

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1656

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΕΝΟΣ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

ΖΟΥΝΚΑΝΑΡΙΟΥ ΙΟΥΛΙΑΝ-ΜΠΟΓΚΝΤΑΝ, ΑΜ:6299

ΚΟΥΤΡΟΜΑΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΜ: 6051

ΛΑΔΙΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΑΜ:6192

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΟΥΛΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετώνται οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα. Αισθητήρας ή σένσορας (sensor) είναι μία διάταξη που χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους όπως η θερμοκρασία, η θέση και η μετατόπιση ενός αντικειμένου, η υγρασία, η ακτινοβολία και άλλα με σκοπό τη λήψη πληροφορίας ικανής να προβλέψει και να διορθώσει ένα επερχόμενο σφάλμα. Με τον όρο ενεργοποιητής, εννοούμε τη διάταξη/συσκευή που έχοντας λάβει μια πληροφορία από κάποιον αισθητήρα, ενεργοποιεί μια ενέργεια, για παράδειγμα το σύστημα ελεγχόμενου μπλοκαρίσματος των τροχών του αυτοκινήτου (Anti-lock Braking System / ABS). Πολλές φορές, στην περίπτωση των οχημάτων η αποφυγή σφαλμάτων είναι ζωτικής σημασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετώνται οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα. Αισθητήρας ή σένσορας (sensor) είναι μία διάταξη που χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους όπως η θερμοκρασία, η θέση και η μετατόπιση ενός αντικειμένου, η υγρασία, η ακτινοβολία και άλλα με σκοπό τη λήψη πληροφορίας ικανής να προβλέψει και να διορθώσει ένα επερχόμενο σφάλμα. Με τον όρο ενεργοποιητής, εννοούμε τη διάταξη/συσσκευή που έχοντας λάβει μια πληροφορία από κάποιον αισθητήρα, ενεργοποιεί μια ενέργεια, για παράδειγμα το σύστημα ελεγχόμενου μπλοκαρίσματος των τροχών του αυτοκινήτου (Anti-lock Braking System / ABS). Πολλές φορές, στην περίπτωση των οχημάτων η αποφυγή σφαλμάτων είναι ζωτικής σημασίας. Η ανάπτυξη και η σύγχρονη πορεία των αισθητήρων και των ηλεκτρονικών συστημάτων μέτρησης, αναφέρονται στην ιστορική αναδρομή που αποτελεί την εισαγωγή. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικά στην αρχή λειτουργίας και τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των διάφορων κατηγοριών των αισθητήρων. Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει αναλυτικά τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα και ακολουθεί το τρίτο κεφάλαιο στο οποίο πραγματοποιείται περιγραφή των ενεργοποιητών που χρησιμοποιούνται. Το τέταρτο κεφάλαιο περιγράφει και αναλύει τον τρόπο με τον οποίο συνεργάζονται οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές μεταξύ τους, προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη λειτουργία. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σαφής η αναγκαιότητα της λειτουργίας τέτοιων συστημάτων. Παράλληλα γίνεται και μια αναφορά στις περιττές/άχρηστες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα σημερινά αυτοκίνητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | I |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | II |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ..... | III |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 6 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 11 |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ | 11 |
| 1.1 Αισθητήρες Θερμοκρασίας | 13 |
| 1.1.1 Θερμόμετρα | 13 |
| 1.1.2 Θερμοζεύγη..... | 13 |
| 1.1.3 Θερμίστορες | 16 |
| 1.1.3.1 Θερμίστορες NTC | 17 |
| 1.1.3.2 Θερμίστορες PTC | 18 |
| 1.1.4 Θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις..... | 19 |
| 1.2 Οπτικοί Αισθητήρες..... | 20 |
| 1.2.1 Φωτοαντιστάσεις (LDRs)..... | 20 |
| 1.2.2 Φωτοдиодοι και φωτοτρανζίστορες | 20 |
| 1.3 Αισθητήρες πίεσης και βάρους | 21 |
| 1.3.1 Χωρητικοί και Επαγωγικοί Αισθητήρες Πίεσης | 24 |
| 1.3.2 Αισθητήρες Πιεζοαντίστασης | 27 |
| 1.3.3 Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης | 28 |
| 1.4 Αισθητήρες Στάθμης και Όγκου..... | 30 |
| 1.4.1 Χωρητικοί Αισθητήρες Στάθμης..... | 30 |
| 1.5 Αισθητήρες Μετατόπισης και Κίνησης..... | 31 |
| 1.5.1 Αισθητήρες Υπερήχων | 33 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 37 |
| ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ | 37 |
| 2.1 Αισθητήρες κινητήρα | 37 |
| 2.1.1 Αισθητήρας Κρουστικής Καύσης (Knock Sensor)..... | 39 |
| 2.1.2 Αισθητήρες στροφών | 43 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.1.2.1 | Επαγωγικός Αισθητήρας αριθμού στροφών και Α.Ν.Σ. (Crankshaft Position (CKP) Sensor ή Magnetic Pulse Generator) | 44 |
| 2.2 | Αισθητήρας ταχύτητας και θέσης στροφαλοφόρου άξονα (CPS) | 52 |
| 2.2.1 | Επαγωγικός | 52 |
| 2.2.2 | Οπτικός | 53 |
| 2.2.2.1 | Αισθητήρας Hall | 53 |
| 2.3 | Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (ή υποπίεσης, Manifold Absolute Pressure sensor, MAP) | 54 |
| 2.4 | Μετρητής μάζας αέρα (MAF , Mass Airflow sensor) | 59 |
| 2.5 | Αισθητήρες θερμοκρασίας κινητήρα | 62 |
| 2.5.1 | Αισθητήρας θερμοκρασίας νερού, ECT, Engine Coolant Temperature Sensor | 64 |
| 2.5.2 | Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων | 65 |
| 2.5.3 | Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου | 67 |
| 2.5.4 | Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής | 69 |
| 2.5.5 | Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού | 69 |
| 2.6 | Αισθητήρες Στάθμης | 70 |
| 2.6.1 | Αισθητήρες Στάθμης Καυσίμου | 70 |
| 2.6.2 | Αισθητήρες Στάθμης ψυκτικού υγρού | 71 |
| 2.6.3 | Αισθητήρες λιπαντικού υγρού | 71 |
| 2.6.4 | Αισθητήρας Λάμδα (Αισθητήρας οξυγόνου, lambda sensor, Oxygen sensor, EGO) | 72 |
| 2.6.5 | Τύποι αισθητήρα λ | 73 |
| 2.6.5.1 | Αισθητήρας λ ζιρκονίας | 73 |
| 2.6.5.2 | Αισθητήρας λ τιτανίου | 80 |
| 2.6.5.3 | Αισθητήρας λ ευρείας περιοχής (wideband, universal, UEGO) | 82 |
| 2.6.6 | Αισθητήρας θέσης πεταλούδας (Throttle Position Sensor, TPS)- ενεργοποιητής ταυ αισθητήρα | 85 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ3 | | 91 |
| ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ | | 91 |
| 3.1 | Αισθητήρας ABS | 91 |

| | |
|--|-----|
| 3.1.1 Αρχή λειτουργίας ABS | 93 |
| 3.2 Αισθητήρας στροφών τροχού..... | 95 |
| 3.3 Αισθητήρες ESP | 96 |
| 3.3.1 Αισθητήρας γωνίας περιστροφής τιμονιού | 97 |
| 3.3.2 Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης | 98 |
| 3.3.3 Αισθητήρας ποσοστού εκτροπής | 98 |
| 3.3.4 Αισθητήρας πίεσης φρένου..... | 99 |
| 3.3.5 Αισθητήρας στροφών τροχών | 100 |
| 3.4 Αισθητήρας SRS..... | 100 |
| 3.4.1 Μονάδα αερόσακου | 100 |
| 3.4.2 Σετ καλωδίων | 103 |
| 3.4.3 Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Επεξεργασίας | 103 |
| 3.4.4 Αισθητήρες αερόσακων..... | 104 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 106 |
| ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ | 106 |
| 4.1 Αισθητήρας ACC..... | 106 |
| 4.2 Πώς επηρεάζουν τις βασικές εργασίες service τα εξελιγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (ADAS) των αυτοκινήτων..... | 108 |
| 4.3 Αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου ταχύτητας ταξιδιού | 111 |
| 4.4 Αισθητήρες Παρακολούθησης Πίεσης Ελαστικών (TPMS).... | 112 |
| 4.5 Συστήματα Αποφυγής Σύγκρουσης..... | 113 |
| 4.6 Συστήματα βοήθειας ενίσχυσης Ορατότητας Νυκτερινής Οδήγησης | 117 |
| 4.7 Εξέλιξη ενός μέσου αυτοκινήτου σήμερα σε ένα ρομποτικό μοντέλο στο μέλλον..... | 118 |
| 4.7.1 Μηδενικό στάδιο | 118 |
| 4.7.2 Πρώτο στάδιο | 119 |
| 4.7.3 Δεύτερο στάδιο (από το 2016) | 119 |
| 4.7.4 Τρίτο στάδιο (περίπου από το 2021) | 119 |
| 4.7.5 Τέταρτο στάδιο (σε συνέχεια λίγο μετά το τρίτο στάδιο). | 119 |
| 4.7.6 Πέμπτο στάδιο (περίπου από το 2030) | 119 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 121 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που ανιχνεύουν ένα σήμα ή μία διέγερση και παράγουν από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο. Υπάρχουν διαθέσιμες διαφορετικές μορφές αισθητήρων, σχεδιασμένες να μετρούν διάφορες φυσικές παραμέτρους. Φυσικές παράμετροι που συναντώνται συχνά και απαιτούν μέτρηση είναι η θέση, η ταχύτητα και η επιτάχυνση αντικειμένων, η ροή και η στάθμη υγρών, η δύναμη, η πίεση και η θερμοκρασία. Υπάρχουν ακόμη και ειδικότεροι αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν και να μετρήσουν χημικές ποσότητες, ήχο, ακτινοβολία κλπ.

Η επιλογή ενός αισθητήρα εξαρτάται από τη φύση των παραμέτρων που πρέπει να μετρηθούν, καθώς και από άλλους παράγοντες, όπως: κόστος, αξιοπιστία, ποιότητα, χρόνος και χώρος αξιοποίησης της απαιτούμενης πληροφορίας, περιβάλλον χρήσης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται μια πρώτη κατηγοριοποίηση των αισθητήρων με βάση τα φυσικά μεγέθη που μετατρέπουν.

Πίνακας 1 : Κατηγοριοποίηση αισθητήρων με βάση τα φυσικά μεγέθη που ανιχνεύουν

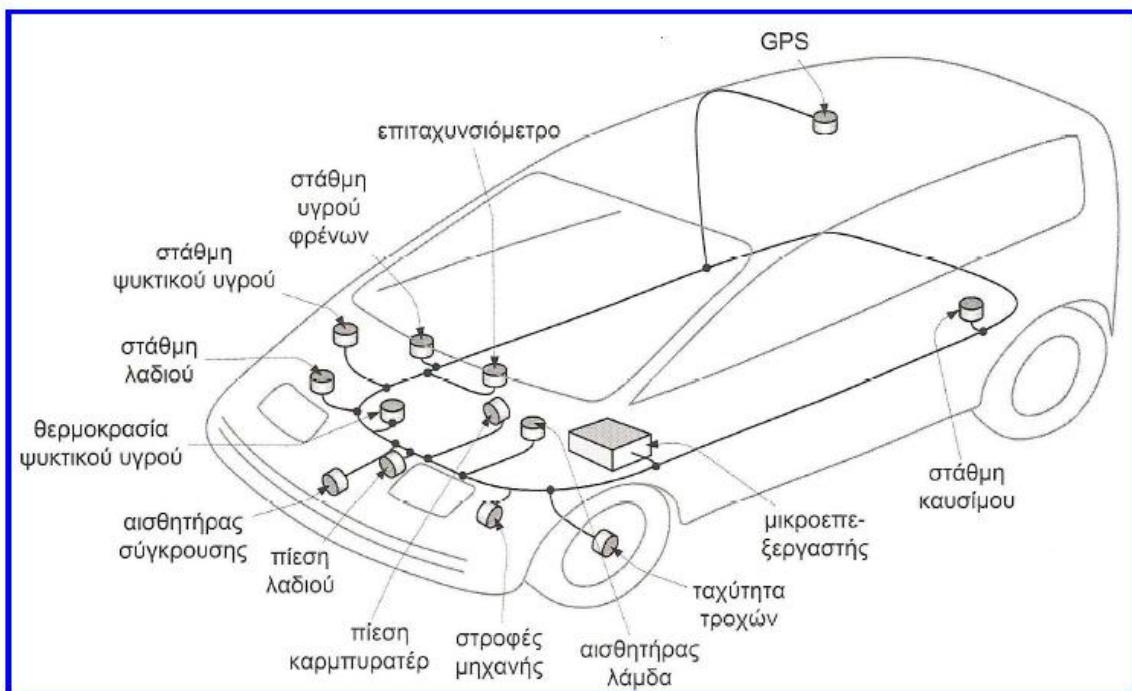
| Αρχή μετατροπής Φυσικά μεγέθη | Ηλεκτρομηχανική | Ποτενσιόμετρο | Διαφορ. Μετασχ. | Πιεζοαντίσταση | Φωτοηλεκτρική | Πιεζοηλεκτρική | Θερμοηλεκτρική | Μεταβλ. Ηλ. Αντ. | Θερμοδιαστολή | Θερμ. Επίδρ. σε Ημιαγ. | Χορηγική | Επαγωγική | Ταλαντωτή | Hall και μαγνητοαντιστ. |
|----------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|------------------|---------------|------------------------|----------|-----------|-----------|-------------------------|
| Γραμμική μετατόπιση | X | X | X | X | X | | | | | | X | X | | |
| Γωνία | X | X | X | X | X | | | | | | X | X | | |
| Δύναμη | X | | X | X | | X | | | | | X | X | X | |
| Ροπή | X | | X | X | X | | | | | | | | | |
| Ταχύτητα | X | X | X | X | X | X | | | | | | X | | |
| Επιτάχυνση | X | X | X | X | X | X | | | | | X | X | | |
| Πίεση | | X | X | X | | X | | | | | X | X | | |
| Ροή | | X | X | X | | X | | | | | X | X | | |
| Θερμοκρασία | | | | | | | X | X | X | X | | | X | |
| Μαγν. Επαγωγή | X | | | | | | | | | | | | | X |
| Φωτισμός | | | | | X | | | | | | | | | |
| Υγρασία | | | X | | | | X | | | | X | | | |

Υπάρχουν δύο πεδία στα οποία χρησιμοποιούνται οι αισθητήρες: η συλλογή πληροφορίας (μέτρηση) και ο έλεγχος συστημάτων. Η χρήση της τεχνολογίας αισθητήρων στα πεδία αυτά διαφέρει ως προς τον

τρόπο αξιοποίησης της πληροφορίας που λαμβάνεται από τους αισθητήρες.

Οι αισθητήρες ως ανιχνευτές συλλογής πληροφορίας παρέχουν πληροφορία με στόχο να είναι διαρκώς γνωστή και κατανοητή η τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων ενός συστήματος (π.χ. ανιχνευτής – ταχύμετρο αυτοκινήτου). Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταγράψουν και να παρέχουν μία εικόνα της εξέλιξης των παραμέτρων του συστήματος (π.χ. ταχογράφος).

Οι αισθητήρες συστημάτων ελέγχου είναι της ίδιας μορφής, αλλά συνήθως τροφοδοτούν ελεγκτή ο οποίος παράγει μία νέα έξοδο που ρυθμίζει την τιμή της μετρούμενης παραμέτρου (π.χ. anti-lock brake system, ABS: ελέγχει την πίεση που ασκείται στα φρένα ώστε να μην ολισθαίνουν οι τροχοί κατά τη διάρκεια της χρήσης των φρένων). Σήμερα χρησιμοποιούνται υπερσύγχρονοι επεξεργαστές με χαμηλό κόστος ως ελεγκτές, των οποίων όμως η αξιοποίηση θα ήταν πολύ δύσκολη εάν δεν τροφοδοτούνταν από τις κατάλληλες πληροφορίες που συλλέγονται από αποδοτικούς και αξιόπιστους αισθητήρες. Ένα παράδειγμα που δείχνει τη χρησιμότητα και τις πολλαπλές εφαρμογές των αισθητήρων στη καθημερινή ζωή είναι το αυτοκίνητο.



Σχήμα 1: Οι πιο συνηθισμένοι αισθητήρες στο αυτοκίνητο

Οι εφαρμογές των αισθητήρων κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: συστήματα μέτρησης και συστήματα ελέγχου. Τα συστήματα ελέγχου με αισθητήρες μπορούν να διακριθούν σε συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου και σε συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου.

Ένα σύστημα μέτρησης απεικονίζει (εμφανίζει) ή καταγράφει μία ποσοτική έξοδο που αντιστοιχεί στην παράμετρο που μετρά, η οποία αποτελεί και την ποσότητα εισόδου. Τα συστήματα μέτρησης δεν αντιδρούν στην ποσότητα εισόδου, απλά την καθιστούν κατανοητή στο χρήστη με κατάλληλη απεικόνιση ή καταγραφή.

Η διαδικασία μέτρησης μπορεί να διακριθεί σε επιμέρους στάδια και επομένως ένα σύστημα μέτρησης περιλαμβάνει τα αντίστοιχα λειτουργικά στοιχεία: Το παράδειγμα του θερμομέτρου είναι απλό, αφού όλα τα στάδια είναι ενσωματωμένα στην ίδια συσκευή και η ρύθμιση σήματος είναι η μετατροπή της θερμότητας περιβάλλοντος σε κίνηση της στήλης υδραργύρου. Σε περίπλοκα συστήματα μέτρησης είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των λειτουργικών στοιχείων, όπου ο αισθητήρας μετατρέπει τη φυσική ποσότητα σε σήμα, το οποίο με κατάλληλη τροποποίηση από τη μονάδα ρύθμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη μονάδα απεικόνισης ή καταγραφής. Για παράδειγμα εάν το σήμα είναι μία ηλεκτρική τάση πιθανώς χρειάζεται ενίσχυσή της από τη μονάδα ρύθμισης για να μπορεί να απεικονιστεί κατάλληλα. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές ρύθμισης (ενίσχυση τάσης, μετατροπή παλμών φωτός σε ηλεκτρικούς κλπ.) και τεχνικές απεικόνισης ή καταγραφής (αριθμητική έξοδος, μετακίνηση βελόνας σε κλίμακα, προβολή ή εκτύπωση γραφικής παράστασης κλπ.)

Τα συστήματα ελέγχου έχουν σκοπό τη διατήρηση μιας παραμέτρου σε μία προκαθορισμένη τιμή. Περιλαμβάνουν συστήματα μέτρησης, αλλά σε αντίθεση με τα συστήματα μέτρησης, η έξοδός τους ρυθμίζει κάποια παράμετρο, η τιμή της οποίας δεν εμφανίζεται απαραίτητως στο χρήστη. Η βάση της λειτουργίας ενός συστήματος ελέγχου ανοικτού βρόχου είναι ότι ελέγχεται από ένα σήμα προκαθορισμένης τιμής. Η προκαθορισμένη τιμή δεν αλλάζει ακόμη και αν άλλοι παράγοντες αλλάξουν και καταστήσουν την έξοδο του συστήματος ανακριβή.

Βασικές έννοιες συστημάτων μέτρησης και ελέγχου

- **Απόλυτη μέτρηση (absolute measurement):** μέτρηση ενός μεγέθους που δεν χρησιμοποιεί κλίμακα μέτρησης η οποία βασίζεται σε σύγκριση του μεγέθους με ένα αντίστοιχο μέγεθος αναφοράς (αυθαίρετη κλίμακα), αλλά κλίμακα μέτρησης η οποία βασίζεται στη μικρότερη φυσική δυνατή τιμή που μπορεί να λάβει το μέγεθος που μετριέται (απόλυτη κλίμακα).
 - Η κλίμακα K είναι απόλυτη αφού σχετίζει τη θερμοκρασία με το απόλυτο 0, ενώ η κλίμακα C είναι αυθαίρετη αφού σχετίζει τη θερμοκρασία με τη θερμοκρασία πήξης του νερού που αυθαίρετα ορίζεται ως 0°C.
 - Η μέτρηση της πίεσης σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση δεν είναι απόλυτη, ενώ η μέτρηση της σε σχέση με το απόλυτο κενό είναι απόλυτη.
- **Μονάδες διεθνούς συστήματος (SI):** μονάδες μετρήσεων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως μετά από διεθνή συμφωνία ώστε να διασφαλίζεται συμβατότητα.
- **Παράμετρος:** μεταβλητή ποσότητα με καθορισμένα όρια.
- **Μεταβλητή** (σε σχέση με αισθητήρες και συστήματα μέτρησης): φυσική ή μετρούμενη ποσότητα που μπορεί να λάβει διαφορετικές τιμές.
- **Τοπική ένδειξη (local reading) αισθητήρα:** ένδειξη που παρέχεται από τον αισθητήρα κοντά στο σημείο μέτρησης.
- **Ένδειξη από απόσταση (remote reading):** ένδειξη που παρέχεται από τον αισθητήρα και το σημείο απεικόνισής της είναι μακριά από το σημείο μέτρησης.
- **Μετρούμενη ποσότητα (measurand):** είσοδος ενός συστήματος μέτρησης, δηλ. η ποσότητα που πρόκειται να μετρηθεί.
- **Ρυθμισμένο σήμα (conditioned signal):** έξοδος ενός αισθητήρα, η οποία έχει υποστεί κατάλληλη τροποποίηση, ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητή από μία συσκευή απεικόνισης, καταγραφής ή ελέγχου.
- **Ηλεκτρικός θόρυβος (noise):** ανεπιθύμητα ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να αλλοιώσουν το σήμα που μεταφέρει χρήσιμη πληροφορία (π.χ. έξοδος αισθητήρα).
- **Ολοκληρωμένο κύκλωμα (integrated circuit, IC):** ηλεκτρονικό κύκλωμα του οποίου όλα τα τμήματα (στοιχεία) είναι κατασκευασμένα (ενσωματωμένα) σε μία μόνο ψηφίδα (die) ημιαγώγιμου υλικού.
- **Ημιαγωγοί:** υλικά με ηλεκτρικές ιδιότητες ανάμεσα στα μέταλλα και στους μονωτές, στα οποία βασίζονται τα στοιχεία (π.χ. τρανζίστορ) που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

- **Προδιαγραφές (specifications) συσκευής:** τεχνική περιγραφή των χαρακτηριστικών, της κατασκευής και της απόδοσης, καθώς και κάθε άλλης σχετικής πληροφορίας που αφορά τη συσκευή.
- **Διασύνδεση (interface):** σύνδεση δύο ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οποία οι είσοδοι και οι έξοδοι έχουν σχεδιαστεί ή προσαρμόζονται ώστε οι συσκευές να μπορούν να συνεργαστούν (να ανταλλάξουν δεδομένα).
- **Ακροδέκτης μέτρησης (probe):** συσκευή που ενώνει έναν αισθητήρα ή μία συσκευή απεικόνισης με τη μετρούμενη ποσότητα ή με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
- **Ρευστά:** ουσίες που μπορούν να ρέουν (αέρια και υγρά, αλλά και στερεά όπως η άμμος). Δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα και παρουσιάζουν μικρή αντίσταση στη μηχανική τάση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Συχνά οι αισθητήρες δεν δίνουν στην έξοδό τους κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα. Τότε απαιτείται η χρήση ενός επιπρόσθετου ηλεκτρονικού κυκλώματος, το οποίο να λαμβάνει την έξοδο του αισθητήρα και να τη μετατρέπει σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των επόμενων βαθμίδων. Το κύκλωμα αυτό ονομάζεται κύκλωμα ρύθμισης σήματος (signal conditioning circuit), κύκλωμα ελέγχου (control circuit) ή εξωτερική μονάδα (outer ή external module). Για παράδειγμα, υπάρχουν αισθητήρες στάθμης που μετρούν το χρόνο που απαιτείται για να ανακλαστεί ένα υπερηχητικό κύμα από τη μετρούμενη επιφάνεια και να επιστρέψει στο σημείο από όπου εκπέμφθηκε. Σε αυτούς πρέπει να υπάρχει κατάλληλο κύκλωμα για τη μετατροπή των τιμών χρόνου σε ανάλογες τιμές τάσης.

Οι αισθητήρες που απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία για να λειτουργήσουν ονομάζονται *ενεργοί*. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης LVDT πρέπει να τροφοδοτείται από κατάλληλη εναλλασσόμενη τάση. Οι αισθητήρες που δημιουργούν μόνοι τους μία τάση και δε χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία ονομάζονται *παθητικοί*. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι, που όταν πιεστούν αναπτύσσουν στα άκρα τους ηλεκτρική τάση.

Τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων συγκροτούν τις *προδιαγραφές* τους (*specifications*) και είναι πολλά. Παρότι οι ποικίλοι αισθητήρες που υπάρχουν σήμερα στηρίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας, έχουν κοινά τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- **ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ:** Ο κάθε αισθητήρας διαθέτει ένα χαρακτηριστικό ή ιδιότητα, του οποίου η τιμή μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η φυσική ποσότητα που μετρά ο αισθητήρας. Είναι επιθυμητό οι μεταβολές της φυσικής ποσότητας να προκαλούν αυστηρά ανάλογες μεταβολές της ιδιότητας του αισθητήρα. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται *γραμμικότητα* (*linearity*) και είναι ιδιαίτερης σημασίας. Εάν ο αισθητήρας δεν είναι γραμμικός, τότε η αντιστοίχιση των τιμών του μετρούμενου μεγέθους με τις τιμές εξόδου του αισθητήρα γίνεται με βάση την καμπύλη «βαθμονόμησης». Η μη-γραμμικότητα είναι συχνά εγγενής ιδιότητα του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αισθητήρας και εν γένει είναι αδύνατο να μηδενιστεί.

- **ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ:** Η *ευαισθησία (sensitivity)* εκφράζει πόσο υψηλό σήμα εξόδου αποδίδει ο αισθητήρας για κάθε μονάδα του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Έτσι, εάν ένας αισθητήρας θερμοκρασίας έχει ευαισθησία $1 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, συνεπάγεται ότι παράγει έξοδο ίση με 1 mV για κάθε βαθμό της μετρούμενης θερμοκρασίας και προφανώς είναι πιο ευαίσθητος από έναν άλλο αισθητήρα με ευαισθησία $0.5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, ο οποίος για κάθε θερμοκρασία παράγει ως έξοδο τη μισή τάση.
- **ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ:** Η *διακριτική ικανότητα (resolution)* εκφράζει τη μικρότερη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που μπορεί να ανιχνεύσει ο αισθητήρας και να μεταβάλλει την έξοδο του ανάλογα. Για παράδειγμα, ένα θερμόμετρο με διακριτική ικανότητα $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ σημαίνει ότι μπορεί να διακρίνει μεταξύ δύο θερμοκρασιών που απέχουν $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$, δηλαδή να παράγει εξόδους ελαφρά διαφορετικής τιμής.
- **ΑΚΡΙΒΕΙΑ:** Η *ακρίβεια (accuracy)* ισούται με το σφάλμα που εγγενώς περιέχει η τιμή που αποδίδει ο αισθητήρας στην έξοδο, δηλώνει δηλαδή την αβεβαιότητα που υπάρχει στην τιμή της εξόδου. Μπορεί να εκφράζεται σε απόλυτες τιμές (για παράδειγμα $\pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$) ή επί τοις εκατό (για παράδειγμα 1%). Στην πρώτη περίπτωση η ανακρίβεια είναι σταθερή και ανεξάρτητη της τιμής του μετρούμενου φυσικού μεγέθους, ενώ στην άλλη περίπτωση η ανακρίβεια είναι ανάλογη της παραπάνω τιμής.
- **ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ:** Το *εύρος τιμών εισόδου (full-scale input, FSI)* ορίζει σε ποια πλαίσια του μετρούμενου φυσικού μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλοί αισθητήρες θερμοκρασίας (θερμοζεύγη, θερμίστορ, θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις) αλλά δεν ενδείκνυνται όλοι για τη μέτρηση θερμοκρασιών της τάξης των $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Η γνώση του εύρους τιμών εισόδου μας επιτρέπει να επιλέξουμε τον κατάλληλο αισθητήρα που ταιριάζει στις ανάγκες της εφαρμογής.
- **ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΕΞΟΔΟΥ:** Το *εύρος τιμών εξόδου (full-scale output, FSO)* ορίζει τη μορφή (δηλαδή τις τιμές) που μπορεί να λαμβάνει η τάση ή το ρεύμα εξόδου ενός αισθητήρα. Οι αισθητήρες διατίθενται εν γένει σε παραλλαγές με διάφορα εύρη τιμών εξόδου, ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιλέξει τη μορφή που ταιριάζει περισσότερο στα κυκλώματα που θα παραλάβουν το σήμα εξόδου (για παράδειγμα σε ένα μετατροπέα A/D). Το εύρος τιμών εξόδου καθορίζεται συχνά από ένα κύκλωμα ρύθμισης σήματος, το οποίο συνδέεται μόνιμα με τον αισθητήρα. Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι η θερμοκρασία αποτελεί τον συνηθέστερο παράγοντα που αλλοιώνει τις προδιαγραφές των

αισθητήρων. Η επίδραση της θερμοκρασίας στους αισθητήρες μπορεί να είναι γνωστή και συχνά υπάρχει τρόπος *αντιστάθμισής της (compensation)* με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα ρύθμισης σήματος. Για την περιγραφή της επίδρασης αυτής ορίζονται διάφορα μεγέθη, όπως η *ολίσθηση του σημείου μηδενός λόγω θερμοκρασίας (temperature zero shift)*, η *ευαισθησία στη θερμοκρασία (temperature sensitivity)* και η *μεταβολή της ευαισθησίας λόγω θερμοκρασίας (thermal sensitivity shift)*.

1.1 Αισθητήρες Θερμοκρασίας

1.1.1 Θερμόμετρα

Τα διάφορα θερμόμετρα στηρίζονται στην αλλαγή λόγω της θερμοκρασίας κάποιας χαρακτηριστικής ιδιότητας ενός επιλεγμένου υλικού. Οι ιδιότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι εν γένει οι ακόλουθες:

1. Η γραμμική διαστολή ενός υγρού
2. Η γραμμική διαστολή ενός μετάλλου
3. Η ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου
4. Το φαινόμενο του *θερμοηλεκτρισμού (ή θερμοηλεκτρικό φαινόμενο)*
5. Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα θερμό σώμα

Την ιδιότητα της γραμμικής διαστολής αξιοποιούν τα γνωστά θερμόμετρα υδραργύρου, τα μεταλλικά θερμόμετρα κ.ά. Είναι όμως δύσκολο αυτή να μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο να μπορεί να ψηφιοποιηθεί κατάλληλα.

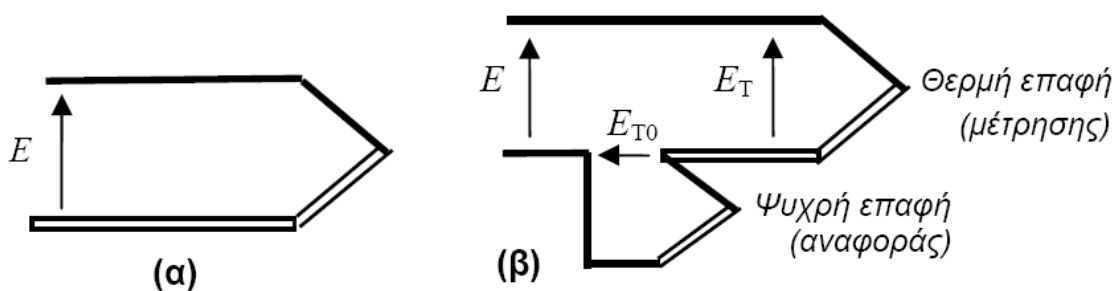
Η ιδιότητα της ηλεκτρικής αντίστασης είναι πιο εύχρηστη, καθώς είναι εύκολο να δημιουργηθεί μία ηλεκτρική τάση, η οποία να μεταβάλλεται ανάλογα με την ηλεκτρική αντίσταση. Το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο οδηγεί επίσης στην εμφάνιση μίας ηλεκτρικής τάσης.

1.1.2 Θερμοζεύγη

Τα *θερμοηλεκτρικά ζεύγη* ή *θερμοζεύγη (thermocouples)* αποτελούν ένα εξαιρετικά διαδεδομένο είδος ανιχνευτών θερμοκρασίας, υψηλής ακρίβειας και χαμηλού κόστους. Αποτελούνται από δύο σύρματα διαφορετικών μετάλλων, τα οποία είναι ενωμένα σε δύο σημεία.

Η λειτουργία των θερμοζευγών στηρίζεται στο φαινόμενο του *θερμοηλεκτρισμού (thermoelectricity)*, ή αλλιώς *φαινόμενο Seebeck (Seebeck effect)*. Ειδικότερα, όταν δύο διαφορετικά μέταλλα ενώνονται σε ένα σημείο, τότε στο σημείο αυτό αναπτύσσεται μία τάση, η οποία λέγεται *θερμοηλεκτρική τάση* ή *δυναμικό επαφής (contact potential)* και οφείλεται στο διαφορετικό έργο εξόδου των μετάλλων. Έτσι, ανάμεσα στα ελεύθερα άκρα των συνδεδεμένων μεταλλικών συρμάτων αναπτύσσεται μία τάση E . Η τάση αυτή όμως εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Έτσι, εάν τα δύο μεταλλικά σύρματα ενωθούν σε δύο σημεία που ευρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, θα δημιουργηθούν δύο θερμοηλεκτρικές τάσεις διαφορετικής τιμής. Η διαφορά των δύο τιμών είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο σημείων.

Η δομή ενός θερμοζεύγους εικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα 2. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο σημεία επαφής: Το άνω σημείο, που ονομάζεται *θερμή επαφή (hot junction)*, τοποθετείται στο αντικείμενο, του οποίου τη θερμοκρασία T θέλουμε να μετρήσουμε, και αναπτύσσεται σε αυτό μία θερμοηλεκτρική τάση E_T . Το άλλο σημείο (η κάτω επαφή του σχήματος) ονομάζεται *επαφή αναφοράς (reference junction)* ή *ψυχρή επαφή (cold junction)* και τοποθετείται σε ένα χώρο σταθερής θερμοκρασίας (π.χ. σε θερμοκρασία περιβάλλοντος T_0). Στα άκρα του αναπτύσσεται μία θερμοηλεκτρική τάση E_{T_0} . Λόγω της τοποθέτησης των μεταλλικών συρμάτων, οι τάσεις E_{T_1} και E_{T_0} έχουν αντίθετη πολικότητα, και έτσι στα άκρα του θερμοζεύγους αναπτύσσεται η διαφορά τους, $E = E_{T_1} - E_{T_0}$.



Σχήμα 2: (α) Εμφάνιση θερμοηλεκτρικής τάσης όταν δύο μέταλλα ενώνονται. (β) Δομή ενός θερμοζεύγους. Διακρίνονται η θερμή επαφή και η ψυχρή επαφή και σημειώνονται οι τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτό.

Η θερμοηλεκτρική τάση E δεν είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας ($T_1 - T_0$) αλλά σε συγκεκριμένες, στενές περιοχές θερμοκρασιών T μπορεί να θεωρηθεί χωρίς σφάλμα ότι είναι ανάλογη

της διαφοράς θερμοκρασίας. Συνήθως ανατρέχουμε σε πίνακες, οι οποίοι αναγράφουν τη διαφορά τάσης E που αντιστοιχεί σε ποικίλες διαφορές θερμοκρασίας ($T_1 - T_0$) για ποικίλες θερμοκρασίες αναφοράς T_0 .

Τα θερμοζεύγη κατασκευάζονται από επιλεγμένα μέταλλα ή κράματα μετάλλων, τα οποία αναπτύσσουν όχι υψηλή απόλυτη τιμή θερμοηλεκτρικής τάσης αλλά θερμοηλεκτρική τάση που μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία. Ονομάζονται από τα ονόματα των δύο μετάλλων ή κραμάτων, και αναφέρεται πρώτο το μέταλλο που γίνεται θετικότερο (και άρα αποτελεί το θετικό πόλο της θερμοηλεκτρικής τάσης). Το καλώδιο που καλύπτει το αρνητικό μέταλλο έχει πάντοτε κόκκινο χρώμα.

Τα πιο διαδεδομένα είδη θερμοζευγών είναι τα ακόλουθα:

- 1. Σιδήρου - Κονσταντάνης (*iron-constantan*) ή Τύπου J:** Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα λευκό και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου $50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Το καλώδιο σιδήρου είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης (η κονσταντάνη είναι κράμα χαλκού/νικελίου).
- 2. Νικελίου/Χρωμίου - Νικελίου/Αλουμινίου (*chromel-alumel*) ή Τύπου K:** Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα κίτρινο και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Το καλώδιο από το κράμα alumel (νικελίου/αλουμινίου) είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση και απαιτούνται ειδικά μέσα συγκόλλησης (άργυρος, ρέοντα υγρά). Το θερμοζεύγος αυτό δημιουργεί ηλεκτρικά σήματα όταν τα καλώδιά του κάμπτονται και έτσι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε δονούμενα συστήματα, εκτός και αν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα αντιστάθμισης της μηχανικής τάσης.
- 3. Χαλκού - Κονσταντάνης (*copper-constantan*) ή Τύπου T:** Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα μπλε και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Κανένα καλώδιο δεν είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης. Το θερμοζεύγος αυτό εμφανίζει σφάλματα στην αγωγή του ρεύματος επειδή ο χαλκός έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται, εκτός εάν μεγάλα μήκη καλωδίου (100 έως 200 φορές η διάμετρος) τίθενται σε περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας

Τα είδη των θερμοζευγών που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο αναγράφονται στον Πίνακα 2

Πίνακας 2:Είδη θερμοζευγών και περιοχές λειτουργίας τους

| Είδος Θερμοζεύγους | Θετικό άκρο (+) | Αρνητικό άκρο (-) | Περιοχή Λειτουργίας |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| B | Λευκόχρυσος 30% Ρόδιο | Λευκόχρυσος 6% Ρόδιο | 1370 – 1700 °C |
| C | W5Re (Βολφράμιο 5% Ρήνιο) | W26Re (Βολφράμιο 26% Ρήνιο) | 1650 – 2315 °C |
| E | Chromel | Κονσταντάνη | 95 – 900 °C |
| J | Σίδηρος | Κονσταντάνη | 95 – 760 °C |
| K | Chromel | Alumel | 95 – 1260 °C |
| N | Nicrosil | Nisil | 650 – 1260 °C |
| R | Λευκόχρυσος 13% Ρόδιο | Λευκόχρυσος | 870 – 1450 °C |
| S | Λευκόχρυσος 10% Ρόδιο | Λευκόχρυσος | 980 – 1450 °C |
| T | Χαλκός | Κονσταντάνη | -200 – 350 °C |

Τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που εκτείνονται από βιομηχανικές και επιστημονικές έως ιατρικές. Έτσι, χρησιμοποιούνται σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως σε κλιβάνους, θαλάμους ψύξης, πυρηνικούς αντιδραστήρες αλλά και εγχειρήσεις για την παρακολούθηση της εσωτερικής θερμοκρασίας οργάνων. Αυτό συμβαίνει επειδή το θερμοζεύγος συνίσταται στην ουσία σε μία επαφή δύο μετάλλων, που μπορεί να λάβει μικροσκοπικές διαστάσεις και να κατευθυνθεί με τη βοήθεια δύο ευλύγιστων καλωδίων σε οποιοδήποτε σημείο μας ενδιαφέρει. Γι' αυτό αποτελούν μία από τις πρώτες επιλογές για τη μέτρηση θερμοκρασιών.

1.1.3 Θερμίστορες

Οι μεταβολές της τιμής της αντίστασης των θερμομέτρων ηλεκτρικής αντίστασης είδαμε ότι είναι μικρές και έτσι δε μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση μικρών μεταβολών θερμοκρασίας με ακρίβεια και να λειτουργήσουν ως διακόπτες. Τα θερμίστορες είναι και αυτά αντιστάσεις, των οποίων η τιμή μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, αλλά εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές στην τιμή της αντίστασης. Τα θερμίστορες είναι κατασκευασμένα από οξειδία των μεταβατικών μετάλλων της σειράς του σιδήρου, όπως το χρώμιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το νικέλιο. Η αντίστασή τους μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία αλλά έχει υψηλά όρια ανοχής, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις θερμοκρασίας να μην έχουν την ακρίβεια

άλλων μεθόδων. Από την άλλη πλευρά, η ισχυρή μεταβολή της αντίστασης επιτρέπει τη χρήση των θερμίστορς ως διακοπών ή περιοριστών ρεύματος. Τα θερμίστορς αποτελούν μία εξαιρετικά διαδεδομένη και οικονομική επιλογή για τη μέτρηση θερμοκρασιών.

Υπάρχουν δύο είδη θερμίστορς, τα *NTC* (*negative temperature coefficient*, αρνητικού θερμοκρασιακού συντελεστή) και τα *PTC* (*positive temperature coefficient*, θετικού θερμοκρασιακού συντελεστή). Στα *NTC* η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ στα *PTC* η αντίσταση αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Με βάση τα θερμίστορ έχουν κατασκευαστεί και *κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας* (*temperature probes*).

1.1.3.1 Θερμίστορς NTC

Τα θερμίστορς *NTC* εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές αντίστασης όταν υφίστανται μικρές μεταβολές θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση θερμοκρασιών μεταξύ -100 και 300°C . Η μεταβολή της αντίστασής τους καθορίζεται από το πηλίκο της αντίστασης στους 25°C προς την αντίσταση στους 125°C και είναι, ανάλογα με το μοντέλο, της τάξης του 20 έως 40. Αυτό σημαίνει ότι η αντίσταση σε θερμοκρασία 125°C γίνεται από 20 έως 40 φορές μικρότερη της αντίστασης σε θερμοκρασία δωματίου. Οι ανοχές των θερμίστορς (της τάξης του 5%, ανάλογα με τη θερμοκρασία) είναι πολύ υψηλότερες από αυτές των θερμοηλεκτρικών αντιστάσεων. Τα θερμίστορς εμφανίζουν υψηλή χρονική σταθερότητα και η τιμή της αντίστασής τους στους 100°C μεταβάλλεται μετά από 1000 ώρες λειτουργίας κατά ποσοστό της τάξης του 0.1%. Σήμερα διατίθενται θερμίστορς με διάφορες τιμές αντίστασης, από 500 Ω έως 10 MΩ σε θερμοκρασία δωματίου. Τα θερμίστορς *NTC* κατασκευάζονται σε μορφή ράβδου, δίσκου ή κάψουλας. Η εξάρτηση της αντίστασης από τη θερμοκρασία στα θερμίστορς *NTC* έχει τη γενική μορφή:

$$R_T = R_{T_0} e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

όπου T είναι η θερμοκρασία μέτρησης σε βαθμούς Κέλβιν και T_0 μία θερμοκρασία αναφοράς (συνήθως οι 298 K, που αντιπροσωπεύουν τους 25°C), ενώ R_T και R_{T_0} είναι οι τιμές της αντίστασης του θερμίστορς *NTC* στις παραπάνω θερμοκρασίες.

1.1.3.2 Θερμίστορες PTC

Τα θερμίστορες τύπου PTC έχουν αντίσταση που αυξάνει με τη θερμοκρασία, και ειδικότερα μεταπίπτουν από μία κατάσταση χαμηλής αντίστασης σε μία κατάσταση υψηλής αντίστασης όταν η θερμοκρασία ανέλθει σε μία συγκεκριμένη τιμή. Έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως ως περιοριστές ρεύματος σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 και 250°C . Οι τιμές της αντίστασης των θερμίστορες PTC κυμαίνονται από 0.5 Ω έως 20 kΩ σε θερμοκρασία δωματίου. Επειδή η αύξηση της αντίστασης γίνεται απότομα, τα θερμίστορες αυτά δεν ενδείκνυνται για τη μέτρηση συνεχών τιμών θερμοκρασίας αλλά για τη διακοπή της τροφοδοσίας κυκλωμάτων. Έτσι αποτελούν θερμοευαίσθητους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Δεν έχουν μηχανικά μέρη όπως άλλοι διακόπτες, και επομένως εμφανίζουν μηδενική μηχανική φθορά και μεγάλη διάρκεια ζωής. Επιπρόσθετα δεν εμφανίζουν φαινόμενα υστέρησης και έχουν εξαιρετικά χαμηλό κόστος. Τα θερμίστορες PTC αυτοθερμαίνονται όταν διαρρέονται από ρεύμα, και αυτό αξιοποιείται στις εφαρμογές.

Οι συνηθέστερες εφαρμογές των θερμίστορες PTC είναι οι εξής :

- 1. Μέτρηση της ροής ρευστών:** Εάν ένα θερμίστορα PTC ευρίσκεται σε ακίνητο αέρα ή σε ακίνητο υγρό, αδυνατεί να αποβάλλει πολλή θερμότητα και αυτοθερμαίνεται γρήγορα. Έτσι γρήγορα μεταβαίνει στην κατάσταση υψηλής αντίστασης, στην οποία μπορεί να διακόψει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ελέγχει μία διαδικασία ψύξης, ευρισκόμενο μέσα στο ψυκτικό αέριο ή υγρό. Εάν η ροή του ψυκτικού αερίου ή υγρού μειωθεί, το θερμίστορα αποκτά μεγάλη αντίσταση και ενεργοποιεί ένα κύκλωμα προειδοποίησης ή το κύκλωμα ελέγχου της ροής του ψυκτικού.
- 2. Χρονική καθυστέρηση:** Εάν διαβιβάσουμε σε ένα θερμίστορα PTC ένα συγκεκριμένο ρεύμα, το θερμίστορα θα αυτοθερμανθεί και θα οδηγηθεί σε συγκεκριμένο χρόνο στην κατάσταση υψηλής αντίστασης, στην οποία μπορεί να ενεργοποιήσει κάποιο υποκύκλωμα. Επομένως μπορούμε να ενεργοποιήσουμε ένα υποκύκλωμα μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, να εισάγουμε δηλαδή μία επιθυμητή χρονική καθυστέρηση στη λειτουργία του υποκυκλώματος. Είναι σημαντικό να έχει το θερμίστορα PTC τη δυνατότητα να ψυχθεί πλήρως μεταξύ δύο διαδοχικών αυτοθερμάνσεων, αλλιώς η χρονική καθυστέρηση στη δεύτερη περίπτωση θα είναι μικρότερη και το θερμίστορα δε θα λειτουργεί αξιόπιστα.
- 3. Προστασία μπαταριών από υπερφόρτιση:** Όταν οι μπαταρίες φορτίζονται στη μέγιστη χωρητικότητά τους, θερμαίνονται. Έτσι

ένα θερμίστορ PTC που ευρίσκεται σε επαφή με μία μπαταρία μπορεί να ανιχνεύσει πότε η μπαταρία φορτίζεται πλήρως. Τότε η αντίστασή του αυξάνει απότομα και μηδενίζεται το ρεύμα που το διαρρέει, με αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας της μπαταρίας.

1.1.4 Θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις

Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων αυξάνει καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Άρα, είναι δυνατό να κατασκευαστεί διάταξη μέτρησης της θερμοκρασίας, μετρώντας την ηλεκτρική αντίσταση ενός πρότυπου μετάλλου, καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Έτσι, κατασκευάζονται οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις (RTDs). Η μέτρηση της αντίστασης ενός θερμοηλεκτρικού στοιχείου γίνεται με τη βοήθεια γέφυρας Wheatstone ή με τη βοήθεια πηγής ρεύματος, που διεγείρει κατάλληλα τη θερμοηλεκτρική αντίσταση.

Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις έχουν καλύτερη γραμμικότητα και είναι γενικά πιο ακριβείς από τα θερμοζεύγη, καθώς έχουν ανάλυση μικρότερη του ενός βαθμού Κελσίου. Εξαρτώνται από την απόλυτη τιμή της θερμοκρασίας και όχι απλώς από τη θερμοκρασιακή μεταβολή, όπως συμβαίνει στα θερμοζεύγη, άρα δεν έχουν ανάγκη από θερμοκρασίες αναφοράς. Όμως είναι πιο ακριβές και απαιτούν εξωτερική διέγερση. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργαστηριακές και βιομηχανικές εφαρμογές ακριβείας. Τυπικό μέταλλο για την κατασκευή θερμοηλεκτρικών αντιστάσεων είναι η πλατίνα.

1.2 Οπτικοί Αισθητήρες

1.2.1 Φωτοαντιστάσεις (LDRs)

Γνωρίζουμε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται μέσα σε ένα υλικό από τα ηλεκτρόνια του υλικού που μπορούν να κινηθούν μέσα σε αυτό και λέγονται *ελεύθερα ηλεκτρόνια* ή *ηλεκτρόνια αγωγιμότητας* (*conduction electrons*). Όσο περισσότερα ηλεκτρόνια αγωγιμότητας έχει ένα υλικό, τόσο μεγαλύτερη *αγωγιμότητα*, και άρα μικρότερη *αντίσταση*, εμφανίζει στη ροή του ρεύματος. Όταν προσπίπτει φως σε ένα φωτοαγώγιμο υλικό, αυξάνει ο αριθμός των ελευθέρων ηλεκτρονίων του. Αυτό γίνεται επειδή τα προσπίπτοντα φωτόνια διεγείρουν ηλεκτρόνια που είναι δεσμευμένα και τα καθιστούν ελεύθερα. Έτσι η αντίσταση του φωτοαγώγιμου υλικού μειώνεται. Η σχέση μεταξύ της προσπίπτουσας φωτεινής ισχύος P και της αντίστασης R δεν είναι γραμμική αλλά λογαριθμική και έχει τη μορφή:

$$R = \frac{a}{P^b}$$

Από αυτήν καταλήγουμε στην εμπειρική σχέση

$$\log R = a - b \log P$$

Οι ποσότητες a και b είναι χαρακτηριστικές του φωτοαγώγιμου υλικού. Με βάση αυτά τα υλικά κατασκευάζονται τα εμπορικά προϊόντα των *φωτο-αντιστάσεων* (*photoresistors*) ή *αντιστάσεων εξαρτώμενων από φωτεινή ένταση* (*light-dependent resistors – LDRs*).

1.2.2 Φωτοδίοδοι και φωτοτρανζίστορ

Οι φωτοδίοδοι και τα φωτοτρανζίστορ αποτελούν τα βασικά είδη φωτοβολταϊκών ανιχνευτών. Αυτά δημιουργούν ρεύμα, που ονομάζεται *φωτόρρευμα* (*photocurrent*), ανάλογο της προσπίπτουσας φωτεινής έντασης. Τα φωτοτρανζίστορ είναι στην ουσία φωτοδίοδοι που επιπρόσθετα εκτελούν ενίσχυση του δημιουργούμενου ρεύματος και έτσι η αρχή λειτουργίας τους είναι ίδια με αυτήν των φωτοδιόδων.

Ο όρος *φωτοδίοδος* μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει έως και τις ηλιακές μπαταρίες, αλλά συνήθως αναφέρεται μόνο στους αισθητήρες φωτεινής στάθμης.

Οι φωτοδίοδοι αποτελούνται από μία φωτοευαίσθητη δίοδο πυριτίου, δηλαδή μία επαφή p-n που έχει στην άνω όψη της ένα φωτοαγώγιμο στρώμα. Η πρόσπτωση φωτός στην επιφάνειά τους δημιουργεί ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών στην περιοχή της επαφής, δηλαδή ένα μικρό ρεύμα (φωτόρευμα). Το φωτόρευμα είναι αμελητέο σε σύγκριση με τα ρεύματα που διαρρέουν τις φωτοδίοδους όταν αυτές είναι ορθά πολωμένες, οπότε άγουν ως κανονικές δίοδοι. Όταν όμως οι φωτοδίοδοι είναι ανάστροφα πολωμένες, το φωτόρευμα καθίσταται σημαντικό και επιτρέπει τη μέτρηση της προσπίπτουσας φωτεινής έντασης.

1.3 Αισθητήρες πίεσης και βάρους

Η πίεση αποτελεί μέτρο της δύναμης ή μηχανικής τάσης που ασκείται στην εξωτερική επιφάνεια κάποιου σώματος από ένα εξωτερικό αίτιο. Το βάρος αποτελεί τη -σταθερή- δύναμη προς τα κάτω που ασκεί η Γη σε ένα σώμα και αποτελεί μία ειδική περίπτωση δύναμης. Έτσι, εάν τοποθετηθεί ένα σώμα σε επαφή με έναν αισθητήρα πίεσης, ο αισθητήρας μπορεί να μετρά τη δύναμη που δέχεται το σώμα από ένα εξωτερικό αίτιο ή από τη Γη ανάλογα με τη σχετική θέση σώματος και αισθητήρα (κατακόρυφη, οριζόντια κ.ά.). Με άλλα λόγια, η μέτρηση του βάρους ανάγεται στη μέτρηση πίεσης και γι' αυτό οι μετρητές πίεσης χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση βάρους. (Εδώ πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το μετρούμενο σώμα θεωρείται ότι δεν κινείται λόγω της ύπαρξης δύναμης (ή βάρους) σε αυτό. Εάν το σώμα κινείται, χρησιμοποιούνται άλλα είδη αισθητήρων, οι *μετρητές κίνησης*. Στην περίπτωση κινούμενων ρευστών, ο αισθητήρας πίεσης είναι ακίνητος και θεωρείται ότι δέχεται πίεση από το κινούμενο ρευστό). Η πίεση σχετίζεται με τη δύναμη με τη σχέση:

$$P = \frac{F}{A}$$

και άρα οι μονάδες της είναι μονάδες δύναμης ανά μονάδες επιφάνειας. Υπάρχουν πολλές μονάδες πίεσης: Καταρχήν είναι η *ατμόσφαιρα (atm)*, που δημιουργήθηκε με βάση την πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα. *Μία ατμόσφαιρα (1 Atm)* ορίζεται ότι είναι η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας και σε γεωγραφικό πλάτος 45°. Η πίεση αυτή δημιουργείται από τον αέρα που βρίσκεται

από πάνω μας. Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται κυρίως από οξυγόνο και άζωτο, φθάνει σε ύψος μερικών χιλιάδων χιλιομέτρων και πιέζει όλα τα αντικείμενα που ευρίσκονται στην επιφάνεια της Γης. Η μονάδα του σύμφωνα με το διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το *Νιούτον ανά τετραγωνικό μέτρο* (N/m^2) ή *Πασκάλ* (Pa). Επειδή το ένα τετραγωνικό μέτρο είναι πολύ μεγάλη επιφάνεια, αναμένουμε ότι η πίεση που δημιουργεί σε ένα σημείο μία συνηθισμένη δύναμη ισούται με χιλιάδες Pa . Πράγματι, η *μία ατμόσφαιρα* ισούται με $101325 Pa$. Για ευκολία ορίζεται ότι οι εκατό χιλιάδες Pa είναι ίσες με $1 bar$. Η ατμοσφαιρική πίεση εξισορροπεί το βάρος μίας στήλης υδραργύρου ύψους 760 χιλιοστών, και έτσι ως μονάδα πίεσης υπάρχει το *ένα χιλιοστόμετρο στήλης υδραργύρου* ($1 mmHg$), που ονομάζεται *ένα Torr* (από τον Ιταλό Evangelista Torricelli που παρατήρησε το φαινόμενο). Στο αγγλοσαξωνικό σύστημα μονάδων μονάδα πίεσης είναι η *μία λίβρα δύναμης ανά τετραγωνική ίντσα* (*round per square inch, lbf/in²*), ή *psi*, όπου είναι $1 lbf = 4.4484 N$ και $1 in = 2.54 cm$. Η σχέση μεταξύ των παραπάνω μονάδων συνοψίζεται στον Πίνακα 3

Πίνακας 3 :Σχέσεις μεταξύ των μονάδων πίεσης

| |
|-------------------------------|
| $1 atm = 101325 Pa$ |
| $1 atm = 760 mmHg = 760 Torr$ |
| $1 atm = 1.01325 bar$ |
| $1 atm = 14.7 psi$ |
| $1 bar = 100000 Pa$ |
| $1 Torr = 133.32 Pa$ |
| $1 psi = 6895 Pa$ |

Η ατμοσφαιρική πίεση ασκείται πάντοτε και σε όλα τα σώματα. Εάν ασκούμε πίεση σε ένα σώμα, αυτό αντιλαμβάνεται την πίεσή μας συν την ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι, το άθροισμα των δύο πιέσεων λέγεται *απόλυτη πίεση* (*absolute pressure*). Η πίεση που ασκούμε ονομάζεται *πίεση μετρητή* (*gauge pressure*) και αυτή μας ενδιαφέρει να προσδιορίσουμε. Το αγγλοσαξωνικό σύστημα μονάδων διακρίνει τις δύο αυτές πιέσεις γράφοντας την πίεση μετρητή ως *psi* και την απόλυτη πίεση ως *psia* (*psi absolute*). Έτσι, μία πίεση ίση με $16 psi$ σημαίνει ότι κάποιο εξωτερικό αίτιο (εκτός από την ατμόσφαιρα) ασκεί πίεση $16 psi$, ενώ μία πίεση $16 psia$ σημαίνει ότι η συνολική πίεση

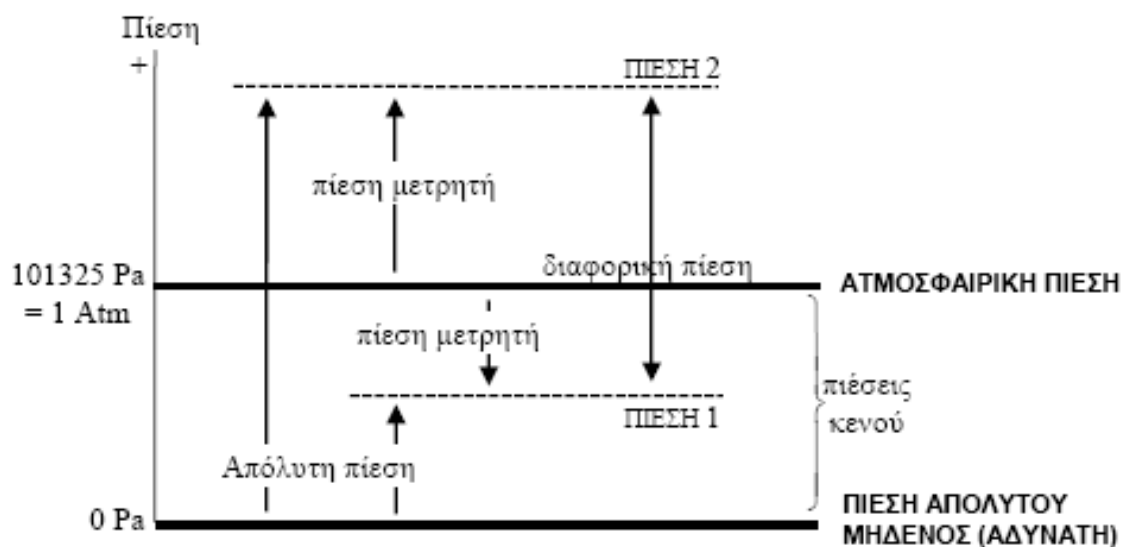
που ασκείται είναι 16 psi, και επομένως ότι το εξωτερικό αίτιο ασκεί πίεση 1.3 psi.

Εάν τοποθετήσουμε ένα σώμα σε έναν αεροστεγή χώρο και αφαιρέσουμε με μηχανικό τρόπο μία ποσότητα αέρα από το χώρο, το σώμα θα πιέζεται λιγότερο από όσο εάν ευρίσκεται στην ελεύθερη ατμόσφαιρα και έτσι λέμε ότι δημιουργούμε κενό αέρος, ή αλλιώς κενό (*vacuum*). Οποιαδήποτε πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση λέγεται *πίεση κενού* (*vacuum pressure*). Στην πράξη είναι αδύνατο να επιτύχουμε *πίεση μηδέν* (το λεγόμενο *απόλυτο κενό*) επειδή θα πρέπει να απομακρύνουμε όλα τα μόρια αέρα από ένα χώρο. Τα τεχνικά μέσα που διαθέτουμε σήμερα (οι *αντλίες κενού*, *vacuum pumps*) πετυχαίνουν όμως πολύ υψηλά κενά, ανάλογα με το είδος τους. Η απλούστερη από όλα τα είδη αντλιών, η *περιστροφική αντλία* (*rotary pump*) μειώνει την ατμοσφαιρική πίεση στο 1/100.000 της τιμής της (από τα 760 Torr σε λιγότερο από 0.01 Torr) και, όπως λέγεται, *επιτυγχάνει κενό καλύτερο από 10⁻² Torr*. Οι καλύτερες αντλίες, οι *αντλίες ιόντων* (*ion pumps*), υποστηριζόμενες από αντλίες χαμηλότερων επιδόσεων επιτυγχάνουν κενά έως 10-12 Torr. Στον Πίνακα 4 εικονίζονται τα είδη αντλιών που υπάρχουν σήμερα και τα ενδεικτικά κενά που επιτυγχάνουν.

Πίνακας 4 : Είδη αντλιών κενού και ενδεικτικά κενά που επιτυγχάνουν

| Είδος Αντλίας | Κενό (Torr) |
|---------------------|---------------------|
| Περιστροφική | 1×10^{-2} |
| Διαχύσεως | 1×10^{-6} |
| Στροβίλου (τούρμπο) | 1×10^{-8} |
| Ιόντων | 1×10^{-12} |

Εάν μετρούμε μία πίεση κενού με ένα μετρητή που λειτουργεί έχοντας ως αναφορά την ατμοσφαιρική πίεση, τότε αυτός θα δείξει αρνητική πίεση. Εάν ο μετρητής μετρά απόλυτες πιέσεις, θα εμφανίσει την πίεση κενού ως θετική πίεση. Η σχέση ανάμεσα στα είδη πιέσεων εικονίζεται στο Σχήμα 3. Εκεί σημειώνονται δύο καταστάσεις πίεσης (*ΠΙΕΣΗ 1* και *ΠΙΕΣΗ 2*) και οι έννοιες της πίεσης μετρητή και απόλυτης πίεσης. Εάν μετρούμε τη διαφορά δύο απόλυτων πιέσεων (όπως συμβαίνει σε διάφορα είδη μανομέτρων υγρού), τότε λέμε ότι μετρούμε μία *διαφορική πίεση* (*differential pressure*).



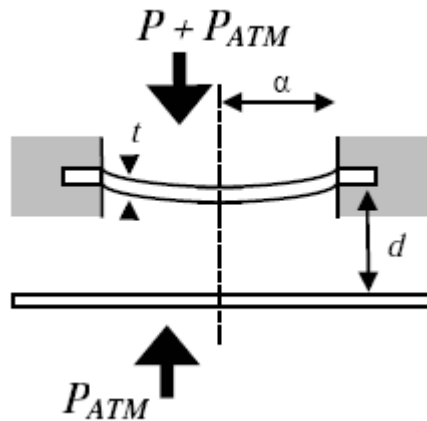
Σχήμα 3 Σχέσεις μεταξύ των διαφόρων ειδών πίεσης

Τα κυριότερα είδη αισθητήρων πίεσης είναι τα ακόλουθα:

1. Μανόμετρα υγρού και αερίου
2. Χωρητικοί αισθητήρες
3. Επαγωγικοί αισθητήρες
4. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες και αισθητήρες πιεζοαντίστασης
5. Μετρητές μηχανικής τάσης και κυψελίδες φορτίου

1.3.1 Χωρητικοί και Επαγωγικοί Αισθητήρες Πίεσης

Οι αισθητήρες αυτοί στηρίζονται στην ύπαρξη ενός ελαστικού διαφράγματος, το οποίο χωρίζει έναν κλειστό χώρο σε δύο ημιχώρους. Εάν ο ένας ημιχώρος ευρίσκεται στην πίεση που θέλουμε να μετρήσουμε και ο άλλος σε μία πίεση αναφοράς (όπως π.χ. σε ατμοσφαιρική πίεση), τότε το διάφραγμα μετατοπίζεται προς μία κατεύθυνση. Η μετατόπιση αυτή μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ενός πυκνωτή και άρα αλλαγή της χωρητικότητάς του ή αλλοίωση της μαγνητικής διαρροής που διαρρέει ένα ή δύο πηνία, και άρα αλλαγή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης που αυτά παρουσιάζουν στα άκρα τους.



Σχήμα 4: Απλός χωρητικός αισθητήρας πίεσης

Για παράδειγμα στο Σχήμα 4 εικονίζεται ένας απλός χωρητικός αισθητήρας πίεσης, που συνίσταται σε έναν επίπεδο πυκνωτή, του οποίου ο ένας (ο άνω, στο σχήμα) οπλισμός είναι ελαστικός και αποτελεί το διάφραγμα. Πάνω από το διάφραγμα επικρατεί η πίεση που θέλουμε να μετρήσουμε ενώ κάτω από αυτό η ατμοσφαιρική πίεση. Το διάφραγμα καμπυλώνεται λόγω της διαφοράς πίεσης και η χωρητικότητα C του πυκνωτή μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\Delta C = C \times \frac{(1 - \nu^2) \alpha^4}{16 E d t^3} \times P$$

όπου

P είναι η πίεση μετρητή (δηλαδή η διαφορά των πιέσεων πάνω και κάτω από τον άνω οπλισμό),

d η αρχική απόσταση των οπλισμών,

α η ακτίνα του διαφράγματος,

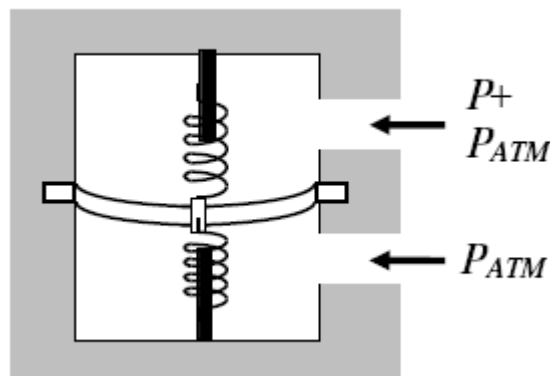
t το πάχος του διαφράγματος και

ν και E δύο παράμετροι που σχετίζονται με το υλικό του διαφράγματος (ο λόγος του Poisson και το μέτρο του Young, αντίστοιχα).

Η μεταβολή της χωρητικότητας μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή μίας τάσης εάν διαβιβάσουμε στον πυκνωτή κάποιο σταθερό εναλλασσόμενο ρεύμα. Γνωρίζοντας ότι η χωρητική του αντίσταση ισούται με $Z_C = 1/C\omega$, διαπιστώνουμε ότι η εναλλασσόμενη τάση στα

άκρα του ($V_C = Z_C I$) θα μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της χωρητικότητας. Ανάλογο αποτέλεσμα μπορεί να ληφθεί εάν διαβιβάσουμε στον πυκνωτή μία σταθερή εναλλασσόμενη τάση. Τότε, η μετατόπισή του άνω οπλισμού του και η επακόλουθη μεταβολή της χωρητικής του αντίστασης θα προκαλεί μεταβολή στο ρεύμα που τον διαρρέει.

Στο Σχήμα 5 εικονίζεται η αρχή των επαγωγικών αισθητήρων πίεσης. Ένας κλειστός χώρος χωρίζεται σε δύο ημιχώρους με ένα διάφραγμα. Το διάφραγμα συνδέεται σταθερά με δύο πηνία και οι μετατοπίσεις του διαφράγματος μετατοπίζουν και τα πηνία. Στο εσωτερικό του κάθε πηνίου υπάρχει ένας πυρήνας από σιδηρομαγνητικό υλικό, ακλόνητα στερεωμένος στα τοιχώματα του χώρου. Τυχόν μεταβολή της θέσης των πηνίων προκαλεί αλλαγή της θέσης των πυρήνων ως προς τα πηνία και αλλαγή του συντελεστή αυτεπαγωγής τους L . Έτσι αλλάζει και η επαγωγική αντίσταση των πηνίων ($Z_L = L\omega$). Εάν επομένως διαβιβάσουμε στα πηνία ένα σταθερό εναλλασσόμενο ρεύμα, η τάση στα άκρα τους θα μεταβάλλεται ανάλογα με την επαγωγική αντίσταση ($V_L = Z_L I$) και άρα με τη μετατόπιση του διαφράγματος. Ανάλογο αποτέλεσμα μπορεί να ληφθεί εάν διαβιβάσουμε στα πηνία μία σταθερή εναλλασσόμενη τάση. Τότε, η μετατόπισή τους και η επακόλουθη μεταβολή της επαγωγικής τους αντίστασης θα προκαλεί μεταβολή στο ρεύμα που τα διαρρέει.



Σχήμα 5: Απλός επαγωγικός αισθητήρας πίεσης

1.3.2 Αισθητήρες Πιεζοαντίστασης

Οι αισθητήρες αυτοί στηρίζονται στη μεταβολή της τιμής της αντίστασης ενός μεταλλικού σύρματος όταν αυτό πιεστεί κατά μήκος της κύριας διάστασής του. Για τον υπολογισμό της ποσοτικής σχέσης θεωρούμε την εξίσωση που σχετίζει την αντίσταση ενός σύρματος με τα φυσικά του χαρακτηριστικά:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

όπου ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού, από το οποίο είναι φτιαγμένο το σύρμα,

και l και A είναι το μήκος και το εμβαδό διατομής του σύρματος.

Εάν το υλικό συμπιεστεί (και άρα το μήκος του μειωθεί και η ενεργός διατομή του αυξηθεί), και εκφράσουμε τη μεταβολή ΔR της αντίστασης ως προς τις αντίστοιχες μεταβολές των ποσοτήτων ρ , l και A , αποδεικνύεται ότι είναι:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = G \frac{\Delta l}{l_0},$$

όπου

R_0 και l_0 είναι οι τιμές της αντίστασης και του μήκους όταν η πίεση μετρητή είναι μηδέν,

Δl είναι η μεταβολή του μήκους και

G είναι μία ποσότητα χαρακτηριστική του υλικού, που ονομάζεται *παράγοντας G (gauge factor)*. Η ποσότητα G σχετίζεται με τα φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού και έχει γνωστή τιμή, η οποία εξαρτάται ελαφρά από τη συμπίεση Δl που προκαλείται στο υλικό.

Το πηλίκο $\Delta l/l_0$ εκφράζει την *ποσοστιαία συμπίεση* του υλικού και είναι γνωστό με τον αγγλικό όρο *strain*.

Με τη βοήθεια πιεζοαντιστάσεων κατασκευάζονται μετρητικές διατάξεις που ονομάζονται *μετρητές μηχανικής τάσης (strain gauges)*. Αυτές αποτελούνται συνήθως από τέσσερις πιεζοαντιστάσεις σε διάταξη γέφυρας Wheatstone. Οι πιεζοαντιστάσεις κατασκευάζονται

συνήθως από ένα λεπτό φύλλο αλουμινίου, το οποίο υφίσταται μία διαδικασία *απόξεσης* (*etching*) και λαμβάνει τη μορφή ενός σύρματος. Το αλουμίνιο συνδέεται σε μία βάση από ρητίνη και στη συνέχεια αυτή συγκολλάται στην επιφάνεια που μας ενδιαφέρει. Η έξοδος της γέφυρας Wheatstone είναι της τάξης των 100 mV και έτσι είναι αναγκαία η ενίσχυσή της προτού διαβιβαστεί σε ένα μετατροπέα A/D. Εναλλακτικά, η έξοδος μπορεί να μην υποστεί ενίσχυση εάν ο μετατροπέας A/D έχει υψηλή ευαισθησία (π.χ. έχει ανάλυση 12 bits).

1.3.3 Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης

Όταν συμπιέζεται ή εφελκύεται ένας κρύσταλλος, μετατοπίζονται οι θέσεις των θετικών και αρνητικών φορτίων του και έτσι εμφανίζεται στα άκρα του μία ποσότητα φορτίου (θετικού στο ένα άκρο και αρνητικού στο άλλο άκρο), δηλαδή διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο* (*piezoelectric effect*) και εμφανίζεται σε όλα τα κρυσταλλικά υλικά, είναι όμως ιδιαίτερα έντονο σε ορισμένα μόνο υλικά, τα οποία ονομάζονται για το λόγο αυτό *πιεζοηλεκτρικά*. Τα υλικά αυτά εμφανίζουν και το *αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο*, κατά το οποίο η εφαρμογή στα άκρα του υλικού μίας τάσης V προκαλεί συμπίεση (ή εφελκυσμό, ανάλογα με το πρόσημο της τάσης) κατά διάστημα x :

$$x = d V$$

όπου η ποσότητα d είναι η πιεζοηλεκτρική σταθερά του υλικού. Η περιγραφή του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου γίνεται πολύ απλά θεωρώντας ότι ένας κρύσταλλος λειτουργεί σαν ελατήριο σταθεράς k όταν συμπιέζεται κατά διάστημα x . Η σχέση μεταξύ δύναμης και διαστήματος είναι η εξής:

$$F = k x$$

Συνδυάζοντας τις δύο παραπάνω σχέσεις εξάγεται η σχέση μεταξύ της εφαρμοζόμενης δύναμης και της πιεζοηλεκτρικής τάσης αναπτύσσεται στα άκρα του υλικού:

$$F = k d V \Leftrightarrow V = \frac{1}{k d} F$$

Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι είναι συνήθως κρύσταλλοι χαλαζία (quartz). Μπορούν να έχουν πολύ μικρό μέγεθος και είναι ανθεκτικοί σε υψηλές θερμοκρασίες. Η σταθερά k των κρυστάλλων είναι πολύ μεγάλη (δηλαδή οι κρύσταλλοι είναι σκληροί), με αποτέλεσμα η τάση V που παράγεται να έχει μικρές τιμές και να απαιτείται η ενίσχυσή της ή η τοποθέτηση πολλών κρυστάλλων σε σειρά. Οι κρύσταλλοι τίθενται σε επαφή με ένα κινητό διάφραγμα, το οποίο δέχεται την πίεση, και συμπιέζονται από αυτό όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.

Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι δε χρησιμοποιούνται μόνο για τη μέτρηση πιέσεων και δυνάμεων αλλά και επιταχύνσεων, καθώς γνωρίζουμε ότι η δύναμη και η επιτάχυνση είναι μεγέθη ανάλογα, με βάση τη γνωστή σχέση:

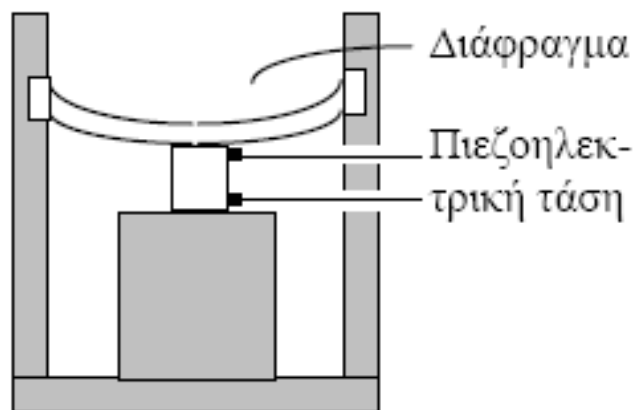
$$F = m a$$

όπου

a είναι η επιτάχυνση και

m είναι η μάζα που δέχεται την επιτάχυνση.

Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά διακρίνονται μεταξύ τους ανάλογα με την τιμή του ηλεκτρικού σήματος που παράγουν εξαιτίας μίας δεδομένης πίεσης, την απόκρισή τους σε πιέσεις διαφόρων συχνοτήτων, τη συχνότητα στην οποία εμφανίζουν το φαινόμενο του συντονισμού κ.ά.



Σχήμα 6: Μορφή πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης

1.4 Αισθητήρες Στάθμης και Όγκου

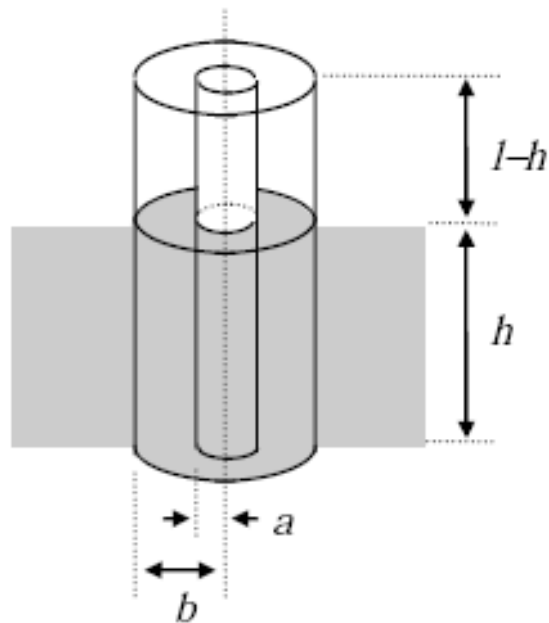
Οι αισθητήρες στάθμης και όγκου χρησιμοποιούνται στην περίπτωση υγρών, τα οποία καταλαμβάνουν το κάτω τμήμα του δοχείου ή της δεξαμενής στην οποία τίθενται και σχηματίζουν μία οριζόντια ελεύθερη επιφάνεια στο άνω μέρος. Το πόσο μεγάλο είναι το τμήμα της δεξαμενής που καταλαμβάνεται εξαρτάται από τον όγκο του υγρού. Η απόσταση της ελεύθερης επιφάνειας από τον πυθμένα της δεξαμενής αποτελεί τη *στάθμη (level)* του υγρού.

Πέρα από τα *δοχεία παρατήρησης*, τους *ογκομετρικούς κυλίνδρους* και τις *ράβδους βυθομέτρησης*, που είναι βαθμολογημένα σκεύη και αναφέρονται σε εφαρμογές μικρής κλίμακας (δηλαδή σε μικρές ποσότητες υγρών), σήμερα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της στάθμης υγρών *χωρητικοί αισθητήρες* και *αισθητήρες πίεσης*.

1.4.1 Χωρητικοί Αισθητήρες Στάθμης

Οι χωρητικοί αισθητήρες στάθμης αποτελούνται από έναν κυλινδρικό πυκνωτή, στον οποίο το διάκενο μεταξύ των κυλινδρικών οπλισμών δεν περιέχει διηλεκτρικό και μπορεί να γεμίσει με υγρό. Η μορφή ενός τέτοιου πυκνωτή εικονίζεται στο Σχήμα 7. Το ύψος του κυλινδρικού πυκνωτή είναι ίσο με l (άρα l είναι η μέγιστη στάθμη που μπορεί να ανιχνευθεί) και έστω ότι η πραγματική στάθμη φθάνει σε ύψος h . Αυτό σημαίνει ότι ύψος h του πυκνωτή περιέχει το υπό εξέταση υγρό, σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς ϵ , και ότι το υπόλοιπο ύψος $(l - h)$ περιέχει αέρα, σχετικής διηλεκτρικής σταθεράς $\epsilon = 1$. Άρα ο συνολικός πυκνωτής ανάγεται σε δύο επιμέρους πυκνωτές συνδεδεμένους παράλληλα και η συνολική χωρητικότητα εξαρτάται από το ύψος h της στάθμης του υγρού.

Λόγω του σχήματός τους οι χωρητικοί αισθητήρες στάθμης ονομάζονται και *βελόνες χωρητικότητας (capacitance probes)*



Σχήμα 7: Αρχή λειτουργίας ενός χωρητικού αισθητήρα στάθμης

1.5 Αισθητήρες Μετατόπισης και Κίνησης

Η ανίχνευση της φυσικής θέσης και της κίνησης των αντικειμένων έχει ζωτική σημασία, αφού οι περισσότερες κατασκευές και διατάξεις διαθέτουν κινητά μηχανικά μέρη. Είναι συχνά απαραίτητο να γνωρίζουμε τη θέση ενός αντικειμένου. Ενδέχεται να θέλουμε να προσδιορίσουμε εάν ή ποτέ ένα κινητό μέρος ευρίσκεται σε κάποια προκαθορισμένη θέση του χώρου. Άλλοτε είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε εάν και σε ποιο βαθμό ένα κινητό μέρος κινείται ή περιστρέφεται προς κάποια κατεύθυνση ή την αντίθετή της. Κάποιες φορές μας ενδιαφέρει πόσο γρήγορα κινείται ένα κινητό μέρος. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η γνώση της θέσης, της προσέγγισης, της μετατόπισης και της ταχύτητας ή επιτάχυνσης ενός αντικειμένου αφορούν στο γενικότερο ζήτημα της ανίχνευσης κάποιας παραμέτρου της κίνησής του.

Ανάλογα επομένως με τη φύση της εφαρμογής μας πρέπει να χρησιμοποιήσουμε αισθητήρες που να ανιχνεύουν κάποιο από τα ακόλουθα μεγέθη:

- Θέση
- Προσέγγιση
- Μετατόπιση (ευθύγραμμη ή περιστροφική)
- Ταχύτητα ή επιτάχυνση

Η μετατόπιση (*displacement*) προκύπτει από τον υπολογισμό της απόστασης ανάμεσα στη νέα και την παλαιά θέση του εξεταζόμενου αντικειμένου, και άρα η ανίχνευση της θέσης ανάγεται στην ανίχνευση της μετατόπισης και αντίστροφα. Η προσέγγιση (*proximity*) αποτελεί μία ειδική περίπτωση ανίχνευσης θέσης, καθώς τότε μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε εάν θα ευρεθεί το εξεταζόμενο αντικείμενο σε μία συγκεκριμένη, προκαθορισμένη θέση. Έτσι η ανίχνευση της προσέγγισης δίνει δύο δυνατά αποτελέσματα (ΝΑΙ και ΟΧΙ) και είναι απλούστερη από την ανίχνευση θέσης, η οποία πρέπει να δίνει ως αποτελέσματα συνεχείς αριθμητικές τιμές (σε χιλιοστά ή μίρες). Η μέτρηση της ταχύτητας και της επιτάχυνσης διαφέρει από τις μετρήσεις μηκών και γωνιών (θέσεων, μετατοπίσεων κ.ά.) και στηρίζεται σε διαφορετικές αρχές.

Η μετατόπιση μπορεί να μετρηθεί στις απλούστερες περιπτώσεις με μηχανικά συστήματα (γραμμικά μικρόμετρα ή γωνιόμετρα) και για να γίνει αυτό πρέπει να υπάρξει ανθρώπινη παρέμβαση, όσον αφορά στην ανάγνωση της μέτρησης και συχνά στην εκτέλεσή της. Ένας καλύτερος τρόπος είναι με τη βοήθεια ενός ποτενσιομέτρου (γραμμικού ή περιστροφικού), καθώς γνωρίζουμε ότι η έξοδος ενός ποτενσιομέτρου είναι ανάλογη κάποιου μήκους ή γωνίας. Τα μειονεκτήματα των ποτενσιομέτρων είναι η εξάρτηση της τάσης εξόδου από την αντίσταση που συνδέεται σε αυτήν, η μηχανική φθορά της ποτενσιομετρικής ράβδου ή του ποτενσιομετρικού δακτυλίου από τη συνεχή ολίσθηση ενός δρομέα επάνω του και η συχνά βηματική φύση των τιμών της τάσης εξόδου, όταν η ποτενσιομετρική ράβδος αποτελείται από περιελιγμένο καλώδιο και επομένως ο δρομέας σταθμεύει εν γένει μεταξύ των περιελίξεων. Οι πιο σύγχρονοι τρόποι μέτρησης της μετατόπισης και θέσης είναι οι επαγωγικοί και οι χωρητικοί αισθητήρες μετατόπισης, που θα περιγραφούν στη συνέχεια.

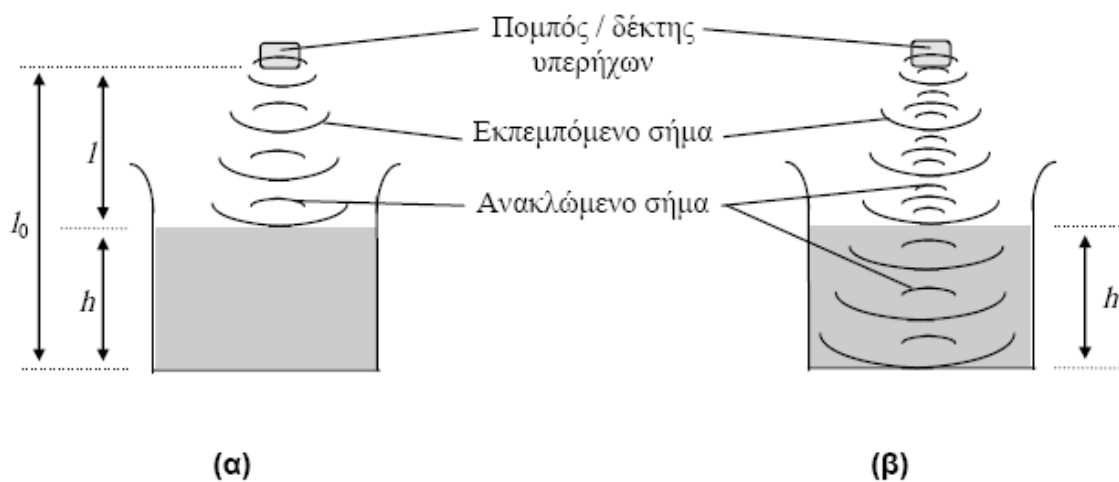
Η μέτρηση της προσέγγισης μπορεί να γίνει με μηχανικό τρόπο με τη βοήθεια ενός διακόπτη επαφής: Τοποθετούμε το διακόπτη στη θέση που μας ενδιαφέρει και όταν το κινούμενο αντικείμενο φθάσει σε αυτήν τη θέση κλείνει ή ανοίγει το διακόπτη, ενεργοποιώντας μέσω αυτού κάποιο κύκλωμα ελέγχου. Ένας πιο ολοκληρωμένος τρόπος μέτρησης της προσέγγισης είναι μέσω της αντίστοιχης θέσης. Για να το κάνουμε αυτό χρησιμοποιούμε έναν αισθητήρα μετατόπισης, ο οποίος παράγει μία τάση ανάλογη της θέσης. Συγκρίνουμε την τάση αυτή με την τάση που αναπτύσσεται όταν το εξεταζόμενο αντικείμενο φθάσει στην προκαθορισμένη θέση και από το αποτέλεσμα της σύγκρισης ενεργοποιούμε ή όχι το κύκλωμα ελέγχου. Έτσι, η μέτρηση της προσέγγισης ανάγεται στη μέτρηση της μετατόπισης. Υπάρχουν

πάντως και ειδικές μέθοδοι μέτρησης της μετατόπισης, που στηρίζονται στη μέτρηση μαγνητικού πεδίου (αισθητήρες προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης, αισθητήρες προσέγγισης φαινομένου Hall) και στην ανάκλαση μίας φωτεινής δέσμης από το μετατοπιζόμενο αντικείμενο (οπτικοί αισθητήρες προσέγγισης)

Για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός αντικειμένου χρησιμοποιούνται τεχνικές υπερήχων ή ραδιοκυμάτων (radar). Σύμφωνα με αυτές εκπέμπεται προς το αντικείμενο ένα κύμα (υπέρηχος ή ραδιοκύμα), το οποίο ανακλάται από το αντικείμενο και ένα τμήμα του επιστρέφει προς τη συσκευή εκπομπής. Το τμήμα του κύματος που επιστρέφει έχει μήκος κύματος ελαφρά διαφορετικό από αυτό που εκπέμπεται λόγω του φαινομένου Doppler και η διαφορά αυτή σχετίζεται με την ταχύτητα του αντικειμένου. Η μέτρηση της επιτάχυνσης σχετίζεται με τη μέτρηση της δύναμης, καθώς τα μεγέθη αυτά είναι ανάλογα. Εντούτοις, οι αισθητήρες δύναμης που έχουμε περιγράψει στην προηγούμενη παράγραφο στηρίζονται στη μέτρηση του μεγέθους της πίεσης, η οποία προϋποθέτει τη φυσική επαφή του εξεταζόμενου αντικειμένου με το αντικείμενο που το πιέζει. Είναι όμως δυνατό να επιταχυνθεί ένα αντικείμενο χωρίς να υποστεί πίεση, εάν για παράδειγμα μετατοπιστεί βίαια το στήριγμά του λόγω κάποιας δύναμης (βαρυτικής, φυγόκεντρης, ηλεκτρικής κ.ά.) που ενεργεί επάνω σε αυτό από απόσταση. Έτσι υπάρχουν αισθητήρες ειδικά κατασκευασμένοι για να μετρούν αποκλειστικά το μέγεθος της επιτάχυνσης και ονομάζονται *επιταχυνσιόμετρα (accelerometers)*.

1.5.1 Αισθητήρες Υπερήχων

Η ανθρώπινη φωνή δημιουργεί σύνθετες δονήσεις του αέρα γύρω από το στόμα, με ελάχιστη συχνότητα 300 Hz και μέγιστη συχνότητα 3400 Hz. Όπως λέγεται, *το φάσμα (spectrum) της ανθρώπινης φωνής είναι μεταξύ 300 και 3400Hz*. Η φωνή ενός συγκεκριμένου ανθρώπου έχει μικρότερο φάσμα από τις παραπάνω ακραίες τιμές, καθώς όλοι γνωρίζουμε ότι οι ανδρικές φωνές είναι πιο *μπάσες*, δηλαδή δε φθάνουν τα 3400 Hz, ενώ οι γυναικείες πιο *ψιλές*, δηλαδή ξεκινούν ψηλότερα από τα 300 Hz. Το ανθρώπινο αυτί ακούει και ήχους που ξεφεύγουν από τα όρια της φωνής και έχουν συχνότητα από 20 έως 20.000 Hz, περίπου. Ήχοι με συχνότητα άνω των 20.000 Hz δε μπορούν να γίνουν αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί και ονομάζονται *υπέρηχοι (ultrasounds)*.



Σχήμα 8 Τεχνικές μέτρησης στάθμης με υπερήχους: (α) Υπολογισμός χρονικού διαστήματος μεταξύ εκπομπής και λήψης. (β) Υπολογισμός χρονικού διαστήματος μεταξύ ανάκλασης από επιφάνεια και ανάκλασης από τον πυθμένα του δοχείου

Οι υπέρηχοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και καταγραφή διαφόρων φυσικών μεγεθών, όπως της στάθμης ενός υγρού, της ταχύτητας κίνησης ενός αντικειμένου, και της ταχύτητας ροής ενός ρευστού. Οι διαδικασίες παρακολούθησης στηρίζονται στην εκπομπή ενός υπερηχητικού κύματος από ένα σημείο, την ανάκλασή του από μία επιφάνεια και τη λήψη του ανακλώμενου κύματος στο ίδιο ή κάποιο άλλο σημείο. Το κύμα εκπέμπεται σε μορφή παλμών και όχι σε συνεχή μορφή, ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην εκπομπή ενός παλμού και τη λήψη του, αφότου ο παλμός έχει υποστεί ανάκλαση .

Για την ανίχνευση της στάθμης υγρών χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές:

1. Προσδιορισμός του χρονικού διαστήματος t που μεσολαβεί ανάμεσα στην εκπομπή ενός παλμού και τη λήψη του αντίστοιχου κύματος που ανακλάται από την ελεύθερη επιφάνεια. Έτσι υπολογίζεται η απόσταση l της ελεύθερης επιφάνειας από τον πομποδέκτη των υπερηχητικών παλμών, με βάση τη σχέση $2l = \upsilon_0 t$, όπου υ_0 είναι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα. Η στάθμη h εξάγεται από τη διαφορά $h = l_0 - l$.
2. Προσδιορισμός του χρονικού διαστήματος t που μεσολαβεί ανάμεσα στη λήψη του κύματος που ανακλάται από την ελεύθερη επιφάνεια και τη λήψη του κύματος που ανακλάται από την κάτω επιφάνεια του δοχείου. Έτσι υπολογίζεται η στάθμη h του υγρού μέσα στο δοχείο από η σχέση $2h = \upsilon t$, όπου υ είναι η ταχύτητα του ήχου στο μετρούμενο υγρό. Η ταχύτητα του ήχου

στον αέρα είναι ίση με $u_0 = 340 \text{ m/s}$ ($= 1224 \text{ km/h}$). Η ταχύτητα αυτή λέγεται ένα *Mach*. Σε οποιοδήποτε άλλο υλικό (στερεό, υγρό) η ταχύτητα του ήχου είναι μικρότερη από αυτήν την τιμή και ίση με $u = u_0/n$, όπου n είναι μία σταθερά του υλικού που λέγεται δείκτης διάθλασης (*refraction index*) και έχει τιμή μεγαλύτερη του 1. Ο αέρας (για την ακρίβεια, το κενό) έχει τιμή $n = 1$.

Το μήκος κύματος (*wavelength*) λ ενός ηχητικού ή υπερηχητικού κύματος συχνότητας f δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{u}{f}$$

όπου u είναι η ταχύτητα του ήχου στο υλικό (και ισούται με u_0 εάν το υλικό είναι ο αέρας).

Για να αποκτήσουμε μία αίσθηση του τύπου, ένα υπερηχητικό κύμα συχνότητας 20 kHz στον αέρα ($u_0 = 340 \text{ m/s}$) έχει μήκος κύματος 0.017 m, δηλαδή 17 mm, ενώ ένα ηχητικό κύμα συχνότητας 2000 Hz στον αέρα έχει μήκος κύματος 0.17 m, δηλαδή 17 cm.

Η χρήση υπέρηχων για την παρακολούθηση και καταγραφή φυσικών ποσοτήτων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς οι υπέρηχοι:

1. Περνούν μέσα από τα μεταλλικά τοιχώματα δοχείων και σωλήνων και επομένως δεν είναι ανάγκη να έρχονται σε επαφή με το μετρούμενο υγρό. Αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό όταν το υγρό είναι οξειδωτικό, διαβρωτικό, εύφλεκτο, εκρηκτικό ή ραδιενεργό.
2. Διαδίδονται μέσα στους ανθρώπινους ιστούς, με αποτέλεσμα να ενδείκνυνται για ιατρική παρακολούθηση ασθενών.
3. Δεν ακούγονται και έτσι ενδείκνυνται για στρατιωτικές εφαρμογές.
4. Έχουν μικρότερο μήκος κύματος από τους ήχους και έτσι η πορεία τους υφίσταται μικρότερη καμπύλωση (για την ακρίβεια *περίθλαση*, *diffraction*) όταν περνά δίπλα από συνήθη αντικείμενα. Άρα οι υπέρηχοι είναι περισσότερο *κατευθυντικοί*.

Για την παραγωγή του εκπεμπόμενου υπερηχητικού κύματος και την ανίχνευση του ανακλώμενου υπερηχητικού κύματος χρησιμοποιούνται συνήθως δύο πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι: Ο πρώτος κρύσταλλος λειτουργεί σαν πομπός και τροφοδοτείται με κατάλληλη τάση, οπότε

δονείται σε μία επιθυμητή υπερηχητική συχνότητα. Ο δεύτερος κρύσταλλος λειτουργεί ως δέκτης, καθώς δέχεται το ανακλώμενο υπερηχητικό κύμα, δονείται και αναπτύσσει τάση στα άκρα του ανάλογη της συχνότητας του κύματος. Η τάση αυτή αποτελεί την τάση εξόδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Στο παρόν κεφάλαιο θα παραθέσουμε τους αισθητήρες που εξυπηρετούν την λειτουργία , ασφάλεια , άνεση και απόδοση σε ένα αυτοκίνητο της εποχής μας αλλά ακόμη και την επερχόμενη κυβερνοελεγχόμενη αυτονομία που η τεχνολογικές εξελίξεις προβλέπουν και προετοιμάζουν.

Έτσι είναι χρήσιμο να κατηγοριοποιήσουμε τους αισθητήρες στις ακόλουθες ομάδες :

1. Αισθητήρες κινητήρα
2. Αισθητήρες θερμοκρασίας κινητήρα
3. Αισθητήρες στάθμης υγρών

2.1 Αισθητήρες κινητήρα

Ο κινητήρας είναι το μέρος του αυτοκινήτου το οποίο λειτουργεί σαν ζωντανός οργανισμός και μετατρέπει μέσω της καύσης του καυσίμου από χημική σε θερμική και από θερμική σε κινητική την περικλυόμενη ενέργεια .

Σαν «ζωντανός οργανισμός» αυτή η διαδικασία είναι περίπλοκη και ζυγισμένη σε λεπτές ισορροπίες και προκειμένου να ολοκληρώνεται συνεχώς και αδιαλείπτως σώστα θα πρέπει ένα όργανο να ελέγχει εκείνες τις διεργασίες και ποσότητες που συμμετέχουν .Αυτό το όργανο το ονομάζουμε ECU(Engine Control Unit) ή Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου ΚΗΜΕ.



Εικόνα 1: ECU(Engine Control Unit) ή Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου ΚΗΜΕ

Η ECU για να επιτύχει την όσο το δυνατόν τέλεια καύση του καυσίμου και επομένως τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης του κινητήρα χρειάζεται να λάβει – τροφοδοτηθεί από μια πληθώρα παραμέτρων και μεγεθών που αφορούν την λειτουργία της ΜΕΚ. Τα εργαλεία λοιπόν που αξιοποιεί η ECU είναι οι αισθητήρες .

Για παράδειγμα η ECU γνωρίζοντας την θέση του στροφάλου ή του εκκεντροφόρου μπορεί να δώσει εντολή όσον αφορά τον χρόνο ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων , ο αισθητήρας δηλαδή θα μετρήσει την στιγμιαία γωνιακή θέση του στροφάλου και θα διαβιβάσει μέσω ηλεκτρικού σήματος στην ECU.

Παρακάτω λοιπόν θα αναφέρουμε αισθητήρες που είναι σημαντικοί για την λειτουργία του κινητήρα και πιο συγκεκριμένα :

- Αισθητήρας κρουστικής καύσης
- Αισθητήρας στροφών στροφαλοφόρου άξονα
- Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου
- Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (MAP)
- Αισθητήρας μάζας αέρα (MAF)

2.1.1 Αισθητήρας Κρουστικής Καύσης (Knock Sensor)



Σχήμα 9: Συμβολισμός Knock Sensor

Ο αισθητήρας πληροφορεί την ECU για την ύπαρξη κρουστικής καύσης (πειράκια). Είναι στερεωμένος με κοχλία στο σώμα του κινητήρα, συμμετρικά ανάμεσα στους κυλίνδρους. Στις τετρακύλινδρες μηχανές συνήθως υπάρχει ένας αισθητήρας μεταξύ των κυλίνδρων 2 και 3 (αλλά σε μερικούς κατασκευαστές και δύο), ενώ στις εξακύλινδρες υπάρχουν δύο αισθητήρες τοποθετημένοι συμμετρικά.

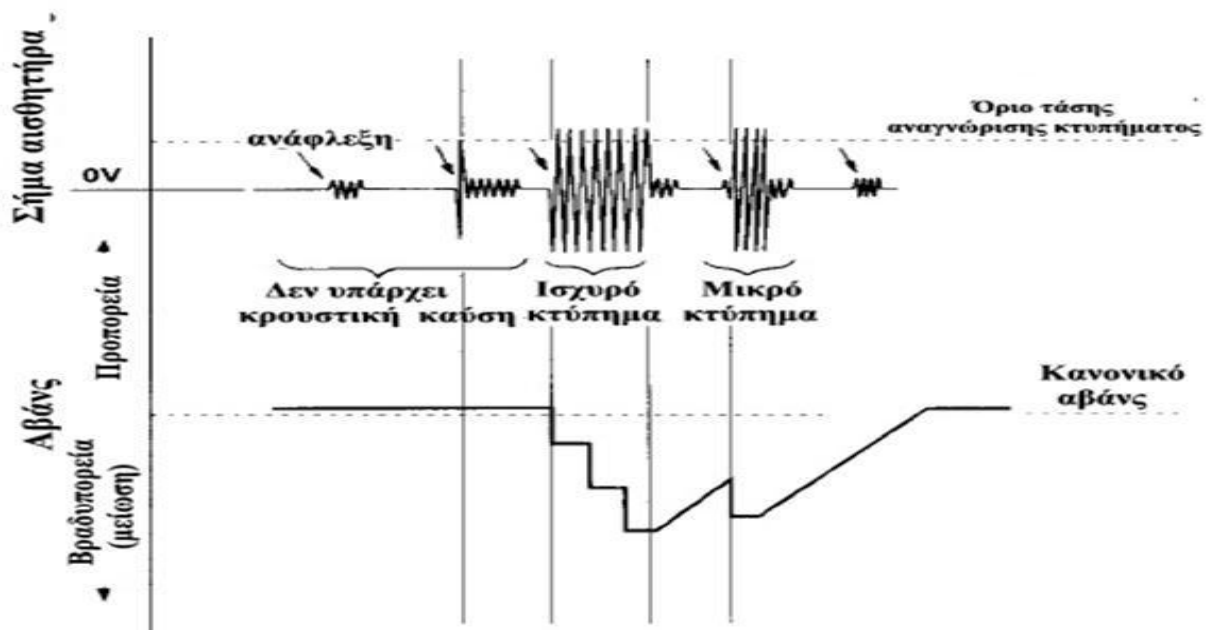


Εικόνα 2: Αισθητήρας Knock Sensor

Περιέχει ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, το οποίο σε περίπτωση δόνησης παράγει ένα σήμα τάσης (παλμό). Το πλάτος του παλμού αυξάνεται με την ισχύ της δόνησης. Όταν υπάρχει κρουστική καύση, αυτή παράγει δονήσεις οι οποίες μεταφέρονται μέσω του σώματος του κινητήρα στον αισθητήρα. Οι δονήσεις που οφείλονται σε κρουστική καύση ανάλογα με τον κινητήρα έχουν συχνότητα 5-10 KHz , συνήθως γύρω στα 7 KHz.

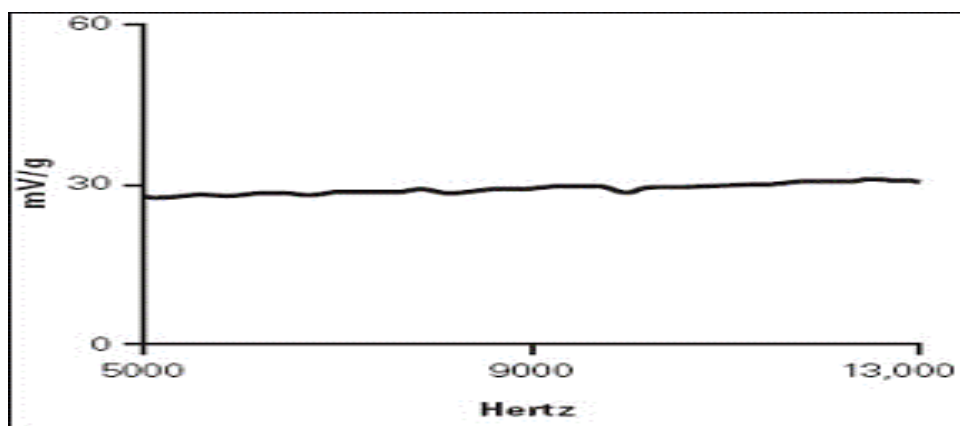
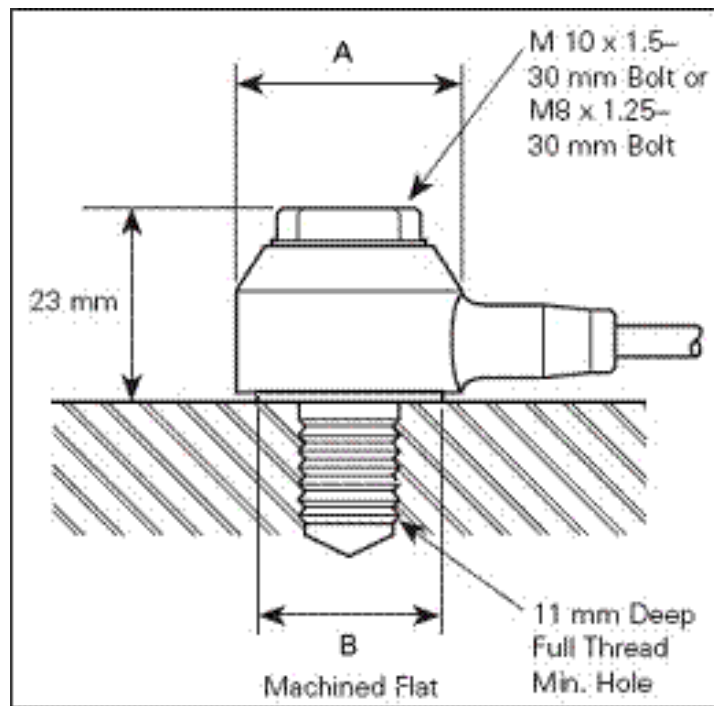
Όταν η ECU λαμβάνει σήμα 7 KHz από τον αισθητήρα και το μέγεθος της τάσης του σήματος είναι πάνω από ένα όριο (Σχ. 10), τότε

αναγνωρίζει κρουστική καύση. Στην περίπτωση αυτή, μειώνει την γωνία του αβάνς κατά ένα βήμα. Αν οι κτύποι συνεχιστούν, τότε η μείωση του αβάνς συνεχίζεται έως το σταμάτημα των κτύπων (διάγρ. 6). Ταυτόχρονα με την μείωση του αβάνς, γίνεται και κάποιος εμπλουτισμός του μίγματος για να αποφευχθεί υπερθέρμανση των καυσαερίων που θα μπορούσε να προκαλέσει καταστροφή του καταλύτη. Στην συνέχεια το αβάνς αρχίζει να αυξάνεται, έτσι ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί στο όριο κτυπήματος, ώστε να έχει μέγιστη απόδοση.



Σχήμα 10: Αυξομείωση της γωνίας του αβάνς

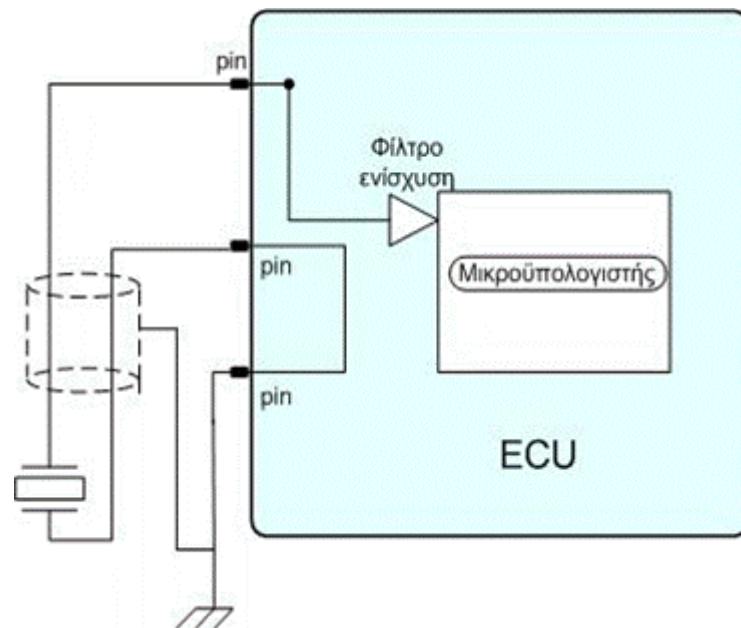
Υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων κρουστικής καύσης, οι ευρείας ζώνης και οι στενής ζώνης. Ο πρώτος τύπος παράγει ένα σήμα τάσης από μια ευρεία περιοχή συνοτήτων δονήσεων. Ο δεύτερος τύπος παράγει αξιοσημείωτη τάση μόνο στην περιοχή των 7 KHz, επομένως η ECU χρησιμοποιεί λιγότερο πολύπλοκα φίλτρα σήματος.



Σχήμα 11: Αισθητήρας ευρείας ζώνης της Delphi

Η σύνδεση με την ECU γίνεται όπως φαίνεται στο σχ. 12. Το σήμα του αισθητήρα φιλτράρεται και ενισχύεται πριν την είσοδό του στον μικροϋπολογιστή. Ο αγωγός του αισθητήρα προς την ECU είναι θωρακισμένος για την αποφυγή παρεμβολών.

Σε περίπτωση βλάβης του αισθητήρα, η ECU ενεργοποιεί πρόγραμμα ανάγκης το οποίο μειώνει το αβάνς ($10^{\circ} - 12^{\circ}$), εμπλουτίζει το μίγμα και μειώνει τις επιδόσεις του κινητήρα έως ότου επιδιορθωθεί η βλάβη στο συνεργείο.



Σχήμα. 12: Διασύνδεση του αισθητήρα με την ECU

Επαφές

Η φίσσα του αισθητήρα έχει δύο ή τρεις επαφές (όταν υπάρχει τρίτη επαφή είναι η γείωση της θωράκισης του αγωγού μεταφοράς του σήματος).

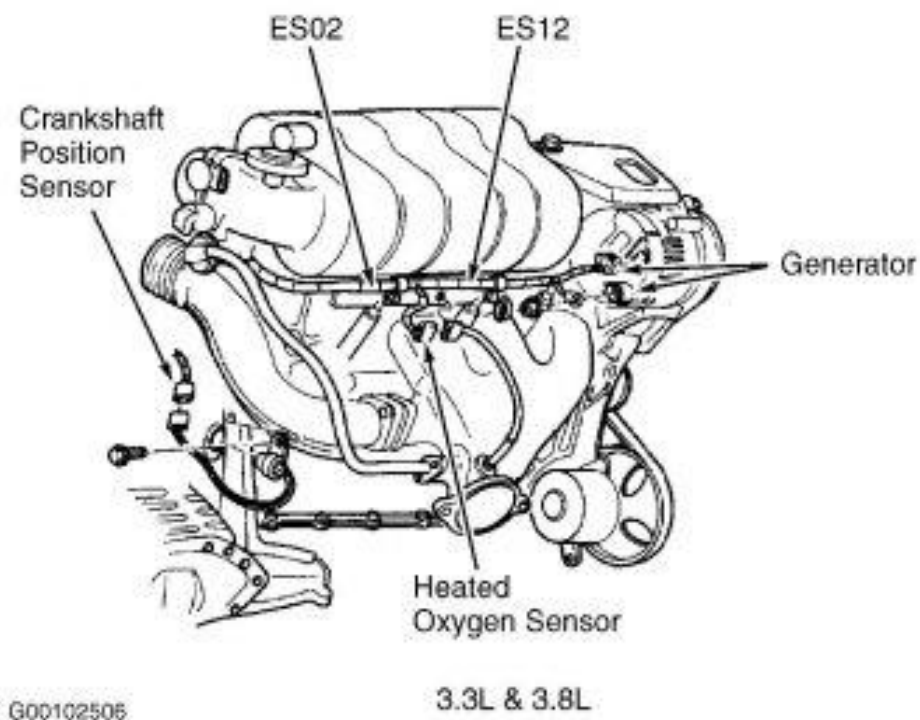
Έλεγχοι του αισθητήρα

Ο έλεγχος του αισθητήρα μπορεί να γίνει με παλμογράφο. Με τον κινητήρα σε λειτουργία και σε ένα ευρύ φάσμα στροφών, ελέγχουμε αν ο αισθητήρας παράγει κυματομορφές θορύβου.

Ένας πρόχειρος έλεγχος μπορεί να γίνει επίσης στους αισθητήρες ευρείας ζώνης ως εξής: Με σβηστό κινητήρα, αποσυνδέουμε την φίσσα του αισθητήρα και συνδέουμε παλμογράφο. Χτυπώντας ελαφρά με ματσόλα πάνω στο σώμα του κινητήρα, θα πρέπει να δούμε σήμα κυματομορφής στον παλμογράφο.

Μετά από αντικατάσταση του αισθητήρα, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη σύσφιξη του αισθητήρα πάνω στο σώμα του κινητήρα. Η σύσφιξη πρέπει να γίνεται με ροπόκλειδο και πάντοτε στην τιμή ροπής που καθορίζει ο κατασκευαστής (π.χ. 19 - 20 Nm σε IAW 59F Fiat Punto 1.2 1999)

Η θέση του αισθητήρα στροφών επάνω στον μπροστινό καθρέφτη του κινητήρα ο οποίος διαβάζει το οδοντωτό γρανάζι που βρίσκεται επάνω στον άξονα του στροφαλοφόρου.



Σχήμα 13: Θέση του αισθητήρα πάνω στη μηχανή

2.1.2 Αισθητήρες στροφών

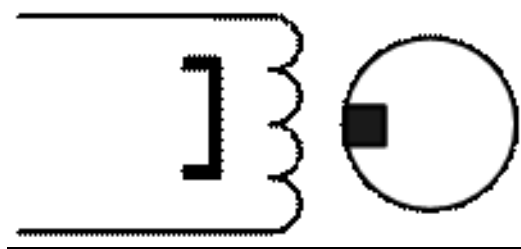
Η ακριβής μέτρηση στροφών στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες είναι ζωτική για την λειτουργία του όλου ηλεκτρονικού συστήματος ανάφλεξης και ψεκασμού. Για τον σκοπό αυτό, σε όλα τα συστήματα χρησιμοποιείται τουλάχιστον ένας αισθητήρας στροφών που μετράει τις στροφές του κινητήρα στέλνοντας ένα κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα στον “εγκέφαλο”- ECU. Στους περισσότερους κατασκευαστές, ο αισθητήρας αυτός είναι **επαγωγικού τύπου** και μετράει τις στροφές του στροφαλοφόρου ενώ ταυτόχρονα ανιχνεύει και τη χρονική στιγμή

που το έμβολο του 1^{ου} κυλίνδρου φτάνει στο άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ), δηλαδή εκτελεί διπλή λειτουργία. Σε κάποιους κατασκευαστές (π.χ. Toyota), σε παλαιότερα συστήματα, ο αισθητήρας βρισκόταν μέσα στον διανομέα (επομένως μετρούσε τις στροφές του εκκεντροφόρου), ενώ ένας δεύτερος αισθητήρας ανίχνευε το ΑΝΣ.

Ένας άλλος διαδεδομένος τύπος αισθητήρα στροφών είναι ο αισθητήρας **τύπου Hall** ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κανόνα ως αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου και δευτερευόντως ως αισθητήρας μέτρησης στροφών (για καταστάσεις λειτουργίας ανάγκης). Αισθητήρας τύπου Hall, χρησιμοποιείται επίσης και ως αισθητήρας ταχύτητας οχήματος στην έξοδο του σασμάν και πληροφορεί την ECU για το αν το όχημα βρίσκεται σε κίνηση.

Όλοι οι παραπάνω τύποι αισθητήρων παράγουν ένα σήμα που οφείλεται στην μεταβολή του μαγνητικού πεδίου μπροστά από τον αισθητήρα. Το μαγνητικό πεδίο παράγεται από ένα μόνιμο μαγνήτη που βρίσκεται μέσα στο σώμα του αισθητήρα, ενώ η μεταβολή του γίνεται από ένα οδοντωτό τροχό ο οποίος περιστρέφεται μπροστά από τον αισθητήρα. Καθώς διαδοχικά ένα “δόντι” και ένα “κενό δοντιού” περνάνε μπροστά από τον αισθητήρα, η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου παράγει είτε μια επαγωγική τάση στους επαγωγικούς είτε μια τάση Hall στους αισθητήρες τύπου Hall.

2.1.2.1 Επαγωγικός Αισθητήρας αριθμού στροφών και Α.Ν.Σ. (Crankshaft Position (CKP) Sensor ή Magnetic Pulse Generator)



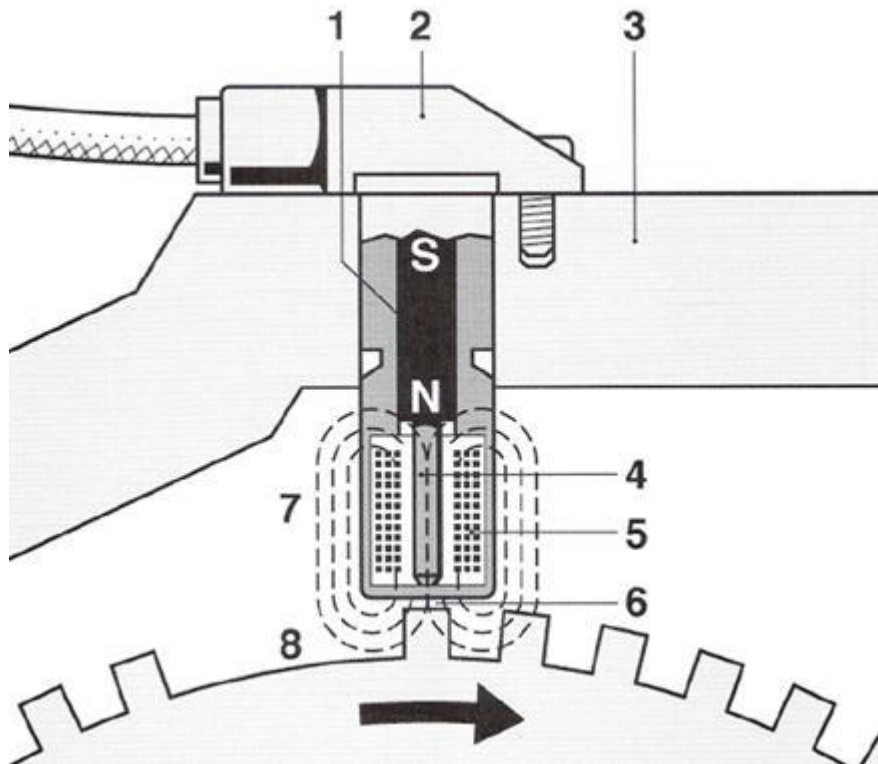
Σχήμα14: Συμβολισμός του αισθητήρα στροφών

Θέση

Ο επαγωγικός αισθητήρας στροφών και ΑΝΣ είναι τοποθετημένος επαπτομενικά σε έναν οδοντωτό τροχό, ο οποίος συνήθως βρίσκεται στο βολάν του στροφαλοφόρου. Ο οδοντωτός τροχός περιστρέφεται με τις στροφές του στροφαλοφόρου και έχει 60 μείον 2 δόντια, δηλαδή έχει 58 δόντια. Το κενό των δύο δοντιών που λείπουν χρησιμεύει στην ανίχνευση του ΑΝΣ, όπως θα αναφερθεί παρακάτω.

Κατασκευή - Λειτουργία

Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν μόνιμο μαγνήτη, έναν πυρήνα από μαλακό σίδηρο και ένα πηνίο από χαλκό (σχ.15).



Σχ.15: Επαγωγικός Αισθητήρας αριθμού στροφών και Α.Ν.1

1. Μόνιμος μαγνήτης
2. Κέλυφος αισθητήρα
3. Στήριξη του αισθητήρα
4. Πυρήνας από μαλακό σίδηρο
5. Πηνίο
6. Διάκενο (0,5 -1,5 mm)
7. Μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου
8. Οδοντωτός τροχός με σημείο αναφοράς (κενό δύο δοντιών)

Όταν τα δόντια του γραναζιού περνούν μπροστά από τον αισθητήρα μεταβάλλεται η μαγνητική ροή στον πυρήνα του αισθητήρα. Από τη μεταβολή της μαγνητικής ροής παράγεται στο πηνίο μια εναλλασσόμενη τάση από επαγωγή(σχ. 16).



Σχήμα 16: Εναλλασσόμενη τάση επαγωγικού αισθητήρα

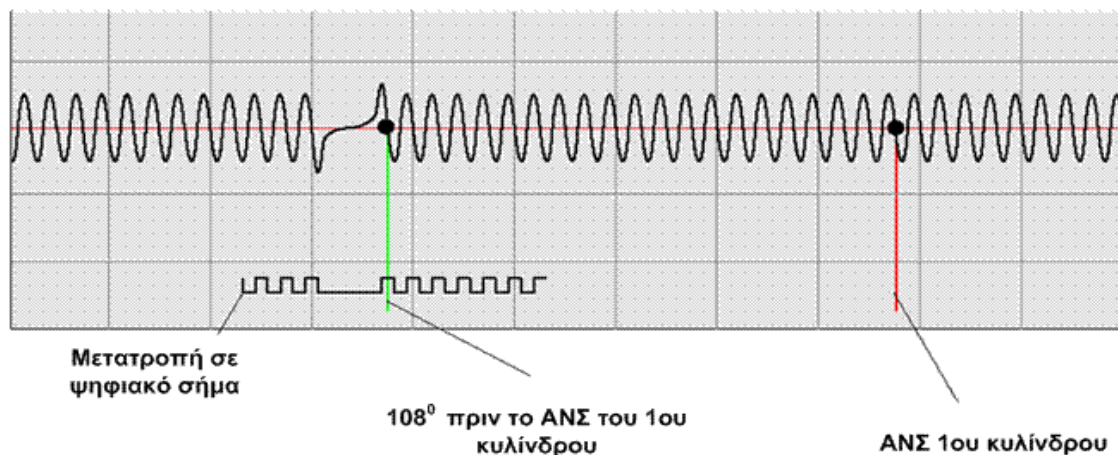
Όταν μπροστά από τον αισθητήρα περάσει το κενό των δοντιών το σήμα μεταβάλλεται όπως φαίνεται στο σχ.16 .

Με την αύξηση του αριθμού στροφών τόσο η συχνότητα όσο και το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης, αυξάνονται. Ο ελάχιστος αριθμός στροφών για ικανοποιητικό σήμα είναι 20 r.p.m.

Ένας A/D μετατροπέας στην ECU, μετατρέπει την ημιτονοειδή τάση μεταβλητού πλάτους, σε μία ψηφιακή τάση με σταθερό πλάτος. Από την συχνότητα (ή την περίοδο) του σήματος, η ECU υπολογίζει τον αριθμό στροφών του στροφαλοφόρου.

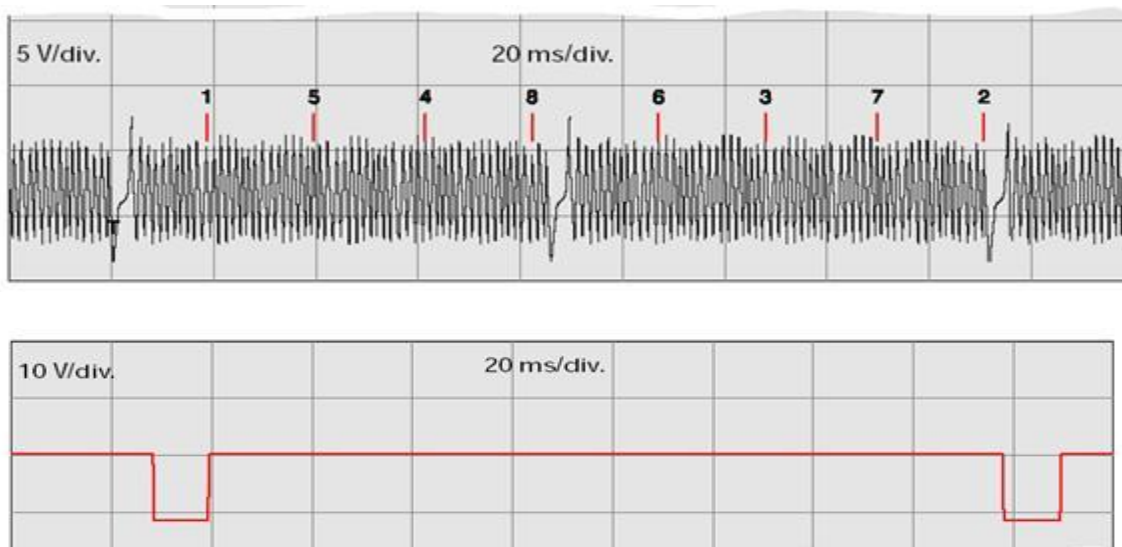
Υπολογισμός της θέσης του στροφαλοφόρου

Όταν ανιχνεύεται από την ECU μια απόσταση μέσα στο σήμα, μεγαλύτερη από την προηγούμενη και από την επόμενη, αναγνωρίζεται το κενό των δοντιών. Το κενό των δοντιών αντιστοιχεί σε ορισμένη θέση του στροφαλοφόρου στον κύλινδρο 1 (π.χ. 108° πριν το ΑΝΣ). Η ECU συγχρονίζει την ανάφλεξη με αυτήν την θέση του στροφαλοφόρου. Για κάθε δόντι ή διάκενο που ακολουθεί, η ECU υπολογίζει την θέση του στροφαλοφόρου, αυξάνοντας την κατά 3 μοίρες.



Σχήμα 17: Μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε ψηφιακή(κάτω) και υπολογισμός του ΑΝΣ

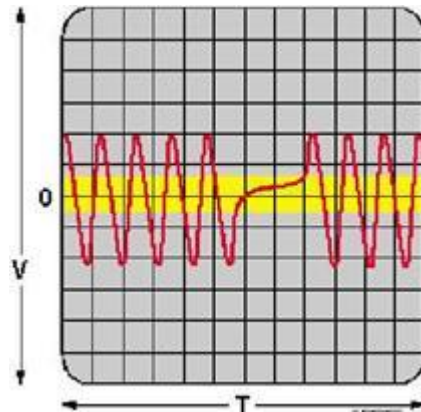
Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανίχνευση του ΑΝΣ δεν αρκεί για να γνωρίζει η ECU αν στον κύλινδρο 1 γίνεται συμπίεση ή εξαγωγή. Στα συστήματα που η ανάφλεξη γίνεται μόνο με βάση το σήμα του αισθητήρα αυτού, (εφόσον δεν υπάρχει διανομέας- DIS) αναγκαστικά δίδεται διπλός σπινθήρας, δηλαδή τα μπουζί δίνουν σπινθήρα ταυτόχρονα και στον κύλινδρο που κάνει συμπίεση και στον κύλινδρο που κάνει εξαγωγή. Για να μπορέσει η ECU να γνωρίζει ποιός κύλινδρος κάνει συμπίεση, χρειάζεται και δεύτερο σήμα από κάποιο αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου (συνήθως τύπου Hall). Στην περίπτωση αυτή, συνδυάζει τα δύο σήματα για να συγχρονίσει την ανάφλεξη μόνο στον κύλινδρο που κάνει συμπίεση (σχ.18)



Σχήμα 18: Συνδυασμός των σημάτων αισθητήρα στροφαλοφόρου (πάνω) και αισθητήρα εκκεντροφόρου (κάτω).

Σήμα του αισθητήρα

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο αισθητήρας παράγει μια εναλλασσόμενη τάση, η συχνότητα της οποίας είναι ανάλογη του αριθμού των στροφών του κινητήρα (σχ.19).



Σχήμα 19: Σήμα επαγωγικού αισθητήρα στροφών και ANΣ

Από την εναλλασσόμενη αυτή τάση, μπορεί να υπολογισθεί στον παλμογράφο η ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου:

Αν είναι T_δ η περίοδος του σήματος, τότε η περίοδος μιας περιστροφής του στροφαλοφόρου θα είναι $T_n=60T_\delta$ και ο αριθμός στροφών του κινητήρα θα είναι

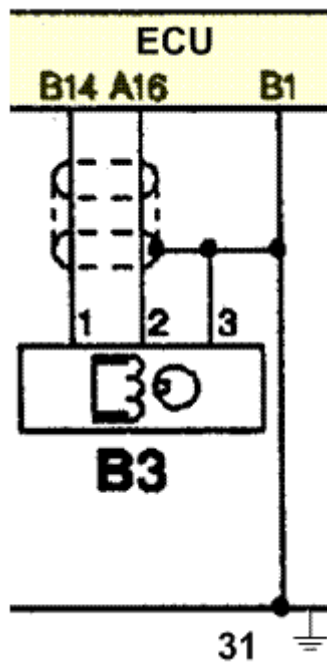
$$n = \frac{1}{T_n} (\text{Hz}) \quad \text{ή} \quad n = \frac{60}{T_n} = \frac{60}{60T_\delta} = \frac{1}{T_\delta} \text{ (rpm)},$$

ή αν η T_δ μετριέται σε ms

$$n = \frac{1000}{T_\delta} \text{ (rpm)}$$

Συνδεσμολογία

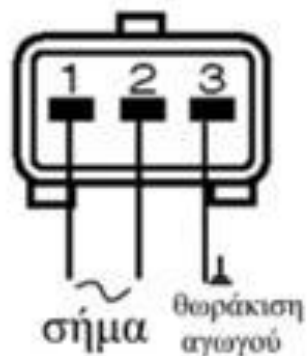
Ο επαγωγικός αισθητήρας στροφών συνδέεται σε δύο επαφές της ECU με διπολικό αγωγό. Ο αγωγός αυτός κατά κανόνα είναι επενδυμένος με γειωμένο πλέγμα, για προστασία του σήματος από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (σχ.20).



Σχήμα 20::Συνδεσμολογία επαγωγικού αισθητήρα στροφών και ANΣ (Opel Corsa / MULTEC – SZ)

Επαφές

Η φίσα του αισθητήρα έχει δύο ή τρεις επαφές. Όταν έχει τρεις επαφές, η τρίτη είναι η επαφή για την συνέχεια του πλέγματος θωράκισης του αγωγού (Σχ. 21).

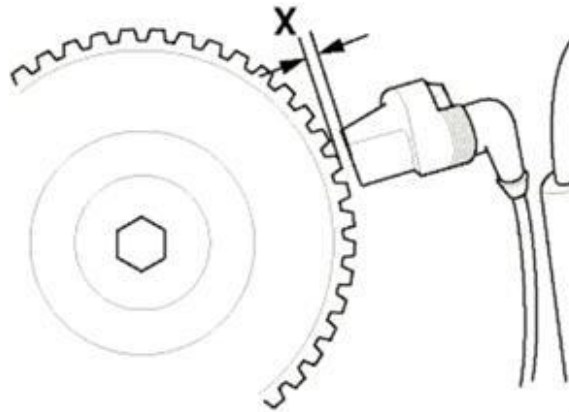


Σχήμα 21: Φίσα επαγωγικού αισθητήρα στροφών και ANΣ (Fiat Punto 1.2 1999)

Έλεγχοι του αισθητήρα

Έλεγχος διακένου αισθητήρα – οδοντ. τροχού

Με τον κινητήρα σβυστό, μετράμε το διάκενο ανάμεσα στο πρόσωπο του αισθητήρα και τα δόντια του οδοντωτού τροχού. Στους περισσότερους κατασκευαστές η τιμή του διακένου καθορίζεται στο $1 \pm 0,5$ mm.



Σχήμα 22: Έλεγχος διακένου

Έλεγχος αντίστασης

Με τον διακόπτη στο OFF, αφαιρούμε τη φίσα του αισθητήρα. Στις επαφές 1 και 2 του αισθητήρα μετράμε την ωμική αντίσταση του πηνίου



Σχήμα 23: Έλεγχος αντίστασης

Πίνακας 5: Ενδεικτικές τιμές αντίστασης του πηνίου του επαγωγικού Αισθητήρα αριθμού στροφών

| ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ | ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ |
|--|------------------------|
| Fiat Punto 99→ 1.2 | 1240 Ω |
| Fiat Punto 93-99 1.2 | 650 – 750 Ω |
| Renault Megane 95-99 1.4 | 227 Ω |
| Opel Astra G 2,0 98 → 00 | 600 - 560 Ω |
| VW Golf 1997-04 1.6 | 730– 1000 Ω |
| Opel Corsa B 1993- 94 1.4 (μονός ψεκασμός) | 500 Ω |

Έλεγχος σήματος

Πάντοτε πρέπει να συμβουλευόμαστε το σχέδιο του συστήματος ψεκασμού για τους αριθμούς των επαφών και τις τιμές που δίνει ο κατασκευαστής του συγκεκριμένου οχήματος

- **Με πολύμετρο:** Με τον διακόπτη στο OFF, τοποθετούμε τη φίσσα του αισθητήρα και δημιουργούμε επαφή του βολτομέτρου στις επαφές 1&2.
 - Βολτόμετρο στη θέση V AC.

Στο μιζάρισμα: ~ 2,5 V AC

Στο ρελαντί: ~ 5,5 V AC

Στις 3000 rpm: ~ 12,5 V AC

- **Με παλμογράφο:** Με τον διακόπτη στο OFF, τοποθετούμε τη φίσσα του αισθητήρα και δημιουργούμε επαφή του παλμογράφου στις επαφές 1 & 2.

Ξεκινάμε τον κινητήρα.: Αυξάνοντας τις στροφές, πρέπει να αυξάνουν αντίστοιχα το πλάτος του σήματος και η συχνότητα (πλήθος κορυφών / div).

2.2 Αισθητήρας ταχύτητας και θέσης στροφαλοφόρου άξονα (CPS)



Εικόνα 3 : Αισθητήρας ταχύτητας και θέσης στροφαλοφόρου άξονα (CPS)

Αυτοί οι αισθητήρες μπορεί να διαφέρουν στην μορφή τους, από οπτικούς σε επαγωγικούς σε αισθητήρες Hall όμως η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι όμοια. Χρησιμοποιούν σημάδια στον στροφαλοφόρο άξονα για να παρατηρούν τόσο την ταχύτητά του όσο και την θέση του σε σύγκριση πάντα με το Άνω Νεκρό Σημείο.

2.2.1 Επαγωγικός

Αυτού του τύπου ο αισθητήρας είναι μάλλον ο πιο δημοφιλής από τους τρεις και αποτελείται από έναν μόνιμο μαγνήτη και ένα επαγωγικό πηνίο με πυρήνα από σίδηρο. Η μαγνητική ροή στο πηνίο εξαρτάται από το αν ο αισθητήρας είναι απέναντι από κενό ή δόντι (στην οδοντωτή στεφάνη γύρω από τον στρόφαλο) και μεταβολή αυτής της ροής παράγει τάση από επαγωγή. Η τάση αυτή –προφανώς- εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα ενώ ο αισθητήρας αναγνωρίζει και την θέση αυτού μέσω ενός ή δύο κενών στην οδοντωτή στεφάνη (σημάδι αναφοράς). Άξιο αναφοράς είναι ότι τέτοιου είδους αισθητήρες παράγουν το δικό τους σήμα και επομένως δεν χρειάζεται παροχή τάσης για να λειτουργήσει.

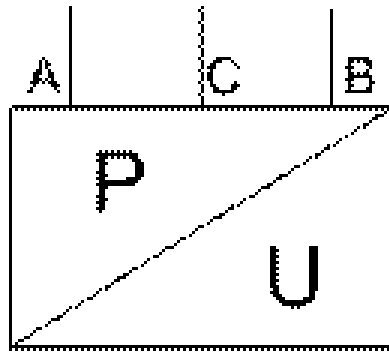
2.2.2 Οπτικός

Οι οπτικοί CPS, χρησιμοποιούν ένα LED ή ένα laser που είναι τοποθετημένο στη μία μεριά του αισθητήρα, έναν δέκτη (ένα φωτοβολταϊκό «μάτι» αν θέλετε) στην άλλη μεριά για να ανιχνεύσει το πέρασμα ή όχι του φωτός και μία στεφάνη είτε με δόντια είτε με εγκοπές. Προφανώς υπάρχει ένα ξεχωριστό σημάδι αναφοράς (μία εγκοπή διπλάσια σε μέγεθος από το κανονικό ή κάποιο κενό στην οδοντωτή στεφάνη) για τον προσδιορισμό του 1ου κυλίνδρου και από εκεί και πέρα η λειτουργία του είναι εξαιρετικά απλή. Τέτοιου είδους αισθητήρες, επειδή είναι πιο αξιόπιστοι σε υψηλούς ρυθμούς περιστροφής, προτιμούνται σε αγωνιστικές εφαρμογές.

2.2.2.1 Αισθητήρας Hall

Πίσω στο 1879, ο Edwin Hall παρατήρησε πως όταν τροφοδοτούσε με ρεύμα ένα κομμάτι μέταλλο που βρισκόταν ανάμεσα σε δύο μαγνήτες, δημιουργείται μία δευτερεύουσα τάση σε γωνία με την αρχική. Αυτό είναι το φαινόμενο Hall και ενώ δεν είχε καμία πρακτική εφαρμογή εκείνη την εποχή, θα άνοιγε τον δρόμο σε μηχανικούς (όχι μόνο μηχανολόγους) για τη δημιουργία μία συσκευής ικανής να παράγει on/off τετράγωνη κυματομορφή τάσης! Στη σημερινή μορφή του, όταν ένα κομμάτι μέταλλο (ή ένα δόντι σε μία στεφάνη ή ένα σημάδι σε μία τροχαλία ή ακόμα και ένας περιστρεφόμενος μαγνήτης) περάσει από το κενό ανάμεσα σε ένα μαγνητικό πεδίο προκαλούμενο από κάποιον ηλεκτρομαγνήτη και έναν ημιαγωγό, μπλοκάρει το εν λόγω πεδίο και μηδενίζει την τάση εξόδου. Με επιπρόσθετα κυκλώματα, το ίδιο κομμάτι μέταλλο μπορεί να κάνει το αντίθετο: να «ενεργοποιεί» την τάση στην έξοδο μπλοκάροντας το μαγνητικό πεδίο. Απλό αλλά θαυματοργό. Μπορεί να μοιάζει με τον επαγωγικό CPS όμως είναι πολύ διαφορετικοί. Δεν είμαι σίγουρος αν σε τόσο λίγες γραμμές κατάφερα να τονίσω τις διαφορές στη λειτουργία όμως για μελλοντική αναφορά κρατήστε πως ο αισθητήρας Hall θεωρείται περισσότερο διακόπτης (εξαιτίας της σχεδόν τετράγωνης κυματομορφής) παρά αισθητήρας.

2.3 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (ή υποπίεσης, Manifold Absolute Pressure sensor, MAP)



Σχήμα 24: Συμβολισμός του αισθητήρα απόλυτης πίεσης

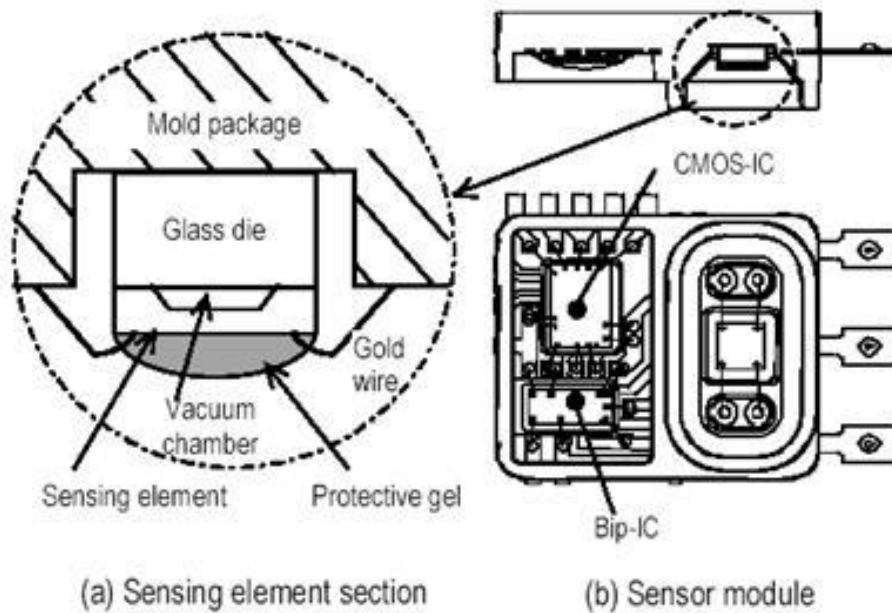
Το σήμα του αισθητήρα απόλυτης πίεσης (MAP) πληροφορεί την ECU για την τιμή της απόλυτης πίεσης (υποπίεσης) στην πολλαπλή εισαγωγή. Ένας μεγάλος αριθμός συστημάτων ψεκασμού (χωρίς μετρητή μάζας αέρα – MAF), χρησιμοποιεί την πληροφορία αυτή για την έμμεση μέτρηση της ποσότητας του εισερχόμενου αέρα (σε συνάρτηση με τον αριθμό στροφών). Επομένως στα συστήματα αυτά, το σήμα του MAP είναι βασικό για τον υπολογισμό της διάρκειας ψεκασμού. Επίσης, χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης (επομένως του υψομέτρου) ώστε να γίνεται διόρθωση στη βασική διάρκεια ψεκασμού.

Θέση

Ο αισθητήρας βρίσκεται είτε πάνω στον αγωγό εισαγωγής αέρα, είτε σε κάποια άλλη θέση στο χώρο του κινητήρα και είναι συνδεδεμένος, μέσω ενός σωλήνα υποπίεσης, με την πολλαπλή εισαγωγής (μετά την πεταλούδα γκαζιού).

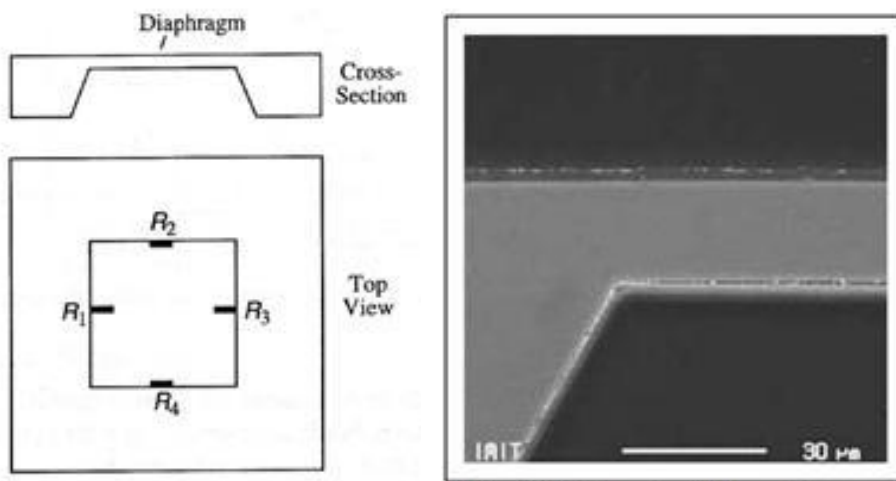
Κατασκευή

Είναι ένας αισθητήρας **πιεζοαντίστασης** - αυτό σημαίνει ότι η αντίστασή του μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η πίεση στην πολλαπλή εισαγωγή. Αποτελείται από το αισθητήριο στοιχείο που μετατρέπει την πίεση σε ηλεκτρικό σήμα και ένα ή δύο κυκλώματα IC (ενίσχυσης σήματος – αντιστάθμισης θερμοκρασίας και προστασίας από υπέρταση).



Σχήμα 25: Αισθητήριο στοιχείο και συνολική διάταξη αισθητήρα MAP (Mitsubishi)

Το **αισθητήριο στοιχείο** αποτελείται από συνήθως τέσσερις πιεζοαντιστάσεις, συνδεδεμένες μεταξύ τους σε γέφυρα Wheatstone. Οι αντιστάσεις βρίσκονται τοποθετημένες πάνω σε μια μεμβράνη, η οποία κάμπτεται από την υποπίεση που εφαρμόζεται στη μια της πλευρά. Στην άλλη πλευρά της μεμβράνης εφαρμόζεται μια σταθερή πίεση αναφοράς ή κενό. Λόγω της κάμψης, η αντίσταση των πιεζοαντιστάσεων μεταβάλλεται με αποτέλεσμα να έχουμε ένα σήμα τάσης ανάλογο της υποπίεσης που εφαρμόζεται στην μεμβράνη.



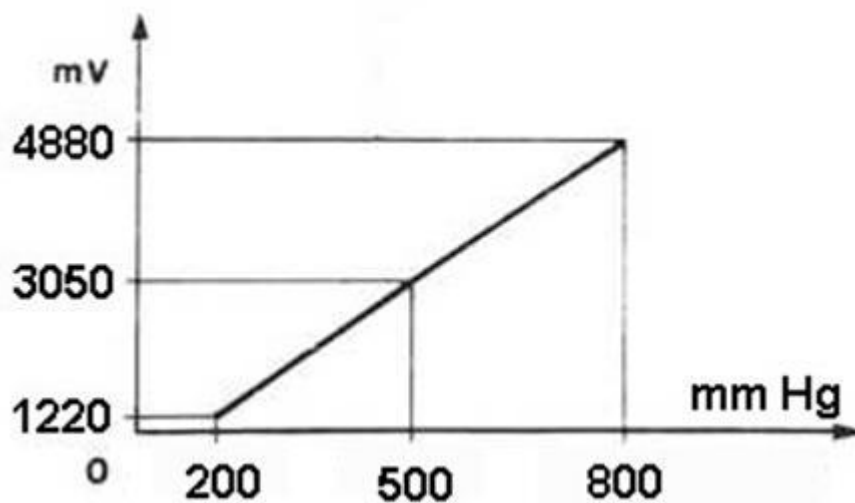
Σχήμα 26: Αισθητήριο στοιχείο ημιαγωγικού τύπου

Υπάρχουν δυο τύποι αισθητηρίων στοιχείων:

- Συμβατικά (thick-film pressure sensors): οι πιεζοαντιστάσεις (τύπου DMS) τοποθετούνται πάνω στη μεμβράνη και όλη η διάταξη στεγανοποιείται με κεραμικό γυαλί. Τα ημιαγωγικά αισθητήρια κατασκευάζονται με τεχνικές MEMS (Micromachined Electromechanical Systems) και οι πιεζοαντιστάσεις είναι ενσωματωμένες στη μεμβράνη από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Η μεμβράνη είναι μικροσκοπικών διαστάσεων και στηρίζεται πάνω σε βάση από γυαλί.
- ημιαγωγικά (semiconductor pressure sensors) αισθητήρια. Τα ημιαγωγικά αισθητήρια υπερτερούν των συμβατικών, έχοντας πολύ μικρότερες διαστάσεις, κόστος και αντοχή.

Σήμα του αισθητήρα:

Ο αισθητήρας τροφοδοτείται από την ECU με σταθερή τάση 5V. Η τάση εξόδου του κυμαίνεται από 0,5-1V έως 4,5-4,9 V ανάλογα με τον κατασκευαστή.

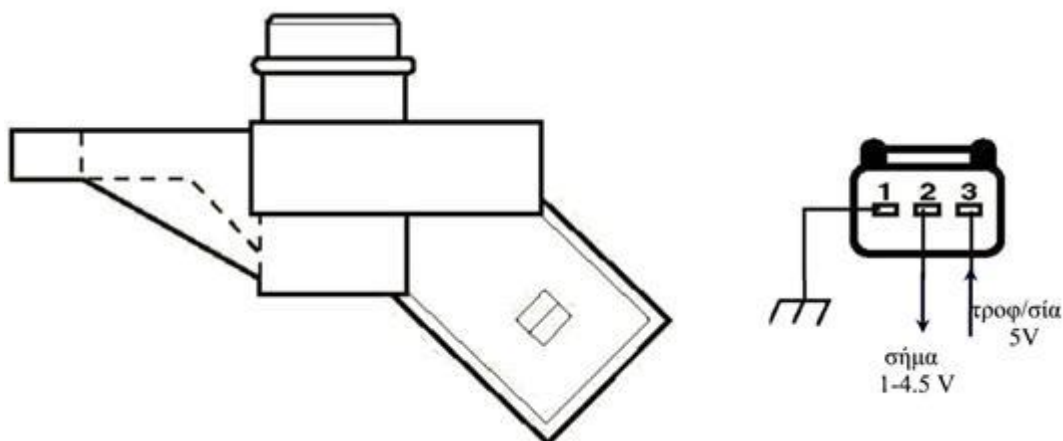


Σχήμα 27: Τάση εξόδου συναρτήσει της απόλυτης πίεσης του αισθητήρα MAP (Toyota)

Εξαιρεση αποτελεί ο αισθητήρας MAP/BP της Ford, του οποίου το σήμα εξόδου είναι σήμα μεταβαλλόμενης συχνότητας ανάλογα με την απόλυτη πίεση, από 92 έως 162 Hz. Αυτό οφείλεται στα διαφορετικά κυκλώματα εξόδου IC που χρησιμοποιούνται από τον κατασκευαστή.

Επαφές

Η φίσσα του αισθητήρα έχει τρεις επαφές – επαφή τροφοδοσίας 5V, επαφή σήματος εξόδου και επαφή γείωσης.

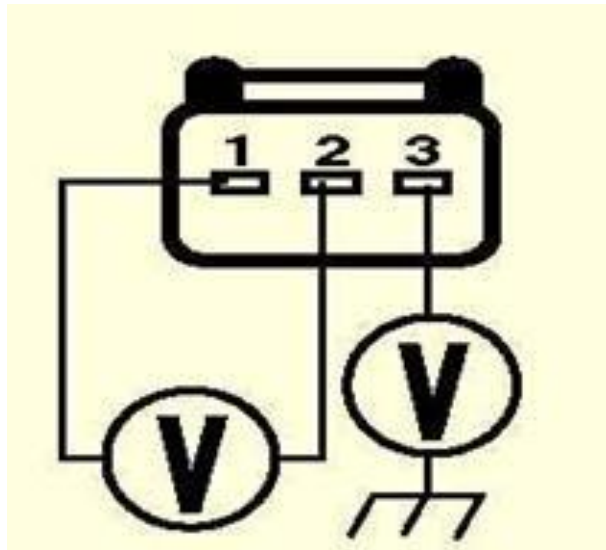


Σχήμα 28: Αισθητήρας MAP και συνδέσεις των επαφών του (Citroen Xsara 1,4/ 97-00)

Στην περίπτωση που στο ίδιο κέλυφος είναι ενσωματωμένος και αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα (π.χ Fiat Punto, VW Golf) η φίσα του αισθητήρα έχει τέσσερις επαφές με την τέταρτη να δίνει το σήμα της θερμοκρασίας αέρα ή και έξι επαφές (π.χ. Ford Focus).

Έλεγχοι του αισθητήρα

- **Έλεγχος αντίστασης:** Λόγω της ύπαρξης των κυκλωμάτων IC που ενσωματώνονται στον αισθητήρα, **δεν μετράμε ποτέ έναν αισθητήρα MAP με ωμόμετρο.**
- **Έλεγχος τροφοδοσίας:**
 - Με τον διακόπτη στο OFF, αφαιρούμε τη φίσα του αισθητήρα.
 - Διακόπτης στο ON.
 - Στο **τμήμα προς την ECU**, θα πρέπει να μετρήσουμε ανάμεσα στην επαφή 3* της φίσας και τη γείωση, τάση 5V



Σχήμα 29: Έλεγχοι αισθητήρα MAP (Citroen Xsara 1,4/ 97-00)

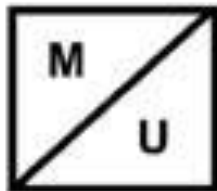
• **Έλεγχος σήματος:**

- Με τον διακόπτη στο OFF, τοποθετούμε τη φίσα του αισθητήρα και δημιουργούμε επαφή του βολτομέτρου στις επαφές 1 & 2.
- Διακόπτης στο ON.
- Με τον κινητήρα σβηστό, η τάση πρέπει να είναι περί τα 4,8* V.
- Αφαιρούμε το σωληνάκι της υποπίεσης και στη θέση του εφαρμόζουμε μια αντλία υποπίεσης.
- Αυξάνοντας την υποπίεση, θα πρέπει η τάση να μειώνεται προοδευτικά, από 4,8 έως 1* V περίπου. Στην περίπτωση που δεν διαθέτουμε αντλία υποπίεσης, η τάση θα πρέπει να κυμαίνεται από 1,5 V στο ρελαντί, έως 4,5 - 4,8 V* στο τέρμα γκάζι (με προοδευτική αύξηση).

Στην περίπτωση που ελέγχουμε αισθητήρα που παράγει σήμα μεταβαλλόμενης συχνότητας (π.χ. Ford Focus), εάν επιχειρήσουμε να μετρήσουμε το σήμα χρησιμοποιώντας βολτόμετρο, η τάση κυμαίνεται από 1,5 – 3,5 V χωρίς σαφή μεταβολή με την υποπίεση. Για τη μέτρηση, χρειαζόμαστε πολύμετρο που μπορεί να μετρήσει συχνότητα ή παλμογράφο. Η συχνότητα στο ρελαντί θα πρέπει να είναι 100 – 109 Hz και να αυξάνεται προοδευτικά έως τα 160 Hz με το πάτημα του γκαζιού προοδευτικά έως το τέρμα.

**Πάντοτε πρέπει να συμβουλευόμαστε το σχέδιο του συστήματος ψεκασμού για τους αριθμούς των επαφών και τις τιμές που δίνει ο κατασκευαστής του συγκεκριμένου οχήματος*

2.4 Μετρητής μάζας αέρα (MAF , Mass Airflow sensor)

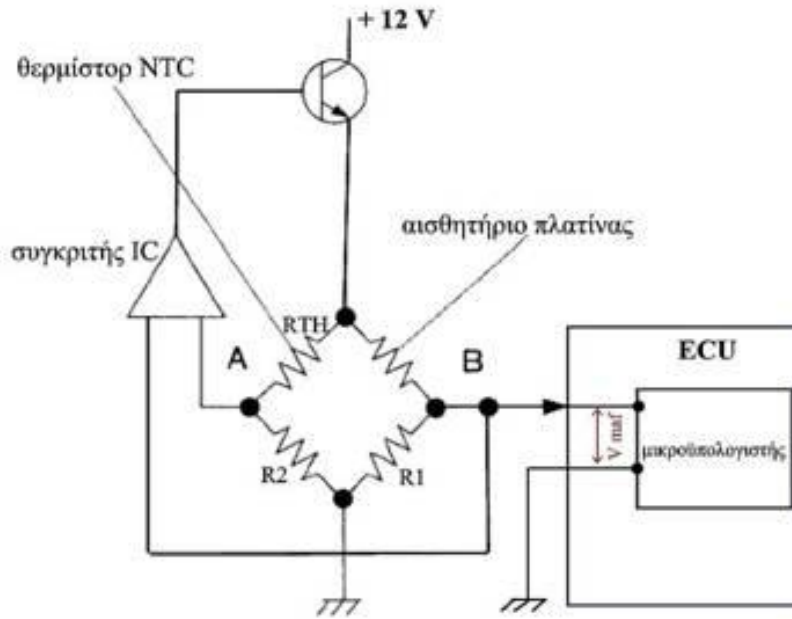


Σχήμα 30 : Συμβολισμός μετρητή μάζας αέρα

Ο αισθητήρας αυτός μετατρέπει την μάζα του εισερχόμενου αέρα σε ένα σήμα τάσης. Το σήμα αυτό είναι στους περισσότερους MAF αναλογικό, αλλά υπάρχουν και κάποιες σχεδιάσεις που παράγουν ψηφιακό σήμα (π.χ. Mitsubishi). Βρίσκεται στον αγωγό εισαγωγής αέρα, μετά το φίλτρο και πριν την πεταλούδα. Κατασκευαστικά υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων MAF, ο θερμού νήματος και ο τύπος λεπτού φιλμ. Η αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια.

Το αισθητήριο (θερμό νήμα ή λεπτό φιλμ), βρίσκεται εκτεθειμένο στη ροή του αέρα εισαγωγής. Έχει επικάλυψη από πλατίνα και είναι μια αντίσταση τύπου PTC, δηλαδή όσο αυξάνει η θερμοκρασία της αυξάνει και η τιμή της αντίστασης. Η αντίσταση αυτή είναι συνδεδεμένη σε γέφυρα με άλλες τρεις αντιστάσεις. Από αυτές, η R_{TH} είναι ένα θερμίστορ NTC εκτεθειμένο στον εισερχόμενο αέρα, με τιμή που καθορίζεται από την θερμοκρασία του. Οι άλλες δύο, R_1 και R_2 , έχουν σταθερή τιμή.

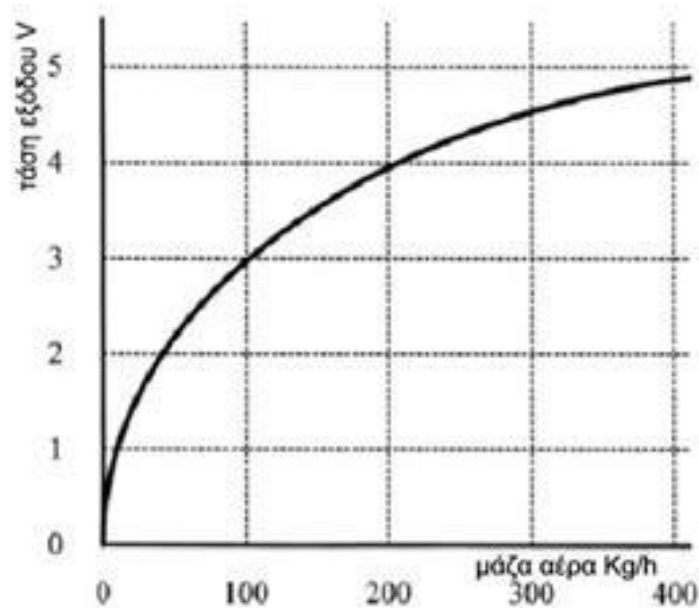
Με το άνοιγμα του διακόπτη, το αισθητήριο έχει μικρή τιμή αντίστασης, οπότε και όλος ο δεξιός κλάδος της γέφυρας έχει μικρότερη αντίσταση από τον αριστερό. Αυτό προκαλεί μεγάλη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία A και B και ο συγκριτής IC τροφοδοτεί την βάση του τρανζίστορ με ισχυρό ρεύμα με αποτέλεσμα το τρανζίστορ να άγει μεγάλη ένταση προς την γέφυρα. Το ρεύμα αυτό, θερμαίνει γρήγορα το αισθητήριο πλατίνας σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία ($100^{\circ}C$ ο θερμού νήματος και $75^{\circ}C$ ο τύπος λεπτού φιλμ) πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα (η τιμή της καθορίζεται από την R_{TH}) και η αντίσταση του αισθητηρίου αυξάνεται.



Σχήμα 31: Λειτουργία μετρητή μάζας αέρα

Στην στιγμιαία κατάσταση αυτή, υπάρχει ισορροπία στην γέφυρα των αντιστάσεων, δηλαδή η τάση στα άκρα της R_1 είναι ίση με την τάση στα άκρα της R_2 . Αυτό κάνει τον διαφορικό ενισχυτή να μην τροφοδοτεί την βάση του τρανζίστορ και το τρανζίστορ δεν άγει. Βέβαια σιγά - σιγά το αισθητήριο ψύχεται από τον περιβάλλοντα αέρα, αναπτύσσεται μια μικρή τάση ανάμεσα στα A και B, και ο συγκριτής διατηρεί ένα μικρό ρεύμα για να αντισταθμίσει τις απώλειες ψύξης. Έτσι με ανοικτό διακόπτη, μετράμε μια μικρή τάση στον ακροδέκτη B (V_{maf}) 0,3 – 0,5 V.

Όταν αρχίσει η ροή του αέρα στον κινητήρα, ο εισερχόμενος αέρας ψύχει το αισθητήριο ανάλογα με την ταχύτητα και την θερμοκρασία του. Αυτό προκαλεί μείωση της τιμής της αντίστασής του και επομένως διαφορετική τάση στα σημεία A και B. Ο συγκριτής IC τώρα τροφοδοτεί την βάση του τρανζίστορ ανάλογα με την διαφορά τάσης στις δύο εισόδους του και το τρανζίστορ άγει μια ένταση ανάλογη του **ρυθμού ψύξης του αισθητηρίου**, προσπαθώντας να κρατήσει την θερμοκρασία στην αρχική τιμή της. Όσο αυξάνει η ένταση στο αισθητήριο, τόσο αυξάνει και η πτώση τάσης στην R_1 , βάσει του νόμου του Ohm ($\Delta V = R_1 \times I$). Αυτή η τιμή (πτώση τάσης) είναι το σήμα που στέλνει στην ECU ο αισθητήρας από τον ακροδέκτη B και κυμαίνεται από 0,5 -4,5 V, ανάλογα με την μάζα του εισερχόμενου αέρα.



Σχήμα 32: Σήμα που στέλνει στην ECU ο αισθητήρας

Για την αποφυγή επικόλλησης σωματιδίων πάνω στο αισθητήριο, σε κάποιους τύπους θερμού νήματος (Bosch), αφού κλείσει ο διακόπτης του κινητήρα, το αισθητήριο θερμαίνεται στους 1000°C για 1 δευτερόλεπτο, ώστε να κατακαούν τυχόν ρύποι.

Μέσα στον αισθητήρα είναι συνήθως ενσωματωμένος και ένας ξεχωριστός αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα (θερμίστορ NTC) που πληροφορεί με ξεχωριστούς ακροδέκτες την ECU για την θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής.

Επαφές

Η φίσα του αισθητήρα μπορεί να έχει:

- **6 ακροδέκτες** (π.χ. Ford –Zetec Focus) τέσσερις για τον αισθητήρα μάζας (τροφοδοσία 12 V, σήμα, γείωση μέσω ECU, γείωση) και δύο για τον αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα (τροφ/σία 5 V και γείωση μέσω ECU).
- **5 ακροδέκτες** (π.χ. Bosch Motronic ME 2.1/3.1, Nissan ECCS), τρεις για τον αισθητήρα μάζας (τροφοδοσία 12 V, σήμα και γείωση) και δύο για τον αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα (τροφ/σία 5 V και γείωση).
- **4 ακροδέκτες** (π.χ. Bosch Motronic 1.5.4, Simtec 56/70, Ford Escort, Hyundai ECFI G4K), με αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα και κοινή γείωση.

- **3 ακροδέκτες** (π.χ. Nissan ECCS, Hitachi MFI-s, GM Multec S) χωρίς αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα.

Έλεγχοι του αισθητήρα

(Πάντοτε πρέπει να συμβουλευόμαστε τις τιμές που δίνει ο κατασκευαστής του συγκεκριμένου οχήματος και το σχέδιο του συστήματος ψεκασμού)

Πάνω στην φίσσα του αισθητήρα, με το ωμόμετρο, μετράμε την επαφή της γείωσης με μία γείωση πάνω στον κινητήρα. Πρέπει $R < 1\Omega$.

Διακόπτης στο ON. Πάνω στην φίσσα του αισθητήρα με το βολτόμετρο, μετράμε την επαφή της τροφοδοσίας με μία γείωση. Η τιμή πρέπει να είναι 12 V.

Διακόπτης στο OFF. Ξανατοποθετούμε την φίσσα. Με το βολτόμετρο δημιουργούμε επαφή στα pin του σήματος του αισθητήρα και στη γείωση. Διακόπτης στο ON. Με τον κινητήρα στο ρελαντί πρέπει η τάση να κυμαίνεται 0,7 - 1,1 V. Στις 3000 rpm , 1,3 – 2 V (Σημ.: οι τιμές είναι ενδεικτικές).

(Σημ. Σπάνια μπορεί να συναντήσουμε αισθητήρες MAF με έξοδο ψηφιακό σήμα συχνότητας όπως κάποιοι MAF της Delco και της Hitachi στους κινητήρες της GM 2.8L V6 και 3800 V6. Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται παλμογράφος ή ψηφιακό πολύμετρο με δυνατότητα μέτρησης συχνότητας)

2.5 Αισθητήρες θερμοκρασίας κινητήρα

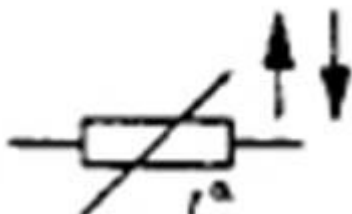
Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι μετρητές ενός πολύ σημαντικού μεγέθους όπως είναι η θερμοκρασία. Όταν αυτό το μέγεθος αφορά μηχανές και στην περίπτωση μας κινητήρες, τότε μπορεί ο οποιοσδήποτε να καταλάβει την σημασία της μέτρησης και ελέγχου αυτού του μεγέθους. Στην περίπτωση του κινητήρα και γενικότερα του αυτοκινήτου ο έλεγχος και η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται συνεχώς ενώ η θερμοκρασία που μετριέται αφορά κυρίως υγρά και αέρια.

Γενικά η θερμοκρασία είναι κριτήριο για την ομαλή λειτουργία του αυτοκινήτου, καθώς η πολύ υψηλή θερμοκρασία θεωρείται προάγγελος βλαβών λόγω υπερθέρμανσης ενώ επίσης θεωρείται και μία από τις αιτίες για την παραγωγή βλαβερών καυσαερίων. Επίσης και η χαμηλή θερμοκρασία του κινητήρα πρέπει να ελέγχεται διότι

ένας κρύος κινητήρας χρειάζεται ειδικές ρυθμίσεις για την λειτουργία και εκκίνηση του. Γι αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητο να πληροφορείται η ECU για τις θερμοκρασίες των επιμέρους τμημάτων ώστε να ρυθμίζει παραμέτρους που αφορούν: χρονισμό, ενεργοποίηση συστημάτων ψύξης κινητήρα, ενεργοποίηση συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων, εμπλουτισμό μείγματος αέρα-καυσίμου και άλλα πολλά. Ενδεικτικά, κάποια αισθητήρια που αφορούν την μέτρηση θερμοκρασιών του κινητήρα είναι:

- Αισθητήριο θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού
- Αισθητήριο θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων
- Αισθητήριο θερμοκρασίας καυσίμου
- Αισθητήριο θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής
- Αισθητήριο θερμοκρασίας λαδιού

2.5.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας νερού, ECT, Engine Coolant Temperature Sensor



Σχήμα 33: Συμβολισμός αισθητήρα θερμοκρασίας νερού

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα πληροφορεί την ECU για την θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού, άρα την μέση θερμοκρασία του κινητήρα. Η πληροφορία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική για τον καθορισμό του χρόνου ψεκασμού, του χρονισμού της ανάφλεξης, ρύθμιση ρελαντί, λειτουργία EGR και πολλών ακόμη υποσυστημάτων.

Βρίσκεται τοποθετημένος στο σώμα του κινητήρα, κοντά στην κυλινδροκεφαλή και στην έξοδο του νερού ψύξης. Αποτελείται από μια αντίσταση αρνητικού θερμικού συντελεστή (θερμίστορ NTC), δηλαδή η τιμή της αντίστασής του μειώνεται όσο αυξάνει η θερμοκρασία.

Επαφές

Η φίσα του αισθητήρα έχει δύο επαφές. Εσωτερικά της ECU υπάρχει μία αντίσταση σταθερής τιμής R_C συνδεδεμένη σε σειρά με το θερμίστορ R_{ECT} . Η γραμμή τροφοδοτείται με 5V DC. Καθώς μεταβάλλεται η τιμή της R_{ECT} με την θερμοκρασία, μεταβάλλεται η ένταση στο κύκλωμα, επομένως μεταβάλλεται και η πτώση τάσης στο άκρο της R_C . Αυτή την τιμή τάσης "διαβάζει" η ECU προκειμένου να υπολογίσει την θερμοκρασία.

Έλεγχοι του αισθητήρα:

- Έλεγχος αντίστασης Με κλειστό διακόπτη, αφαιρούμε την φίσα του αισθητήρα και μετράμε με ωμόμετρο την αντίσταση. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 1, ανάλογα με την θερμοκρασία του αισθητήρα.

- Έλεγχος τάσης τροφοδοσίας Με ανοικτό διακόπτη, θα πρέπει να μετρήσουμε ανάμεσα στις δύο επαφές της φίσας του αισθητήρα τάση 5V.
- Έλεγχος σήματος τάσης Με την φίσσα στη θέση της και τον κινητήρα σε λειτουργία θα πρέπει να μετρήσουμε ανάμεσα στους δύο αγωγούς του αισθητήρα μεταβολή της τάσης, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, σύμφωνα με το διάγραμμα 5.

| Πίνακας 6: Τιμές αντίστασης του αισθητήρα θερμοκρασίας | |
|---|------------------|
| Θερμοκρασία | Αντίσταση |
| 0° C | 5000-6500 Ω |
| 10° C | 3350-4400 Ω |
| 20° C | 2250-3000 Ω |
| 30° C | 1500-2100 Ω |
| 50° C | 700-950 Ω |
| 60° C | 540-675 Ω |
| 70° C | 400-500 Ω |
| 80° C | 275-375 Ω |
| 90° C | 200-290 Ω |
| 100° C | 150-225 Ω |

2.5.2 Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων

Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι ένα μέγεθος, το οποίο ελέγχεται και μετρίεται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας καυσαερίων. Ο

σκοπός της μέτρησης και του ελέγχου του συγκεκριμένου μεγέθους είναι η ρύθμιση, από την ECU, παραμέτρων που αφορούν την διάρκεια ψεκασμού του μείγματος όπως επίσης και την σύσταση του μείγματος. Επίσης η μέτρηση αυτού του μεγέθους μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες σε ότι αφορά την κατάσταση του κινητήρα ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες ενέργειες πρόληψης και διόρθωσης προβλημάτων στον κινητήρα, πριν αυτός υποστεί βλάβη. Τι είναι όμως το καυσαέριο; Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του όρου.

Καυσαέριο

Το καυσαέριο, όπως φανερώνει και το όνομα του, είναι αέριο που προκύπτει ως κατάλοιπο της καύσης ορυκτών καυσίμων. Παράγεται από βιομηχανίες, εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης, μέσα μεταφοράς κ.λπ. και καταλήγει στην ατμόσφαιρα διαμέσου των καμινάδων ή των εξατμίσεων των οχημάτων. Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων περιέχουν άζωτο, μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO και NO₂, για συντομία NO_x), μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO και CO₂), υδρογόνο (H₂), οξυγόνο (O₂), νερό σε μορφή υδρατμών (H₂O), άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) και ελάχιστες ποσότητες διοξειδίου του θείου (SO₂). Από αυτά θεωρούνται ως ρύποι τα NO_x, το CO, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες και το SO₂. Το CO₂ δεν θεωρείται ρύπος, είναι όμως επικίνδυνο, γιατί ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έκανε επιτακτική την ανάγκη για εφαρμογή αντιρρυπαντικών συστημάτων στα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα.

Από τη δεκαετία του 1980 και μετά έχουν εφαρμοστεί: ο καταλύτης καυσαερίων και ο κινητήρας φτωχού (lean burn engine) και πολύ φτωχού μείγματος. Είναι ένα νέο και εξελισσόμενο είδος κινητήρα στον οποίο η αναλογία αέρα-καυσίμου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των συμβατικών κινητήρων. Με τα μέτρα αυτά έχει μειωθεί κατά πολύ η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια αλλά δυστυχώς το πρόβλημα υπάρχει, και θα υπάρχει και στα προσεχή χρόνια. Αφού έγινε παραπάνω μια σύντομη επεξήγηση σχετικά με το καυσαέριο, ήρθε η στιγμή της ανάλυσης και της περιγραφής του αισθητήρα. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων τοποθετείται άμεσα στους κυλίνδρους των μηχανών για να μετρήσουν την θερμοκρασία εξάτμισης. Το αισθητήριο αποτελείται από τρία μέρη, από το θερμοηλεκτρικό ζεύγος (thermocouple), από το πυρόμετρο και από το καλώδιο που τα συνδέει μεταξύ τους. Το θερμοηλεκτρικό ζεύγος, που ανακαλύφθηκε το 1821 από τον Τόμας Γιόχαν Ζέεμπεκ, είναι το βασικό όργανο του αισθητήριου καθώς είναι αυτό που εκτελεί

την μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων. Η αρχή λειτουργίας του θερμοηλεκτρικού ζεύγους βασίζεται στο φαινόμενο Ζέεμπек (Seebeck), που είναι φανερό ότι πήρε το όνομα του από τον εφευρέτη του θερμοηλεκτρικού ζεύγους, Τόμας Γιόχαν Ζέεμπек. Τι είναι όμως το φαινόμενο Ζέεμπек (Seebeck) που στηρίζεται η λειτουργία του θερμοζεύγους;

Φαινόμενο Ζέεμπек (Seebeck) (αρχή λειτουργίας θερμοζεύγους)

Το φαινόμενο Ζέεμπек (Seebeck) εξηγείται ως εξής: Όταν ένα ζεύγος δυο διαφορετικών μετάλλων σχηματίζουν ένα βρόγχο και τα δύο σημεία σύνδεσης βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, τότε θα υπάρξει ροή ρεύματος με τιμή ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, υπάρχουν δυο διαφορετικά μέταλλα, το μέταλλο X και το μέταλλο Y. Τα σημεία σύνδεσης τους 1 και 2 ευρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες T_1 και T_2 . Λόγω του φαινομένου δημιουργούνται μικρές ΗΕΔ στις δύο επαφές. Το αλγεβρικό άθροισμα των δύο ΗΕΔ δεν είναι μηδέν, οπότε δημιουργείται ένα ρεύμα στο κύκλωμα. Το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο είναι τέτοιο, ώστε όταν δύο δεδομένα μέταλλα έχουν επαφές που ευρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, τότε η αναπτυσσόμενη συνολική ΗΕΔ είναι πάντα η ίδια. Επομένως αυτή μπορεί να μετρηθεί και να βαθμονομηθεί σε μονάδες θερμοκρασίας. Εάν και οι δύο επαφές του θερμοζεύγους βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, τότε δεν θα δημιουργηθεί συνολική ΗΕΔ. Εάν όμως κάποια στιγμή η θερμοκρασία μίας επαφής αρχίζει να αλλάζει ενώ της άλλης μένει σταθερή, τότε θα δημιουργηθεί μια ΗΕΔ, η οποία θα μεγαλώνει όσο αυξάνει η διαφορά θερμοκρασίας. Αυτή είναι η αρχή λειτουργίας του θερμοζεύγους. Η τάση που παράγει το θερμοηλεκτρικό ζεύγος οδηγείται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο λαμβάνει μια τάση σε μV και έχει ως σκοπό να μας δώσει στην έξοδο του ενισχυμένη τάση η οποία μέσω ενός μετρητή θα μετατραπεί σε βαθμούς Κελσίου. Επίσης στο κύκλωμα εκτός του ολοκληρωμένου, υπάρχει και ένας πυκνωτής ο οποίος λειτουργεί σαν φίλτρο θορύβου. Αξίζει να αναφερθεί επίσης ότι το ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι συνήθως το AD595, το οποίο η τροφοδοσία του είναι στα 12,3 Volt, ιδανική λύση για την χρησιμοποίησή του σε αυτοκίνητα, ενώ μπορεί και να φθάσει μέχρι τα 36V. Στην παρακάτω εικόνα μπορείτε να δείτε ένα θερμοζεύγος.

2.5.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου

Η θερμοκρασία καυσίμου είναι ένα μέγεθος που ελέγχεται και μετρείται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας καυσίμου και χρησιμεύει για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Προστασία υπερθέρμανσης κινητήρα
- Υπολογισμός ποσότητας ψεκασμού
- Υπολογισμός απαίτησης αντλία προπαροχής
- Διόρθωση κύματος πίεσης

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου είναι βιδωμένος λίγο πριν από την αντλία υψηλής πίεσης και καταγράφει τη θερμοκρασία καυσίμου μέσω της μεταβλητής του θερμοαντίστασης (NTC= αρνητικός συντελεστής θερμοκρασίας)

Αισθητήρες θερμοκρασίας καυσαερίων χρησιμοποιούνται ποικιλοτρόπως για την διαχείριση του κινητήρα, τόσο σε κινητήρες βενζίνης όσο και πετρελαίου. Συστήματα όπως αυτό της επιλεκτικής αναγωγής των καυσαερίων (Selective catalytic reduction – SCR), της υπερπλήρωσης, της ανακύκλωσης καυσαερίων (EGR) και των φίλτρων αιθάλης (DPF), χρησιμοποιούν τους αισθητήρες θερμοκρασίας, οι οποίοι λειτουργούν και σε υψηλές θερμοκρασίες, της τάξης των 900°C, αναλόγως πάντα του κινητήρα.

Διαφορετικοί τύποι μετρήσεως θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται από την ECU του κινητήρα για τον έλεγχο της καύσης του μείγματος, με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών ρύπων του οχήματος, αναλόγως του τύπου του κινητήρα και του συστήματος μείωσης των ρύπων. Στην περίπτωση των κινητήρων diesel, η παρακολούθηση της θερμοκρασίας του φίλτρου DPF χρησιμοποιείται επίσης ώστε να ρυθμιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η απαιτούμενη διάρκεια της διαδικασίας αναγέννησης του φίλτρου.



Εικόνα 4: Αισθητήρες θερμοκρασίας καυσίμου πετρελαίου και βενζίνης

2.5.4 Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής μετράει ένα μέγεθος χρήσιμο για την ρύθμιση της σύστασης και της αναλογίας του μείγματος καυσίμου/αέρα, καθώς η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα και στο μείγμα καυσίμου/αέρα είναι μεταβαλλόμενη από πολλούς παράγοντες. Γι αυτό και το μίγμα μπορεί να είναι πλούσιο στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ στις χαμηλές να είναι φτωχό. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην είσοδο του μετρητή αέρα, έχει λύσει αυτό το πρόβλημα του φτωχού/πλουσίου μίγματος καθώς μετράει την θερμοκρασία του αέρα και την μεταβιβάζει στην ECU. Ο αισθητήρας αποτελείται από ένα θερμίστορ NTC, στο οποίο η αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής. Πιο συγκεκριμένα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλή, τότε η αντίσταση μειώνεται και αυτό συνεπάγεται ότι και η τάση στον αισθητήρα μειώνεται, και το αντίστροφο σε αντίθετη περίπτωση. Έτσι οι μεταβολές της θερμοκρασίας που μεταφράζονται σε τάση, συγκρίνονται από κάποια τάση αναφοράς στην ECU . Η ECU με την σειρά της διορθώνει την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα ώστε το μίγμα καυσίμου/αέρα να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στην ενδεδειγμένη στοιχειομετρική αναλογία.

2.5.5 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Λαδιού

Ο αισθητήρας θερμοκρασία λαδιού είναι ένας μετρητής της θερμοκρασίας του λιπαντικού μέσου, δηλαδή του λαδιού. Συνήθως ο αισθητήρας θερμοκρασίας λαδιού λέγεται και θερμικός αισθητήρας στάθμης λαδιού καθώς συνδυάζει σε μία συσκευή την μέτρηση και της θερμοκρασίας αλλά και της στάθμης του λαδιού. Επίσης υπάρχει και ο αισθητήρας κατάστασης λαδιού όπου είναι πιο βελτιωμένος και διευρύνει τις λειτουργίες του θερμικού αισθητήρα στάθμης καθώς εκτός από την μέτρηση στάθμης και θερμοκρασίας λαδιού, έχει την δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας του λαδιού. Το αισθητήριο βρίσκεται τοποθετημένο στην κάτω πλευρά του κάρτερ λαδιού και μετράει παράλληλα στάθμη και θερμοκρασία. Η θερμοκρασία μετριέται από μία θερμοαντίσταση NTC η οποία είναι εμβαπτισμένη με στρώμα λαδιού και βρίσκεται σε πλαστικό περίβλημα. Το εύρος της θερμοκρασίας που μπορεί να μετρήσει ο αισθητήρας είναι συνήθως από τους -40°C έως τους 150°C

2.6 Αισθητήρες Στάθμης

Η στάθμη είναι ένα σημαντικό μέγεθος που αφορά τα υγρά και πιο συγκεκριμένα την ποσότητα των υγρών σε ένα δοχείο. Στο αυτοκίνητο υπάρχουν αρκετά υγρά όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της ποσότητας τους. Για αρκετά υγρά στο αυτοκίνητο όπως τα καύσιμα, το λάδι, η βαλβολίνη, το ψυχτικό υγρό και άλλα πολλά, είναι χρήσιμο να γίνεται ο έλεγχος και η μέτρηση της στάθμης τους.

2.6.1 Αισθητήρες Στάθμης Καυσίμου

Η μέτρηση της στάθμης του καυσίμου γίνεται για πολλούς λόγους. Ο απλούστερος είναι για να γνωρίζει ο οδηγός την ποσότητα του καυσίμου που υπάρχει στο ντεπόζιτο, ώστε να το αναπληρώνει πριν αυτό τελειώσει. Η πιο απλή μέθοδος μέτρησης της στάθμης καυσίμου είναι με πλωτήρα μέσα στο ντεπόζιτο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα ποτενσιόμετρο, το οποίο είναι σφραγισμένο και στεγανοποιημένο για να μην έχει επαφή με το καύσιμο. Έτσι λοιπόν όταν ο πλωτήρας αλλάζει θέση καθώς η στάθμη του καυσίμου κατεβαίνει, αλλάζει θέση και το ποτενσιόμετρο με συνεπακόλουθο την μεταβολή του ρεύματος. Αυτή η μεταβολή του ρεύματος είναι ανάλογη της στάθμης του καυσίμου στο ρεζερβουάρ. Αυτή η μέθοδος μέτρησης είναι πολύ απλή αλλά παρουσιάζει ένα σημαντικό και σοβαρό μειονέκτημα, η φθορά από τις τριβές με την πάροδο του χρόνου μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες ενδείξεις. Γι αυτό τον λόγο έχουν κατασκευαστεί αισθητήρες που δεν παρουσιάζουν σημαντικές φθορές όπως ο αισθητήρας που έχει κατασκευάσει η Siemens, ο οποίος περιλαμβάνει μία διάταξη στοιχείων επαφής. Η διάταξη των στοιχείων μοιάζει με μία άρπα πάνω στην οποία το κάθε στοιχείο ενεργοποιείται μαγνητικά. Υπάρχει επίσης ένας πλωτήρας ο οποίος όπως κινείται, κινεί ένα βραχίονα που είναι συνδεδεμένος πάνω του. Στον βραχίονα είναι προσαρμοσμένος ένας μαγνήτης, ο οποίος όταν διέρχεται πάνω από την διάταξη με τα στοιχεία επαφής, ενεργοποιεί την κάθε επαφή ξεχωριστά και έτσι με αυτόν τον τρόπο, δηλαδή με το άνοιγμα-κλείσιμο των επαφών, το αισθητήριο προσδιορίζει την στάθμη. Εκτός όμως από τις κλασσικές μεθόδους μέτρησης, πάντα υπάρχουν και εναλλακτικές λύσεις. Μια εντελώς διαφορετική μέθοδος μέτρησης του μεγέθους αυτού είναι, χωρίς την χρήση πλωτήρα. Η μέθοδος αυτή, χρησιμοποιεί πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς που βρίσκονται στον πυθμένα του ντεπόζιτου. Οι πιεζοηλεκτρικοί μετατροπείς εκπέμπουν υπερηχητικά κύματα και έτσι με αυτόν τον τρόπο, δηλαδή μέσω της μέτρησης χρόνου της διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων, προκύπτει το ύψος της στάθμης του καυσίμου. Βέβαια για την μέτρηση της στάθμης ενός οποιοσδήποτε υγρού υπάρχουν και άλλοι τρόποι όπως ο ράβδος βυθομέτρησης, ο μετρητής στάθμης φουσαλίδων, η μέτρηση με υπέρηχους και άλλα πολλά. Δεν αναλύθηκαν όμως γιατί δεν χρησιμοποιούνται για μέτρηση στάθμης υγρών σε αυτοκίνητα, αλλά για άλλες εφαρμογές.

2.6.2 Αισθητήρες Στάθμης ψυκτικού υγρού

Η στάθμη του ψυκτικού υγρού είναι ένα μέγεθος που πρέπει να ελέγχεται γιατί η χαμηλή στάθμη ψυκτικού υγρού ενδέχεται να αυξήσει την θερμοκρασία του κινητήρα σε απαγορευτικά επίπεδα. Ο σκοπός της μέτρησης αυτού του μεγέθους είναι να προειδοποιήσει τον οδηγό, όταν η στάθμη του ψυκτικού υγρού είναι χαμηλή ώστε να συμπληρώσει το ψυγείο με υγρό. Η μέτρηση αυτού του μεγέθους γίνεται συνήθως με πλωτήρα που είναι συνδεδεμένος με ένα ποτενσιόμετρο και ο τρόπος μέτρησης είναι παρόμοιος με τον απλό τρόπο μέτρησης της στάθμης καυσίμου με πλωτήρα.

2.6.3 Αισθητήρες λιπαντικού υγρού

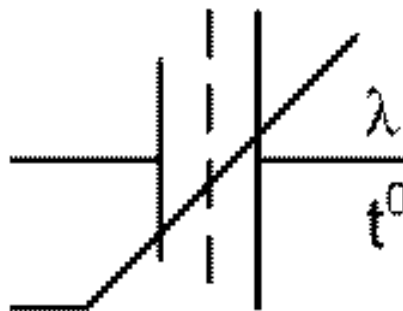
Ο αισθητήρας στάθμης λαδιού μετράει το ύψος της στάθμης του λιπαντικού μέσου (λαδιού). Υπήρξε αναφορά στο σύστημα λίπανσης γενικά και ειδικότερα στο λιπαντικό μέσο στο προηγούμενο υποκεφάλαιο που αφορούσε τους αισθητήρες θερμοκρασίας. Εκεί λοιπόν αναλύθηκε και ο αισθητήρας θερμοκρασίας λαδιού και αναφέρθηκε το γεγονός ότι υπάρχουν συστήματα όπως ο θερμικός αισθητήρας στάθμης λαδιού όπου μετράει και την θερμοκρασία αλλά και την στάθμη του λαδιού. Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα αναλυθεί η μέτρηση της στάθμης του λαδιού, αφού πρώτα γίνει μία σύντομη ενημέρωση σχετικά με το λάδι και το σύστημα λίπανσης. Το λάδι είναι κύριο συστατικό του συστήματος λίπανσης του αυτοκινήτου. Ο σκοπός του συστήματος λίπανσης είναι η λίπανση επιφανειών του αυτοκινήτου, και κατά κύριο λόγο του κινητήρα, που χρειάζονται λίπανση ώστε να αποτραπεί η φθορά τους. Πέρα από την λίπανση του κινητήρα, το λάδι καθαρίζει τις επιφάνειες από διάφορα κατάλοιπα, απορροφά θερμότητα και προστατεύει τα μεταλλικά εξαρτήματα από την διάβρωση. Από όλα αυτά καταλαβαίνεις κανείς, την χρησιμότητα του συστήματος λίπανσης και του λαδιού πιο συγκεκριμένα, στην εύρυθμη λειτουργία του κινητήρα. Γι αυτό τον λόγο ο οδηγός πρέπει να γνωρίζει την κατάσταση της στάθμης του λαδιού. Δηλαδή αν η στάθμη του λαδιού είναι είτε πιο χαμηλά από το κανονικό, είτε πιο υψηλά, τότε πιθανόν να υπάρξει πρόβλημα. Αυτή η πληροφορία δίνεται από τον αισθητήρα στάθμης του λαδιού. Η μέτρηση του συγκεκριμένου μεγέθους γίνεται κυρίως με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος χρησιμοποιεί ένα πυκνωτή, στον οποίο η χωρητικότητα επηρεάζεται από το ύψος του λαδιού. Όσο πέφτει η στάθμη του λαδιού αλλάζει και η χωρητικότητα του πυκνωτή, με αποτέλεσμα η ηλεκτρική μονάδα αξιολόγησης να σχηματίζει απ' αυτό ένα ψηφιακό σήμα. Ο δεύτερος τρόπος μέτρησης του εν λόγω μεγέθους χρησιμοποιεί ένα μαγνήτη, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα πλωτήρα. Όταν ο πλωτήρας βρεθεί στην ελάχιστη τιμή της στάθμης του λαδιού, τότε ο μαγνήτης αλλάζει την σύνδεση της επαφής με μαγνητικά ελάσματα τύπου Reed. Η επαφή τύπου Reed στέλνει το σήμα στην ECU που αυτή με την σειρά της ενεργοποιεί το προειδοποιητικό σύστημα alarm. Στην συνέχεια, αφού διορθωθεί η στάθμη του λαδιού, το προειδοποιητικό σύστημα απενεργοποιείται

καθώς η θέση του πλωτήρα και του μαγνήτη αλλάζουν όπως και η σύνδεση της επαφής Reed. Έτσι λοιπόν υπολογίζεται η στάθμη λαδιού με τους δύο αυτούς τρόπους και στην συνέχεια απεικονίζεται, (συνήθως με την μορφή προειδοποιητικής λυχνίας και ηχητικού συναγερμού). Σε κάποια αυτοκίνητα απεικονίζεται και στο ταμπλό οργάνων, ώστε ο οδηγός να γνωρίζει την κατάσταση της στάθμης του λαδιού στον κινητήρα.



Εικόνα 5: Αισθητήρας στάθμης, θερμοκρασίας και ποιότητας λαδιού

2.6.4 Αισθητήρας Λάμδα (Αισθητήρας οξυγόνου, lambda sensor, Oxygen sensor, EGO)



Σχήμα 35: Συμβολισμός Αισθητήρα Λάμδα

Ο σκοπός του αισθητήρα λ , είναι να πληροφορεί την ECU (ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου – “εγκέφαλος”) για την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια. Με βάση την πληροφορία αυτή, η ECU προσαρμόζει τον χρόνο ψεκασμού, έτσι ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί με στοιχειομετρικό μίγμα (λόγος $\lambda=1$ δηλαδή 14.7gr αέρα προς 1 gr βενζίνης).

Η ρύθμιση αυτή, εκτελείται κατά την διάρκεια της πορείας του οχήματος και στο ρελαντί, δηλαδή στις πιο συχνές καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα. Έτσι επιτυγχάνεται η βέλτιστη καύση του μίγματος, αποδοτική λειτουργία του καταλύτη και οικονομία καυσίμου. Στην περίπτωση αυτή, ο κινητήρας βρίσκεται σε λειτουργία “κλειστού βρόχου” δηλαδή χρησιμοποιεί ανατροφοδότηση της πληροφορίας εξόδου για να προσαρμόσει τις μεταβλητές εισόδου.

Υπάρχουν όμως και καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα κατά τις οποίες η ECU αγνοεί το σήμα του αισθητήρα λ και προσαρμόζει τον ψεκασμό βάσει των σημάτων άλλων αισθητήρων, δηλαδή λειτουργεί με “ανοικτό βρόχο”. Οι καταστάσεις αυτές είναι η εκκίνηση (μιζάρισμα), η λειτουργία με ψυχρό κινητήρα, η μετάβαση από μεσαίο σε υψηλό φορτίο και κατά την διάρκεια της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης.

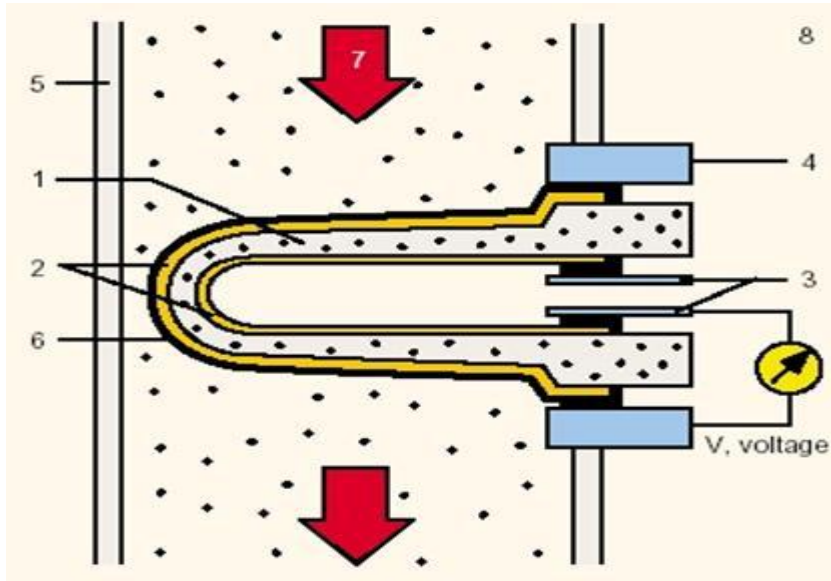
Θέση

Ο αισθητήρας λ τοποθετείται μετά την πολλαπλή εξαγωγή και πριν τον καταλύτη. Στα οχήματα που ακολουθούν τον κανονισμό EOBD (ή OBDII) , υπάρχουν δύο αισθητήρες λ. Ο δεύτερος, τοποθετείται μετά τον καταλύτη, έτσι ώστε η ECU να ελέγχει την αποτελεσματικότητα του καταλύτη συγκρίνοντας τα δύο σήματα.

2.6.5 Τύποι αισθητήρα λ

2.6.5.1 Αισθητήρας λ ζιρκονίας

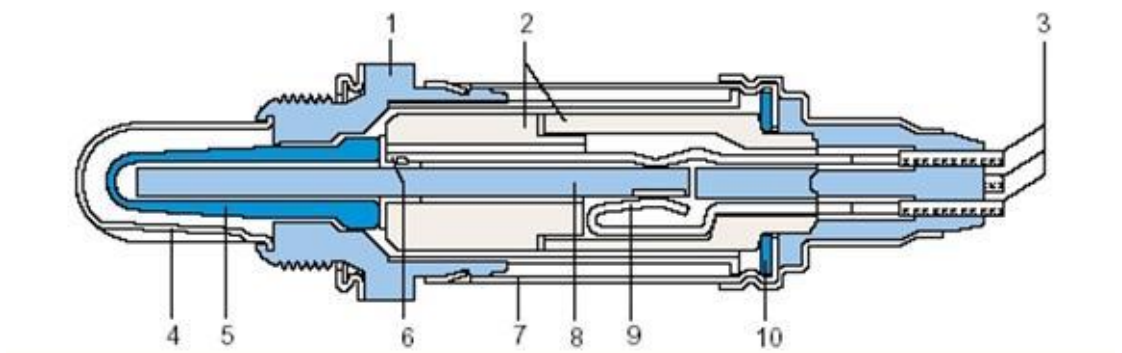
Είναι ο παλαιότερος και ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος έως σήμερα τύπος. Το αισθητήριο στοιχείο του είναι ένα γαλβανικό στοιχείο που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια από πορώδη λευκόχρυσο (πλατίνα) και τον στερεό κεραμικό ηλεκτρολύτη από διοξείδιο του ζιρκονίου με σταθεροποιητή οξείδιο του υτρίου.



Σχήμα 36: Μέρη αισθητήρα λ ζιρκονίας

1. Ηλεκτρολύτης από διοξείδιο του ζιρκονίου
2. Ηλεκτρόδια από πλατίνα
3. Επαφή εσωτερικού ηλεκτροδίου
4. Επαφή εξωτερικού ηλεκτροδίου
5. Σωλήνας εξαγωγής καυσαερίων
6. Προστατευτικό πορώδες κεραμικό επικάλυμμα
7. Καυσαέρια
8. Αέρας περιβάλλοντος

Το σώμα του αισθητήρα περιλαμβάνει ακόμη μια θερμαντική αντίσταση, διάτρητο προστατευτικό κάλυμμα του αισθητηρίου, και ηλεκτρικές επαφές.



Σχήμα 37: Τομή αισθητήρα λ της Bosch

1. Κέλυφος με σπείρωμα
2. Κεραμικός σωλήνας υποστήριξη

3. Ηλεκτρικές επαφές
4. διάτρητο προστατευτικό κάλυμμα
5. Αισθητήριο
6. Επαφή
7. Εξωτερικό κάλυμμα
8. Θερμαντική αντίσταση
9. Ηλεκτρικές επαφές θερμαντικής αντίστασης
10. Ελατηριωτός δακτύλιος

Θέση

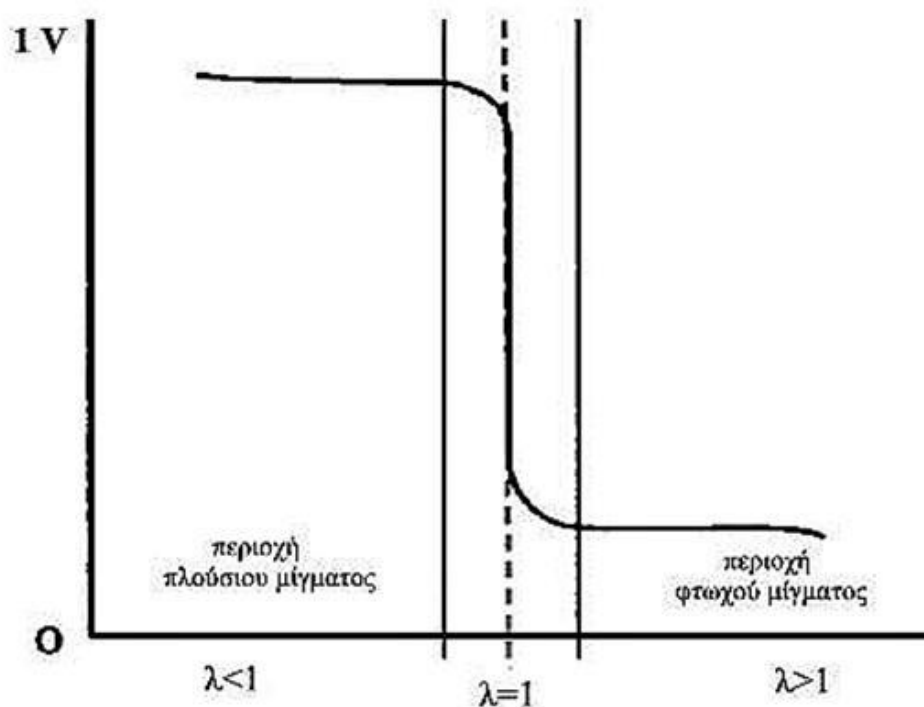
Ο αισθητήρας βιδώνεται στον σωλήνα της εξαγωγής καυσαερίων έτσι ώστε το εξωτερικό ηλεκτρόδιο του αισθητήριου στοιχείου να βρίσκεται στην ροή των καυσαερίων. Το εσωτερικό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από μια οπή του εξωτερικού σώματος του αισθητήρα και χρησιμεύει ως αέριο αναφοράς.

Θερμαντική αντίσταση

Για να λειτουργεί αξιόπιστα, πρέπει η θερμοκρασία του αισθητηρίου να είναι τουλάχιστον 400⁰ C. Η θερμοκρασία αυτή κανονικά μπορεί να επιτευχθεί από τα θερμά καυσαέρια, αλλά για γρήγορη απόδοση κατά την εκκίνηση του κινητήρα, όπως και για την διατήρηση της θερμοκρασίας κατά το ρελαντί και σε χαμηλά φορτία, χρησιμοποιείται μια θερμαντική αντίσταση, η τροφοδοσία της οποίας (12V) στα νεώτερα συστήματα ελέγχεται από την ECU (γείωση μέσω ECU με διαμόρφωση παλμού κατά πλάτος PWM). Στα παλαιότερα συστήματα η θερμαντική αυτή αντίσταση είναι από υλικό τύπου PTC (θετικού θερμικού συντελεστή) και τροφοδοτείται μόνιμα μέσω του κύριου ρελέ.

Λειτουργία

Σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας, ο αισθητήρας είναι πηγή τάσης. Η τάση αυτή διαφοροποιείται σε σχέση με την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια. Όταν το μίγμα είναι πλούσιο ($\lambda < 1$), δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου οξυγόνο στα καυσαέρια. Αυτό προκαλεί μια ισχυρή ροή ιόντων οξυγόνου στο αισθητήριο, το οποίο προσπαθεί να αντισταθμίσει τα οξυγόνα στα δύο ηλεκτρόδια και η τάση που παράγεται είναι υψηλή (0,6 – 1 V ανάλογα με τον κατασκευαστή του αισθητήρα). Αντίθετα, όταν το μίγμα είναι φτωχό ($\lambda > 1$) το οξυγόνο στα καυσαέρια είναι αρκετό και ο αισθητήρας παράγει μια χαμηλή τάση (0,1 – 0,4 V).



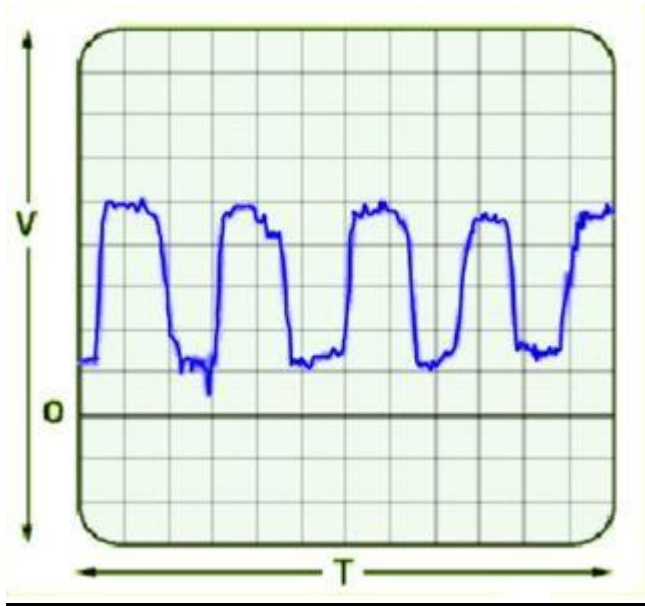
Σχήμα 38:Λειτουργία του αισθητήρα σε σχέση με το μίγμα

Παρατηρώντας το Σχ. 38 , διαπιστώνουμε ότι ο αισθητήρας μπορεί να πληροφορήσει την ECU αν το μείγμα είναι πλούσιο ή φτωχό, αλλά όχι πόσο πλούσιο ή φτωχό είναι.

Επιπλέον, στην περιοχή του στοιχειομετρικού μίγματος, η καμπύλη της τάσης παρουσιάζει ασυνέχεια. Αυτό σημαίνει, ότι για τιμές λ πολύ κοντά στην μονάδα, η τάση του αισθητήρα θα μεταπηδά συνεχώς από την υψηλή στην χαμηλή τάση και αντίστροφα.

Ο χρόνος αντίδρασης ενός καλής ποιότητας αισθητήρα λ κυμαίνεται από 0.5 έως 0,25 sec.

Σήμα του αισθητήρα

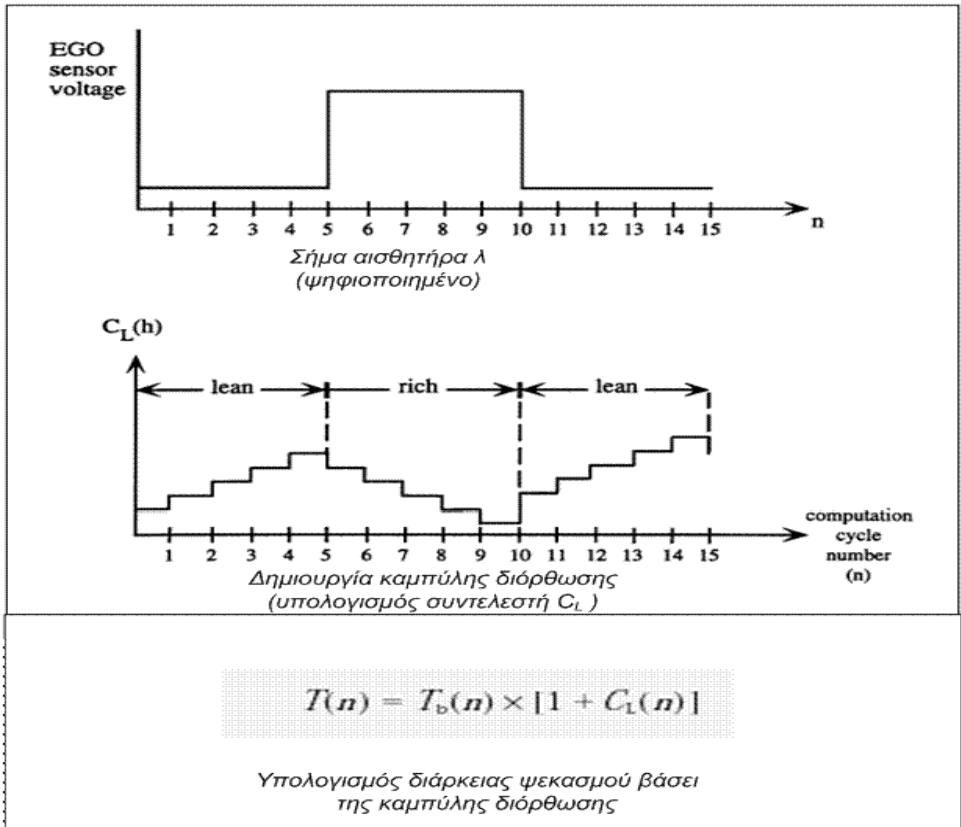


Σχήμα 39: Σήμα του αισθητήρα (0,2V/div, 1sec/div)

Στο παλμογράφημα του σχ.39, έχει καταγραφεί το σήμα του αισθητήρα λ ενός κινητήρα που λειτουργεί με στοιχειομετρικό μίγμα.

Επεξεργασία του σήματος στην ECU

Το σήμα του αισθητήρα λ ψηφιοποιείται στην ECU (σχ. 40 πάνω). Βάσει του ψηφιοποιημένου σήματος, δημιουργείται μια καμπύλη διόρθωσης (σχ. 40 κάτω) από την οποία υπολογίζεται ο συντελεστής διόρθωσης C_L για κάθε χρονική στιγμή n . Η τιμή αυτή του συντελεστή διόρθωσης C_L χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της τελικής διάρκειας ψεκασμού $T(n)$ σύμφωνα με τον τύπο που φαίνεται στο σχήμα 40. Στον τύπο αυτό, η τιμή $T_b(n)$ είναι η διάρκεια ψεκασμού που ήδη έχει υπολογιστεί από την ECU βάσει των σημάτων των υπολοίπων αισθητήρων δηλαδή χωρίς την διόρθωση λ.



Σχήμα 40: Διόρθωση του χρόνου ψεκασμού από την ECU σύμφωνα με το σήμα του αισθητήρα λ

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο τρόπος επεξεργασίας του σήματος που αναφέρεται παραπάνω, δεν είναι ίδιος σε όλους τους κατασκευαστές.

Συμπτώματα ελαττωματικής λειτουργίας

Με δεδομένο ότι ο αισθητήρας λ είναι το ζωτικό εξάρτημα του κλειστού βρόχου ρύθμισης, η καλή του λειτουργία είναι προϋπόθεση για τον αποτελεσματικό έλεγχο των καυσαερίων, την διάρκεια ζωής του καταλύτη και την οικονομική λειτουργία του κινητήρα.

Διάφοροι παράγοντες είναι δυνατό να μολύνουν τον αισθητήρα και να αλλοιώσουν την λειτουργία του, όπως:

- Μόλυνση από μόλυβδο (από βενζίνη με μόλυβδο ή από πρόσθετα βενζίνης)
- Μόλυνση από πυρίτιο (από χημικά πρόσθετα ή βενζίνη)
- Μόλυνση από άνθρακα (σε περίπτωση πολύ συχνών εκκινήσεων – στάσεων του κινητήρα ή λόγω βλάβης λειτουργία του κινητήρα με πλούσιο μίγμα).

Όλοι οι προηγούμενοι παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν από μια μικρή μεταβολή στην σύνθεση του μίγματος, έως την μη λειτουργία του κλειστού βρόχου ρύθμισης. Ειδικά η μόλυνση από πυρίτιο (για την ακρίβεια SO₂ που παράγεται από την καύση του) μπορεί να προκαλέσει μεγάλη αύξηση του χρόνου μετάβασης του αισθητήρα από την ψηλή στην χαμηλή τάση, και σε μερικές περιπτώσεις να αυξήσει την τιμή της χαμηλής τάσης. Αυτό προκαλεί λειτουργία του κινητήρα με φτωχό μίγμα, με αποτέλεσμα την μείωση ισχύος, αύξηση θερμοκρασίας και εκπομπή αυξημένων NO_x.

Τα προβλήματα από κακή λειτουργία του αισθητήρα, μπορεί να είναι αύξηση στην κατανάλωση βενζίνης, κακή ανταπόκριση του κινητήρα και αύξηση εκπομπών CO ή NO_x. Πολλές φορές όμως μπορεί τα συμπτώματα αυτά να είναι ήπια και να μην γίνουν αντιληπτά.

Επαφές

Η φίσα ενός αισθητήρα ζιρκονίας μπορεί να έχει 1, 2, 3 ή 4 επαφές. Οι παλαιότεροι τύποι χωρίς θερμοαντίσταση είναι με 1 ή 2 επαφές ενώ οι νεότεροι με 3 ή 4.

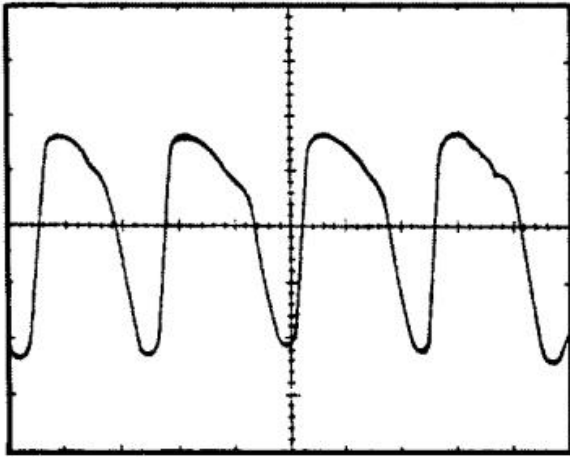
Στην περίπτωση των 4 επαφών, οι δύο είναι για το σήμα και οι δύο για την θερμοαντίσταση, ενώ στη περίπτωση της μιας επαφής αυτή είναι για την μεταφορά του σήματος, με την γείωση να γίνεται μέσω του σώματος του αισθητήρα (π.χ. Opel Corsa multec X14SZ □1997).

Έλεγχοι του αισθητήρα

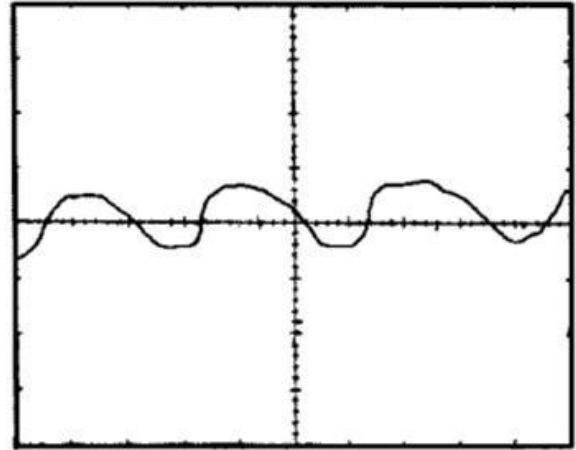
Ο έλεγχος καλής λειτουργίας ενός αισθητήρα λ μπορεί να γίνει πρόχειρα χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό πολύμετρο, αλλά ο καλύτερος τρόπος είναι με τη χρήση παλμογράφου. Τα περισσότερα διαγνωστικά μηχανήματα επίσης, εκτελούν έλεγχο του αισθητήρα.

1. Ο έλεγχος συνίσταται στην συχνότητα εναλλαγής του σήματος και στο μέγεθος της παραγόμενης τάσης. Με τον κινητήρα θερμό να λειτουργεί στις 2500 στροφές (χωρίς να αποσυνδεθεί ο αισθητήρας), το σήμα θα πρέπει να μεταπηδά από την υψηλή στη χαμηλή τάση τουλάχιστον 8 φορές κάθε 10 sec. Η υψηλή τάση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 550 mV ενώ η χαμηλή το πολύ 400 mV. Πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας, ότι η ECU χρησιμοποιεί εσωτερικά ένα συγκριτή, συνήθως στα 0.45 V, για να αξιολογήσει το σήμα που δέχεται από τον αισθητήρα.
2. Η θερμοαντίσταση μπορεί να ελεγχθεί με ένα ωμόμετρο.

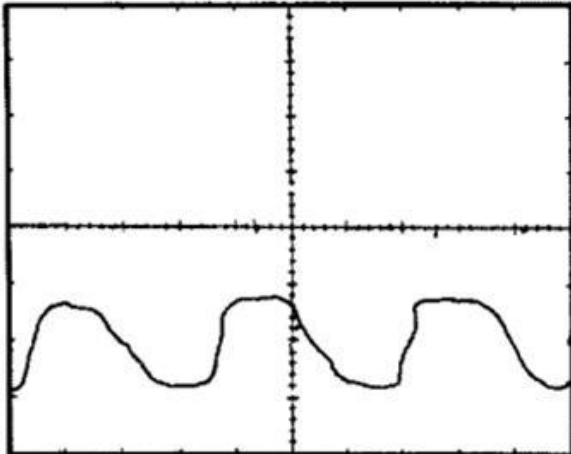
3. Αισθητήρες με σήμα όπως το Β, Γ και Δ (Σχ. 42γ) ή σταθερό σήμα εξόδου ή με πολύ αργή εναλλαγή, πρέπει να αντικαθίστανται.



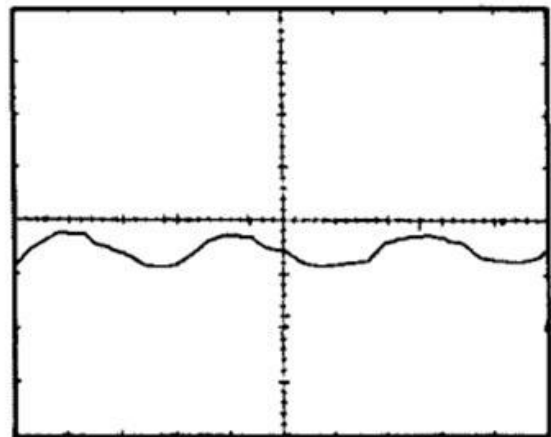
Σχήμα 41: Α)Κανονικό σήμα αισθητήρα λ



Β)Σήμα ελαττωματικού αισθητήρα λ



Σχήμα 42:Γ) Σήμα ελαττωματικού αισθητήρα λ



Δ)Σήμα ελαττωματικού αισθητήρα λ

2.6.5.2 Αισθητήρας λ τιτανίου

Χρησιμοποιείται σε πολύ λίγα συστήματα ψεκασμού π.χ. Toyota 4A-GE και 3V-ZE (0,5 % των αισθητήρων λ). Είναι μικρότερος σε

διαστάσεις από τους αισθητήρες ζιρκονίου και δεν χρειάζεται ατμοσφαιρικό αέρα αναφοράς.

Είναι θερμαινόμενος και το αισθητήριο στοιχείο του είναι κεραμικό υλικό που καλύπτεται με στρώμα διοξειδίου του τιτανίου. Έχει την ιδιότητα να μεταβάλλει την αντίστασή του, ανάλογα με την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο. Σε περίπτωση πλούσιου μίγματος παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση, ενώ σε φτωχό η αντίσταση μικραίνει. Η καμπύλη μεταβολής της αντίστασης σε σχέση με τον λόγο λ, παρουσιάζει απόλυτη ομοιότητα με την καμπύλη της τάσης του αισθητήρα ζιρκονίου. Το στοιχείο τροφοδοτείται από την ECU με μια τάση 1 V .

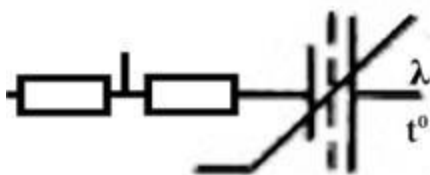


Εικόνα 6: Αισθητήρας τιτανίου της NGK

Εσωτερικά στην ECU, συνδέεται σε σειρά με μια αντίσταση σταθερής τιμής, έτσι ώστε οι μεταβολή της αντίστασης να μεταφράζεται σε μεταβολή τάσης. Επομένως κατά τον έλεγχο, το σήμα της τάσης που θα εμφανίζει στον παλμογράφο θα είναι ένα σήμα απόλυτα όμοιο με του αισθητήρα ζιρκονίου.

Η φίσσα του αισθητήρα είναι 4 επαφών. Κατά την αντικατάστασή του χρειάζεται προσοχή, ώστε να αντικατασταθεί με άλλον του ίδιου τύπου.

2.6.5.3 Αισθητήρας λ ευρείας περιοχής (wideband, universal, UEGO)



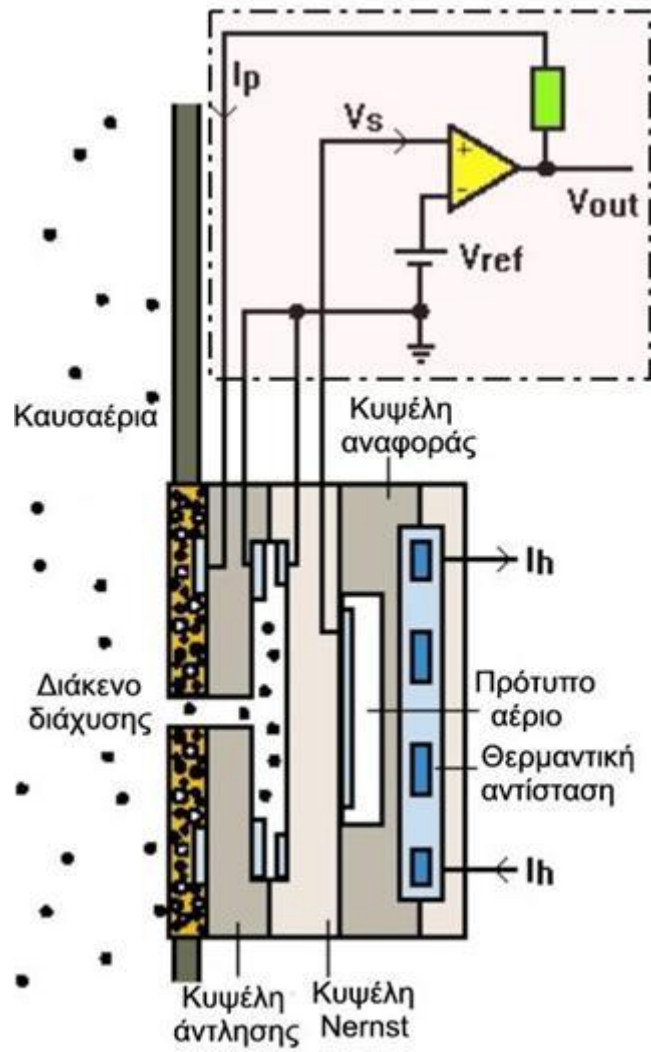
Σχήμα 43: Συμβολισμός αισθητήρα λ ευρείας περιοχής

Ο αισθητήρας αυτός μπορεί να μετρήσει επακριβώς την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια, σε μια ευρεία περιοχή του λόγου λ (0,7 – 4). Χρησιμοποιείται σε όλους τους κινητήρες άμεσου ψεκασμού (οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν σε κατάσταση πολύ φτωχού μίγματος) αλλά και σε νέους συμβατικούς κινητήρες για καλύτερο έλεγχο του μίγματος (π.χ. Magneti Marelli IAW 4LV σε Golf IV 1.6 16V 2000, Ibiza- Cordoba 1.4 16V 2002).

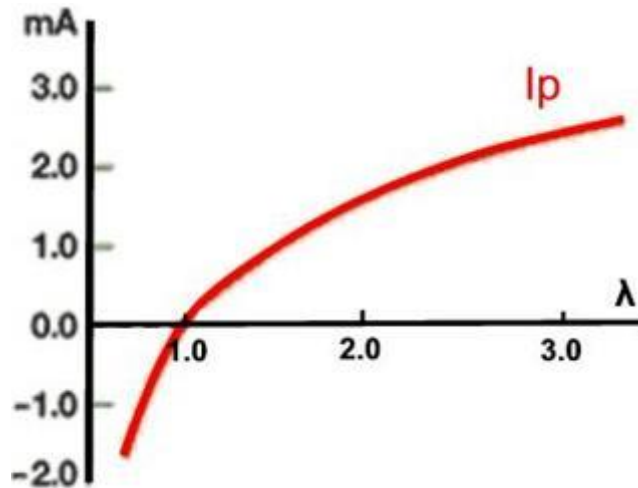
Κατασκευή - Λειτουργία

Ενώ εξωτερικά μοιάζει πολύ με τον αισθητήρα ζirkονίας, η κατασκευή του είναι εντελώς διαφορετική.

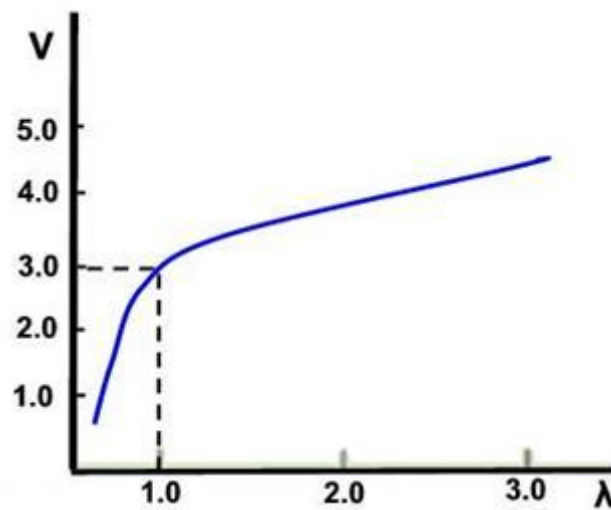
Κατά την λειτουργία του, η κυψέλη άντλησης λειτουργεί σαν μικροσκοπικός καταλύτης και προσπαθεί να μετατρέψει την περιεκτικότητα οξυγόνου του καυσαερίου που εισέρχεται από το διάκενο διάχυσης, σε περιεκτικότητα αντίστοιχη με καυσαέριο στοιχειομετρικού μίγματος. Έτσι σε καύση φτωχού μίγματος αποβάλλει οξυγόνο, ενώ αντίθετα στο πλούσιο αντλεί οξυγόνο από το καυσαέριο. Για να αντλήσει οξυγόνο χρησιμοποιεί αρνητική ένταση ρεύματος I_p και για να αποβάλλει οξυγόνο χρησιμοποιεί θετική ένταση ρεύματος I_p το μέγεθος της οποίας είναι ανάλογο κάθε φορά με την ποσότητα του οξυγόνου. Επομένως η ένταση I_p είναι το μέγεθος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ποσότητας του οξυγόνου στο καυσαέριο. Κατά την καύση πλούσιου μίγματος ($\lambda < 1$) η I_p είναι αρνητική, στο στοιχειομετρικό ($\lambda = 1$) είναι μηδενική και για φτωχό ($\lambda > 1$) είναι θετική.



Σχήμα 44: Τομή αισθητήρα λ ευρείας περιοχής



Σχήμα 45: Τελική καμπύλη λ-έντασης



Σχήμα 46: Τελική καμπύλη λ-τάσης

Ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα μετατρέπει το σήμα της έντασης σε σήμα τάσης, ώστε να μπορεί να γίνει αντιληπτό από την ECU. Το κύκλωμα αυτό, βρίσκεται είτε σε ξεχωριστή διάταξη στην γραμμή του αισθητήρα, είτε συνηθέστερα μέσα στην ECU.

Η τελική καμπύλη λ-τάσης έχει την μορφή που φαίνεται στο σχ. 46, με τιμή για $\lambda=1$ περίπου 3 V.

Στο σώμα του αισθητήρα περιλαμβάνεται και μια θερμαντική αντίσταση, η οποία ελέγχεται από την ECU. Η θερμοκρασία λειτουργίας του πρέπει να είναι τουλάχιστον 600⁰ C.

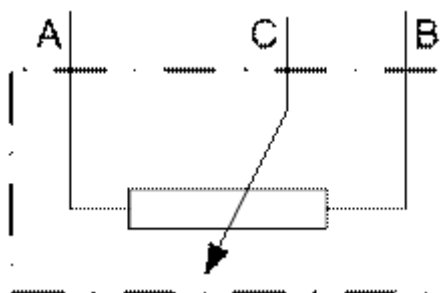
Επαφές

Ο αισθητήρας συνδέεται με 5 ή 6 αγωγούς (συχνά η φίσα περιλαμβάνει 7 ακροδέκτες), δύο για την κυψέλη άντλησης (I_P), δύο για την τάση αναφοράς και δύο για την τροφοδοσία της θερμαντικής αντίστασης.

Έλεγχοι του αισθητήρα

Ο έλεγχος του αισθητήρα λ ευρείας περιοχής, μπορεί να γίνει μόνο μέσα από διαγνωστικό μηχάνημα.

2.6.6 Αισθητήρας θέσης πεταλούδας (Throttle Position Sensor, TPS)- ενεργοποιητής του αισθητήρα



Σχήμα 47: Συμβολισμός αισθητήρα πεταλούδας

Το σήμα του αισθητήρα θέσης πεταλούδας πληροφορεί την ECU για την γωνία της πεταλούδας και την ταχύτητα μεταβολής της.

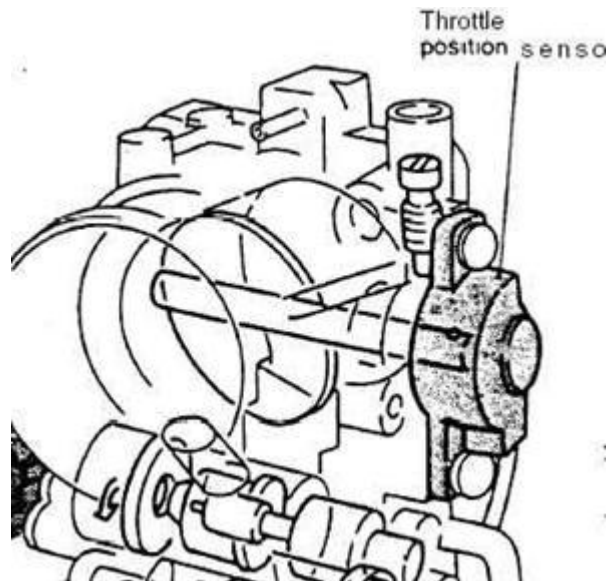
Ένας αριθμός παλαιότερων συστημάτων ψεκασμού (συστήματα a-n), χρησιμοποιεί την πληροφορία αυτή για την έμμεση μέτρηση της ποσότητας του εισερχόμενου αέρα (σε συνάρτηση με τον αριθμό στροφών). Επομένως στα συστήματα αυτά, το σήμα του αισθητήρα θέσης πεταλούδας είναι βασικό για τον υπολογισμό της διάρκειας ψεκασμού.

Στα σύγχρονα συστήματα, το σήμα του αισθητήρα χρησιμοποιείται για την πληροφορία της ζήτησης ισχύος από τον οδηγό, για τον στιγμιαίο εμπλουτισμό του μίγματος σε απότομη επιτάχυνση, για τη διαχείριση

του ρελαντί και του πλήρους φορτίου και ως εφεδρικό σε περίπτωση βλάβης του αισθητήρα μέτρησης μάζας αέρα.

Θέση

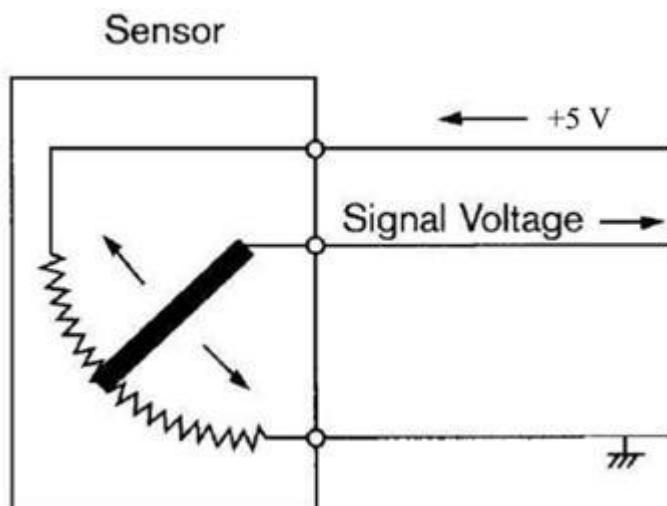
Ο αισθητήρας βρίσκεται πάνω στον αγωγό εισαγωγής αέρα και προσαρμόζεται στον άξονα της πεταλούδας γκαζιού.



Σχήμα 48: Θέση του αισθητήρα θέσης πεταλούδας

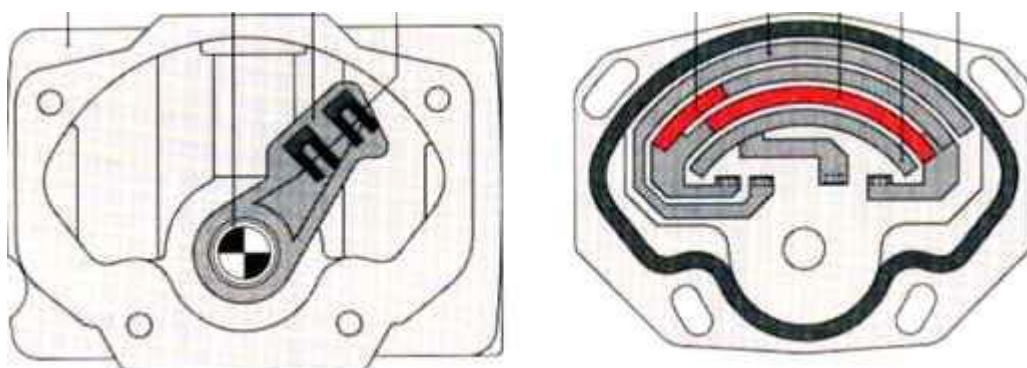
Κατασκευή

Ο αισθητήρας είναι ένα ποτενσιόμετρο. Αποτελείται από ένα αντιστάτη σχήματος τεταρτοκυκλίου σχετικά μεγάλης τιμής αντίστασης και από ένα κινούμενο βραχίονα σε επαφή με τον αντιστάτη. Ο βραχίονας ακολουθεί την κίνηση του άξονα της πεταλούδας και είναι συνδεδεμένος ηλεκτρικά με την επαφή εξόδου του σήματος.



Σχήμα 49: Κατασκευή του αισθητήρα θέσης πεταλούδας

Στα συστήματα a-n ο αισθητήρας αποτελείται από δύο παράλληλους αντιστάτες. Ο πρώτος αντιστάτης χρησιμοποιείται για τις γωνίες πεταλούδας μεταξύ 0° και 24° και ο δεύτερος μεταξύ 18 και 90 . Αντίστοιχα, στα συστήματα με ηλεκτρικά κινούμενη πεταλούδα, χρησιμοποιείται επίσης διπλός αντιστάτης, για την ανίχνευση τυχόν προβλημάτων στον αισθητήρα.



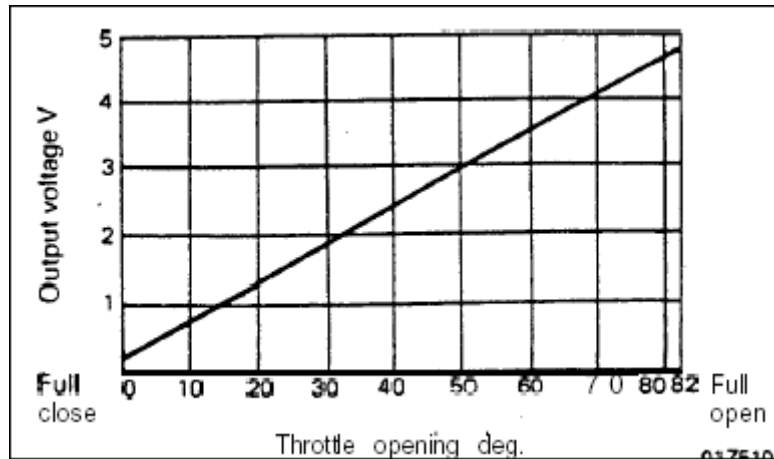
Σχήμα 50: Βραχίονας και διπλός αντιστάτης αισθητήρα πεταλούδας.

Σε κάποια συστήματα, μέσα στον αισθητήρα θέσης πεταλούδας, υπάρχει επιπρόσθετα μια ξεχωριστή επαφή για τη θέση ρελαντί.

Σήμα του αισθητήρα:

Ο αντιστάτης τροφοδοτείται από την ECU με σταθερή τάση 5V. Η τάση εξόδου του αισθητήρα κυμαίνεται από 0,2-0,9 έως 4,5-4,8 V ανάλογα με τον κατασκευαστή.

Σε κάποιους κατασκευαστές (π.χ. Audi A3), η υψηλή τάση δίδεται στο ρελαντί και η χαμηλή στην θέση ανοιχτής πεταλούδας. Αυτό οφείλεται στην ανάστροφη συνδεσμολογία του αντιστάτη.

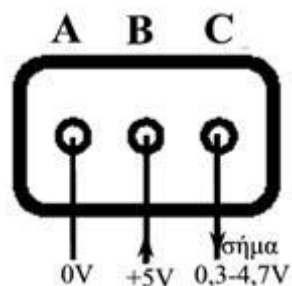


Σχήμα 51: Τάση εξόδου συναρτήσει της γωνίας πεταλούδας

Στα συστήματα με ξεχωριστή επαφή για τη θέση ρελαντί, η επαφή τροφοδοτείται με τάση μπαταρίας (Toyota), ενώ στο ρελαντί κλείνει και επομένως η ECU διαβάζει μηδενική τάση.

Επαφές:

Η φίσσα του αισθητήρα έχει τρεις επαφές – επαφή τροφοδοσίας 5V, επαφή σήματος εξόδου και επαφή γείωσης (Σχ. 52).



Σχήμα 52: Επαφές του αισθητήρα πεταλούδας (Fiat Punto 1.1 93-99)

Στην περίπτωση που ο αισθητήρας διαθέτει και επαφή ρελαντί, τότε υπάρχει και τέταρτη επαφή που τροφοδοτείται από την ECU με τάση μπαταρίας.

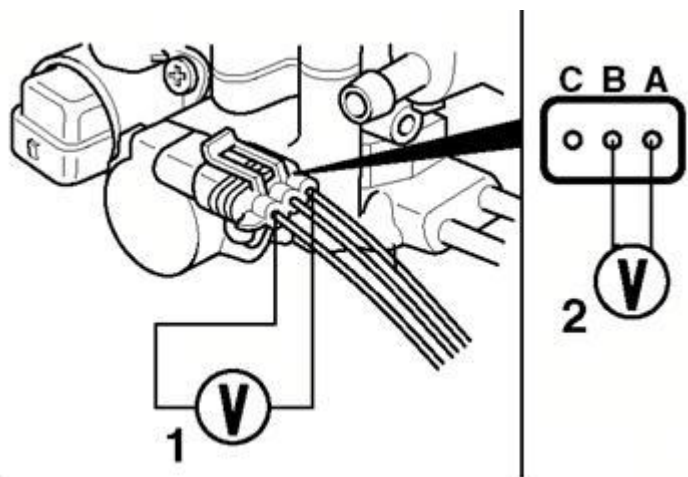
Έλεγχοι του αισθητήρα

Έλεγχος αντίστασης:

- Με τον διακόπτη στο OFF, αφαιρούμε τη φίσα του αισθητήρα.
- Στις επαφές A και B του αισθητήρα* μετράμε την ωμική αντίσταση του αντιστάτη (προδιαγρ. 1200 – 2000 Ω)
- Ανάμεσα στις επαφές A και C η αντίσταση θα πρέπει να αυξάνεται προοδευτικά έως περίπου τη μέγιστη τιμή που μετρήσαμε προηγουμένως, όσο περιστρέφουμε την πεταλούδα.

Έλεγχος τροφοδοσίας:

- Με τον διακόπτη στο OFF, αφαιρούμε τη φίσα του αισθητήρα.
- Διακόπτης στο ON.
- Στο τμήμα προς την ECU, θα πρέπει να μετρήσουμε ανάμεσα στην επαφή B* και A της φίσας, τάση 5V.



Σχήμα 53: Έλεγχοι αισθητήρα πεταλούδας (Fiat Punto 1.1 93-99)

Έλεγχος σήματος:

- Με τον διακόπτη στο OFF, τοποθετούμε τη φίσα του αισθητήρα και δημιουργούμε επαφή του βολτομέτρου στις επαφές A & C
- Διακόπτης στο ON.
- Με την πεταλούδα στο ρελαντί, η τάση πρέπει να είναι περί τα 0,3* V.

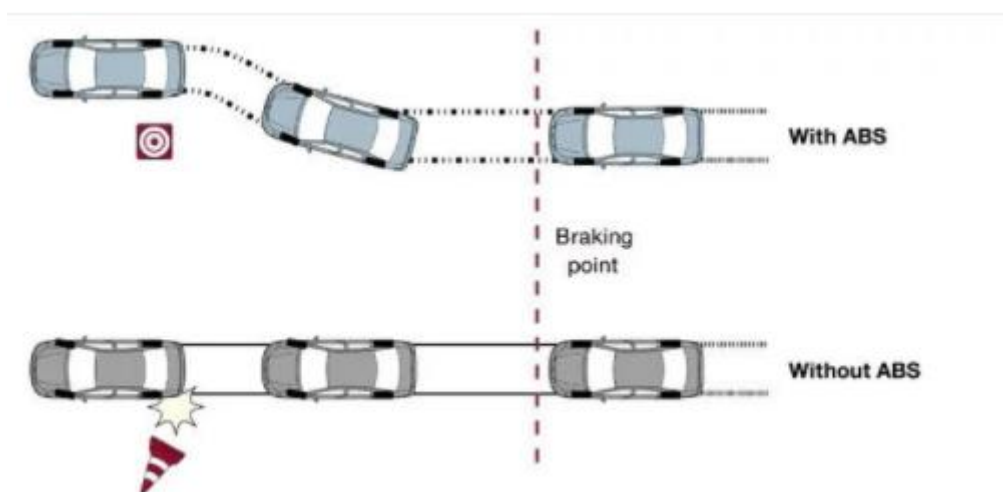
- Ανοίγουμε προοδευτικά την πεταλούδα.θα πρέπει η τάση να αυξάνει προοδευτικά, από 0,3 έως 4,7* V περίπου στην εντελώς ανοικτή θέση.
- Κατά την περιστροφή της πεταλούδας προσέχουμε για τυχόν απότομο μηδενισμό της τάσης. Αυτό θα σημαίνει διακοπή της επαφής σε κάποιο σημείο, πρόβλημα συνηθισμένο στους αισθητήρες αυτού του τύπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ3

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

3.1 Αισθητήρας ABS

Το ABS εμποδίζει τους τροχούς να ασφαρίζονται, αποφεύγοντας έτσι την ανεξέλεγκτη ολίσθηση του οχήματος και μειώνοντας την διανυθείσα απόσταση χωρίς ολίσθηση.



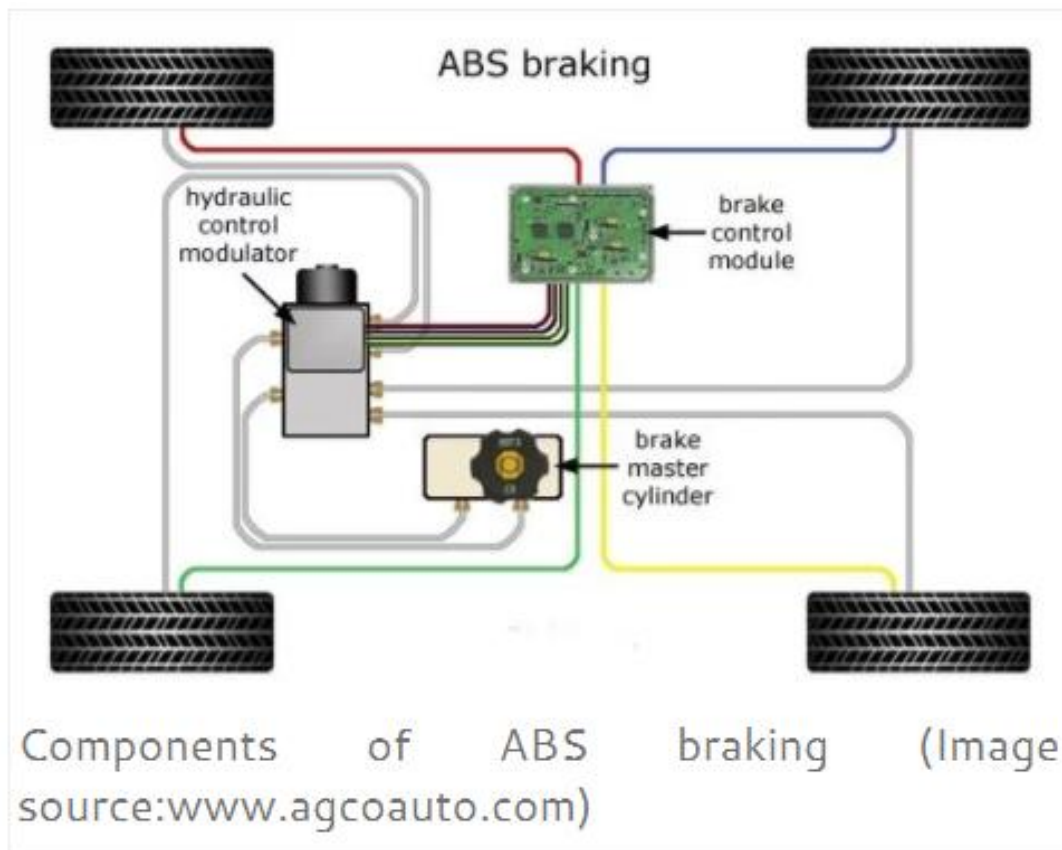
Σχήμα 54: Σχηματική αναπαράσταση διαφοροποίησης ελέγχου με και χωρίς ABS

Η οδήγηση στις οδούς ταχείας κυκλοφορίας μπορεί να είναι διασκεδαστική και συναρπαστική, όπως γνωρίζουν πολλοί από εμάς. Κάποιος παίρνει για να απελευθερώσει ένα πλήρες δυναμικό ενός αυτοκινήτου. Οι δρόμοι της πόλης μας κρατούν γειωμένους, αλλά μόλις βρεθούμε σε αυτοκινητόδρομο, δεν υπάρχει καμιά επιστροφή. Δεν θα δείτε σχεδόν ποτέ ένα αυτοκίνητο κάτω από 100 km / hr.

Η κατάσταση είναι ιδιαίτερα δύσκολη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, καθώς η οδήγηση σε ένα αυτοκίνητο σε τέτοιες υψηλές ταχύτητες είναι μια τέλεια συνταγή για μια καταστροφή εάν οι δρόμοι είναι ολισθηροί. Ακόμα κι έτσι, συμβαίνει, έτσι τι κάνετε σε μια κατάσταση σε έναν ολισθηρό δρόμο όταν πρέπει να εφαρμόσετε ξαφνικά τα φρένα του αυτοκινήτου σας; Χωρίς σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων, οι τροχοί του αυτοκινήτου σας σταματούν να περιστρέφονται και το

αυτοκίνητο θα αρχίσει να ολισθαίνει. Θα χάσετε εντελώς τον έλεγχο του αυτοκινήτου και τα αποτελέσματα μπορεί να είναι θανατηφόρο.

Τα συστήματα αντιεμπλοκής κατά την πέδηση (ABS) λαμβάνουν μεγάλη πρόκληση εξαιτίας αυτού του περιστασιακού γεγονότος. Στην πραγματικότητα, σε ολισθηρές επιφάνειες, ακόμη και οι επαγγελματίες οδηγοί δεν μπορούν να σταματήσουν τόσο γρήγορα χωρίς το ABS όπως ο μέσος οδηγός με ABS.



Σχήμα 55: τα μέρη του ABS

Όπως το όνομα δηλώνει, το σύστημα αντιεμπλοκής κατά την πέδηση είναι ένα σύστημα ασφαλείας σε αυτοκίνητα και άλλα αυτοκίνητα που κρατά τους τροχούς από το κλείδωμα και βοηθά τους οδηγούς τους να διατηρήσουν τον έλεγχο του τιμονιού. Επίσης αναφερόμενο ως αντιολισθητικό σύστημα πέδησης μερικές φορές, δίνει τη δυνατότητα στους τροχούς ενός οχήματος να διατηρούν την επαφή έλξης με το έδαφος έτσι ώστε να μην εισέρχονται σε ανεξέλεγκτη ολίσθηση.

Με το σύστημα ABS, έχετε περισσότερο έλεγχο στο αυτοκίνητό σας σε καταστάσεις όπως η απότομη πέδηση. Βασικά, έχει σχεδιαστεί για να

βοηθήσει τον οδηγό να διατηρήσει κάποια ικανότητα οδήγησης και να αποφύγει την ολίσθηση κατά την πέδηση.

3.1.1 Αρχή λειτουργίας ABS

Η βασική θεωρία πίσω από τα αντιμπλοκαρίσματα είναι απλή. Αποτρέπει την εμπλοκή των τροχών, αποφεύγοντας έτσι την ανεξέλεγκτη ολίσθηση. Το ABS προσφέρει γενικά βελτιωμένο έλεγχο του οχήματος και μειώνει τις αποστάσεις σταματήματος σε ξηρές και ολισθηρές επιφάνειες.

Ένας τροχός ολίσθησης (όπου το έλασμα επαφής του ελαστικού συρόμενο σε σχέση με το δρόμο) έχει λιγότερη πρόσφυση (πιάσιμο του ελαστικού στο δρόμο) από έναν τροχό χωρίς ολίσθηση. Για παράδειγμα, εάν το αυτοκίνητό σας οδηγεί σε έναν δρόμο που καλύπτεται από πάγο, δεν μπορεί να κινηθεί προς τα εμπρός και οι τροχοί συνεχίζουν να γυρίζουν, καθώς δεν υπάρχει έλξη. Αυτό συμβαίνει επειδή το σημείο επαφής του τροχού είναι ολισθαίνοντα σε σχέση με τον πάγο.

Το ABS τροποποιεί την πίεση του υγρού φρένων, ανεξάρτητα από την πίεση που ασκείται στα φρένα, ώστε η ταχύτητα του τροχού να επιστρέφει στην ελάχιστη στάθμη ολίσθησης που είναι υποχρεωτική για βέλτιστη απόδοση φρεναρίσματος.

Το ABS έχει τέσσερα κύρια στοιχεία:

1. Αισθητήρας ταχύτητας

Αυτός ο αισθητήρας παρακολουθεί την ταχύτητα κάθε τροχού και καθορίζει την απαραίτητη επιτάχυνση και επιβράδυνση των τροχών. Αποτελείται από έναν διεγέρτη (ένα δακτύλιο με δόντια σχήματος V) και ένα συγκρότημα συρμάτινου πηνίου / μαγνήτη, το οποίο παράγει τους παλμούς ηλεκτρισμού καθώς τα δόντια του διεγέρτη περνούν μπροστά του.

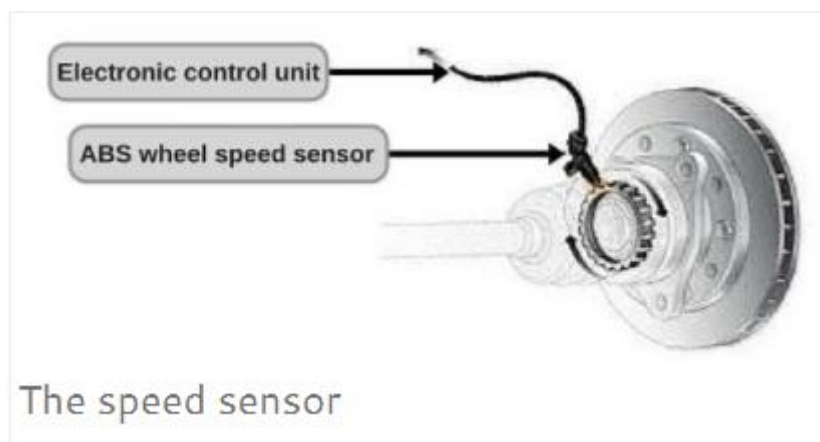
2. βαλβίδες

Οι βαλβίδες ρυθμίζουν την πίεση αέρα στα φρένα κατά τη διάρκεια της δράσης ABS. Υπάρχει μια βαλβίδα στη γραμμή φρένων κάθε φρένου που ελέγχεται από το ABS. Στην πρώτη θέση, η βαλβίδα φρένων είναι ανοιχτή και επιτρέπει την μεταφορά της πίεσης από τον κύριο κύλινδρο στα φρένα. Στη δεύτερη θέση, η βαλβίδα φρένων παραμένει κλειστή και η πίεση από τον κύριο κύλινδρο προς τα φρένα είναι περιορισμένη. Στην τρίτη θέση, η βαλβίδα απελευθερώνει μέρος της πίεσης στα φρένα.

Το τρίτο βήμα επαναλαμβάνεται μέχρι να σταματήσει το αυτοκίνητο. Η αντίσταση που αισθάνεστε όταν ξυπνάτε ξαφνικά σε υψηλές ταχύτητες είναι στην πραγματικότητα οι βαλβίδες φρένων που ελέγχουν την πίεση που μεταφέρεται στα φρένα από τον κύριο κύλινδρο.

3. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU)

Το ECU είναι μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου που λαμβάνει, ενισχύει και φιλτράρει τα σήματα αισθητήρα για τον υπολογισμό της ταχύτητας περιστροφής του τροχού και της επιτάχυνσης. Το ECU λαμβάνει σήμα από τους αισθητήρες στο κύκλωμα και ελέγχει την πίεση φρένων, σύμφωνα με τα δεδομένα που αναλύονται από τη μονάδα.



Σχήμα 56: Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου

4. Μονάδα ελέγχου υδραυλικού συστήματος

Η μονάδα υδραυλικού ελέγχου λαμβάνει σήματα από το ECU για να εφαρμόζει ή να απελευθερώνει τα φρένα κάτω από συνθήκες αντικλειδώματος. Η μονάδα υδραυλικού ελέγχου ελέγχει τα φρένα αυξάνοντας την υδραυλική πίεση ή παρακάμπτοντας τη δύναμη του πεντάλ για να μειώσει την ισχύ πέδησης.

Κατά τη διάρκεια της πέδησης, αν εντοπιστεί ή αναμένεται μια κατάσταση κλειδώματος του τροχού, το ECU ειδοποιεί την HCU αποστέλλοντας ένα ρεύμα και διατάζει την απελευθέρωση της πίεσης φρένων, επιτρέποντας την αύξηση της ταχύτητας του τροχού και της ολίσθησης του τροχού προς μείωση. Όταν η ταχύτητα του τροχού αυξάνεται, το ECU επανεκτίθεται στην πίεση πέδησης και περιορίζει την ολίσθηση του τροχού σε κάποιο βαθμό (Σημείωση: Όταν αρχίσει η δράση πέδησης, θα υπάρξει ολίσθηση μεταξύ του ελαστικού και της επιφάνειας οδού που έρχεται σε επαφή, πράγμα που καθιστά την ταχύτητα το όχημα διαφορετικό από αυτό του ελαστικού). Η μονάδα υδραυλικού ελέγχου ελέγχει την πίεση φρένων σε κάθε κύλινδρο

τροχού με βάση τις εισόδους του αισθητήρα συστήματος. Ως αποτέλεσμα, αυτό ελέγχει την ταχύτητα του τροχού. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για την επόμενη λειτουργία πέδησης.

Το ABS ταξινομείται με βάση τον αριθμό των αισθητήρων και τους τύπους των φρένων που χρησιμοποιούνται. Τα φρένα μπορούν επίσης να διαφοροποιηθούν ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών, δηλ. Πόσες βαλβίδες ελέγχονται μεμονωμένα και τον αριθμό αισθητήρων ταχύτητας.

3.2 Αισθητήρας στροφών τροχού



Εικόνα 7: Αισθητήρας επαγωγικού τύπου και ανιχνεύει την ταχύτητα περιστροφής του τροχού

Ένα συνηθισμένο σύστημα ABS αποτελείται από την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, τους αισθητήρες στροφών (έναν για κάθε τροχό) και την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.

Οι αισθητήρες στροφών των τροχών είναι το εξάρτημα από το οποίο έχουμε τις μεγαλύτερες απαιτήσεις. Είναι αισθητήρας επαγωγικού

τύπου και ανιχνεύει την ταχύτητα περιστροφής του τροχού. Μπροστά από τον σταθερά τοποθετημένο αισθητήρα βρίσκεται ένα οδοντωτό στεφάνι το οποίο περιστρέφεται με την ταχύτητα περιστροφής του τροχού(είναι συνήθως τοποθετημένο στην πλήμνη του τροχού, στο ημιαξόνιο, στο εσωτερικό των ταμπούρων κτλ.). Μεταξύ αισθητήρος και στεφάνης παράγεται εναλλασσόμενη τάση, η οποία στέλνεται ως σήμα στην μονάδα ελέγχου του ABS. Η συχνότητα αυτής της τάσης είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής του τροχού και με βάση αυτό η κεντρική μονάδα μπορεί να υπολογίσει την ταχύτητα του κάθε τροχού.

Λόγω της θέσης τους, κοντά στους τροχούς του οχήματος, οι αισθητήρες στροφών υπόκεινται μηχανικές βλάβες όπως η φθορά του αισθητήρα ή των καλωδίων από ξένα αντικείμενα.

Σε περίπτωση βλάβης, ακόμη και ενός εκ των αισθητήρων, το σύστημα ABS μένει εκτός λειτουργίας (ανάβει η ενδεικτική λυχνία) και τα φρένα συνεχίζουν να λειτουργούν συμβατικά

3.3 Αισθητήρες ESP

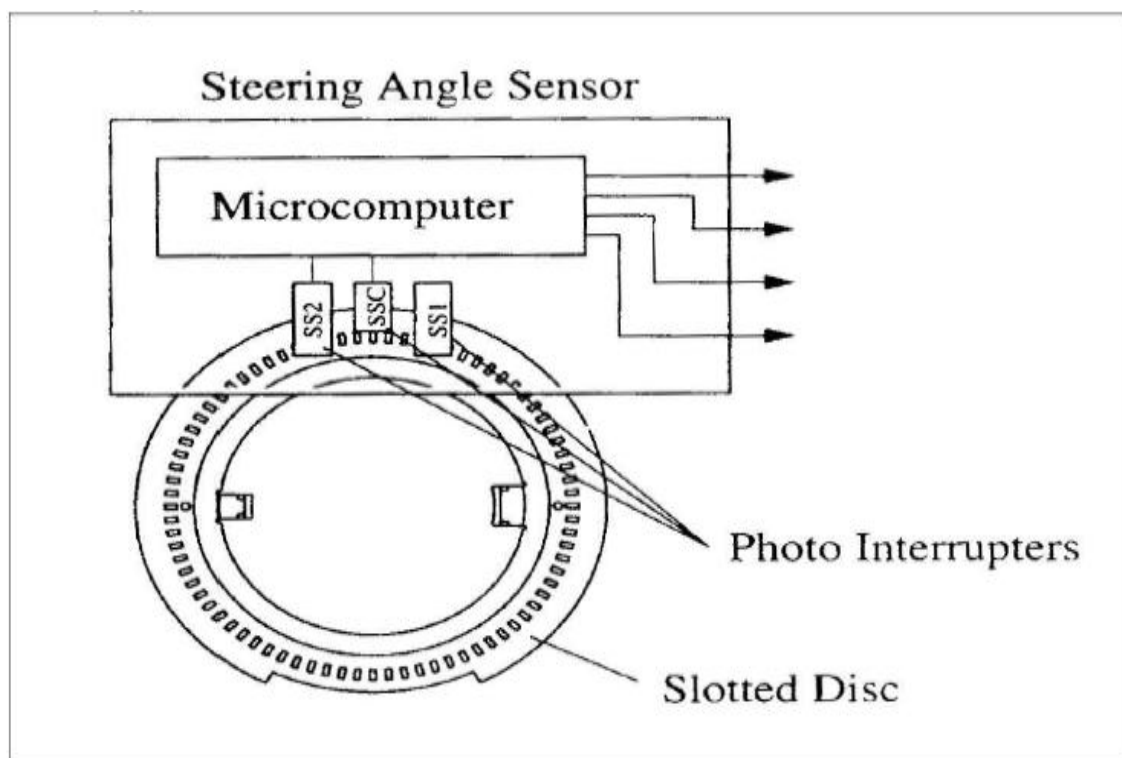
Το ESP (Electronic Stability Program) ή (Ηλεκτρονικό Πρόγραμμα Ευστάθειας) είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ενεργητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου που έχει ως σκοπό την βοήθεια του οδηγού σε δύσκολες οδηγικές καταστάσεις, όπως π.χ. την απότομη αλλαγή κατεύθυνσης. Το ESP βελτιώνει την ευστάθεια των αυτοκινήτων κατά την διάρκεια της οδήγησης και αποτρέπει ακραίες οδηγικές καταστάσεις, όπως η υποστροφή και υπερστροφή. Το σύστημα ESP στην ουσία παρακολουθεί την πορεία του οχήματος και την συγκρίνει με τις κινήσεις του τιμονιού. Το ESP αποτελεί και θεωρείται η μετεξέλιξη των συστημάτων ABS και TCS και περιλαμβάνει τα ίδια εξαρτήματα με αυτά, με την διαφορά ότι έχει αρκετούς παραπάνω αισθητήρες. Αναλυτικά οι αισθητήρες που περιλαμβάνονται στο σύστημα ESP είναι:

- Αισθητήρας γωνίας περιστροφής του τιμονιού
- Αισθητήρας πλευρικής ή εγκάρσιας επιτάχυνσης
- Αισθητήρας ποσοστού εκτροπής
- Αισθητήρας πίεσης φρένου
- Αισθητήρας στροφών των τροχών

3.3.1 Αισθητήρας γωνίας περιστροφής τιμονιού

Ο αισθητήρας γωνίας περιστροφής τιμονιού είναι ένας αισθητήρας του συστήματος ESP που ενημερώνει την μονάδα ελέγχου του συστήματος για την γωνία στροφής του τιμονιού.

Ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στην κολώνα του τιμονιού και λειτουργεί με βάση την αρχή ενός φωτεινού φράγματος. Για την μέτρηση αυτού του μεγέθους χρησιμοποιούνται δύο οπτικοί αισθητήρες(π.χ. Φωτοδιόδοι ή φωτοτρανζίστορ), οι οποίοι βρίσκονται απέναντι από μια πηγή φωτός, ενώ ανάμεσα τους παρεμβάλλεται ένας δίσκος κωδικοποίησης με δύο δακτύλιους σε μορφή διατρητής μάσκας, ενός απλού δακτυλίου και αυξητικού δακτυλίου. Όταν περιστραφεί το τιμόνι, το φως θα περάσει από τα ανοίγματα της διατρητής μάσκας και θα πέσει κατευθείαν πάνω στους οπτικούς αισθητήρες, οι οποίοι θα παράγουν μία τάση. Οι διατρητές μάσκες, επειδή έχουν διαφορετική μορφή, συντελούν ώστε η τάση να παρουσιάζει διαφορετικές τιμές. Πιο αναλυτικά, από τον αυξητικό δακτύλιο δημιουργείται ένα ομοιόμορφο σήμα, ενώ αντίθετα από τον απόλυτο δακτύλιο ένα ανομοιόμορφο. Αυτά τα δύο σήματα συγκρίνονται και από την σύγκριση μπορεί η μονάδα ελέγχου να υπολογίσει πόσο στράφηκε το τιμόνι. Το παρακάτω σχήμα βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση της περιγραφής της λειτουργίας του αισθητήρα.



Σχήμα 57: Απεικόνιση Αισθητήρα γωνίας τιμονιού

3.3.2 Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης

Ο αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης είναι ένας αισθητήρας του συστήματος ESP, ο οποίος έχει σκοπό την ανίχνευση πλευρικών δυνάμεων που προσπαθούν να φέρουν το αυτοκίνητο εκτός πορείας.

Ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος όσο πιο κοντά γίνεται στο κέντρο βάρους του αυτοκινήτου. Τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ο αισθητήρας είναι: ένας μόνιμος μαγνήτης, μία πλάκα απόσβεσης, μία γεννήτρια Hall και ένα ελατήριο. Ένα μαγνητικό σύστημα δημιουργείται από την παρουσία του ελατηρίου, του αποσβεστήρα και του μόνιμου μαγνήτη. Ο μόνιμος μαγνήτης είναι συνδεδεμένος με το ελατήριο και μπορεί να αιωρείται ελεύθερα πάνω από την πλάκα απόσβεσης.

Εάν στο αυτοκίνητο υπάρξει επίδραση μίας εγκάρσιας ταχύτητας, τότε η πλάκα απόσβεσης κινείται κάτω από τον μόνιμο μαγνήτη, ο οποίος κινείται με καθυστέρηση, λόγω της αδράνειας. Με την κίνηση υπάρχει η δημιουργία δινορρευμάτων στην πλάκα, που δημιουργούν ένα αντίθετο μαγνητικό πεδίο από εκείνο του μόνιμου μαγνήτη. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, η δύναμη του μαγνητικού πεδίου ελαττώνεται, με συνέπεια να μεταβάλλεται η τάση Hall. Η δύναμη της μεταβολής της τάσης είναι ανάλογη προς την δύναμη της πλευρικής ή εγκάρσιας επιτάχυνσης. Αυτό σημαίνει ότι η αλλαγή της τάσης Hall (όπου συνεπάγεται, ανίχνευση εγκάρσιας επιτάχυνσης), εξαρτάται από το πόσο δυνατή είναι η κίνηση μεταξύ της πλάκας απόσβεσης και του μαγνήτη, που οδηγεί στην εξασθένηση του συνολικού μαγνητικού πεδίου και στην μεταβολή της τάσης Hall. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η τάση Hall είναι σταθερή όσο δεν επιδρά στο αυτοκίνητο εγκάρσια ή πλευρική επιτάχυνση.

3.3.3 Αισθητήρας ποσοστού εκτροπής

Ο αισθητήρας ποσοστού εκτροπής είναι ένας αισθητήρας του ηλεκτρονικού συστήματος ευστάθειας του αυτοκινήτου ESP, όπου έχει ως σκοπό την ανίχνευσης της πιθανότητας περιστροφής του αυτοκινήτου γύρω από τον άξονα του.

Όπως συμβαίνει και στον αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης, έτσι και εδώ η τοποθέτηση του αισθητήρα πρέπει να γίνει όσο πιο κοντά γίνεται στο κέντρο βάρους του αυτοκινήτου. Ο αισθητήρας ποσοστού εκτροπής χρησιμοποιεί ένα κοίλο κύλινδρο, στον οποίο είναι τοποθετημένα οχτώ πιεζοηλεκτρικά στοιχεία. Τέσσερα από αυτά τα στοιχεία μεταθέτουν τον κοίλο κύλινδρο σε δονήσεις συντονισμού, ενώ τα άλλα τέσσερα στοιχεία καταγράφουν εάν μεταβάλλονται οι κόμβοι ταλάντωσης στους οποίους βρίσκονται. Εάν μία ροπή στρέψης επιδράσει στον κοίλο κύλινδρο, τότε οι κόμβοι δόνησης μετατοπίζονται. Τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία ανιχνεύουν την μετατόπιση και στην συνέχεια το σήμα στέλνεται στην μονάδα ελέγχου. Έτσι λοιπόν, υπολογίζεται το ποσοστό εκτροπής και

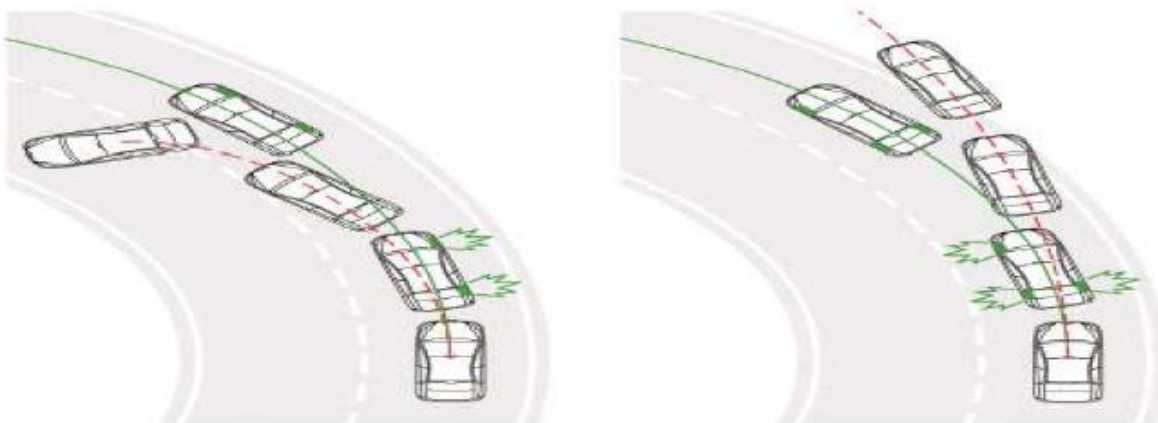
ενημερώνεται το σύστημα κατά πόσο το αυτοκίνητο τείνει προς περιστροφή γύρω από τον άξονα του. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι στα νέα συστήματα, ο αισθητήρας ποσοστού εκτροπής και ο αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης τοποθετούνται μαζί σε ένα περίβλημα. Αυτό φυσικά αλλάζει και τον τρόπο, με τον οποίο μετράνε τα μεγέθη για τα οποία είναι προορισμένοι.

3.3.4 Αισθητήρας πίεσης φρένου

Ο αισθητήρας πίεσης φρένου είναι ένας αισθητήρας του ηλεκτρονικού συστήματος ESP, που ο σκοπός του είναι η ανίχνευση της τρέχουσας πίεσης φρένου στο κύκλωμα φρένου για την μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου, από τις λαμβάνουσες τιμές του αισθητήρα πίεσης φρένου, υπολογίζει τις δυνάμεις πέδησης του τροχού, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς της μονάδας ελέγχου.

Ο αισθητήρας βρίσκεται τοποθετημένος στην υδραυλική αντλία του ESP και αποτελείται από ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, πάνω στο οποίο επιδρά η πίεση του υγρού των φρένων και από ένα ηλεκτρονικό σύστημα αξιολόγησης. Πως λειτουργεί όμως ο αισθητήρας; Όταν υπάρξει μεταβολή της πίεσης στα φρένα, τότε μεταβάλλεται και η κατανομή φορτίου στο πιεζοηλεκτρικό στοιχείο.

Εάν το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο είναι σε κατάσταση ηρεμίας, τα φορτία είναι κατανεμημένα ομοιόμορφα. Όταν όμως η πίεση αυξηθεί στα φρένα άρα και στο πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, τότε μετατοπίζονται τα φορτία και δημιουργείται μία τάση. Όσο μεγαλύτερη πίεση υπάρχει στα φρένα, τόσο περισσότερο χωρίζονται τα φορτία και αυξάνεται η τάση. Αυτή η τάση ενισχύεται από το ηλεκτρονικό σύστημα αξιολόγησης και στην συνέχεια αποστέλλεται στην μονάδα ελέγχου.



Σχήμα 58: Σχηματική Απεικόνιση συμπεριφοράς ενός αυτοκινήτου σε ακραίες οδηγικές συνθήκες με την χρήση του ESP (πράσινη γραμμή) και χωρίς χρήση ESP (κόκκινη γραμμή)

3.3.5 Αισθητήρας στροφών τροχών

Ο αισθητήρας στροφών τροχών είναι ένας αισθητήρας του ηλεκτρονικού συστήματος ESP, που έχει ως σκοπό την μέτρηση του αριθμού των στροφών των τροχών. Η μονάδα ελέγχου υπολογίζει από αυτήν την πληροφορία την ταχύτητα της περιστροφής των τροχών. Ο αισθητήρας στροφών των τροχών είναι εξάρτημα και του ηλεκτρονικού συστήματος ABS

3.4 Αισθητήρας SRS

Σε αυτή την ενότητα γίνεται αναφορά στα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα αερόσακων. Η σημαντική και ραγδαία ανάπτυξη στον τομέα των ηλεκτρονικών, επιτρέπει σε κάθε κατασκευαστή την ανάπτυξη συστημάτων συγκράτησης με διάφορων ειδών αισθητήρες, αλλά τα βασικά εξαρτήματα ενός συστήματος αερόσακων είναι τα εξής:

1. Μονάδα αερόσακου
2. Σετ καλωδίων
3. Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου (ΚΗΜΕ ή ΗΜΕ ή ECU)
4. Αισθητήρες Αερόσακων

3.4.1 Μονάδα αερόσακου



Εικόνα 8: Διπλωμένος αερόσακος οδηγού κάτω από το κάλυμμα του τιμονιού, σε ένα Volkswagen Passat. Το κάλυμμα έχει ανοιχτεί εν μέρει, για να φανεί ο αερόσακος.

Η μονάδα του αερόσακου αποτελείται από 3 επιμέρους εξαρτήματα

- **Αερόσακο:** Ο αερόσακος κατασκευάζεται από λεπτό ύφασμα πολυμερούς υλικού και συγκεκριμένα από πολυαμίδη. Η χωρητικότητα του αερόσακου του οδηγού είναι 35 - 60 λίτρα, ενώ του συνοδηγού είναι 60 - 100 λίτρα, και βρίσκεται διπλωμένος κάτω από το κάλυμμα του τιμονιού (για τον οδηγό) και μέσα στο ταμπλό για το συνοδηγό. Κατά τη σύγκρουση γεμίζει με αέριο, άζωτο ή αργό, και φουσκώνει. Μετά το αρχικό άνοιγμα, αρχίζει να ξεφουσκώνει λόγω διαφυγής του αερίου στην ατμόσφαιρα μέσω οπών που φέρει ο αερόσακος στο πίσω μέρος του, για να μην υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης των επιβαινόντων από αυτόν. Όσο χρονικό διάστημα χρειαστεί να είναι αποθηκευμένος ο αερόσακος στο κάλυμμα του, μια λιπαντική ουσία (σκόνη ταλκ) διατηρεί αυτόν εύκαμπτο (είναι το αέριο που φαίνεται στις δοκιμές πρόσκρουσης / crash tests).
- **Γεννήτρια αερίων:** Βρίσκεται και αυτή μέσα στο κάλυμμα του αερόσακου, πάντα συνδεδεμένη με αυτόν. Εντός της γεννήτριας βρίσκεται σε ξηρή μορφή το προωθητικό υλικό (ταμπλέτες) με βάση την νιτρική_αμμωνία (NaN_3), ένας πυροκροτητής ο οποίος ενεργοποιείται από την Κ.Η.Μ.Ε. και αναφλέγει τα ξηρά στοιχεία, παράγοντας το αέριο πλήρωσης των αερόσακων και τέλος ένα μεταλλικό φίλτρο το οποίο συγκρατεί την εκτόξευση των ταμπλετών κατά την γρήγορη καύση τους. Σε νεότερα συστήματα η γεννήτρια αερίων είναι δύο φάσεων (Dual stage gas generator): Σε κάθε μονάδα αερόσακων (τόσο του οδηγού, όσο και του συνοδηγού) υπάρχουν δύο γεννήτριες αερίων, μία που πληρώνει τον αερόσακο με 70% δύναμη και μία δεύτερη που πληρώνει τον αερόσακο με 30% επιπλέον δύναμη. Σκοπός της είναι η αποφυγή τραυματισμών από την μεγάλη δύναμη με την οποία ο αερόσακος ξεδιπλώνεται σε μικρής σημασίας ατυχήματα.



Εικόνα 9: Στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα, όπως σε αυτό το Peugeot 206 του 1999, υπάρχει ένας διακόπτης με τον οποίο ο οδηγός μπορεί να απενεργοποιήσει τον αερόσακο συνοδηγού.

Η Κ.Η.Μ.Ε. του συστήματος δέχεται πληροφορίες από τρέχουσες παραμέτρους, όπως το βάρος οδηγού και συνοδηγού και, αν συμβεί πρόσκρουση, είναι σε θέση να γνωρίζει το μέγεθος και τη σοβαρότητα της κατάστασης, οπότε:

- ο αν η πρόσκρουση είναι μέτρια, ενεργοποιεί το πρώτο στάδιο (πρώτη γεννήτρια, 70% δύναμη), ενώ
- ο αν η πρόσκρουση είναι ισχυρή, ενεργοποιεί και τις δύο γεννήτριες, την μία πίσω από την άλλη (100% δύναμη πλήρωσης αερόσακου). Αρχικά ενεργοποιείται η γεννήτρια αερίων με το 70% και στη συνέχεια ο αερόσακος πληρώνεται με το υπόλοιπο 30% (δεύτερη γεννήτρια) για 100% δύναμη πλήρωσης.

Επίσης, το σύστημα μπορεί να αντιληφθεί την ύπαρξη μικρού παιδιού, οπότε δεν δίνει σήμα πλήρωσης του συγκεκριμένου αερόσακου, ιδίως στο κάθισμα του συνοδηγού. Στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα, υπάρχει και ένας διακόπτης με τον οποίο ο οδηγός μπορεί να απενεργοποιήσει τον αερόσακο συνοδηγού όταν δεν επιθυμεί άσκοπο άνοιγμά του, όπως π.χ. όταν κάθεται μικρό παιδί ή δεν κάθεται κανείς στη θέση αυτή.

- Κάλυμμα αερόσακου (Airbag cover)



Εικόνα 10: Το ταμπλό μιας Ferrari 612 Scaglietti του 2006. Φαίνεται το κάλυμμα του τιμονιού, που καλύπτει τον αερόσακο οδηγού και το εμφανές ορθογώνιο καπάκι στο πάνω μέρος του ταμπλό μπροστά από τον συνοδηγό, που καλύπτει τον αερόσακο συνοδηγού.

Η γεννήτρια αερίων και ο διπλωμένος αερόσακος βρίσκονται προστατευμένα μέσα σε ένα κάλυμμα, το οποίο την ώρα της πλήρωσης του αερόσακου με το αέριο νίτρο ή αργό σπάει σε

προκαθορισμένα σημεία λόγω της δύναμης που ασκείται σε αυτό από τον αερόσακο.

Στα σύγχρονα τιμόνια, ο αερόσακος οδηγού είναι διπλωμένος κάτω από το κάλυμμα του τιμονιού, που εξωτερικά μοιάζει σαν «καπάκι» το οποίο οριοθετείται από ένα «χάραγμα» στην περιφέρειά του, ώστε το καπάκι να μπορεί να ανοίξει για να βγει ο αερόσακος.

Παρομοίως, στα παλαιότερα μοντέλα με αερόσακο συνοδηγού, υπήρχε ένα εμφανές ορθογώνιο καπάκι στο πάνω μέρος του ταμπλό μπροστά από τον συνοδηγό. Σε πολλά νεότερα μοντέλα, ωστόσο, ο αερόσακος συνοδηγού ανοίγει και βγαίνει μέσα από μία στενή λωρίδα κατά μήκος του ταμπλό, η οποία έχει ενσωματωθεί στο συνολικό ντιζάιν, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ορατό χάραγμα που να οριοθετεί εμφανές καπάκι.

3.4.2 Σετ καλωδίων

Οι καλωδιώσεις του Συστήματος Αερόσακων έχουν κίτρινη απόχρωση για να ξεχωρίζουν από τις άλλες καλωδιώσεις και αποτελούνται από ειδικές πρίζες σύνδεσης. Το τμήμα του καλωδίου που συνδέει την **Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Επεξεργασίας** του συστήματος των αερόσακων με την μονάδα των αερόσακων, έχει ειδική διαμόρφωση τύπου σπιδάλ, έτσι ώστε να μπορεί να επιτρέπεται η περιστροφή του τιμονιού. Το σπειροειδές καλώδιο τοποθετείται με ειδική βάση πάνω στην κολώνα του τιμονιού.

3.4.3 Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Επεξεργασίας



Εικόνα 11:Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Επεξεργασίας Αερόσακου.

Η Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Επεξεργασίας (**Κ.Η.Μ.Ε. ή Ε.Σ.Υ.**), γνωστή και ως **Εγκέφαλος**, είναι η καρδιά του συστήματος. Δέχεται τα σήματα των αισθητήρων επιτάχυνσης και (αν υπάρχουν) των αισθητήρων πίεσης. Μέσα στην μνήμη του R.O.M. υπάρχουν καταχωρημένες τιμές επιτάχυνσης από τον κατασκευαστή, τα σήματα των αισθητήρων φθάνουν στην Κ.Η.Μ.Ε. και συγκρίνονται με τις είδη καταχωρημένες τιμές. Όταν ξεπεραστεί κάποιο όριο τότε η Κ.Η.Μ.Ε. πρέπει να πάρει σωστές αποφάσεις πυροδότησης των μονάδων των αερόσακων και μάλιστα μέσα σε λιγότερο από 40 χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Σε αερόσακους νεότερης γενιάς, ο εγκέφαλος στους υπολογισμούς του συμπεριλαμβάνει και τις παρακάτω παραμέτρους για την πυροδότηση της γεννήτριας αερίων δυο φάσεων:

- Βάρος εμπρόσθιων επιβατών.
- Απόσταση από το τιμόνι ή το ταμπλό.

Μέσα στον Εγκέφαλο υπάρχει ο κεντρικός αισθητήρας επιτάχυνσης (**επιταχυσιόμετρο**). Επίσης, η Κ.Η.Μ.Ε. είναι σε θέση να γνωρίζει πάντα αν ένας αισθητήρας παρουσιάζει κάποια βλάβη ή γενικώς το σύστημα παρουσιάζει δυσλειτουργία και αμέσως βγάζει το σύστημα αερόσακων εκτός λειτουργίας.

Η Κ.Η.Μ.Ε. τοποθετείται σε ασφαλές μέρος στο εσωτερικό του οχήματος ώστε να προστατεύεται από την σύγκρουση, συνήθως στο κέντρο πάνω από το τούνελ του πατώματος.

Για συστήματα πλαϊνών αερόσακων, μπορεί να υπάρχει ξεχωριστός εγκέφαλος ή μπορεί σε μερικά συστήματα ο ίδιος εγκέφαλος των εμπρόσθιων αερόσακων να είναι ο διαχειριστής και των πλαϊνών αερόσακων.

3.4.4 Αισθητήρες αερόσακων

Ένα σύστημα αερόσακων αναλόγως τον κατασκευαστή διαθέτει ένα σύνολο από αισθητήρες. Στην αγορά υπάρχουν πολλά είδη αισθητήρων με διαφορετικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, όμως η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια, δηλαδή η μέτρηση της επιτάχυνσης που αναπτύσσεται κατά την σύγκρουση. Άρα στο όχημα επάνω σε διάφορες θέσεις περιφερειακά του υπάρχουν αισθητήρες επιτάχυνσης (επιβεβαίωσης), αλλά και εντός της Η.Μ.Ε. υπάρχει ενσωματωμένος ένας αισθητήρας επιτάχυνσης (κεντρικός).

Συστήματα με γεννήτρια αερίων διπλής φάσης: Στα συστήματα αυτά υπάρχουν οι παραπάνω αισθητήρες αλλά και μερικοί από τους παρακάτω. Ανάλογα με τον κατασκευαστή, μπορεί να υπάρχουν

μερικοί από αυτούς ή κανένας από τους πιο κάτω και να χρησιμοποιούνται άλλου είδους αισθητήρες:

1. Ένας αισθητήρας ανατροπής (angular rate sensor), βρίσκεται ενσωματωμένος εντός της Η.Μ.Ε. σε νεότερης γενιάς συστήματα αερόσακων και μετράει το ρυθμό περιστροφής του οχήματος γύρω από τον διαμήκη άξονα.
2. Αισθητήρες ή διακόπτες στη θήκη των ζωνών ασφαλείας, για ανίχνευση πρόσδεσης ή μη των ζωνών ανάσχεσης (ζώνες ασφαλείας).
3. Αισθητήρας στην ράγα του καθίσματος, για την εμπρός - πίσω ρύθμιση του (απόσταση από τιμόνι - ταμπλό).
4. Αισθητήρες πίεσης, τοποθετούνται στα καθίσματα οδηγού/συνοδηγού και ανιχνεύουν το βάρος και την ύπαρξη επιβάτη, ώστε η Η.Μ.Ε. να γνωρίζει την ύπαρξη επιβάτη και το βάρος αυτού.
5. Τέλος μία κάμερα, τοποθετημένη σε σημείο κοντά στον εσωτερικό καθρέπτη, ανιχνεύει αφενός την κίνηση των επιβατών κοντά στην κρίσιμη ζώνη ανοίγματος του αερόσακου και αφετέρου ανιχνεύει την ύπαρξη παιδικών καθισμάτων και τον όγκο επιβατών για κάθε επιβάτη των εμπρόσθιων καθισμάτων ξεχωριστά.

Για τις πλευρικές προσκρούσεις, υπάρχουν αισθητήρες πίεσης στα πλαϊνά του οχήματος (π.χ. στις πόρτες) ή αισθητήρες επιτάχυνσης 2 αξόνων (x,z).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε την ομάδα των αισθητήρων που ενεργοποιούν συστήματα στο αυτοκίνητο τα οποία βοηθούν ή εξυπηρετούν την ασφαλή , άνετη , οικονομική και «προγραμματισμένη» πορεία .

Αυτή η κατηγορία αισθητήρων μέσα από την εξέλιξη τους , όλα αυτά χρόνια , αλλά και την προσθήκη νέων , δημιουργούν τις συνθήκες για την εγκατάσταση και λειτουργία αυτοματοποιημένης διεύθυνσης και πορείας μέσω κυβερνοελέγχου και τεχνητής νοημοσύνης .

4.1 Αισθητήρας ACC

Το σύστημα αυτό βασίζεται σε δεδομένα ραντάρ και κάμερας. Συγκριτικά με το συμβατικό cruise control, το ACC παρέχει πρόσθετη άνεση και μειώνει το στρες για τον οδηγό διατηρώντας μία σταθερή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Το ACC προσαρμόζει αυτόματα την ταχύτητα σύμφωνα με την επιλεγμένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Εάν χρειαστεί, το σύστημα επιβραδύνει αυτόματα το αυτοκίνητο όταν πλησιάζει ένα όχημα που κινείται με μικρότερη ταχύτητα, εφαρμόζοντας ελαφρά πίεση πέδησης. Εάν το προπορευόμενο όχημα επιταχύνει, το ACC αυξάνει την ταχύτητα του αυτοκινήτου μέχρι να φτάσει στην προκαθορισμένη. Το ACC λειτουργεί σαν ένα συμβατικό cruise control εάν δεν προηγείται κάποιο άλλο όχημα στη λωρίδα του αυτοκινήτου, αλλά επιπρόσθετα εφαρμόζει πίεση πέδησης για να διατηρήσει των επιλεγμένη ταχύτητα σε μία κατηφόρα.

Η τελευταία γενιά ACC της Opel χρησιμοποιεί πέρα από το ραντάρ των συμβατικών συστημάτων και την εμπρός κάμερα του Astra για τον εντοπισμό του προπορευόμενου οχήματος στη λωρίδα του. Το σύστημα λειτουργεί με ταχύτητες μεταξύ 30 και 180 km/h.

Μάλιστα, το όχημα μπορεί ακόμα και να φρενάρει τελείως πίσω από ένα προπορευόμενο όχημα υποστηρίζοντας επιπλέον τον οδηγό, για παράδειγμα, σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης. Όταν το αυτοκίνητο έχει σταματήσει τελείως, μπορεί αυτόματα να συνεχίσει να ακολουθεί το προπορευόμενο όχημα μέσα σε τρία δευτερόλεπτα. Διαφορετικά, ο οδηγός επιλέγει την Συνέχεια' (Resume) πιέζοντας το

μπουτόν “SET-/RES+” ή το πεντάλ του γκαζιού όταν το προπορευόμενο όχημα αρχίσει να κινείται πάλι. Σε περίπτωση που το προπορευόμενο όχημα αρχίσει να κινείται και ο οδηγός δεν αντιδράσει, το ACC δίδει μία οπτική και ακουστική υπενθύμιση ώστε να ξεκινήσει το αυτοκίνητο. Στη συνέχεια, το σύστημα ακολουθεί πάλι το όχημα (μέχρι την προεπιλεγμένη ταχύτητα).



Εικόνα 12: Ο οδηγός ελέγχει το ACC μέσω διακοπών στο τιμόνι, επιλέγοντας την απόσταση που προτιμά από το προπορευόμενο όχημα (κοντινή, μέτρια ή μακρινή). Το μπουτόν “SET-/RES+” ελέγχει την ταχύτητα, ενώ εικονίδια στο ταμπλό ενημερώνουν τον οδηγό για την επιλεγμένη ταχύτητα, την επιλεγμένη απόσταση και εάν το ACC έχει ανιχνεύσει κάποιο όχημα μπροστά.

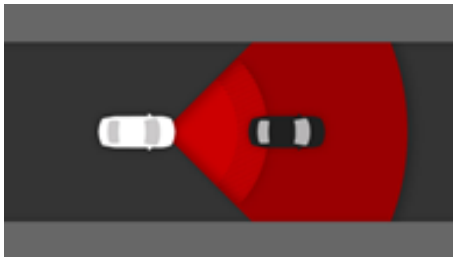
Το ACC και τα πρόσθετα συστήματα υποστήριξης οδηγού του Astra είναι βασικά συστατικά για τα ευφυή αυτοκίνητα του μέλλοντος και την αυτοματοποιημένη οδήγηση. Το Lane Keep Assist εφαρμόζει διακριτική διόρθωση διεύθυνσης εάν το Astra τείνει να βγει από τη λωρίδα του, μετά από σχετική προειδοποίηση (Lane Departure Warning). Τα Automated Emergency Braking, Integrated Brake Assist, Forward Collision Alert και Following Distance Indication βοηθούν στην αποφυγή συγκρούσεων ή μετριάζουν τις επιπτώσεις τους. Μερικές κόκκινες λυχνίες LED αναβοσβήνουν στο παρμπρίζ στο πεδίο ορατότητας του οδηγού ένα το Astra πλησιάζει με ταχύτητα το προπορευόμενο όχημα και επίκειται σύγκρουση. Η μονή (mono)

κάμερα του Astra, εγκατεστημένη στην κορυφή του παρμπρίζ, συλλέγει τα δεδομένα γι' αυτά τα συστήματα.

4.2 Πώς επηρεάζουν τις βασικές εργασίες service τα εξελεγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (ADAS) των αυτοκινήτων.

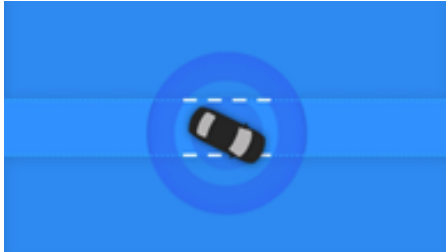
Τα εξελεγμένα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού (ADAS) είναι περισσότερα από 30. Αυτά μπορεί να λειτουργούν ανεξάρτητα ή συνδυαστικά. Τα δεδομένα που συλλέγουν μεταβιβάζονται μέσω του διαύλου CAN στις ηλεκτρονικές μονάδες για περαιτέρω επεξεργασία. Ο μεγάλος αριθμός και η πολυπλοκότητα των συστημάτων δεν μας επιτρέπει να αναφερθούμε σε όλα. Αντί αυτού, θα εστιάσουμε σε ορισμένα βασικά είδη συστημάτων, τα οποία, μπορεί να επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο δουλεύει το συνεργείο, κάνοντας ακόμα και απλές εργασίες, όπως είναι η επισκευή των φρένων, το service των ελαστικών και η ευθυγράμμιση

Σύστημα προ-σύγκρουσης Toyota TSS (PCS)



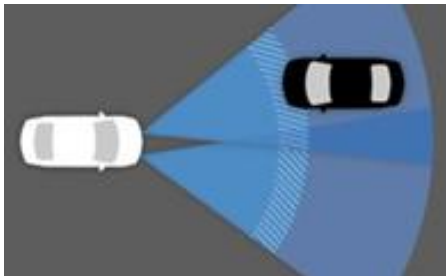
Το σύστημα προ- σύγκρουσης (PCS): χρησιμοποιεί μια κάμερα και ένα λέιζερ εντός του οχήματος για να βοηθήσει στην ανίχνευση ενός προπορευόμενου οχήματος. Όταν το PCS διαπιστώσει ότι η πιθανότητα μετωπικής σύγκρουσης με το μπροστινό όχημα είναι υψηλή, προειδοποιεί τον οδηγό με οπτική και ηχητική ειδοποίηση ώστε αυτός να πάρει τα μέτρα του και να φρενάρει. Εάν ο οδηγός δεν φρενάρει σε καθορισμένο χρόνο και το σύστημα διαπιστώσει ότι η πιθανότητα μετωπικής σύγκρουσης με το προπορευόμενο όχημα είναι εξαιρετικά υψηλή, το σύστημα μπορεί να εφαρμόσει αυτόματα τα φρένα, μειώνοντας την ταχύτητα, ώστε να βοηθήσει τον οδηγό να μειώσει την σφοδρότητα της πρόσκρουσης και σε ορισμένες περιπτώσεις να αποφύγει τη σύγκρουση.

**Ειδοποίηση
Αναχώρησης
Λωρίδα, Toyota TSS
(LDA)**



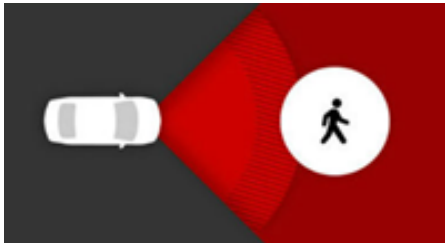
Αν το σύστημα Ειδοποίησης Αναχώρησης Λωρίδας (LDA) καταλάβει ότι το όχημα αρχίζει να αποκλίνει ακούσια από τη λωρίδα του, το σύστημα ειδοποιεί τον οδηγό με ηχητικό και οπτικό σήμα. Το σύστημα LDA έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε ταχύτητες περίπου των 50 Km/h ή υψηλότερες σε σχετικά ευθεία τμήματα οδοστρώματος. Τα οχήματα με Ηλεκτρονικό Σύστημα Υποβοήθησης Τιμονιού (EPS) διαθέτουν επίσης τη λειτουργία Υποβοήθησης Διεύθυνσης (LDA w / SA). Όταν το σύστημα διαπιστώσει ότι το όχημα βρίσκεται σε διαδρομή για ακούσια απόκλιση από τη λωρίδα του, το σύστημα μπορεί να παρέχει σήματα μικρών διορθώσεων της διεύθυνσης στο τιμόνι για σύντομο χρονικό διάστημα, για να κρατήσει το όχημα στη λωρίδα του.

**Αυτόματος έλεγχος
προβολών Toyota TSS
(AHB)**



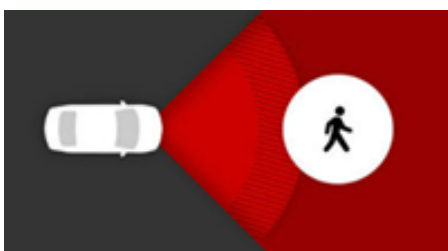
Αυτόματος Έλεγχος Προβολών (AHB): βοηθά τους οδηγούς να δουν πιο καλά μπροστά από το αυτοκίνητο κατά τη νυχτερινή οδήγηση, χωρίς να τυφλώνουν τους άλλους οδηγούς. Όταν είναι ενεργοποιημένο, το σύστημα AHB χρησιμοποιεί μια κάμερα μέσα στο όχημα για να βοηθήσει στην ανίχνευση των προβολών των οχημάτων που έρχονται από απέναντι και τα πίσω φώτα των προπορευόμενων αυτοκινήτων. Το σύστημα AHB είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε ταχύτητες περίπου 40 km/h ή υψηλότερες.

Σύστημα προ-σύγκρουσης με ανίχνευση πεζού Toyota TSS (PCS w/PD)



Χρησιμοποιεί μια κάμερα μέσα στο όχημα και ένα ραντάρ που τοποθετείται στη μπροστινή γρίλια για να βοηθήσει στον εντοπισμό του οχήματος που προπορεύεται. Η κάμερα στο PCS του οχήματος ανιχνεύει ένα πεζό βάσει του μεγέθους, του προφίλ και της κίνησης της σιλουέτας του. Εάν το PCS διαπιστώσει ότι η πιθανότητα μετωπικής σύγκρουσης με έναν πεζό μπροστά από το όχημα είναι υψηλή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, προτρέπει τον οδηγό να λάβει μέτρα αποφυγής και να φρενάρει, χρησιμοποιώντας μια οπτική και ηχητική ειδοποίηση. Εάν ο οδηγός δεν φρενάρει σε καθορισμένο χρόνο και το σύστημα διαπιστώσει ότι ο κίνδυνος σύγκρουσης με έναν πεζό μπροστά από το όχημα είναι εξαιρετικά υψηλός, το σύστημα μπορεί να εφαρμόσει αυτόματα τα φρένα ώστε να βοηθήσει τον οδηγό να μειώσει επιπτώσεις και σε ορισμένες περιπτώσεις, να αποφύγει την σύγκρουση.

Δυναμικό σύστημα προσαρμογής ταχύτητας ταξιδιού Toyota TSS - DRCC



Τα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με TSS-P περιλαμβάνουν το δυναμικό σύστημα Dynamic Cruise Control (DRCC). Στους αυτοκινητόδρομους, το DRCC λειτουργεί όμοια με το συμβατικό σύστημα ελέγχου ταχύτητας με σταθερή ταχύτητα, καθώς βοηθά τα οχήματα να κινούνται με σταθερή ταχύτητα που ορίζει ο οδηγός, αλλά αυτό το σύστημα προσθέτει έναν τρόπο ελέγχου της απόστασης του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, με τον οποίο βοηθά τον οδηγό, προσαρμόζοντας εντός ορισμένων ορίων την ταχύτητα του οχήματος, ώστε να διατηρηθεί μια προκαθορισμένη απόσταση από το προηγούμενο όχημα όταν αυτό κινείται με χαμηλότερη ταχύτητα. Η ταχύτητα ρυθμίζεται από τον οδηγό

| | |
|--|--|
| | <p>μεταξύ περίπου 30-175 km/h ανάλογα με το μοντέλο.</p> |
|--|--|

4.3 Αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου ταχύτητας ταξιδιού

Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου ταχύτητας ταξιδιού δεν είναι καινούργια. Όμως, αρχίζουν να γίνονται πολύ διαδεδομένα, και οι πιθανότητες να τα δείτε σε ένα από τα αυτοκίνητα στα οποία κάνετε service, είναι πολλές. Όταν ενεργοποιούνται αυτά τα συστήματα, συμβάλλουν στη μείωση της κόπωσης του οδηγού. Στα πιο βασικά συστήματα ο οδηγός δέχεται απλά μια προειδοποίηση από το σύστημα ότι πλησιάζει ένα όχημα που κινείται πιο αργά. Αυτό εξελίχθηκε αρκετά γρήγορα και σήμερα συμπεριλαμβάνει ένα σύστημα περιορισμένου ελέγχου που ρυθμίζει το γκάζι, προσαρμόζοντας την ταχύτητα με την ταχύτητα του άλλου οχήματος και επεμβαίνοντας με το ενεργό φρενάρισμα. Πλέον, μπορούμε να δούμε όλα τα είδη αυτών των συστημάτων μέχρι το πιο σύγχρονο, που όχι μόνο προσαρμόζει την ταχύτητα του οχήματος μέχρι την ακινητοποίηση, αλλά μπορεί να κρατήσει το όχημα στη δική του λωρίδα μέσω υποβοήθησης της οδήγησης.

Σχεδόν σε όλα αυτά τα συστήματα υπάρχουν αισθητήρες με ραντάρ και / ή λέιζερ. Αυτοί οι αισθητήρες είναι συνήθως τοποθετημένοι κεντρικά στο μπροστινό μέρος του οχήματος (περιοχή υποστήριξης του ψυγείου) και βλέπουν μπροστά - Σημ.: Δείτε το σχετικό βίντεο. Ο στόχος των αισθητήρων, είναι να εντοπίσουν τα άλλα οχήματα που βρίσκονται και κινούνται μπροστά και στην ίδια λωρίδα με το όχημα που οδηγείται. Το βασικό σημείο «κλειδί» που σχετίζεται με την ευθυγράμμιση, είναι, ότι οι αισθητήρες παρακολουθούν τα οχήματα που βρίσκονται και κινούνται στην **ίδια λωρίδα**. Με τον αισθητήρα (-ες) να είναι τοποθετημένος στο αμάξωμα, εάν το όχημα "τραβάει" λόγω κακής ευθυγράμμισης, ο αισθητήρας (-ες) μπορεί να **μην** κοιτάζει κατευθείαν προς τα εμπρός. Το τράβηγμα οφείλεται στη λανθασμένη γωνία ώσης του οχήματος (οι πίσω τροχοί φεύγουν δεξιά ή αριστερά σε σχέση με τους εμπρός). Η λανθασμένη γωνία ώσης έχει ως αποτέλεσμα, οι πίσω τροχοί να σπρώχνουν το όχημα προς τη μία

ή την άλλη πλευρά. Ο οδηγός αναγκάζεται σε αυτή την περίπτωση να διορθώνει συνεχώς την πορεία του οχήματος περιστρέφοντας το τιμόνι για να κρατήσει το όχημα στην ευθεία, φέρνοντας τους εμπρός τροχούς σε μια τέτοια θέση ώστε να είναι σχεδόν στην ίδια ευθεία με τους πίσω τροχούς, για να έλθει το τιμόνι στο κέντρο. Εάν γίνει ευθυγράμμιση μόνο στους εμπρός τροχούς χωρίς να γίνει έλεγχος και διόρθωση της γωνίας ώσης, όλα θα μπορούσαν να φαίνονται σωστά στον οδηγό (τιμόνι στην ευθεία, χωρίς τράβηγμα κ.λπ.), αλλά οι αισθητήρες του αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου πορείας, θα μπορούσαν να δείχνουν πολύ μακριά από τη μία πλευρά. Αυτό σημαίνει, είτε ότι η γωνία ώσης θα πρέπει να διορθωθεί, είτε ότι η ευθυγράμμιση του αισθητήρα θα χρειαστεί να ρυθμιστεί για να αντισταθμιστεί η γωνία ώσης και να λειτουργήσει το σύστημα όπως έχει σχεδιαστεί.

4.4 Αισθητήρες Παρακολούθησης Πίεσης Ελαστικών (TPMS)



Εικόνα 13: Αισθητήρας Παρακολούθησης της πίεσης των ελαστικών (TPMS-Tire Pressure Monitoring Sensors)

Βάσει της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας από 1 Νοεμβρίου 2014 και έπειτα, είναι υποχρεωτικό όλα τα καινούρια οχήματα να εξοπλίζονται με σύστημα παρακολούθησης της πίεσης των ελαστικών. Οι Αισθητήρες Παρακολούθησης της πίεσης των ελαστικών (TPMS-Tire Pressure Monitoring Sensors) βρίσκονται τοποθετημένοι στο εσωτερικό των τροχών, προσκολλημένοι στις ζάντες, στη θέση της κανονικής βαλβίδας πλήρωσης αέρα. Μετρούν διαρκώς τις τιμές της πίεσης και της θερμοκρασίας εντός του αεροθαλάμου και εκπέμπουν μέσω ραδιοκυμάτων τα δεδομένα προς τον δέκτη του συστήματος.

Υπάρχουν δύο τύποι, οι διεθνείς (universal) και αυτοί που έχουν συγκεκριμένες εφαρμογές (direct fit). Κάθε αισθητήρας σχετίζεται με

έναν κωδικό αναγνώρισης ID, ώστε να προσδιορίζεται η θέση του (εμπρός ή πίσω τροχοί, δεξιά ή αριστερή πλευρά) και να αντιλαμβάνεται το σύστημα σε ποιο ελαστικό υπάρχει απόκλιση από την κανονική πίεση.

Υπάρχει μία ακόμη διαφοροποίηση στους συγκεκριμένους αισθητήρες και αφορά τον τύπο της βαλβίδας που φέρουν. Ο πρώτος τύπος βαλβίδας διαθέτει ελαστική φλάντζα (snap-in), ενώ ο δεύτερος μεταλλική (clamp-in), ειδικά για ζάντες ελαφρού κράματος (αυτοκινήτων υψηλών επιδόσεων).

Οι Αισθητήρες αυτοί σπάνια παρουσιάζουν δυσλειτουργίες. Τα όποια προβλήματα περιορίζονται στα παρακάτω:

- Ελαττωματικό προϊόν
- Φυσική φθορά, πχ. χτυπήματα στις ζάντες ή κατά την τοποθέτηση των ελαστικών
- Εξάντληση της μπαταρίας του αισθητήρα λόγω ολοκλήρωσης του κύκλου ζωής της (σε αυτήν την περίπτωση αντικαθίσταται ολόκληρος ο αισθητήρας)

4.5 Συστήματα Αποφυγής Σύγκρουσης

Τα Συστήματα Αποφυγής Συγκρούσεων βασίζονται σήμερα σε ένα αρκετά εκτεταμένο φάσμα τεχνολογιών, και αυτό το φάσμα συνεχώς διευρύνεται. Ορισμένες από πιο συνηθισμένες εφαρμογές περιλαμβάνουν διάφορους τρόπους για τη παραμονή ενός οχήματος στη δική του λωρίδα (είτε παθητικά είτε ενεργά) και με τη βοήθεια της αυτοματοποιημένης ή υποβοηθούμενης πέδησης έκτακτης ανάγκης. Η κινητήρια δύναμη πίσω από αυτά τα συστήματα είναι το γεγονός, ότι τα περισσότερα τροχαία ατυχήματα συνδέονται με ανθρώπινη επιλογή, επέμβαση ή λάθος. Οι στατιστικές δείχνουν ότι στην πραγματικότητα, το ανθρώπινο λάθος ή η επιλογή έχει συμβάλει κατά κύριο λόγο στο 94 τοις εκατό όλων των συγκρούσεων οχημάτων κατά το έτος 2015.

Το σύστημα προειδοποίησης αλλαγής λωρίδας μπορεί να είναι μόνο ένα σύστημα που ειδοποιεί τον οδηγό ότι πρόκειται να εγκαταλείψει τη λωρίδα ή να είναι ένα ενεργό σύστημα που θα βοηθήσει πραγματικά τον οδηγό να κρατήσει το όχημα μέσα στη λωρίδα. Και οι δύο τύποι αυτών των συστημάτων βασίζονται τουλάχιστον σε μία κάμερα που παρακολουθεί συνεχώς τη θέση της λωρίδας.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζετε ότι στο αυτοκίνητο που επισκευάζετε υπάρχουν ή όχι αυτά τα συστήματα, και εφόσον υπάρχουν, να γνωρίζετε τη θέση των αισθητήρων, των ραντάρ και των καμερών. Επειδή τα συστήματα βασίζονται στα δεδομένα των καμερών, οτιδήποτε κάνετε εσείς που θα μπορούσε να επηρεάσει την

όραση των καμερών, οι χειρισμοί σας θα μπορούσαν να κάνουν το σύστημα να μην λειτουργεί σωστά. Για παράδειγμα, οι κάμερες που είναι τοποθετημένες σε παρμπρίζ, θα μπορούσαν να επηρεαστούν από κάτι τόσο απλό όσο η τοποθέτηση ενός υαλοκαθαριστήρα με αντικανονικό μήκος. Αν η κάμερα είναι τοποθετημένη ψηλά πίσω από το παρμπρίζ, όταν ενεργοποιηθούν οι υαλοκαθαριστήρες, η περιοχή μπροστά από την κάμερα μπορεί να μην καθαρίζεται καλά λόγω της μικρότερης λεπίδας του υαλοκαθαριστήρα.

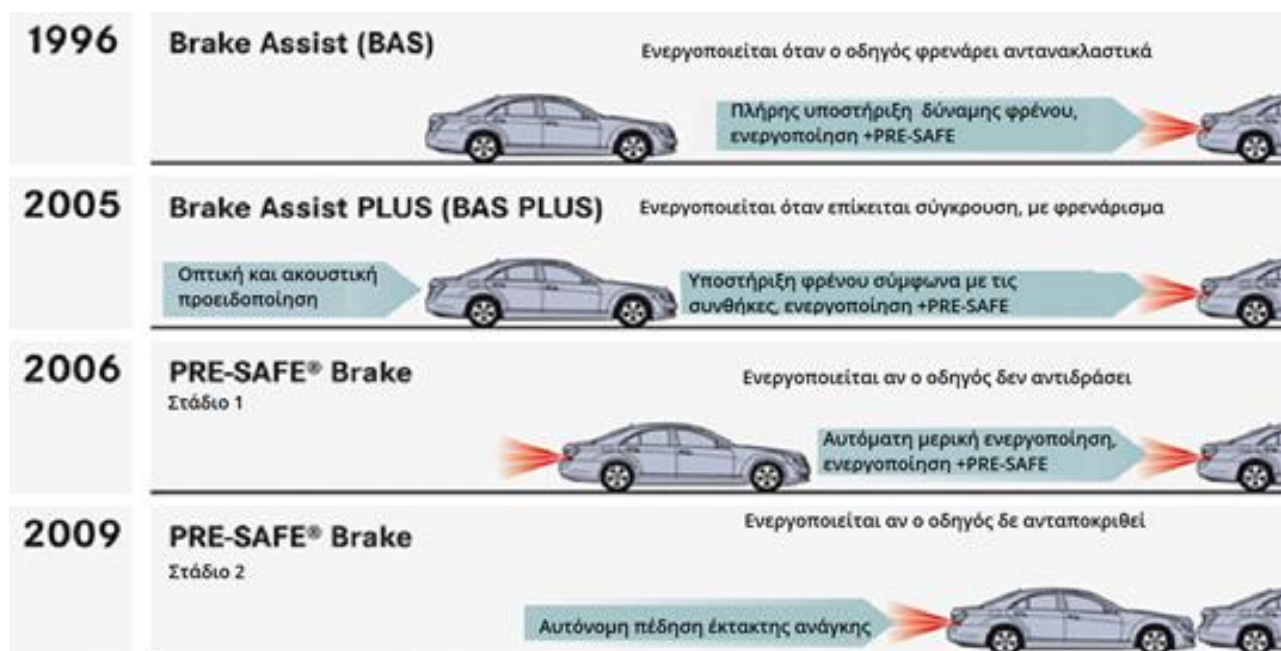
Μια άλλη αρκετά κοινή επισκευή που συνήθως γίνεται σε φανοποιεία ή σε επιχειρήσεις αντικατάστασης παρμπρίζ, είναι η αντικατάσταση του παρμπρίζ. Οι κατασκευαστές προβλέπουν ειδικές διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται όταν γίνεται αντικατάσταση του παρμπρίζ και τα ανταλλακτικά παρμπρίζ έχουν ειδικές προδιαγραφές και οι διαφορές με τα μη γνήσια δεν διακρίνονται οπτικά. Παραδείγματος χάριν, η HONDA έχει εκδώσει ειδικό τεχνικό δελτίο (TSB) που προειδοποιεί ειδικά για την τοποθέτηση παρμπρίζ σε οποιοδήποτε από τα οχήματά τους χωρίς την έγκριση (προδιαγραφές) HONDA. Σε οποιοδήποτε όχημα HONDA με κάμερα που βλέπει προς τα εμπρός και είναι τοποθετημένη πίσω από το παρμπρίζ, το ανταλλακτικό παρμπρίζ πρέπει να έχει την έγκριση HONDA. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι το γνήσιο παρμπρίζ εξυπηρετεί και ως δευτερεύων φακός για την κάμερα και οποιαδήποτε άλλη μάρκα παρμπρίζ μπορεί να μην επιτρέψει τη σωστή εστίαση της κάμερας. Ακόμα κι αν έχει εγκατασταθεί το σωστό παρμπρίζ, είναι καλό να ελέγξετε το κατά πόσο απαιτείται κάποιο είδος διαδικασίας βαθμονόμησης με ειδική συσκευή. Εάν δεν γίνει αυτό το καλιμπράρισμα ή αν χρησιμοποιηθεί ένας λανθασμένος τύπος κρυστάλλου, είναι πιθανόν να μην τεθεί αμέσως κάποιος κωδικός. Ωστόσο, θα μπορούσε να επηρεάσει την απόδοση του συστήματος και να οδηγήσει σε παράπονα του οδηγού που μπορεί να χρειαστεί χρόνος για να εντοπίσετε αυτό που συμβαίνει (λανθασμένες προειδοποιήσεις αλλαγής λωρίδων κ.λπ.). Τα πιο προηγμένα συστήματα τήρησης λωρίδων απλά πάνε ένα βήμα παραπέρα. Επεξεργάζονται τα δεδομένα από το σύστημα αλλαγής της λωρίδας κυκλοφορίας και στη συνέχεια δρουν με βάση αυτά τα δεδομένα για να διατηρήσουν το όχημα στη λωρίδα του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω επιλεκτικής πέδησης των τροχών, υποβοήθησης τιμονιού κλπ. Η διασφάλιση ότι όλα τα σχετικά συστήματα του οχήματος λειτουργούν σωστά, είναι κρίσιμα για τη συνολική λειτουργία του συστήματος ασφαλείας.



Εικόνα 14: Σύστημα Αποφυγής Σύγκρουσης και Αλλαγής Λωρίδας της HONDA (Honda Collision Avoidance and Lane Departure)



Εικόνα 15: Διάγραμμα Mercedes Benz Lane Watch



Σχήμα 59: Εξέλιξη του συστήματος Mercedes Benz Brake Assist

Η ενεργή πέδηση, είναι ένα άλλο σύστημα αποφυγής σύγκρουσης που εφαρμόζεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Όπως και με πολλά άλλα συστήματα, η ενεργή πέδηση δεν είναι μια νέα αντίληψη, αλλά είναι περισσότερο μια αντίληψη που εφαρμόζεται πολύ ευρύτερα και γίνεται όλο και πιο αποτελεσματική. Η Mercedes Benz εισήγαγε το σύστημα BAS (Brake Assist System) το 1996. Το σύστημα έμπαινε σε λειτουργία όταν ένας οδηγός πατούσε το φρένο με τέτοιο τρόπο, που έκανε το σύστημα να συμπεράνει ότι επρόκειτο για πέδηση πανικού. Τα συστήματα έχουν εξελιχθεί τώρα πια και παρέχουν προειδοποιήσεις στον οδηγό με ακουστικό ή / και οπτικό σήμα. Επίσης, τα συστήματα μπορούν να εφαρμόζουν τα φρένα χωρίς την εντολή του οδηγού εάν αυτός δεν ανταποκρίνεται στις προειδοποιήσεις.

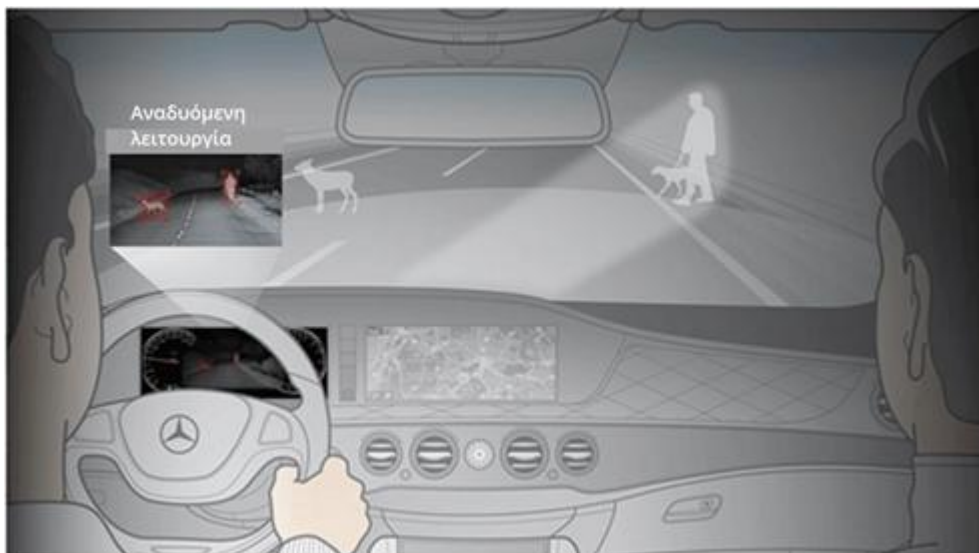
Αυτά τα συστήματα πέδησης μπορεί να επηρεάσουν τη συντήρηση των οχημάτων με τον εξής τρόπο: Τα συστήματα είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν σωστά, εφόσον χρησιμοποιούνται τακάκια που είναι σύμφωνα με την προδιαγραφή του κατασκευαστή. Αν βάλετε τακάκια που δεν είναι του ίδιου τύπου ή / και της ποιότητας που προβλέπει ο κατασκευαστής, λόγω κόστους, μπορεί να συμβεί το εξής: το φτηνό τακάκι μπορεί να μην παρέχει την ίδια ισχύ ακινητοποίησης με συνέπεια το σύστημα να μην λειτουργεί πλήρως. Αντιθέτως, ένα "αναβαθμισμένο" σετ τακακιών «επιδόσεων» που πιάνουν πιο επιθετικά τους δίσκους, θα μπορούσε να προκαλέσει το πρόωρο μπλοκάρισμα των τροχών, γεγονός που μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα των αυτοματοποιημένων συστημάτων πέδησης τόσο, όσο και τα αδύναμα τακάκια και ακόμα περισσότερο. Δεν

συνιστούμε να αγοράζετε μόνο γνήσια τακάκια. Απλώς, βεβαιωθείτε ότι πληρούν τις προδιαγραφές των κατασκευαστών

4.6 Συστήματα βοήθειας ενίσχυσης Ορατότητας Νυκτερινής Οδήγησης



Σχήμα 60:Σύστημα Mercedes Benz Night Vision



Σχήμα 61:Σύστημα Νυκτερινής Όρασης και Αναγνώρισης Κινδύνου Mercedes Benz

Το σύστημα ειδοποιεί τον οδηγό για την παρουσία πεζών ή/και ζώων μπροστά από το αυτοκίνητο. Υπό ορισμένες συνθήκες (περιορισμένη φωτεινότητα, ταχύτητα πάνω από 60 km/h) η αναδυόμενη λειτουργία εμφανίζει στην κεντρική οθόνη μια φωτεινή εικόνα σε αποχρώσεις του γκριζου. Οι πεζοί και τα ζώα εμφανίζονται έγχρωμα. Οι πεζοί

φωτίζονται κατευθυντικά από τα φώτα με παλμικό φως, ώστε να ειδοποιηθούν και αυτοί. Προς τα ζώα δεν κατευθύνεται παλμικός φωτισμός, γιατί μπορεί να φοβηθούν και να αντιδράσουν απρόβλεπτα. Το σύστημα μπορεί να τεθεί εντός/εκτός λειτουργίας με επιλογή του οδηγού. Σε φωτισμένους δρόμους τα ζώα και οι πεζοί ανιχνεύονται. Κατά τη διάρκεια της μέρας με περιορισμένο φως (ξημέρωμα ή σούρουπο), οι εικόνες είναι μόνο με αποχρώσεις του γκριζου.

Ολοκληρώνοντας, θα πω ότι καμία από αυτές τις νέες τεχνολογίες δεν θα αλλάξει δραστικά αυτό που κάνετε σε καθημερινή βάση στο συνεργείο σας. Όμως, ως σωστός τεχνικός και επιχειρηματίας είναι προφανές ότι πρέπει να φροντίσετε για τα εξής:

- Βεβαιωθείτε ότι εσείς και το προσωπικό σας παρακολουθεί συνεχώς προγράμματα εκπαίδευσης και ενημέρωσης.
- Βεβαιωθείτε ότι ενημερώνεστε για τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία των νέων συστημάτων από πηγές υψηλής ποιότητας. Είναι αυτονόητο ότι τέτοιες πηγές μπορεί να είναι μόνο οι κατασκευαστές. Ενημερωθείτε για τον τρόπο πρόσβασης στις τεχνικές πληροφορίες των κατασκευαστών, κάνοντας κλικ εδώ. Ακόμη και αν δεν έχετε εκπαιδευτεί ή δεν διαθέτετε τον απαραίτητο εξοπλισμό, θα είστε σε θέση να ενημερώσετε σωστά τους πελάτες σας.
- Ενημερωθείτε σχετικά με τον απαιτούμενο εξοπλισμό, ώστε να εξασφαλίζετε υψηλή ποιότητα εργασιών.

4.7 Εξέλιξη ενός μέσου αυτοκινήτου σήμερα σε ένα ρομποτικό μοντέλο στο μέλλον

Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν ήδη αρκετά συστήματα υποστήριξης του οδηγού, ιδίως στις μεγάλες και ακριβές κατηγορίες. Ωστόσο θα περάσουν αρκετά χρόνια, μέχρι να κυκλοφορήσουν μαζικά στους δημόσιους δρόμους 100% αυτόνομα μοντέλα, στα οποία θα είναι ουσιαστικά ο οδηγός περιττός. Πριν φτάσουμε όμως εκεί, θα περάσουν τα αυτοκίνητά μας από ενδιάμεσα στάδια. Ας δούμε συνοπτικά την εξέλιξη ενός μέσου αυτοκινήτου σήμερα σε ένα ρομποτικό μοντέλο στο μέλλον.

4.7.1 Μηδενικό στάδιο

Ο οδηγός κάνει τα πάντα μόνος του. Φρενάρει, πατάει γκάζι, στρίβει το τιμόνι και ελέγχει την κυκλοφορία και τον περιβάλλοντα χώρο. Το όχημα δεν μπορεί να πραγματοποιήσει καμία λειτουργία από μόνο του.

4.7.2 Πρώτο στάδιο

Το αυτοκίνητο διαθέτει συστήματα υποστήριξης του οδηγού σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Για παράδειγμα τον προειδοποιεί για οχήματα κρυμμένα μέσα στη νεκρή γωνία ή ότι κινδυνεύει να βγει εκτός των ορίων της λωρίδας κυκλοφορίας.

4.7.3 Δεύτερο στάδιο (από το 2016)

Πρόκειται για την ημιαυτόνομη οδήγηση, κατά την οποία αναλαμβάνει το ίδιο το αυτοκίνητο ορισμένες λειτουργίες για λογαριασμό του οδηγού. Στο συγκεκριμένο στάδιο βρίσκονται αρκετά σημερινά οχήματα, που διαθέτουν για παράδειγμα συστήματα αυτόματου παρκαρίσματος ή συστήματα, που τα κρατούν εντός των ορίων της λωρίδας. Επίσης, όταν κινείται το όχημα σε ουρές με ελάχιστα χιλιόμετρα ανά ώρα, μπορεί να ακολουθήσει τα προπορευόμενα αυτοκίνητα και να αυξομειώσει μόνο του την ταχύτητά του, χωρίς την παρέμβαση του οδηγού.

4.7.4 Τρίτο στάδιο (περίπου από το 2021)

Εδώ πλέον περνάμε στη φάση της αυτόνομης οδήγησης υψηλού επιπέδου. Για παράδειγμα, το αυτοκίνητο ενεργοποιεί μόνο του τα φλας, αλλάζει λωρίδα ή προσαρμόζει την ταχύτητά του στη ροή της κυκλοφορίας. Ωστόσο ο αυτόματος πιλότος Autopilot μπορεί να ζητήσει ανά πάσα στιγμή από τον οδηγό, να πάρει το τιμόνι ο ίδιος στα χέρια του και να κατευθύνει το όχημα.

4.7.5 Τέταρτο στάδιο (σε συνέχεια λίγο μετά το τρίτο στάδιο)

Βρισκόμαστε στη φάση της πλήρους αυτονομίας. Το όχημα αναλαμβάνει το ίδιο όλες τις λειτουργίες, που αναλογούν στον οδηγό και του ζητά να παρέμβει μόνον, αν βρεθεί αντιμέτωπο με μία κατάσταση, στην οποία κρίνει ότι δεν μπορεί να αντεπεξέλθει. Γιαυτό και ο τελευταίος πρέπει να είναι έτοιμος, να το κάνει αυτό, όποτε χρειαστεί. Αλλιώς μπορεί να ασχολείται με άλλες δραστηριότητες, να διαβάζει, να γράφει στον υπολογιστή του, να χαλαρώνει, κλπ.

4.7.6 Πέμπτο στάδιο (περίπου από το 2030)

Ο οδηγός μετατρέπεται ουσιαστικά σε επιβάτη. Το όχημα και το σύστημα χρειάζονται μόνον να ενημερωθούν για τον προορισμό και να τους δοθεί το πράσινο φως, για να ξεκινήσουν. Από εκεί και μετά κατευθύνεται το όχημα απολύτως αυτόνομα στον προορισμό του, καθώς έχουμε φτάσει στο ανώτατο στάδιο της ρομποτικής, αυτόνομης οδήγησης. Εδώ πλέον δεν έχει την ευθύνη ο άνθρωπος, αλλά το ίδιο το όχημα, γιαυτό και δεν απαιτείται να κατέχει κανένας δίπλωμα οδήγησης ούτε και απαγορεύεται να έχει καταναλώσει αλκοόλ.

Πάντως η ρομποτική οδήγηση δεν απαιτεί μόνον εξελιγμένη τεχνολογία και δημιουργία ανάλογων υποδομών, αλλά για να εφαρμοστεί σε δημόσιους δρόμους πρέπει να καλυφθούν σημαντικά νομικά κενά και να υπάρξει ενιαία νομοθεσία –τουλάχιστον στους βασικούς κανόνες- μεταξύ των διαφόρων χωρών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δρ Λάμπρος Μπισδούνης, Τεχνολογία Μετρήσεων, Σημειώσεις Διδασκαλίας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας
- Αθανάσιος Αργυρίου, Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, Σημειώσεις Διδασκαλίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Φυσικής
- Peter Elgar ,Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ, 2003
- Αντώνιος Γαστεράτος -Σπυρίδων Μουρούτσος- Ιωάννης Ανδρεάδης, Τεχνολογία μετρήσεων – αισθητήρια, ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ ΕΚΔΟΤΙΚΗ, 2008
- <https://www.britannica.com/technology/automobile>
- www.mobiletron.com
- <http://13epal-esp-thess.thess.sch.gr>
- www.ancomnet.gr
- www.opel.gr
- www.toyota.gr
- www.mercedes-benz.gr
- www.peugeot.gr

- www.wikipedia.gr