

B. Πριν το όχημα ανεβεί στους διαδρόμους.

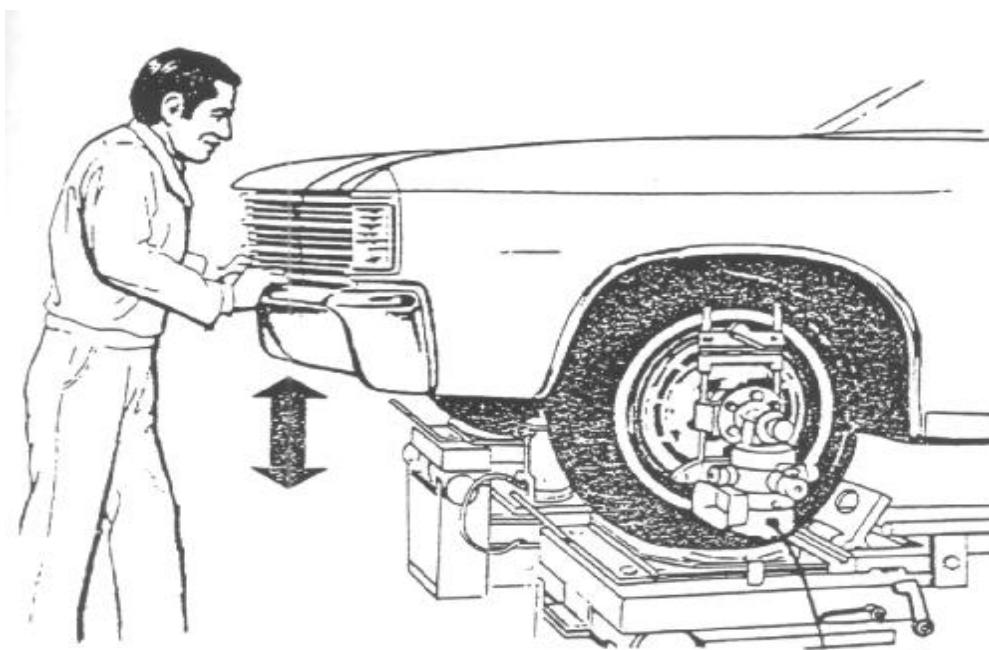
Τίθεται ο συμπιεστής σε λειτουργία (ρυθμιστής πίεσης αέρος 2-3 P.S.I.) ρυθμίζεται το άνοιγμα των διαδρομών στα 90-95 cm (με την χρήση του συνόλου των

κίτρινων ασφαλειών) και με την βοήθεια των πίσω μόνο κίτρινων ασφαλειών ανεβάζουμε ή κατεβάζουμε τους διαδρόμους.

Γ. Με το όχημα πάνω στους διαδρόμους.

Το αυτοκίνητο πρέπει να ανέβει συμμετρικά στους διαδρόμους με τους μπροστινούς τροχούς να πέφτουν μέσα στα δυο κοιλώματα για να έχουν την σωστή απόσταση από τους πίνακες ελέγχου. Το όχημα ασφαρίζεται σηκώνοντας την ασφάλεια (STOP) του αριστερού μπροστινού τροχού και με το χειρόφρενο. Σηκώνεται το όχημα στους γρύλους, ακουμπώντας τους στα ψαλίδια και κοντά στους τροχούς και τίθενται τα πιάτα περιστροφής στην θέση τους έτσι ώστε το κέντρο τους να πέσει στο μέσον των ελαστικών των τροχών. Τοποθετούνται οι προβολείς στους τροχούς και ρυθμίζονται οι ακτίνες του προβολέα με τον ρυθμιστή εστίασεως φωτεινών ακτινών που βρίσκεται στο κάτω μέρος του προβολέα, ώστε να επιτευχθεί η πιο φωτεινή δέσμη. Το κέντρο του άξονα του τροχού πρέπει να συμπέσει με αυτό του άξονα του προβολέα. Το επιτυγχάνουμε περιστρέφοντας ελεύθερα τον τροχό, σε σχέση με τον προβολέα, προς μια κατεύθυνση και παρατηρώντας την εκκεντρότητα του προβολέα.

Δ. Αντιστάθμιση τροχών-προβολέα



Σηκώνεται το αυτοκίνητο στους γρύλους, τοποθετούνται οι προβολείς στους τροχούς, τους ανάβουμε και τίθενται οι τροχοί σε μια θέσεις περίπου κατ' ευθείαν εμπρός. Περιστρέφεται ελεύθερα ο τροχός σε σχέση με τον προβολέα και μετακινείται ο πίνακας

ώστε η κόκκινη κατακόρυφη γραμμή του πίνακα να διαμοιράζει την φωτεινή ταλάντωση στη μέση και ακινητοποιείται ο τροχός όταν η κάθετη φωτεινή γραμμή βρίσκεται στην πιο απομακρυσμένη θέση ταλάντωσης. Με έναν από τους τρεις κοχλίες αντιστάθμισης ρυθμίζουμε την κάθετη φωτεινή γραμμή να συμπέσει σχεδόν στην κατακόρυφη κόκκινη γραμμή του πίνακα. Περιστρέφεται πάλι ο τροχός και εκτελούνται τα παραπάνω βήματα έως ότου εξαλειφθούν οι ταλαντώσεις και η φωτεινή γραμμή να συμπίπτει επάνω στην κατακόρυφη κόκκινη γραμμή του πίνακα.

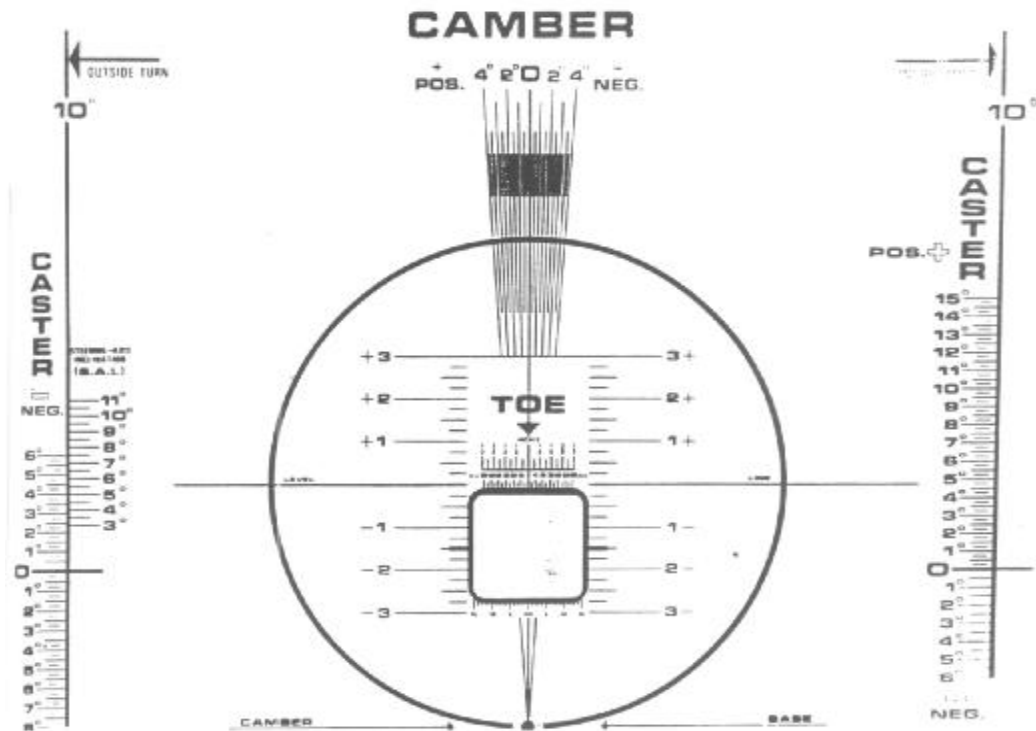
#### Ε. Θέση τροχών κατ' ευθείαν εμπρός

Χρησιμοποιείται ένας ευθύγραμμος κανόνας που τοποθετείται κάθετα σε κάποιο σταθερό σημείο (σασί) του αυτοκινήτου προς τον πίσω τροχό και σημειώνεται το σημείο που πέφτει η φωτεινή γραμμή του προβολέα (σημάδι α). Το ίδιο επαναλαμβάνεται και στο άλλο μέρος του αυτοκινήτου (σημάδι β). Εάν τα σημάδια δεν συμπίπτουν τότε σημειώνουμε ένα τρίτο σημάδι, (σημάδια γ), στο μέσον της απόστασης α,β, και περιστρέφοντας το τιμόνι επιτυγχάνουμε η φωτεινή γραμμή του προβολέα να έρθει στο σημείο γ. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και στην άλλη μεριά του αυτοκινήτου (όπου λήφθηκε το σημάδι α). Εάν δεν συμπίπτει η φωτεινή ακτίνα στο τρίτο σημάδι τότε, ή δεν έχει γίνει ακριβής αντιστάθμιση, ή το σημείο (πλαίσιο, σασί) που ακουμπήσαμε τον ευθύγραμμο κανόνα είναι στρεβλό. Στην περίπτωση αυτή ελέγχουμε την αντιστάθμιση, στηρίζουμε τον κανόνα σε ένα πιο σίγουρο σημείο και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

### **ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ**

#### Α. Προσδιορισμός γωνίας Κάμπερ

1. Τίθενται οι τροχοί στην θέση κατ' ευθείαν εμπρός (έχοντας κάνει αντιστάθμιση) και ασφαλίζονται τα πιάτα περιστροφής.
2. Κατεβάζουμε το αυτοκίνητο στα πιάτα και πιάνοντας το αυτοκίνητο από τον προφυλακτήρα το πιέζουμε προς τα κάτω για να καθίσουν τα αμορτισέρ καλά στην θέση τους.
3. Ρυθμίζεται μετακινώντας τον πίνακα ώστε η κάθετος φωτεινή γραμμή από τον προβολέα να κεντραριστεί στον στόχο (κόκκινο σημείο) της βάσεως ΚΑΜΠΕΡ του πίνακα.
4. Διαβάζεται η ένδειξη της γωνίας ΚΑΜΠΕΡ στην κλίμακα 0o-4o, (θετική (+) ή αρνητική (-)) κατά την προέκταση της κατακόρυφης φωτεινής ακτίνας.

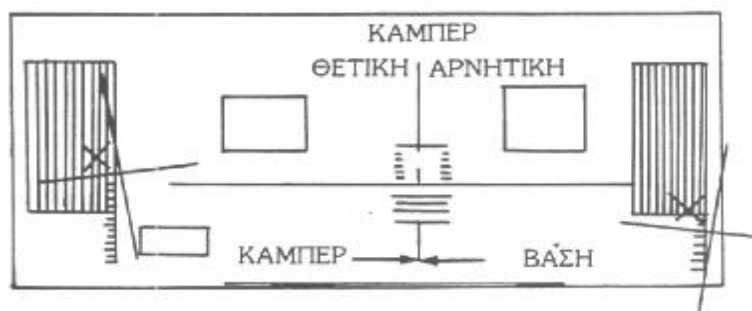
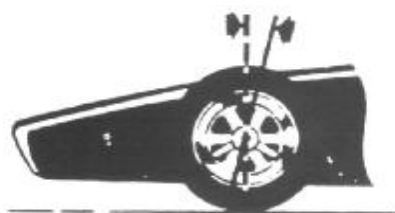


## B. Προσδιορισμός γωνίας κάστερ

1. Τίθενται οι τροχοί στην θέση κατ' ευθείαν εμπρός, (έχοντας κάνει αντιστάθμιση). Απασφαλίζονται τα πιάτα και φρενάρονται οι τροχοί του οχήματος.
2. Λασκάρουμε το κουμπί φρεναρίσματος του προβολέα και στρίβουμε με το χέρι τον αριστερό τροχό προς τα μέσα, δηλαδή δεξιά, φέρνοντας την κατακόρυφη φωτεινή γραμμή του μεγάλου σταυρού στις 10° εσωτερικής στροφής του πίνακα.



3. Σφίγγουμε το κουμπί φρεναρίσματος του προβολέα και ευθυγραμμίζουμε με το κουμπί ευθυγράμμισης, που βρίσκεται αριστερά στον προβολέα μας.
4. Με το κουμπί ρυθμίσεως του X, που βρίσκεται πάνω στον προβολέα, ρυθμίζεται το κέντρο X να πέσει στο μηδέν της κατακόρυφης κλίμακας Κάστερ του πίνακα (τα άκρα του X να ακουμπούν στην κατακόρυφη φωτεινή γραμμή του προβολέα που συμπίπτει με την κόκκινη γραμμή των  $10^{\text{of}}$  του πίνακα).
5. Λασκάρουμε το κουμπί φρεναρίσματος και περιστρέφουμε τον ίδιο τροχό με το χέρι μέχρι να φέρουμε την κατακόρυφη φωτεινή γραμμή του μεγάλου σταυρού στις  $10^{\circ}$  εξωτερικής στροφής του ίδιου πίνακα, (αντίθετα ως προς την περίπτωση 2).
6. Σφίγγουμε το κουμπί φρεναρίσματος του προβολέα, ευθυγραμμίζουμε ξανά (όπως στην περίπτωση 3) και διαβάζουμε την ένδειξη του X που είναι και η γωνία Κάστερ (θετική ή αρνητική ανάλογα).
7. Για την επαλήθευση κάνουμε τις ίδιες κινήσεις (του ίδιου τροχού) αρχίζοντας από θέση εξωτερικής στροφής.

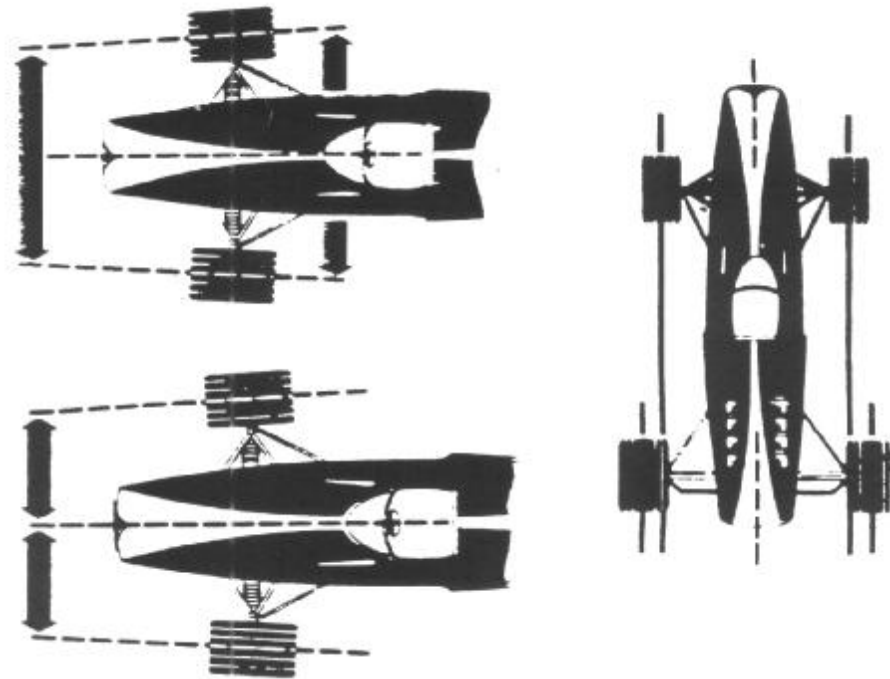


### Γ. Προσδιορισμός σύγκλισης

1. Τίθενται οι τροχοί στην θέση κατ' ευθείαν εμπρός (έχοντας κάνει αντιστάθμιση), και οι τροχοί πάνω στα πιάτα περιστροφής.
2. Λασκάρουμε το κουμπί φρεναρίσματος και φέρνουμε την οριζόντια φωτεινή γραμμή του μεγάλου σταυρού να συμπίπτει με τις κόκκινες γραμμές δεξιά και αριστερά στο κέντρο του μικρού παραθύρου του πίνακα και κατόπιν σφίγγουμε το κουμπί φρεναρίσματος.
3. Ολισθαίνουμε (με τον κοχλία ρυθμίσεως-ανυψώσεως) το αριστερό άκρο του πλαισίου των καθρεπτών και φέρνουμε την κάθετη φωτεινή γραμμή (αντανάκλαση

του προβολέα μέσω μικρής οπής του πίνακα από τον αριστερό καθρέπτη του πλαισίου καθρεπτών) μέσα στο κουτάκι της κλίμακας σύγκλισης του αριστερού προβολέα. Ρυθμίζουμε με τον αριστερό κοχλία ανυψώσεως να μεταφέρουμε την οριζόντια φωτεινή γραμμή στην οριζόντια γραμμή της κλίμακας σύγκλισης, (στο κουτάκι του προβολέα). Ρυθμίζουμε με τον κοχλία ανυψώσεως, την κάθετη φωτεινή γραμμή κατά τρόπο ώστε να είναι κεντραρισμένη στο μηδέν (στο κουτάκι σύγκλισης του αριστερού προβολέα).

4. Μετακινούμε τον αριστερό πίνακα έτσι που η κάθετη φωτεινή γραμμή να είναι κεντραρισμένη στη κάθετη γραμμή σύγκλισης του πίνακα και έτσι έχουμε ρυθμίσει τον αριστερό τροχό.
5. Για τον δεξιό τροχό κάνουμε τις ίδιες κινήσεις που κάναμε στην ρύθμιση του αριστερού τροχού αρχίζοντας από το 2. Κάθε ρύθμιση του δεξιού τροχού θα μεταβάλλει τις ενδείξεις, δηλαδή θα μεταβάλει τις φωτεινές γραμμές που είχαμε στην ρύθμιση του αριστερού τροχού. Όταν τελειώσουμε την ρύθμιση του δεξιού τροχού οι μεταβολές των ενδείξεων του που φαίνονται στο αριστερό κουτάκι κλίμακας ενδείξεων είναι η ολική σύγκλιση (η απόκλιση) και των δυο τροχών. Την ένδειξη σύγκλισης η απόκλισης την διαβάζουμε από τα κουτάκια των πινάκων αρκεί να έχουμε κάνει τη ρύθμιση 4. Αν έχουμε ένδειξη ολικής σύγκλισης μεγαλύτερη ή μικρότερη των προδιαγραφών και θέλουμε να κάνουμε επισκευή του οχήματος, π.χ. αν έχουμε ένδειξη ολικής σύγκλισης  $3/8''$  και επιθυμούμε ολική σύγκλιση  $1/8''$  τότε μοιράζουμε την ολική σύγκλιση  $3/8''$  που έχουμε με τους πίνακες φέρνοντας τους στο μισό του  $3/8''$ , δηλαδή στο  $3/16''$ . Στην συνέχεια ρυθμίζουμε τις μπάρες των τροχών μεταβάλλοντας την σύγκλιση μέχρι να έρθει στον πίνακα το  $1/16''$ , που είναι το μισό της επιθυμητής συγκλίσεως  $1/8''$ .



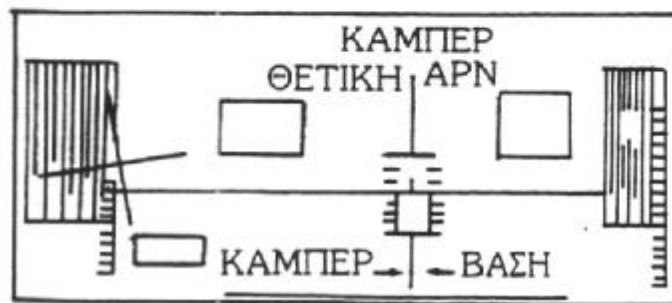
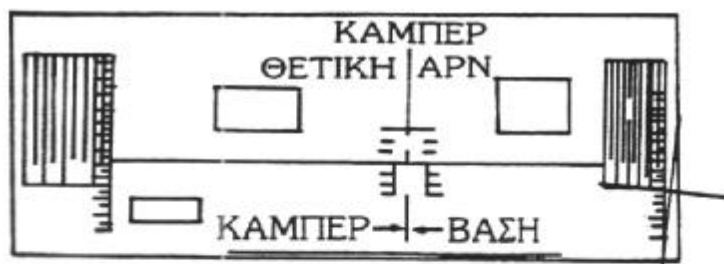
Δ. Προσδιορισμός μέσης θέσης τιμονιού

1. Θέτουμε τους τροχούς με ακρίβειας σε θέση κατ' ευθείαν εμπρός, (έχοντας κάνει με ακρίβεια αντιστάθμιση, και έχοντας ρυθμίσει τους πίνακες κατά τρόπο που οι κάθετες φωτεινές ακτίνες να συμπίπτουν με τις γραμμές των πινάκων) και παρατηρούμε τις ακτίνες του τιμονιού.
  - α) Αν είναι σε κανονική (οριζόντια) θέση, (οπότε η μέση θέση τιμονιού και ως προς την ευθυγράμμιση ατέρμονα/κορώνας και ως προς τα ακρόμπαρα είναι σωστή).
  - β) Αν δεν είναι σε κανονική θέση (αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε κακή ευθυγράμμιση ατέρμονα/κορώνας είτε στα ακρόμπαρα).
2. Εξέταση ενδεχομένου κακής ευθυγράμμισης ατέρμονα/κορώνας, (1β). Στρέφουμε το τιμόνι μέχρι τέρμα προς μια οποιαδήποτε φορά περιστροφής, και στην θέση αυτή θέτουμε ένα σημάδι κάπου στο στεφάνι του τιμονιού (σημείο α) και ένα άλλο σημάδι αντίστοιχα σε κάποιο σταθερό σημείο (σημεία αναφοράς).
3. Στρίβουμε το τιμόνι μέχρι το τέρμα προς την αντίθετη φορά μετρώντας (με βάση το σημείο αναφοράς) τις ολόκληρες στροφές και το κλάσματα στροφής που χρειάστηκε μέχρι να τερματίσει.
4. Διαιρούμε δια δύο τον αριθμό των στροφών και κλασμάτων που μετρήσαμε (η διαίρεση 2 των κλασμάτων της στροφής γίνεται επάνω στο στεφάνι του τιμονιού) και σημαδεύουμε ένα άλλο σημείο στο στεφάνι του τιμονιού (σημείο β).

5. Περιστρέφουμε το τιμόνι προς την αντίθετη φορά (της προηγούμενη περίπτωσης) κατά το πηλίκο, που βρήκαμε διαιρώντας τον αριθμό των στροφών του τιμονιού δια δύο, ώστε το σημείο β να έλθει ξανά στο αρχικό σταθερό σημείο, και παρατηρούμε τις ακτίνες του τιμονιού, (αν είναι σε κανονική θέση τότε ατέρμονας/κορώνα είναι σωστά ευθυγραμμισμένα).

#### Ε. Προσδιορισμός κλίσης άξονα οδήγησης

1. Σηκώνουμε τους μπροστινούς τροχούς περίπου  $\frac{1}{4}$ " πάνω από τα πιάτα, (πλάκες περιστροφής) χρησιμοποιώντας τους γρύλους σε κάθε τροχό.
2. Φρενάρουμε τους τροχούς του οχήματος.
3. Βάζουμε τους τροχούς σε θέση κατ' ευθείαν εμπρός και στρίβουμε με το τιμόνι δεξιά μέχρι η κάθετη φωτεινή γραμμή του μεγάλου σταυρού να πέσει στην σταθερή εσωτερική γραμμή στροφής  $10^\circ$  του αριστερού πίνακα

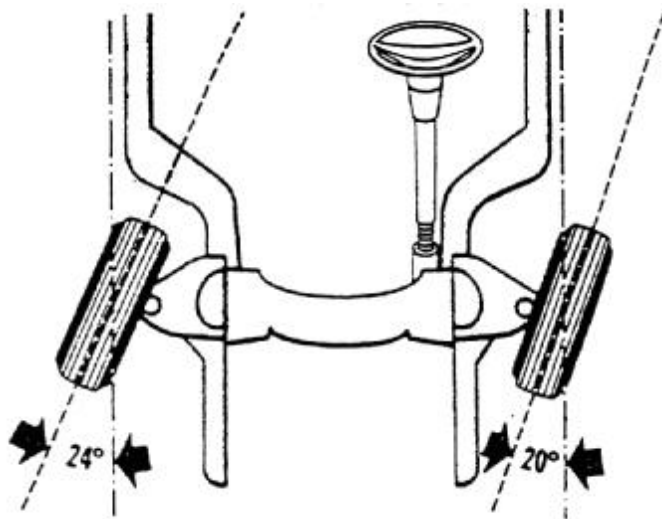


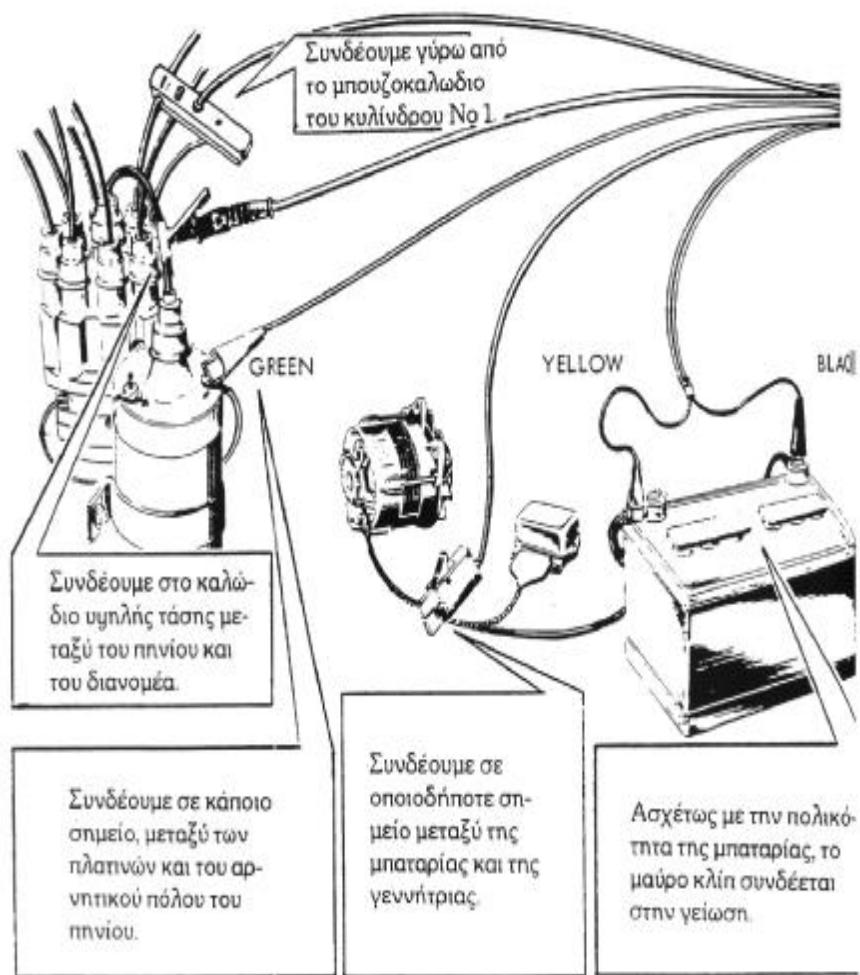
4. Περιστρέφουμε τον τρεναρισμένο αριστερό τροχό, με φορά περιστροφής προς τα εμπρός, μέχρις ότου να εκμηδενιστεί ο τζόγος προς αυτήν την κατεύθυνση (εμπρός).
5. Λασκάροντας το κουμπί φρεναρίσματος δίνουμε κλίση στον προβολέα μέχρι η φωτεινή γραμμή να κόβει το μηδέν της κάθετης δεξιάς κλίμακας του πίνακα και φρενάρουμε τον προβολέα.

6. Στρίβουμε με το τιμόνι τους τροχούς αριστερά μέχρι η κάθετη φωτεινή γραμμή του μεγάλου σταυρού να πέσει στην κάθετη εξωτερική γραμμή στροφής  $10^\circ$  του ίδιο πίνακα.
7. Περιστρέφουμε το τρεναρισμένο τροχό με φορά περιστροφής προς τα εμπρός έως ότου εκμηδενιστεί ο τζόγος. Διαβάζουμε την ένδειξη της κλίσης του άξονα οδήγησης στην κλίμακα ( $3^\circ$ -11ο). Η ίδια διαδικασία γίνεται για την εύρεση της κλίσης του άξονα οδήγησης και στον δεξιό τροχό.

ΣΤ. Προσδιορισμός γωνίας στροφής

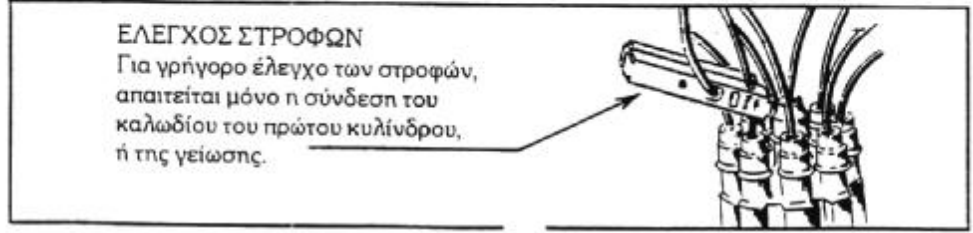
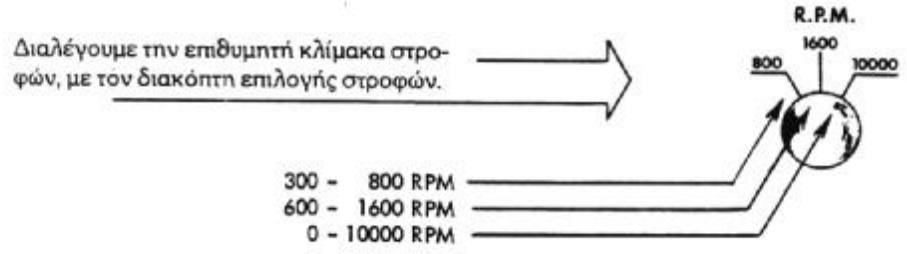
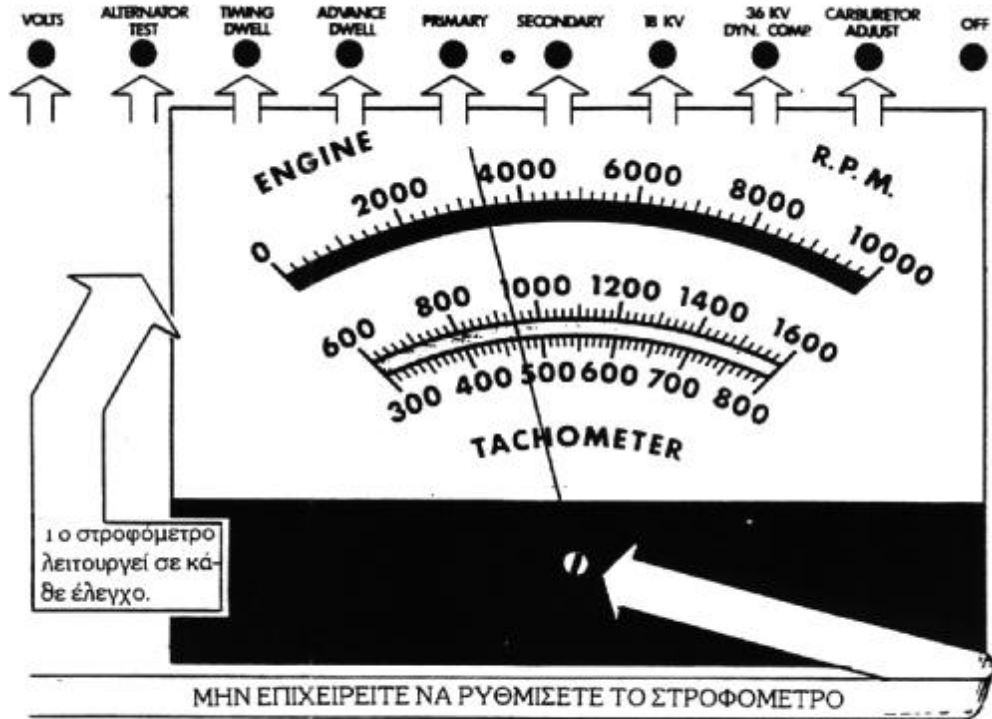
1. Θέτουμε τους τροχούς στην θέση κατ' ευθείαν εμπρός και τους φρενάρουμε με το ποδόφρενο.
2. Κατεβάζουμε το αυτοκίνητο στα πιάτα και βγάζουμε τις ασφάλειες.
3. Στρίβουμε τον αριστερό τροχό  $20^\circ$ , (στην κλίμακα των πιάτων) προς τα μέσα, (δεξιά).
4. Παίρνουμε την ένδειξη, (στην κλίμακα των πιάτων) του δεξιού απέναντι τροχού.
5. Ο δεξιός τροχός που σχηματίζει την εσωτερική γωνία στροφής πρέπει να έχει μεγαλύτερη των  $20^\circ$  γωνία στροφής και μέσα στα όρια που δίνει ο κατασκευαστής.
6. Το αντίθετο κάνουμε για να ελέγξουμε τον αριστερό τροχό που θα σχηματίζει την εσωτερική αριστερή γωνία στροφής.



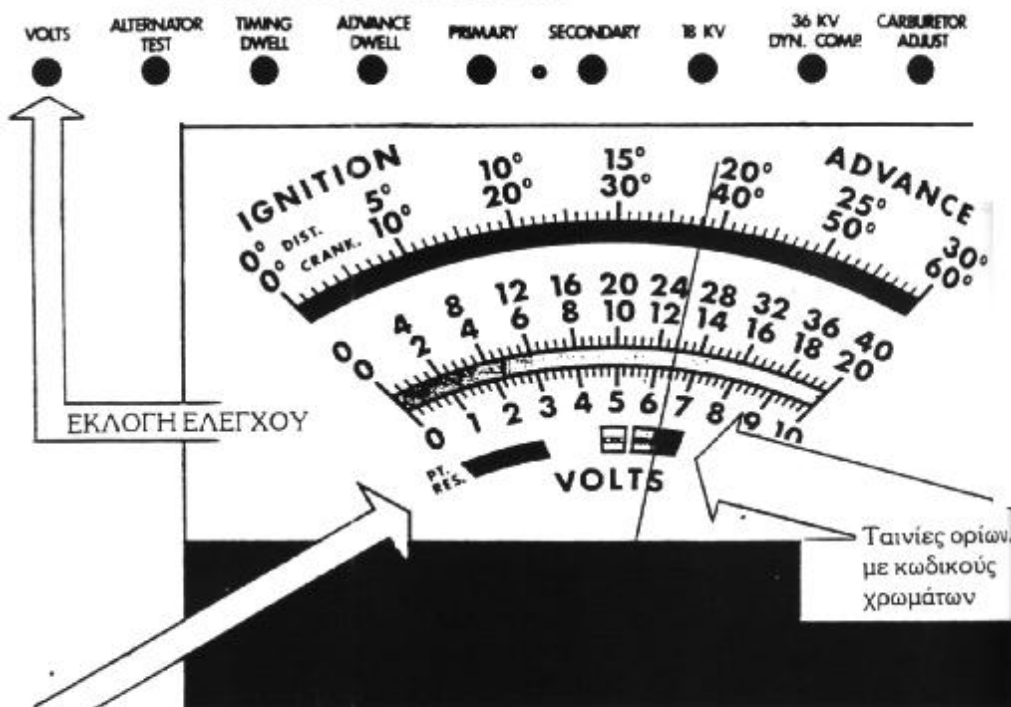


Προσοχή. Εάν δεν έχουμε μπαταρία συνδέουμε το μαύρο (black) καλώδιο με την γείωση (-) του κινητήρα και το κίτρινο (yellow) καλώδιο με το (+) του πολλαπλασιαστή.

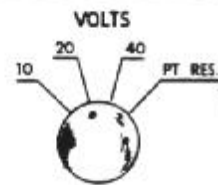
ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΟΦΟΜΕΤΡΟΥ



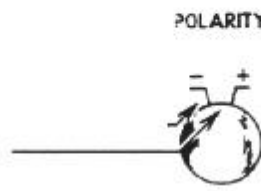
## ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΑΣΕΩΣ



1. Εκλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα τάσης  
 Θέση 10 για σύστημα 6 βολτ  
 Θέση 20 για σύστημα 12 βολτ  
 Θέση 40 για σύστημα 24 βολτ

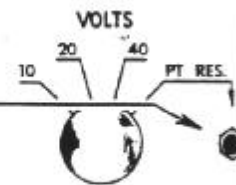


2. Πατάμε το μπουτόν ελέγχου τάσης.  
 Αν το βολτόμετρο ταλαντευθεί στην αρνητική κατεύθυνση, ελέγχουμε το διακόπτη πολικότητας.  
 Γείωση μπαταρίας (-)  
 Γείωση μπαταρίας (+)

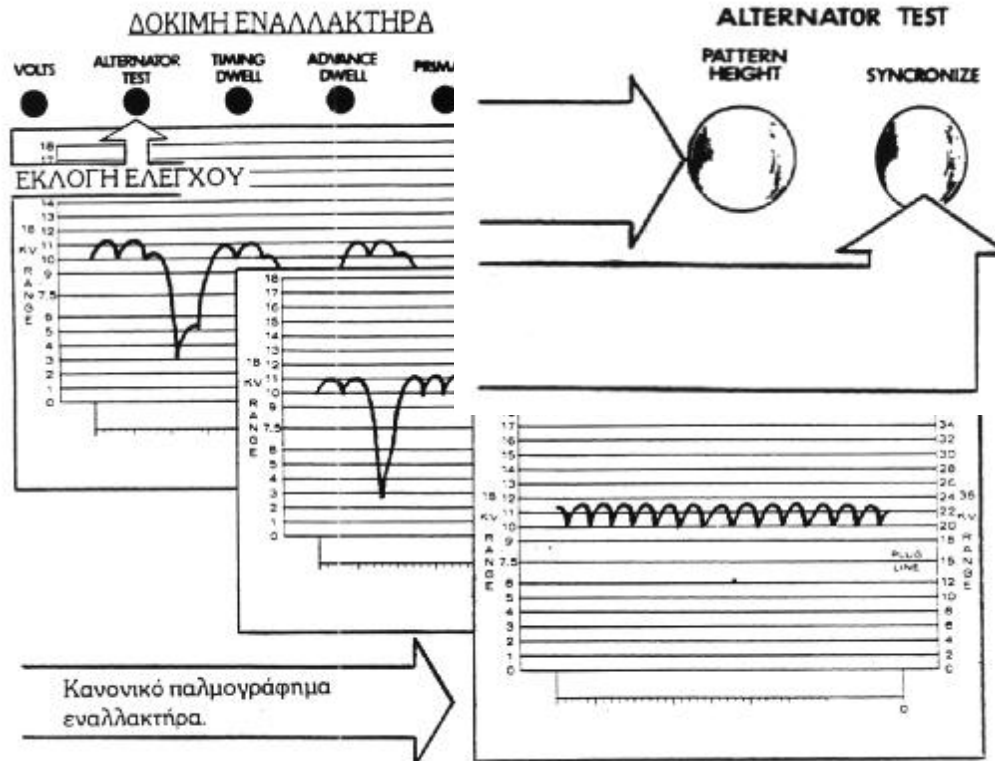


### ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΠΛΑΤΙΝΩΝ

1. Περιστρέφουμε τον διακόπτη επιλογής τάσης στην θέση PT RES.
2. Πατάμε το μπουτόν.  
 Αν η βελόνα ταλαντεύεται έξω από την κλίμακα, βάζουμε μπροστά την μίζα για λίγο μέχρι να κλείσουν οι πλατίνες.  
 Τα αποτελέσματα του ελέγχου δεν πρέπει να υπερβαίνουν την μαύρη περιοχή στις ταινίες ορίων.







1. Αυξάνουμε τις στροφές του κινητήρα στις 1500-2000 RPM
2. Πατάμε το μπουτόν ελέγχου εναλλακτήρα. Το ύψος του παλμογραφήματος, μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες μας, από το ρυθμιστή ύψους παλμογραφήματος.

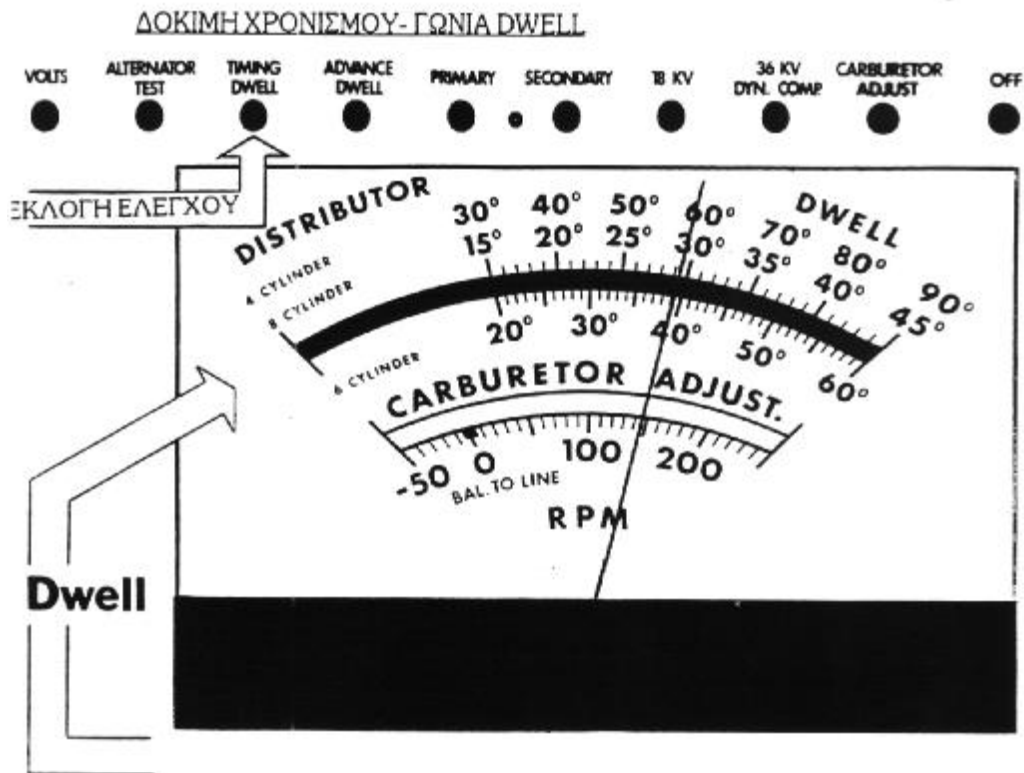
Ο συγχρονισμός μεταξύ των στροφών του κινητήρα και σαρώσεως του παλμογραφήματος, επιτυγχάνεται με τον ρυθμιστή συγχρονισμού.

ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΑΥΤΟ ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ

Όταν οι δίοδοι είναι σε καλή κατάσταση, μπορούμε να δεχτούμε ότι ο εναλλακτήρας έχει ικανότητα παραγωγής μέγιστης εξόδου.

Το βολτόμετρο δείχνει εάν ο εναλλακτήρας λειτουργεί.

Το παλμογράφημα επιβεβαιώνει ότι ο εναλλακτήρας δουλεύει 100%. Η απουσία παλμογραφήματος στην οθόνη ή καμία ένδειξη αύξησης της τάσης στο βολτόμετρο, δηλώνει ότι υπάρχει ανοιχτό πεδίο ή ελαττωματικός αυτόματος.



Παρατηρούμε την γωνία DWELL, στη κατάλληλη κλίμακα για κινητήρες με 4-6-8 κυλίνδρους.

Για κινητήρες τύπου WANKEL, χρησιμοποιούμε τη κλίμακα των 4 κυλίνδρων, ενώ για τους τύπους v-6, ΤΩΝ 6 κυλίνδρων.

#### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Στα περισσότερα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης, η γωνία DWELL (διάρκεια κορεσμού του πηνίου), προσδιορίζεται από το ηλεκτρονικό στοιχείο και δεν γίνεται ρύθμιση αυτής, ούτε και χρειάζεται.

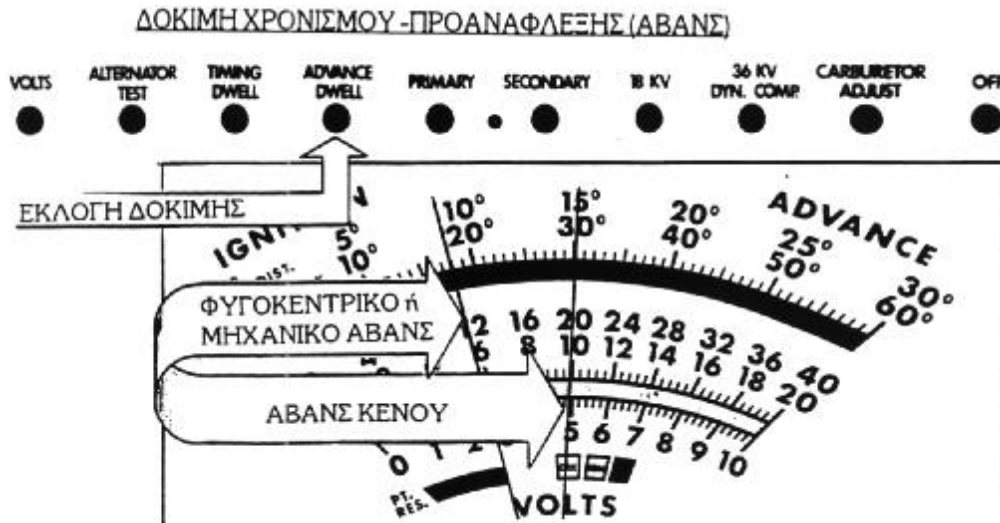


#### ΑΡΧΙΚΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Πραγματοποιείται μεταξύ του διανομέα και των επαφών έκκεντρου. Ρυθμίζουμε τη θέση και των επαφών που επαληθεύεται με την λυχνία χρονισμού. Το μηχανικό ή φυγοκεντρικό αβάνς εμφανίζεται στο σημάδι της τροχαλίας.

1. Μετακινούμε το λαστιχένιο σωληνάκι υποπίεσεως (κενού) από την θέση του και ρυθμίζουμε τις στροφές στο ρελαντί.
2. Πιέζουμε τη σκανδάλη της λυχνίας χρονισμού και σκοπεύουμε τη φωτεινή ακτίνα υπό ορθή γωνία, στο σημείο χρονισμού.

3. Παρατηρούμε τις μοίρες προαναφλέξεως στο δείκτη ή στην τροχαλία (εξωτερικά σημεία χρονισμού του κινητήρα).



### ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΒΑΝΣ ΔΙΑΝΟΜΕΑ

Το συνολικό αβάνς διανομέα είναι το μηχανικό σύν το αβάνς κενού εμφανιζόμενου στο όργανο της συσκευής.

1. Ξαναβάζουμε το λαστιχένιο σωλήνα υποπίεσεως στη θέση του και ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα στις 2000-2500 RPM.
2. Πατάμε τη σκανδάλη της λυχνίας χρονισμού και περιστρέφουμε τον διακόπτη του αβάνς, μέχρι τα σημεία του αρχικού χρονισμού να επαναευθυγραμμισθούν.
3. Παρατηρούμε το μετρητή του αβάνς και συγκρίνουμε την ένδειξη με τις προδιαγραφές

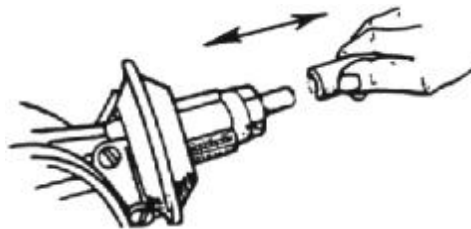
ΛΑΘΟΣ ΣΩΣΤΗ-ΣΥΝΕΧΙΖΟΥΜΕ

### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ

#### ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΑΒΑΝΣ

Φυγοκεντρικός ρυθμιστής εντός του διανομέα επηρεαζόμενος μόνο από την ταχύτητα.

1. Βγάζουμε τον λαστιχένιο σωλήνα από την θέση του.
2. Ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα στο ρελαντί και επαναλαμβάνουμε τον έλεγχο.



#### ΑΒΑΝΣ ΞΕΝΟΥ

Διάφραγμα εντός της θήκης του διανομέα επηρεαζόμενο από την μεταβολή της υποπίεσεως.

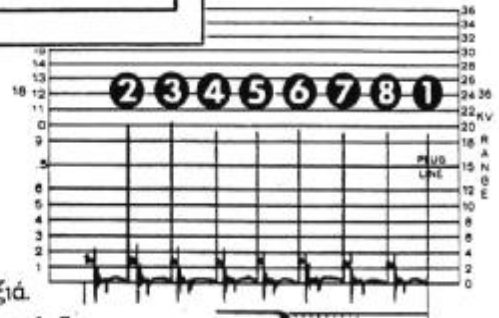
1. Ανατοποθετούμε τον σωλήνα υποπίεσεως στην θέση του και ρυθμίζουμε τις στροφές στις 2000-2500 RPM επαναλαμβάνοντας τον έλεγχο.
2. Καταγράφουμε τη διαφορά ενδείξεως μεταξύ αυτού του ελέγχου και των αποτελεσμάτων του ελέγχου του μηχανικού αβάνς.

**ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 18000 ΒΟΛΤ (18 KV)**

VOLTS    ALTERNATOR TEST    TIMING DWELL    ADVANCE DWELL    PRIMARY    SECONDARY    18 KV    36 KV DYN. COMP.    CARBURETOR ADJUST    OFF

**ΕΚΛΟΓΗ ΕΛΕΓΧΟΥ**

**ΑΚΡΙΒΕΣΤΕΡΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ**  
 Το παλμ/φημα των 18 KV, παρουσιάζει τους κυλίνδρους σε ευθεία σειρά, με σειρά αναφλέξεως όπως τη βλέπει ο ρότορας του διανομέα. Το μπουζί Νο 1 κάνει ανάφλεξη στη δεξιά άκρη και τα υπόλοιπα από αριστερά προς τα δεξιά.

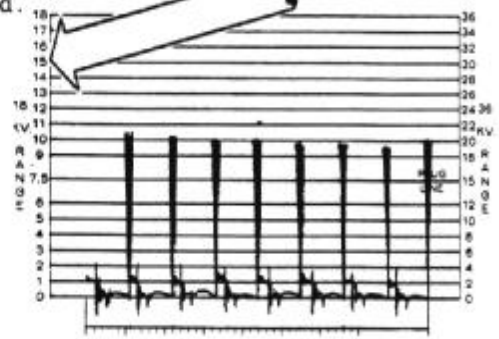


Η απαιτούμενη τάση του μπουζί για την ανάφλεξη μπορεί να μετρηθεί στην αριστερή κλίμακα.

**ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ**



Σε αυτή τη περίπτωση, οι αιχμές των τάσεων μπορούν να ευρυνθούν στο πάνω μέρος τους, με την περιστροφή του διακόπτη παλμ/ματος στην θέση DIST.



**EXPAND**



ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΗΜΑ, ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ, ΑΛΛΑ ΣΥΓΧΡΟΝΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΟΘΟΝΗΣ...

**ΓΙΑ ΤΗΝ**

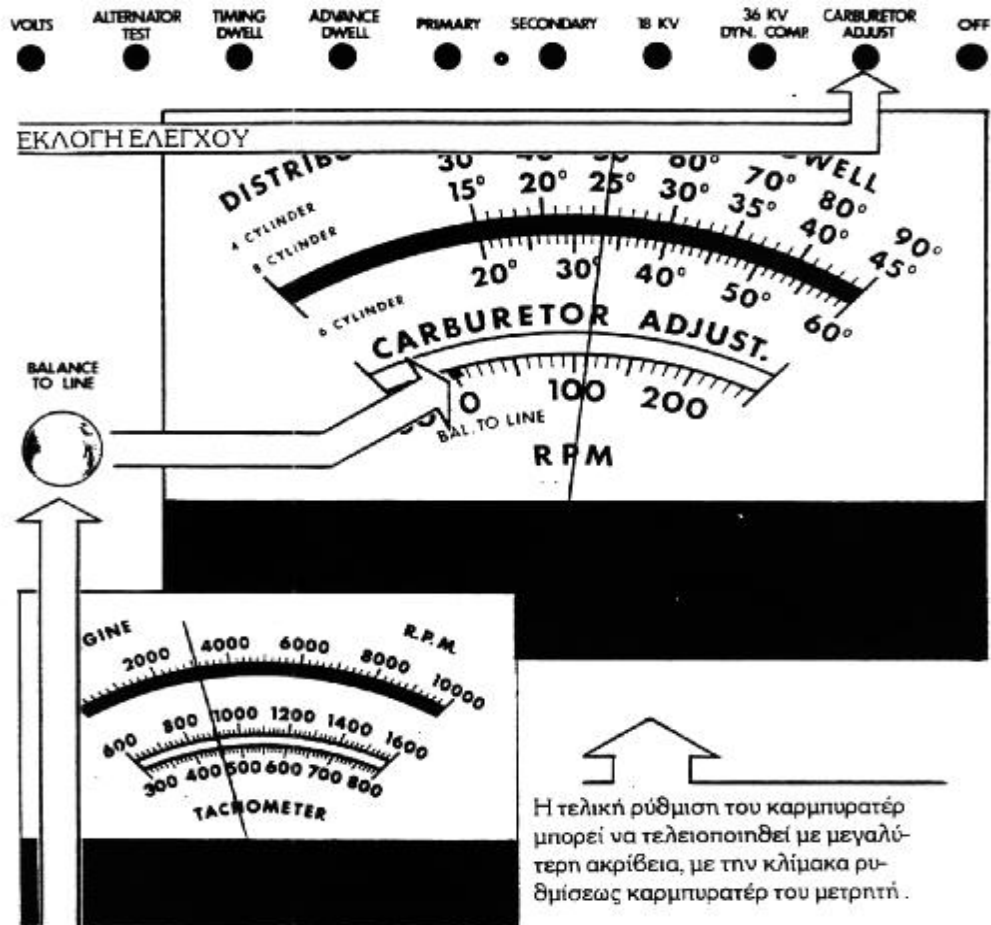


**PARADE**

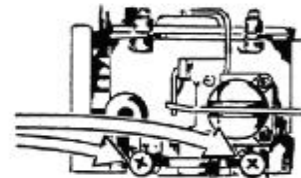


ΠΑΡΕΛΛΑΥΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΗΜΑ, ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ Η ΕΚΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ, ΑΛΛΑ ΕΡΧΟΝΤΑΙ ΠΙΣΩΣ ΣΤΗΝ ΟΘΟΝΗ ΟΙ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ ΚΑΙ ΧΑΝΟΝΤΑΙ ΜΕΡΙΚΟΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΡΩΤΟΥΣ.

## ΔΟΚΙΜΗ / ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ



1. Ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα στο ρελαντί, σύμφωνα με τις προδιαγραφές.
2. Ισορροπούμε το δείκτη του μετρητή κοντά στο μηδέν, με το μπουτόν ισορροπίας.
3. Στρέφουμε τα ζιγκλέρ του ρελαντί για αύξηση των στροφών. Αν οι ρυθμίσεις αυξάνουν τις στροφές πέρα από την έκταση της κλίμακας ρυθμίσεως, επανα-ισορροπούμε τον δείκτη του μετρητή στο μηδέν και συνεχίζουμε για υψηλότερη αύξηση στροφών.



## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΥ ΕΚΘΕΤΗΣ

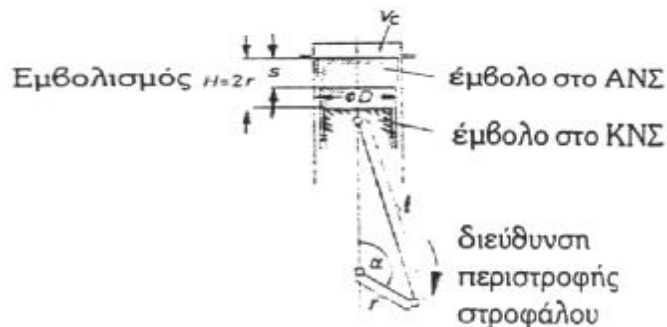
Στον υπολογισμό ενός ενδεικτικού διαγράμματος μιας νέο-κατασκευασμένης μηχανής εσωτερικής καύσης, πρέπει να είναι γνωστός ο πολυτροπικός εκθέτης στις τρέχουσες αλλαγές καταστάσεως στον κύλινδρο. Επειδή αυτός ο εκθέτης δεν επιτρέπεται να λαμβάνεται από τα κατασκευαστικά δεδομένα μιας μηχανής, πρέπει να 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  $\alpha$  (σχ.7).



**Σχ. 7 Καμπύλη πίεσης στο κύλινδρο σε συνάρτηση με τη γωνία περιστροφής  $\alpha$  του στροφάλου**

Αυτό το διάγραμμα μεταφέρεται ε διπλό λογαριθμικό χαρτί με επί πλέον αλλαγή αξόνων ως προς τα μεγέθη. Η υπερπίεση γίνεται απόλυτη πίεση και η γωνία περιστροφής στροφάλου  $\alpha$  αντικαθίσταται από τον αντίστοιχο όγκο εμβολισμού. Για τον υπολογισμό του εμβολισμού που αντιστοιχεί στην εκάστοτε γωνία περιστροφής στροφάλου  $\alpha$  χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:



**Σχ. 8 Κίνηση του εμβόλου στον κύλινδρο**

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

$s$  = διαδρομή εμβόλου,  $r$  = ακτίνα στροφάλου,  $\alpha$  = γωνία περιστροφής στροφάλου

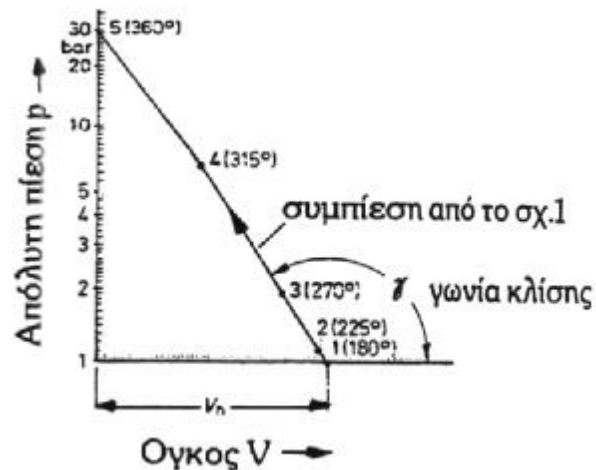
$$\lambda = \frac{r}{l} = \text{λόγος πλαγιότητας, } l = \text{μήκος διωστήρα.}$$

Για κατανόηση της παραπάνω σχέσης παρατηρείται στο σχήμα.8

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

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

Με την μεταφορά από το σχ.7 στο διπλό λογαριθμικό χαρτί σχηματίζεται η παραστάμενη ευθεία στο σχ.9



**Σχ. 9 Καμπύλη συμπίεσης από το σχ.7 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:

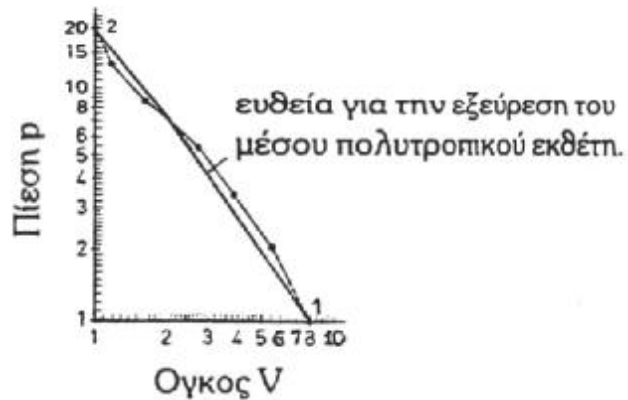
$$\lg(P_1 V_1^n) = \lg(P V^n)$$

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

Και:

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

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



Σχ. 10 Υπολογισμός του μέσου πολυτροπικού εκθέτη

Εάν με  $\gamma$  ορισθεί η κλίσης 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.10). 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.11:

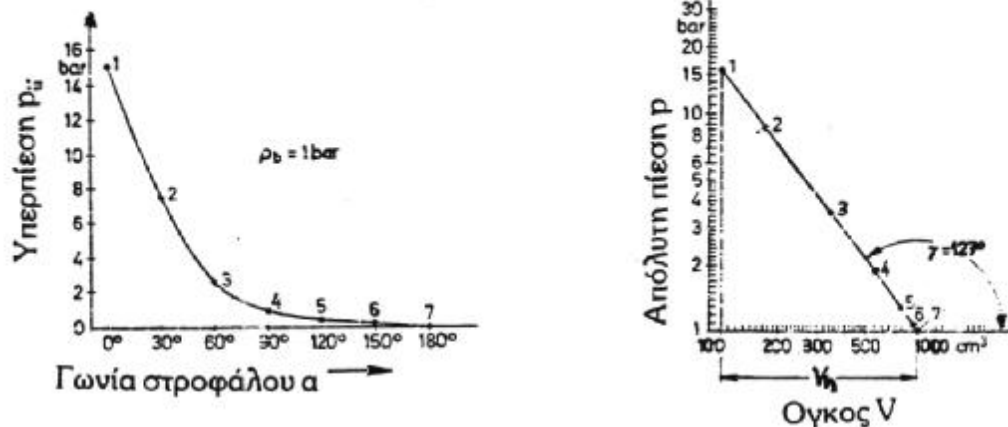
$$\text{Δίδονται: } H=100\text{mm, } D=100\text{mm, } l=200\text{mm, } \varepsilon=8, P_b=1\text{bar}$$

**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:

$$V = V_c + \frac{\pi D^2}{4} r (1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \alpha)$$



Σχ. 11 Υπολογισμός του πολυτροπικού εκθέτη του παραδείγματος.

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

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

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

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

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

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

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

$\alpha$ σε Grad	$\cos\alpha$	$\sin^2\alpha$	$(\lambda/2) \sin^2\alpha$	$1-\cos\alpha+(\lambda/2)\sin^2\alpha$	V σε $\text{cm}^3$
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.11 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.

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

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

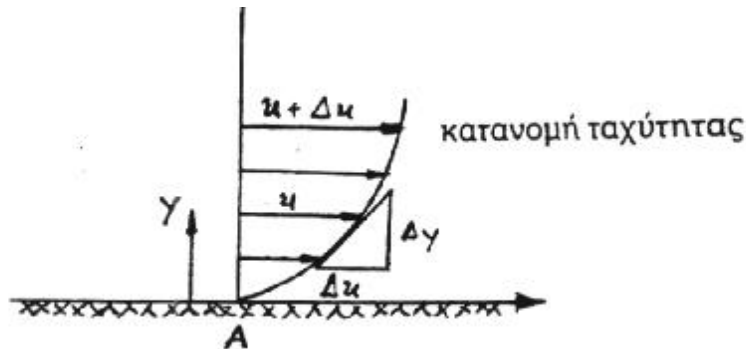
$$p = 15,96\text{bar} \cdot 750 \frac{\text{Torr}}{\text{bar}} = 11,970\text{Torr}.$$

## 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 ισούται:

$$T = \mu \, du/dy$$

$\tau =$  διατμητική τάση, δηλαδή η δύναμη τριβής ανά μονάδα επιφάνειας,  $du/dy = \eta$  τιμή της μεταβολής της ταχύτητας  $u$  στην κάθετη κατεύθυνση της ροής  $y$  και  $\mu$  είναι ο συντελεστής του απόλυτου ιξώδους ή «απόλυτο ιξώδες» (σχ.1)



Σχ. 1 Κατανομή και βαθμίδα ταχύτητας

Οι διαστάσεις του απόλυτου ιξώδους είναι:

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

όπου οι διαστάσεις δυνάμεως είναι:

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

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

$$1 \text{ Polse} = 100 \text{ Centipolse} = 1 \text{ dyn} \times \frac{\text{sec}}{\text{cm}^2}$$

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

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

Όπου  $\rho$  = 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  $\nu$  μετράται με ιξωδόμετρα, όργανα με τα οποία προσδιορίζεται ο χρόνος σε sec, ο οποίος απαιτείται για την διαρροή ενός ορισμένου όγκου υγρού δια μέσου σπής.

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

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

Η εξίσωση η οποία μετατρέπει τα μετρηθέντα sec στα διάφορα ιξωδόμετρα σε μονάδες m/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, όπως ειπώθηκε ελαττώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας (το καύσιμο ή λιπαντικό καθίσταται λεπτόρρευστο) και ως εκ τούτου μαζί με τον βαθμό του ιξώδους (κινηματικού) δίνεται και η θερμοκρασία στην οποία αυτό μετρήθηκε.

Για τα ελαφρά καύσιμα των Diesel 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°Ερμοκρασία 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.

### **ΟΡΓΑΝΑ-ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε την συσκευή «Saybolt»

- 1) Πλήρης συσκευή «Saybolt»
- 2) Θερμόμετρα
- 3) Χρονόμετρο

### **ΤΡΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ «ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΥ ΙΞΩΔΟΥΣ» ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ «SAYBOLT»**

Το ιξωδόμετρο «Saybolt» (ΗΠΑ) εμφανίζεται σε δύο τύπους, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους κατά την διάμετρο του στομίου εκροής. Για το ιξωδόμετρο της μικρότερης διαμέτρου παίρνουμε το ιξώδες S.S.U. (Saybolt Second Universal), ενώ γι'αυτό της μεγαλύτερης διαμέτρου το ιξώδες S.S.F. (Saybolt Second Furol).

Ιξώδες κατά S.S.U. ορίζεται ο χρόνος (sec) που χρειάζονται 60 cm<sup>3</sup> δείγματος για α διέλθουν από ελεγμένη οπή «Universal» με προκαθορισμένες συνθήκες, ενώ ιξώδες κατά S.S.F. είναι ο χρόνος (sec) που χρειάζονται 60 cm<sup>3</sup> δείγματος για να διέλθουν από ελεγμένη οπή «Furol».

Το ιξώδες Σ.Σ.Φ.=1/10 x S.S.U. και συνιστάται για τα προϊόντα που έχουν ιξώδες μεγαλύτερο από 1000 sec. Η οπή «Universal» χρησιμοποιείται στους:

°C	21,1	37,8	54,4	99
°F	70	100	130	210

Ενώ η οπή «Furol» στους:

°C	25,0	37,8	50,0	99
°F	77	100	122	210

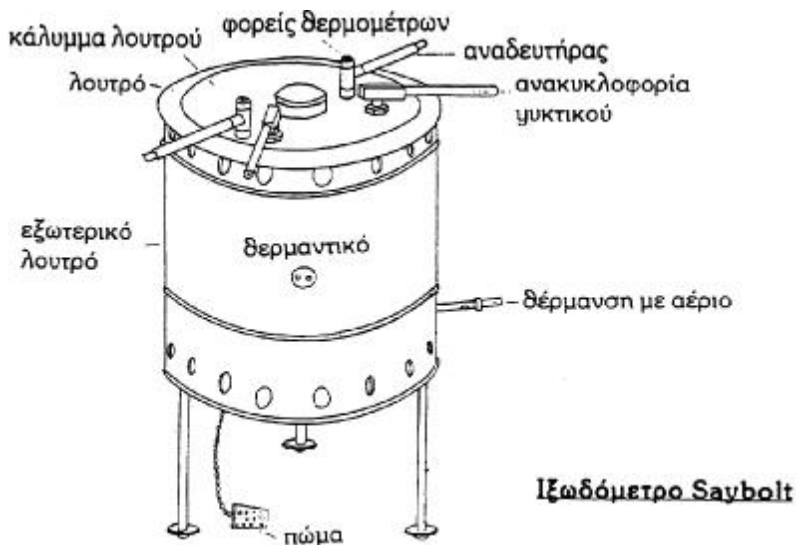
Η μέθοδος «Saybolt» αποσκοπεί στην εμπειρική μέτρηση του ιξώδους κατά Saybolt των προϊόντων του πετρελαίου μεταξύ 21°C και 99°C (70-210°F)

Στάνταρ θερμοκρ. Test (°C)	Περιοχή θερμοκρασιών Λουτρού (°C)
21,1 και 25,0 (70 και 77°F)	19 έως 27
37,8 (100°F)	34 έως 42
50,0 και 54,4 (122 και 130°F)	49 έως 57
98,9 (210 °F)	95 έως 103

Το προς εξέταση δείγμα χύνεται μέσα στο ιξωδόμετρο στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή σε περίπτωση πυκνό-ρευστού υγρού αφού προθερμανθεί μέσα σε υδρόλουτρο στους 54,50c. Η στάθμη του πρέπει να είναι ψηλότερη από την στάθμη υπερχειλίσης.

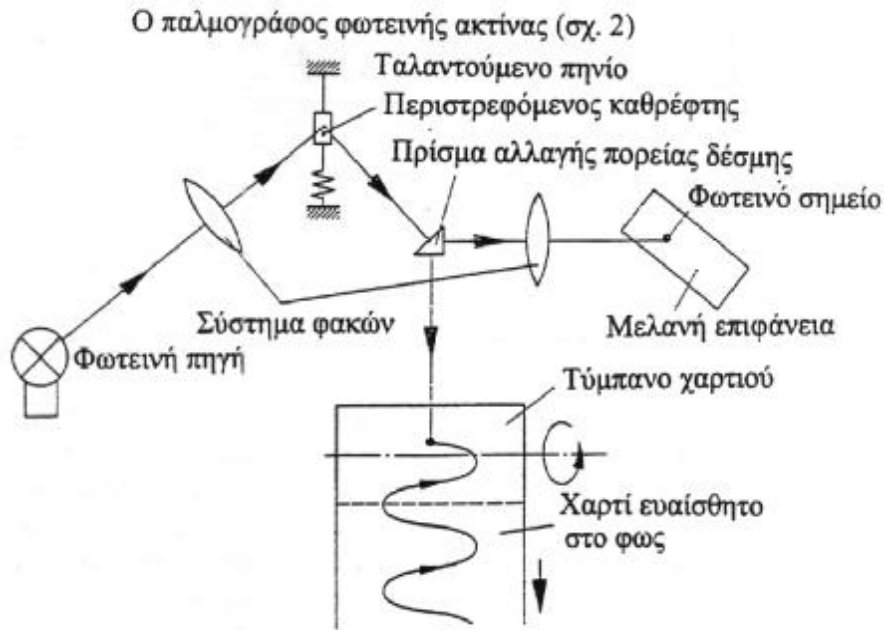
Κατά την εισαγωγή του στο ιξωδόμετρο το μείγμα διηθείται από κόσκινο Νο100. Το δείγμα μέσα στο ιξωδόμετρο αναδεύεται με το θερμόμετρο ιξώδους μέχρις ότου η θερμοκρασία του παραμείνει επί 1 min σταθερή στην θερμοκρασία της δοκιμής.

Κατόπιν βγάζουμε το θερμόμετρο και με τον σωλήνα αναρροφήσεως (πουάρ) απομακρύνουμε μια ποσότητα υγρού από την περιμετρική αύλακα ώστε η στάθμη του να κατέβει κάτω από την στάθμη υπερχειλίσης. Τοποθετούμε τον υποδοχέα κάτω από το ιξωδόμετρο, απομακρύνουμε απότομα το πώμα του ιξωδομέτρου και βάζουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο. Σαν χρόνος εκροής λαμβάνεται ο χρόνος που χρειάζεται το κάτω μέρος του μνηίσκου της επιφάνειας του υγρού να φθάσει την ειδική χαραγή του υποδοχέα.



## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΗΣ

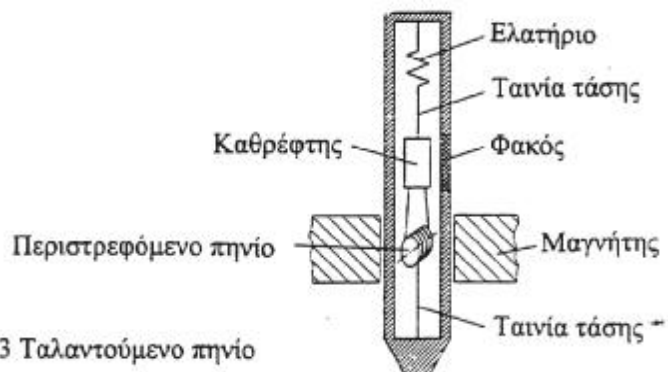
Οι μηχανικοί ενδείκτες επιτρέπουν τον σχεδιασμό των ενδεικτικών διαγραμμάτων σχετικά αργών κινητήρων, δηλαδή την παρουσίαση ενός μέσου ενδεικτικού διαγράμματος που σχηματίζεται από πολλούς κύκλους λειτουργίας. Ο λόγος είναι η παρουσία των μηχανικών μερών του μηχανισμού. Εάν ο ενδείκτης ήταν πλήρως ηλεκτρικός θα μπορούσαμε να καταγράψουμε ενδεικτικά διαγράμματα μεμονωμένων κύκλων λειτουργίας και ταχύτερων κινητήρων. Με έναν τέτοιο 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. Συνηθίζεται 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 και 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.1)



Σχήμα 2 Παλμογράφος φωτεινής ακτίνας

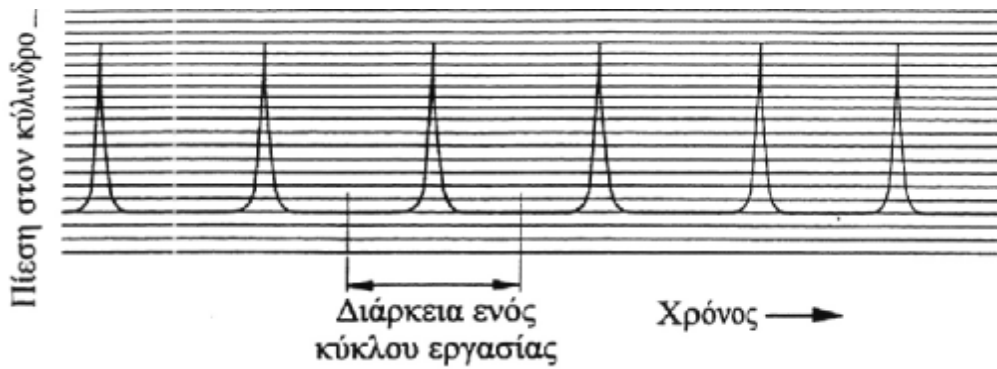
Καταγράφει το σήμα μέτρησης με την βοήθεια μιας ακτίνας φωτός πάνω σε ένα χαρτί, ευαίσθητο στο φως. Το σήμα που προέρχεται από τον ενισχυτή (σε αντίθεση με τον ηλεκτρονικό παλμογράφο δεν πρέπει να είναι σήμα τάσης αλλά σήμα ρεύματος), οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύλιγμα (σχ.3). Αυτός αποτελείται από ένα τύλιγμα πηνίου μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο μεταξύ δύο τεντωμένων ιμάντων. Στον επάνω ιμάντα 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. 3 Ταλαντούμενο πηνίο

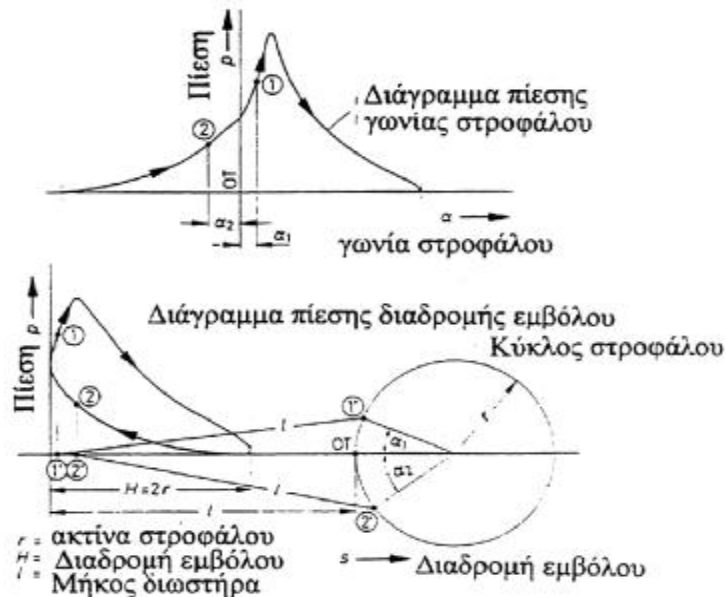




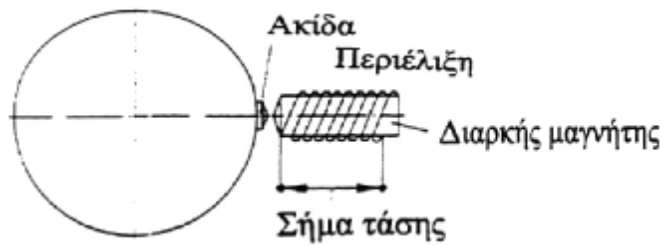
Σχ. 4 Διάγραμμα πίεσης-χρόνου παλμογράφου φωτεινής ακτίνας

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. 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



Σχ. 5 Μετατροπή του διαγράμματος πίεσης στροφάλου στο διάγραμμα πίεσης διαδρομή εμβόλου



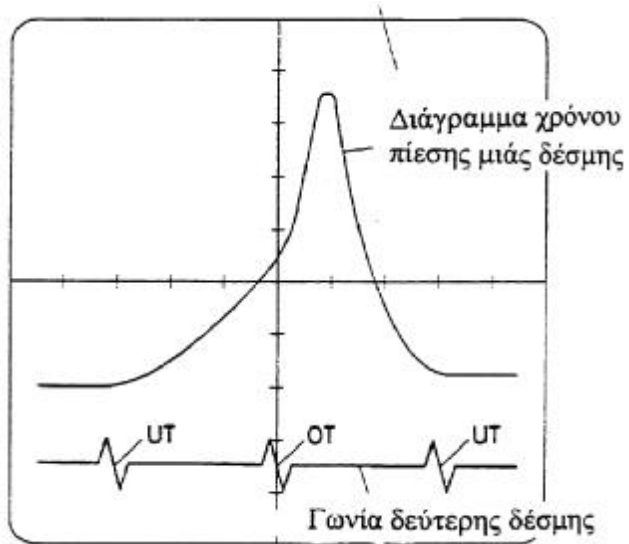
Σχ. 6 Επαγωγικός δότης

Για να σχεδιάσουμε το περίγραμμα (σχ.7) ο ηλεκτρονικός παλμογράφος χρειάζεται μια δεύτερη φωτεινή ακτίνα και ο παλμογράφος φωτεινής ακτίνας ένα δεύτερο ταλαντούμενο πηνίο.

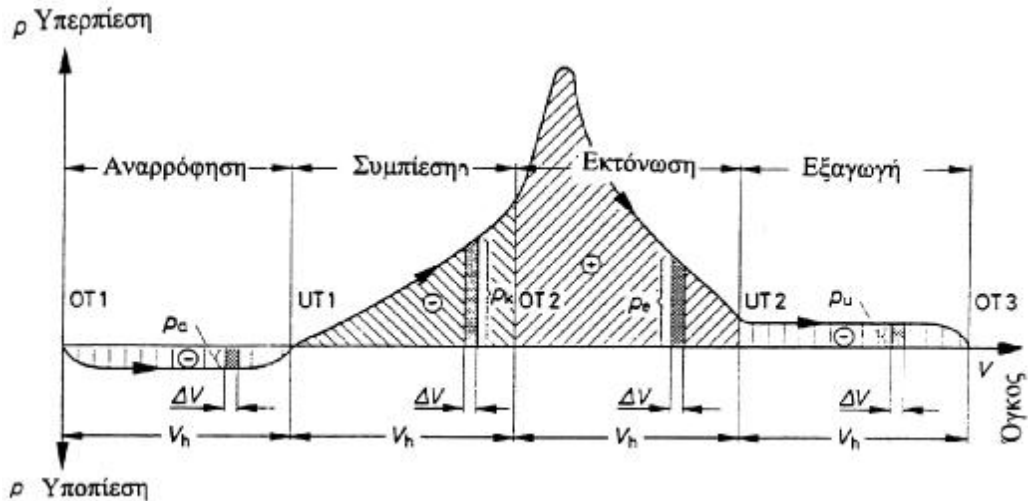
Σχ. 7 Διάγραμμα πίεσης χρόνου με καθορισμό των νεκρών σημείων.

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΕΩΝ

Εξεύρεση της μέσης πίεσης του εμβόλου  $P_i$  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  $P_i$ -μέτρου. Αυτές οι συσκευές δουλεύουν ηλεκτρονικά. Χωρίς να αναφερθούν οι λεπτομερείς δομές μιας τέτοιας συσκευής, θα μελετήσουμε τις βασικές αογές αυτής της συσκευής. Στο σχ. 8 παρουσιάζεται ένα P-V διάγραμμα.



Εξεύρεση της μέσης πίεσης του εμβόλου  $P_i$  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  $P_i$ -μέτρου. Αυτές οι συσκευές δουλεύουν ηλεκτρονικά. Χωρίς να αναφερθούν οι λεπτομερείς δομές μιας τέτοιας συσκευής, θα μελετήσουμε τις βασικές αογές αυτής της συσκευής. Στο σχ. 8 παρουσιάζεται ένα P-V διάγραμμα.



Σχ. 8 p-V διάγραμμα ενός τετράχρονου κινητήρα

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

$$W = - \int_{\text{AN}\Sigma 1}^{\text{KN}\Sigma 1} p dV - \int_{\text{KN}\Sigma 1}^{\text{AN}\Sigma 2} p dV + \int_{\text{AN}\Sigma 2}^{\text{KN}\Sigma 2} p dV - \int_{\text{KN}\Sigma 2}^{\text{AK}\Sigma 3} p dV$$

Για την αξιολόγηση με την μέθοδο Ρi-μέτρου έχουμε:

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

Η σχέση αυτή δίνει τιμές προσεγγιστικά ίδιες με την προηγούμενη, και μάλιστα όσο μικρότερα  $\Delta V$  επιλέγουμε. Από τη σχέση

$$W = p_i \cdot V_h \text{ προκύπτει}$$

$$P_i = W / V_h$$

Για τον όγκο εμβολισμού μπορούμε να γραφτεί:

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

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

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

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

W=έργο αερίων

OT = Άνω Νεκρό Σημείο (ANΣ)

UT = Κάτω Νεκρό Σημείο (KNΣ)

V<sub>h</sub> = Εμβολισμός ενός κυλίνδρου

ΔV = Διαφορά όγκου

N = Αριθμός ογκομετρικών διαφορών ή αριθμός εμβολισμών

P<sub>a</sub> = Πίεση κατά τη διάρκεια εισαγωγής

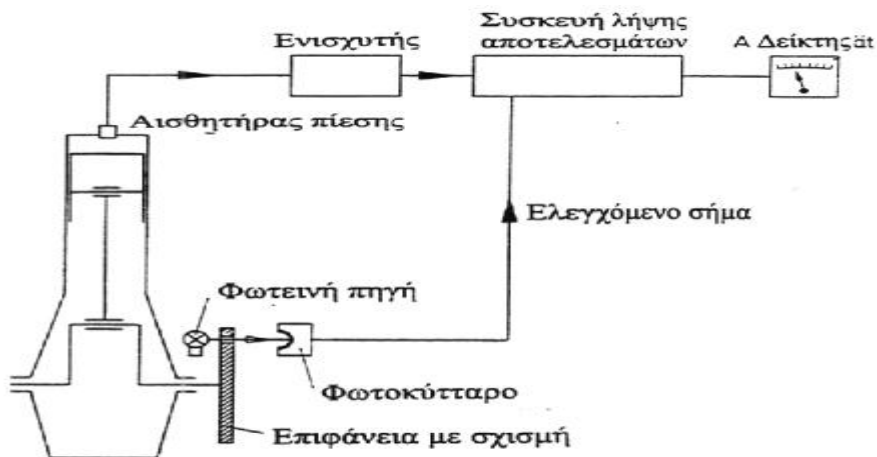
$P_k$  = πίεση κατά τη διάρκεια συμπίεσης  
 $P_e$  = πίεση κατά τη διάρκεια της εκτόνωσης  
 $P_u$  = πίεση κατά τη διάρκεια εξαγωγή  
 $K$  = από 1 έως  $n$  (πίνακας)

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 δεύτερου 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 σχισμή, που βρίσκεται στον στροφαλοφόρο άξονα. Η απόσταση της σχισμής επιλέγεται έτσι, ώστε οι στοιχειώδεις όγκοι κατά την μέτρηση να είναι όλοι ίδιοι. Στην μια πλευρά της σχισμής βρίσκεται ένα φωτεινό σήμα και στην άλλη ένα φωτοκύτταρο. Αυτός ο δότης πίεσης παράγει μέσα από έναν 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. 9 δίδεται η μεθοδολογία ενός τέτοιου Ρi-Μέτρου



Σχ. 9 Ρi-Μετρό

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Σκοπός του πειράματος αυτού είναι η τελική εξαγωγή των διαγραμμάτων πίεσης συναρτήσει του όγκου εμβολισμού και της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι η γωνία αυτή, καθώς το έμβολο παλινδρομεί μεταξύ του άνω νεκρού σημείου (Α.Ν.Σ.) και του κάτω νεκρού σημείου (Κ.Ν.Σ.) παίρνει τιμές από 0ο έως 360°. Δηλαδή όταν το έμβολο βρίσκεται στο (Α.Ν.Σ.) η γωνία στροφάλου παίρνει την τιμή 0ο και στο (Κ.Ν.Σ.) την τιμή 180°, συνεχίζοντας έτσι την πορεία του προς το (Α.Ν.Σ.) για να πάρει την αρχική του τιμή. Για την πραγματοποίηση λοιπόν των παραπάνω διαγραμμάτων θέτουμε σε λειτουργία έναν μονοκύλινδρο κινητήρα στον οποίο βρίσκεται εγκατεστημένος ο μηχανισμός μέτρησης της πίεσης, που με την βοήθεια ενός παλμογράφου το σήμα πίεσης μεταφράζεται σε ενδεικτικό διάγραμμα. Ο παλμογράφος αυτός φέρει ενσωματωμένο ενισχυτή (σειράς TE 28/3). Θέτοντας την μονάδα σε λειτουργία, γίνονται οι ακόλουθες ρυθμίσεις:

1. Συνδέουμε την εισαγωγή, υποδοχή (8) του σχ. 15<sup>α</sup> με την υποδοχή εξόδου του ενισχυτή (υποδοχή (8) του σχ. 17), χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο Νο.3
2. 2. Θέτουμε τον διακόπτη Νο30 στην θέση «X-Y EXT HOT»
3. 3. Θέτουμε τον διακόπτη Νο26 στην θέση «EXT»
4. Συνδέουμε την υποδοχή (23) του σχ. 15<sup>α</sup> στην υποδοχή «X OUT» χρησιμοποιώντας ένα άλλο καλώδιο Νο3.
5. Θέτουμε το εσωτερικό κομβίο του διακόπτη (17) στην θέση 2V
6. Θέτουμε το εξωτερικό κομβίο του διακόπτη (17) πλήρως προς τα δεξιά.
7. Θέτουμε τον διακόπτη (14) στην θέση CH1 ή CH2
8. Θέτουμε τον διακόπτη (19) στην θέση DC
9. Τον διακόπτη (20) μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε για την αντίστροφη του σήματος εξόδου του ενισχυτή, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο κανάλι 2 του παλμογράφου.
10. Συνδέουμε τον ενισχυτή με τον μετατροπέα πίεσης χρησιμοποιώντας τους αγωγούς 1,2<sup>α</sup> και 2b όπως φαίνεται στο σχήμα 16<sup>α</sup>.
11. Ανοίγουμε την μονάδα και η μηχανή τίθεται σε λειτουργία.

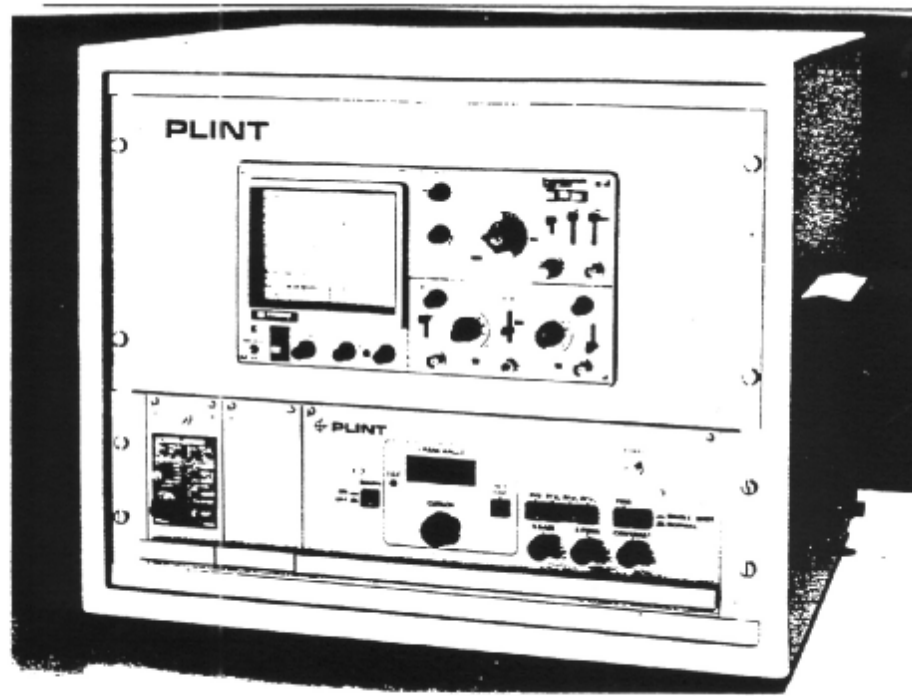
Για την εμφάνιση όσο το δυνατόν πιο ακριβέστερων διαγραμμάτων γίνονται οι ακόλουθες ρυθμίσεις:

1. Ο διακόπτης «X GAIN» επιτρέπει στον άξονα χ να αυξομειώνονται

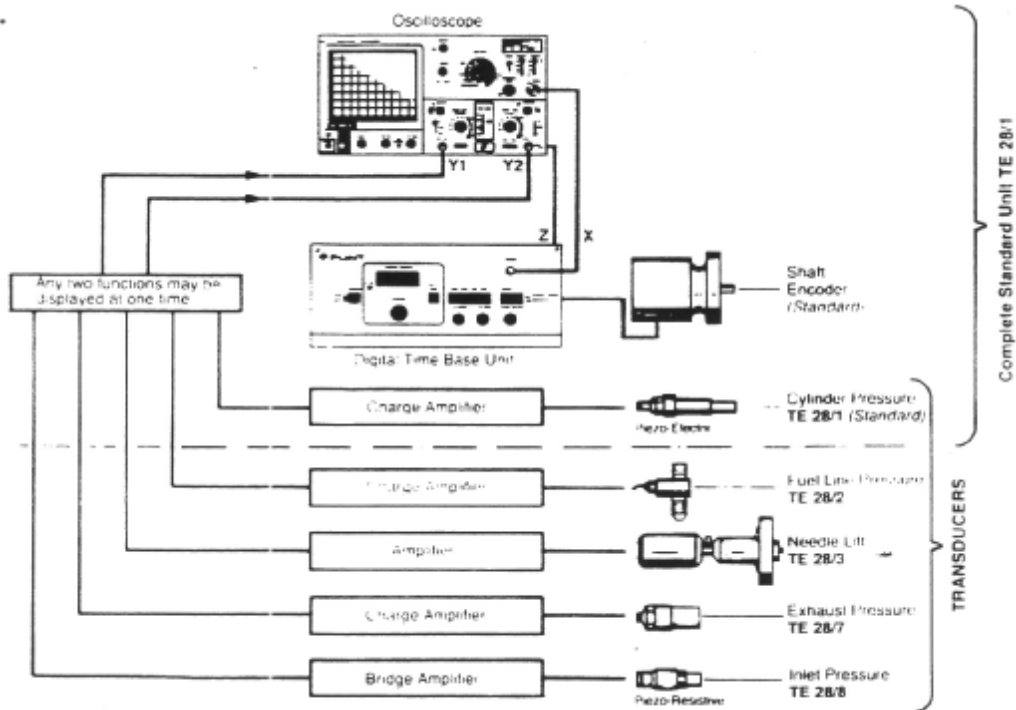
2. Οι διακόπτες P/V, P/V2, P/V3 παράγουν διαγράμματα P/V που υπολογίζονται σε σχέση με τρεις διαφορετικούς λόγους L/R όπου : L είναι το μήκος του διωστήρα και R η ακτίνα του στροφάλου.
3. Ο διακόπτης P/Θ δίδει το διάγραμμα πίεσης γωνίας στροφάλου.

#### **ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΓΙΑ ΛΗΨΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

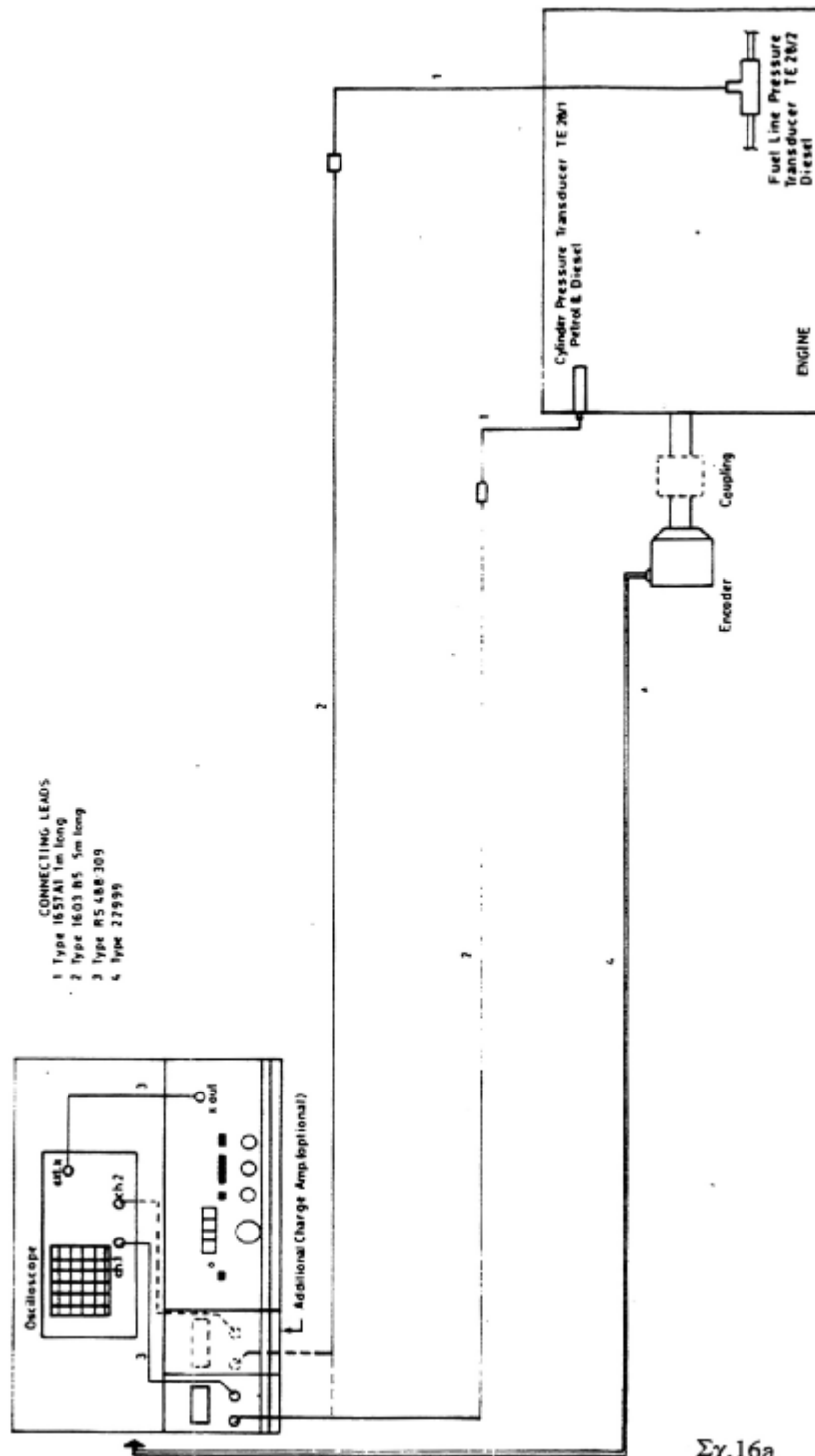
1. Εφαρμόζεται το ορθογωνικό μεταλλικό πλαίσιο της κάμερας στο περίβλημα της οθόνης του παλμογράφου. Το πλαίσιο είναι στερεωμένο με έναν φωτεινό μεταλλικοί δίσκο και με έναν κοχλία στερέωσης.
2. Η κάμερα εφαρμόζει εύκολα πάνω στην οθόνη του παλμογράφου μέσω των δυο πείρων.
3. Τοποθετείται το φιλμ μέσα στην κάμερα.
4. Για λήψη φωτογραφίας τίθεται η κάμερα στις θέσεις f8 και B. Πιέζεται ο ρυθμιστής του διαφράγματος της κάμερας και το «TRIG» μια φορά. Ελευθερώνεται το διάφραγμα και ανασύρεται το φιλμ.



Σχ. 10 Ενδείκτης πολλαπλών σκοπών TE 28/1

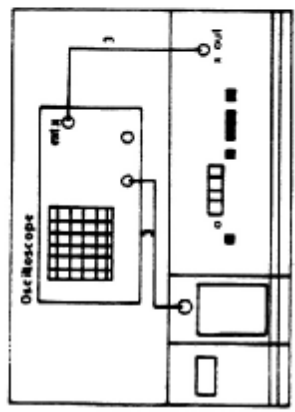


Σχ. 11 Σχηματική διευθέτηση ενδείκτη



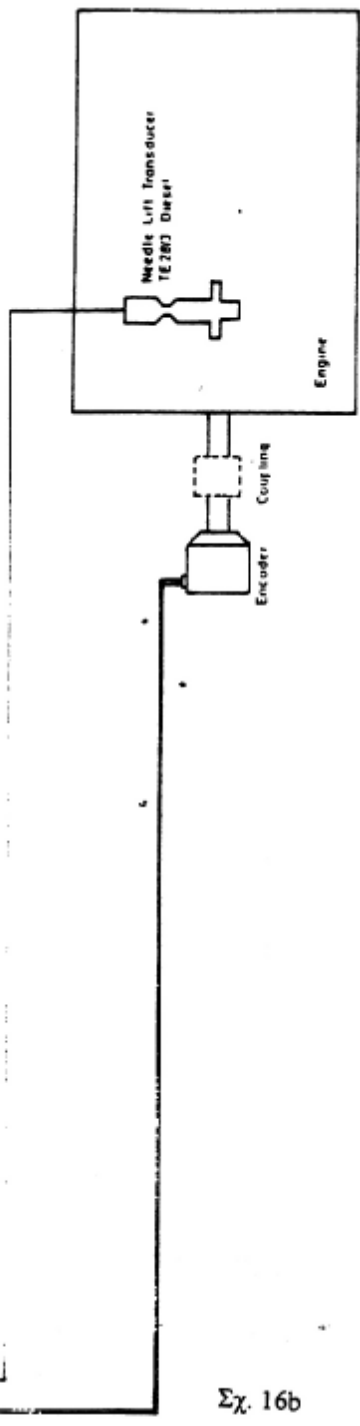
Σχ.16a



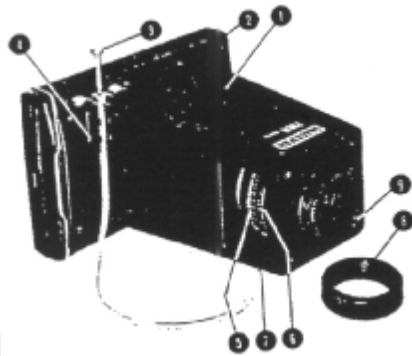


- CONNECTING LEADS
- 3 Type RS 400 309
  - 4 Type 22009
  - 5 Type 42766

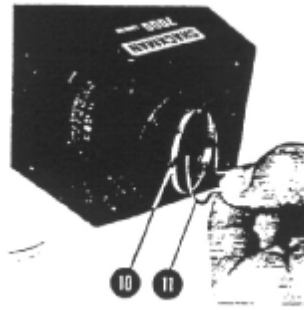
Connected through rear panel



Σχ. 16b



1. Camera Body
2. 161 Film Back
3. Shutter Release Cable
4. Retaining Clip
5. Shutter Setting Ring
6. Aperture Control
7. Shutter Release Socket
8. Locking Ring for hood and spacer bodies
9. Locking Pin
10. Corrector Lens
11. Retaining Clip

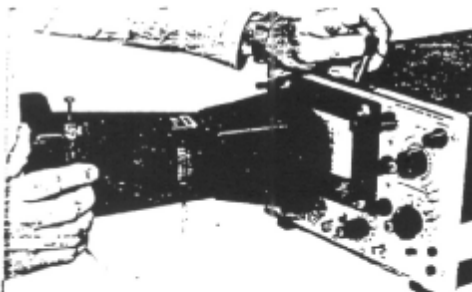


With hoods and spacer bodies (Type 600 and 625) a corrector lens and clip are supplied to correct focus and magnification on larger screens (10 x 13 cm).  
 Un objectif correcteur et une bride sont fournis avec les capots et les entretoises (type 600 et 625) pour régler le mise au point et l'agrandissement sur les grands écrans (10 x 13cm).

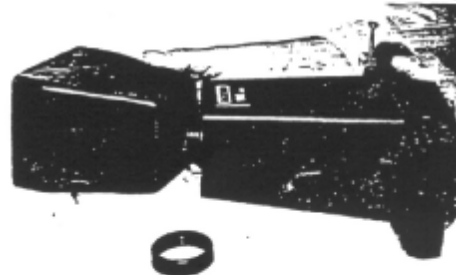
Mit Häuben und Distanzgehäusen (Type 600 und 625) werden eine Korrekturlinse und eine Klamme geliefert, die die richtige Schärfenstellung und Vergrößerung auf größeren Bildschirmen (10 x 13 cm) ermöglichen.



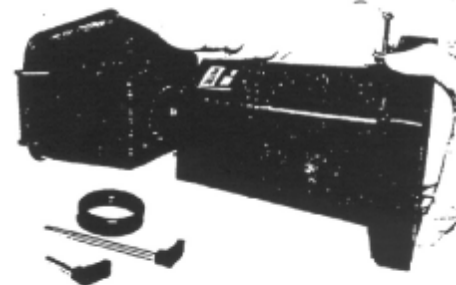
Holding camera and hood in position over oscilloscope bezel during exposure.  
 Appareil et capot retenus en place sur le biseau d'oscilloscope lors de l'exposition.  
 Kamera und Häube während der Belichtung über die Oszilloskopblende in Position halten.



Using spacer body hinged to Shackman oscilloscope adaptor.  
 Emploi de l'entretoise pivotant devant l'adaptateur d'oscilloscope Shackman.  
 Verwendung des Distanzgehäuses, das mit einem Schieber am Shackman Oszilloskopadapter befestigt ist.

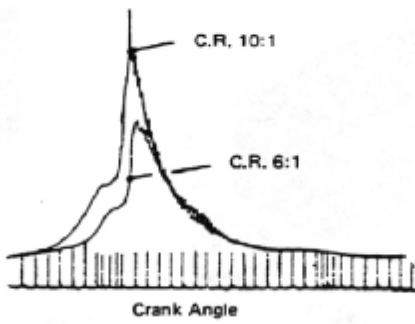


Fitting hood to Model 7000 Camera.  
 Pose du capot sur l'appareil modèle 7000.  
 Befestigen der Häube an Kamera-Modell 7000.

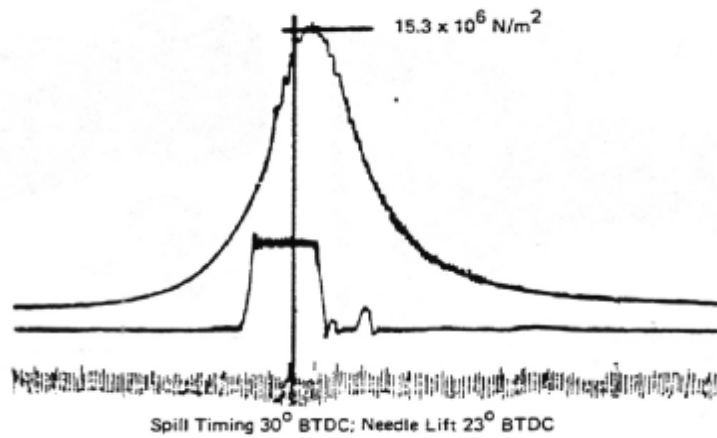
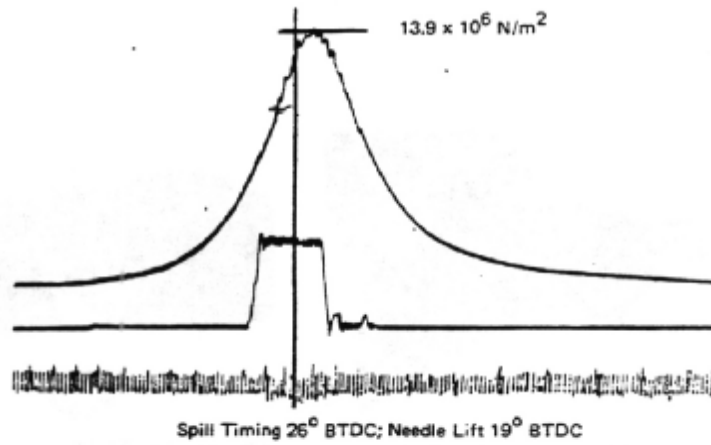


Fitting spacer body to Model 7000 Camera.  
 Pose de l'entretoise sur l'appareil modèle 7000.  
 Befestigen des Distanzgehäuses an Kamera-Modell 7000.

## SHACKMAN 7000 OSCILLOSCOPE CAMERA



Ενδεικτικό διάγραμμα σε δύο διαφορετικούς λόγους συμπίεσης



Ενδεικτικό διάγραμμα Diesel κινητήρα  
σε δύο διαφορετικές πιέσεις λειτουργίας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

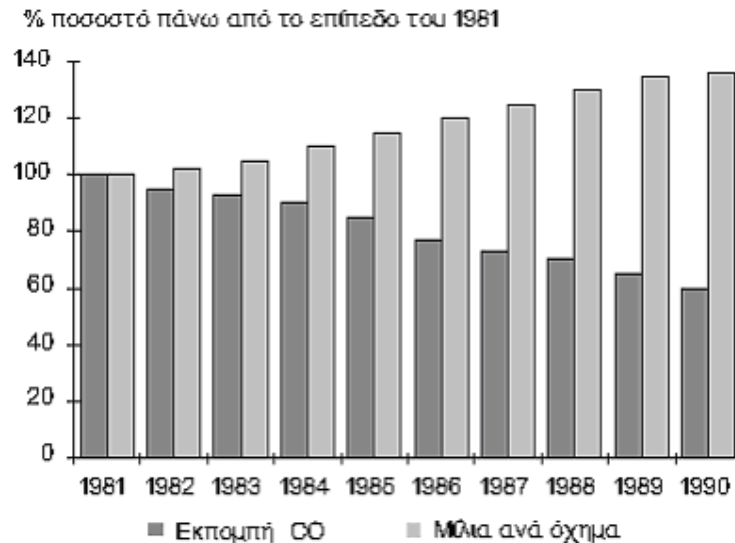
### Εισαγωγή

---

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 CO<sub>2</sub> 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 )

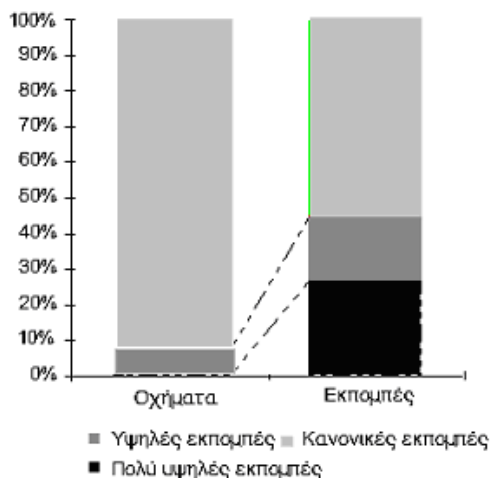
Η συνολική εκπομπή ρύπων έχει μειωθεί κατά 40 %. Αυτό βασικά οφείλεται στον καταλυτικό μετατροπέα ( καταλύτη ). Ξεκίνησε και εφαρμόστηκε νομοθετικά στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. και κατόπιν ακολούθησαν και οι υπόλοιπες χώρες του κόσμου.

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

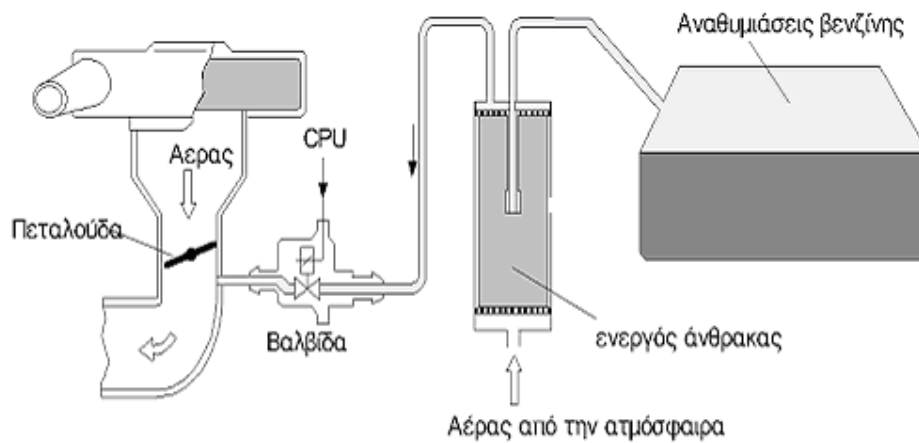
Ποσοστό ρύπων που εκπέμπονται ως λειτουργία των επιπέδων εκπομπών των αυτοκινήτων

## 5.1 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

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

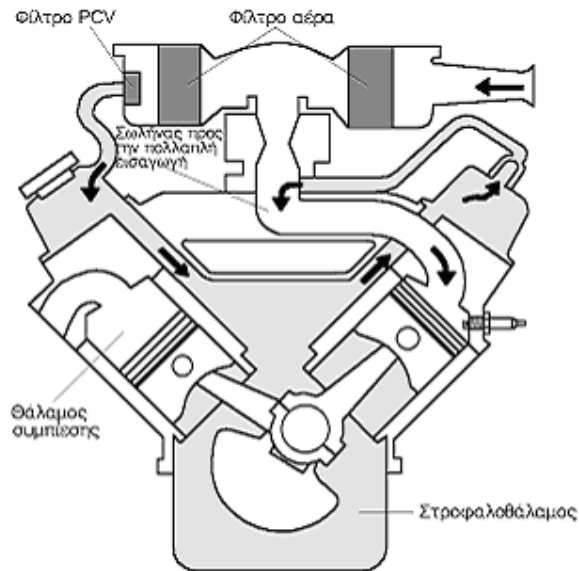
Υπολογίζεται ότι περίπου το 20% των άκαυστων υδρογονανθράκων που ένα αυτοκίνητο εκπέμπει στην ατμόσφαιρα στην πραγματικότητα προέρχεται από την εξαέρωση της βενζίνης μέσα στη δεξαμενή καυσίμου και το καρμπυρατέρ. Για να εμποδίσουμε αυτές τις εκπομπές όταν το όχημα βρίσκεται σε στάση, η δεξαμενή καυσίμου 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)

### 5.1.2. 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

### 5.1.3. Καυσαέρια εξάτμισης

Τα καυσαέρια εξάτμισης είναι 100% υπεύθυνα για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) 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

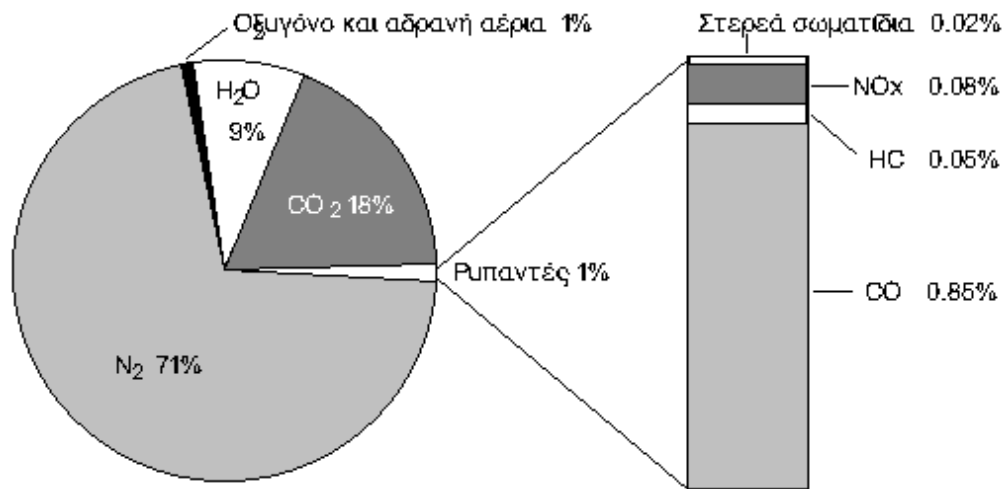
---

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, απώτερος 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 ( $\text{CO}_2$ ) και νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ). 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**

**Σύσταση καυσαερίων βενζινομηχανής**

#### 5.1.4 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 εισαγάγοντας 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

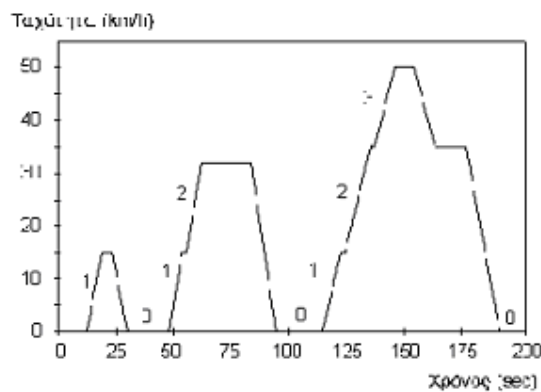
**Πίνακας 2**

Ημερομηνία εφαρμογής	CO g/km	HC+NOx g/km
Νέα μοντέλα	Υποχρεωτική 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.

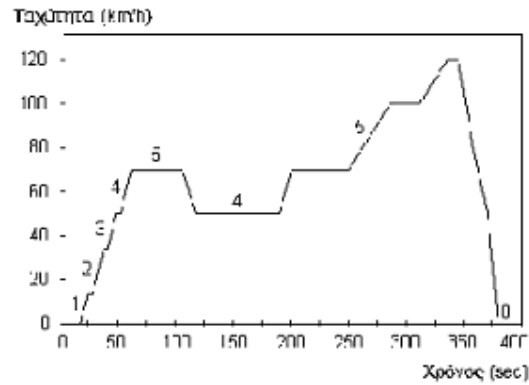


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4

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.



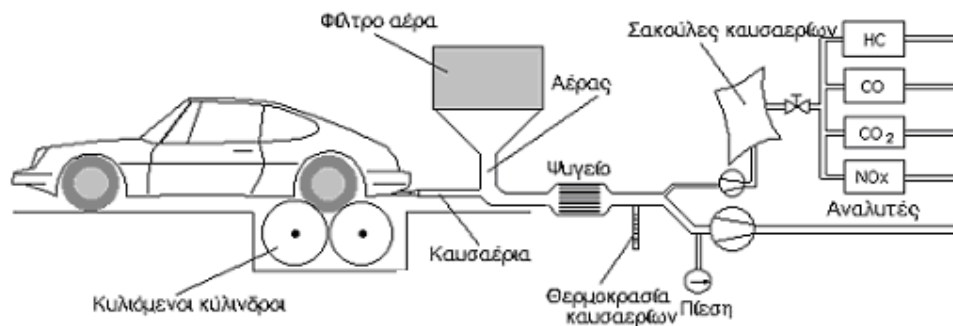
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5**

Τεστ οδήγησης ΕΟΚ εκτός πάλεως

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

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

## **5.2 Σύσταση καυσαερίων**

---

### **5.2.1. Μη τοξικά αέρια**

#### **5.2.2 Άζωτο (N<sub>2</sub>)**

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<sub>x</sub>), εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατεί μέσα στο θάλαμο καύσεως.

#### **5.2.3 Οξυγόνο (O<sub>2</sub>)**

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.

#### **5.2.4 Υδρατμοί (H<sub>2</sub>O)**

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<sub>2</sub>)**

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**

---

#### **5.2.6 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  $NO$ ,  $NO_2$  (οξειδία του αζώτου)
- από πρόσθετες ουσίες στα καύσιμα (οξειδία του μολύβδου κλπ.)
- από ακαθαρσίες στα καύσιμα (οξειδία του θείου)

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

- οργανικά υπεροξείδια
- όζον κλπ.
- Υπεροξείδια, 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 ( $N_x$ ) 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 οξείδια 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 εξαιτίσεις μηχανών.

### 5.2.7 Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

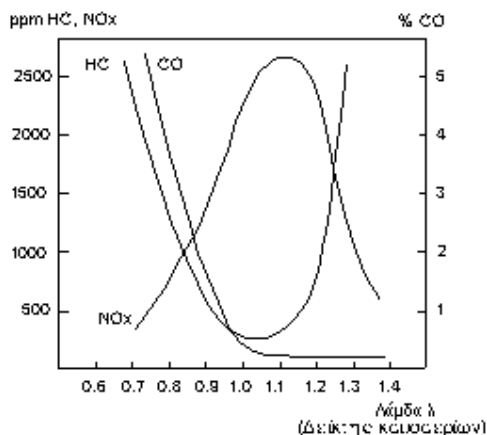
Σαν άκαυστους υδρογονάνθρακες, θα πρέπει επίσης να θεωρήσουμε και εκείνους τους υδρογονάνθρακες που καίγονται μερικώς, όπως τα παράγωγα από τη διαδικασία θερμικής διάσπασης. Κανονικά οι υδρογονάνθρακες έχουν τη δική τους ιδιαίτερη οσμή. Με την παρουσία οξειδίων του αζώτου και ηλιακού φωτός σχηματίζουν 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.

### 5.2.8 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

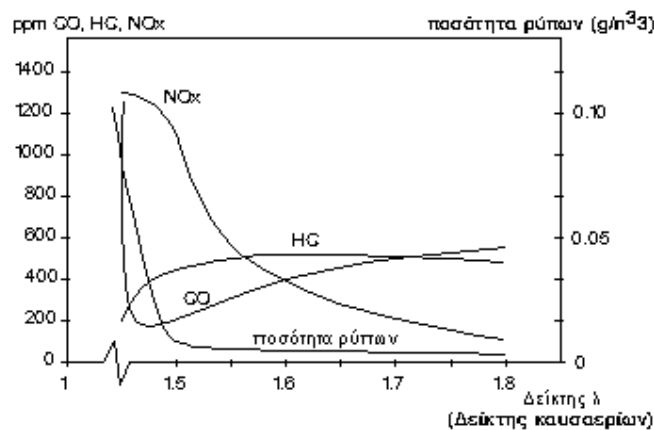
Αυτό το αέριο δημιουργείται από υπερβολική ποσότητα βενζίνης στο μίγμα. Όταν το μίγμα γίνει πολύ πλούσιο, δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να σχηματίσει  $\text{CO}_2$ , οπότε σχηματίζεται  $\text{CO}$ , το οποίο απαιτεί λιγότερο οξυγόνο. Συγκεκριμένα στις πετρελαιομηχανές που λειτουργούν πάντα με φτωχό μίγμα, το ποσό του  $\text{CO}$  στα καυσαερία τους είναι αμελητέο. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 το  $\text{CO}$  εθεωρείτο κυρίαρχο πρόβλημα και ήταν η πρώτη ρυπογόνος ουσία που η εκπομπή της ρυθμίστηκε από σχετική νομοθεσία της ΕΟΚ.

### 5.2.9 Οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ )

Το μονοξείδιο του αζώτου είναι επίσης άχρωμο, άοσμο και άορατο. Με την παρουσία του οξυγόνου στον αέρα γρήγορα μεταβάλλεται σε διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) 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  $\text{NO}_x$  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.

### 5.2.10 Στερεά σωματίδια

Η ατελής καύση δημιουργεί στερεά σωματίδια με τη μορφή στάχτης και καπνιάς (αθάλης). 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.

### **5.3 Λήπτης λάμδα λ**

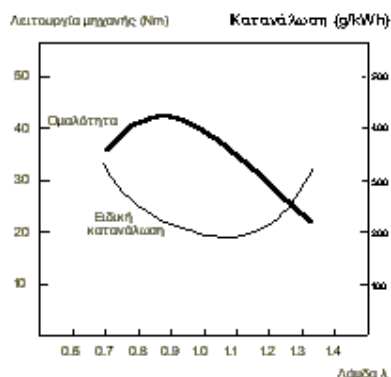
Ανάλογα με τον τεχνολογικό κλάδο στον οποίο αναφερόμαστε, αυτό το γράμμα έχει διαφορετική έννοια, αν και στην επιστημονική ορολογία είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται το ελληνικό αλφάβητο για να αποδοθούν παράμετροι, μεταβλητές και μεγέθη. Στην τεχνολογία του αυτοκινήτου το  $\Lambda$  χρησιμοποιείται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

#### **5.3.1 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.

#### 5.3.2 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.

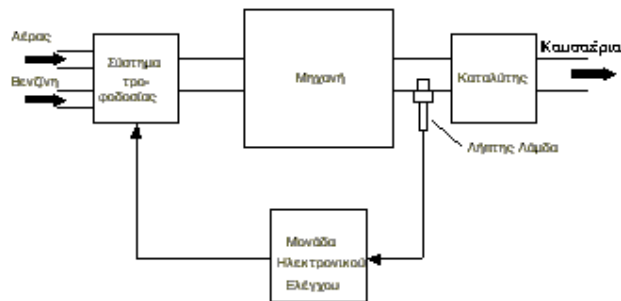
ΠΙΝΑΚΑΣ 4

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).

### 5.3.3 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.



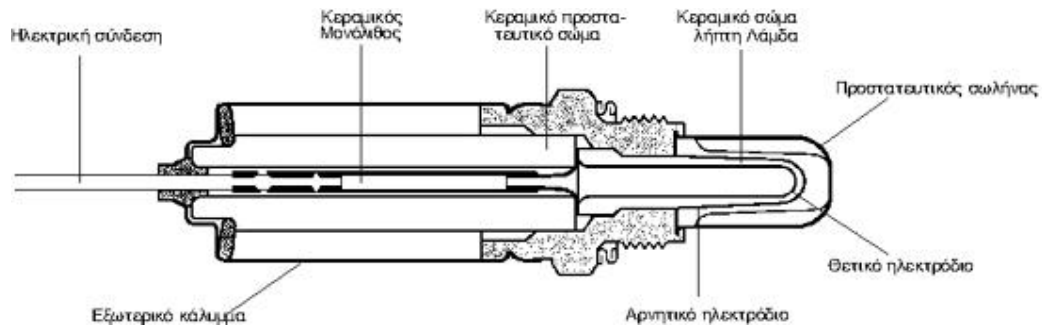
Σχ.4 Λειτουργία κλειστού συστήματος ρύθμισης (με λήπτη λάμδα)

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.

### 5.3.4. 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 (οξειδίο 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.

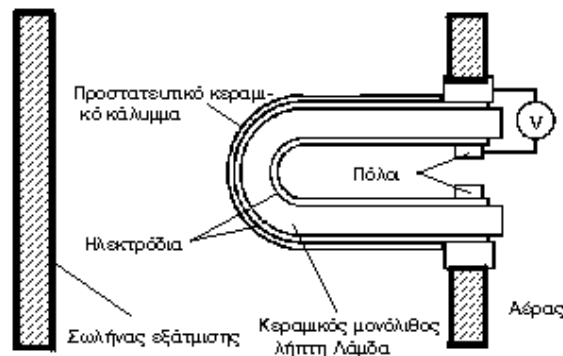


**Σχ.5 Τμήμα λήπτη λάμδα BOSCH**

Σε θερμοκρασία άνω των  $300^{\circ}C$  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.

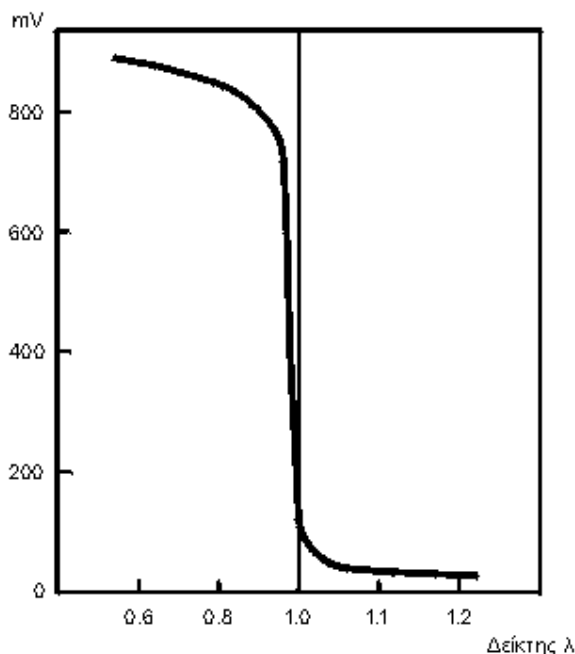
Η αναλογία του υπόλοιπου οξυγόνου εξαρτάται άμεσα από το μίγμα αέρα/καυσίμου που μπαίνει μέσα στη μηχανή, δηλαδή από το λόγο λάμδα με τον οποίο λειτουργεί. Αυτή η σχέση φανερώνει ότι είναι δυνατό, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχει ο λήπτης λάμδα, να ελέγξουμε τη σχέση του αέρα με το καύσιμο.



**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.

#### **5.3.5 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 κατάστασή του ανάλογα με τη σύσταση των καυσαερίων καθενός από τους κυλίνδρους.

#### **5.3.6 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 ληπτών 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.

### **5.3.7 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 θα 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 προγραμματισμένη χρονικής διάρκειας διόρθωση (π.χ. μετατροπής του μίγματος σε φτωχότερο), ο λήπτης λάμδα δεν αντιληφθεί 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.

### 5.3.8 Μέθοδοι ρύθμισης του Λήπτη Λάμδα

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

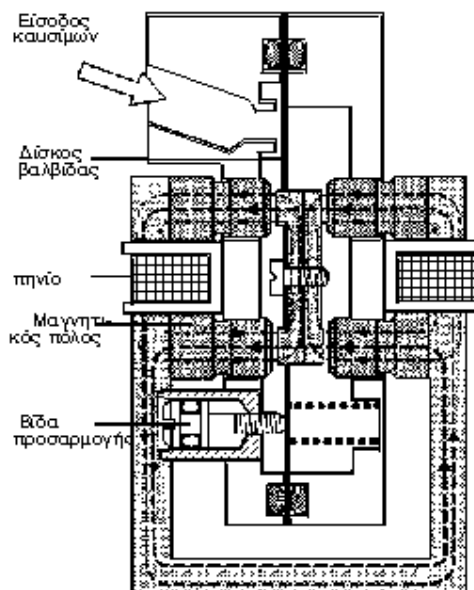
- ηλεκτρονικό καρμπυρατέρ
- μηχανοηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού
- ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού

### 5.3.9 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.

### 5.3.10 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

### 5.3.11 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.

## 5.4 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.

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



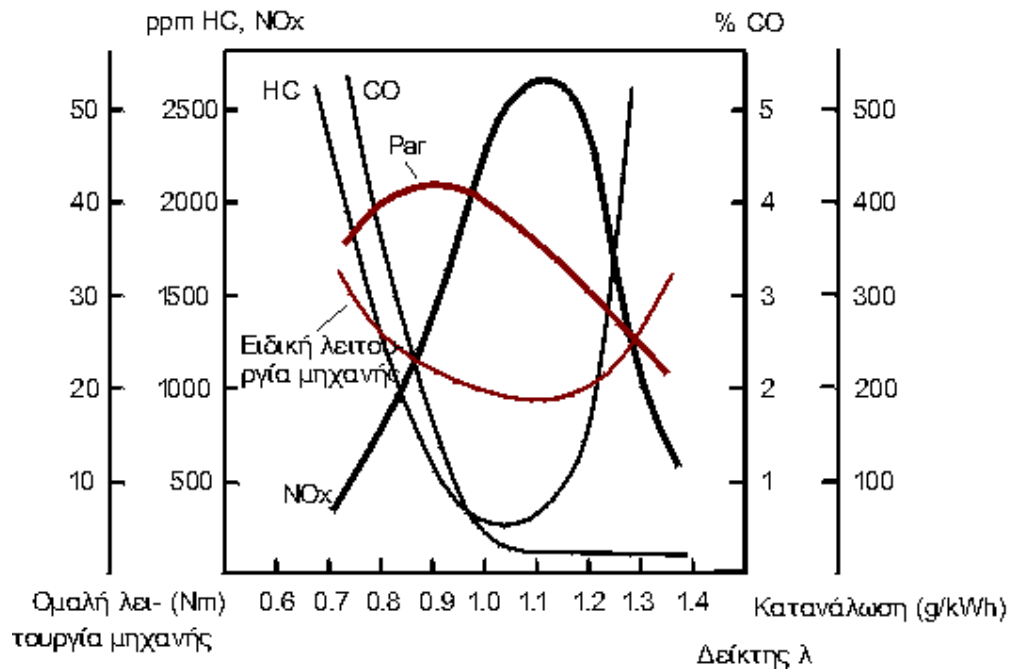
	<p>τοξικών υδρογονανθράκων</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Παράγεται από ανανεώσιμες πηγές</li> <li>• Εξαιρετικό καύσιμο, ειδικά για εταιρείες με πολλά οχήματα</li> </ul>	
Αναγεννημέ-νη βενζίνη	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε σύγχρονο όχημα, χωρίς να απαιτούνται τροποποιήσεις</li> <li>• Χαμηλή παραγωγή τοξικών υδρογονανθράκων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λίγο ακριβότερο από τη βενζίνη σήμερα</li> </ul>

#### 5.4.2 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.

#### 5.4.3 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 CO<sub>2</sub>, αλλά και οι υψηλότερες εκπομπές NO<sub>x</sub>. 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 λ 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 λ 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.

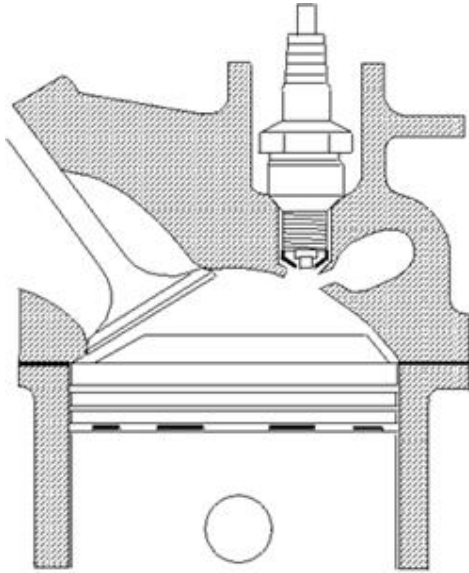
**5.4.4 Προετοιμασία του μίγματος**

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.

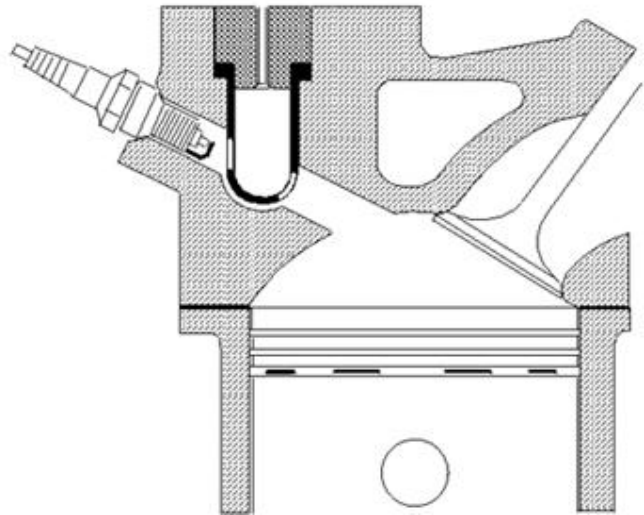
Κάποιοι κατασκευαστές, π.χ. η TOYOTA, έχουν αφιερώσει πολλή προσπάθεια σε αυτόν τον τομέα (βλ. διάγραμμα 4.2) και έχουν επιτύχει ένα σχεδιασμό θαλάμου καύσεως, με σωστά τοποθετημένη θέση του μπουζί ο οποίος δημιουργεί μεγαλύτερο στροβιλισμό του μίγματος μέσα στο θάλαμο καύσης και την καλύτερη ομοιογενοποίηση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

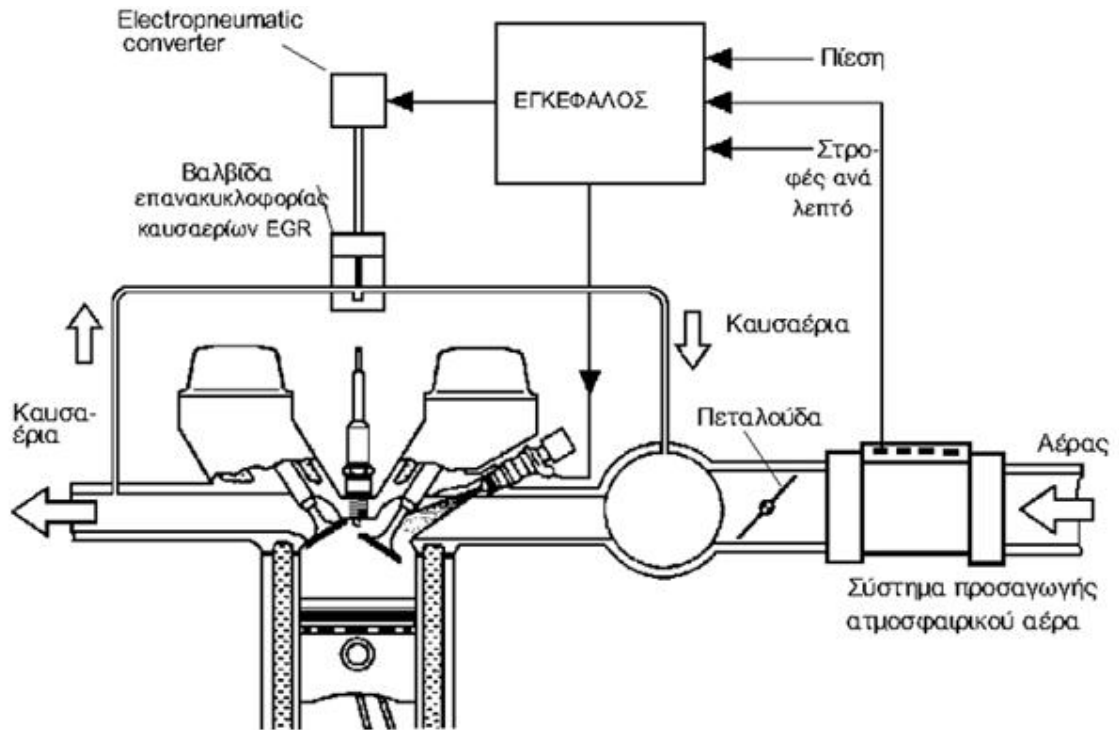
#### 5.4.5 Ομοιόμορφη διανομή μίγματος

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.

#### 5.4.6 Σύστημα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων

Τα καυσαέρια είναι δυνατό να επανεισαχθούν 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.



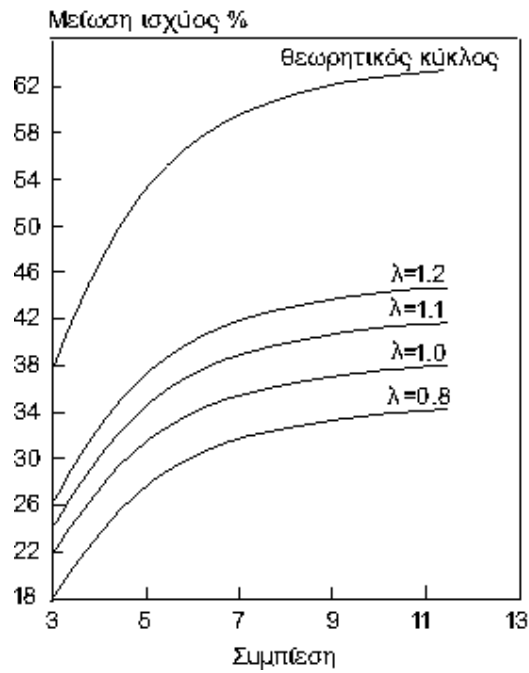
**Σχ.10 Σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων**

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.

#### **5.4.7 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)..



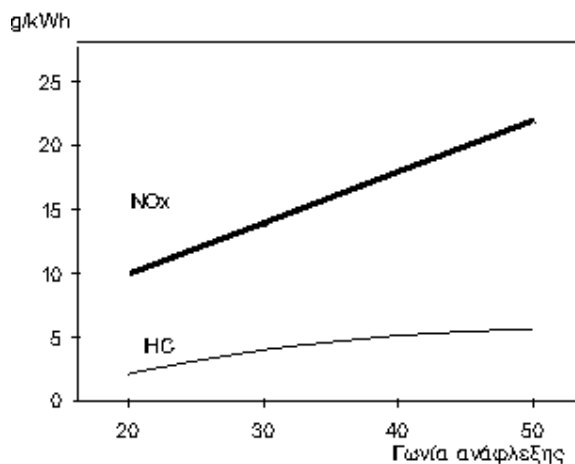
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11**

**Επίδραση του λόγου συμπίεσης στην απόδοση της μηχανής**

**5.4.8 Λόγος συμπίεσης**

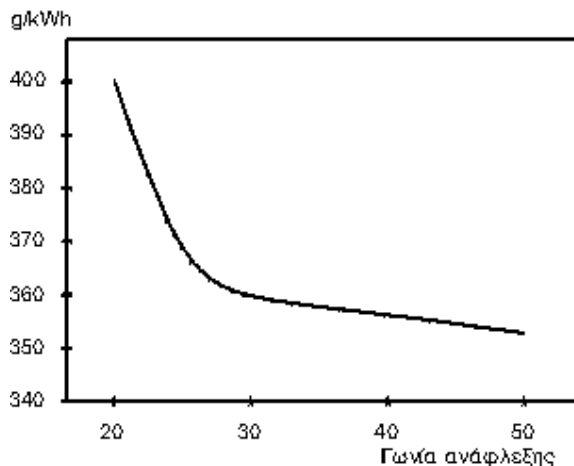
Ένας υψηλός λόγος συμπίεσης συμβάλλει στην καλύτερη απόδοση του αυτοκινήτου, πράγμα που σημαίνει ανάπτυξη μεγαλύτερης ισχύος και μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμων. Ωστόσο οι μέγιστες θερμοκρασίες καύσης θα ανέβαιναν δραματικά, και μαζί τους και οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου.

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**

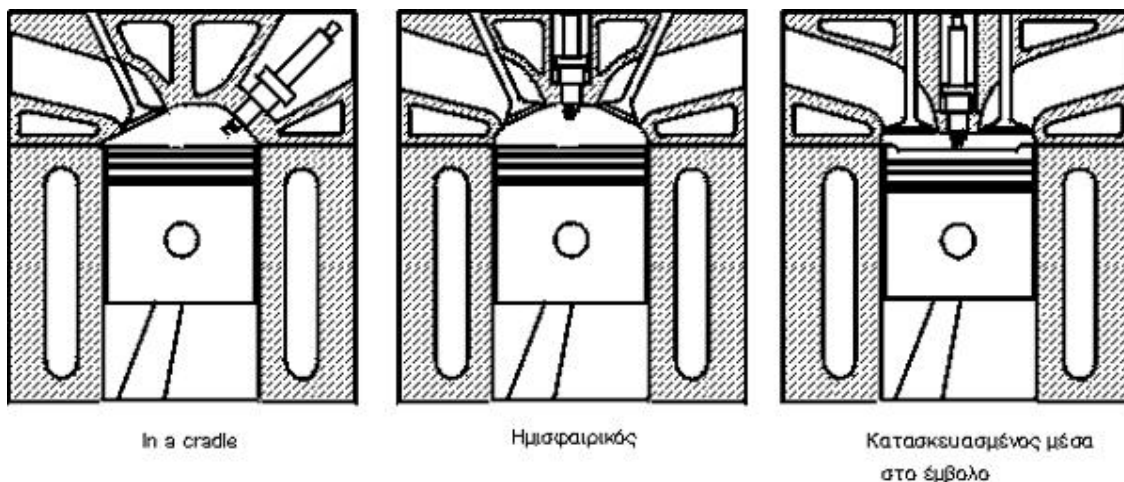


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13**

**Επίδραση της γωνίας ανάφλεξης στην ειδική κατανάλωση καυσίμων**

**5.4.9 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**

**5.4.10 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.

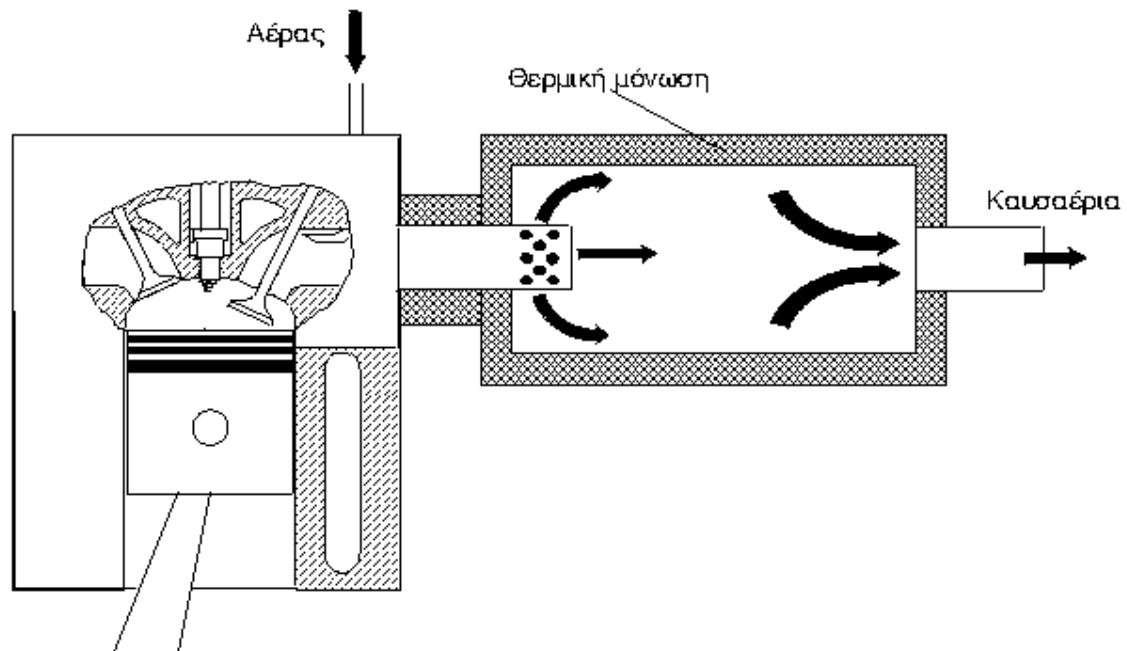
Μέσω της οξείδωσης στον αέρα, το CO και οι HC μπορούν απλά να μετατραπούν σε έναν αβλαβή συνδυασμό CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Η εξάλειψη των οξειδίων του αζώτου είναι επίσης δυνατή χάρη μια αντίδρασή τους με το O• . Αυτές οι χημικές αντιδράσεις

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

#### 5.4.11 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 καυσαέρια 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 NOx.

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.

#### 5.4.12 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).

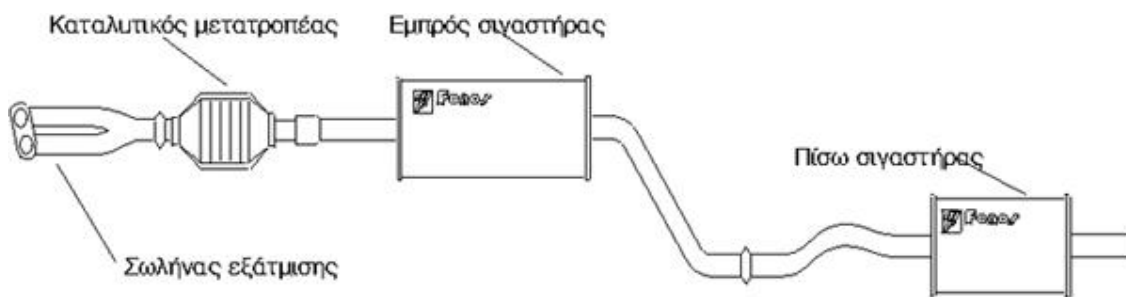
Στην περίπτωση των αυτοκινήτων, τα μέταλλα που ευθύνονται για την καταλυτική μετατροπή των καυσαερίων βρίσκονται σε ένα μεταλλικό κουτί που μοιάζει πολύ με σιγαστήρα εξάτμισης και είναι τοποθετημένο κοντά στη μηχανή για να διατηρεί υψηλή θερμοκρασία. Αυτό το εξάρτημα ονομάζεται καταλύτης ή καταλυτικός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

## **5.5 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.

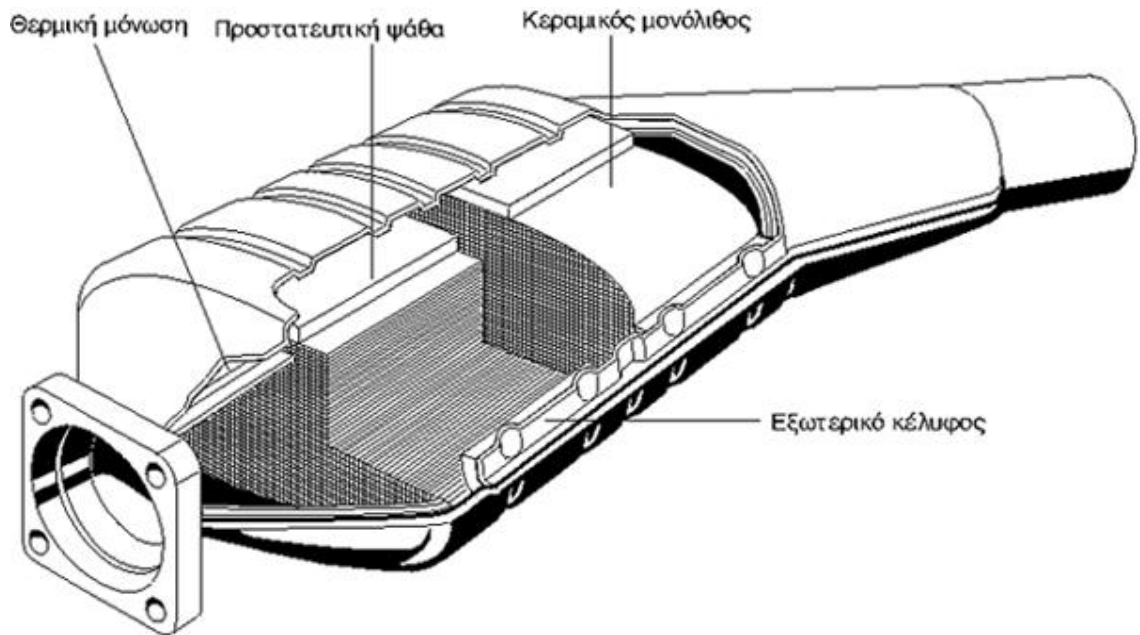


**Σχ.13 Θέση του καταλυτικού μετατροπέα μέσα στο σύστημα εξάτμισης**

### **5.5.1 Τα μέρη του καταλυτικού μετατροπέα**

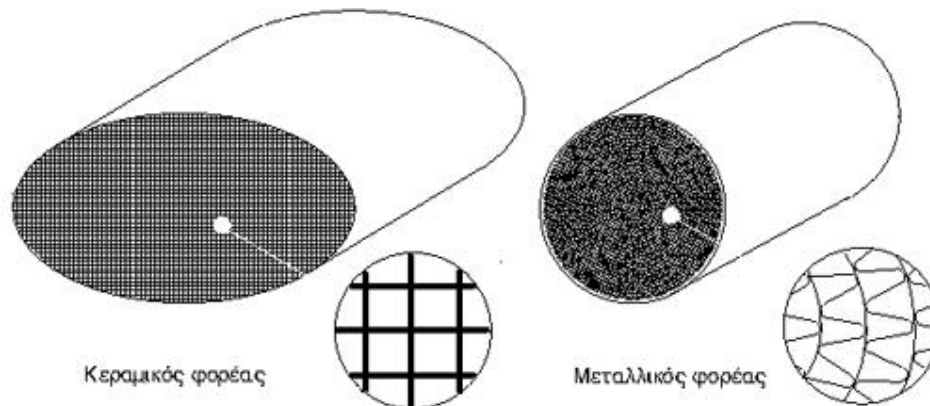
Για να πραγματοποιηθούν γρήγορα και αποτελεσματικά οι χημικές αντιδράσεις, που μειώνουν τους ρυπαντές, πρέπει τα καυσαέρια να έρχονται σε επαφή με τα πολύτιμα μέταλλα που επιταχύνουν τις αντιδράσεις για χρονικό διάστημα αρκετό για να ολοκληρωθεί η χημική αντίδραση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, 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

### 5.5.2 Κεραμικός φορέας



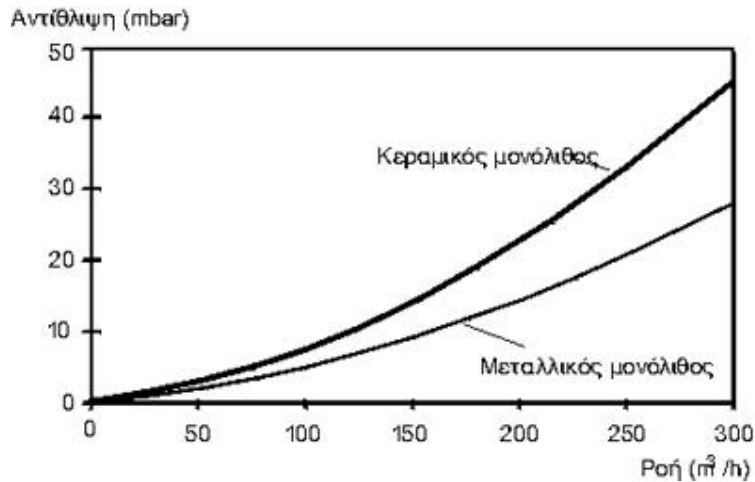
Σχ.15

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.

### 5.5.3 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.

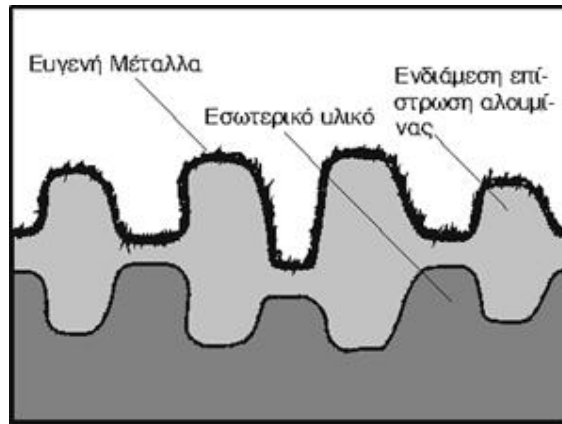


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14**

### 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**

**5.5.4 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.

**5.5.5 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.

**5.5.6 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.

### 5.5.7 Τύποι καταλυτικών μετατροπέων

Μπορούμε να διαχωρίσουμε τους καταλυτικούς μετατροπείς σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : διοδικούς καταλύτες, αρρυθμιστους 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 αρρυθμιστους τριοδικούς σε αυτοκίνητα από τις ΗΠΑ.

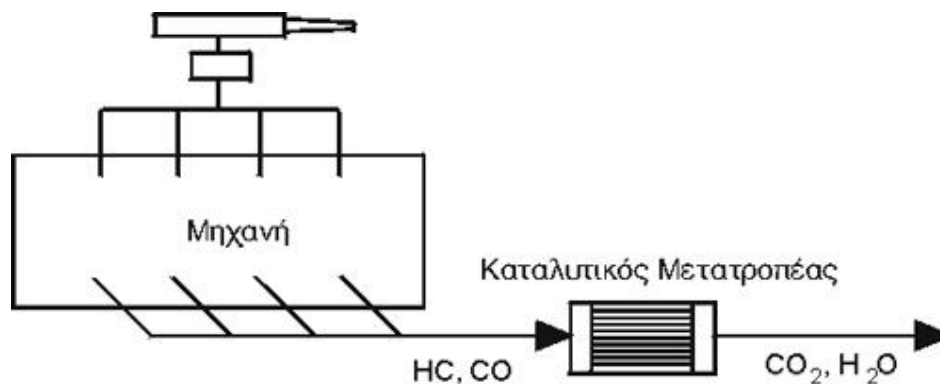
Πρέπει να διευκρινισθεί η έννοια του όρου “οδός” σε έναν καταλυτικό μετατροπέα. Δε σημαίνει ότι τα καυσαέρια έρχονται από δύο ή τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις, ούτε ότι υπάρχουν δύο ή τρεις κεραμικοί μονόλιθοι, αλλά δηλώνει τον αριθμό ρυπαντών, που μπορεί ο καταλύτης να μετατρέψει. Έτσι, ένας διοδικός 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 αλουμίνιας που χρησιμοποιούν, καθώς και το είδος ευγενούς μετάλλου που χρησιμοποιείται ως καταλύτης.

### 5.5.8 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.

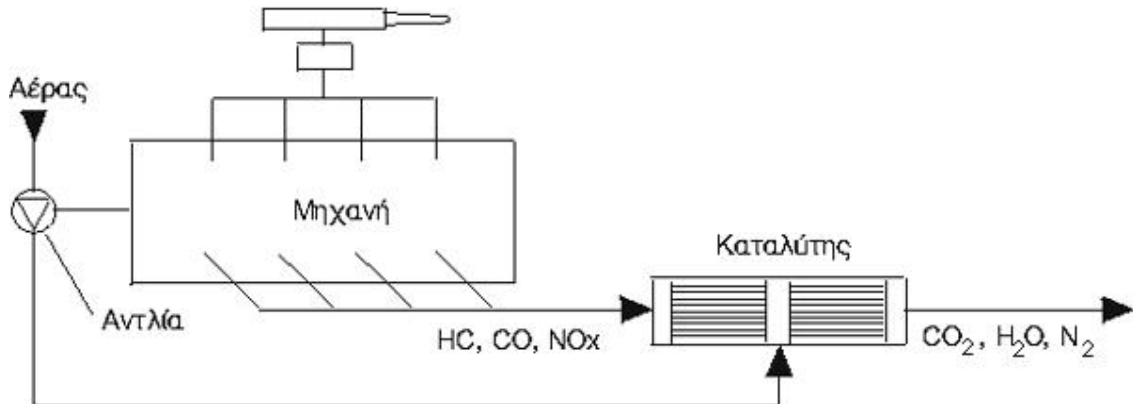


Σχ.16 Διοδικός καταλύτης

### 5.5.9 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.

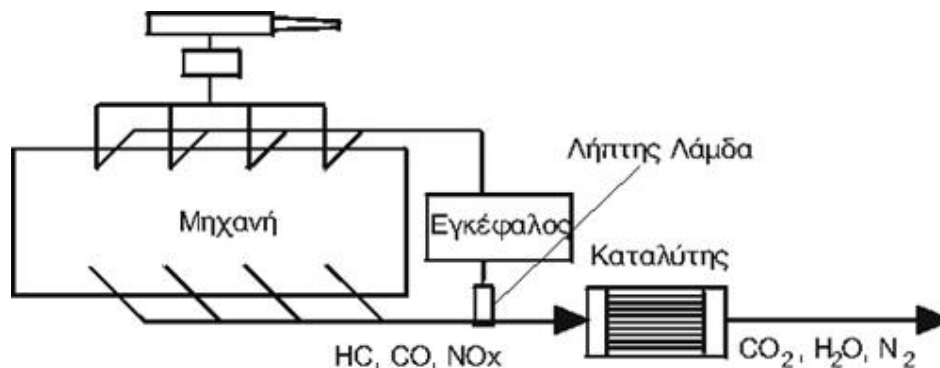


Σχ.17 Τριοδικός καταλύτης ανοικτού συστήματος ρύθμισης

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.

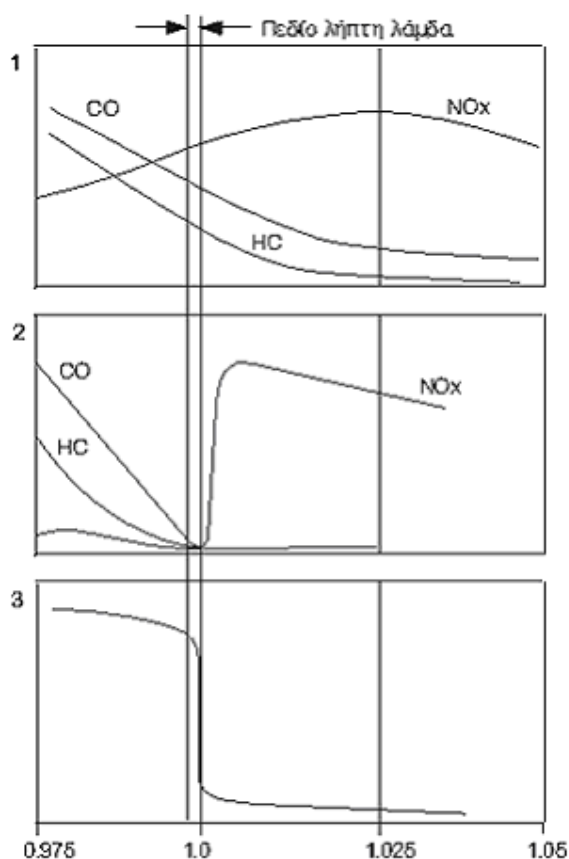
### 5.5.10 Ρυθμιζόμενοι τριοδικοί καταλύτες

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

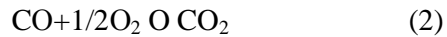
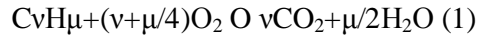
- 1: Εκπομπές πριν την κατάλυση
- 2: Εκπομπές μετά την κατάλυση
- 3: Μηνύματα λήπτη λάμδα

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 (οξείδωση του CO, οξείδωση των HC και αναγωγή των NOx) πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και πολύ αποτελεσματικά.

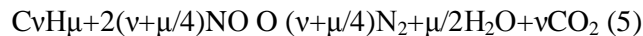
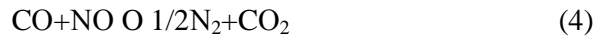
Εάν το μίγμα γίνει φτωχότερο και ο λόγος λάμδα αυξηθεί σε βαθμό να ξεπεράσει τα όρια του “πεδίου λάμδα” της βέλτιστης περιοχής λειτουργίας του τριοδικού καταλύτη, η ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια θα εμποδίσει την πραγματοποίηση της αναγωγικής αντίδρασης και οι εκπομπές NOx θα αυξηθούν ραγδαία. Όμοια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

### 5.5.11 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 (H<sub>2</sub>) αντιδρούν ταχύτατα.



Αυτές είναι οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στους οξειδωτικούς καταλύτες και μέσα από αυτές πετυχαίνουμε δραστηκή 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 (NO<sub>x</sub>).



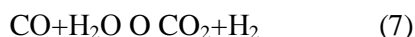
Οι αντιδράσεις (2) και (4) είναι οι κύριες αντιδράσεις που πραγματοποιούνται σε έναν τριοδικό καταλύτη για να αφαιρεθούν το CO και οι HC. Σε έναν καταλύτη ανοικτού συστήματος ρύθμισης (αρρυθμιστο τριοδικό) συμβαίνουν διαδοχικά, ενώ σε ένα καταλύτη κλειστού συστήματος ρύθμισης (ρυθμιζόμενο τριοδικό) συμβαίνουν 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 οξειδώνουν 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 οξείδωσης.

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 σχηματίζουν άλλες ανεπιθύμητες ουσίες.



Αυτό το πρόβλημα της “δευτερεύουσας ρύπανσης” έχει γίνει αντικείμενο ευρείας εξέτασης στις ΗΠΑ, όπου οι καταλυτικοί μετατροπείς 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 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) εξαιτίας της διαπεραστικής του οσμής χαλασμένων αυγών.

## **5.6 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 λειώσει ο κεραμικός μονόλιθος.

Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα

---

### 5.6.1 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 γλμ. 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

### 5.6.2 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 δηλητηριάζεται 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.

### **5.6.3 Βουλώμα**

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.

### **5.6.4 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.

### **5.6.5 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.

## **5.7 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.

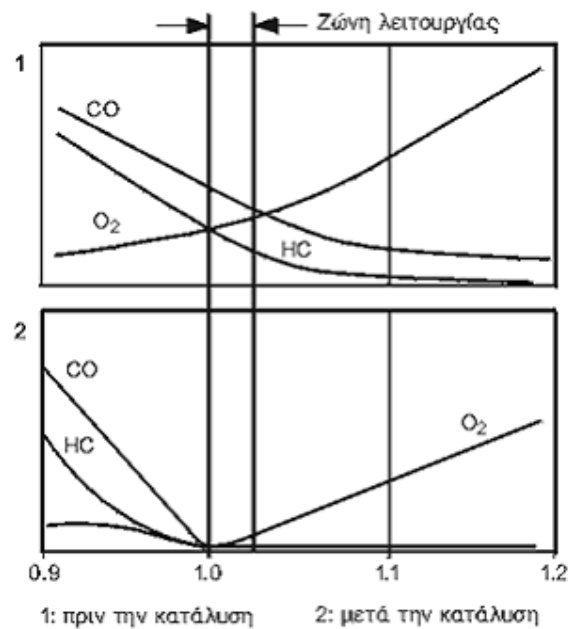
Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν αναλυτή καυσαερίων για να μετρήσουμε τις τιμές τεσσάρων αερίων : CO, CO<sub>2</sub>, HC και O<sub>2</sub>. Χρειαζόμαστε επίσης μια σχετικά ακριβή ένδειξη του λόγου λάμδα. Ως εναλλακτική λύση για τον αναλυτή καυσαερίων υπάρχουν άλλες συσκευές που διατίθενται στην αγορά. 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).

### **5.7.1 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.



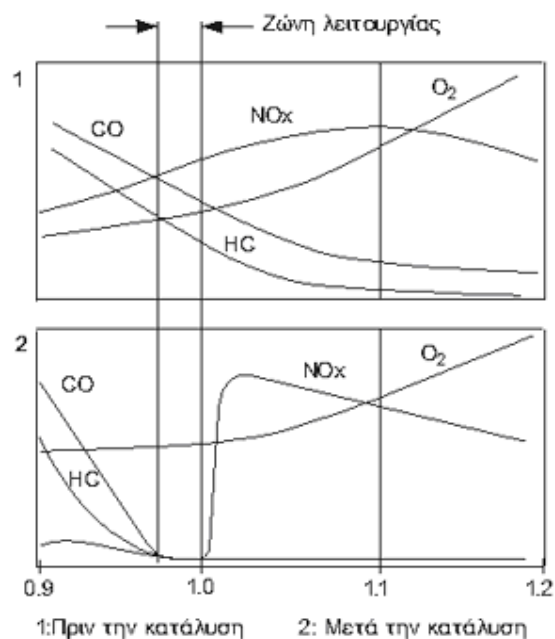
Διάγραμμα 17

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 CO<sub>2</sub> ψηλότερο από εκείνο ενός αυτοκινήτου, που δεν έχει καταλυτικό μετατροπέα, αν και στην ίδια μηχανή χωρίς καταλύτη κάποια από τα καυσαέρια θα μετατρέπονταν σε CO<sub>2</sub> αυξάνοντας έτσι το ποσοστό παρουσίας του CO<sub>2</sub>.

CO λιγότερο από 0.2 %      HC λιγότερο από 50 ppm  
 O<sub>2</sub> περισσότερο από 0.2 %      CO<sub>2</sub> περισσότερο από 12 %  
 I μεγαλύτερος από 1.01

### 5.7.2 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

O<sub>2</sub> 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<sub>x</sub>. Για να αποδειχθεί ότι επίσης ανάγει τα οξείδια του αζώτου, πρέπει να πραγματοποιήσουμε ένα δεύτερο τεστ, αυτή τη φορά χωρίς τον πρόσθετο αέρα.

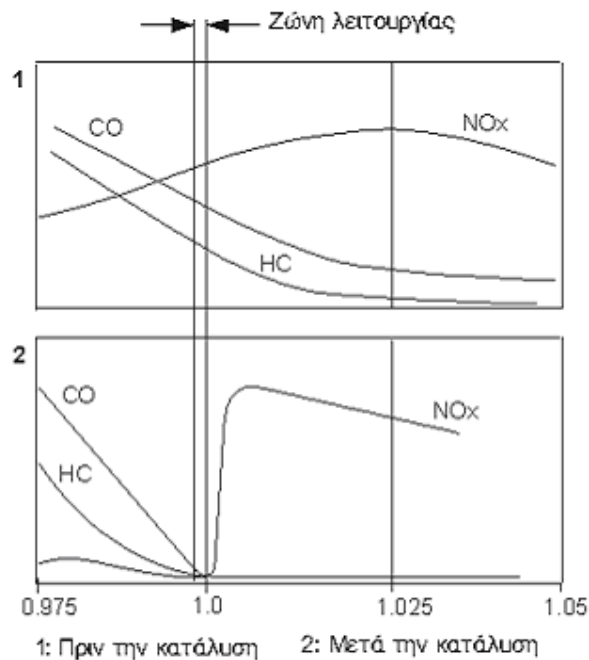
**Με αποσυνδεδεμένη την εισαγωγή αέρα :**

O<sub>2</sub> λιγότερο από 0.8 % • 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.

### 5.7.3 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 CO<sub>2</sub> υψηλότερο εκείνου μιας μηχανής χωρίς καταλύτη.

CO λιγότερο από 0.2 %      HC λιγότερο από 50 ppm  
O<sub>2</sub> λιγότερο από 0.2 %      CO<sub>2</sub> 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

## 5.8 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.

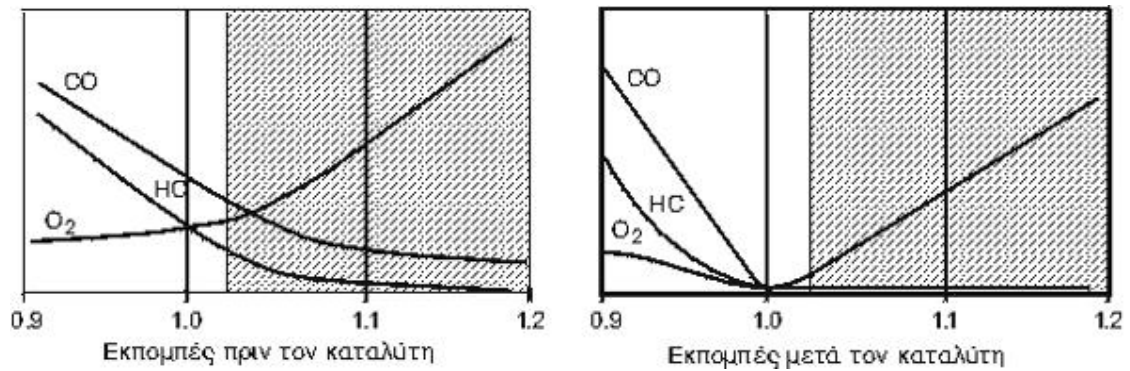
Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα συνηθέστερα προβλήματα, καθώς και οι συγκεντρώσεις αερίων που προκαλούν.

### 5.8.1 Διοδικός καταλύτης

	CO	HC	O <sub>2</sub>	λ
<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 O<sub>2</sub> 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.



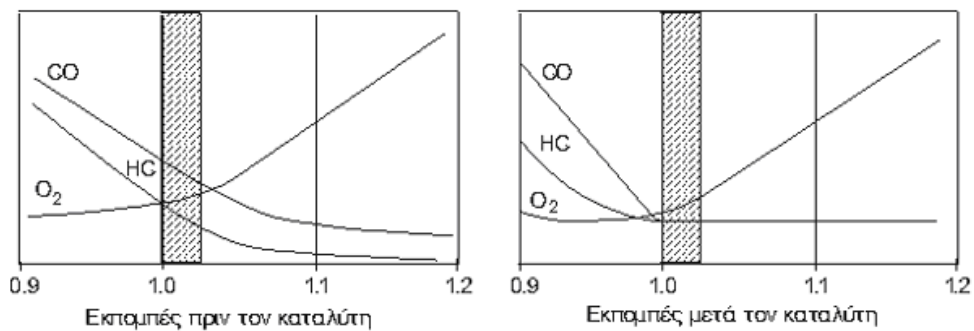
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20**

**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<sub>2</sub> είναι πάνω από το ελάχιστο που απαιτείται για ένα διοδικό καταλύτη και ο λόγος λάμδα 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.



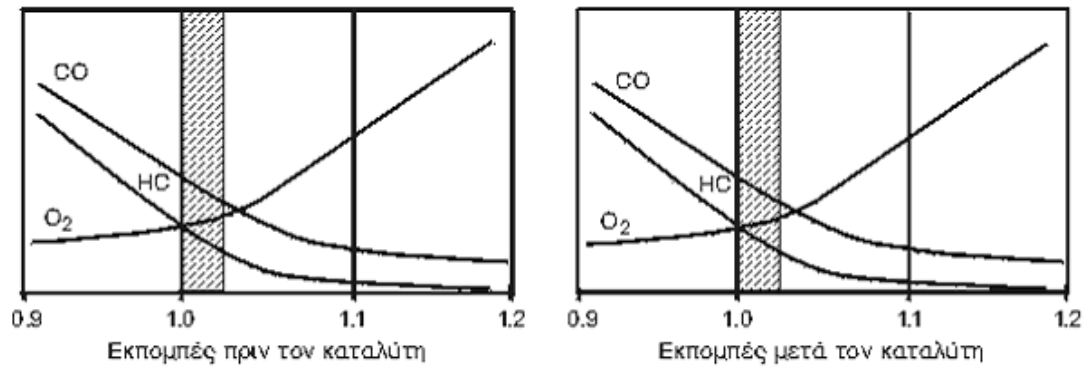
**Διάγραμμα 21**

**Ελαττωματικός καταλύτης. Τέλειο μίγμα**

**3. Ελαττωματικός καταλύτης. Τέλειο μίγμα.**



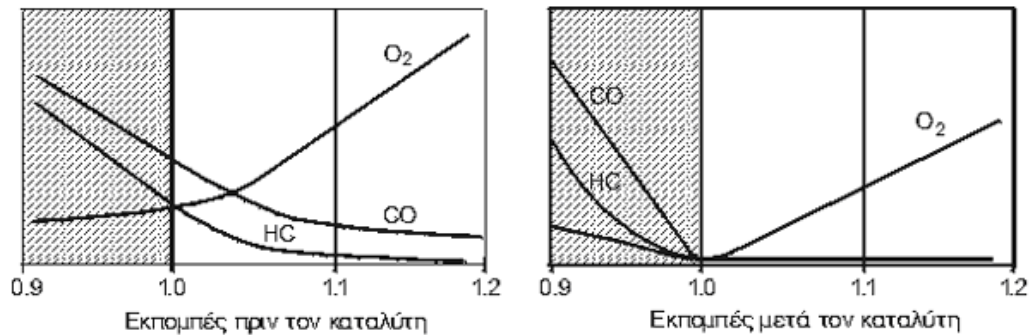
Οι συγκεντρώσεις του CO και των HC είναι υψηλότερες από εκείνες που θα έπρεπε αν ο καταλύτης λειτουργούσε κανονικά. Αυτές οι εκπομπές μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον καταλύτη, ή μπορεί η μηχανή να λειτουργεί με ένα μίγμα αέρα/καυσίμου πολύ πλούσιο γι' αυτό το είδος του καταλύτη. Καθώς η συγκέντρωση O<sub>2</sub> 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

### 5.8.2 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

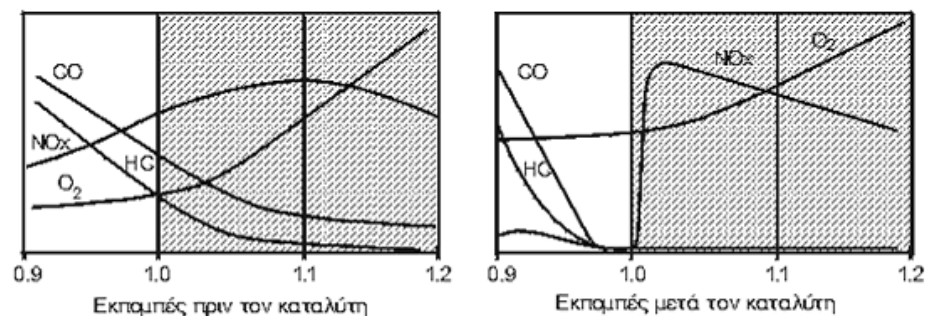
<u>4</u>	Ναι	μεταξύ 1.0% και 2.0%	μεταξύ 200 και 300 ppm	
	Όχι	μεταξύ 1.0% και 2.0%	μεταξύ 200 και 300 ppm	κάτω από 0.99
<u>5</u>	Ναι	πάνω από 2.0%	πάνω από 300 ppm	
	Όχι	πάνω από 2.0%	πάνω από 300 ppm	κάτω από 0.99

### 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.



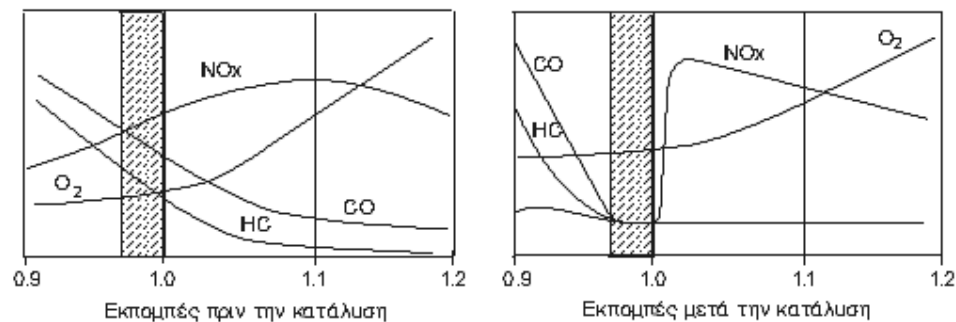
Διάγραμμα 24  
Σωστός καταλύτης. Φτωχό μίγμα

### 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.

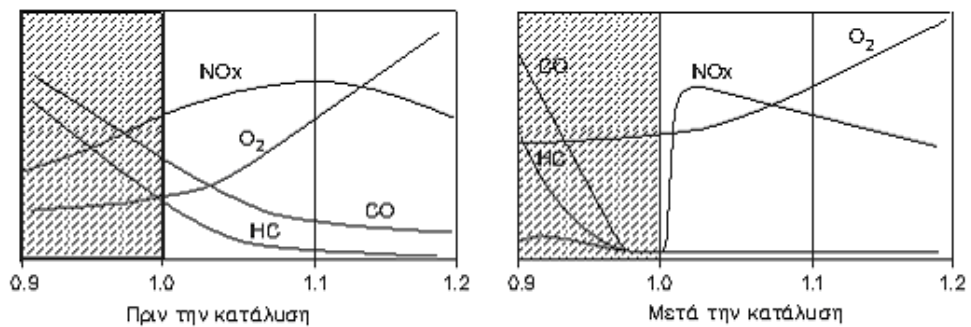


**Διάγραμμα 25**  
Καταλύτης με χαμηλή αποτελεσματικότητα. Σωστό μίγμα

### 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.

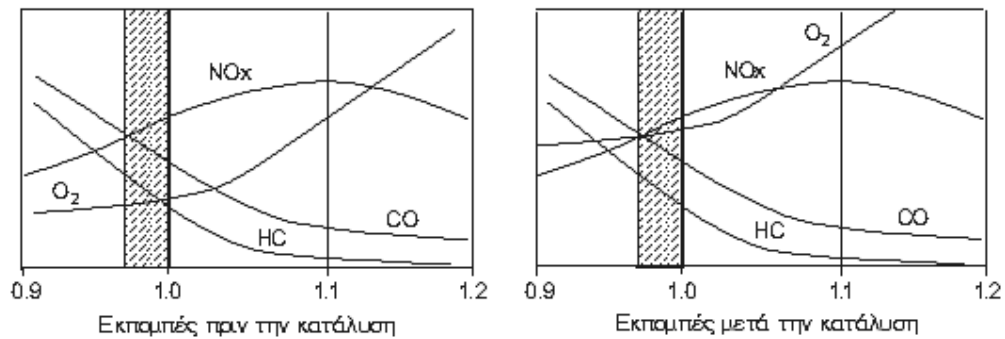


**Διάγραμμα 26**  
Σωστός καταλύτης. Πολύ πλούσιο μίγμα

#### 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  $\lambda$ , δείχνει ότι η μηχανή λειτουργεί με πλούσιο μίγμα, οι εκπομπές πρέπει να οφείλονται σε βλάβη στον καταλύτη.

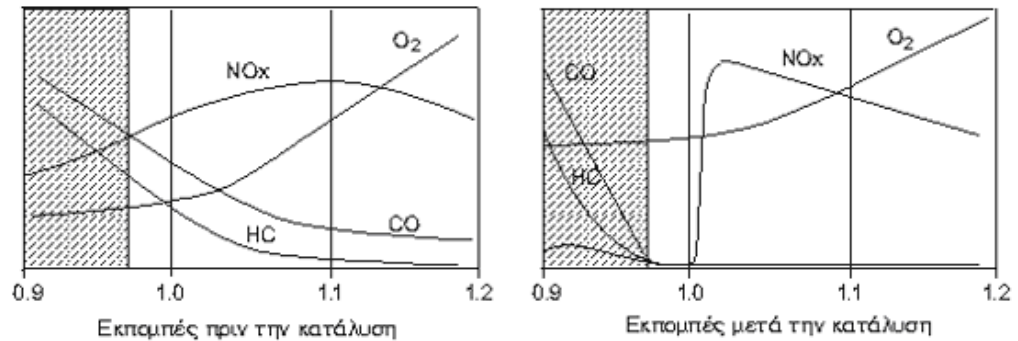


**Διάγραμμα 27**  
**Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστό μίγμα**

### **5. Αγνώστη 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.



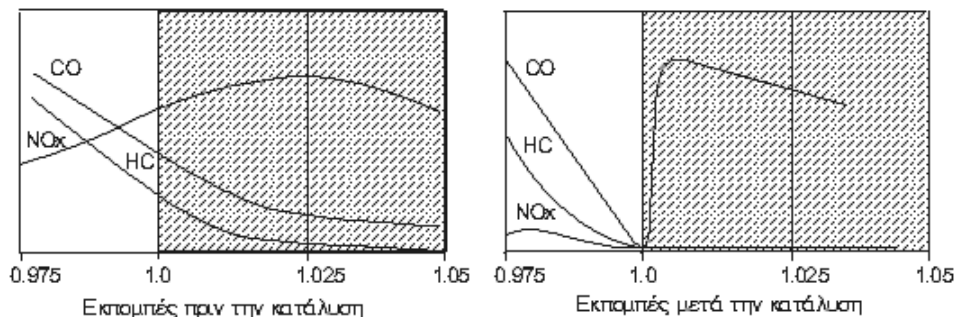
Διάγραμμα 28  
Αγνωστη κατάσταση καταλύτη. Μίγμα πολύ πλούσιο

### 5.8.3 Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης :

	CO	HC	O <sub>2</sub>	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.

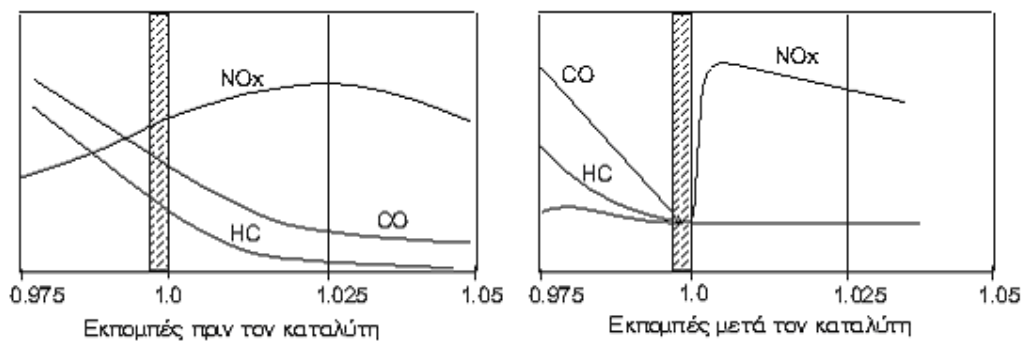
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι εξαιρετικά χαμηλές. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο καταλύτης είναι σε σωστή κατάσταση και λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά. Με δεδομένο ότι η συγκέντρωση O<sub>2</sub> και ο λόγος λάμδα είναι υψηλότερα από τα αυστηρώς απαραίτητα για σωστή λειτουργία, μπορούμε να 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 O<sub>2</sub> 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.

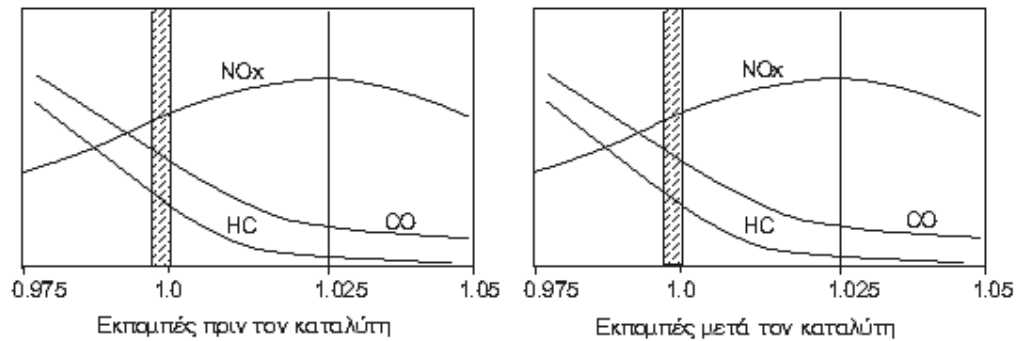


Διάγραμμα 30  
 Μη αποτελεσματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία Λάμδα

**3. Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία λάμδα.**



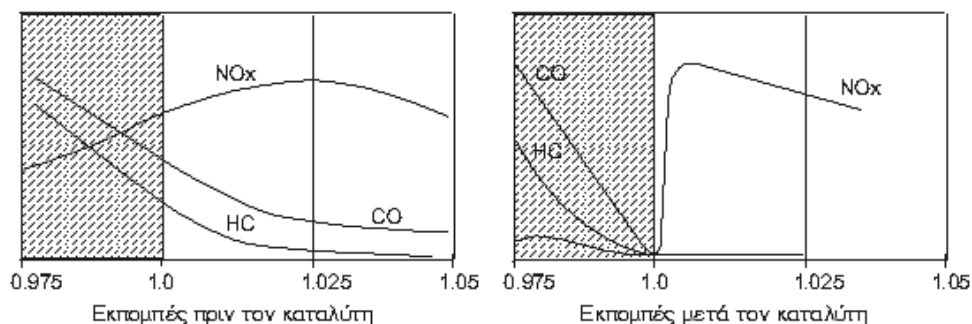
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από τις αναμενόμενες αν ο καταλύτης λειτουργούσε κανονικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον ίδιο τον καταλύτη ή στη μηχανή που λειτουργεί με υπερβολικά πλούσιο μίγμα, αλλά καθώς η συγκέντρωση O<sub>2</sub> είναι μεγαλύτερη από την κανονική και ο λόγος λάμδα είναι 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<sub>x</sub> 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**  
**Άγνωστη κατάσταση καταλύτη. Η μηχανή είναι ρυθμισμένη προς πλούσιο μίγμα**

## **5.9 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.

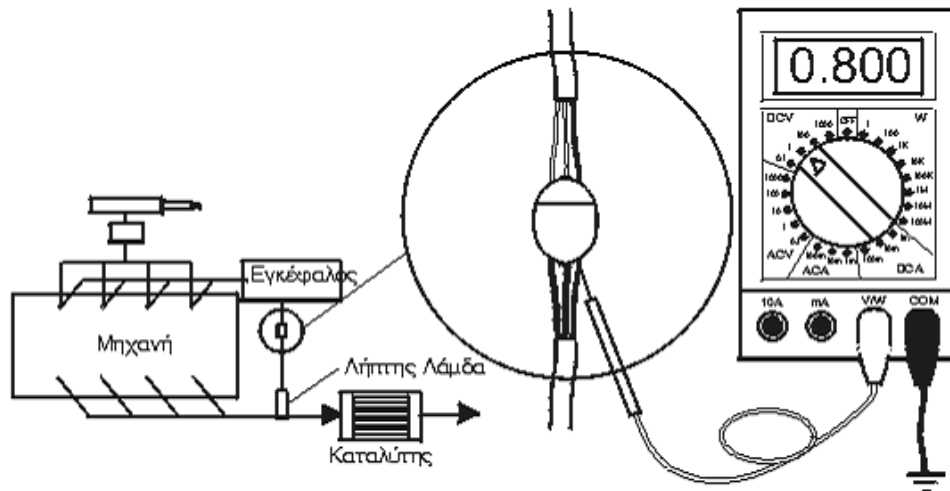
Πριν αρχίσουμε τον έλεγχο του κλειστού συστήματος ρύθμισης πρέπει να βεβαιωθούμε ότι κάποια άλλα συστήματα λειτουργούν, ιδίως η ανάφλεξη. Ακόμα και η μικρότερη βλάβη σε κάποιο από τα μπουζοκαλώδια μπορεί να κάνει το λήπτη λάμδα να λειτουργεί διαρκώς με μια περίσσεια οξυγόνου, η οποία δεν θα ανταποκρίνεται 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.

### **5.9.1 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

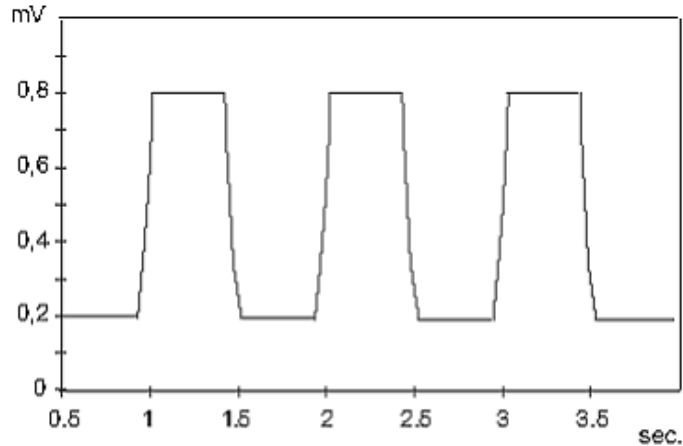
τα αναλογικά πολύμετρα, μόνο υψηλής ποιότητας αναλογικά πολύμετρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του κλειστού συστήματος ρύθμισης. Ο λόγος για τον οποίο χρειαζόμαστε χαμηλή αντίσταση εισαγωγής είναι, ότι ο λήπτης λάμδα παράγει ένα πολύ χαμηλό γαλβανικό δυναμικό. Υπάρχει ειδικός εξοπλισμός 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 τεστ 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 τεστ 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).



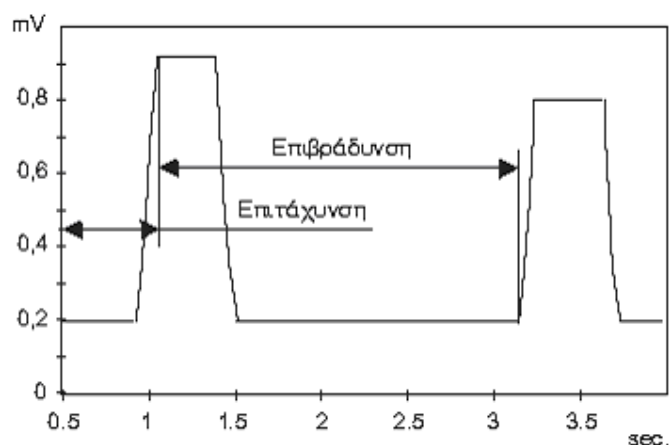
**Διάγραμμα 33**

Διακύμανση στο ρεύμα μέσα 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.

### 5.9.2 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.

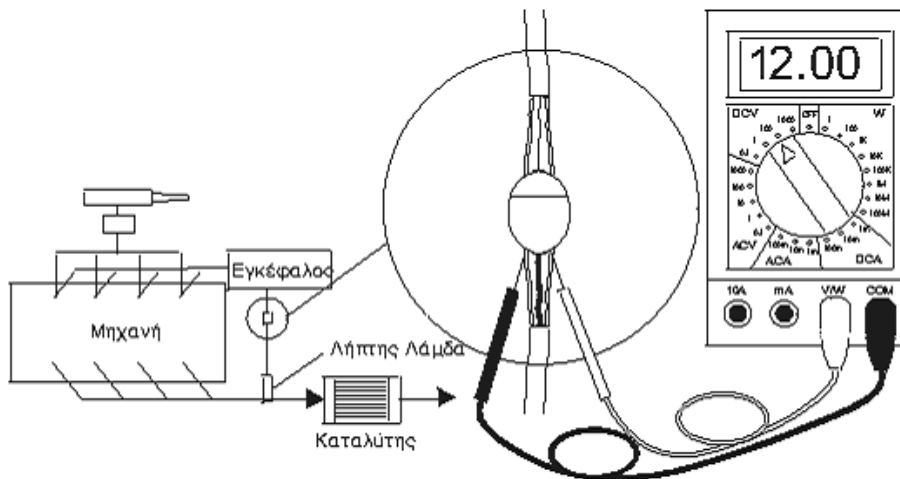


**Διάγραμμα 34**

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.



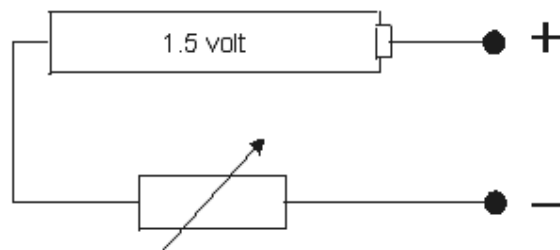
Σχ.20 Σχήμα των απαραίτητων συνδέσεων για τον έλεγχο της προθερμαντικής λειτουργίας

### 5.9.3 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 καθόλου 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.

#### **5.9.4 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  $\Omega$  (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**



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, Taschenbuch 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).