

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
1.3 ΑΝΟΙΚΤΑ-ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ	5
1.4 ΛΟΓΟΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ	6
2 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ	7
2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ	7
2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	10
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ.....	12
3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ.....	12
3.2 ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	13
3.3 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	14
3.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	17
3.5 ΜΕΛΕΤΗ ΤΑΣΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	19
3.6 ΕΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ECU-ΠΑΛΜΟΙ.....	21
3.7 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	26
4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ.....	28
4.1 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ.....	28
4.2 ΚΛΙΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	29
4.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ.....	30
4.4 ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	31
5 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΒΛΑΒΕΣ, ΑΙΤΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ.....	32
5.1 ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΗΣ.....	32
5.2 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ.....	34
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	39
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	40
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ.....	41

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παράθεση ορισμένων εισαγωγικών στοιχείων σχετικά με τις μηχανές εσωτερικής καύσης (εφεξής ΜΕΚ), πριν αναλυθούν τα κομμάτια της κατασκευής, λειτουργίας και σημασίας του αισθητήρα λάμδα, είναι απαραίτητη.

Οι ΜΕΚ είναι κατά βάση θερμικές μηχανές, δηλαδή μηχανές μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο. Για την παραγωγή της απαιτούμενης παραπάνω ενέργειας απαιτείται η διεργασία της χημικής αντίδρασης της καύσης στο χώρο του κινητήρα. Τα καύσιμα λοιπόν, χημικές ενώσεις σε κατάλληλη μορφή αντιδρούν εξώθερμα στο θάλαμο καύσης με το οξειδωτικό μέσο, το οξυγόνο δηλαδή που παρέχεται στη μηχανή από τον ατμοσφαιρικό αέρα, με παράγωγα της χημικής αντίδρασης τα καυσαέρια καθώς και ενέργεια. Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση ΜΕΚ κυρίως στα μεταφορικά μέσα, έφερε στην επιφάνεια την ανάγκη για όσο το δυνατόν καλύτερο έλεγχο της χημικής αυτής διεργασίας ώστε τα παράγωγα καυσαέρια να επηρεάζουν όσο το δυνατόν λιγότερο την ποιότητα αέρα και άρα την ανθρώπινη υγεία. Ο αισθητήρας λ είναι μια από τις πρώτες σημαντικές προσπάθειες για επίλυση του προβλήματος αυτού, μιας και ενεργεί προς την κατεύθυνση τελειοποίησης του μίγματος αέρα-καυσίμου, σε ικανοποιητικά μεγάλο εύρος της λειτουργίας του κινητήρα.

Η θεματική δόμηση της εργασίας λοιπόν έχει ως εξής:

Στο 2ο Κεφάλαιο θα αναλυθεί τόσο ο τρόπος, όσο και τα υλικά κατασκευής καθώς και οι χημικές ιδιότητές τους. Στο 3ο Κεφάλαιο θα γίνει εκτεταμένη αναφορά τόσο στο τρόπο και τις περιπτώσεις λειτουργίας όσο και στην μελέτη των παραγόμενων τάσεων από τον αισθητήρα. Στο 4ο Κεφάλαιο θα αναλύσουμε τους ενδεδειγμένους τρόπους και θέσεις τοποθέτηση αισθητήρων. Στο 5ο κεφάλαιο θα αναλυθεί ο τομέας βλαβών και διάγνωσης σχετικά με τους αισθητήρες. Τέλος στο 6ο κεφάλαιο περνώντας στο πρακτικό μέρος θα γίνουν μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες για την επαλήθευση των θεωρητικών πληροφοριών.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στις απαρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν ακόμα η μαζική χρήση των Μ.Ε.Κ. στα μέσα μεταφοράς ήταν ακόμα σε εμβρυικό στάδιο δεν είχαν γίνει προφανείς στον άνθρωπο οι κίνδυνοι από την ευρεία χρήση τους. Οι κίνδυνοι αυτοί άρχισαν να γίνονται αισθητοί περίπου το 1960 όταν και η ιδιαίτερα χαμηλή ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα ανάγκασε την πολιτεία της Καλιφόρνια των Η.Π.Α. να θεσπίσει τους πρώτους κανονισμούς για τον έλεγχο των εκπομπών καυσαερίων από τα οχήματα. Η συμμόρφωση με τους κανονισμούς αυτούς, αποτέλεσε μεγάλο πρόβλημα για τις κατασκευάστριες εταιρίες και τους μηχανικούς. Η λύση στο πρόβλημα αυτό κρυβόταν στην τεχνολογία «λάμδα» της οποίας οι ρίζες φτάνουν πίσω στο μακρινό 1889, όταν ο καθηγητής Walther Nernst ανακάλυψε την θερμοδυναμική σχέση που είναι γνωστή ως Νόμος του Nernst, θέτοντας τα θεμέλια για την ανάπτυξη της τεχνολογίας «λάμδα». Η αξιοποίηση του νόμου αυτού και η πρακτική εκμετάλλευσή του, ήρθε τελικά το 1968 από την εταιρεία Bosch υπό την επίβλεψη του Δρ. Günter Bauman. Η Bosch χρειαζόταν κάποιο τρόπο για να ανιχνεύει το περιεχόμενο του οξυγόνου στα χυτήρια μολύβδου που χρησιμοποιούσε για την παραγωγή μπαταριών. Αξιοποιώντας την εμπειρία που αποκτήθηκε για την επίλυση του παραπάνω θέματος, η εταιρία ξεκίνησε τα πειράματα με τους αισθητήρες «λάμδα» με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών ρύπων όπως προαναφέρθηκε. Σημαντική αποδείχτηκε η τεχνογνωσία κεραμικών υλικών της εταιρίας στο τομέα των σπινθηριστών μιας και οι αισθητήρες θα έπρεπε να αντέχουν σε θερμοκρασίες αερίων περίπου 1000 βαθμών Κελσίου. Τα πρώτα πειράματα δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχημένα καθώς η διάρκεια ζωής των αισθητήρων δεν ήταν περισσότερο από μια ώρα.

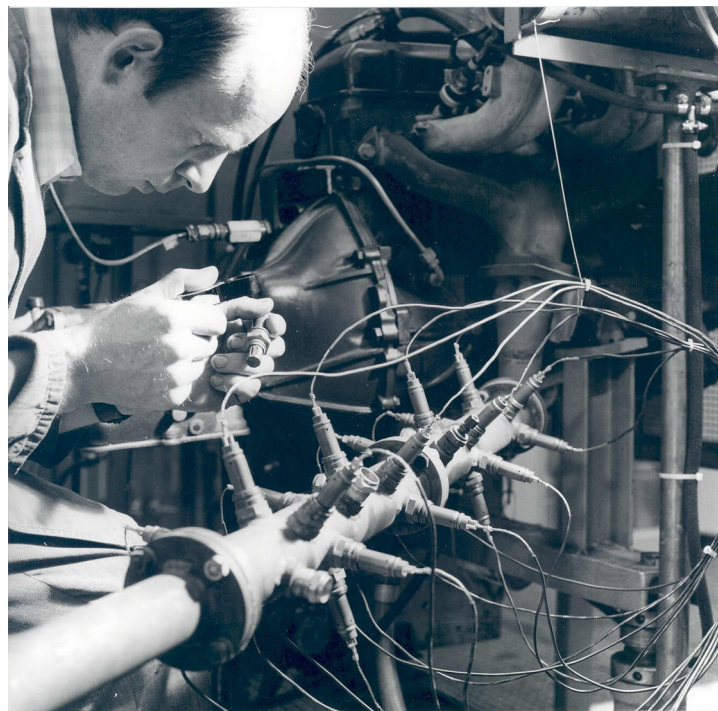


Εικόνα 1: Ένας από τους πρώτους αισθητήρες της BOSCH. (ΠΗΓΗ: blog.bosch.com)

Τα πρώτα μοντέλα αισθητήρων της εταιρίας δημιουργήθηκαν το 1971, ωστόσο είχαν γίνει μικρά βήματα προόδου καθώς η διάρκεια ζωής αυξήθηκε κατά μια ώρα. Τελικά το 1975 επιτεύχθηκε διάρκεια ζωής περίπου 250 ώρες που ισοδυναμεί με 20.000 χιλιόμετρα.

Ο πρώτος αισθητήρας ευρείας παραγωγής τοποθετήθηκε το 1975 στο μοντέλο Volvo 240 για την αγορά των Η.Π.Α. με πολύ καλά αποτελέσματα. Οι όλο και αυστηρότεροι κανονισμοί της νομοθεσίας των Η.Π.Α. αλλά και τα θετικά αποτελέσματα στη διαχείριση των εκπομπών ρύπων στην περίπτωση της Volvo, έκαναν και άλλους κατασκευαστές όπως η Ford να ενδιαφερθούν για την τοποθέτηση του αισθητήρα της Bosch στους κινητήρες τους, κάτι που άνοιξε το δρόμο για ευρύτερη παραγωγή και εξέλιξη τόσο του αισθητήρα όσο και της τεχνολογίας γύρω από αυτόν.

Η εμπειρία από τις δοκιμές αλλά και τη χρήση σε αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής οδήγησε το 1982 στην δημιουργία δεύτερης γενιάς αισθητήρων με πρωτόγνωρα για την εποχή χαρακτηριστικά , ο νέος αισθητήρας ήταν θερμαινόμενος με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργήσει αξιόπιστα μόλις 30 δευτερόλεπτα μετά την εκκίνηση του κινητήρα. Ταυτόχρονα η ζωή του αισθητήρα εκτοξεύτηκε περίπου στις 2000 ώρες λειτουργίας ή 160.000 χιλιόμετρα. Το 1996 με την υποχρέωση χρήσης του συστήματος OBD-II (On-Board Diagnostics-II) ο αριθμός των αισθητήρων «λάμδα» από έναν αυξήθηκε σε δυο ανά όχημα , ένας πριν και ένας μετά τον καταλυτικό μετατροπέα



Εικόνα 2: Δοκιμή αισθητήρων λ από μηχανικό της BOSCH. 1976. (ΠΗΓΗ: blog.bosch.com)

1.3 ΑΝΟΙΚΤΑ - ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

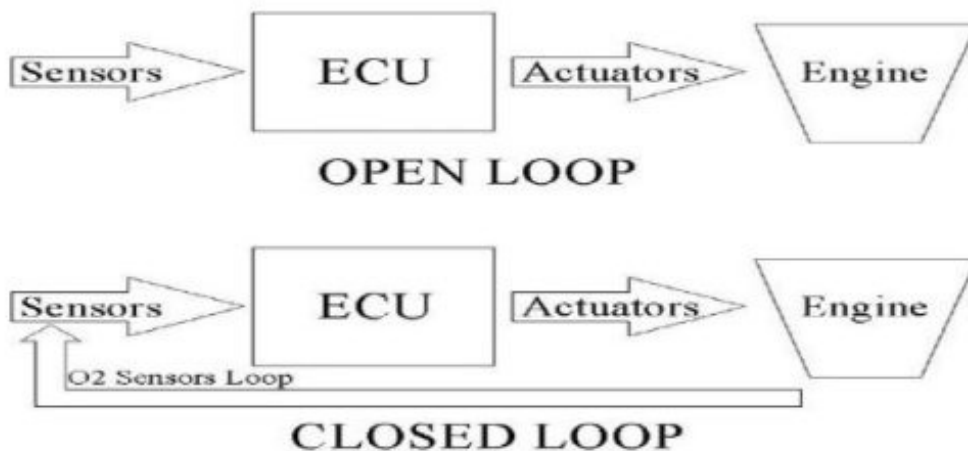
Ανάλογα με την παρουσία ή όχι έλεγχου της ποσότητας έγχυσης καύσιμου σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια, τα συστήματα ρύθμισης διακρίνονται σε ανοιχτά και κλειστά.

ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

Στα ανοικτά συστήματα ρύθμισης η ποσότητα έγχυσης του καύσιμου στον θάλαμο καύσης δεν επηρεάζεται από την περιεκτικότητα των ρύπων στα καυσαέρια. Στα συστήματα αυτά ακόμα και αν υπάρχει η ECU, λόγω της απουσίας του αισθητήρα λάμδα δεν λαμβάνει πληροφορίες για την κατάσταση των καυσαερίων. Ως εκ τούτου για την διαμόρφωση της σύστασης του μείγματος δεν λαμβάνεται υπόψιν αυτή η παράμετρος αλλά ο εγκέφαλος λαμβάνει πληροφορίες από άλλου είδους αισθητήρες.

ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

Ο αισθητήρας λάμδα παίζει βασικό ρόλο σε ένα κλειστό σύστημα ρύθμισης. Εκτός από τις άλλες παραμέτρους που λαμβάνει η ECU, η ρύθμιση της ποσότητας-διάρκειας έγχυσης καυσίμου γίνεται κυρίως με βάση τις πληροφορίες που στέλνει ο αισθητήρας λάμδα σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο. Αυτό επιτρέπει πολύ ακριβή ρύθμιση του μείγματος καυσίμου-αέρα σε ένα κινητήρα με κλειστό σύστημα ρύθμισης, εκτός από το χρονικό διάστημα που ο αισθητήρας δεν έχει φτάσει στην θερμοκρασία βέλτιστης λειτουργίας όπου το σύστημα λειτούργει σαν ανοιχτό.



Εικόνα 3: Ανοιχτό και κλειστό σύστημα ρύθμισης. (ΠΗΓΗ: motorcycleworkshop.com)

1.4 ΛΟΓΟΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ

Ο βασικός λόγος ύπαρξης του αισθητήρα είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή σε πολύ μεγάλο αριθμό οχημάτων. Όπως θα δούμε παρακάτω ο αισθητήρας παίζει καθοριστικό ρόλο στην ρύθμιση του μείγματος καυσίμου-αέρα με αποτέλεσμα την μείωση των επικίνδυνων ρύπων από ατελή καύση (υδρογονάνθρακες HC, μονοξείδιο CO). Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και επιτυγχάνονται καλύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες για δισεκατομμύρια ανθρώπους. Ένα άλλο σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει από την ευρεία χρήση του αισθητήρα λάμδα σε εκατομμύρια οχήματα είναι η άντληση λιγότερων ορυκτών καυσίμων ως έμμεσο αποτέλεσμα από την μείωση κατανάλωσης καυσίμου. Ουσιαστικά ένας κινητήρας με την βοήθεια του αισθητήρα λάμδα ο οποίος μετρά το αποτέλεσμα της καύσης χρειάζεται λιγότερο καύσιμο για να παράξει το ίδιο έργο (με την παρέμβαση της ECU). Με λίγα λόγια ο αισθητήρας λάμδα συντελεί στην συνεχή προσπάθεια επίτευξης τέλει καύσης άρα στην χρήση μικρότερης ποσότητας καυσίμου , άρα και στην παραγωγή λιγότερων ρύπων.

2° ΚΕΦΑΛΑΙΟ - ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Βασικό δομικό και λειτουργικό στοιχείο του αισθητήρα ζιρκονίου είναι η διαδοχική εναλλαγή στρωμάτων διοξειδίου του ζιρκονίου (ZrO_2) και πλατίνας (**Pt**) σε σπογγώδη μορφή, τα οποία παίζουν αντίστοιχα τους ρόλους του ηλεκτρολύτη και του μετάλλου που προαναφέρθηκαν. Τον ρολό της προστασίας του αισθητήρα παίζει συνήθως το οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3).

ΖΙΡΚΟΝΙΟ ΚΑΙ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ

Το ζιρκόνιο (**Zr**) είναι ένα από τα μέταλλα του περιοδικού πίνακα με ατομικό αριθμό 40, ατομική μάζα 91,2 και πυκνότητα 6,52 gr/cm³. Το σημείο τήξεως του μετάλλου αυτού είναι στους 1830 βαθμούς κελσίου ενώ το σημείο βρασμού είναι στους 4377 βαθμούς κελσίου. Έχει ισχυρές αναγωγικές ιδιότητες δεν είναι ιδιαίτερα δραστικό και δεν διαβρώνεται από αραιά οξέα, ενώ είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στην θερμότητα.

Το διοξείδιο του ζιρκονίου ή ζιρκονία (ZrO_2) έχει πυκνότητα 5,68 gr/cm³, σημείο τήξης στους 2715 βαθμούς κελσίου και σημείο βρασμού 4300 βαθμούς κελσίου και είναι επίσης ιδιαίτερα ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες. Η δομή του διοξειδίου του ζιρκονίου είναι γνωστό ότι έχει τρεις φάσεις, την μονοκλινή στις θερμοκρασίες μικρότερες των 1170 βαθμών κελσίου, την τετραγωνική ανάμεσα σε θερμοκρασίες των 1170 και 2370 βαθμών κελσίου και την κυβική σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 2370 βαθμών κελσίου. Για την εφαρμογή του στον αισθητήρα επιθυμητή είναι η κυβική δομή που είναι σταθερότερη, επειδή όμως οι θερμοκρασίες λειτουργίας είναι πολύ χαμηλότερες, χρησιμοποιούνται μικρές ποσότητες οξειδίου του Υτρίου (Y_2O_3) που συντελεί στην σταθεροποίηση του. Το οξείδιο του Υτρίου ταυτόχρονα συντελεί στην επιλεκτική διάχυση ιόντων μόνο του οξυγόνου στον πυρήνα οξειδίου του ζιρκονίου.

ΠΛΑΤΙΝΑ

Η πλατίνα (**Pt**) είναι επίσης μέταλλο με ατομικό αριθμό 78, ατομική μάζα 195,084 και πυκνότητα 21,45 gr/cm³. Το σημείο τήξης της βρίσκεται στους 1768 βαθμούς κελσίου, ενώ το σημείο βρασμού στους 3825 βαθμούς κελσίου. Εξαιρετικό ενδιαφέρον για την εφαρμογή του αισθητήρα λάμδα, παρουσιάζει η άριστη καταλυτική ιδιότητα της πλατίνας όταν βρίσκεται σε σπογγώδη μορφή. Η σπογγώδης μορφή επιτρέπει μεγαλύτερη επιφάνεια έκθεσης της πλατίνας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κατάλυση, κάτι επίσης εξαιρετικά σημαντικό για την εφαρμογή στον αισθητήρα.

ΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΡΓΙΛΙΟΥ

Το οξείδιο του αργιλίου ή αλουμίνια (Al_2O_3) είναι ένα οξείδιο με εξαιρετικές ιδιότητες ηλεκτρικής μόνωσης και υψηλής θερμικής αγωγιμότητας, συνήθως σε κεραμική μορφή. Ενδεικτικά το σημείο τήξης του βρίσκεται στους 2072 βαθμούς κελσίου και το σημείο βρασμού στους 2977 βαθμούς κελσίου.

ΧΑΛΥΒΑΣ

Ο χάλυβας ή αλλιώς ατσάλι, είναι κράμα σιδήρου – άνθρακα το οποίο περιέχει λιγότερο από 2% άνθρακα κατά βάρος και περίπου 1% μαγγάνιο. Επίσης περιέχει μικρά ποσοστά πυριτίου, φωσφόρου, θείου και οξυγόνου. Συγκεκριμένα στην κατασκευή μας χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας ο οποίος αποτελεί κράμα σιδήρου –άνθρακα –χρωμίου. Σε αντίθεση με τον κοινό χάλυβα ο ανοξείδωτος χάλυβας παρουσιάζει βελτιωμένες ιδιότητες όπως, πολύ υψηλή αντοχή στην διάβρωση, μεγαλύτερη σκληρότητα και μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Σύμφωνα με τον περιοδικό πίνακα των χημικών στοιχείων, τα χημικά στοιχεία μπορούν να διαχωριστούν σε **ομάδες**, τις κάθετες στήλες δηλαδή του περιοδικού πίνακα. Τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια ομάδα, διακρίνονται από κοινές ηλεκτρονιακές διαμορφώσεις στην στοιβάδα σθένους τους (εξωτερική στοιβάδα ηλεκτρονίων του ατόμου). Αυτό σημαίνει ταυτόχρονα ότι τα στοιχεία μιας ομάδας, παρουσιάζουν όμοια χημική συμπεριφορά, και χαρακτηρίζονται από παρόμοιες χημικές ιδιότητες.

1	1A																2A																3A										4A										5A										6A										7A										8A										18													
1	1																																																																																																									
2	3	4																																																																																																								
3	11	12																																																																																																								
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																																																																																								
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																																																																																								
6	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																																																																																									
7	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																																																																																									

Key

11	Na	Atomic number
Na	Element symbol	
Sodium	Element name	
22.99	Average atomic mass*	

* If this number is in parentheses, then it refers to the atomic mass of the most stable isotope.

Εικόνα 4: Περιοδικός πίνακας χημικών στοιχείων. (ΠΗΓΗ: templatelab.com)

Ηλεκτρολύτες, Ηλεκτρόδια και Προστατευτικό Υλικό

2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Οι συνθήκες στις οποίες καλείται να λειτουργήσει ο αισθητήρας είναι ακραίες, δεδομένου ότι εκτίθεται σε πολύ μεγάλο εύρος θερμοκρασιών καυσαερίων και πολλές φορές με γρήγορη εναλλαγή, ενώ ταυτόχρονα πολύ σημαντική είναι και η ακρίβεια των δεδομένων που πρέπει να στείλει. Για τους λόγους αυτούς τα υλικά που έχουν επιλεγεί για την κατασκευή του είναι τα παραπάνω καθώς χαρακτηρίζονται από πολύ συγκεκριμένες ιδιότητες.

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗΣ (ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ) (2)

Το ξηρό ηλεκτρολυτικό στρώμα του διοξειδίου του ζirkονίου που βρίσκεται ανάμεσα στα ηλεκτρόδια πλατίνας χρειάζεται απλά να φορτίζεται ή να εκφορτίζεται ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι δυναμικού στα ηλεκτρόδια. Η επιλογή του συγκεκριμένου υλικού βασίζεται στην μεγάλη αντοχή του στις υψηλές θερμοκρασίες.

ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ (ΠΛΑΤΙΝΑ) (1)

Η πλατίνα χρησιμοποιείται ως υλικό ηλεκτροδίου με την μορφή λεπτού σπογγώδους στρώματος, η μορφή αυτή χρησιμοποιείται γιατί με αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη επιφάνεια του ηλεκτροδίου πλατίνας έρχεται σε επαφή με το εξεταζόμενο καυσαέριο. Η προσρόφηση αυτή του οξυγόνου στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαφοράς δυναμικού,

ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ (ΠΛΑΤΙΝΑ) (6)

Η εξαιρετική ηλεκτρική αγωγιμότητα της πλατίνας ως μέταλλο, την καθιστά ιδανική για να χρησιμοποιηθεί ως επέκταση του ηλεκτροδίου, δηλαδή ακροδέκτη στον οποίο θα εμφανιστεί διαφορά δυναμικού

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ (ΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΡΓΙΛΙΟΥ) (4)

Οι ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στις οποίες καλείται ο αισθητήρας να λάβει πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια, απαιτούν την χρήση ενός προστατευτικού καλύμματος από οξείδιο του αργιλίου. Το κάλυμμα αυτό συναντάται σε κεραμική πορώδη μορφή, η οποία θα επιτρέψει ταυτόχρονα και την προστασία του αισθητήρα αλλά και την προσέλευση των ιόντων του οξυγόνου που αλληλεπιδρούν με τα ηλεκτρόδια.

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ (ΧΑΛΥΒΑΣ) (3)

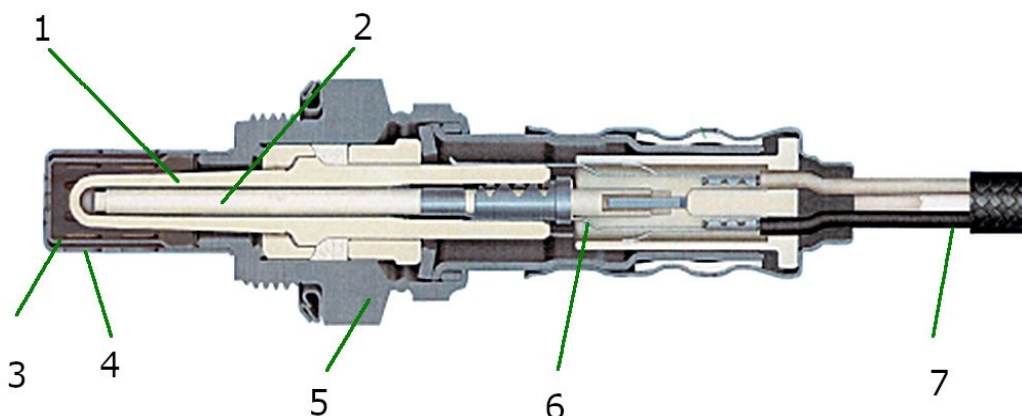
Το κάλυμμα της κεφαλής του αισθητήρα που βρίσκεται στο εσωτερικό της σωλήνωσης εξαγωγής αερίων, αποτελείται από χάλυβα σε διάτρητη μορφή. Με την μορφή αυτή επιτρέπει στα καυσαέρια να εισέλθουν στο χώρο της κεφαλής και ταυτόχρονα την προστατεύει από τις μηχανικές καταπονήσεις που προκαλούν τα σωματίδια που υπάρχουν σε αυτά. Πολλές φορές συναντώνται και ραβδώσεις στο χάλυβινο περίβλημα με τις οποίες δημιουργείται στροβιλισμός των αερίων.

ΣΩΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ (ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ ΑΤΣΑΛΙ) (5)

Το σώμα του αισθητήρα είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο ατσάλι, αποτελεί δομικό στοιχείο του αισθητήρα και είναι υπεύθυνο για την συγκράτησή του πάνω στον σωλήνα εξαγωγής καυσαερίων με την βοήθεια σπειρωμάτων. Επίσης η εξωτερική επιφάνεια είναι διαμορφωμένη ως εξάγωνο περικόχλιο για διευκόλυνση της διαδικασίας τοποθέτησης και αφαίρεσης.

ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ-ΦΥΣΑ (7)

Η καλωδίωση ξεκινά από τους ακροδέκτες πλατίνας που προαναφέραμε και καταλήγει στην φύσα. Η φύσα είναι υπεύθυνη για την εύκολη σύνδεση και αποσύνδεση του αισθητήρα με την ECU.



Εικόνα 5: Μέρη Αισθητήρα. (ΠΗΓΗ: www.ngkntk.co.jp)

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ – ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ – ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

Όπως προαναφέρθηκε ο αισθητήρας λάμδα βασίζεται στο νόμο του **Nernst** ο οποίος αφορά το δυναμικό ή τάση που αναπτύσσεται από την επαφή ηλεκτρολύτη-μέταλλου. Δηλαδή:

“Ο αισθητήρας λάμδα συμπεριφέρεται ως κυψέλη καυσίμου, δηλαδή ως μπαταρία ξηρού ηλεκτρολύτη, η τάση εξόδου U της οποίας επηρεάζει έντονα από την περιεκτικότητα οξυγόνου των καυσαερίων εκφραζόμενη ως εξής:

$$U = \frac{RT}{4F} \ln \frac{P_{\text{καυσ}}}{P_{\text{αερα}}}$$

$P_{\text{καυσ}}, P_{\text{αερα}}$ = Οι μερικές πιέσεις του οξυγόνου στα καυσαέρια και στον αέρα αντίστοιχα .

R = Σταθερά τελείου αερίου.

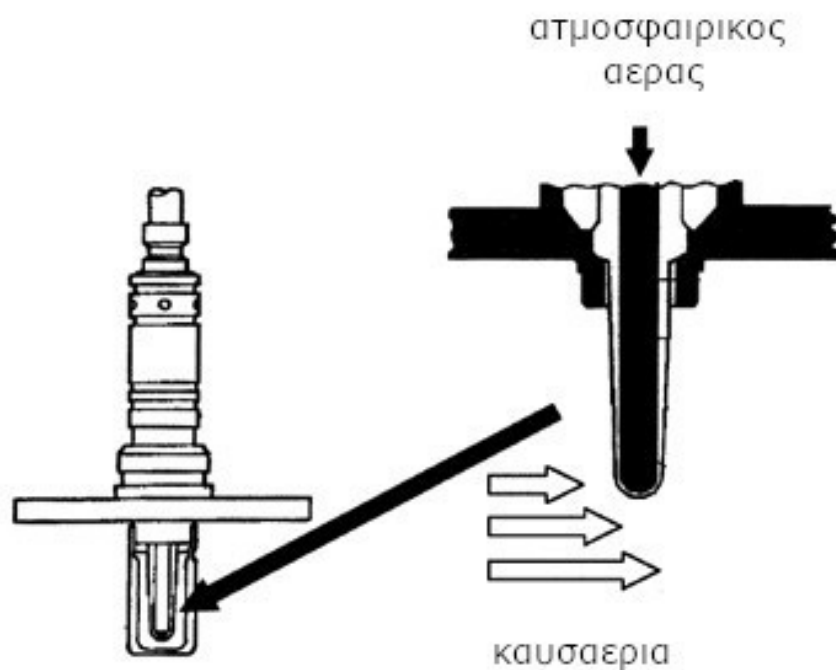
T = Απόλυτη τιμή της θερμοκρασίας του καυσαερίου.

F = Σταθερά του Faraday. ”

Πηγή: Βιβλίο, ‘Τεχνολογία μετρήσεων αρχές και εφαρμογές’, Δ. Πράπα Σελ.372

3.2 ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

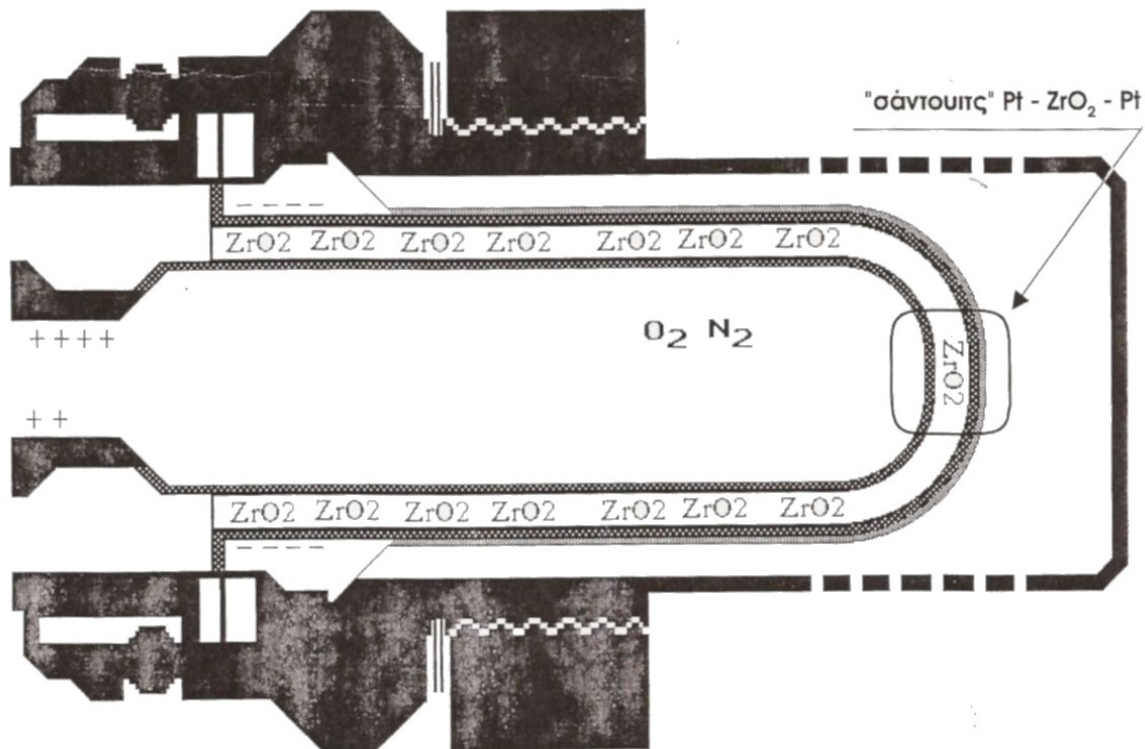
Ας περιγράψουμε περιληπτικά τι γίνεται στην περίοδο λειτουργίας του αισθητήρα κατά την αλληλεπίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα και των καυσαερίων. Ο ατμοσφαιρικός αέρας αρχικά εισέρχεται από την οπή που βρίσκεται στον κορμό του αισθητήρα όπως φαίνεται στην εικόνα 4. Κατά την εισαγωγή του στον αισθητήρα γίνεται αλληλεπίδραση της εσωτερικής πλευράς του αισθητήρα με το οξυγόνο που βρίσκεται σε αυτόν. Παράλληλα στην εξωτερική πλευρά του αισθητήρα γίνεται αλληλεπίδραση με το οξυγόνο των καυσαερίων εξαγωγής. Παρακάτω θα αναλύσουμε λεπτομερώς τον τρόπο λειτουργίας και τις διάφορες περιπτώσεις ανάλογα με το ποσοστό οξυγόνου στα καυσαέρια.



Εικόνα 6: Επαφή αισθητήρα με αέρια. (ΠΗΓΗ: www.discountconverter.com)

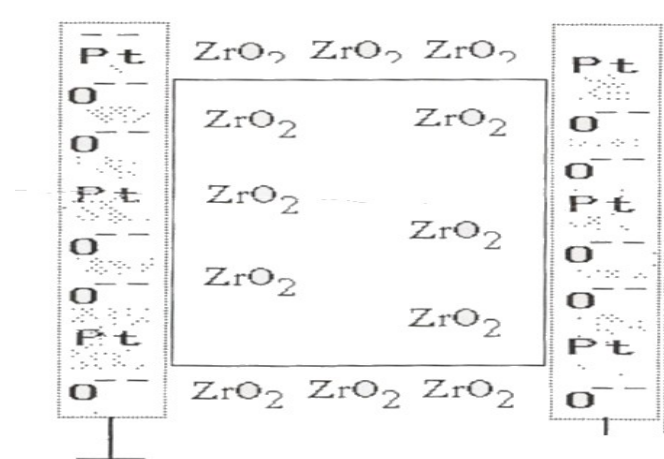
3.3 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Όπως αναφέραμε παραπάνω το ρόλο του ηλεκτρολύτη σε ξηρή μορφή θα παίζει το διοξείδιο του ζirkονίου, καθώς θα φορτίζεται – εκφορτίζεται ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι ηλεκτρικών φορτίων. Τα ηλεκτρικά φορτία σχηματίζονται από τα ιόντα οξυγόνου που είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των μορίων του οξυγόνου (του ατμοσφαιρικού αέρα στο εσωτερικό και των καυσαερίων στο εξωτερικό αντίστοιχα), με την επιφάνεια της σπογγώδους πλατίνας.



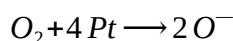
Εικόνα 7: Τομή αισθητήρα. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

Η σπογγώδης πλατίνα αναλαμβάνει το ρόλο του «καταλύτη» της παραπάνω αλληλεπίδρασης, μιας και συντελεί στην απορρόφηση των μορίων οξυγόνου και για τον λόγο αυτό τοποθετείται εκατέρωθεν του οξειδίου του αργιλίου σε λεπτά στρώματα πάχους 10μm. Είναι προφανές ότι η εσωτερική επιφάνεια της πλατίνας βρίσκεται σε μόνιμη επαφή με μόρια οξυγόνου, δημιουργώντας έτσι ως σημείο αναφοράς την περιεκτικότητα των μορίων οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα

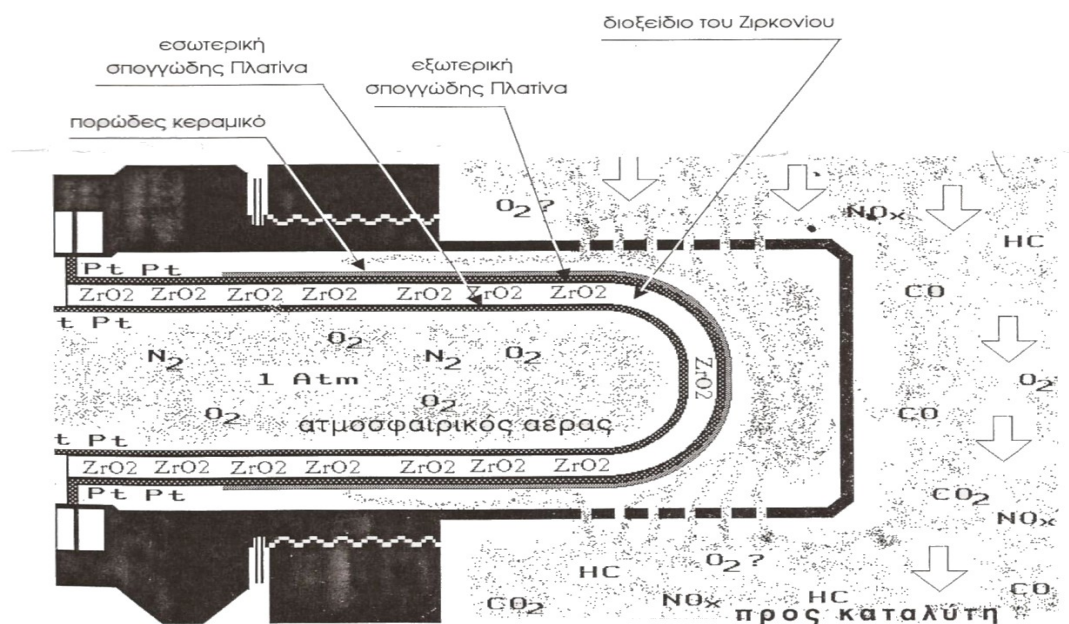


Εικόνα 8: Η Ηλεκτροχημική αντίδραση στον αισθητήρα. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

Καθώς λοιπόν τα μόρια του οξυγόνου εισέρχονται από τις εγκοπές του εξωτερικού περιβλήματος και απορροφώνται από την επιφάνεια της σπογγώδους πλατίνας, μετατρέπονται σε ιόντα οξυγόνου με την μορφή της παρακάτω ηλεκτροχημικής αντίδρασης που συντελείται και στις δυο πλευρές του ηλεκτρολύτη (διοξειδίο του ζirkονίου)



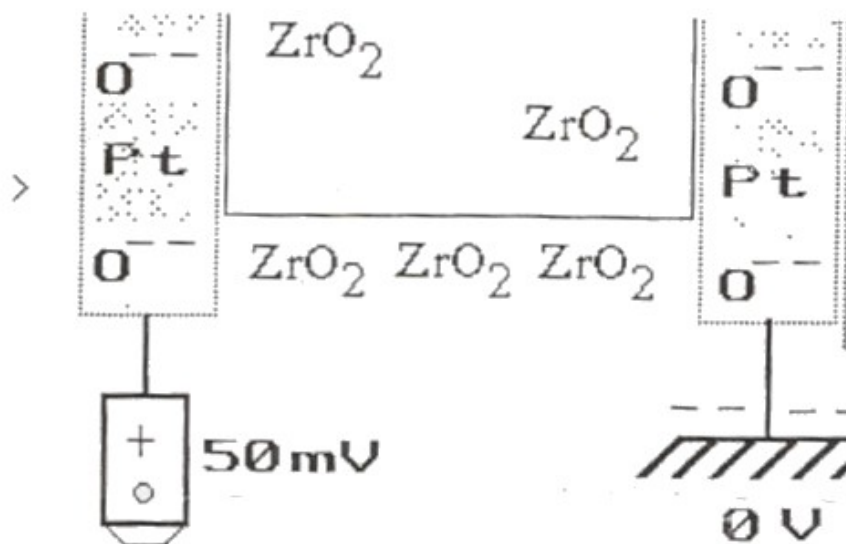
Δηλαδή, με την δράση της πλατίνας ένα μόριο του οξυγόνου μετατρέπεται σε δυο αρνητικά ιόντα οξυγόνου.



Εικόνα 9: Κίνηση μορίων αερίων. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

Η διαφορετική συγκέντρωση ιόντων οξυγόνου στην πλευρά του ατμοσφαιρικού αέρα και των καυσαερίων δημιουργεί πόλωση στο διοξείδιο του ζirkονίου με αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαφοράς δυναμικού-τάσης . Η τάση που δημιουργείται είναι της τάξεως των 50-900 mV και είναι αρκετή για να πραγματοποιήσει η ECU τους απαραίτητους ελέγχους.

Εκτός από καταλύτης η πλατίνα παίζει και το ρόλο του αγωγού του ηλεκτρικού σήματος. Τα δυο στρώματα της πλατίνας χρησιμοποιούνται και ως ακροδέκτες στους οποίους εμφανίζεται η διάφορα δυναμικού με το εξωτερικό στρώμα πλατίνας να εμφανίζει αρνητική τάση (σύνδεση στην γείωση του αισθητήρα) και το εσωτερικό να εμφανίζει αντίστοιχα θετική (σύνδεση με ΦΙΣ στο καλώδιο προς την ECU)



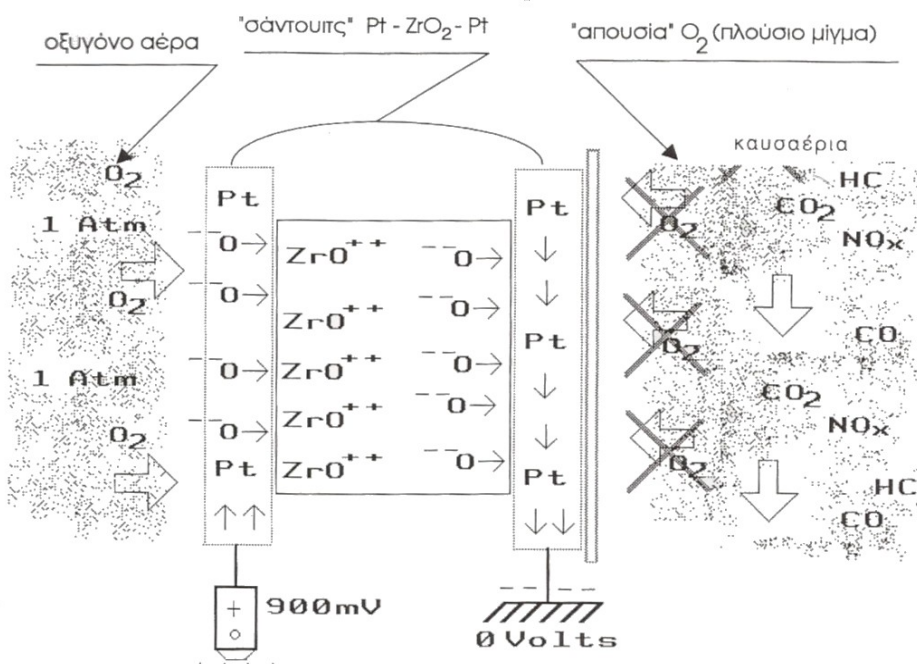
Εικόνα 10: Πλατίνα στο ρόλο αγωγού. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

Όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω αυτή η διάφορα δυναμικού θα οδηγηθεί στην ECU η οποία στην συνέχεια θα πραγματοποιήσει τους απαραίτητους ελέγχους στην διάρκεια του ψεκασμού καύσιμου και το αβάνς.

3.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΠΛΟΥΣΙΟ ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΥΣΕΩΣ

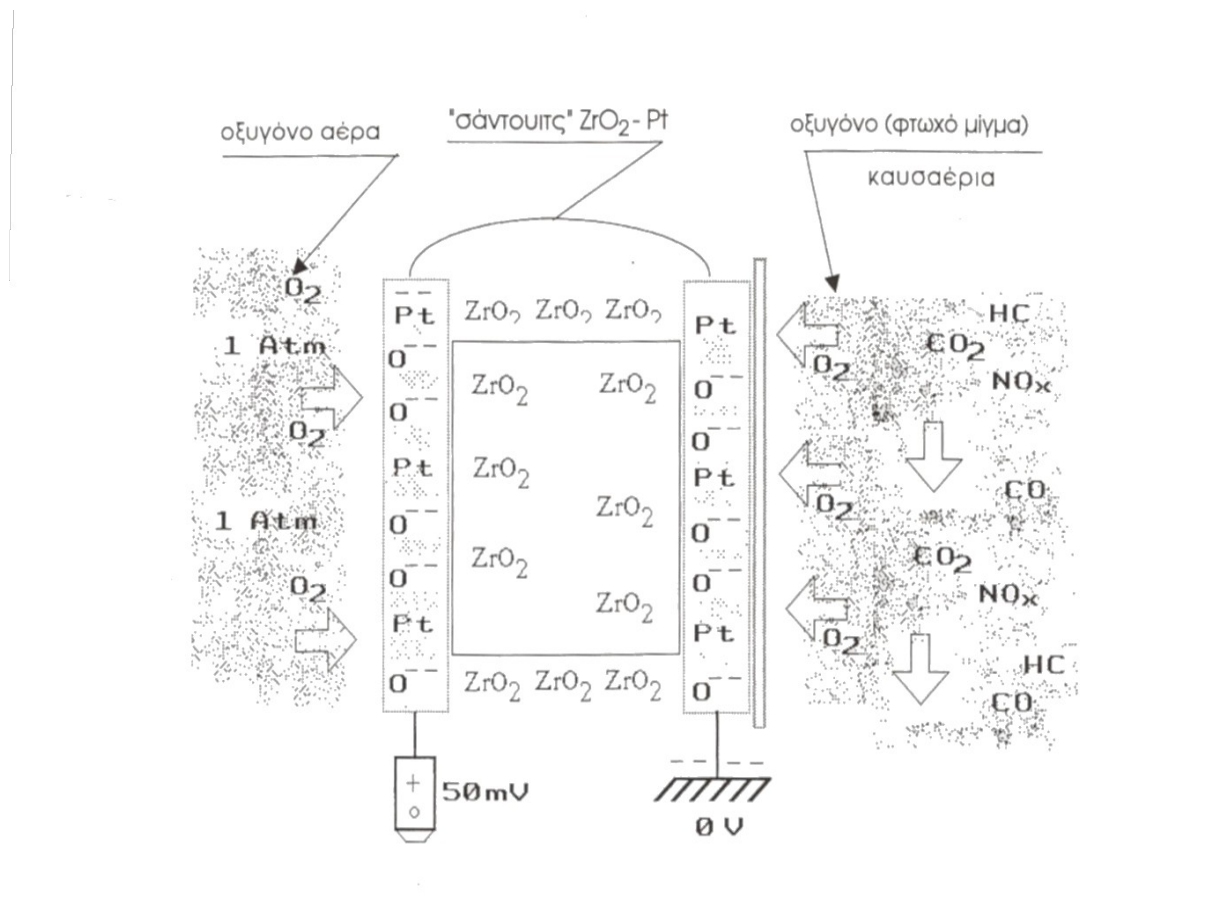
Στην περίπτωση που ο κινητήρας λειτουργεί με περίσσεια μείγματος καυσίμου, αυτό σημαίνει ότι ολόκληρη η εισαγόμενη στο θάλαμο καύσης ποσότητα των μορίων οξυγόνου θα χρησιμοποιηθεί και θα μετατραπεί σε παράγωγα της χημικής αντίδρασης καύσης (Διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , ατμοί νερού H_2O). Άρα δεν θα υπάρχουν μόρια οξυγόνου στα καυσαέρια με αποτέλεσμα να μην δημιουργούνται ιόντα οξυγόνου μετά την αλληλεπίδραση τους με την εξωτερική επιφάνεια της σπογγώδους πλατίνας του αισθητήρα. Η εσωτερική επιφάνεια από την άλλη, είναι μόνιμα εκτεθειμένη με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι διαφορετικές αυτές συγκεντρώσεις των ιόντων στις πλευρές του αισθητήρα δημιουργούν διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλευρών του ηλεκτρολύτη. Συγκεκριμένα τα ιόντα του οξυγόνου της εσωτερικής επιφάνειας της πλατίνας έχουν την τάση να κινηθούν μέσω του ηλεκτρολύτη προς την εξωτερική επιφάνεια πλατίνας, μεταφέροντας δυο ηλεκτρόνια το καθένα. Η κίνηση αυτή που δημιουργείται στον ηλεκτρολύτη συντελεί στην πόλωση του και άρα στην δημιουργία τάσης με κατεύθυνση την μονάδα ECU. Να σημειωθεί ότι η εσωτερική πλατίνα (που όπως αναφέραμε παραπάνω λειτουργεί και ως ακροδέκτης) παρουσιάζει θετική τάση κοντά στα 900mV.



Εικόνα 11: Πλούσιο μείγμα και αισθητήρας μικροσκοπικά. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

ΦΤΩΧΟ ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΥΣΕΩΣ

Αντίστοιχα όταν ο κινητήρας λειτουργεί με περίσσεια οξυγόνου, κάποια από τα μόρια οξυγόνου δεν θα χρησιμοποιηθούν στην χημική αντίδραση της καύσης και θα εξέλθουν μαζί με τα καυσαέρια. Αυτά θα αλληλεπιδράσουν με την εξωτερική επιφάνεια της σπογγώδους πλατίνας του αισθητήρα και θα μετατραπούν σε ιόντα οξυγόνου. Όμοια στην εσωτερική πλευρά συναντάται πλήθος ιόντων οξυγόνου. Ως αποτέλεσμα λοιπόν των παρόμοιων συγκεντρώσεων των ιόντων οξυγόνου, δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην τάση των δύο στρωμάτων – ηλεκτροδίων πλατίνας, και πολύ μικρή ή καμία κινητικότητα φορτίων στον ηλεκτρολύτη. Η πολύ μικρή πόλωση μεταφράζεται ως μια τάση το πολύ 50mV στον θετικό ακροδέκτη του αισθητήρα.



Εικόνα 12: Φτωχό μείγμα και αισθητήρας μικροσκοπικά. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

3.5 ΜΕΛΕΤΗ ΤΑΣΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Παρακάτω θα εξετάσουμε την καμπύλη της τάσης εξόδου του αισθητήρα σε συνάρτηση με τις μεταβολές της αναλογίας του μείγματος που αναφέραμε παραπάνω. Πριν από αυτό θα ορίσουμε τον λόγο 'λ' και τις διάφορες αναλογίες μείγματος :

- **Λόγος αέρα λάμδα.**

Αν τοποθετήσουμε στον αριθμητή ενός κλάσματος την πραγματική αναλογία του μείγματος και στον παρονομαστή την στοιχειομετρική αναλογία τότε προκύπτει ένας λόγος , που ονομάζεται συντελεστής λάμδα ή λόγος αέρα λάμδα

$$\lambda = \frac{\text{προσδιδόμενη μάζα αέρα}}{\text{στοιχειομετρικά απαιτούμενη}}$$

ή

$$\lambda = \frac{\text{πραγματική αναλογία μείγματος}}{\text{στοιχειομετρική αναλογία}}$$

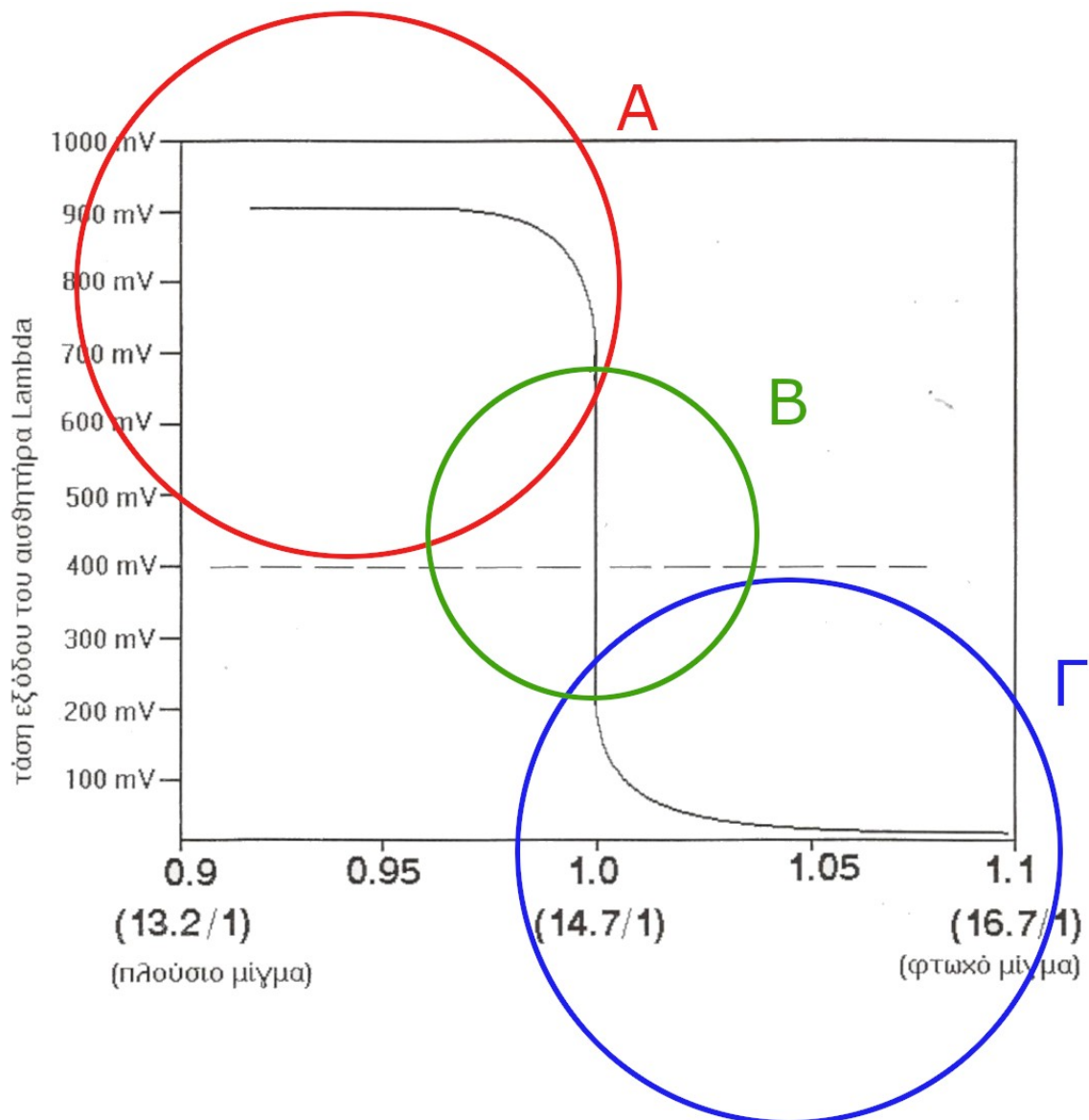
- **Αναλογία μείγματος (Αέρα-καύσιμου).**

Ο λόγος της εκάστοτε μάζας αέρα προς την αντίστοιχη μάζα καυσίμου κατά την καύση ονομάζεται αναλογία μείγματος. Αν μάλιστα η αναλογία αυτή μας δώσει τέλεια καύση τότε ονομάζεται στοιχειομετρική. Για την βενζίνη συγκεκριμένα η

στοιχειομετρική αναλογία είναι $\frac{14,7}{1}$, δηλαδή τα 14,7 μέρη μάζας αέρα και 1 μέρος μάζας βενζίνης αντιδρούν χωρίς κανένα από τα δυο να βρίσκεται σε περίσσια .

$$\text{Αναλογία μείγματος} = \frac{\text{προσδιδόμενη μάζα αέρα}}{\text{προσδιδόμενη μάζα καυσίμου}}$$

Με εργαλεία τους παραπάνω ορισμούς θα μελετήσουμε το παρακάτω γράφημα το οποίο χωρίζουμε σε τρία μέρη



Εικόνα 13: Περιοχές μείγματος. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

- **Περιοχή πλούσιου μείγματος (A)**

Στην περίπτωση αυτή όπως εξηγήσαμε παραπάνω η απουσία των μορίων οξυγόνου (άρα περίσσια καύσιμου και $\lambda < 1$) προκαλεί τάση στον θετικό ακροδέκτη του αισθητήρα κατά μέσο ορό 900mV.

- **Περιοχή στοιχειομετρικής αναλογίας (B)**

Πρόκειται για την περιοχή που παρατηρούμε μεγάλη και απότομη μεταβολή της τάσης εξόδου του αισθητήρα. Η τάση κυμαίνεται από 800mV έως 50mV και ο λόγος λάμδα από 0,99 έως και 1,01. Εδώ παρατηρείται η μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις του αισθητήρα και οι παραμικρές μεταβολές στην αναλογία του μείγματος κοντά στις τιμές $\lambda=1$ μεταβάλλει ραγδαία την τάση εξόδου ενώ οι τιμές του λάμδα διαφέρουν πολύ λίγο οι αντίστοιχες τιμές της τάσης διαφέρουν πολύ. Με λίγα λόγια στην προσπάθεια διατήρησης του λόγου λάμδα (σε συνεργασία με την ECU) γύρω από την τιμή 1, η μεταβολή της τάσης θα έχει την μορφή παλμού όπως θα εξηγήσουμε και παρακάτω.

- **Περιοχή φτωχού μείγματος (Γ)**

Στην περίπτωση αυτή η συγκέντρωση των μορίων οξυγόνου στα καυσαέρια είναι μεγάλη (άρα περίσσια οξυγόνου και $\lambda>1$) και η τάση που παράγεται στον θετικό ακροδέκτη του αισθητήρα είναι της τάξεως των 50-80mV.

3.6 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ECU- ΠΑΛΜΟΙ

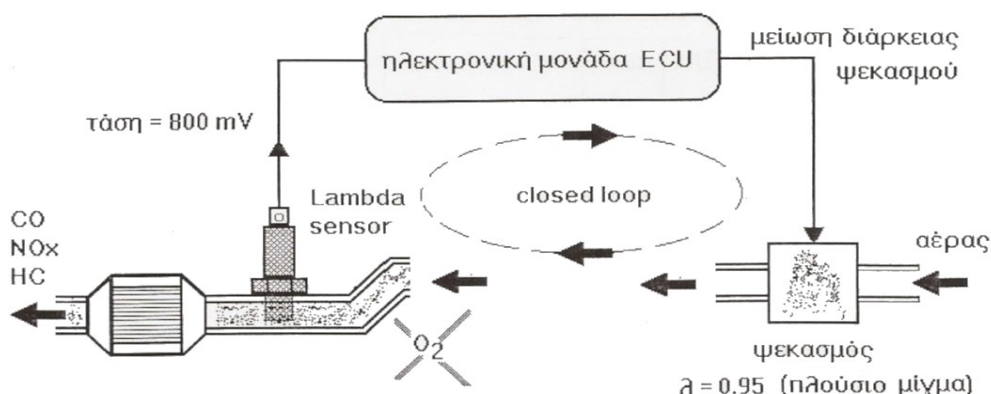
Στο προηγούμενη παράγραφο αναφέραμε ότι η ιδανική τιμή του λόγου λάμδα για επίτευξη της στοιχειομετρικής αναλογίας είναι $\lambda=1$. Επιδίωξη της συνεργασίας του αισθητήρα λάμδα και του εγκέφαλου του αυτοκίνητου είναι η συνεχής διόρθωση των αποκλίσεων από την τιμή αυτή. Η συνεργασία αυτή έχει την εξής σειρά:

- Η εκάστοτε τάση στο θετικό άκρο του αισθητήρα οδηγείται στην ECU μέσω της καλωδίωσης.
- Η ECU με την σειρά της διαβάζει την τάση και επεμβαίνει μεταβάλλοντας τον ψεκασμό του καύσιμου
- Ο κύκλος επαναλαμβάνεται

Προϋπόθεση για να ληφθεί η παραγόμενη από τον αισθητήρα τάση υπόψιν στα δεδομένα της ECU είναι, ο αισθητήρας να έχει φτάσει σε θερμοκρασία λειτουργίας. Διαφορετικά το σήμα δεν λαμβάνεται υπόψιν

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΛΟΥΣΙΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

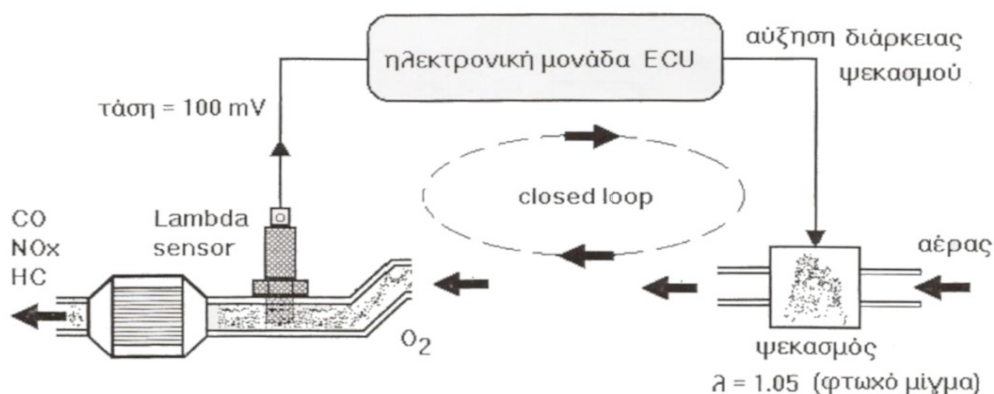
Στην περίπτωση που εισάγεται στο θάλαμο καύσης πλούσιο μείγμα δηλαδή $\lambda < 1$ ο αισθητήρας παράγει τάση το πολύ 800mV. Η τάση αυτή οδηγείται στην ECU όπου συγκρίνεται με μια τάση αναφοράς. Η τάση αυτή είναι σταθερή και χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για την σύγκριση των λαμβανομένων από τον αισθητήρα τάσεων και είναι της τάξης των 400mV. Στην συνέχεια η ECU αναλύει την τάση του αισθητήρα και καθώς είναι μεγαλύτερη από την τάση αναφοράς μειώνει την διάρκεια του ψεκασμού καύσιμου αποτρέποντας έτσι την λειτουργία του κινητήρα με πλούσιο μείγμα.



Εικόνα 14: Εντολή ECU σε περίπτωση πλούσιου μείγματος. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΤΩΧΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

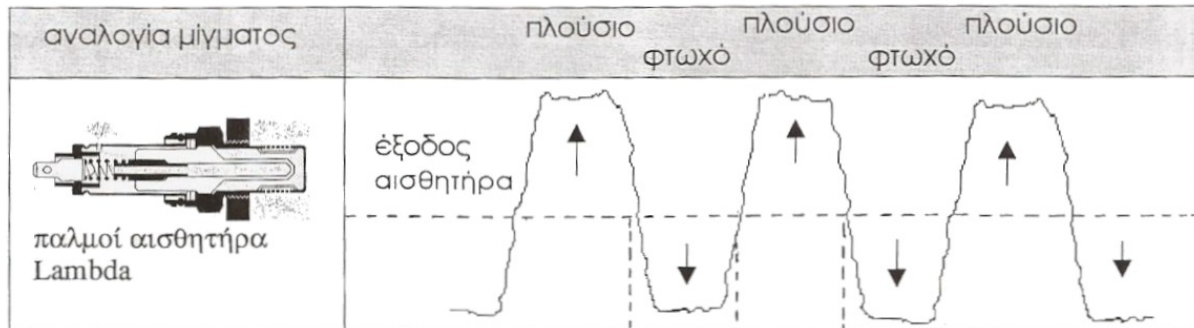
Στην περίπτωση που εισάγεται φτωχό μείγμα στο θάλαμο καύσης, δηλαδή $\lambda > 1$ ο αισθητήρας παράγει τάση περίπου 100mV. Μετά την σύγκριση με την τάση αναφοράς από την ECU αυξάνεται η διάρκεια του ψεκασμού καύσιμου.



Εικόνα 15: Εντολή ECU σε περίπτωση φτωχού μείγματος. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΜΩΝ

Η συνεχής εναλλαγή των περιπτώσεων που διακρίναμε παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα να εξάγεται τάση από τον αισθητήρα λάμδα με την μορφή παλμού προς επεξεργασία από την ECU όπως φαίνεται στην εικόνα 16.



Εικόνα 16: Κανονικός παλμός. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

Η επεξεργασία του σήματος από την ECU γίνεται όπως αναφέρθηκε μέσω σύγκρισης με μια τάση αναφοράς, ώστε να καταλήξει σε κατάλληλη προσαρμογή του χρόνου ψεκασμού. Αυτό επιτυγχάνεται από μια σειρά κυκλωμάτων IC (integrated circuit) και συγκεκριμένα συγκριτών (Comparator).

ΣΥΓΚΡΙΤΕΣ (COMPARATORS)

Στην ηλεκτρονική, συγκριτής ονομάζεται μια συσκευή που συγκρίνει δυο τάσεις και παράγει τάση εξόδου (V_0) ανάλογα με τη διαφορά των συγκρινόμενων τάσεων.

Στην περίπτωση μας το σήμα από τον αισθητήρα λάμδα επεξεργάζεται από δυο συγκριτές προτού έχουμε το αποτέλεσμα της αυξομείωσης διάρκειας ψεκασμού

ΠΡΩΤΟΣ ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ

Ο πρώτος συγκριτής δέχεται στην μια είσοδο την θετική τάση από τον αισθητήρα λάμδα ($V_1^{+i\dot{i}}$) ενώ η άλλη είσοδος δέχεται την σταθερή αρνητική τάση αναφοράς $V_1^{-i\dot{i}} = 400\text{mV}$.

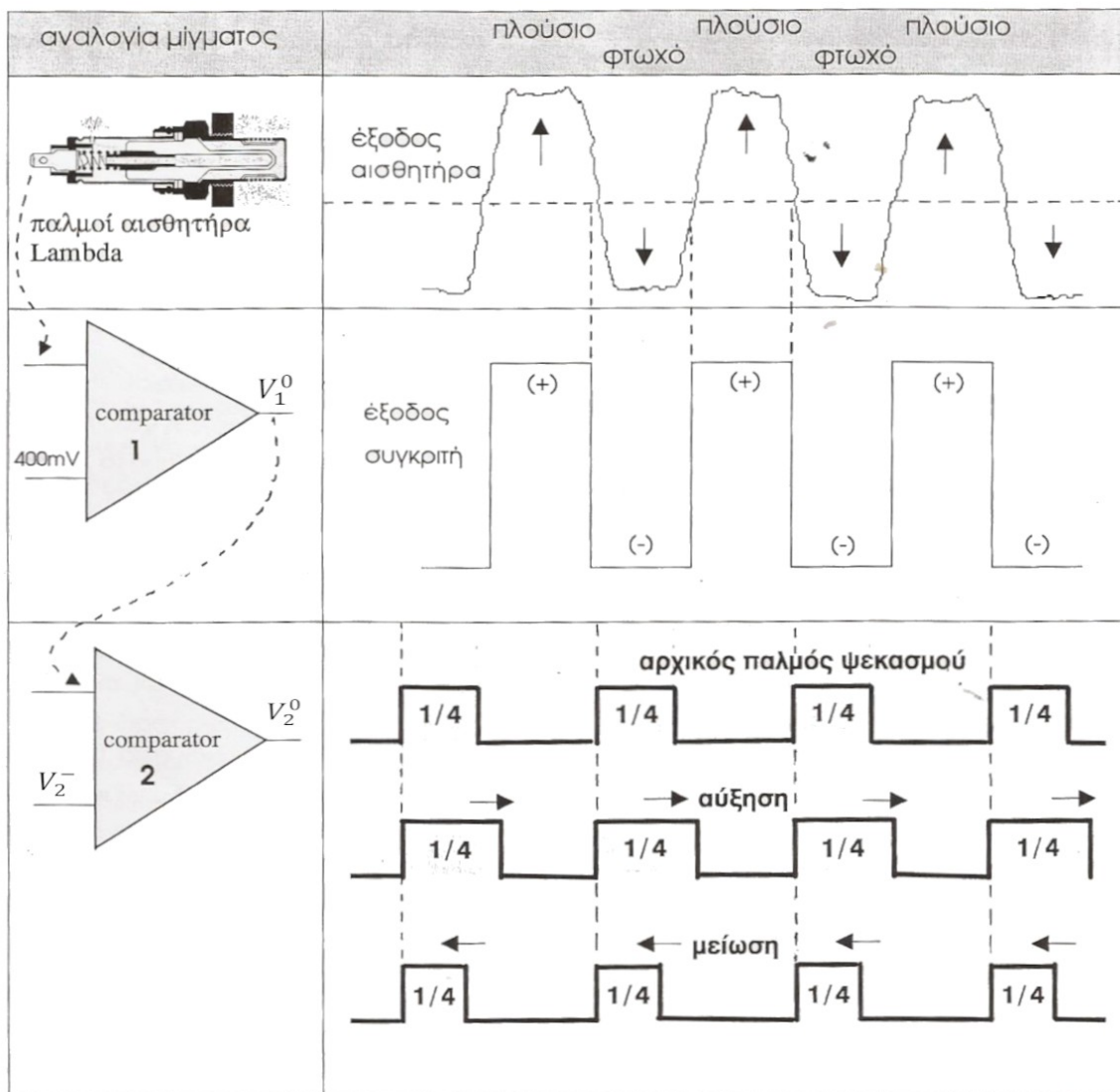
Οπότε διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- Αν $50\text{mV} \leq V_1^{+i\dot{i}} < V_1^{-i\dot{i}}$ τότε η τάση εξόδου του συγκριτή (V_1^0) γίνεται αρνητική
- Αν $V_1^{-i\dot{i}} < V_1^{+i\dot{i}} \leq 800\text{mV}$ τότε η τάση εξόδου του συγκριτή (V_1^0) γίνεται θετική

Να σημειωθεί ότι η τάση εξόδου (V_1^0) του πρώτου συγκριτή αλλάζει αμέσως πολικότητα μόλις λάβει τιμές εκατέρωθεν της τιμής των 400mV και είναι από 0 έως 6V

ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ

Ο δεύτερος συγκριτής δέχεται την μέση τιμή τάσης εξόδου(V_1^0) του πρώτου συγκριτή και την συγκρίνει με μια νέα τάση αναφοράς($V_2^{-i_0}$). Η νέα τάση αναφοράς σε αντίθεση με τον πρώτο συγκριτή είναι μεταβαλλόμενη ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα Η τάση εξόδου(V_2^0) που παραγεται είναι αυτή που καθορίζει τις εναλλαγές διάρκειας του ψεκασμού καυσίμου.

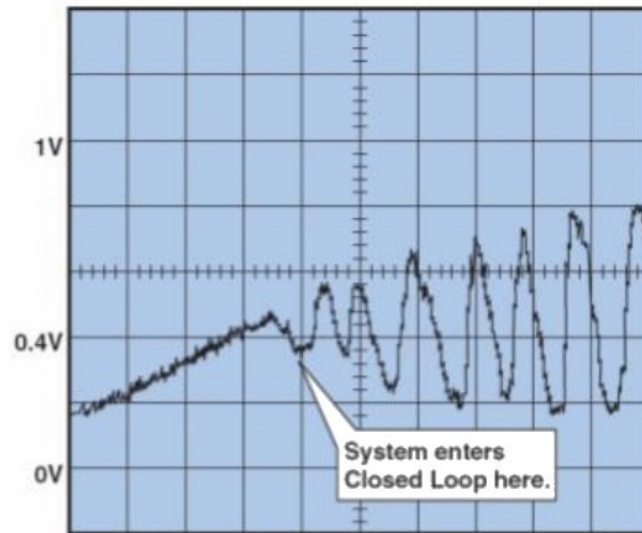


Εικόνα 17: Μετατροπή παλμού αισθητήρα. (ΠΗΓΗ: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου Δ. Παναγόπουλος)

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΜΩΝ

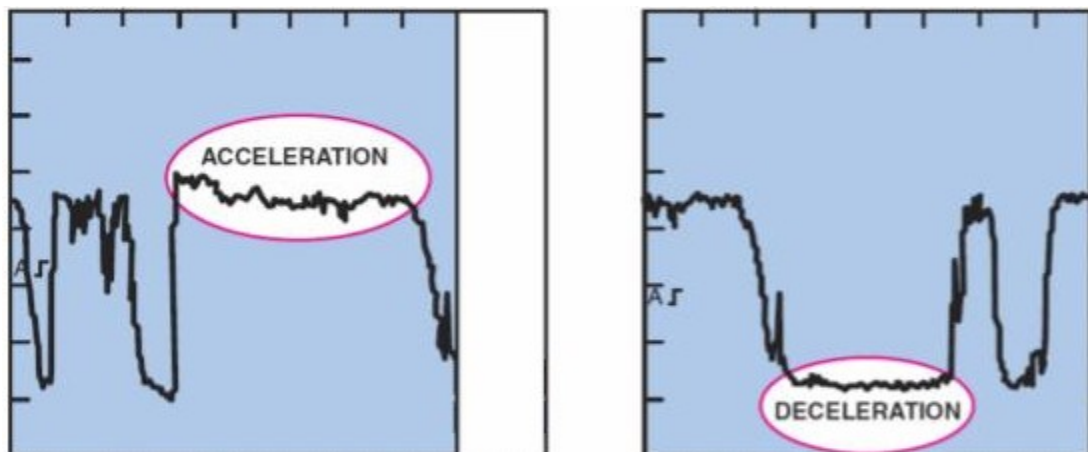
Θα δούμε πως μοιάζει ο παλμός σε 3 φάσεις λειτουργίας ενός κινητήρα:

- Στην φάση της κρύας εκκίνησης ενώ ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί. Βλέπουμε ότι η τάση του πρώτου αισθητήρα κυμαίνεται σταθερά στα 450mV ώσπου να φτάσει στην θερμοκρασία λειτουργίας του, όπως θα αναφερθούμε και στο επόμενο κεφάλαιο (Θερμοκρασίες 3.7). Αφού φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία τότε θα δημιουργήσει παλμό τάσεων.



Εικόνα 18:Κρύα εκκίνηση. (ΠΗΓΗ: Advanced Engine Performance Diagnosis James Halderman)

- Στις φάσεις της συνεχόμενης επιτάχυνσης και επιβράδυνσης (μεγάλο φορτίο κινητήρα και μηδενικό). Σε αυτές τις δυο φάσεις παρατηρούμε ότι λειτουργεί σαν ανοιχτό σύστημα ρύθμισης μείγματος καυσίμου-αέρα.



Εικόνα 19: Κινητήρας με φορτίο και μη. (ΠΗΓΗ: Advanced Engine Performance Diagnosis James Halderman)

3.7 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ανάλογα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν στο χώρο τοποθέτησης του αισθητήρα διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΕ ΧΑΜΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Η παραγωγή τάσης στα άκρα του αισθητήρα εξαρτάται από την αποδοτικότητα της καταλυτικής ιδιότητας της σπογγώδους πλατίνας. Μέχρι τους 250°C Οι συνθήκες δεν είναι κατάλληλες ώστε να επιτευχθεί η ηλεκτροχημική αντίδραση παραγωγής ιόντων οξυγόνου που αναφέρεται στην παράγραφο 3.2 . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ηλεκτρολύτης (διοξείδιο του ζirkονίου) να έχει πολύ χαμηλό ρυθμό φόρτισης- εκφόρτισης (περίπου 10-15sec). Ο αισθητήρας αδυνατεί λοιπόν να παράξει τις δεκτές από την ECU τάσεις, οπότε το σήμα από τον αισθητήρα δεν λαμβάνεται υπόψιν από την ECU για την ρύθμιση του μείγματος. Αντιθέτως , στην μνήμη ROM της ECU είναι αποθηκευμένες σταθερές τιμές του λόγου λάμδα με τις οποίες γίνεται ρύθμιση του μείγματος.

- ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΕ ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Το ιδανικό διάστημα θερμοκρασιών λειτουργίας του αισθητήρα είναι 450-650°C. Σε αυτό το εύρος επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ταχύτητα φόρτισης- εκφόρτισης του ηλεκτρολύτη άρα και μέγιστη ταχύτητα απόκρισης του αισθητήρα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του χρόνου των 30ms ανάμεσα σε δυο διαδοχικές παραγωγές τάσης στην θερμοκρασία των 600°C

- ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Στην περίπτωση που οι θερμοκρασίες καυσαερίων ξεπεράσουν την τιμή των 850°C υπάρχει πιθανότητα ο αισθητήρας να καταστραφεί. Αν δεν καταστραφεί σε αυτές τις θερμοκρασίες τότε η ταχύτητα φόρτισης - εκφόρτισης του μειώνεται ραγδαία. Η ECU αντίστοιχα με την περίπτωση λειτουργίας σε χαμηλή θερμοκρασία παρακάμπτει τα σήματα του αισθητήρα και δίνει εντολή ο κινητήρας να δουλέψει με φτωχό μείγμα μέσα από προκαθορισμένες τιμές του λόγου λάμδα από την μνήμη ROM.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ

Για να λυθεί το πρόβλημα της αργής απόκρισης του αισθητήρα στις χαμηλές θερμοκρασίες, οι κατασκευαστές έχουν υιοθετήσει την τεχνική τοποθέτησης μιας θερμικής αντίστασης στο εσωτερικό του αισθητήρα λάμδα. Η θερμική αντίσταση χρειάζεται περίπου 20 με 40 δευτερόλεπτα ώστε να φέρει τον αισθητήρα στην επιθυμητή θερμοκρασία των 400°C για να μπορεί να δώσει κανονικές τάσεις . Όταν η ECU δεχτεί τα κατάλληλα σήματα από τον

αισθητήρα διακόπτει αυτόματα την λειτουργία της θερμικής αντίστασης. Αν περάσουν ένα με δυο λεπτά και η ECU δεν δεχτεί τα κατάλληλα σήματα τότε το χρονοκύκλωμα ασφαλείας διακόπτει την λειτουργία της θερμικής αντίστασης.



Εικόνα 20: Θερμικές αντιστάσεις αισθητήρα. (ΠΗΓΗ: xmgrowy.en.ec21.com)

Τεχνικά χαρακτηριστικά μιας κοινής θερμικής αντίστασης:

Η διάμετρος της είναι περίπου 3mm και το μήκος της 56mm. Είναι κατασκευασμένη από οξείδιο του αργιλίου (αλουμίνα). Η τάση λειτουργίας της είναι 12 Volt συνεχούς ρεύματος, η ισχύς της είναι 10 Watt και η θερμική αντίσταση είναι 4 ohm

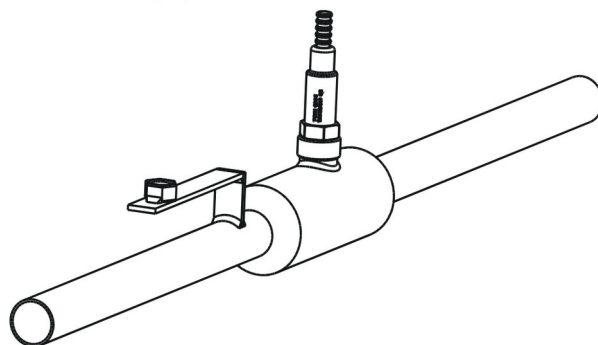
4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ - ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν ξοδέψει πολύ χρόνο και πόρους για να συμπεράνουν ποια είναι η σωστή θέση τοποθέτησης του αισθητήρα. Η σημαντικότερη παράμετρος που θα επηρεάσει την επιλογή του σωστού σημείου είναι η θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στον

αισθητήρα από την επαφή του με τα καυσαέρια και είναι εξαιρετικά σημαντική διότι όπως αναφέραμε ο αισθητήρας πρέπει να λειτουργεί σε συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ταχύτητα απόκρισης και ακρίβεια σήματος. Άρα λοιπόν για να βρεθεί η καταλληλότερη περιοχή στην σωλήνωση εξαγωγής καυσαερίων πρέπει να ληφθούν υπόψιν και κάποια άλλα στοιχεία που αφορούν την κατασκευή του κινητήρα όπως ο αριθμός κυλίνδρων και η ύπαρξη ή μη συστήματος υπερπλήρωσης (Turbo). Παρακάτω θα εξετάσουμε τη τοποθέτηση τόσο ως προς την απόσταση από τις βαλβίδες εξαγωγής όσο και ως προς την κλίση του αισθητήρα.

4.1 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ

Όσο περισσότεροι κύλινδροι τροφοδοτούν την σωλήνωση εξαγωγής με καυσαέρια τόσο περισσότερη θερμότητα αναπτύσσεται στον αισθητήρα. Οι κατασκευαστές συνιστούν ο αισθητήρας να τοποθετείται γύρω στα 1000mm από την κοντινότερη βαλβίδα εξαγωγής (η απόσταση που αναφέρουμε είναι η νοητή διαδρομή στον κεντρικό άξονα της σωλήνωσης) σε ατμοσφαιρικούς κινητήρες. Σε άλλες περιπτώσεις που ο αισθητήρας είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο κινητήρων με δυο κεφαλές (διάταξη V ή επίπεδη διάταξη) και άρα δυο ξεχωριστών πολλαπλών εξαγωγής καυσαερίων, συστήνεται να τοποθετείται το πολύ 1500mm από την κοντινότερη βαλβίδα εξαγωγής. Σε περιπτώσεις ύπαρξης συστήματος υπερπλήρωσης τα πράγματα είναι λίγο πιο δύσκολα διότι υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις θερμοκρασίας ανάλογα με το αν το σύστημα βρίσκεται σε υψηλή πίεση ή όχι. Για τον λόγο αυτό οι εφαρμογές σε κινητήρες με συστήματα υπερπλήρωσης απαιτούν ο αισθητήρας να τοποθετείται ακόμα πιο μακριά από τις βαλβίδες εξαγωγής τουλάχιστον 1000mm από την εξαγωγή του υπερπληρωτή.



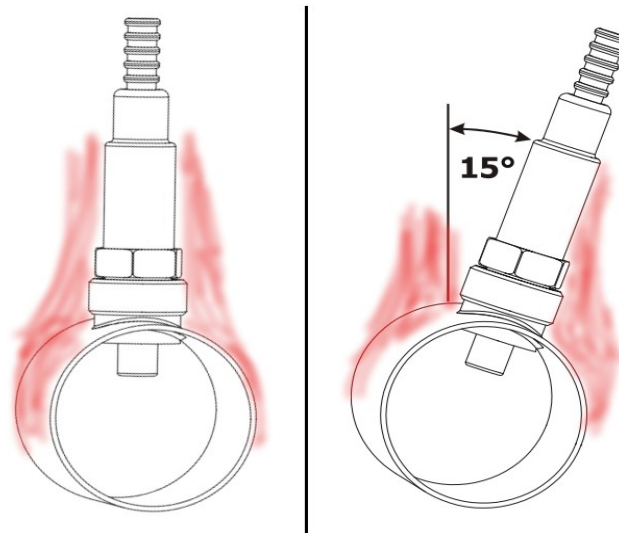
Εικόνα 21: Τοποθέτηση αισθητήρα σε σωλήνωση μεγαλύτερης διαμέτρου. (ΠΗΓΗ: wbo2.com/lsu)

Σε ειδικές περιπτώσεις όπου ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετηθεί μακριά από την βαλβίδα εξαγωγής, η τοποθέτηση γίνεται σε ένα μικρό κομμάτι σωλήνωσης μεγαλύτερης διαμέτρου

από την σωλήνωση εξαγωγής. Η σχεδίαση αυτή επιτρέπει τον περιορισμό της ταχύτητας των καυσαερίων με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της περιοχής, ενώ οι στροβιλισμοί των καυσαερίων που δημιουργούνται έχουν ως αποτέλεσμα την καλύτερη επαφή με το σώμα του αισθητήρα.

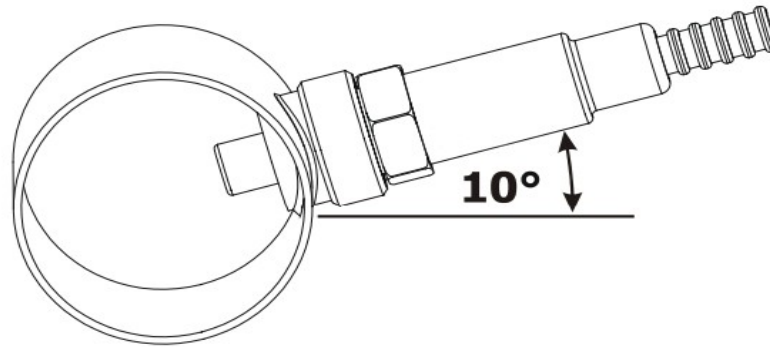
4.2 ΚΛΙΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Για την αποφυγή υπερθέρμανσης του αισθητήρα οι κατασκευαστές προτείνουν την τοποθέτησή του σε κλίση τουλάχιστον 15° σε σχέση με τον κάθετο άξονα. Η επιλογή αυτού του τύπου τοποθέτησης γίνεται διότι το εξωτερικό μέρος του αισθητήρα εκτίθεται σε μικρότερο βαθμό στην θερμότητα που ελευθερώνεται από την σωλήνωση προς το εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 22: Διαφορά κλίσης και αποφυγή μέγιστης απορρόφησης θερμότητας. (ΠΗΓΗ: wbo2.com/lisu)

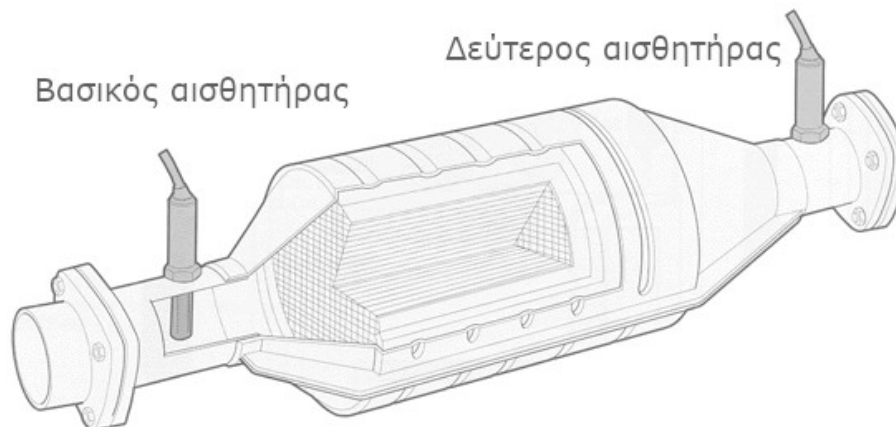
Για την αποφυγή εισαγωγής υγρασίας στο σώμα του αισθητήρα μαζί με τον ατμοσφαιρικό αέρα που εισέρχεται για την δημιουργία διαφοράς δυναμικού προτείνεται ο αισθητήρας να τοποθετείται με κλίση τουλάχιστον 10° σε σχέση με τον οριζόντιο άξονα.



Εικόνα 23: Κλίση αισθητήρα για αποφυγή συγκέντρωσης υγρασίας. (ΠΗΓΗ: wbo2.com/lsu)

4.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Σε ορισμένα συστήματα τοποθετείται και δεύτερος αισθητήρας λάμδα, ο οποίος είναι ίδιος με τον πρώτο αισθητήρα. Η χρησιμότητα του δεύτερου αισθητήρα είναι να πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μέσω της παραγωγής τάσεων, ώστε να καθορίζεται το πόσο αποδοτικός ή όχι είναι ο καταλυτικός μετατροπέας.

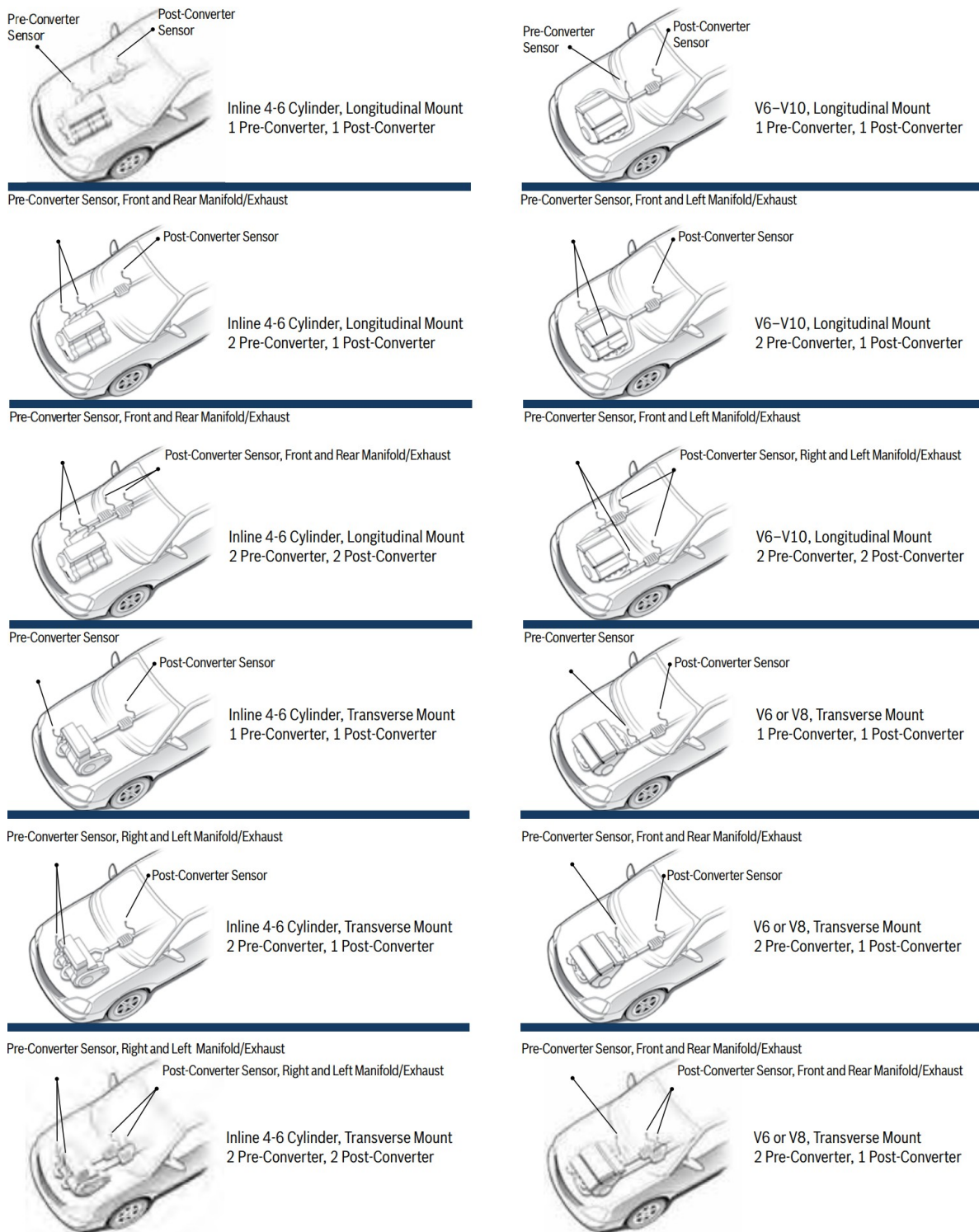


Εικόνα 24: Αισθητήρες σε συνεργασία με καταλυτικό μετατροπέα. (ΠΗΓΗ: www.12v.org)

Αν υποθέσουμε ότι ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργεί σωστά, το σήμα του δεύτερου αισθητήρα θα πρέπει να μην εμφανίζει μεγάλες αυξομειώσεις τάσης παραμένοντας περίπου σταθερό σε μια τάση 450mV ή μεγαλύτερη. Αν η τάση αρχίζει να εμφανίζει παλμό, «αντιγράφοντας» το σήμα του πρώτου αισθητήρα, αυτό σημαίνει ότι η αποδοτικότητα του καταλυτικού μετατροπέα έχει μειωθεί δραματικά.

4.4 ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Στην παρακάτω εικόνα της BOSCH μπορούμε να διακρίνουμε τις πιθανές θέσεις αισθητήρα πριν και μετά τον καταλυτικό μετατροπέα ανάλογα με τον τύπο κινητήρα του οχήματος.



Εικόνα 25: Διάφορες τοποθετήσεις αισθητήρων λάμδα. (ΠΗΓΗ: www.boschautoparts.com)

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ - ΒΛΑΒΕΣ , ΑΙΤΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ

5.1 ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΗΣ

Η διάρκεια ζωής ενός μη θερμαινόμενου αισθητήρα είναι περίπου 50.000-80.000 χιλιόμετρα, ενός θερμαινόμενου αισθητήρα περίπου 160.000 χιλιόμετρα, καθώς τότε εκτιμάται από τους κατασκευαστές ότι επέρχονται τα πρώτα σημάδια χημικής γήρανσης των χημικών στοιχείων που αποτελούν τον αισθητήρα. Παρακάτω θα αναλύσουμε τους λόγους για τους οποίους μπορεί να δυσλειτουργεί ή ακόμα και να μην λειτουργεί ένας αισθητήρας νωρίτερα από την διάρκεια ζωής που αναφέρθηκε παραπάνω. Μπορούμε να τους χωρίσουμε σε δυο κατηγορίες:

ΒΛΑΒΗ ΛΟΓΩ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει πιθανότητα ο αισθητήρας να λειτουργεί σε υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα την χημική νέκρωση του και άρα αδυναμία παραγωγής τάσης. Ενδεικτικά τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος σε συνδυασμό με χαμηλές ταχύτητες οχήματος, περιορισμός στην ροή των καυσαερίων λόγω κάποιου εμποδίου στην σωλήνωση εξαγωγής.

ΒΛΑΒΗ ΛΟΓΩ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.

- Η αλληλεπίδραση του αισθητήρα σε σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας του κινητήρα με καυσαέρια πλούσιου μείγματος, οδηγεί στην μόλυνση της εξωτερικής επιφάνειας της πλατίνας από άκαυστο καύσιμο (μονοξειδίο του άνθρακα CO, υδρογονάνθρακες HC). Λόγω των επικαθίσεων των παραπάνω σωματιδίων δεν διευκολύνεται η κατάλυση των ιόντων οξυγόνου από την πορώδη πλατίνα, οπότε δεν παράγονται αντιπροσωπευτικές τάσεις ή μειώνεται η ταχύτητα απόκρισης.



Εικόνα 26: Αισθητήρας εκτεθειμένος για πολύ χρόνο με πλούσιο μείγμα(ΠΗΓΗ: www.boschautoparts.com)

- Ορισμένοι αισθητήρες δυσλειτουργούν πρόωρα λόγω δηλητηρίασης από αιθυλενογλυκόλη, μια χημική ένωση που αποτελεί κύριο συστατικό του ψυκτικού

υγρού του κινητήρα. Αυτό συνήθως συμβαίνει σε κινητήρες οι οποίοι αντιμετωπίζουν πρόβλημα με την στεγανοποίηση της κεφαλής (π.χ. καμένη φλάντζα) με αποτέλεσμα μικρές ποσότητες ψυκτικού υγρού να περνούν στο θάλαμο καύσης και στην συνέχεια στην σωλήνωση εξαγωγής.



Εικόνα 27: Επαφή αισθητήρα με ψυκτικό υγρό. (ΠΗΓΗ: www.boschautoparts.com)

- Σοβαρή επίπτωση στο έργο του αισθητήρα μπορεί να έχει η κατανάλωση λαδιού από τον κινητήρα. Το λάδι που περνά στο θάλαμο καύσης και από εκεί στο χώρο του αισθητήρα εμποδίζει με φυσικό τρόπο την αλληλεπίδραση του αισθητήρα με τα καυσαέρια. Διάφοροι κατασκευαστές ορίζουν μέγιστο όριο κατανάλωσης λαδιού προκειμένου να εγγυώνται την σωστή λειτουργία των προϊόντων τους. (π.χ. Η BOSCH προτείνει κατανάλωση λαδιού το πολύ 0.7L/1000km)



Εικόνα 28: Επαφή αισθητήρα με λάδια κινητήρα. (ΠΗΓΗ: www.boschautoparts.com)

- Σε περιπτώσεις όπου το σώμα του αισθητήρα εκτίθεται σε υπερβολική υγρασία μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία του αισθητήρα. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι κάποιο ρήγμα στην σωλήνωση εξαγωγής καυσαερίων ή λανθασμένη τοποθέτηση αισθητήρα.
- Αντίστοιχη (με την περίπτωση επαφής με το ψυκτικό υγρό) δηλητηρίαση επιβαρύνει τον αισθητήρα όταν η σιλκόνη (συστατικό φλαντζών) περνά στο χώρο του αισθητήρα με παρόμοιο τρόπο.

5.2 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΠΟΥ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ

Τα παρακάτω συμπτώματα θεωρούνται σοβαρές ενδείξεις υπολειτουργίας ή μη λειτουργίας του αισθητήρα λάμδα:

- Έντονη μυρωδιά άκαυστου καυσίμου από την εξάτμιση και αυξημένη κατανάλωση καυσίμου.
- Αισθητή μείωση της απόκρισης του κινητήρα υπό φορτίο.
- Ανομοιόμορφη λειτουργία του κινητήρα στο ρελαντί.
- Άναμμα προειδοποιητικής λυχνίας (Check engine)

Τα συμπτώματα αυτά προκύπτουν από την μη σωστή ρύθμιση του μείγματος καυσίμου-αέρα από την ECU λόγω λανθασμένου σήματος από τον αισθητήρα. Παρακάτω θα αναλύσουμε τους τρόπους εξέτασης πιθανής βλάβης του αισθητήρα.

Οι διάφορες διαδικασίες που μπορούμε να εξακολουθήσουμε ώστε να επαληθεύσουμε ότι τα συμπτώματα μεταφράζονται σε πραγματική βλάβη του αισθητήρα αναλύονται παρακάτω:

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

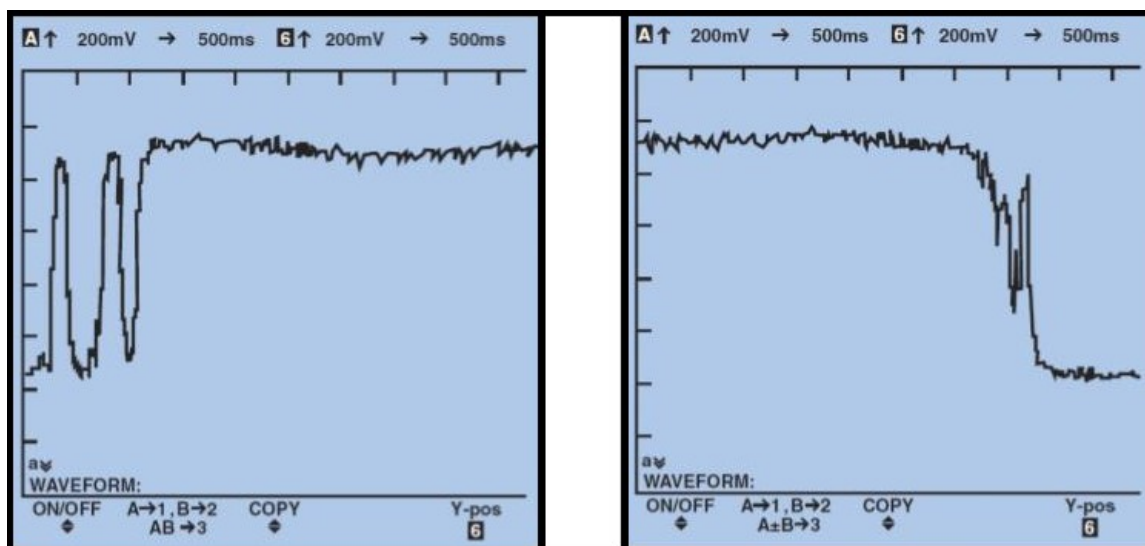
Στις περισσότερες περιπτώσεις ενός πιθανού δυσλειτουργικού αισθητήρα η συχνότητα της εναλλαγής τάσης δεν είναι σταθερή ή ακόμα δεν παράγεται καθόλου τάση. Ο έλεγχος της τάσης του αισθητήρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολύμετρο, παλμογράφο ή διαγνωστικό λογισμικό μέσω της θύρας OBD με τις εξής διαδικασίες:

- Το πολύμετρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρέπει να διαθέτει λειτουργία καταγραφής μέγιστης και ελάχιστης τάσης καθώς και καταγραφή μέσης τάσης. Εφαρμόζοντας τον θετικό ακροδέκτη στο θετικό καλώδιο του αισθητήρα και τον

αρνητικό ακροδέκτη στην γείωση του οχήματος(Βλέπε παρακάτω πινάκα), παρακολουθούμε τις μέγιστες και ελάχιστες τάσεις που παράγονται. Οι τάσεις θα πρέπει να βρίσκονται ανάμεσα στα 50mV και 900mV και η μέση τάση περίπου 450mV, Με αυτό τον τρόπο συμπεραίνουμε ότι οι παραγόμενες τάσεις δημιουργούν παλμό.

Αισθητήρας	Καλώδιο(+)	Γείωση
AC DELCO	ΜΩΒ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ
BOSCH	ΜΑΥΡΟ	ΓΚΡΙ
DELPHI	ΜΩΒ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ
NTK	ΜΑΥΡΟ	ΓΚΡΙ
DENSO	ΜΠΛΕ	ΑΣΠΡΟ
TOYOTA	ΜΠΛΕ	ΑΣΠΡΟ

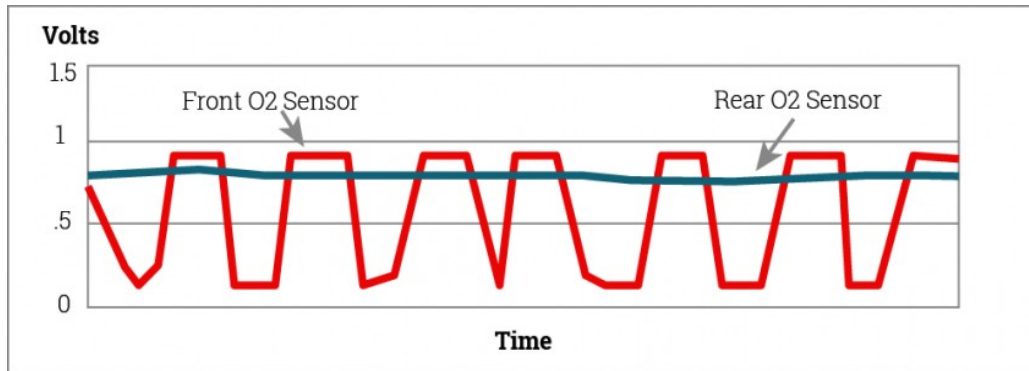
- Ο παλμογράφος και το διαγνωστικό OBD χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των παλμών παραγόμενης τάσης. Μια συνήθης διαδικασία είναι να προστίθεται προπάνιο στο σύστημα εισαγωγής έτσι ώστε να δημιουργείται έλλειμμα οξυγόνου στα καυσαέρια (τεχνητό πλούσιο μείγμα) και ταυτόχρονα να παρακολουθούμε το πολύμετρο . Εάν παρατηρηθεί αύξηση της τάσης και είναι σταθερή, τότε ο αισθητήρας δουλεύει σωστά.



Εικόνα 29: Παροχή προπανίου αριστερά και διακοπή παροχής δεξιά.(ΠΗΓΗ: Advanced Engine Performance Diagnosis James Halderman)

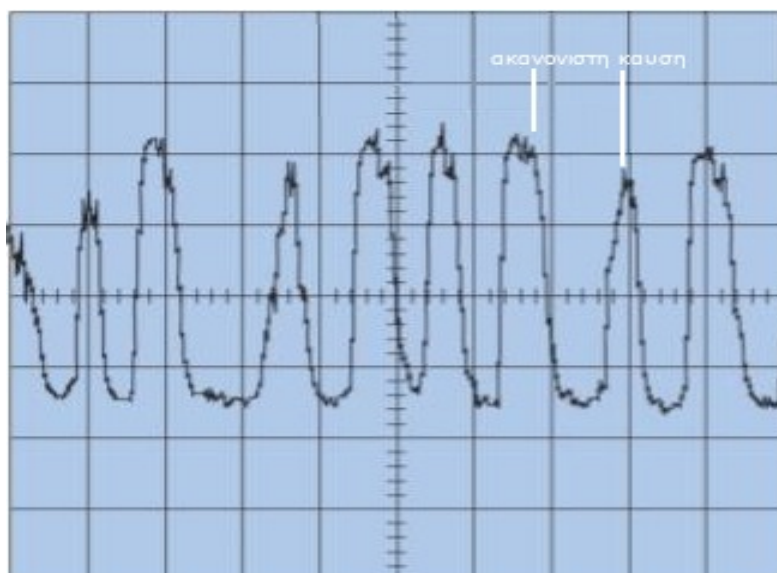
Επίσης το πλεονέκτημα απεικόνισης των παλμών που μας δίνουν τα δυο εργαλεία μας επιτρέπει να τα χρησιμοποιήσουμε για την σύγκριση των παλμών των αισθητήρων

πριν και μετά τον καταλυτικό μετατροπέα. Συγκρίνοντας τους δυο παλμούς, θα πρέπει ο παλμός του πρώτου αισθητήρα να έχει παλμό με σταθερή συχνότητα και ο δεύτερος να είναι σχεδόν ευθεία με σταθερή τάση. Εάν ο δεύτερος αισθητήρας βγάλει τάση και είναι σε μορφή παλμού τότε είναι λειτουργικός και πιθανώς ο καταλυτικός μετατροπέας δεν λειτουργεί.



Εικόνα 30: Σύγκριση αισθητήρα πριν και μετά τον καταλυτικό μετατροπέα. (ΠΗΓΗ: howtune.com)

Υπάρχει μια πιθανότητα ο παλμός που δημιουργείται να μην είναι σταθερής συχνότητας και πλάτους αλλά ο αισθητήρας να είναι πλήρως λειτουργικός. Όταν συμβαίνει αυτό συνήθως το πρόβλημα είναι του κινητήρα ο οποίος κάνει ακανόνιστη καύση (Misfire), αυτό μπορεί να οφείλεται στην κακή λειτουργία του μετρητή ροής μάζας αέρα, σε κακή ανάφλεξη (μικρής έντασης ή λάθος χρόνο) ή ακόμα και σε κακή συμπίεση.



Εικόνα 31: Ακανόνιστη καύση. (ΠΗΓΗ: Advanced Engine Performance Diagnosis James Halderman)

Και με τα 3 εργαλεία μπορούμε να παρακολουθήσουμε την διάρκεια που χρειάζεται ένας αισθητήρας για να έρθει στην θερμοκρασία βέλτιστης απόκρισης μετά από κρύα εκκίνηση.

ΚΩΔΙΚΟΙ ΒΛΑΒΗΣ ΑΠΟ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ

Παρακάτω βλέπουμε κάποιους κωδικούς βλαβών οι οποίοι εμφανίζονται μόνο σε διαγνωστικό OBD και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να οφείλονται σε δυσλειτουργικό αισθητήρα

P0030 - HO2S Heater Control Circuit Bank 1 Sensor 1
P0031 - HO2S Heater Control Circuit Low Bank 1 Sensor 1
P0032 - HO2S Heater Control Circuit High Bank 1 Sensor 1
P0033 - Turbo Charger Bypass Valve Control Circuit
P0034 - Turbo Charger Bypass Valve Control Circuit Low
P0035 - Turbo Charger Bypass Valve Control Circuit High
P0036 - HO2S Heater Control Circuit Bank 1 Sensor 2
P0037 - HO2S Heater Control Circuit Low Bank 1 Sensor 2
P0038 - HO2S Heater Control Circuit High Bank 1 Sensor 2
P0042 - HO2S Heater Control Circuit Bank 1 Sensor 3
P0043 - HO2S Heater Control Circuit Low Bank 1 Sensor 3
P0044 - HO2S Heater Control Circuit High Bank 1 Sensor 3
P0050 - HO2S Heater Control Circuit Bank 2 Sensor 1
P0051 - HO2S Heater Control Circuit Low Bank 2 Sensor 1
P0052 - HO2S Heater Control Circuit High Bank 2 Sensor 1
P0056 - HO2S Heater Control Circuit Bank 2 Sensor 2
P0057 - HO2S Heater Control Circuit Low Bank 2 Sensor 2
P0058 - HO2S Heater Control Circuit High Bank 2 Sensor 2
P0062 - HO2S Heater Control Circuit Bank 2 Sensor 3
P0063 - HO2S Heater Control Circuit Low Bank 2 Sensor 3
P0064 - HO2S Heater Control Circuit High Bank 2 Sensor 3
P0130 - O2 Sensor Circuit Bank 1 Sensor 1
P0131 - O2 Sensor Circuit Low Voltage Bank 1 Sensor 1
P0132 - O2 Sensor Circuit High Voltage Bank 1 Sensor 1
P0133 - O2 Sensor Circuit Slow Response Bank 1 Sensor 1
P0134 - O2 Sensor Circuit No Activity Detected Bank 1 Sensor 1
P0135 - O2 Sensor Heater Circuit Bank 1 Sensor 1

P0136 - O2 Sensor Circuit Malfunction Bank 1 Sensor 2
P0137 - O2 Sensor Circuit Low Voltage Bank 1 Sensor 2
P0138 - O2 Sensor Circuit High Voltage Bank 1 Sensor 2
P0139 - O2 Sensor Circuit Slow Response Bank 1 Sensor 2
P0140 - O2 Sensor Circuit No Activity Detected Bank 1 Sensor 2
P0141 - O2 Sensor Heater Circuit Bank 1 Sensor 2
P0142 - O2 Sensor Circuit Malfunction Bank 1 Sensor 3
P0143 - O2 Sensor Circuit Low Voltage Bank 1 Sensor 3
P0144 - O2 Sensor Circuit High Voltage Bank 1 Sensor 3
P0145 - O2 Sensor Circuit Slow Response Bank 1 Sensor 3
P0146 - O2 Sensor Circuit No Activity Detected Bank 1 Sensor 3
P0147 - O2 Sensor Heater Circuit Bank 1 Sensor 3

ΤΕΛΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την άποψη μου η εφεύρεση του αισθητήρα λάμδα είναι εξαιρετικά σημαντική στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, διότι τα προϊόντα της βιομηχανίας αυτής είναι ευρείας χρήσης με αποτέλεσμα να έχουν εξαιρετικά δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον . Με την συμβολή του αισθητήρα λάμδα ωφελήθηκε κυρίως ο τελικός χρήστης του αυτοκινήτου : Βελτιώθηκε το περιβάλλον στο οποίο ζει και ταυτόχρονα μειώθηκε σημαντικά το κόστος μετακίνησης του με το αυτοκίνητο. Επίσης πιστεύω ότι μπορεί να υπάρξει σημαντική βελτίωση στον τομέα του χρόνου απόκρισης του αισθητήρα , ώστε να λαμβάνονται ακόμα πιο ακριβή στοιχεία και να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την χρήση του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Automotive electronic fundamentals [Frank D. Petruzella]
2. Advanced Engine Performance Diagnosis (5th Edition) [James D. Halderman]
3. Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου : αισθητήριο Lambda - καταλύτες [Δημήτρης Ν. Παναγόπουλος]
4. Συστήματα ψεκασμού και καταλυτική τεχνολογία.[Τζιαφέρης Ν. – Βαρδάκας Α.]

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΝΑΚΤΗΘΗΚΑΝ ΕΠΙΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΙΣΤΟΤΟΠΟΥΣ:

<https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Sensors-and-actuators/Lambda-sensor-4379/>

<https://wbo2.com/lisu/>

<https://www.aa1car.com/>

<https://www.boschautoparts.com/en/auto/oxygen-sensors>

<https://en.wikipedia.org>

<https://www.smog-tech-training.com>

<http://www.denso-am.com/>

<http://www.walkerproducts.com/o2-sensor-training-guide/obdii-codes/>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: <https://blog.bosch.com/history/en/2016/07/20/939/>

Εικόνα 2: <https://blog.bosch.com/history/en/2016/07/20/939/>

Εικόνα 3: <https://motorcycleworkshop.com.au/oxygen-sensors/>

Εικόνα 4: <http://templatelab.com/printable-periodic-table/>

Εικόνα 5: https://www.ngkntk.co.jp/english/product/sensors_plugs/zirconia_oxygen.html

Εικόνα 6: https://www.discountconverter.com/catalytic_converters_news/news_page.cfm?Key=catalytic_converter-&News=248

Εικόνα 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17: Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου : αισθητήριο Lambda - καταλύτες / Δημήτρης Ν. Παναγόπουλος

Εικόνα 13: επεξεργασία Λαγός Σπυρίδων , Η νέα τεχνολογία του αυτοκινήτου : αισθητήριο Lambda - καταλύτες / Δημήτρης Ν. Παναγόπουλος

Εικόνα 18,19 : Advanced Engine Performance Diagnosis (5th Edition) [James D. Halderman]

Εικόνα 20: <https://xmgrwy.en.ec21.com/>

Εικόνα 21, 23: <https://wbo2.com/lisu/>

Εικόνα 22: <https://wbo2.com/lisu/> και επεξεργασία Λαγός Σπυρίδων

Εικόνα 24: <http://www.12v.org/engine/index.php?section=hw&sm=o2>

Εικόνα 25, 26, 27 ,28: <https://www.boschautoparts.com/en/auto/oxygen-sensors>

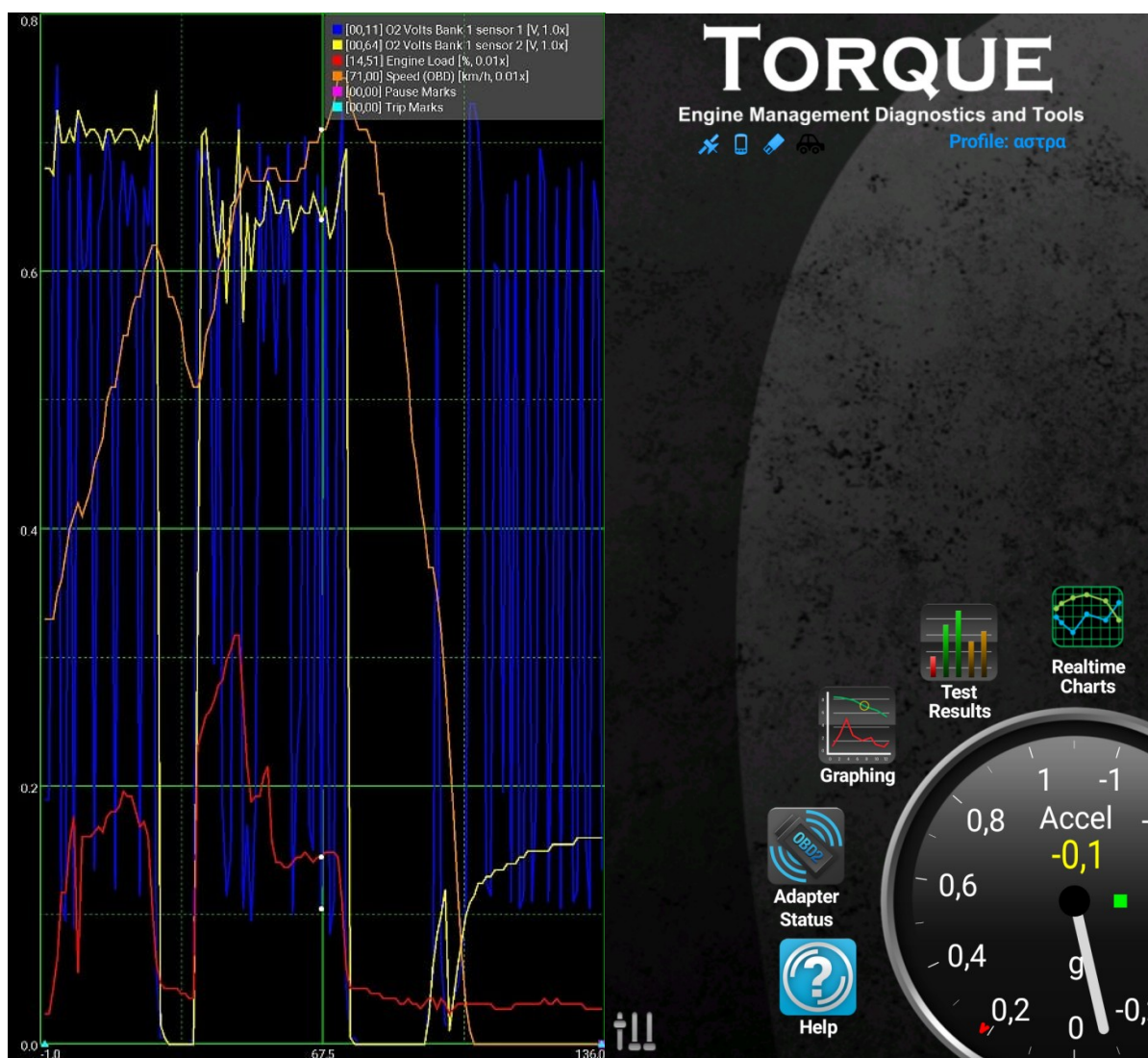
Εικόνα 32,31: Advanced Engine Performance Diagnosis (5th Edition) [James D. Halderman]

Εικόνα 30: <https://howtune.com/articles/182-diagnose-a-p0420-check-engine-code-on-a-odb2-car>

Εικόνες πρακτικού μέρους: Δημιουργία από Σπυρίδωνα Λαγό με την βοήθεια λογισμικού Android Realtime Charts for Torque Pro

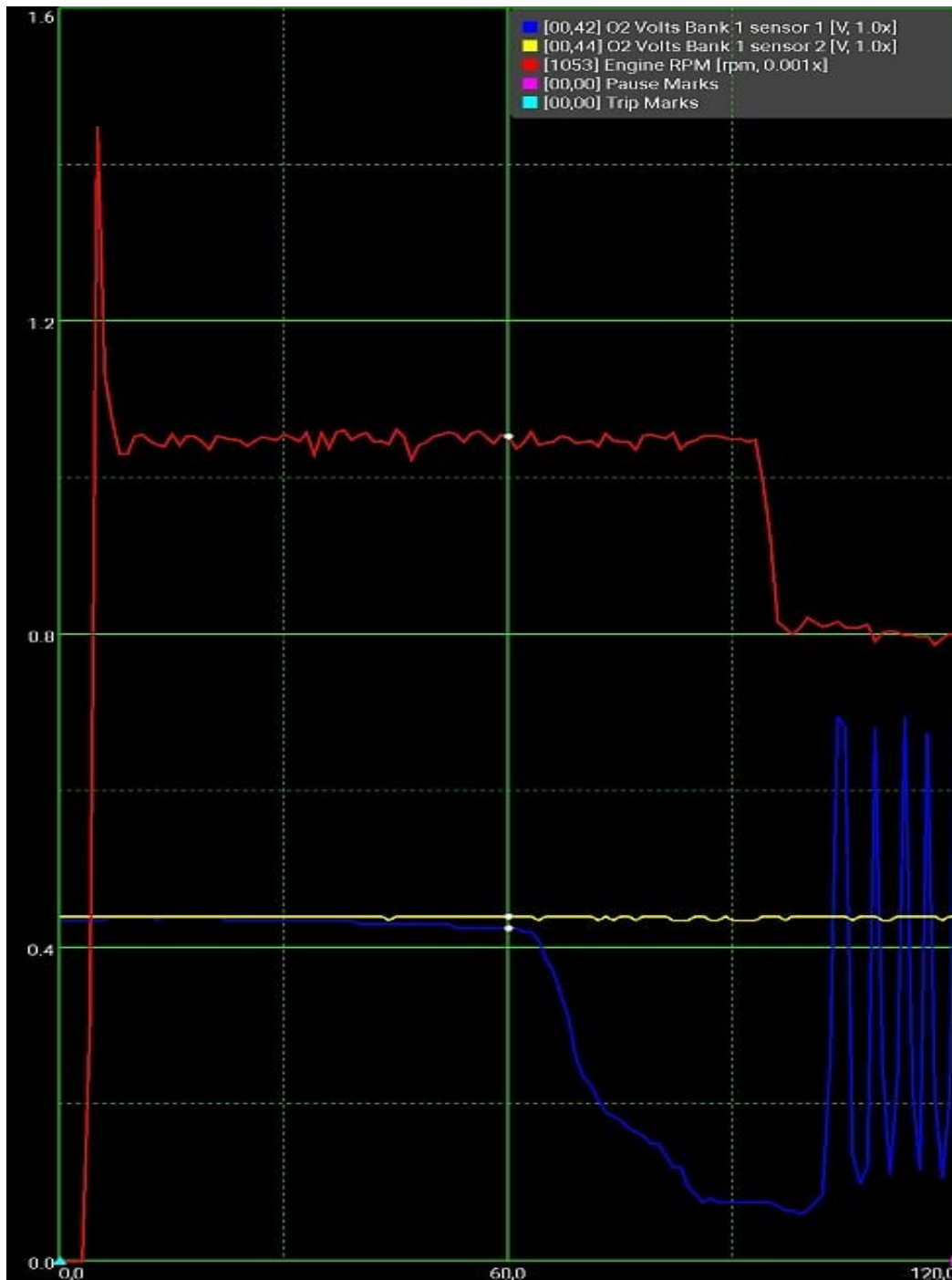
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε την σωστή και μη λειτουργία του συστήματος διόρθωσης έγχυσης καυσίμου. Η ανάλυση θα γίνει πάνω σε κάποιες πληροφορίες που αντλήθηκαν από την ECU σε πραγματικό χρόνο. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την σύνδεση με την ECU είναι ένας προγραμματισμένος μικροελεγκτής (ELM 327) που παράγεται από την ELM Electronics και μια συσκευή Android. Ο μικροελεγκτής τοποθετείται στην θύρα OBD-II του αυτοκινήτου και στην συνέχεια αφού τροφοδοτηθεί με ρεύμα μέσω αυτής της θύρας συνδέεται μέσω Bluetooth με την συσκευή Android για να μπορεί να περάσει της πληροφορίες από την ECU. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι το Torque Pro του Ian Hawkins και το Realtime Charts for Torque Pro του Philip Trasatti.

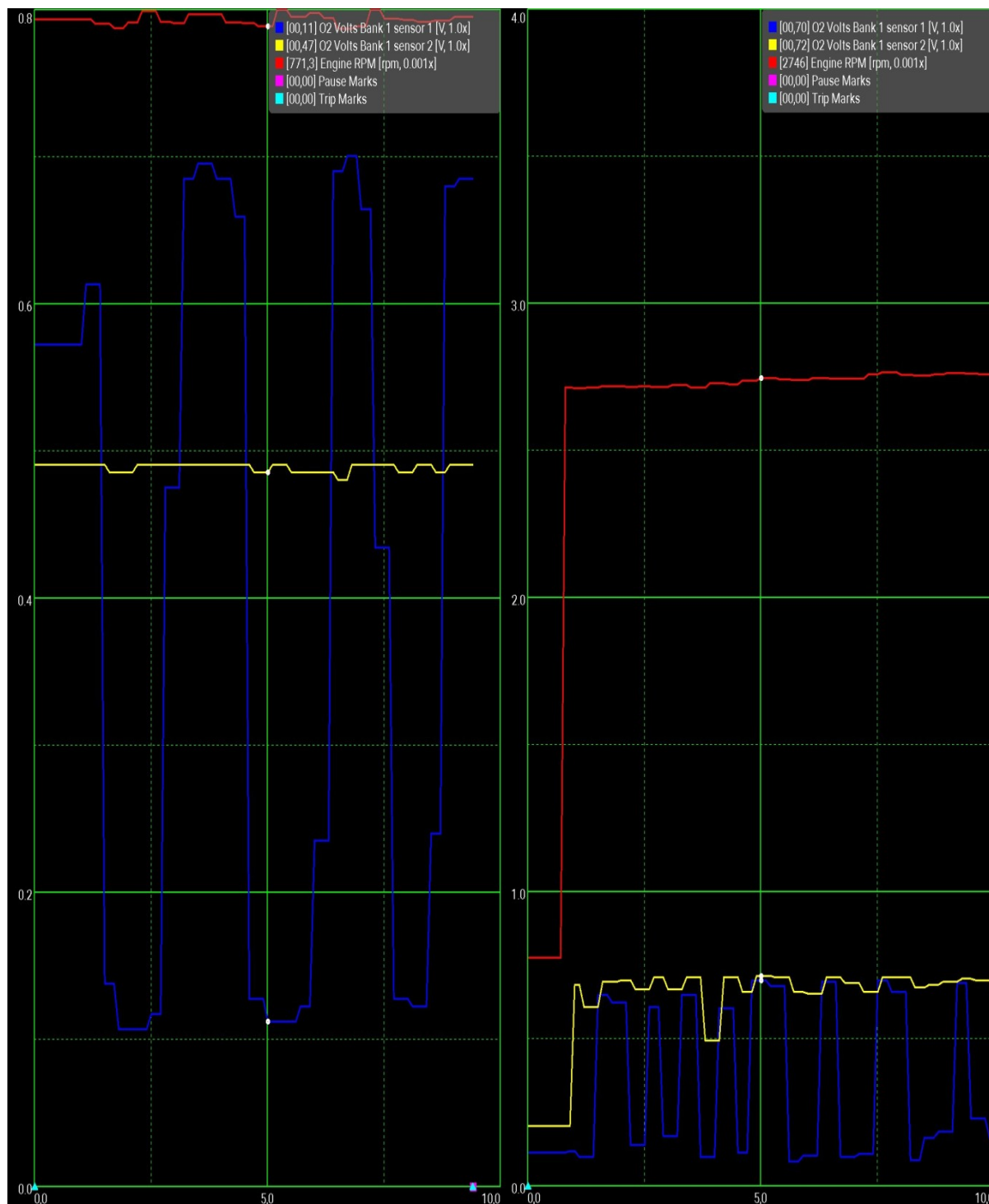


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Όπως αναφέραμε και στην θεωρία ο αισθητήρας πρέπει να φτάσει τουλάχιστον μια θερμοκρασία για να μπορέσει να στείλει σωστά σήματα. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται μια κρύα εκκίνηση, ο αισθητήρας χρειάζεται περίπου 60 δευτερόλεπτα μέχρι να αρχίσει να στέλνει σήματα και παρατηρούμε ότι μέχρι εκείνη την στιγμή ο εγκέφαλος ρυθμίζει το ρελαντί του κινητήρα πιο ψηλά, περίπου στις 1.100 rpm και στην συνέχεια περίπου 800 rpm.

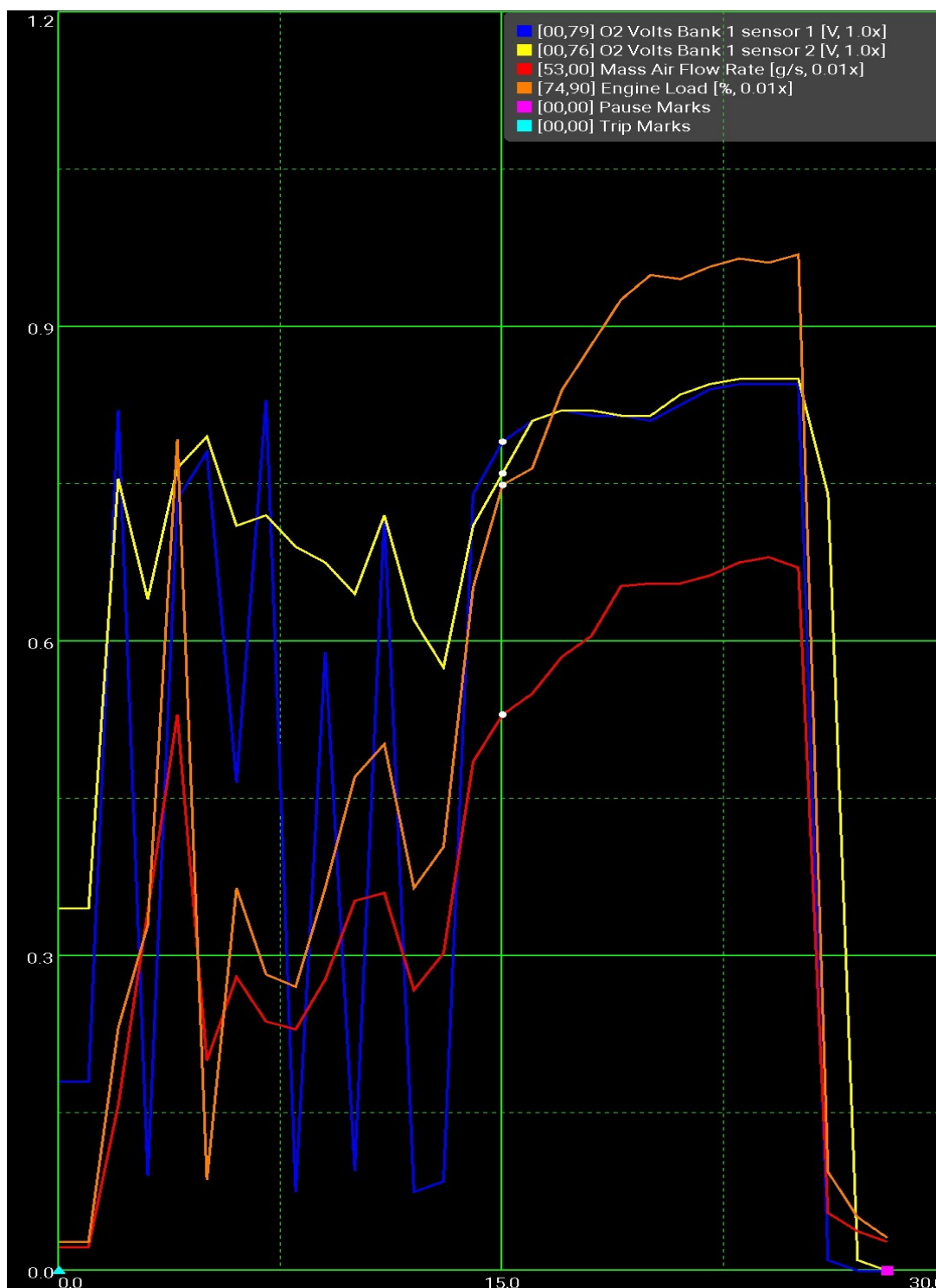


Στο επόμενο γράφημα βλέπουμε μια μέτρηση ενός οχήματος το οποίο έχει φτάσει στην ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας του. Η αριστερή μέτρηση γίνεται στο ρελαντί (800 rpm) και η δεξιά στις 2.700rpm, η διάρκεια της μέτρησης είναι και στις δυο περιπτώσεις 10 δευτερόλεπτα. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως αλλάζει η συχνότητα αποστολής σήματος του πρώτου αισθητήρα αισθητήρα και ο δεύτερος έχει φτάσει στα 0.7V από τα 0.5V που βρισκόταν.

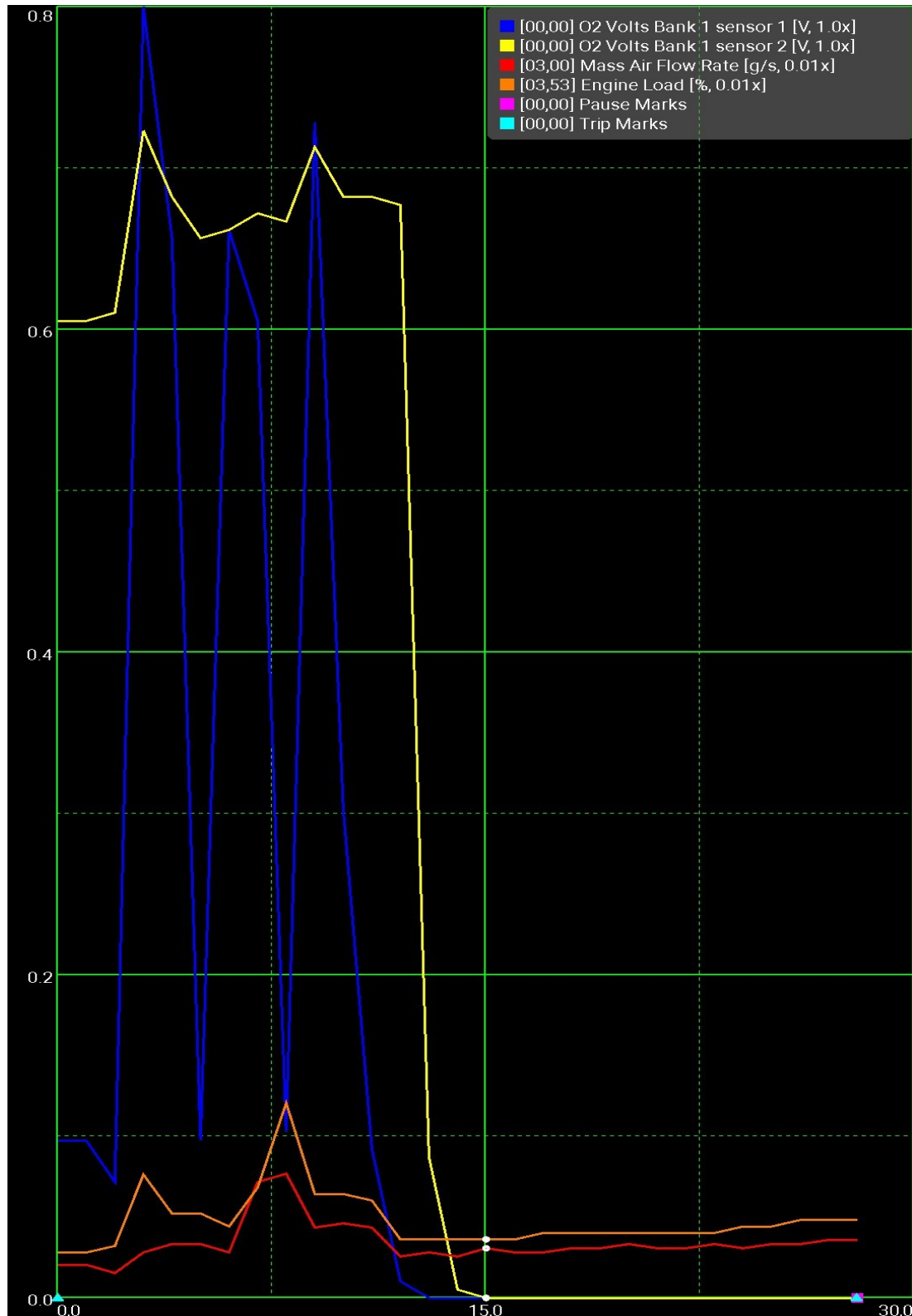


Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζεται μια ανηφορική διαδρομή διάρκειας 30 δευτερολέπτων. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως μεταβάλλεται ο παλμός του πρώτου και του δεύτερου αισθητήρα σε συνάρτηση με το φορτίο του κινητήρα και την εισαγωγή μάζας αέρα.

Βλέπουμε ότι ο παλμός του πρώτου αισθητήρα περίπου με το 50% του μέγιστου φορτίου έχει κάποια συχνότητα. Από εκεί και πάνω η τάση των αισθητήρων είναι σταθερά στη μέγιστη τιμή τους(0.85V).

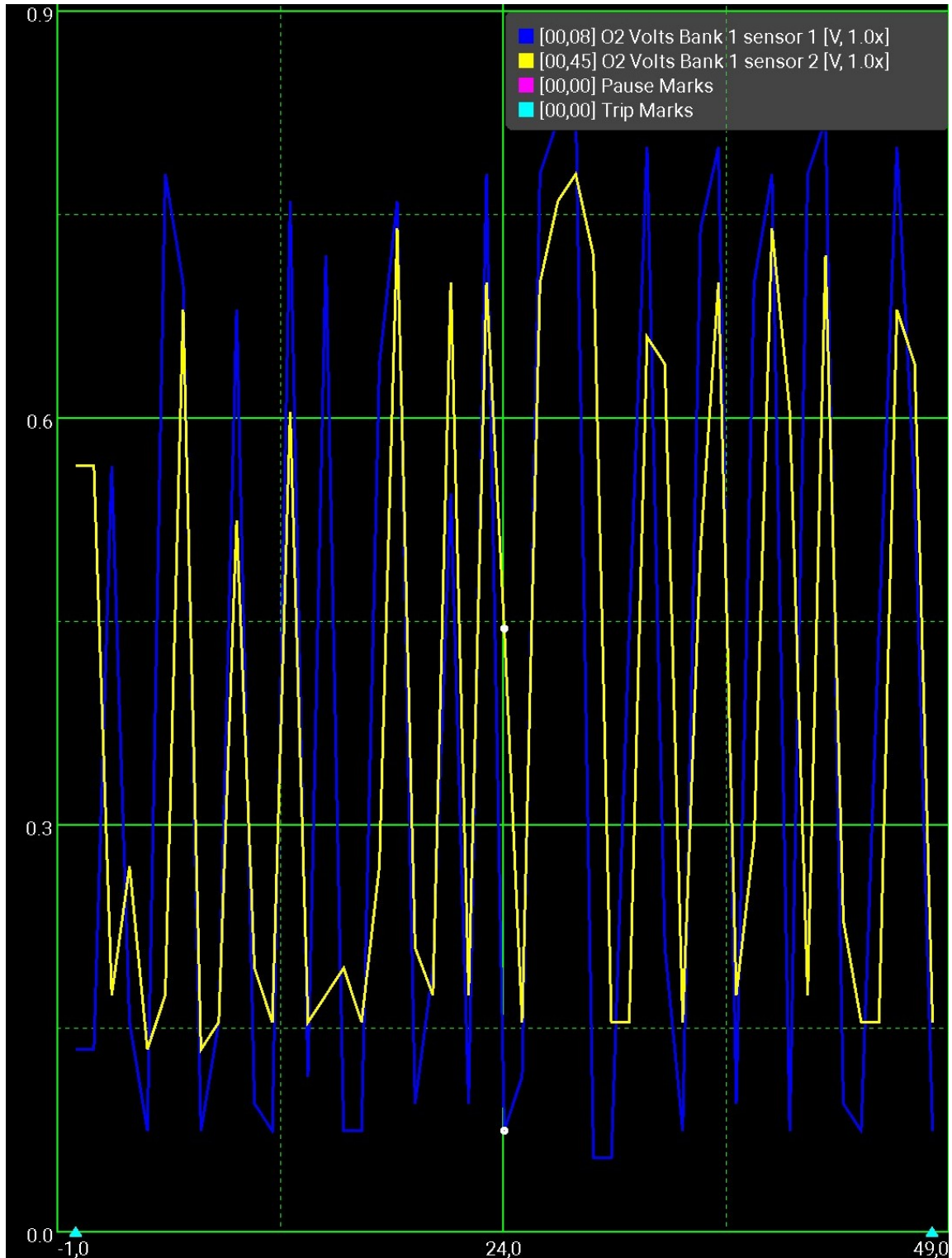


Στο επόμενο γράφημα βλέπουμε αντίστοιχα μια καταφορική διαδρομή διάρκειας 30 δευτερόλεπτων. Σε αυτή την περίπτωση ο κινητήρας λειτουργεί από την κινηματική δύναμη του οχήματος άρα και με μηδενικό φορτίο. Οι αισθητήρες σε αυτήν την φάση παράγουν αρνητική τάση (0V)

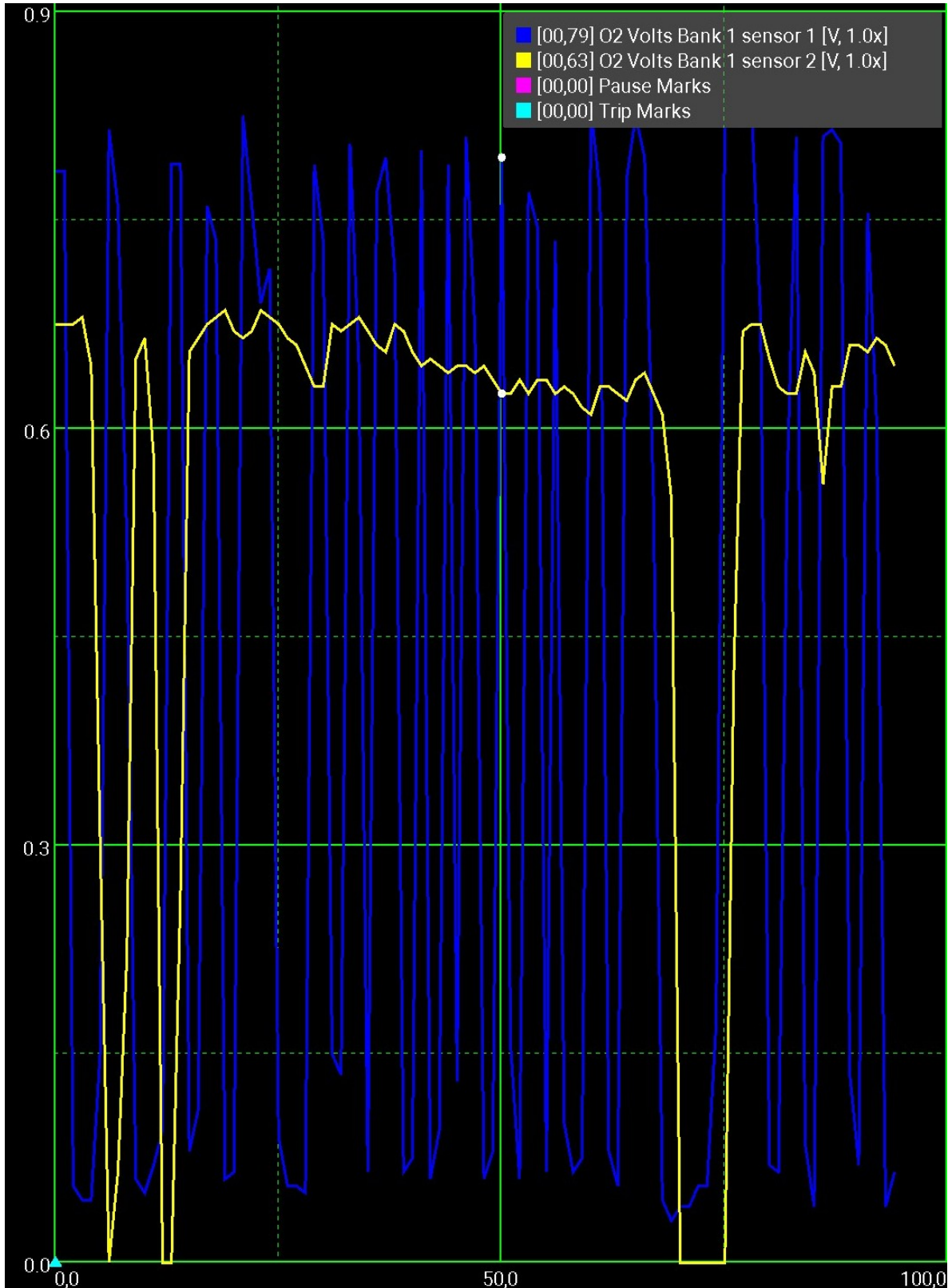


ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΟ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

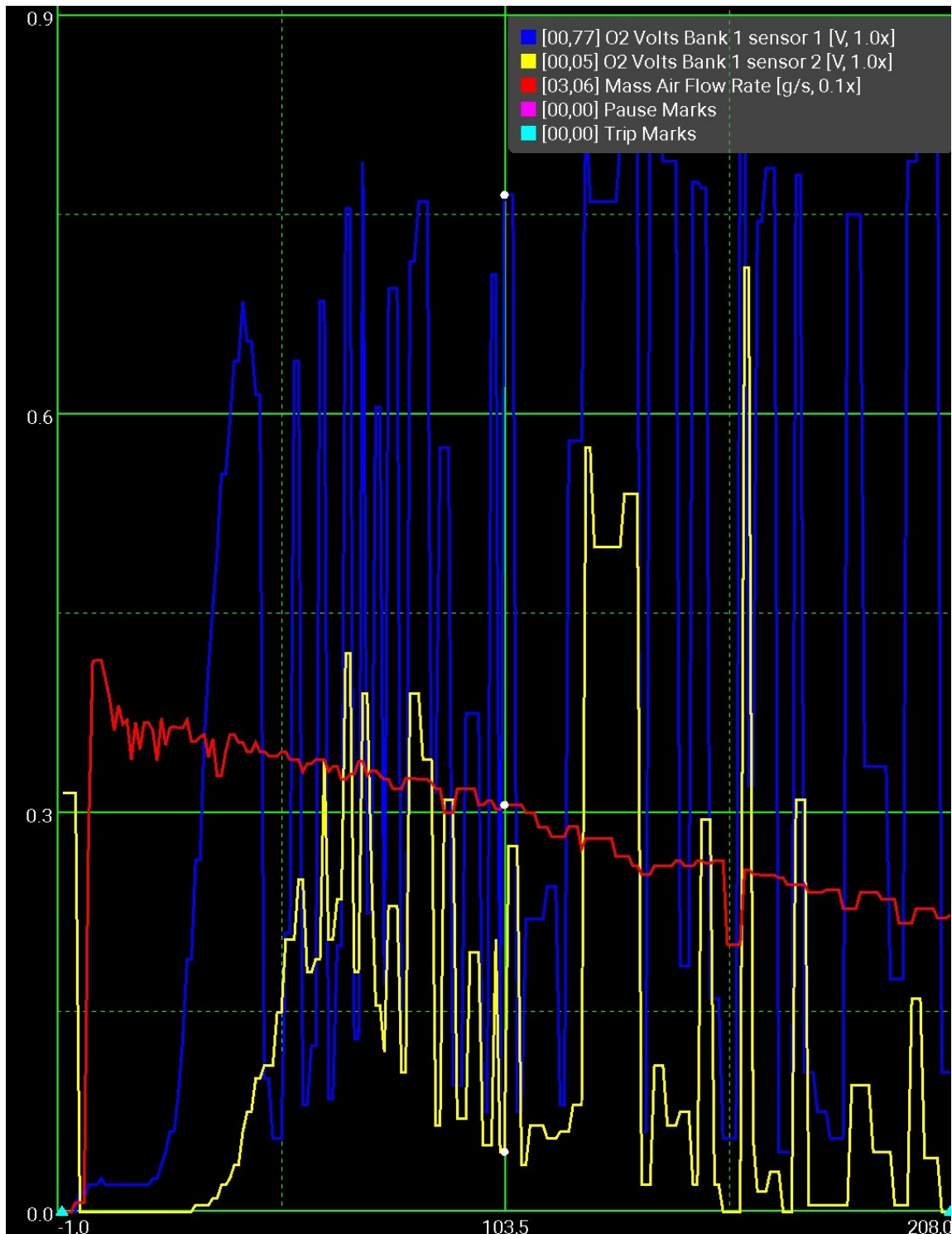
Σε αυτό το γράφημα βλέπουμε μια μέτρηση στο ρελαντί, οι τάσεις του πρώτου και του δεύτερου αισθητήρα είναι παρόμοιες, αυτό σημαίνει ότι ο καταλυτικός μετατροπέας δεν λειτουργεί διότι η τάση του δεύτερου αισθητήρα έπρεπε να βρίσκεται σταθερά περίπου στα 0.3V με 0.5V.



Στο παρακάτω γράφημα παρατηρούμε ότι ο κινητήρας έχει ακανόνιστη καύση μείγματος καύσιμου –αέρα (misfire). Αυτό το παρατηρούμε από τα μεγαλύτερα και ξαφνικά διαστήματα που έχει ο παλμός του πρώτου αισθητήρα

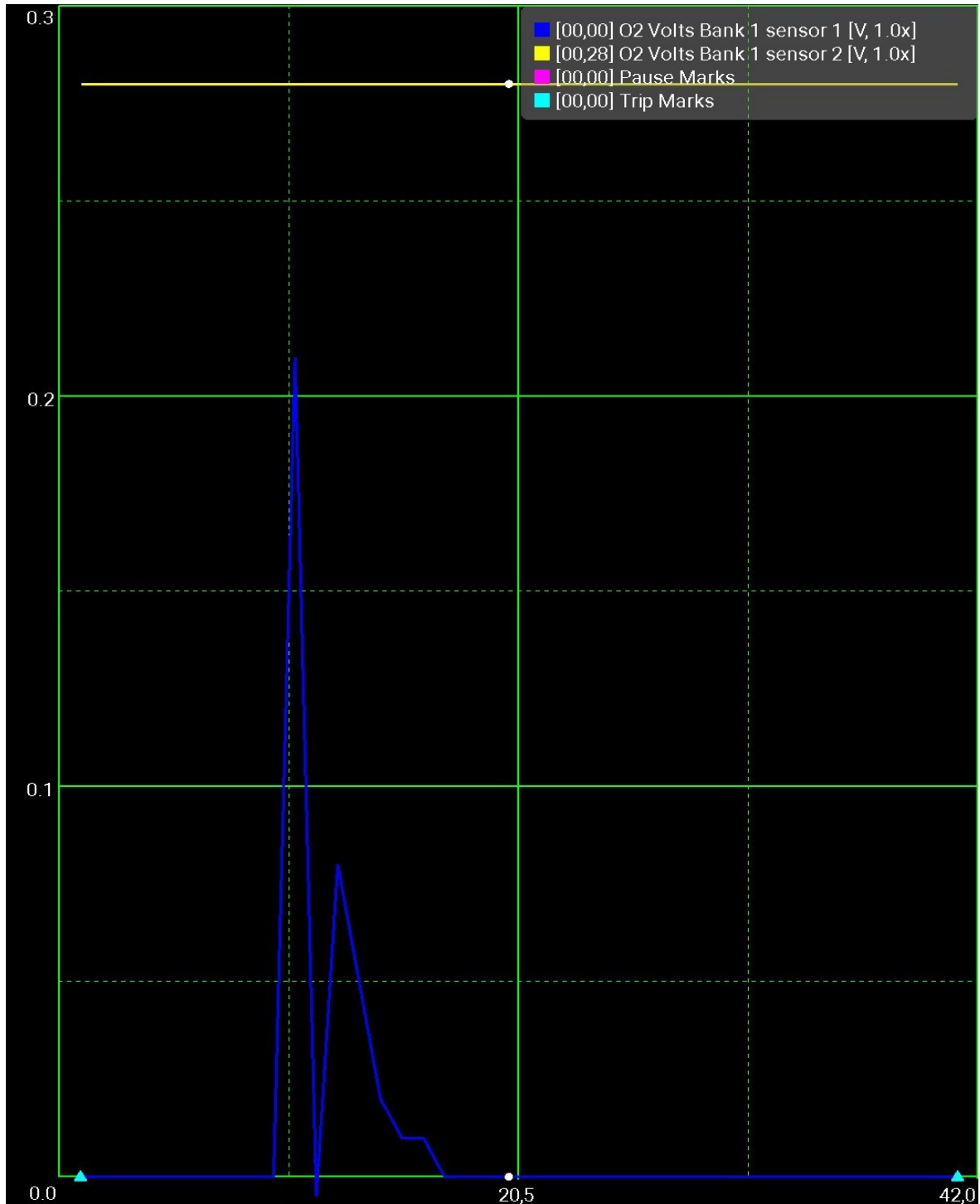


Στο επόμενο γράφημα μπορούμε να διακρίνουμε μεγάλες ξαφνικές αλλαγές παλμού του πρώτου αισθητήρα που όπως αναφέραμε παραπάνω σημαίνει ακανόνιστη καύση, μεγάλες μεταβολές δεύτερου αισθητήρα που σημαίνει ότι ο καταλυτικός μετατροπέας δεν πραγματοποιεί το έργο του στο 100% και μια ξαφνική πτώση της ροής μάζας αέρα. Στην πτώση ροής μάζας αέρα παρατηρούμε ότι εκτοξεύονται οι τάσεις των αισθητήρων, αυτό σημαίνει ότι έχει πλούσιο μείγμα ή αλλιώς απουσία μορίων οξυγόνου.



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Σε αυτό το γράφημα βλέπουμε ότι ο αισθητήρας είναι «νεκρός», δηλαδή ακόμα και αν δείξει κάποια τάση δεν μπορεί να δημιουργήσει κάποιο παλμό ώστε η ECU να μπορεί να τον διαβάσει και να ρυθμίσει το μείγμα του καυσίμου-αέρα. Ο δεύτερος από την άλλη μας δείχνει ότι ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργεί σωστά.



ΤΕΛΟΣ ΠΡΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ