

1. Εισαγωγή στα Καυσαέρια Αυτοκινήτων

Τι είναι τα καυσαέρια αυτοκινήτων;

Τα καυσαέρια είναι τα αέρια που παράγονται από την καύση καυσίμου στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αποτελούνται από διάφορες χημικές ενώσεις, οι οποίες μπορεί να είναι επιβλαβείς τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον.

Κύρια συστατικά των καυσαερίων:

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Τοξικό αέριο που προκύπτει από ατελή καύση.
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Προϊόν πλήρους καύσης, συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Υδρογονάνθρακες (HC): Άκαυτα υπολείμματα καυσίμου, συμβάλλουν στη ρύπανση.
- Οξείδια του αζώτου (NO_x): Συμμετέχουν στο σχηματισμό όξινης βροχής και φωτοχημικού νέφους.
- Οξυγόνο (O₂): Υπολειπόμενος αέρας από την καύση.
- Αιθάλη (σωματίδια PM): Επιβλαβή μικροσωματίδια, κυρίως από πετρελαιοκινητήρες.

1.1 Επιπτώσεις των καυσαερίων

Στην ανθρώπινη υγεία:

- Προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα και καρδιαγγειακές παθήσεις.
- Αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου.
- Προκαλούν ερεθισμό των ματιών και του αναπνευστικού συστήματος.

Στο περιβάλλον:

- Συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή (CO_2).
- Προκαλούν όξινη βροχή (NO_x).
- Δημιουργούν φωτοχημικό νέφος (HC , NO_x).

1.2 Νομοθεσία και όρια εκπομπών

Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών (Euro 1 - Euro 7)

- ❖ Τα όρια εκπομπών ρυθμίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω των προτύπων **Euro**.
- ❖ Τα νεότερα πρότυπα θέτουν αυστηρότερα όρια για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- ❖ Τα οχήματα που δεν συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές δεν επιτρέπεται να κυκλοφορούν.

Έλεγχος ΚΤΕΟ και όρια ρύπων

- ❖ Υποχρεωτικός έλεγχος εκπομπών καυσαερίων σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- ❖ Καθορισμένα όρια για κάθε τύπο οχήματος (βενζίνη, πετρέλαιο, υβριδικά).

2. Μέθοδοι Μέτρησης Καυσαερίων

2.1 Όργανα και μέθοδοι μέτρησης

- **Αναλυτής καυσαερίων:** Μετρά CO, CO₂, HC, O₂ και NO_x.
- **Οπτικός έλεγχος καπνού (Opacity Test):** Χρησιμοποιείται σε πετρελαιοκινητήρες.
- **Δυναμομετρικός έλεγχος:** Προσομοιώνει συνθήκες πραγματικής οδήγησης.
- **OBD (On-Board Diagnostics) Scanner:** Έλεγχος μέσω εγκεφάλου αυτοκινήτου.

2.2 Διαδικασία ελέγχου καυσαερίων

- Σωστή προετοιμασία του οχήματος πριν τη μέτρηση (θέρμανση κινητήρα, έλεγχος φίλτρων κ.λ.π.)
- Σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα μέτρησης στην εξάτμιση.
- Ανάγνωση και καταγραφή αποτελεσμάτων.

2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις

- Θερμοκρασία κινητήρα.
- Κατάσταση φίλτρου αέρα και καταλύτη.
- Είδος και ποιότητα καυσίμου.

3. Ανάλυση Καυσαερίων και Ερμηνεία Μετρήσεων

3.1 Τυπικές τιμές και αποκλίσεις

Ρύπος	Φυσιολογικές τιμές	Πιθανές αποκλίσεις
CO	0,1 – 0,5%	Αυξημένο σε ατελή καύση
CO ₂	13 – 16%	Μειωμένο αν η καύση δεν είναι πλήρης
HC	< 100 ppm	Αυξημένο λόγω διαρροών ή κακής ανάφλεξης
O ₂	0,5 – 2%	Αυξημένο αν υπάρχει διαρροή αέρα
NO _x	< 700 ppm	Αυξημένο σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες καύσης

3. Ανάλυση Καυσαερίων και Ερμηνεία Μετρήσεων

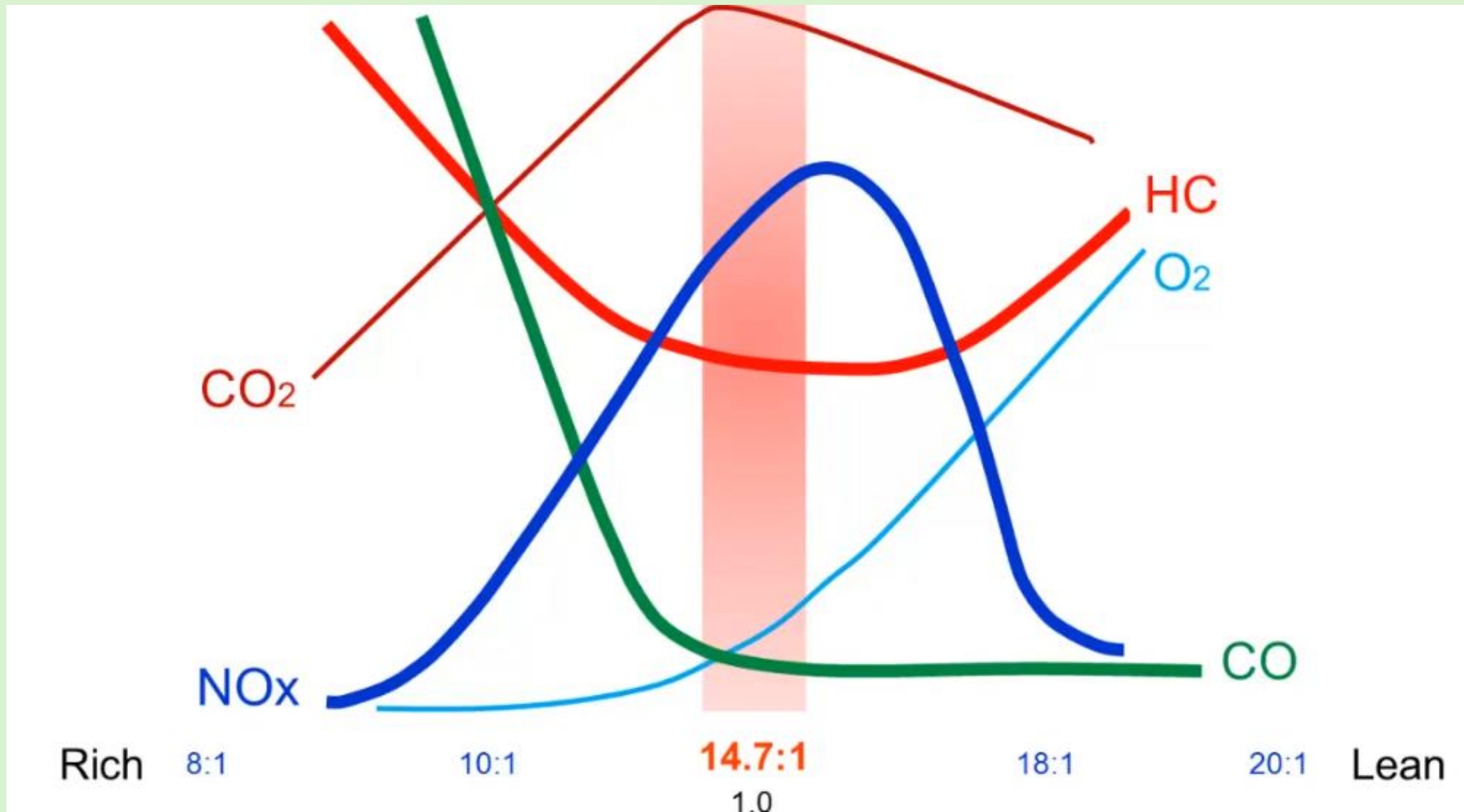
3.2 Ανάλυση των τιμών καυσαερίων

- Υψηλό CO σημαίνει φτωχό μείγμα ή βλάβη στον καταλύτη.
- Χαμηλό CO₂ δείχνει ελλιπή καύση.
- Αυξημένα HC δείχνουν προβλήματα ψεκασμού ή ανάφλεξης.
- Υψηλό NO_x δείχνει υψηλή θερμοκρασία στον θάλαμο καύσης.

3.3 Σύνδεση με μηχανικές βλάβες

- Προβλήματα στο σύστημα ανάφλεξης.
- Δυσλειτουργία αισθητήρων (λ , MAP, MAF).
- Φθορά καταλύτη ή φίλτρου σωματιδίων.

3. Ανάλυση Καυσαερίων και Ερμηνεία Μετρήσεων



4. Διάγνωση Βλαβών Μέσω Καυσαερίων

Συνηθισμένες βλάβες και ανάλυση εκπομπών

Βλάβη	Συμπτώματα	Τιμές καυσαερίων
Καμένος καταλύτης	Οσμή καμένου	Υψηλό CO, HC
Βουλωμένο φίλτρο αέρα	Μειωμένη απόδοση κινητήρα	Χαμηλό O ₂ , υψηλό CO
Κακή ανάφλεξη	Ρελαντί που δεν είναι σταθερό	Υψηλό HC
Δυσλειτουργία αισθητήρα λάμδα	Υψηλή κατανάλωση	Χαμηλό O ₂ , υψηλό CO ₂

5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

Στοιχειομετρική αναλογία: είναι Η κατά βάρος αναλογία του μείγματος καύσης ως προς την ιδανική.

ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ Ή
ΙΔΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ :
1Kg καυσίμου απαιτεί **14,7 Kg** αέρα

$$\lambda = \frac{\text{Προσδιδόμενος αέρας}}{\text{Θεωρητικά απαιτούμενος}} = 1$$

Παραδείγματα μειγμάτων:

$$\lambda = \frac{16,3}{14,7} = 1,1 > 1 \quad \text{ΦΤΩΧΟ ΜΙΓΜΑ}$$

$$\lambda = \frac{14,7}{14,7} = 1 \quad \text{ΙΔΑΝΙΚΟ ΜΙΓΜΑ}$$

$$\lambda = \frac{13,2}{14,7} = 0,9 < 1 \quad \text{ΠΛΟΥΣΙΟ ΜΙΓΜΑ}$$

5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

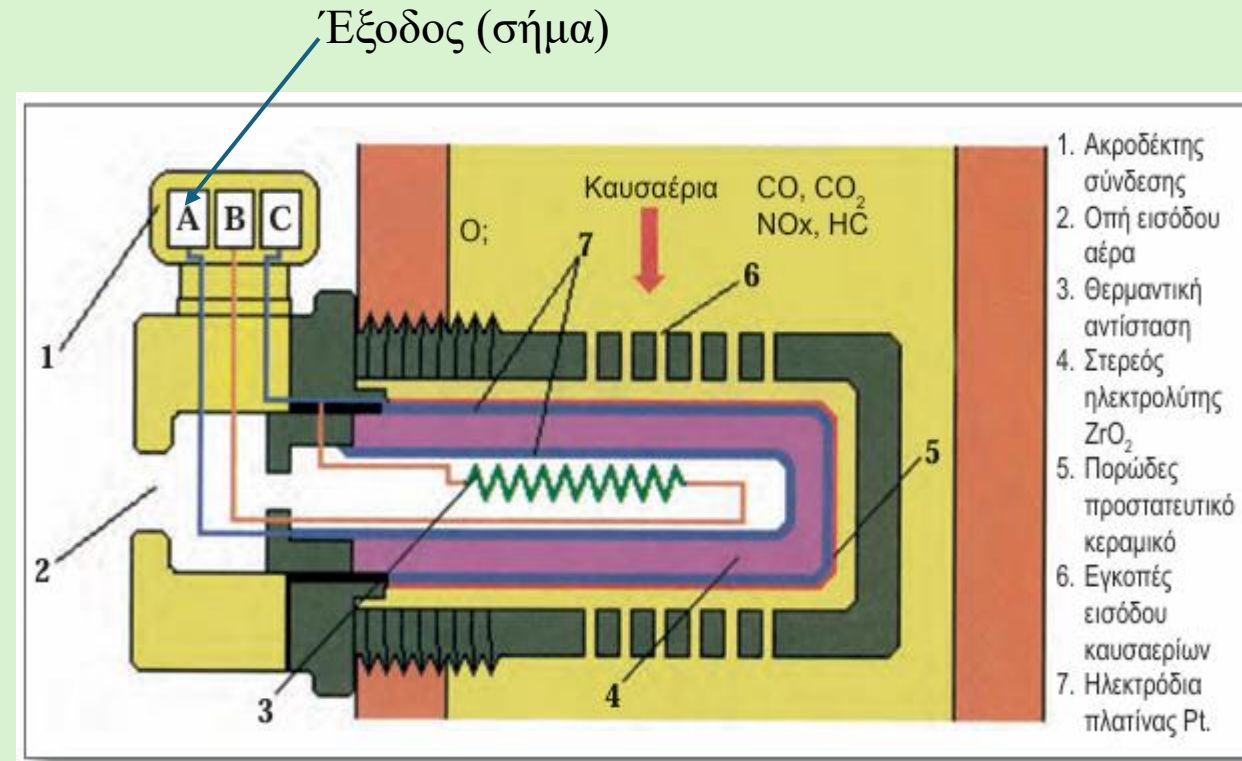
Αρχή λειτουργίας: Αποτελείται από δυο ηλεκτρόδια σπογγώδους πλατίνας (Pt) και έχει σα στερεό (ξηρό) ηλεκτρολύτη ένα στρώμα διοξειδίου του ζirkονίου (ZrO_2).

Το εξωτερικό ηλεκτρόδιο, που έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια διαμέσου εγκοπών του καλύμματος, προστατεύεται μηχανικά και με ένα στρώμα πορώδους κεραμικού.

Το εσωτερικό ηλεκτρόδιο έρχεται πάντα σε επαφή με τον καθαρό ατμοσφαιρικό αέρα.

Αν το μείγμα είναι φτωχό, τότε υπάρχει οξυγόνο στα καυσαέρια και η τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι μικρή, της τάξης των 50 mV.

Όταν όμως το μείγμα είναι πλούσιο, δεν υπάρχει οξυγόνο στα καυσαέρια και η τάση μεταξύ τους είναι μεγάλη, της τάξης των 900 mV.



5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

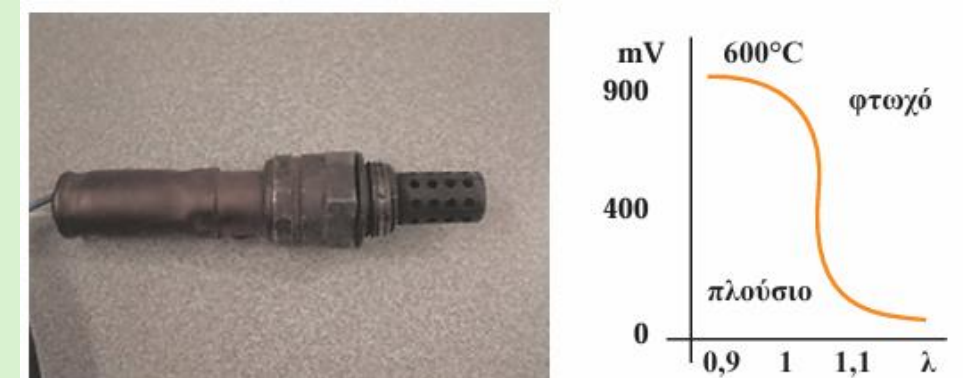
Τύποι Αισθητήρων Λάμδα

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αισθητήρων λάμδα:

- ✓ **Διακοπτόμενος (narrowband)**: Παράγει τάση που κυμαίνεται από 0,1 V (φτωχό μείγμα) έως 0,9 V (πλούσιο μείγμα). Δεν παρέχει ακριβείς πληροφορίες για το εύρος του λόγου αέρα-καυσίμου, παρά μόνο αν το μείγμα είναι πλούσιο ή φτωχό.
- ✓ **Γραμμικός (wideband)**: Παρέχει ακριβή μέτρηση του λόγου λάμδα, επιτρέποντας τη λεπτομερή ρύθμιση του μείγματος καυσίμου.

5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

- Ο αισθητήρας οξυγόνου είναι ηλεκτροχημικός, μη ενεργός, επαφής με ψηφιακή έξοδο τάσης.
- Τοποθετείται συνήθως στην πολλαπλή εξαγωγή πριν από τον καταλύτη.
- Μέχρι τη θερμοκρασία των 250 °C, η πλατίνα δεν έχει καταλυτική δράση, κι έτσι ο αισθητήρας δεν λειτουργεί στον κρύο κινητήρα.
- Προσωρινή χρήση θερμαντικής αντίστασης. Στα turbo ο αισθητήρας (λ) θερμαίνεται συνέχεια (~300-600°C), βελτιώνοντας την ακρίβεια της μέτρησης.
- Μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά για περισσότερα από 100.000 Km, αν δεν υπερθερμαίνεται πάνω από 850 °C και εφόσον καταναλώνουμε μόνο αμόλυβδη βενζίνη. Η πλατίνα, όπως ακριβώς και ο καταλύτης, καταστρέφεται από το μόλυβδο.
- Ο αισθητήρας δεν λειτουργεί, αν η είσοδος του αέρα βουλώσει από λάσπη κ.λπ.



Συμπτώματα Βλάβης

- Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου.
- Ασταθής ρελαντί λειτουργία.
- Μειωμένη απόδοση κινητήρα.
- Αυξημένες εκπομπές ρύπων.

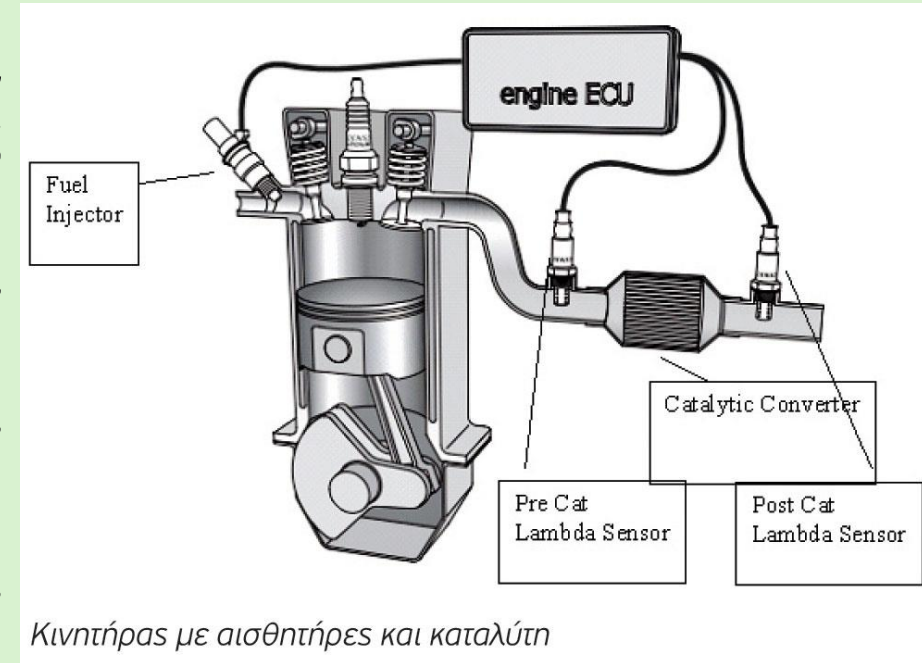
5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

Πολλά νέα αυτοκίνητα έχουν ένα δεύτερο αισθητήρα λάμδα τοποθετημένο μετά τον καταλύτη, καθώς και έναν αισθητήρα λάμδα πριν από τον καταλύτη. Σε αυτά τα αυτοκίνητα οι αισθητήρες λάμδα εκτελούν δύο σημαντικές λειτουργίες αντί για μία.

Ο αισθητήρας λάμδα που βρίσκεται **πριν** από τον καταλύτη λειτουργεί ως αισθητήρας «ελέγχου», βοηθώντας την ECU του κινητήρα να ελέγχει την αναλογία αέρα/καυσίμου.

Ο αισθητήρας λάμδα που βρίσκεται **μετά** από τον καταλύτη, λειτουργεί και ως αισθητήρας «παρακολούθησης», που ελέγχει το οξυγόνο που εκπέμπεται μαζί με τα καυσαέρια.

Σκοπός του είναι να ελέγχει αν ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργεί αποτελεσματικά.



5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

Μέτρηση αντίστασης θερμαντήρα (B+C) με πολύμετρο:

1. Ο κινητήρας να είναι σβηστός και κρύος (διακόπτης ανάφλεξης OFF).
2. Αποσυνδέουμε τη φίσσα της καλωδίωσης και εντοπίζουμε από τα σχέδια του κατασκευαστή τις επαφές: A (τάση αισθητήρα), B (τάση τροφοδοσίας θερμαντήρα) και C (κοινή γείωση) προς την πλευρά του αισθητήρα και προς την πλευρά της καλωδίωσης.
3. Συνδέουμε το ωμόμετρο στις επαφές B και C προς την πλευρά του αισθητήρα. Η ένδειξη της τιμής της αντίστασης του θερμαντήρα πρέπει να είναι περίπου 2.5 Ω .

Μέτρηση τάσης θερμαντήρα με πολύμετρο:

1. Ο κινητήρας να είναι σβηστός και κρύος (διακόπτης ανάφλεξης OFF).
2. Συνδέουμε το βολτόμετρο στις επαφές B και C προς την πλευρά της καλωδίωσης (τροφοδοσία) με τη γείωση του βολτομέτρου στο C.
3. Ξεκινάμε τον κινητήρα (διακόπτης ανάφλεξης ON).
4. Παρατηρούμε την ένδειξη του βολτομέτρου. Η ένδειξη πρέπει να είναι περίπου 12 V (τάση μπαταρίας) και διαρκεί 20 μέχρι 60 sec μετά την εκκίνηση, γιατί διακόπτεται μετά την προθέρμανση του αισθητήρα.
5. Σβήνουμε τον κινητήρα (διακόπτης ανάφλεξης OFF).

5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

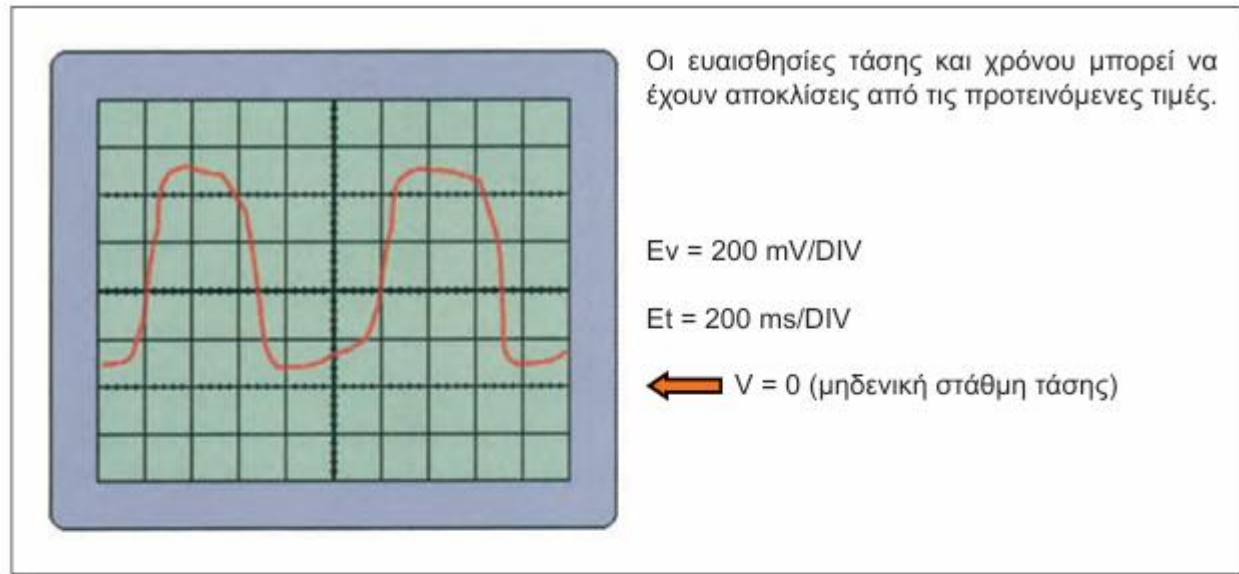
Μέτρηση τάσης εξόδου αισθητήρα (A+C) με πολύμετρο:

1. Ο κινητήρας να είναι σβηστός (διακόπτης ανάφλεξης OFF).
2. Συνδέουμε το βολτόμετρο στις αντίστοιχες επαφές A και C της συσκευής εξόδου σημάτων (breakout box).
3. Ξεκινάμε τον κινητήρα και τον θερμαίνουμε ικανοποιητικά. Στη συνέχεια μαρσάρουμε στις 2500 στροφές για 5 λεπτά χωρίς φορτίο.
4. Παρατηρούμε την ένδειξη του βολτομέτρου. Η ένδειξη πρέπει να είναι μεταβαλλόμενη μεταξύ 50 και 900mV πάνω από 5 φορές κάθε 10 sec, όταν ο κινητήρας λειτουργεί με 2500 στροφές το λεπτό.
5. Σβήνουμε τον κινητήρα (διακόπτης ανάφλεξης OFF).

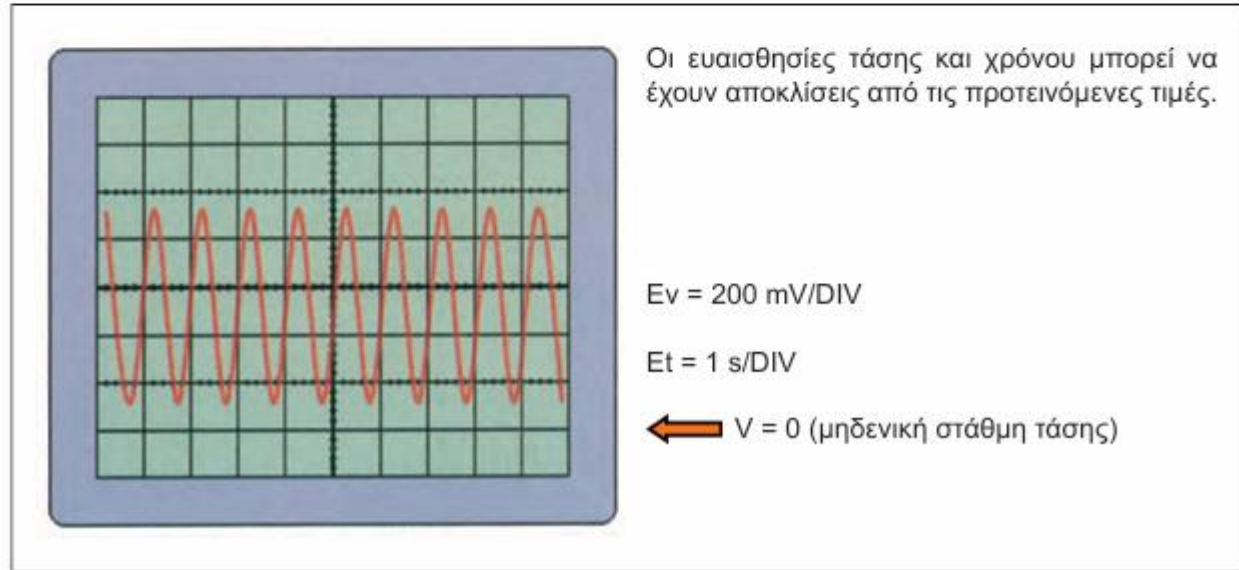
5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

Μέτρηση τάσης εξόδου αισθητήρα (A+C) με παλμογράφο:

1. Ο κινητήρας να είναι σβηστός (διακόπτης ανάφλεξης OFF).
2. Συνδέουμε τον παλμογράφο στις αντίστοιχες επαφές A και C της συσκευής εξόδου σημάτων (break out box).
3. Ξεκινάμε τον κινητήρα και τον αφήνουμε να θερμανθεί ικανοποιητικά.
4. Παρατηρούμε την ένδειξη του παλμογράφου, όταν ο κινητήρας είναι στο ρελαντί.
5. Μαρσάρουμε στις 2500 στροφές για 5 λεπτά χωρίς φορτίο. Παρατηρούμε την ένδειξη του παλμογράφου, εφόσον ο κινητήρας λειτουργεί με 2500 rpm και συγκρίνουμε την κυματομορφή με αυτή του σχ. 27.
6. Σβήστε τον κινητήρα (διακόπτης ανάφλεξης OFF).



Σχήμα 27: Κυματομορφή αισθητήρα οξυγόνου στο ρελαντί.



5. Αισθητήρας Οξυγόνου ή Λάμδα (λ)

<https://www.youtube.com/watch?v=Fl3aD1qJrEg>

How Oxygen Sensor Works

<https://www.youtube.com/watch?v=YzkBdPP8l2g>

How to Test Resistance of O₂ Sensor Heater

<https://www.youtube.com/watch?v=QX0NKEaLG4E>

Μέτρηση τάσης με πολύμετρο & αντίστασης (24')

<https://www.youtube.com/watch?v=uYMGnvtgi8w>

Μέτρηση τάσης με παλμογράφο & βολτόμετρο