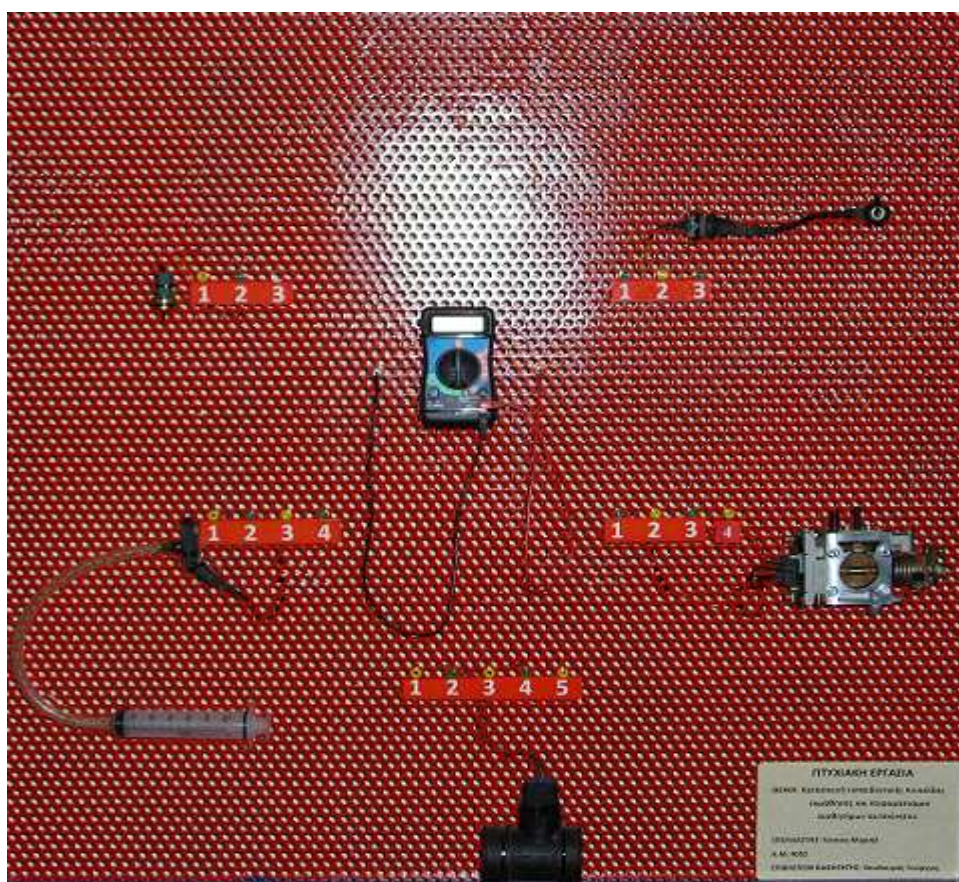


## ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κατασκευή εκπαιδευτικής πινακίδας τεχνικού έλεγχου και μετρήσεων αισθητήρων κινητήρα αυτοκίνητου με σκοπό την δημιουργία εποπτικών μέσων για την βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας του εργαστηρίου Μ.Ε.Κ. .



Σπουδαστής : Κίτσιος Μιχαήλ  
Α.Μ : 4052

Επιβλέπων  
καθηγητής : Κουδουμάς Γεώργιος

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ιστορία αισθητήρων.....	5
Στατικά χαρακτηριστικά αισθητήρων.....	7
Ταξινόμηση αισθητήρων.....	12
Οι αισθητήρες και αρχή λειτουργίας σε εικόνα.....	13

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Αισθητήρας απόλυτης πίεσης.....	16
Αισθητήρας μάζας αέρα.....	22
Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα.....	30
Αισθητήρας κρουστικής καύσης.....	37
Ποτενσιόμετρο πεταλούδα .....	44

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Αισθητήρας απόλυτης πίεσης.....	53
Αισθητήρας μάζας αέρα.....	57
Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα.....	61
Αισθητήρας κρουστικής καύσης.....	64
Ποτενσιόμετρο πεταλούδα .....	66

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....73**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....74**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....77**

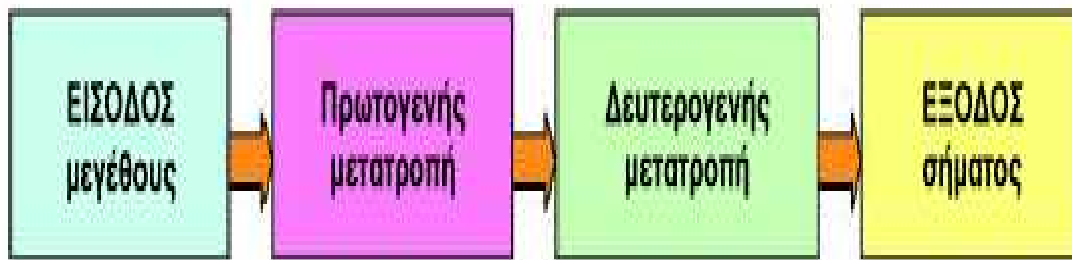
## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Κουδουμά Γεώργιο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε , και την υπομονή κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας . Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του , για την επίλυση διαφόρων θεμάτων.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου Βασίλη και Ευαγγελία Κίτσιου , όποιοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους , φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου . Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αδερφό μου Βαγγέλη για την πολύτιμη βοήθεια του σε δύσκολα σημεία της εργασίας . Και τέλος την σύντροφο μου Μαριτίνα για τη βοήθεια και την υπομονή που έδειξε κατά την διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας .

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η σημασία των αισθητήρων για τον άνθρωπο είναι σχεδόν αυτονόητη. Οι πρώτοι αισθητήρες εμφανίζονται μαζί με τα έμβρυα όντα και αποτελούν όργανα τους . το μάτι και το αφτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα: το πρώτο ανιχνεύει τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το δεύτερο τον ήχο , δηλαδή κύματα πίεσης . Πολύ αργότερα , ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να λύσει καθημερινά πρακτικά προβλήματα , όπως αυτό της μέτρησης του μήκους , του βάρους , ή του όγκου . Στην συνέχεια η επιθυμία του ανθρώπου να γνωρίσει τη φύση αλλά και διάφοροι πρακτικοί λόγοι , δημιουργούν την ανάγκη μέτρησης περισσότερων φυσικών μεγεθών . ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το πρώτο θερμόμετρο εμφανίζεται το 1585 , ενώ το βαρόμετρο το 1643.



## Μηχανική τεχνολογίες μέτρησης

**1843** Lucien Vidie, Γάλλος επιστήμονας, εφηύρε και



έχτισε το μεταλλικό βαρόμετρο, το οποίο χρησιμοποιεί ένα ελατήριο ισοζυγίου αντί ενός υγρού για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεση. Η επέκταση ελατηρίου υπό πίεση

μηχανικά ενισχυτή σε ένα σύστημα δεικτών.

Χρησιμοποιεί τη μέθοδο του δείκτη Vidie, Eugene

Bourdon (ιδρυτής της Bourdon Sedeme Εταιρεία) πατενταρισμένο 1849

ο σωλήνας Bourdon μετρητή πίεσης για υψηλότερες πιέσεις.

## Ηλεκτρικές Τεχνολογίες Μέτρηση



**1930** Η πρώτη Μορφοτροπείς πίεσης ήταν μεταγωγής μηχανισμών όπου οι κινήσεις των διαφραγμάτων, ελατήρια ή Bourdon σωλήνες είναι μέρος ενός ηλεκτρικού ποσότητα.

διαφράγματα πίεσης είναι μέρος μιας χωρητικότητας. Η κίνηση του δείκτη είναι η ίδρυση του ποτενσιόμετρο .

Οι πρώτοι αισθητήρες και όργανα μέτρησης είναι μηχανικά . η αρχή λειτουργίας του πρώτου θερμομέτρου βασίζεται στην μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων με την θερμοκρασία , ενώ του βαρόμετρου στην μεταβολή της στάθμης ενός ρευστού ανάλογα με την ασκούμενη σε αυτό πίεση . Η συστηματική μελέτη του ηλεκτρισμού οδήγησε στην ανάπτυξη νέων αισθητήρων – ηλεκτρικών - , η έξοδος των όποιων ήταν ένα αναλογικό σήμα . η ανάπτυξη των ημιαγωγών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αισθητήρων αλλά και ψηφιακών οργάνων μέτρησης .

Για να συνειδητοποιήσει κάνεις τη ραγδαία εξέλιξη στον τομέα των αισθητήρων αρκεί να θυμηθεί ότι τα αυτοκίνητα παράγωγης της δεκαετίας του 60' και του 70', περιελάμβαναν δυο μονό απλούς ηλεκτρικούς αισθητήρες , ένα για την μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και ένα δεύτερο για την μέτρηση της στάθμης του καύσιμου . Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλαπλάσιους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την

- Μέτρηση στρόφων του κινητήρα
- Μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής
- Μέτρηση κρουστικής καύσης
- Μέτρηση θερμοκρασίας του κινητήρα
- Μέτρηση μάζας αέρα

Εμείς θα ασχοληθούμε κυρίως με αισθητήρες αυτοκινήτου - την αρχή λειτουργίας τους στον καθένα ξεχωριστά στην συνέχεια . Ας δούμε γενικά τους αισθητήρες πως λειτουργούν και τα χαρακτηριστικά τους .

## **Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων**

Τα στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων αναφέρονται στην κατάσταση κατά την οποία έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ αισθητήρα και μετρούμενου μεγέθους. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο πρέπει το μετρούμενο μέγεθος είτε να είναι σταθερό , είτε να μεταβάλλεται πολύ αργά σε σχέση με την δυνατότητα του αισθητήρα να αντιληφθεί τη μεταβολή αυτή.

## **Πιστότητα**

Με τον όρο πιστότητα αποδίδεται ο αγγλικός όρος accuracy . Η πιστότητα δε σχετίζεται με τον αριθμό των δεκαδικών ψηφίων με τον οποίο μπορεί να γίνει η μέτρηση , αλλά με το κατά πόσο το αποτέλεσμα που δίνει ο αισθητήρας πλησιάζει την φυσική πραγματικότητα , μέσα σε ένα λογικό εύρος τιμών . Η πιστότητα δίνεται συνήθως ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα . Αν για παράδειγμα ένας αισθητήρας πίεσης , περιοχής λειτουργίας 0 – 10 bar έχει πιστότητα  $\pm 1.0$  % της πλήρους κλίμακας , τότε η μέγιστη αβεβαιότητα του αισθητήρα θα είναι ίση με 0.1 bar . Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αισθητήρας δίνει ως αποτέλεσμα 1 bar , τότε η μέγιστη αναμενόμενη αβεβαιότητα θα

είναι ίση με το 10% της τιμής αυτής . Για τον λόγο αυτό θα πρέπει το εύρος λειτουργίας των αισθητήρων να είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στο εύρος των μετρομένων τιμών , ώστε να εξασφαλίζεται η μεγίστη δυνατή πιστότητα των μετρήσεων . Αν δηλαδή έχουμε μία εφαρμογή στην οποία οι πιέσεις μεταβάλλονται στο διάστημα 0 – 1 bar είναι λάθος να επιλέξουμε αισθητήρα περιοχής λειτουργίας 0 – 10 bar .

## **Ακρίβεια, επαναληψιμότητα, αναπαραγωγιμότητα**

Ο όρος ακρίβεια (precision) εκφράζει τον βαθμό ελευθερίας του αισθητήρα από τυχαία σφάλματα . Αν πάρουμε μεγάλο αριθμό μετρήσεων από ένα ακριβή αισθητήρα , τότε η μεταξύ τους διασπορά θα είναι μικρή . Η ακρίβεια συγγέεται συχνά με την πιστότητα . Η μεγάλη ακρίβεια δεν σημαίνει κατ' ανάγκην και μεγάλη πιστότητα . Ένας ακριβής αισθητήρας μπορεί να έχει κακή πιστότητα . Κακής πιστότητας μετρήσεις από ένα ακριβή αισθητήρα σημαίνει ότι οι μετρήσεις έχουν συστηματικό σφάλμα (bias) , γεγονός το οποίο μπορεί να διορθωθεί με βαθμονόμηση (διακρίβωση) του αισθητήρα.

## **Ανοχή**

Η ανοχή συνδέεται στενά με την πιστότητα και ορίζει το μέγιστο αναμενόμενο σφάλμα μιας τιμής . δεν πρόκειται για στατικό χαρακτηριστικό ενός αισθητήρα , αλλά το αναφέρουμε γιατί πολλές φορές η πιστότητα δίνεται ως ανοχή.

## **Εύρος**

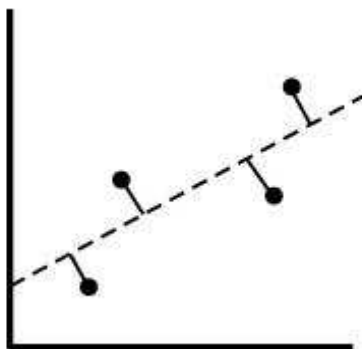
Με τον όρο εύρος αναφερόμαστε στην ελάχιστη και την μέγιστη τιμή του φυσικού μεγέθους που μπορεί να μετρήσει ένας αισθητήρας .

## **Συστηματικό σφάλμα**

Ως συστηματικό σφάλμα (bias) είναι ένα σταθερό σφάλμα , το ίδιο για όλο το εύρος του αισθητήρα , το οποίο συνήθως μπορεί να μηδενιστεί μέσω βαθμονόμησης .  
Χαρακτηριστικό παράδειγμα συστηματικού σφάλματος



εμφανίζεται στις οικιακές ζυγαριές , οι οποίες μπορεί να δείχνουν μη μηδενική ένδειξη , ακόμη και χωρίς φορτίο . Αυτή η μη μηδενική ένδειξη που παίρνουμε κατά τη μέτρηση ώστε να προκύψει η πραγματική τιμή.



Σχήμα 1.1 Χαρακτηριστική εξόδου αισθητήρα

## Γραμμική απόκριση

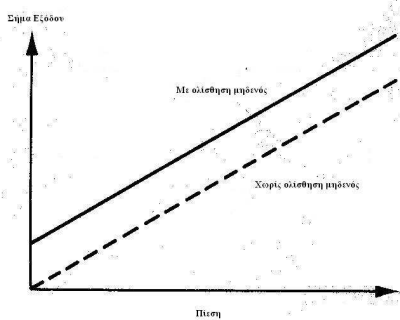
Είναι γενικά επιθυμητό η απόκριση ενός αισθητήρα να μεταβάλλεται γραμμικά με το μετρούμενο μέγεθος . Τα σημεία του Σχ. 1.1 απεικονίζουν την σχέση μεταξύ σήματος εισόδου (οριζόντιος άξονας ) και εξόδου (κατακόρυφος άξονας) ενός αισθητήρα . Η γραμμή μεταξύ των σημείων χαράσσεται εφαρμόζοντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων . Η μη – γραμμικότητα εκφράζεται ως η μέγιστη απόκλιση μεταξύ των σημείων και της γραμμής . Η μη – γραμμικότητα εκφράζεται συνήθως ως απόκλιση του εύρους του αισθητήρα .

## Ευαισθησία στη μέτρηση

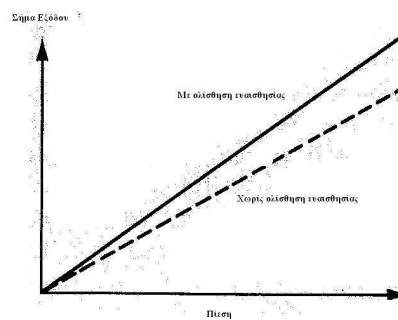
Πρόκειται για το λόγο της μεταβολής στην ένδειξη του αισθητήρα , προς τη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που την προκάλεσε. . Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι η ευαισθησία ισούται με την εφαπτομένη της γραφικής παράστασης .

## Ευαισθησία στη διαταραχή

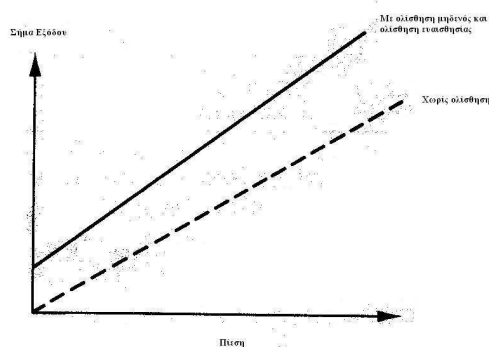
Η βαθμονόμηση και τα χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα ισχύουν όταν αυτό λειτουργεί εντός συγκεκριμένου εύρους περιβαλλοντικών συνθηκών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η μάζα αέρα κ.λπ. Το εύρος καθορίζεται από τον κατασκευαστή του αισθητήρα. Μεταβολή κάποιας από τις παραμέτρους αυτές ενδέχεται να μεταβάλει κάποιο από τα στατικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Η μεταβολή αυτή ορίζεται ως η ευαισθησία στη διαταραχή. Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα που μεταβάλλονται είναι κυρίως δύο και είναι γνωστά ως ολίσθηση του μηδενός (zero drift) και ολίσθηση ευαισθησίας (sensitivity drift).



(a)



(b)



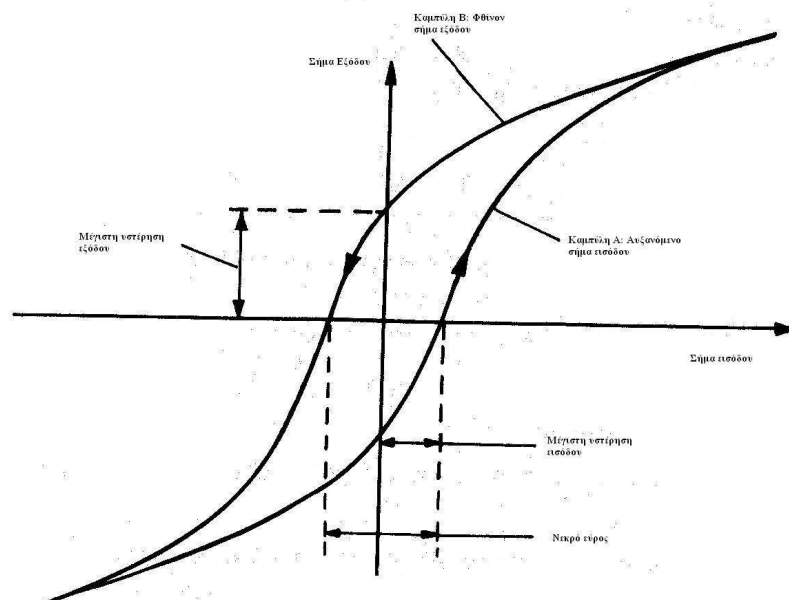
(c)

Σχήμα 1.2 : (a) Ολίσθηση μηδενός, (b) Ολίσθηση ευαισθησίας, (c) Συνδυασμένη επίδραση των δύο ολισθήσεων.

Η ολίσθηση του μηδενός είναι το μη μηδενικό σήμα εξόδου του αισθητήρα όταν το σήμα είναι μηδέν, λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Μετράται συνήθως σε V.C-1 στην περίπτωση π.χ βολτομέτρου το οποίο έχει επηρεαστεί από τη μεταβολή

της θερμοκρασίας . Αν ένας αισθητήρας επηρεάζεται από αντίστοιχες σε αριθμό ολισθήσεις του μηδενός , μία για κάθε επηρεάζουσα του αισθητήρα παράμετρο . Χαρακτηριστική ολίσθηση μηδενός αισθητήρα πίεσης , φαίνεται στο Σχ. 1.2

Η ολίσθηση ευαισθησίας ορίζεται ως το ποσό μεταβολής της ευαισθησίας ενός αισθητήρα λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών . Εκφράζεται μέσω συντελεστών ολίσθησης ευαισθησίας , οι οποίοι εκφράζουν το μέγεθος της ολίσθησης ανά μονάδα μεταβολής της περιβαλλοντικής παραμέτρου που την προκάλεσε . Το Σχήμα b δείχνει την επίδραση της ολίσθησης ευαισθησίας στα χαρακτηριστικά εξόδου ενός αισθητήρα . Η συνδυασμένη επίδραση των ολισθήσεων μηδενός και ευαισθησίας στα χαρακτηριστικά εξόδου ενός αισθητήρα φαίνεται στο Σχήμα c



Σχήμα 2 . Χαρακτηριστικά εξόδου αισθητήρα με υστέρηση

## Υστέρηση

Στο Σχήμα 2 φαίνεται το σήμα εξόδου ενός αισθητήρα ο οποίος παρουσιάζει υστέρηση . Αν η τιμή του σήματος εισόδου μεταβάλλεται σταθερά , ξεκινώντας από αρνητικές τιμές το σήμα εξόδου περιγράφεται από την καμπύλη A. Αν κατόπιν το σήμα εξόδου μειώνεται σταδιακά , τότε το σήμα εξόδου περιγράφεται από την καμπύλη B. Η μη ταύτιση των δύο καμπυλών <<φορτίσεως - εκφορτίσεως>> είναι γνωστή ως υστέρηση. Η υστέρηση εκφράζεται μέσω της μέγιστης υστέρησης εξόδου, οι οποίες ορίζονται όπως φαίνεται στο Σχήμα 2

## **ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**

### **ΠΡΩΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ**

Μεταβολή της ένδειξης του αισθητήρα

i) ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΙ

ii) ΨΗΦΙΑΚΟΙ

### **ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ**

Επαφή του αισθητήρα με το μετρούμενο μέγεθος

i) ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΠΑΦΗΣ

ii) ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΗ ΕΠΑΦΗΣ

### **ΤΡΙΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ**

Χρήση εξωτερικής πηγής από τον αισθητήρα

i) ΠΑΘΗΤΙΚΟΙ

ii) ΕΝΕΡΓΟΙ

### **ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ**

Αρχή λειτουργίας του αισθητήρα

i) **ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ**

ii) **ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ**

iii) **ΘΕΡΜΙΚΟΙ**

iv) **ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥΣ**

v) **ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ**

vi) **ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥΣ**

vii) **ΧΩΡΗΤΙΚΟΥΣ**

viii) **ΟΠΤΙΚΟΥΣ**

ix) **ΧΗΜΙΚΟΥΣ**

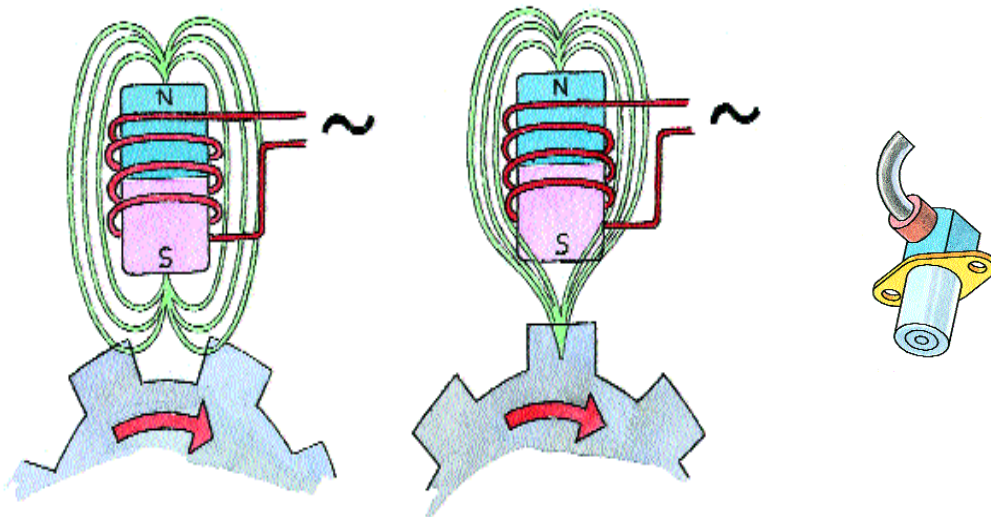
## Παράγοντες επίδρασης από το περιβάλλον

- Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
- ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΤΥΠΗΜΑΤΑ
- ΣΚΟΝΗ ΚΑΙ ΞΕΝΑ ΣΩΜΑΤΑ
- ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΝΕΡΟ
- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ
- ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

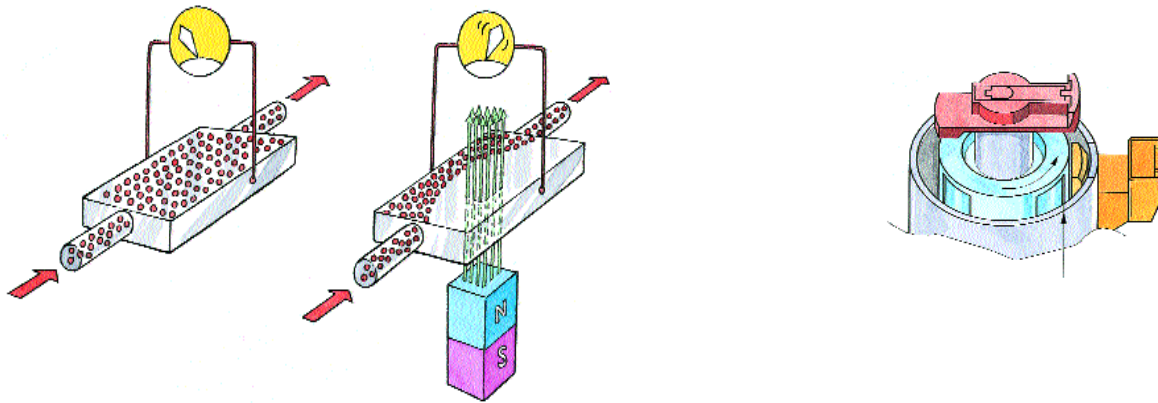
## Οι αισθητήρες και αρχή λειτουργίας σε εικόνα

Ας δούμε κάποιους από τους αισθητήρες και την αρχή λειτουργίας τους , όπου συναντάμε σε ένα αυτοκίνητο , στην συνέχεια θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά για τους 5 αισθητήρες όπου και θα αναλύσουμε εκτενέστερα .

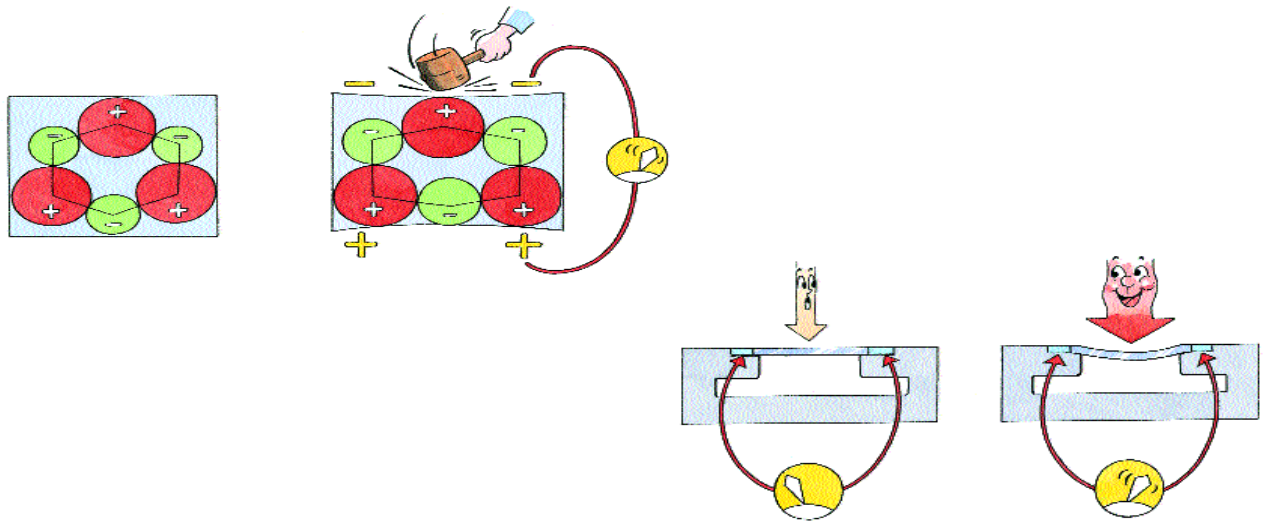
### ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ



## ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ HALL



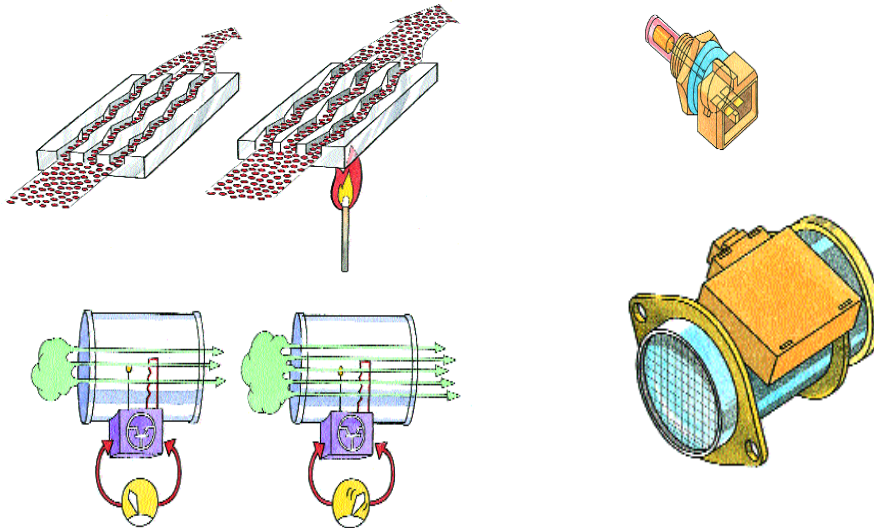
## ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ



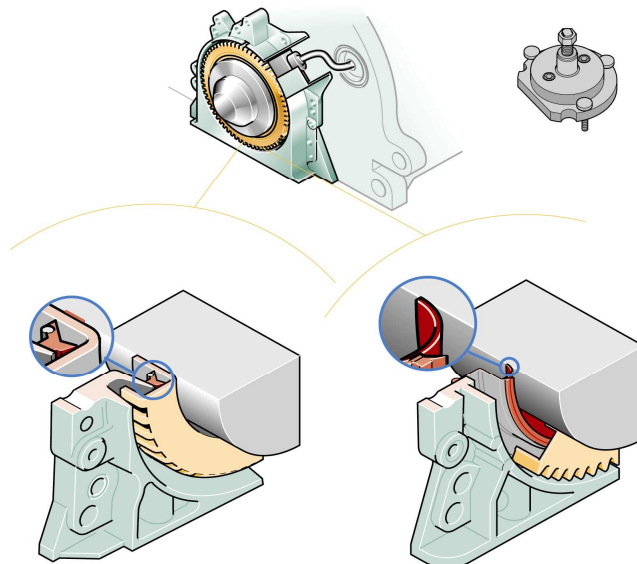
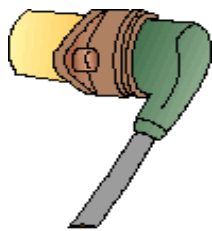
## ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΓΩΓΙΜΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ



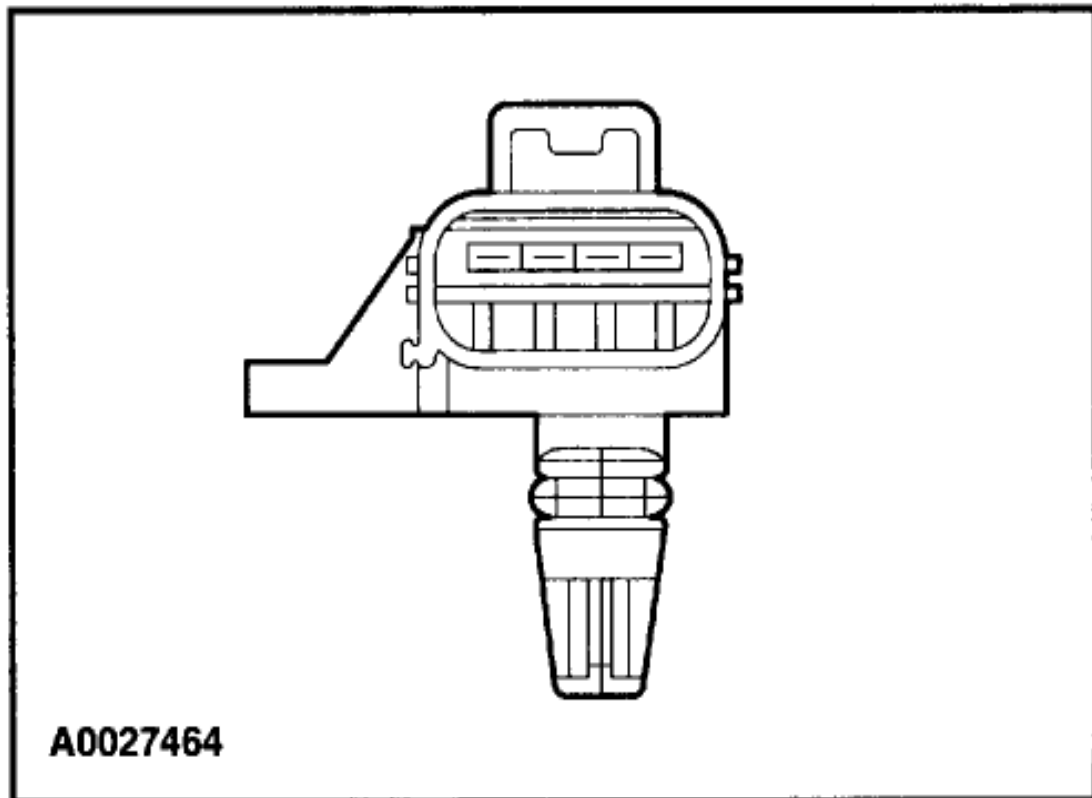
## ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ



## ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΡΟΦΩΝ



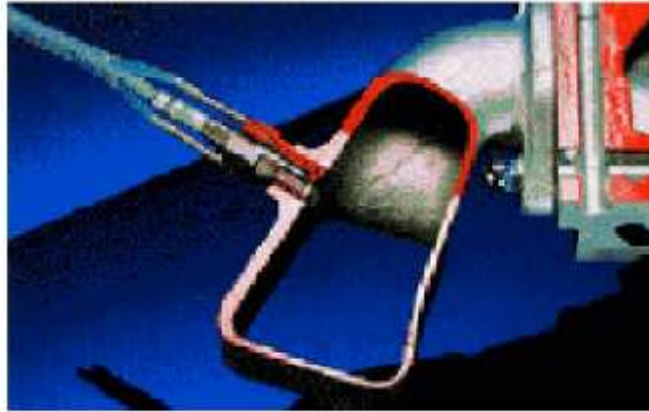
## Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (MAP)



Σχήμα 1 . Αισθητήρας απόλυτης πίεσης

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο όπου χρειάζεται ο κινητήρας για να δουλεύει σωστά είναι , η μέτρηση υποπίεσης ( ή της απόλυτης πίεσης ) του εισερχομένου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα . Οι πιο πολλοί κινητήρες λειτουργούν με φυσική εισαγωγή αέρα δηλαδή οι κύλινδροι γεμίζουν με αέρα με τη βοήθεια της ατμοσφαιρικής πίεσης . Η υποπίεση είναι ένδειξη για το φορτίο και την ισχύ του κινητήρα,





Σχήμα 2. Ο αισθητήρας τοποθετημένος στην εισαγωγή

Αφού μικρή πίεση σημαίνει ότι δεν υπάρχει αρκετός αέρας και έτσι είναι δυνατό να καταναλωθεί πιο πολύ καύσιμο για παραγωγή ισχύος . Η πληροφορία της μέτρησης απόλυτης πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή αέρα χρησιμοποιείται για να ρυθμιστεί η πίεση στο σύστημα διανομής καύσιμου και ο χρονισμός της ανάφλεξης . Ακόμα ένα πρόβλημα για τον κινητήρα είναι η βαρομετρική πίεση της ατμόσφαιρας που χρειάζεται να μετράται , με σκοπό την συμπλήρωση της απώλειας ισχύος από την μειωμένη εισαγωγή αέρα λόγω της υποπίεσης .

Για όλους τους παραπάνω λόγους όπου χρειάζεται ο κινητήρας αυτές τις πληροφορίες – μετρήσεις έχει κατασκευαστεί ο αισθητήρας απόλυτης πίεσης γνωστός και ως **MAP Manifold Absolute Pressure** .

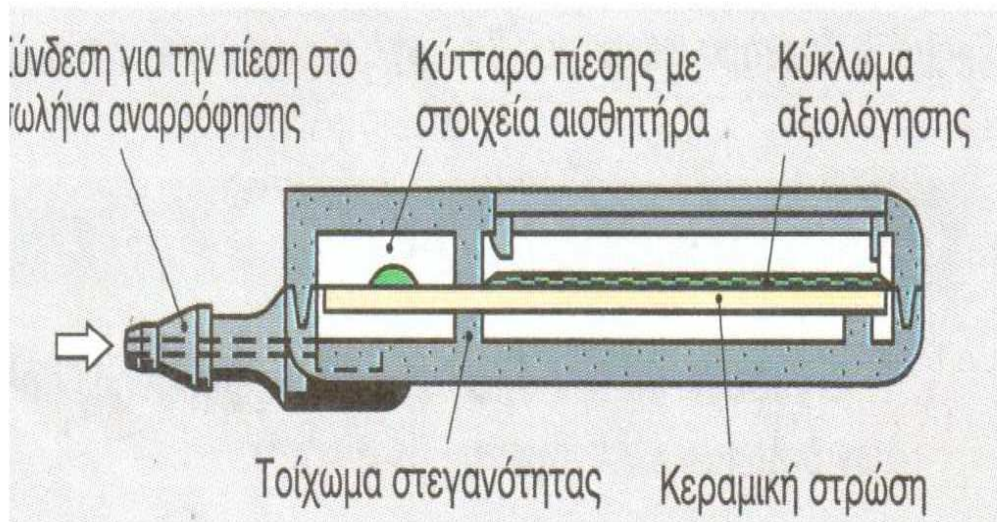


Σχήμα 3. Τοποθέτηση του αισθητήρα στην εισαγωγή αέρα του κινητήρα .

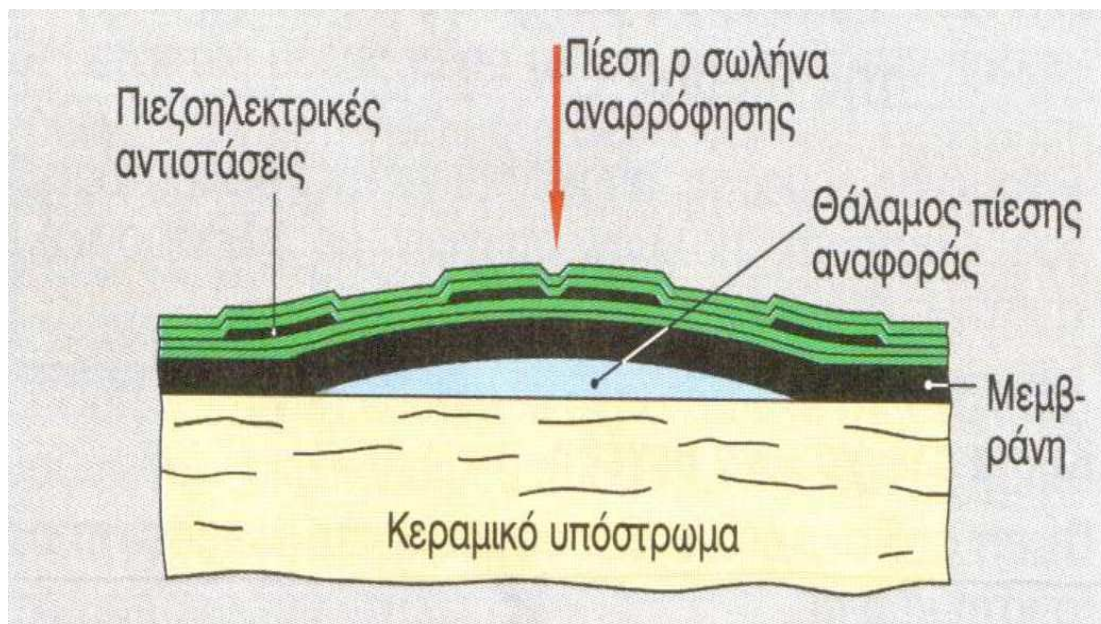


Σχήμα 4. δυο μοντέλα αισθητήρων της εταιρίας BOSCH

Το σήμα του **αισθητήρα** χρησιμοποιείται για την μέτρηση του φορτίου του κινητήρα (σε συνάρτηση με τον αριθμό στροφών) και είναι βασικό για τον υπολογισμό της διάρκειας ψεκασμού. Ο αισθητήρας είναι συνδεδεμένος μέσω ενός σωλήνα υποπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα γκαζιού.



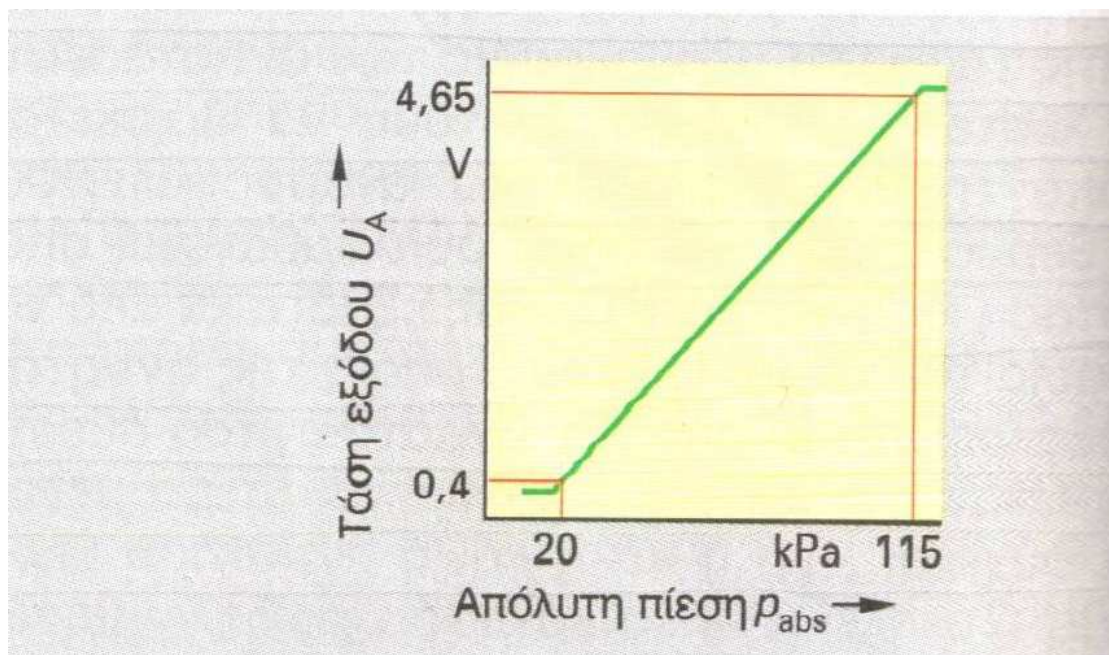
Σχήμα 5 . Σωλήνας αναρρόφησης



Σχήμα 6 . Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

Είναι ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας και αυτό σημαίνει ότι η αντίστασή του μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η πίεση. Αποτελείται από ένα κύκλωμα ενίσχυσης του σήματος και ένα τσιπ πυριτίου, που επάνω του έχει 4 ηλεκτρικές αντιστάσεις συνδεδεμένες σε γέφυρα. Το τσιπ βρίσκεται μέσα σε ένα στεγανό θάλαμο που έχει μία πίεση

αναφοράς (ατμοσφαιρική). Ο θάλαμος χωρίζεται σε δυο μέρη. Στο ένα βρίσκεται το τσιπ (όπου επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση) και στο άλλο μέρος έχουμε την πίεση που θέλουμε να μετρήσουμε, δηλαδή η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής. Όταν μεταβάλλεται η πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής, η μεμβράνη πάνω στην οποία στηρίζεται το τσιπ κάμπτεται και αλλάζει η αντίστασή του. Επομένως αλλάζει και η τάση που διαβάζει η Μονάδα Ελέγχου Κινητήρα (**Engine Control Unit / ECU**), η οποία μεταφράζει την αλλαγή της τάσης σαν αλλαγή της πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής.



Σχήμα 7 . Χαρακτηριστική του αισθητήρα

Για να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία του αισθητήρα ας μελετήσουμε το παρακάτω παράδειγμα :

Το ακόλουθο παράδειγμα προϋποθέτει την ίδια ταχύτητα του κινητήρα και τη θερμοκρασία του αέρα.

- Κατάσταση 1:

Μια μηχανή να λειτουργεί σε WOT (τελείως ανοικτή πεταλούδα) πάνω σε ένα πολύ ψηλό βουνό έχει έναν MAP της τάξης του 15 "kPa Hg ή 50 (ουσιαστικά ίσο με το βαρόμετρο στο ότι μεγάλο υψόμετρο).

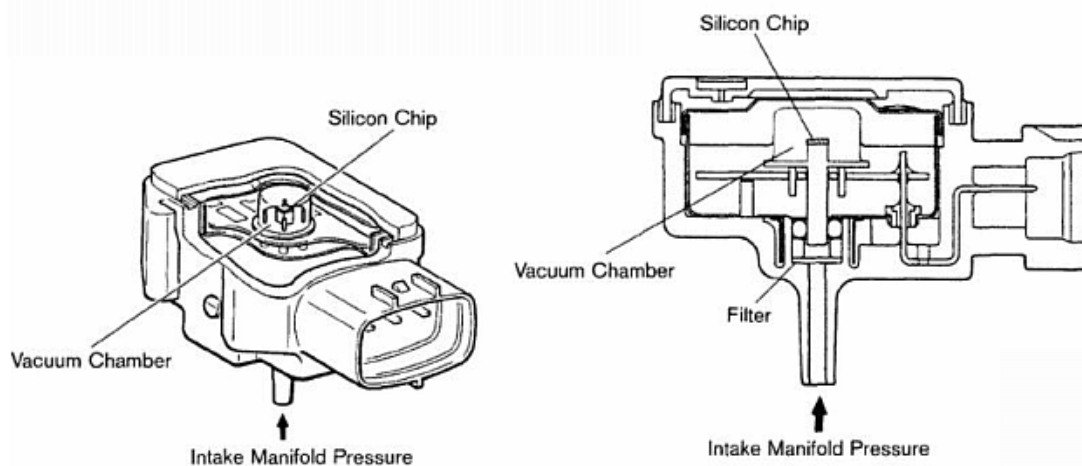
- Κατάσταση 2:

Το ίδιο κινητήρα στο επίπεδο της θάλασσας θα επιτύχει 15 "Hg της MAP σε λιγότερο από WOT λόγω του υψηλότερου βαρομετρική πίεση.

Ο κινητήρας απαιτεί την ίδια μάζα του καυσίμου και στις δύο συνθήκες, επειδή η μάζα του αέρα που εισέρχεται στους κυλίνδρους είναι το ίδιο.

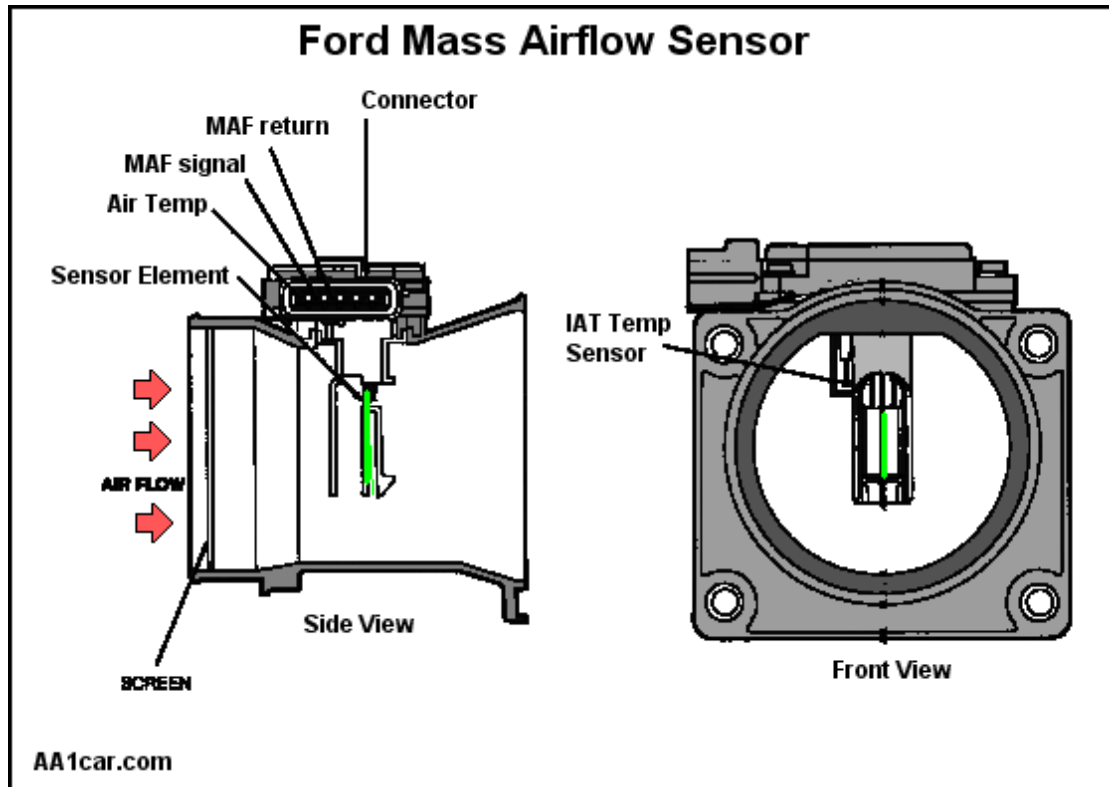
Αν το γκάζι είναι ανοιχτό σε όλη τη διαδρομή στην κατάσταση 2, η πολλαπλή απόλυτη πίεση θα αυξηθεί από 15 "Hg σε σχεδόν 30" Hg (~ 100 kPa), περίπου ίσο με το τοπικό βαρόμετρο, που σε κατάσταση 2 είναι το επίπεδο της θάλασσας. Όσο υψηλότερη είναι η απόλυτη πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής αυξάνει την πυκνότητα του αέρα, και με τη σειρά τους περισσότερα καύσιμα μπορούν να καταναλωθούν με αποτέλεσμα την υψηλότερη απόδοση.

Σχεδόν καθένας που έχει οδηγήσει ένα ψηλό βουνό είναι εξοικειωμένοι με την μείωση της παραγωγής του κινητήρα καθώς αυξάνεται το υψόμετρο.



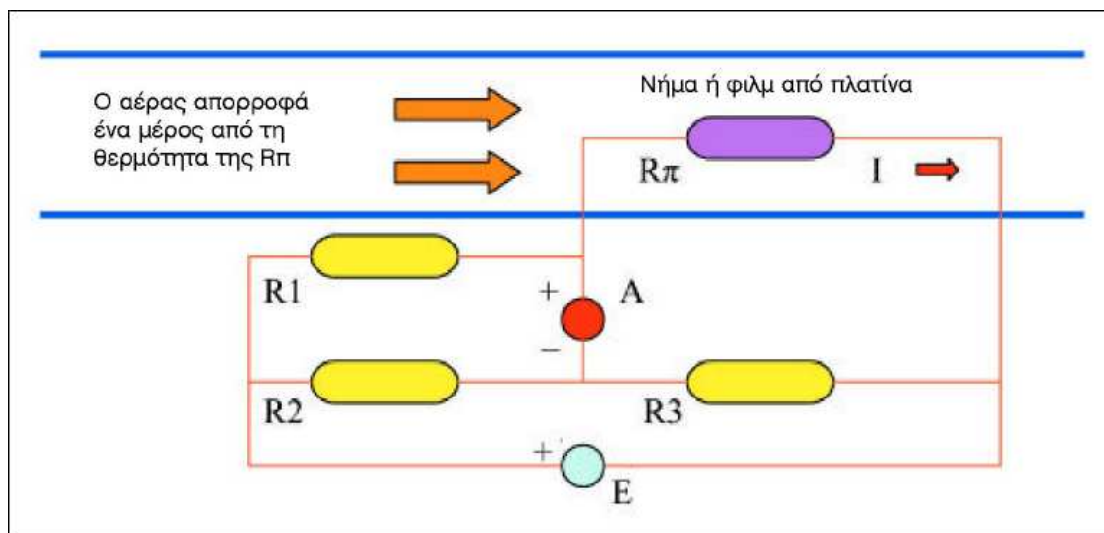
Σχήμα 8 . Σχέδιο αισθητήρα

## Αισθητήρας μάζας αέρα



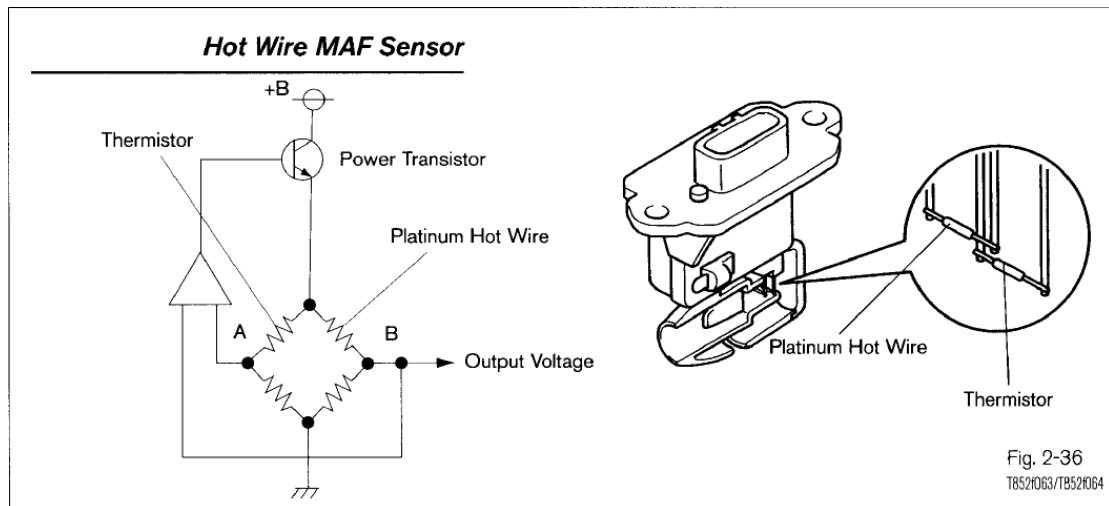
Σχήμα 1. Σχέδιο αισθητήρα

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

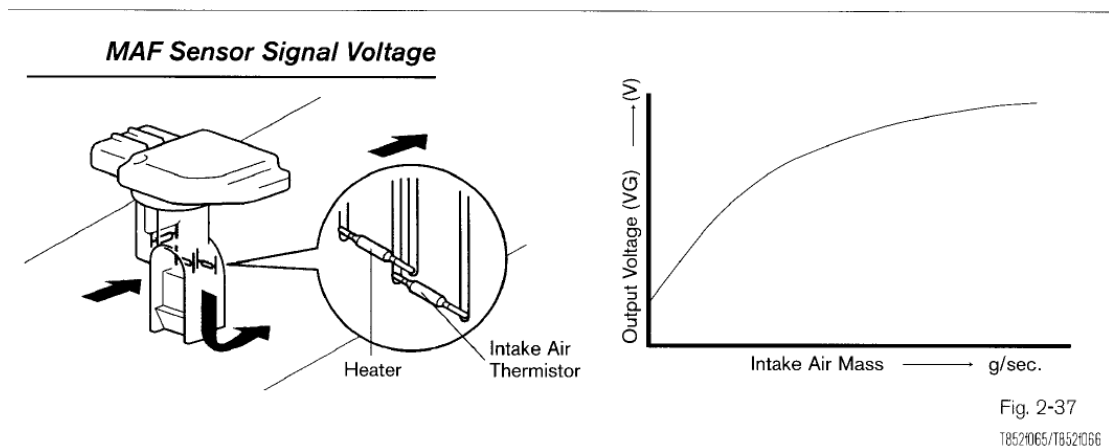


Σχήμα 2 . Αισθητήρας ροής μάζα αέρα σε συνδυασμό με γέφυρα

Το αισθητήριο (θερμό νήμα ή λεπτό φιλμ), βρίσκεται εκτεθειμένο στη ροή του αέρα εισαγωγής. Έχει επικάλυψη από πλατίνα και είναι μια αντίσταση τύπου PTC, δηλ. όσο αυξάνει και η θερμοκρασία αυξάνει και η τιμή της αντίστασης. Η αντίσταση αυτή είναι συνδεδεμένη σε γέφυρα με άλλες τρεις αντιστάσεις. Από αυτές η μια είναι ένα θερμίστορ NTC εκτεθειμένο στον εισερχόμενο αέρα, με τιμή που καθορίζεται από την θερμοκρασία του. Οι άλλες δυο έχουν σταθερή τιμή. Με το άνοιγμα του διακόπτη, το αισθητήριο έχει μικρή τιμή αντίστασης, οπότε ο άλλος κλάδος της γέφυρας έχει μικρότερη αντίσταση από τον αριστερό. Αυτό προκαλεί μεγάλη διαφορά δυναμικού και η γέφυρα έχει μεγάλη ένταση ρεύματος. Το ρεύμα αυτό θερμαίνει γρήγορα το αισθητήριο πλατίνας σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία (100°C ο θερμού νήματος και 75°C ο λεπτού φιλμ) πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα και η αντίσταση του αισθητηρίου αυξάνεται. Στην στιγμιαία κατάσταση αυτή, υπάρχει ισορροπία στην γέφυρα των αντιστάσεων.



Σχήμα 3 . Θερμού νήματος



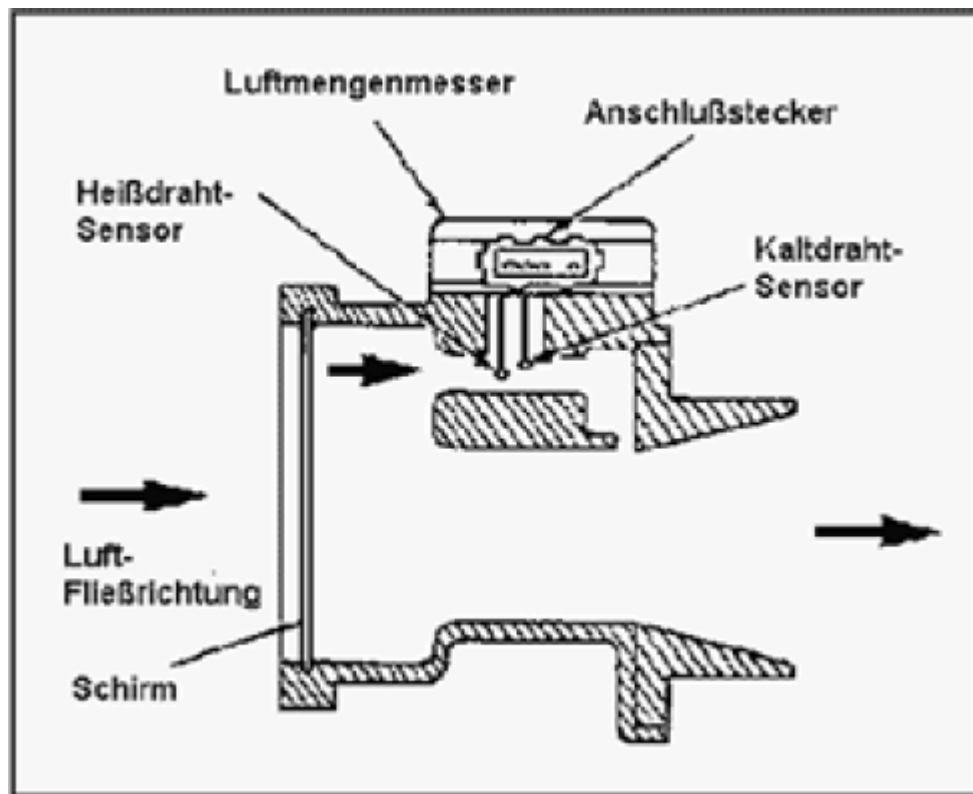
Σχήμα 4. Χαρακτηριστική του αισθητήρα

Όταν αρχίσει η ροή 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, η οποία δημιουργεί πτώση τάσης στην γέφυρα. Αυτή είναι ανάλογη με το ρυθμό ψύξης του αισθητήριου προσπαθώντας να κρατήσει την θερμοκρασία στην αρχική τιμή της. Αυτή την πτώση τάσης είναι που “διαβάζει” η ECU και



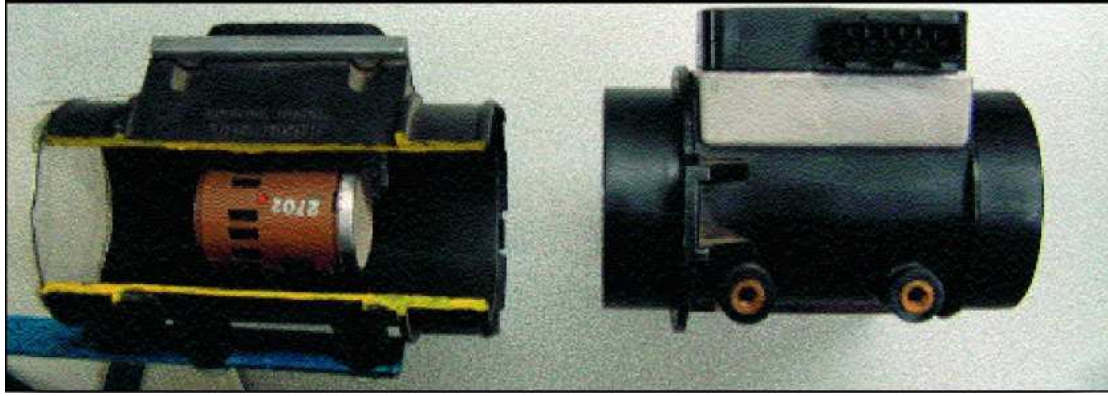
κυμαίνεται από 0,5-4,5 V, ανάλογα με την μάζα του εισερχόμενου αέρα.

Για την αποφυγή επικόλλησης σωματιδίων στο αισθητήριο, σε κάποιους τύπους θερμού νήματος, αφού κλείσει ο διακόπτης του κινητήρα, το αισθητήριο θερμαίνεται στους 1000°C για 1 δευτερόλεπτο, ώστε να καούν 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



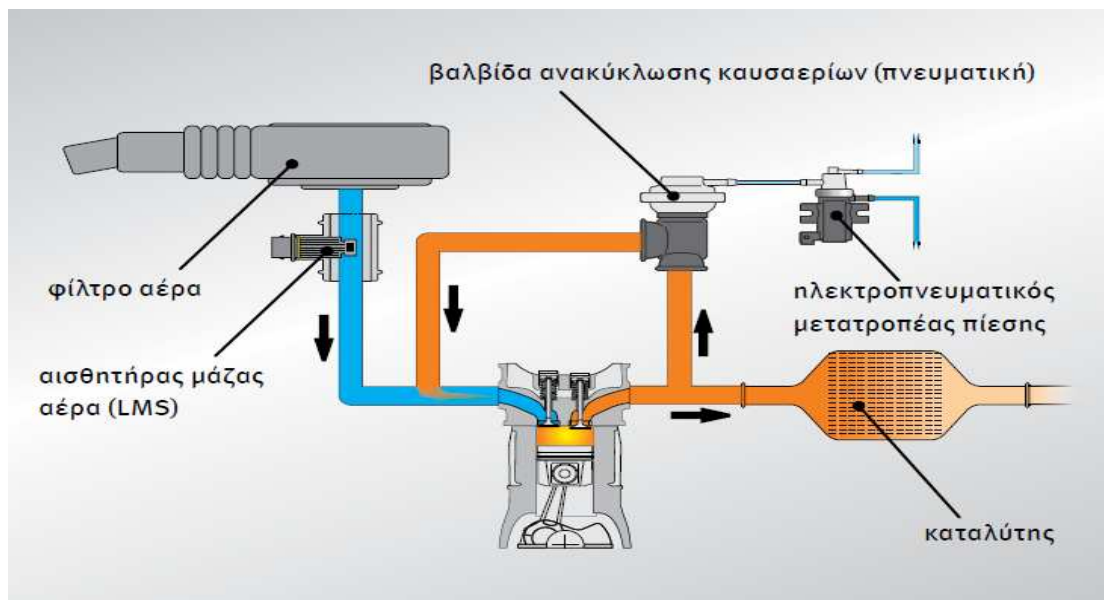
Σχήμα 5 . Σχέδιο με πλάγια τομή

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται δυο αισθητήρες ροής μάζας αέρα με θερμό νήμα (αριστερά) και φιλμ (δεξιά) . Οι αισθητήρες αυτοί έχουν επικρατήσει γιατί δεν έχουν κινητά μέρη και είναι ανεξάρτητοι από την πίεση και την πυκνότητα του αέρα



Σχήμα 6 . Αισθητήρες θερμού νήματος (αριστερά) και φιλμ (δεξιά)

Επιπλέον στους πετρελαιοκινητήρες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ανακύκλωσης καυσαερίων. Συνεπώς αποτελεί ένα κεντρικό εξάρτημα στο σύστημα τροφοδοσίας αέρα και για τη μείωση ρύπων. Οι αυστηρότερες απαιτήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος είχαν ως συνέπεια οι νέες γενιές των αισθητήρων μάζας αέρα να πρέπει να είναι όλο και πιο ακριβείς. Σε εκδόσεις με 2 ξεχωριστές γέφυρες μέτρησης μπορούν επιπλέον να αναγνωρίζονται παλμοί και αντίστροφες ροές.



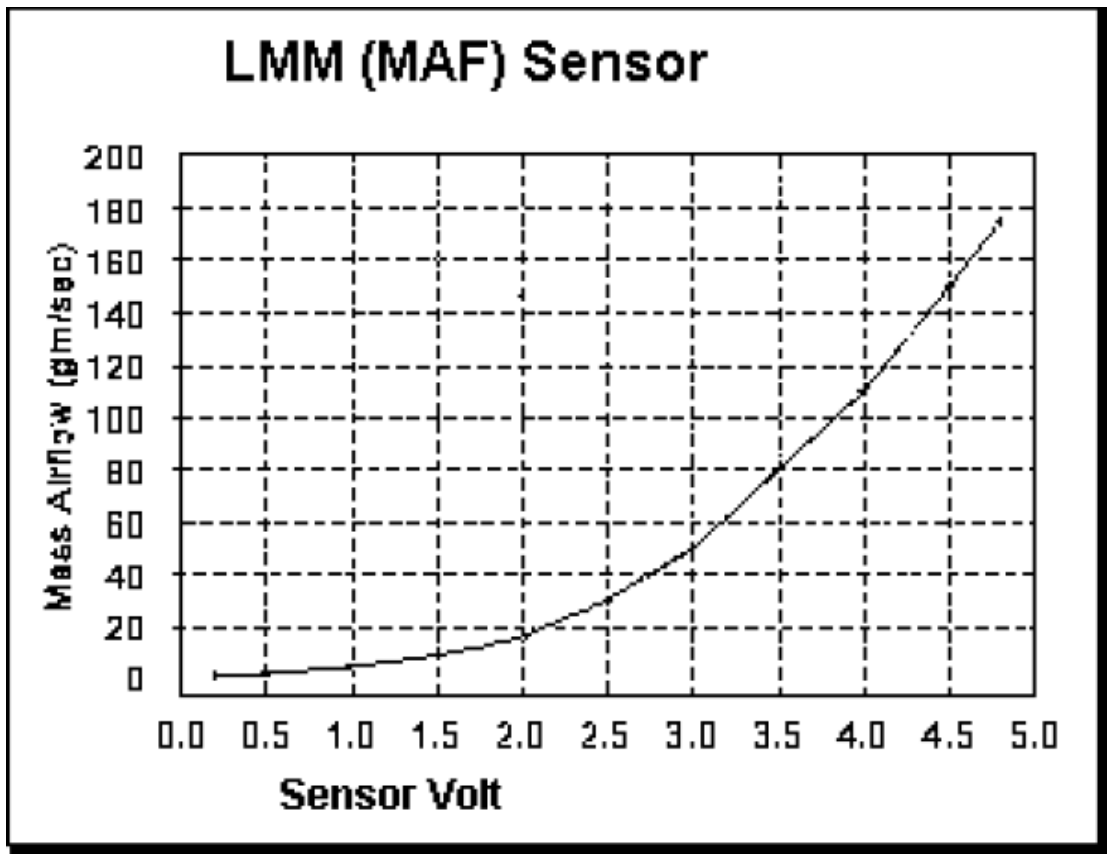
Η ανακύκλωση καυσαερίων (EGR) είναι μία επιβεβαιωμένη και δοκιμασμένη μέθοδος για τη μείωση ρύπων σε πετρελαιοκίνητα οχήματα. Για να είναι εφικτός ο ακριβής έλεγχος των ανακυκλούμενων καυσαερίων, η αναρροφώμενη μάζα αέρα πρέπει να καταγραφεί καταρχάς με μεγάλη ακρίβεια – αυτό είναι το καθήκον του αισθητήρα μάζας αέρα. Σε βενζινοκινητήρες λαμβάνεται υπόψη το σήμα ροής μάζας αέρα για τον ακριβή προσδιορισμό της κατάστασης φορτίου του κινητήρα και χρησιμεύει ως μέγεθος εισόδου για τη χαρτογράφηση της ανάφλεξης. Επιπλέον, το σήμα του αισθητήρα μάζας αέρα στον βενζινοκινητήρα αντισταθμίζει την έλλειψη σήματος αισθητήρα λάμδα στη διάρκεια της φάσης κρύας εκκίνησης. Συχνά οι αισθητήρες μάζας αέρα συγχέονται με τους μετρητές ποσότητας αέρα. Ο μετρητής ποσότητας αέρα ωστόσο καταγράφει μόνο τον όγκο του αέρα. Αντίθετα, οι αισθητήρες μάζας αέρα είναι πολύ πιο ακριβείς, καθώς κατά την καταγραφή της μάζας αέρα λαμβάνονται υπόψη επιπλέον η θερμοκρασία και η πίεση.



Σχήμα 7. Τοποθέτηση αισθητήρα στην εισαγωγή



Σχήμα 8 . Θερμό νήμα



Σχήμα 9 . Χαρακτηριστική καμπύλη αισθητήρα

LMM ροής (gm / sec)	Τάση εξόδου (Volt)
0	0,2
2	0,7
4	1,0
8	1,5
15	2,0
30	2,5
50	3,0
80	3,5
110	4,0
150	4,5
175	4,0

Σχήμα 10 . Μετρήσεις κατασκευαστή

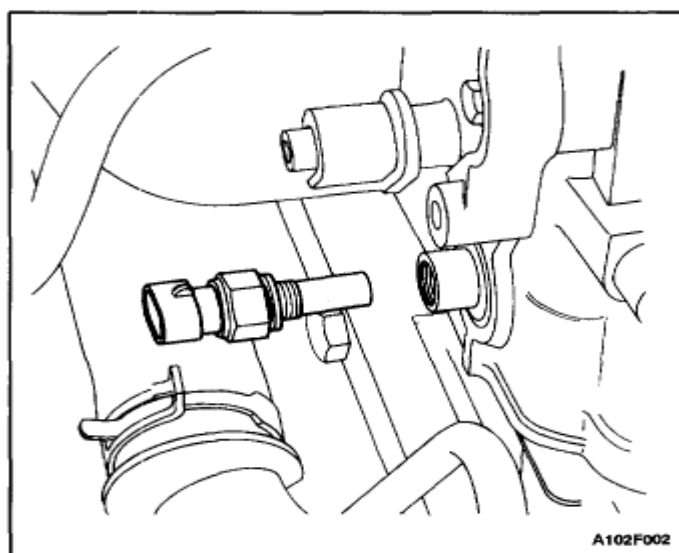
## Αισθητήρας θερμοκρασίας

Σκοπός των αισθητήρων θερμοκρασίας είναι να μετρούν με ακρίβεια τη θερμοκρασία υγρών ή αερίων σε διάφορα συστήματα του αυτοκινήτου και να αναφέρουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο μικροϋπολογιστή, για να κάνει τις κατάλληλες ρυθμίσεις. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στα διάφορα συστήματα γίνεται διαρκώς και επιβάλλεται, επειδή ένας κρύος κινητήρας απαιτεί ειδικές ρυθμίσεις για την εκκίνηση και λειτουργία του.

Επιπλέον, η υψηλή θερμοκρασία μεταβάλλει την πυκνότητα υγρών και αερίων αλλάζοντας κυρίως τη σύσταση και πίεση του μείγματος καυσίμου - αέρα, ενώ παράλληλα αποτελεί κριτήριο της ομαλής λειτουργίας ενός κινητήρα και ένδειξη του φορτίου του

(μεταφερόμενο βάρος, ανήφορος). Τέλος η υψηλή θερμοκρασία αποτελεί το σήμα κινδύνου για επερχόμενες βλάβες από διαστολές εξαρτημάτων λόγω υπερθέρμανσης και για την ύπαρξη συνθηκών παραγωγής βλαβερών καυσαερίων (θερμοκρασία καύσης πολύ μεγαλύτερη από 1300°C).

Ταυτόχρονα, είναι το σήμα ενεργοποίησης των συστημάτων ψύξης του κινητήρα και του συστήματος συναγερμού για τον οδηγό του οχήματος, που πρέπει να κάνει αμέσως κάποιες ενέργειες.



## **Οι βασικές εφαρμογές των αισθητήρων θερμοκρασίας σε υγρά και αέρια**

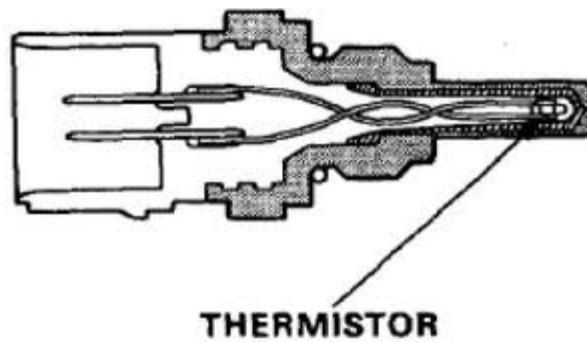
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού του κινητήρα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα , με σκοπό τον εμπλουτισμό του μείγματος καυσίμου - αέρα στον κρύο κινητήρα και την ενεργοποίηση του συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων στον υπέρθερμο κινητήρα, προκειμένου να γίνει μείωση των ρύπων οξειδίων του αζώτου NOx.
- Ακόμη η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού είναι κριτήριο ρύθμισης του χρονισμού, αφού απαιτείται προπορεία ανάφλεξης (θετικό αβάνς) στον κρύο κινητήρα και σταδιακή μείωσή του καθώς ο κινητήρας πλησιάζει την κανονική θερμοκρασία, ενώ παράλληλα είναι κριτήριο και για την ενεργοποίηση των ανεμιστήρων ψύξης.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου, με σκοπό τη ρύθμιση πολλών παραμέτρων, που αφορούν στη σύσταση και στη διάρκεια ψεκασμού του καυσίμου μείγματος.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας της βαλβολίνης σε ηλεκτρονικά κιβώτια ταχυτήτων, με σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία και την πρόληψη φθορών από υπερφόρτιση του συστήματος μετάδοσης κίνησης.

## **Οι βασικές εφαρμογές των αισθητήρων θερμοκρασίας σε αέρια είναι:**

- Η μέτρηση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα , με σκοπό τη ρύθμιση της ποσότητας του απαιτούμενου αέρα για τη διατήρηση των στροφών του κρύου κινητήρα στο ρελαντί, τη θέρμανση του εισερχόμενου αέρα και γενικά τη βελτίωση της συμπεριφοράς του κρύου κινητήρα.
- Η μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, με σκοπό τη ρύθμιση παραμέτρων, που αφορούν στη σύσταση και στη διάρκεια ψεκασμού του καυσίμου μείγματος.
  - Στην περίπτωση ύπαρξης συστήματος ενίσχυσης της ισχύος του κινητήρα (turbo), η θερμοκρασία των καυσαερίων παίζει ιδιαίτερο ρόλο, αφού τα καυσαέρια είναι η κινητήρια δύναμη της συμπίεσης του αέρα και η σταθερή θερμοκρασία τους είναι κριτήριο της ομαλής λειτουργίας αυτού του συστήματος.
  - Η μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του αέρα στο χώρο των επιβατών, με σκοπό τη ρύθμιση του συστήματος κλιματισμού.

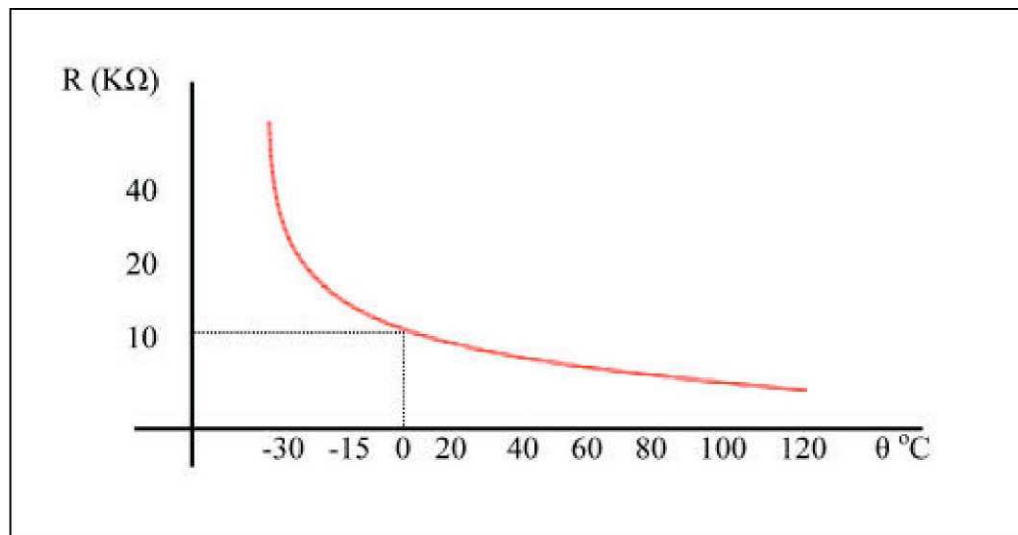
Η ιδέα μέτρησης της θερμοκρασίας στις περισσότερες περιπτώσεις, στηρίζεται στη μεταβολή της τιμής μιας αντίστασης με την αλλαγή της θερμοκρασίας. Έτσι, από τα διάφορα είδη αισθητήρων θερμοκρασίας, το επικρατέστερο είναι το γνωστό θερμίστορ. Ένα άλλο είδος αισθητήρα θερμοκρασίας είναι ο διμεταλλικός διακόπτης.





Σχήμα 1 . Αισθητήρας θερμοκρασίας θερμίστορ

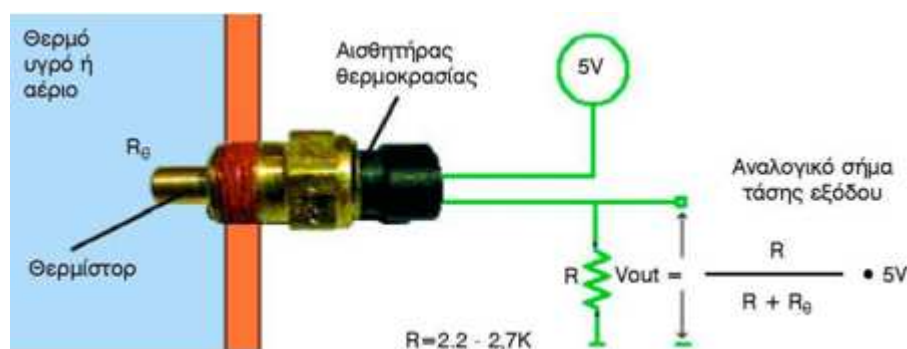
Το θερμίστορ είναι μια θερμική αντίσταση, που αλλάζει τιμή ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η ιδιότητά του αυτή αποτελεί την αρχή λειτουργίας των αισθητήρων θερμοκρασίας για υγρά και για αέρια. Σε αντίθεση με τις μεταλλικές αντιστάσεις, η τιμή των οποίων αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, η αντίσταση ενός θερμίστορ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα .



Χαρακτηριστική καμπύλη αντίστασης θερμίστορ

Επομένως, το θερμίστορ έχει αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας (*NTC, Negative Temperature Coefficient*), που οφείλεται στα κεραμικά ημι-αγωγά υλικά, από τα οποία είναι κατασκευασμένο.

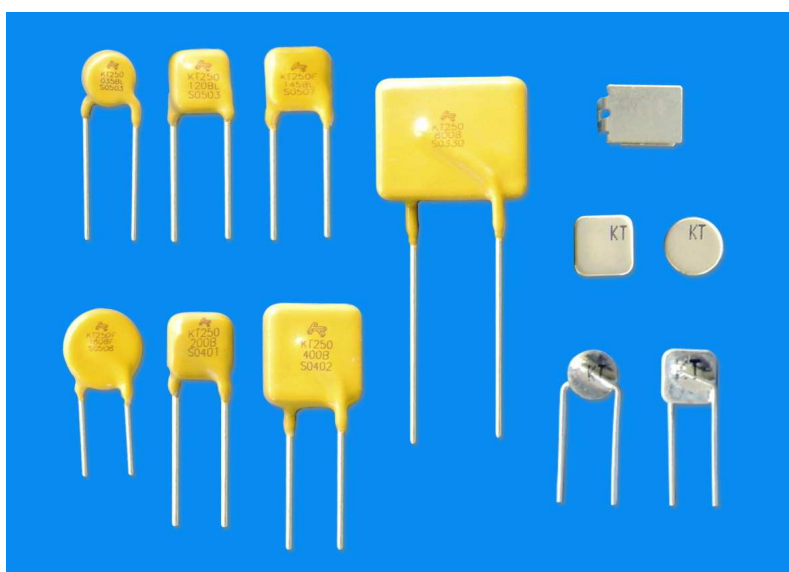
## Θερμίστορ με διαιρετή τάσης



Σχήμα 2. Θερμίστορ με διαιρετή τάσης

Το θερμίστορ έχει επικρατήσει στις εφαρμογές αισθητήρων θερμοκρασίας, γιατί είναι πιο φθηνό από τις μεταλλικές αντιστάσεις, έχει δεκαπλάσια ευαισθησία και ικανοποιητικό χρόνο αντίδρασης στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η πρωτογενής μεταβολή της αντίστασης του θερμίστορ με την αλλαγή της θερμοκρασίας ανιχνεύεται με τη βοήθεια ενός διαιρέτη τάσης, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Είναι όμως δυνατό να χρησιμοποιηθεί και κύκλωμα γέφυρας Wheatstone. Με τον τρόπο αυτό παράγεται ένα δευτερογενές σήμα τάσης, που είναι ανάλογο προς τη θερμοκρασία. Ο αισθητήρας θερμίστορ εισάγεται συνήθως μέσα στο υγρό ή το αέριο τη θερμοκρασία του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε.

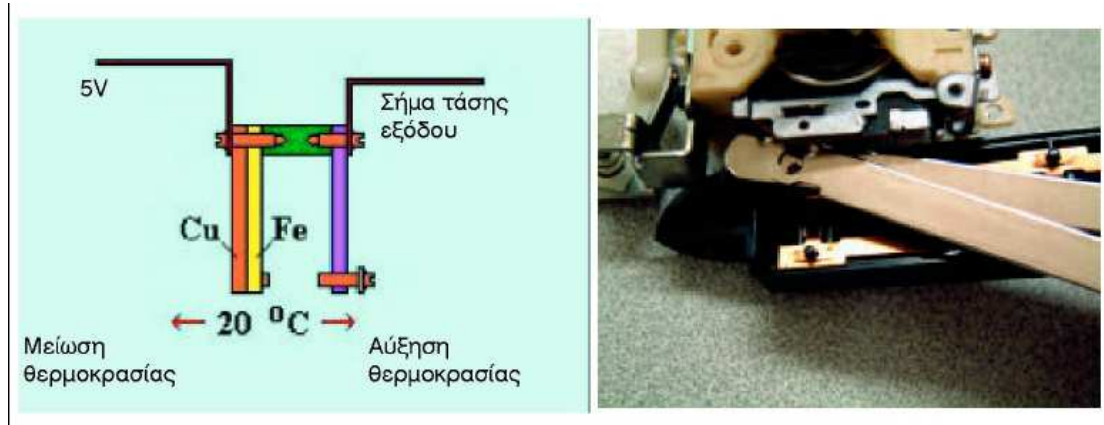
Το μεταλλικό του περίβλημα τον προστατεύει από διάφορες ανεπιθύμητες επιδράσεις του περιβάλλοντος (κτυπήματα, χημική επίδραση κ.λπ.). Ο διαιρέτης τάσης τροφοδοτείται με σταθερό δυναμικό και με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ο ενεργός αυτός αισθητήρας επαφής παράγει ένα αναλογικό σήμα τάσης. Το σχήμα και το μέγεθος των αισθητήρων θερμοκρασίας με θερμίστορ εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα .



Σχήμα 3 . Θερμίστορ διαφόρων διαστάσεων

## Διμεταλλικός διακόπτης (θερμοστάτης)

Όλα τα μέταλλα όταν θερμανθούν, διαστέλλονται και επιμηκύνονται με διαφορετικό όμως τρόπο το καθένα. Για παράδειγμα, ο χαλκός (Cu) και ο ψευδάργυρος (Zn) όταν θερμανθούν, διαστέλλονται πολύ περισσότερο από το σίδηρο (Fe). Η διαφορετική αυτή διαστολή των μετάλλων αποτελεί την *αρχή λειτουργίας* του διμεταλλικού διακόπτη, που είναι γνωστός και ως *θερμοστάτης*.



Σχήμα 4 . Θερμοστάτης

Ένας τέτοιος διακόπτης αποτελείται από δυο ελάσματα διαφορετικών μετάλλων που είναι ενωμένα, όπως δείχνει το παραπάνω σχήμα .

Όταν θερμανθούν τα ελάσματα, το σύστημα κάμπτεται προς το μέρος του ελάσματος που έχει τη μικρότερη διαστολή, ενώ συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο, όταν ψύξουμε τα δυο ελάσματα. Έτσι δημιουργείται μια επαφή που ανοιγοκλείνει αυτόματα, ανάλογα με την θερμοκρασία. Ο διμεταλλικός διακόπτης ή θερμοστάτης είναι ένας ενεργός αισθητήρας επαφής για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Τροφοδοτείται από μία σταθερή πηγή τάσης και δίνει ένα ψηφιακό σήμα τάσης εξόδου , που εξαρτάται από την θερμοκρασία των δυο ελασμάτων .

## Αισθητήρας κρουστικής καύσης



Το καύσιμο μείγμα συμπιέζει στο θάλαμο καύσης με πίεση 8 -15 Atm και θερμοκρασία 400 – 600 βαθμούς κελσίου . Με τη δημιουργεί του σπινθήρα αρχίζει η καύση του μείγματος και το μέτωπο της φλόγας αναπτύσσει τοπικά πίεση μέχρι και 40 Atm και θερμοκρασία καύσης μέχρι και 2000 βαθμούς κελσίου . Με την κατανάλωση όμως του αέρα και την έλλειψη οξυγόνου , η φλόγα εξασθενεί ομαλά . Αυτή η κανονική καύση , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα , εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως :

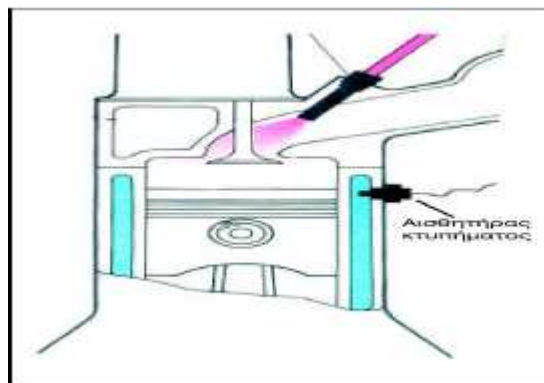
- 1) η ποιότητα του καυσίμου
- 2) οι συνθήκες λειτουργίας (φορτίο , θερμοκρασία κινητήρα κλπ)
- 3)ο σχεδιασμός του θαλάμου

Υπάρχουν όμως πολλές περιπτώσεις ακανόνιστης καύσης όπως:

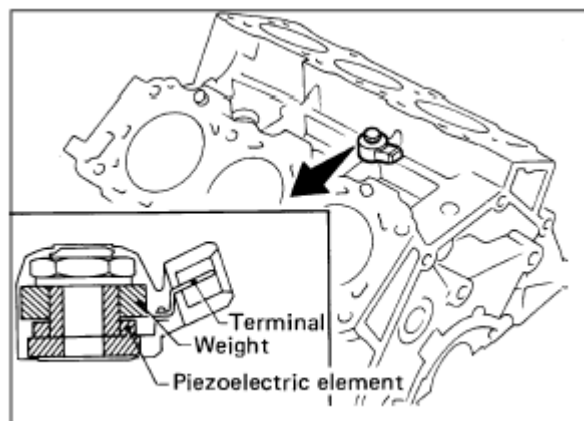
A) η **κρουστική καύση** ή **αυτανάφλεξη** (πειράκια) που οφείλεται κύρια στο ακατάλληλο καύσιμο , το οποίο δεν αντέχει σε υψηλή συμπίεση και καίγεται απότομα προκαλώντας μικρές εκρήξεις.

B) η **προανάφλεξη** , που οφείλεται στην πρόωρη ανάφλεξη από την υπερθέρμανση των κυλίνδρων ή το κακό χρονισμό της ανάφλεξης .

Ο ρόλος του αισθητήρα κτυπήματος , που φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα είναι να εντοπίζει την ύπαρξη φαινομένων κακής ή ακανόνιστης καύσης , που δημιουργούν έντονη υπερθέρμανση του κινητήρα αλλά και ακόμα και καταστροφή (τρύπημα) των εμβόλων .



Ο **αισθητήρας κρουστικής καύσης** (knock sensor) πληροφορεί την ECU για την ύπαρξη κρουστικής καύσης (πειράκια). Είναι στερεωμένος με κοχλία στο σώμα του κινητήρα, συμμετρικά ανάμεσα στους κυλίνδρους όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



### Knock Sensor Location

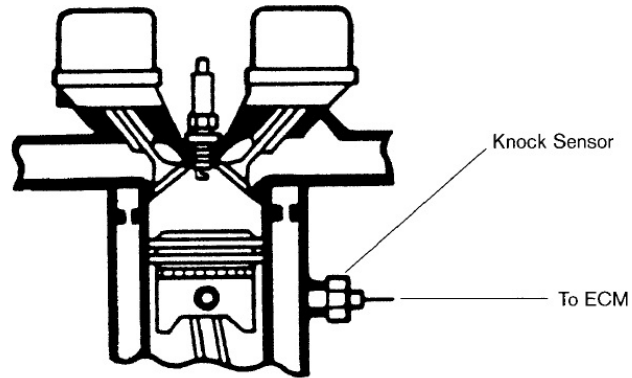


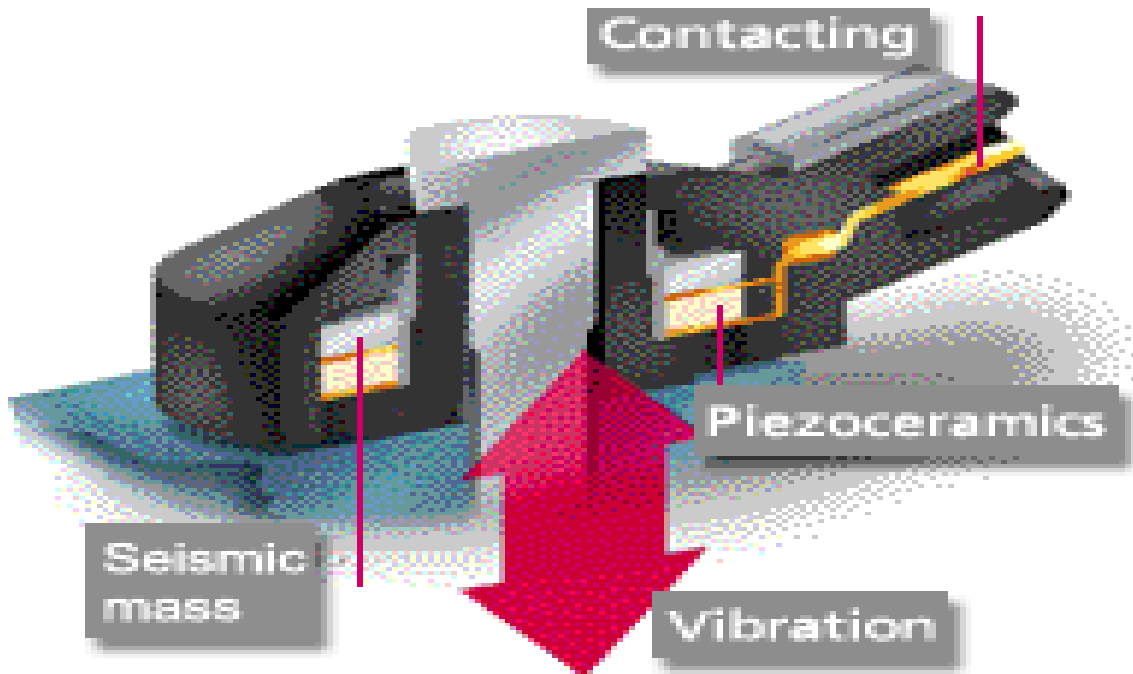
Fig. 2-87

### **Ο αισθητήρας κρουστικής καύσης στις τετρακύλινδρες μηχανές:**

Στις τετρακύλινδρες μηχανές συνήθως υπάρχει ένας αισθητήρας ανάμεσα στους κυλίνδρους 2 και 3, ενώ στις εξακύλινδρες υπάρχουν 2 αισθητήρες τοποθετημένοι συμμετρικά. Περιέχει ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο (θα αναφερθούμε στο επόμενο κεφάλαιο) 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 αυτές έχουν συχνότητα περίπου 7 KHz. Όταν η ECU λαμβάνει σήμα 7 KHz από τον αισθητήρα και το μέγεθος της τάσης του σήματος είναι πάνω από ένα όριο, τότε αναγνωρίζει κρουστική καύση. Στην περίπτωση αυτή μειώνεται η γωνία αβάνς κατά ένα βήμα. Αν οι κτύποι συνεχιστούν, τότε η μείωση του αβάνς συνεχίζεται έως το σταμάτημα των κτύπων. Ταυτόχρονα με την μείωση του αβάνς, γίνεται και κάποιος εμπλουτισμός του μίγματος για να αποφευχθεί υπερθέρμανση των καυσαερίων που θα μπορούσε να καταστρέψει τον καταλύτη. Στην συνέχεια το αβάνς αρχίζει να αυξάνεται έτσι ώστε να λειτουργεί στο όριο κτυπήματος ο κινητήρας για να αποκτήσει πάλι μέγιστη απόδοση.



Σχήμα 3 . Διακρίνεται η βίδα στερέωσης του αισθητήρα



Σχήμα 4 . Πλάγια τομή του αισθητήρα



## Τύποι Αισθητήρων:

Υπάρχουν δυο τύποι αισθητήρων κρουστικής καύσης, οι ευρείας ζώνης και οι στενής ζώνης:

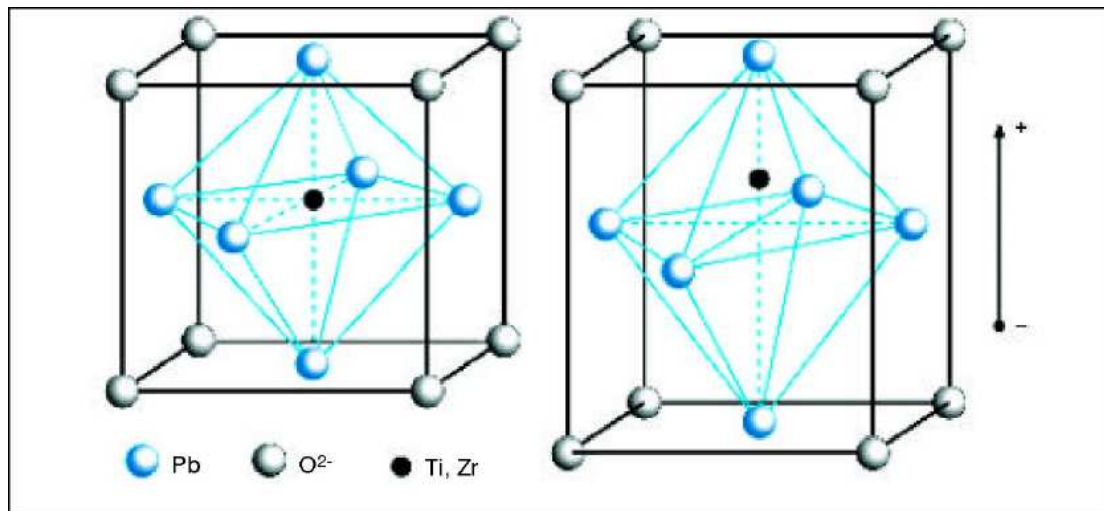
- Ο πρώτος τύπος παράγει ένα σήμα τάσης από μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων δονήσεων.
- Ο δεύτερος τύπος παράγει αξιοσημείωτη τάση μόνο στην περιοχή των 7 KHz, επομένως η ECU χρησιμοποιεί λιγότερο περίπλοκα φίλτρα σήματος. Το σήμα του αισθητήρα φιλτράρεται και ενισχύεται πριν την είσοδο στον μικροϋπολογιστή. Ο αγωγός του αισθητήρα προς την ECU είναι θωρακισμένος για την αποφυγή παρεμβολών.

Σε περίπτωση βλάβης του αισθητήρα η ECU ενεργοποιεί το πρόγραμμα έκτακτης ανάγκης το οποίο μειώνει το αβάνς (10ο-12ο) και εμπλουτίζει το μίγμα και μειώνει τις επιδόσεις του κινητήρα έως ότου επιδιορθωθεί η βλάβη.

## Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας

Τι είναι το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο:

Ο **πιεζοηλεκτρισμός** είναι η ιδιότητα κάποιων υλικών (κυρίως κρυσταλλικών υλικών αλλά και μερικών κεραμικών υλικών) να παράγουν ηλεκτρική τάση όταν δέχονται κάποια μηχανική τάση/πίεση ή ταλάντωση. Η τάση αυτή οφείλεται στη συγκέντρωση φορτίων, που δημιουργείται από την παραμόρφωση του κρυσταλλικού τους πλέγματος, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όταν παραμορφωθεί το πλέγμα μερικών τεχνητών κρυστάλλων, αναπτύσσεται πιεζοηλεκτρική τάση



Σχήμα 5 . Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

Η παραμόρφωση αυτή συμβαίνει με την εφαρμογή πίεσης πάνω στα υλικά , ενώ το φαινόμενο λέγεται πιεζοηλεκτρικό και αποτελεί την αρχή λειτουργίας του πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα . Ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης από τεχνητούς κεραμικούς κρυστάλλους , είναι ένας παθητικός αισθητήρας επαφής με αναλογική έξοδο τάσης . Αποτελείται από κεραμικούς δακτυλίους και μεταλλικά ηλεκτρόδια κατάλληλα συνδεδεμένα . Η κεφαλή του αισθητήρα πιέζεται απευθείας από το υγρό ή το αέριο, την πίεση του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε και μεταδίδει την πίεση αυτή στους δακτυλίους. Με τον τρόπο αυτό παράγεται ένα σήμα τάσης εξόδου, που είναι ανάλογο προς την πίεση που ασκείται πάνω στην κεφαλή του αισθητήρα. Οι κατασκευαστές έχουν σήμερα να παρουσιάσουν μια μεγάλη ποικιλία από πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες πίεσης. Μερικοί από αυτούς φαίνονται στο παρακάτω σχήμα .

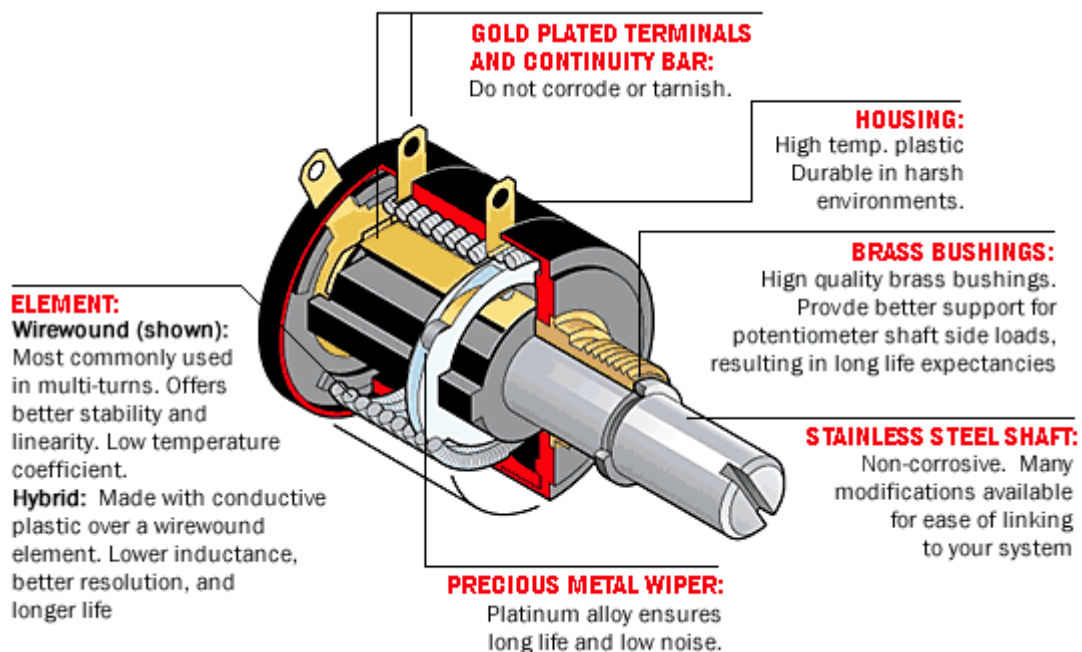
Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης παρουσιάζουν δυο σημαντικά μειονεκτήματα. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους δεν ξεπερνά τους 540° C. Έτσι σε εφαρμογές, που απαιτούν υψηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας, όπως για παράδειγμα η μέτρηση πίεσης στα καυσαέρια, χρειάζονται και κατάλληλη ψύξη. Ακόμη, λόγω της κατασκευής τους δεν μπορούν να μετρήσουν στατικές πιέσεις, όπως για παράδειγμα τη μόνιμη βαρομετρική πίεση αλλά μετρούν μόνο διαρκώς εναλλασσόμενες δυναμικές πιέσεις.



Σχήμα 6. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες διαφόρων τύπων

## Ποτενσιόμετρο πεταλούδα

Για αρχή πρώτα να μιλήσουμε το τι είναι το ποτενσιόμετρο. Το ποτενσιόμετρο είναι αναλογικό ηλεκτρονικό εξάρτημα, που χρησιμοποιείται στα κυκλώματα ως μεταβλητή αντίσταση. Αποτελείται από αγωγική πλάκα σχήματος Ω, πάνω στην οποία γυρίζει, με τη βοήθεια ενός στροφέα, μια επαφή. Ανάλογα με την απόσταση της επαφής από την είσοδο του ρεύματος στο ποτενσιόμετρο μεταβάλλεται και η αντίσταση. Η μεσαία λήψη του μπορεί να κινηθεί από την πηγή συνεχούς τάσης, όπου  $V=E$ , μέχρι τη γείωση, όπου  $V=0$ , πάνω σε ένα ειδικό ωμικό “δρόμο”, που έχει συνολική ωμική αντίσταση  $R_{oA} = R_1 + R_2$ , όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1 . Λειτουργία ποτενσιόμετρου

Η διάταξη αυτή, που διαιρεί (μοιράζει) το δυναμικό  $E$  της πηγής πάνω στις δυο ωμικές αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_2$  είναι γνωστή με το όνομα διαιρέτης τάσης. η τάση τροφοδοσίας π.χ  $E=12\text{ V}$  παραμένει σταθερή, η  $R_2$  μεταβάλλεται ανάλογα με την γωνία  $\theta$ , ενώ η τάση  $V$  στα άκρα της  $R_2$  υπολογίζεται εύκολα και είναι ανάλογη της τιμής της  $R_2$ . Η ιδιότητα αυτή του διαιρετή τάσης αποτελεί την αρχή λειτουργίας του αισθητήρα γωνίας περιστροφής με ποτενσιόμετρο ωμικής αντίστασης. Ο αισθητήρας αυτός είναι ενεργός αισθητήρας επαφής και έχει αναλογική έξοδο τάσης, δηλαδή τάση  $V$  ανάλογη της γωνίας περιστροφής  $\theta$ .

Αποτελείτε από ένα ποτενσιόμετρο , η μεσαία λήψη του οποίου είναι στερεωμένη πάνω στον άξονα στην γωνία στροφής που θέλουμε να μετρήσουμε . Όταν περιστραφεί ο άξονας κατά μια γωνία περιστροφής  $\theta$  , μετακινεί ταυτόχρονα και τη μεσαία λήψη . Με τον τρόπο αυτό παράγεται ένα αναλογικό σήμα τάσης  $V = \kappa \cdot \theta$



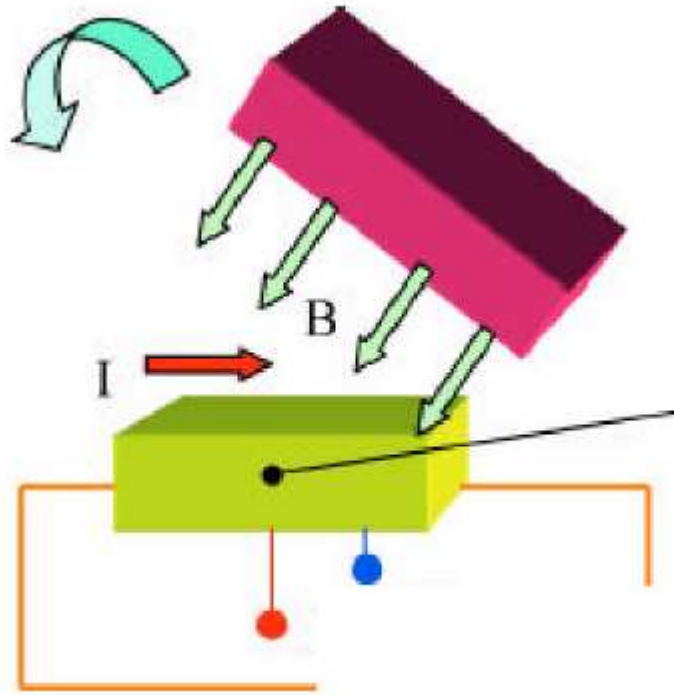
Σχήμα 2 . Ποτενσιόμετρα διαφόρων διαστάσεων

Το αδύνατο σημείο του αισθητήρα είναι η σταθερότητα της μεσαίας λήψης στις ταλαντώσεις και αντιμετωπίζει με διπλό έλασμα μεσαίας λήψης τύπου U και οδοντωτή στεφάνη συγκράτησης του ελάσματος .

## Αισθητήρας γωνίας ποτενσιόμετρου φαινομένου Hall

Οι αισθητήρες γωνίας με ποτενσιόμετρου ωμικής αντίστασης έχουν πολλά λειτουργικά προβλήματα που οφείλονται όχι μόνο στις δονήσεις αλλά κυρίως στην υγρασία και θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την κακή αγωγιμότητα επαφής μεσαίας λήψης . Τα προβλήματα αυτά δεν υπάρχουν στον αισθητήρα γωνίας περιστροφής ποτενσιόμετρου που έχει ως αρχή λειτουργίας το φαινόμενο Hall . Ο αισθητήρας αυτός είναι ενεργός , μη επαφής , μη αναλογική έξοδο τάσης και μεγάλη διαρκεί ζωής . Δεν μπορεί όμως να μετρήσει μικρές γωνίες περιστροφής , αφού δίνει ένα παλμό κάθε  $90^\circ$  περιστροφής άξονα . Την αδυναμία αυτή λύνει

η ιδέα των ποτενσιόμετρων Hall στα οποία το στοιχείο Hall που έχει τη μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι σταθερά στερεωμένο στο κέντρο ενός περιβλήματος τύπου ωμικού ποτενσιόμετρου . Ο άξονας του ποτενσιόμετρου , που είναι και άξονας της γωνίας περιστροφής του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε , περιστρέφει ένα μόνιμο μαγνήτη όπως φαίνεται στο σχήμα



Σχήμα 3 . Αισθητήρας γωνίας ποτενσιόμετρου φαινόμενου hall

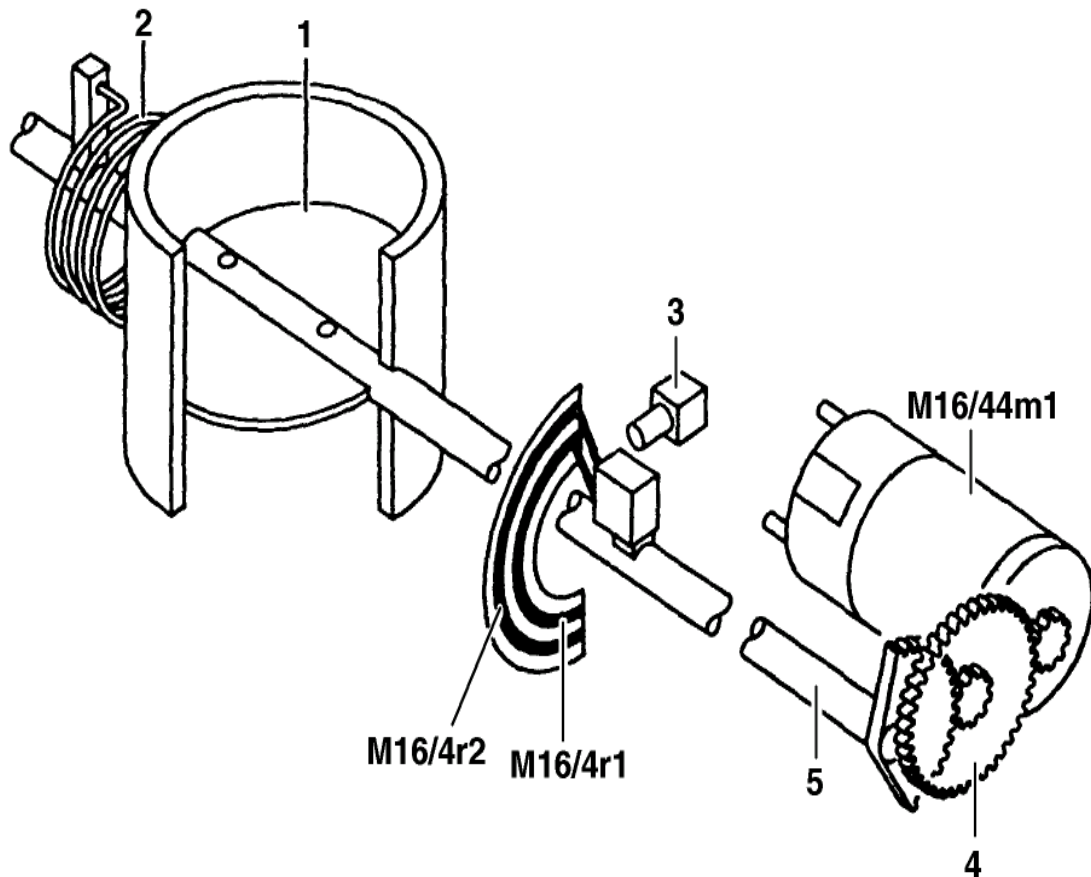


Καθώς αλλάζει θέση ο μαγνήτης , το μαγνητικό πεδίο  $B$  περιστρέφεται γύρω από τον αισθητήρα Hall και η γωνία μεταξύ μαγνητικού πεδίου και σταθερού ρεύματος  $I$  μεταβάλλεται.



### **Ποτενσιόμετρο πεταλούδα**

Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού δίνει σήμα στην μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (ECU) για την θέση και την γωνιακή ταχύτητα της πεταλούδας. Η θέση της πεταλούδας είναι μια σημαντική τιμή εισόδου για την συνάρτηση εύρεσης του φορτίου αέρα, για τον υπολογισμό του χρόνου ψεκασμού και ως πληροφορία για την επιστροφή του ενεργοποιητή πεταλούδας στην αρχική του κλειστή θέση στην περίπτωση που ενεργοποιηθεί ο διακόπτης του ρελαντί. Η γωνιακή ταχύτητα είναι αρχικά αναγκαία για την αντιστάθμιση των μεταβολών κατάστασης λειτουργίας. Η απαραίτητη ακριβής ανάλυση του σήματος καθορίζεται δια μέσου της εύρεσης του φορτίου αέρα. Για να επιτύχουμε λειτουργία του κινητήρα και καυσάερα χωρίς προβλήματα, η μεταβολή του φορτίου και επομένως ο χρόνος ψεκασμού, πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατό συχνότερη ψηφιακή δειγματοληψία, με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει σταθερή η σχέση αέρα-καυσίμου με σφάλμα μικρότερο από 2%.



Η μεγαλύτερη μεταβολή του φορτίου αέρα στο χαρακτηριστικό διάγραμμα κινητήρα, γίνεται με μικρές γωνίες πεταλούδας σε ένα χαμηλό αριθμό στροφών, δηλ. στο ρελαντί. Οι μεταβολές της πεταλούδας κατά  $\pm 1,5$  δημιουργούν μια μεταβολή του φορτίου αέρα σχετική με την μεταβολή του συντελεστή  $\lambda$  κατά  $\pm 17\%$ , ενώ η ίδια μεταβολή της γωνίας σε μεγαλύτερη γωνία πεταλούδας, έχει σχεδόν ασήμαντη επίδραση στο φορτίο αέρα. Αυτό σημαίνει ότι σε λειτουργία σε χαμηλό αριθμό στροφών, είναι απαραίτητη μια μεγαλύτερη δειγματοληψία του σήματος της γωνίας πεταλούδας.



### VAF Meter Circuit

The potentiometer inside the VAF provides a variable voltage signal to the ECM. This is the second design, the newer type.

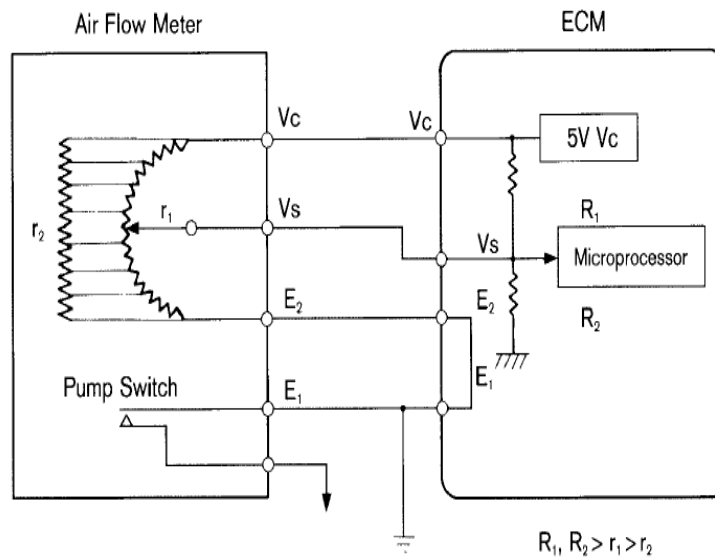
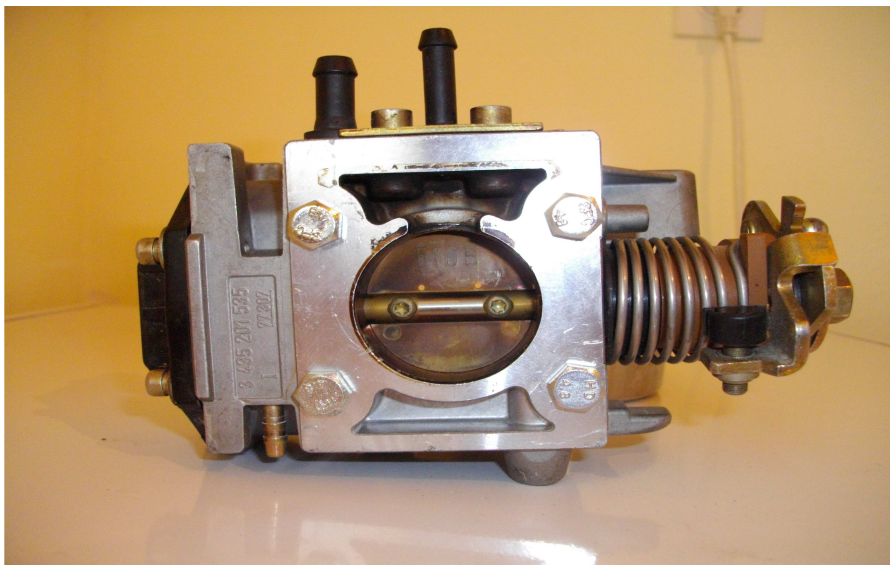
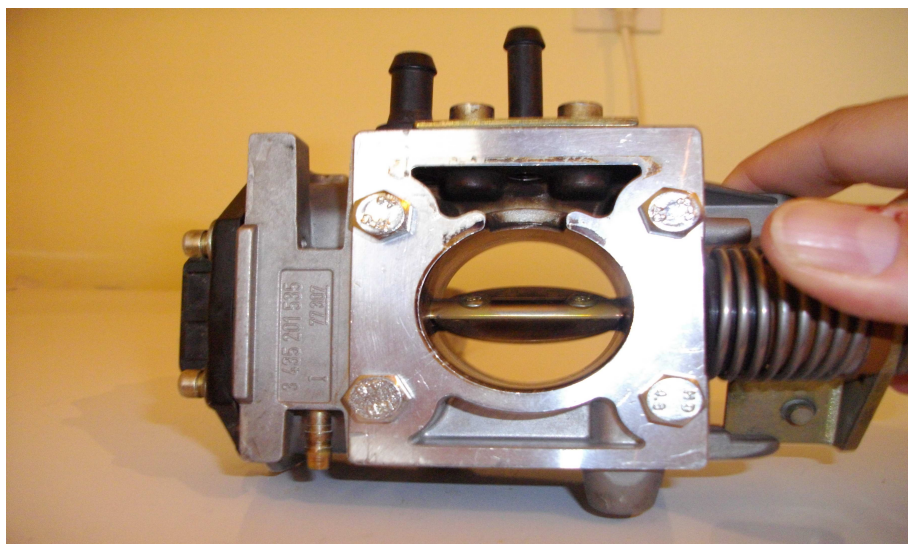


fig. 2-44  
T8521073

Ο αισθητήρας αυτός είναι ένας συρόμενος βραχίονας που τοποθετείται πρεσσοαριστός κατευθείαν στον άξονα της πεταλούδας γκαζιού. Οι αντιστάσεις του ποτενσιόμετρου και οι ηλεκτρικές συνδέσεις, βρίσκονται πάνω σε μια πλαστική πλακέτα βιδωμένη στο έξω μέρος του σώματος της πεταλούδας. Η τροφοδοσία γίνεται από μια σταθεροποιημένη πηγή τάσης στα 5V. Σε κάθε αύξηση της γωνίας, αντιστοιχεί μια πτώση τάσης.



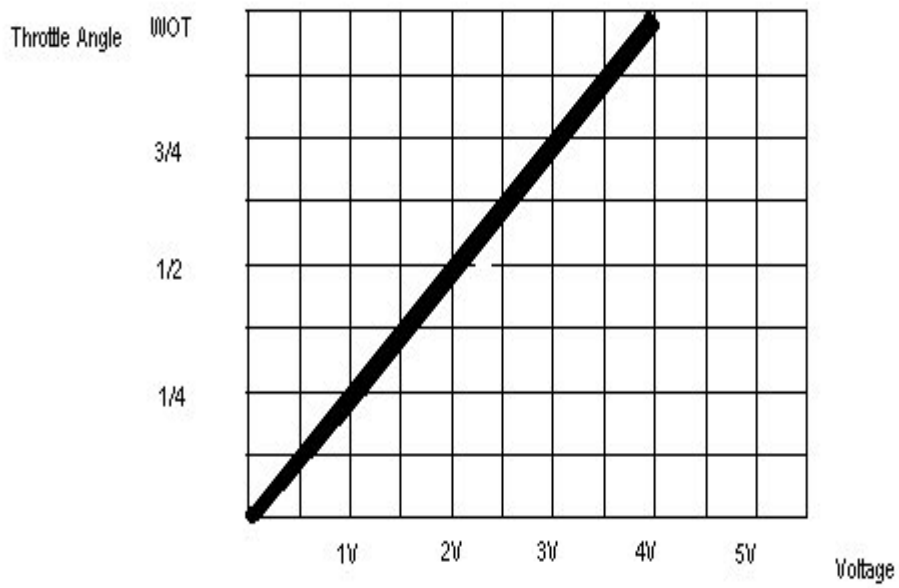
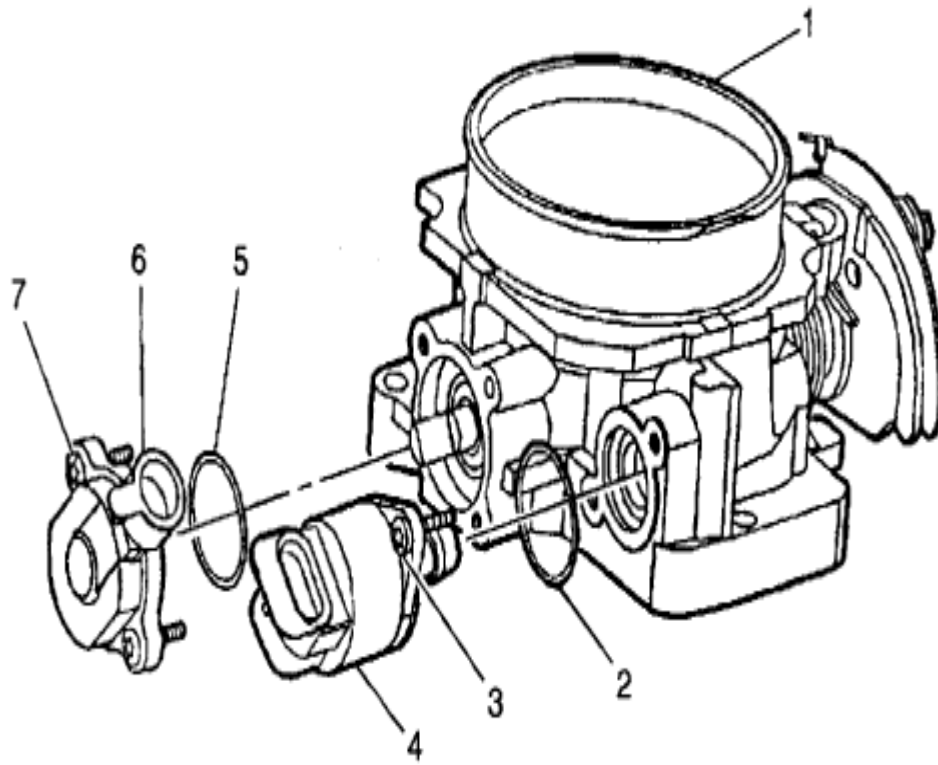
Σχήμα 5. Η πεταλούδα τελείως κλειστή

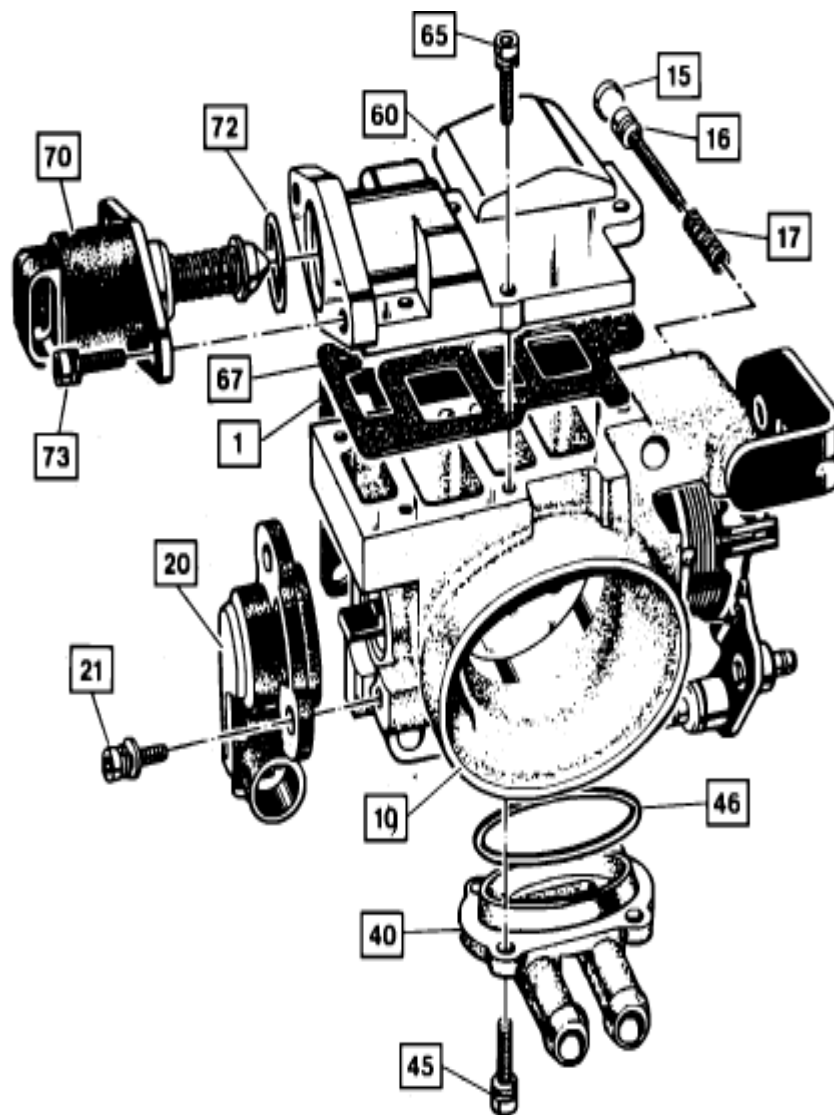


Σχήμα 6 . Η πεταλούδα τελείως ανοιχτή

Για να υπάρξει η αναγκαία υψηλή ανάλυση του σήματος, η περιοχή μεταξύ του ρελαντί και του πλήρους φορτίου διαχωρίζεται σε δυο αντιστάτες. Σε κάθε αντιστάτη μια παράλληλη συνεχής επαφή (συλλέκτης). Ο συρόμενος βραχίονας έχει 4 επαφές, μια για κάθε αντιστάτη και συλλέκτη του ποτενσιόμετρου. Η πρώτη ομάδα αντιστάτη-συλλέκτη χρησιμοποιείται για τις γωνίες μεταξύ 0ο και 24ο και η δεύτερη μεταξύ 18ο και 90ο. Στην ECU τα σήματα της γωνίας επεξεργάζονται από δυο ξεχωριστούς αναλογοψηφιακούς μετατροπείς.







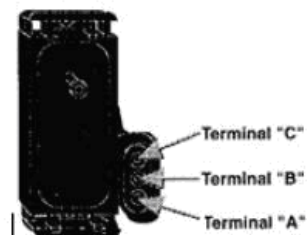
#### PART NAMES

<b>1</b>	Gasket - Flange	<b>45</b>	Screw Assembly - Coolant Cover Attaching
<b>10</b>	Throttle Body Assembly	<b>46</b>	O-Ring - Coolant Cover to Throttle Body
<b>15</b>	Plug - Idle Stop Screw	<b>60</b>	Idle Air/Vacuum Signal Housing Assembly
<b>16</b>	Screw Assembly - Idle Stop	<b>65</b>	Screw Assembly - Idle Air/Vacuum Signal Assembly
<b>17</b>	Spring - Idle Stop Screw Assembly	<b>67</b>	Gasket - Idle Air/Vacuum Signal Assembly
<b>20</b>	Sensor - Throttle Position (TPS)	<b>70</b>	Valve Assembly - Idle Air Control (IAC)
<b>21</b>	Screw Assembly - TPS Attaching	<b>72</b>	O-Ring - Idle Air Control Valve
<b>40</b>	Cover - Coolant Cavity	<b>73</b>	Screw Assembly - Idle Air Control Valve Attaching

# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

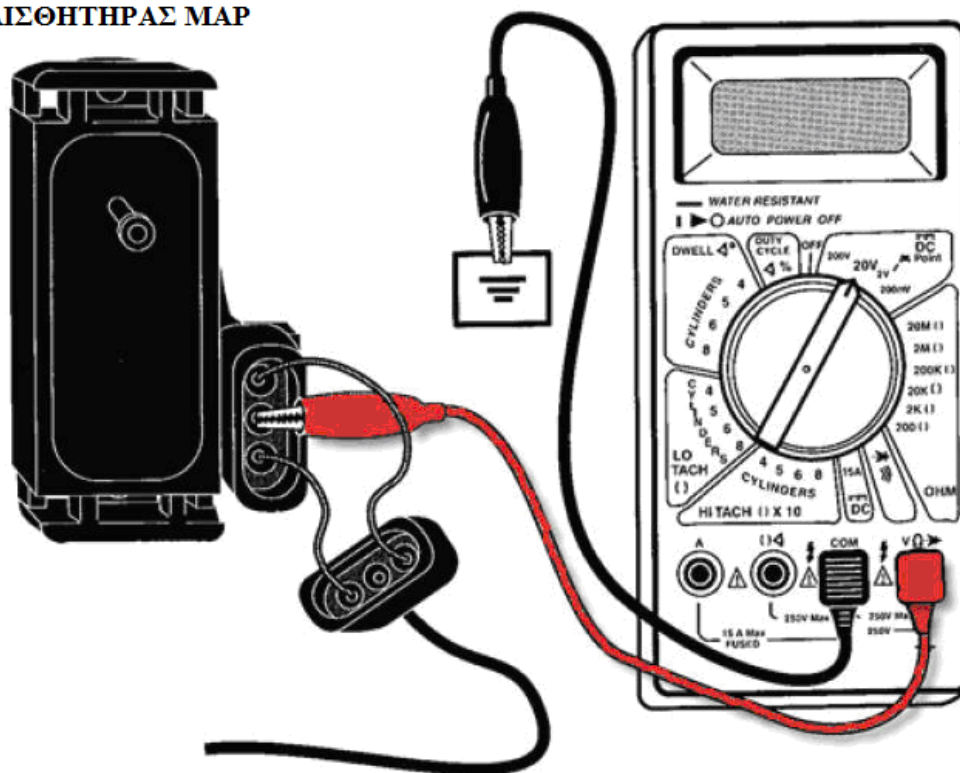
## Αισθητήρα απόλυτης πίεσης

Στα προηγούμενα κεφάλαια είδαμε την αρχή λειτουργίας του αισθητήρα . Θα προσπαθήσουμε τώρα να κατανοήσουμε καλύτερα τρόπο λειτουργίας μέσα από κάποιες εργαστηριακές ασκήσεις .



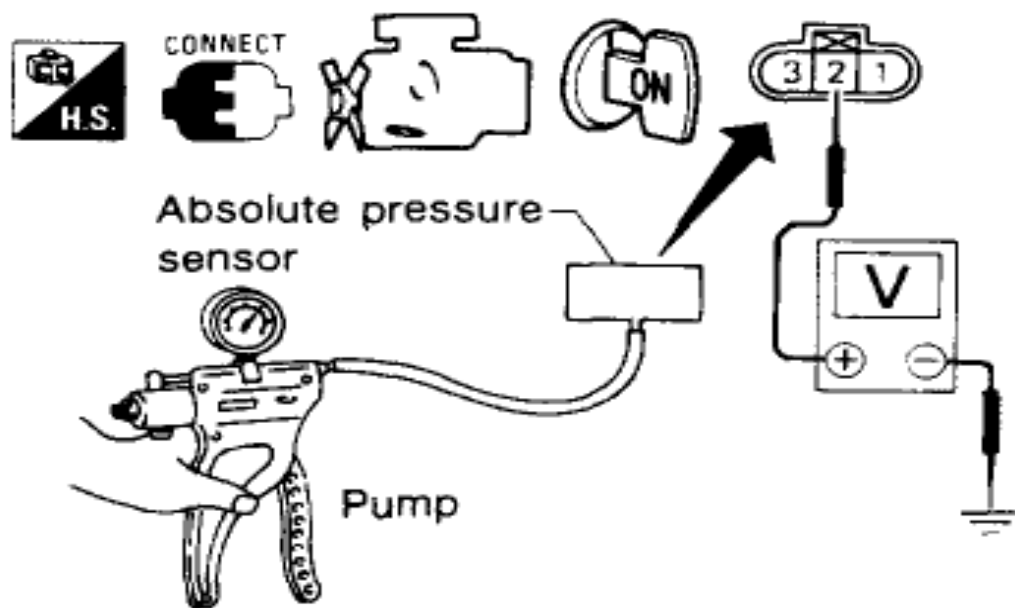
## ΠΟΛΥΜΕΤΡΟ

### ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΜΑΡ



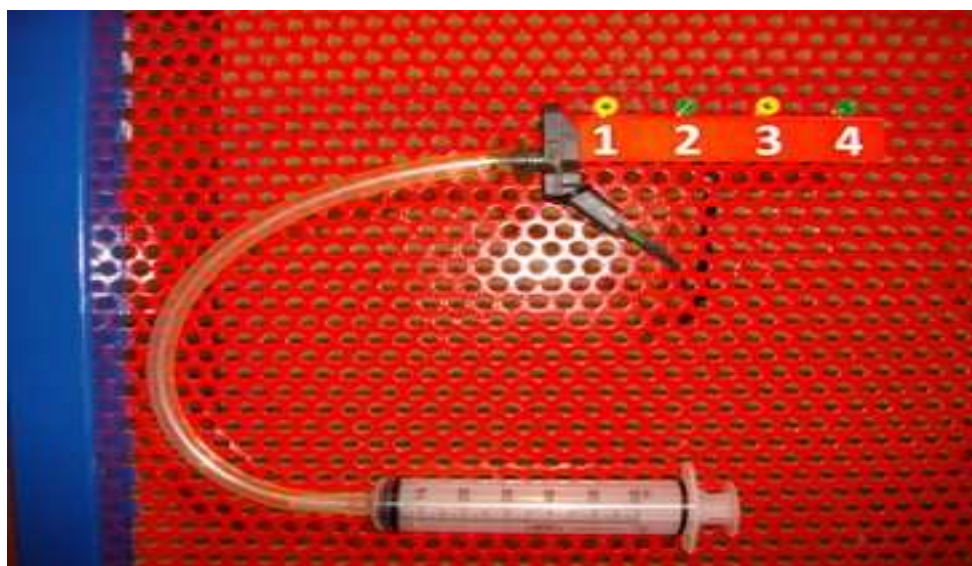
Όπως είδαμε στην παραπάνω εικόνα έτσι θα συνδέσουμε τον αισθητήρα με το πολύμετρο και το τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος ρυθμισμένο στα 5 V. Για να μπορέσουμε να πάρουμε μετρήσεις σωστές , όπως του κατασκευαστή θα έπρεπε να είχαμε στην διάθεση μια τρόμπα

όπου θα δημιουργούσαμε την επιθυμητή υποπίεση , όπως φαίνεται στο σχήμα 2 .



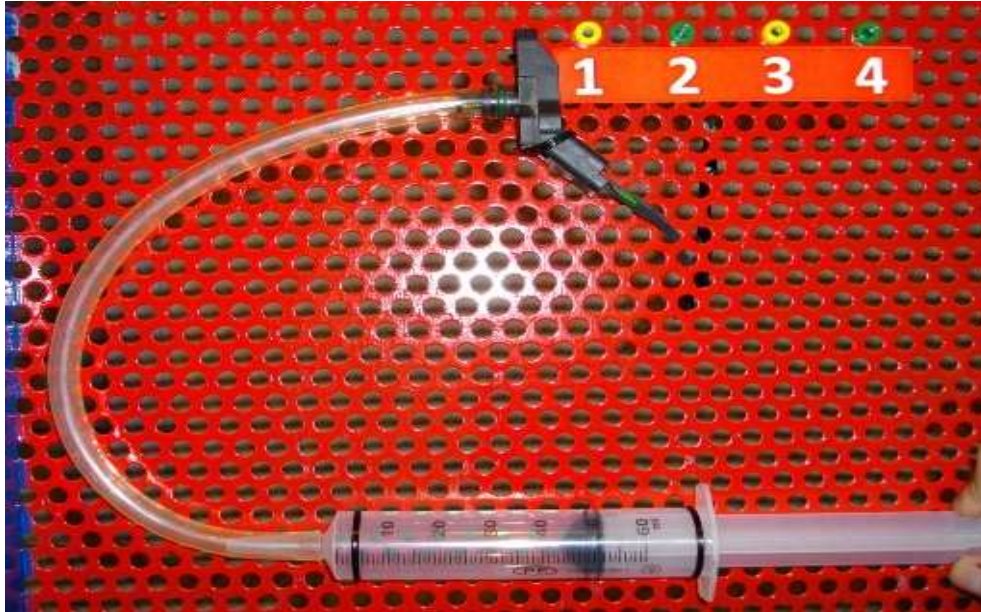
Σχήμα 2. σωστή σύνδεση με την βοήθεια της τρόμπας

Για τις ανάγκες εκμάθησης του αισθητήρα θα δημιουργήσουμε υποπίεση με την βοήθεια μιας σύριγγας . Άρα στη συνέχεια με ένα σωληνάκι χ μήκους θα ενώσουμε την εισαγωγή του αισθητήρα (πρέπει να προσέξουμε να αγκαλιάζει σωστά το σωληνάκι την εισαγωγή χωρίς να αφήνει κενό) με μια σύριγγα των 60 ml , όπου και την έχουμε στερέωση επάνω στην πινακίδα . όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα .



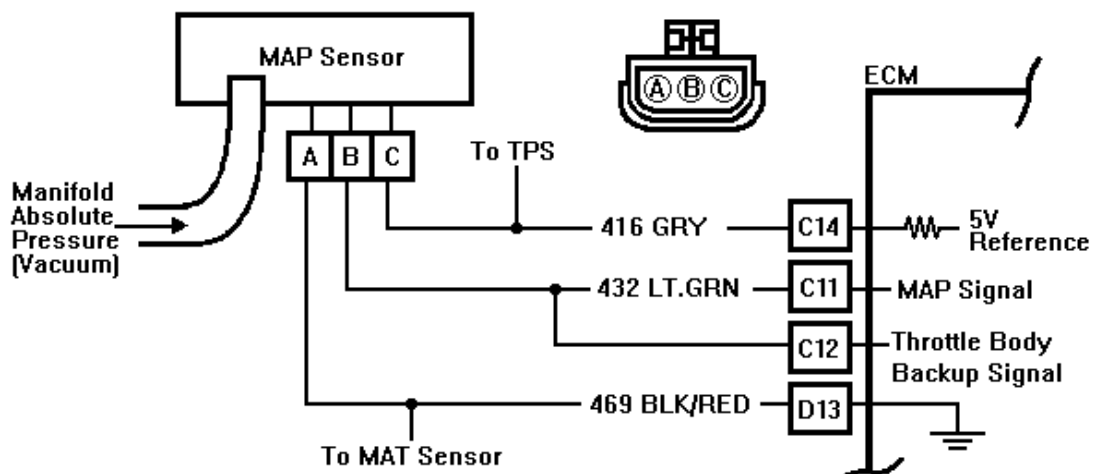
Σχήμα 3 . Σύνδεση σύριγγας με τον αισθητήρα

Αφού πραγματοποιήσουμε το παραπάνω σύστημα είμαστε έτοιμοι να πάρουμε τις πρώτες μετρήσεις από τον αισθητήρα απόλυτης πίεσης . επιπλέον καλό θα ήταν οι μετρήσεις να τις πάρουμε με σταθερό χρονικό βήμα . Όπου θα το ορίσουμε ανά 15 δευτερόλεπτα .



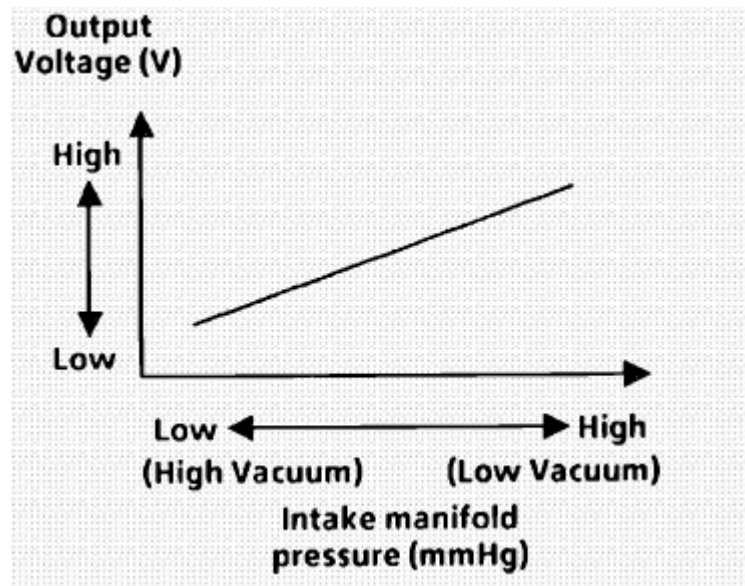
Σχήμα 4 . Δημιουργία υποπίεσης

Στην συνέχεια δημιουργούμε το παρακάτω ηλεκτρικό κύκλωμα όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5 , για να πάρουμε τις πειραματικές μετρήσεις



Σχήμα 5 . Ηλεκτρικό κύκλωμα

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ

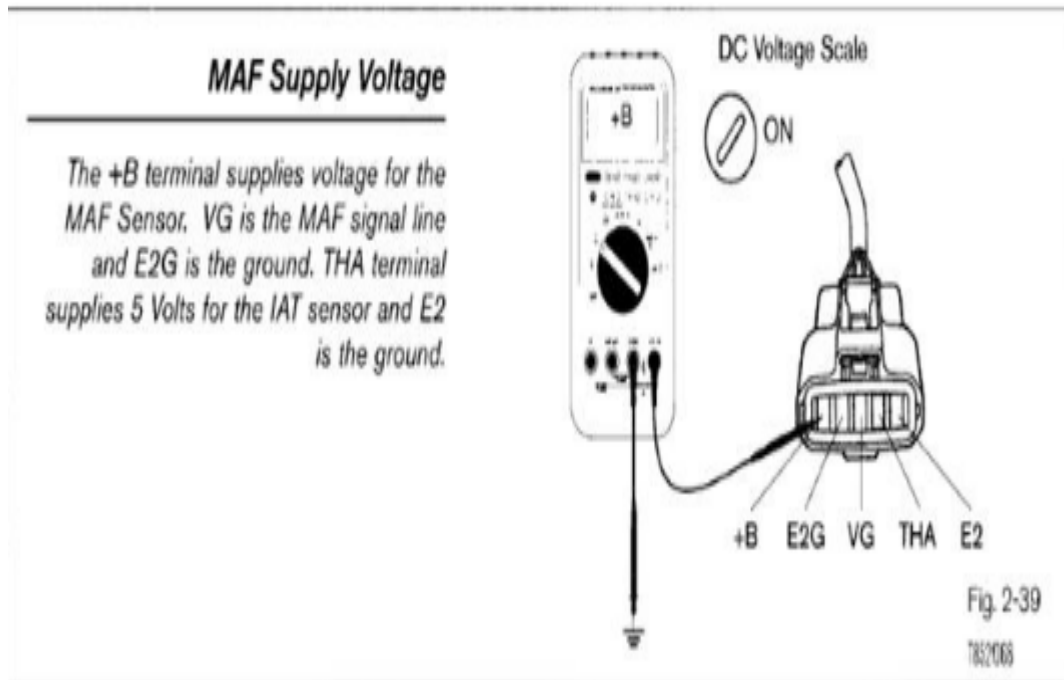


Vacuum	Voltage	Scan Data
0"	4.5-4.7 V	29-30"
3"	4.0-4.2 V	26-27"
6"	3.5-3.7 V	23-24"
9"	3.0-3.2 V	20-21"
12"	2.5-2.7 V	17-18"
15"	2.1-2.3 V	14-15"
18"	1.5-1.7 V	11-12"
21"	.9-1.1 V	8-9"



## Αισθητήρας μάζας αέρα

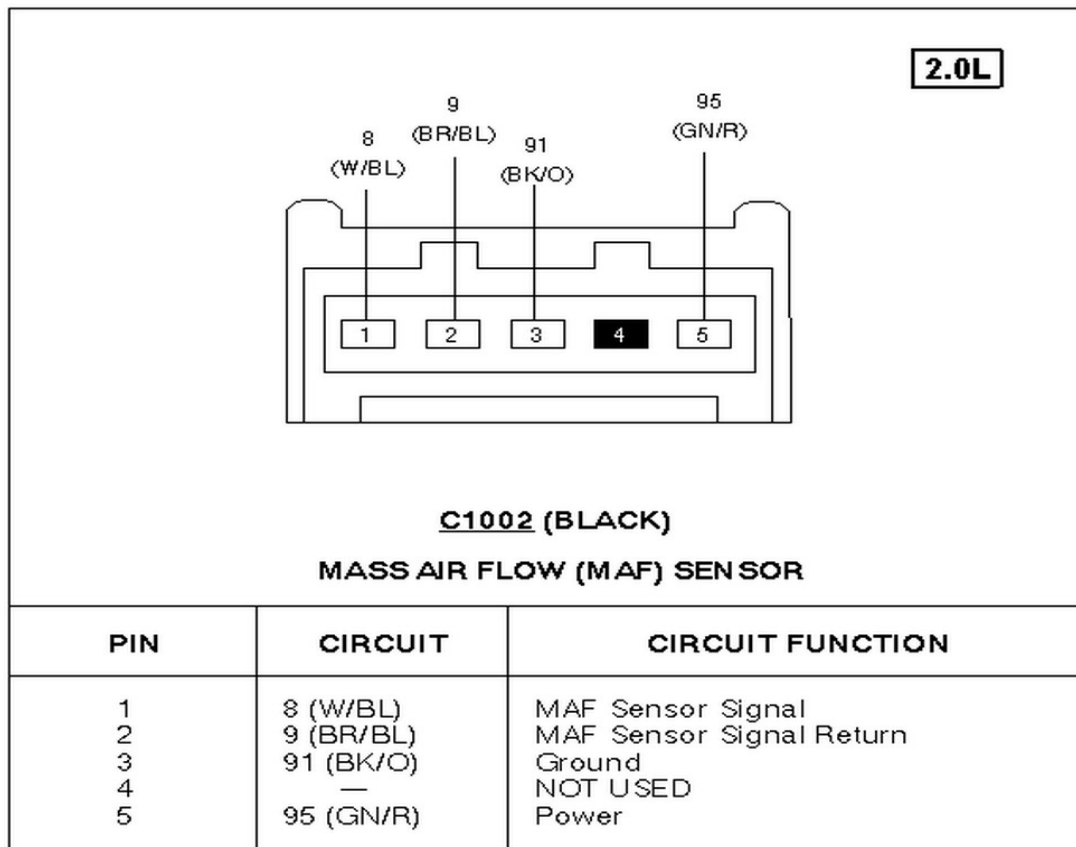
Θα πραγματοποιήσουμε την παρακάτω συνδεσμολογία όπως φαίνεται στο σχήμα . Θα ρυθμίσουμε το τροφοδοτικό σε τάση όση με 5 V και το πολυμερή στην ένδειξη DC 20V .



Στην συνέχεια θα συνδέσουμε το τροφοδοτικό με βάση το παρακάτω σχήμα , με τις αριθμημένες επαφές του πίνακα με τον αισθητήρα . Η επόμενη ενεργεία που θα κάνουμε είναι μια ελαστική σωλήνα με φ ανάλογο του δακτυλιδιού του αισθητήρα , θα συνδέσουμε με ένα σεσουάρ μαλλιών ή μπιστόλι αέρα , με την προϋπόθεση ότι θα έχει τουλάχιστον 2 σκάλες ισχύος αέρα .

S4/S8/RS4 MAF Mapping								
2000-2001.0 S4 MAF aka Bosch			S8/RS4 MAF - Bosch			2001.5-2002 S4 MAF aka Hitachi		
pinout	color	wire	pinout	color	wire	pinout	color	wire
pin 1	blank/unused	none	pin 1	blank/unused	none	pin 1	Violet/Grey	+5v
pin 2	Green/Yellow	bat +12v (ign)	pin 2	Green/Yellow	bat +12v (ign)	pin 2	Green/Yellow	bat +12v
pin 3	Black/Green	ground	pin 3	Black/Green	ground	pin 3	Black/Green	ground
pin 4	Violet/Grey	+5v	pin 4	Violet/Grey	+5v	pin 4	Green	signal
pin 5	Green	signal	pin 5	Green	signal	pin 5	blank/unused	none

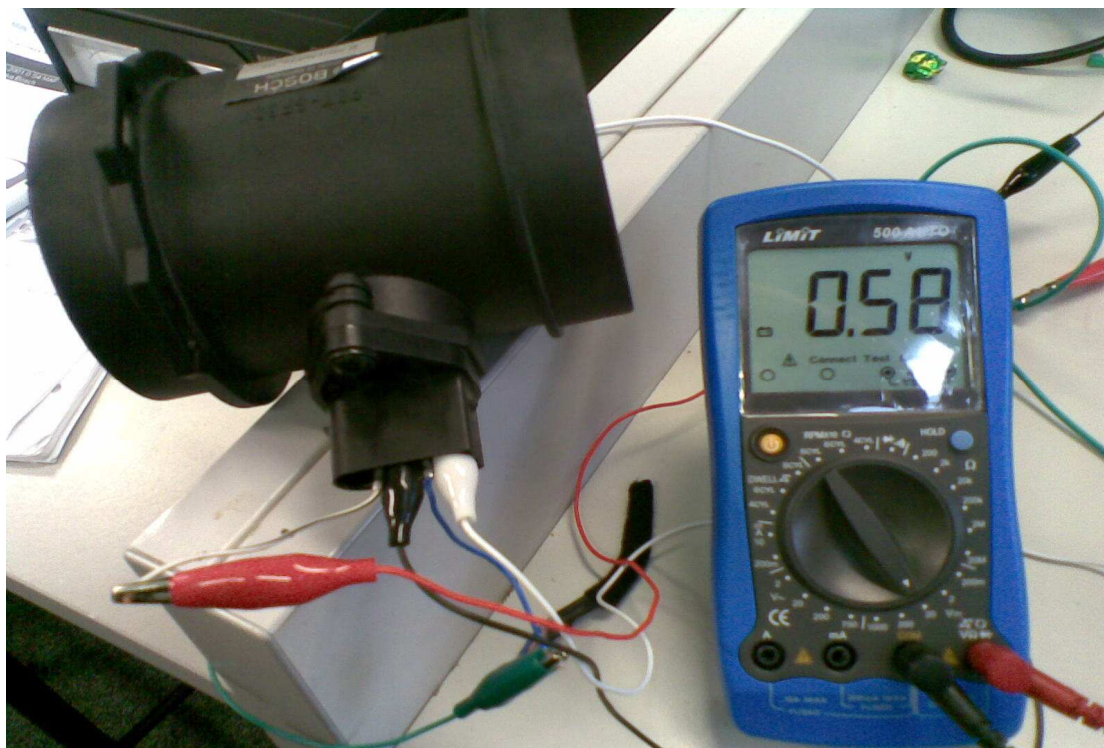
Σχήμα 2 . Πίνακας ενώσεων ανάλογα το τύπο αισθητήρα



*Σχήμα 3 . Πίνακας ενώσεων ακροδεκτών*



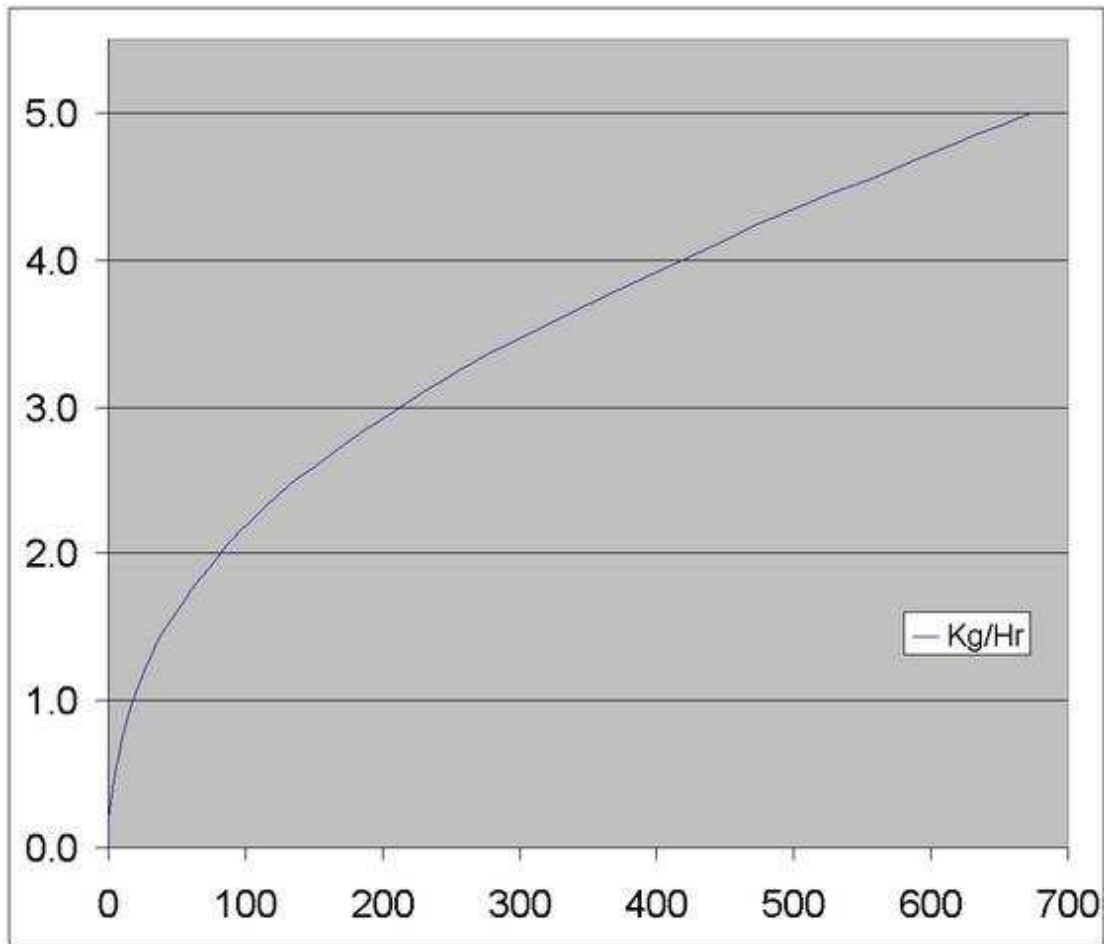
*Σχήμα 4 . Ένωση με το πιστόλι αέρα δυο ταχυτήτων*



Σχήμα 5 . Μετρήσεις χωρίς παροχή αέρα



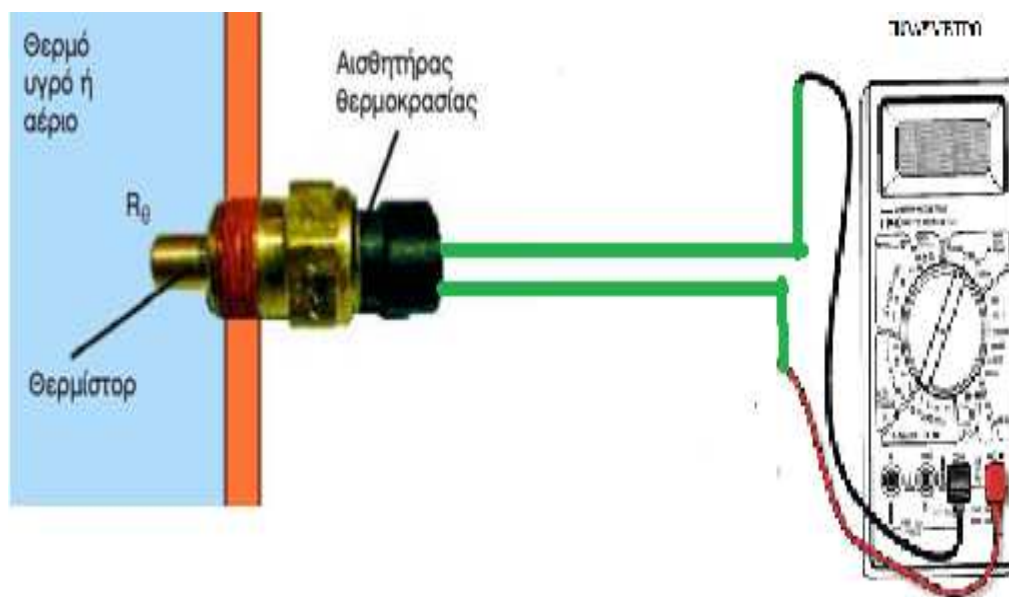
Σχήμα 6 . Τοποθετημένος επάνω στην πινακίδα



Σχήμα 7 . Χαρακτηριστική καμπύλη κατασκευαστή

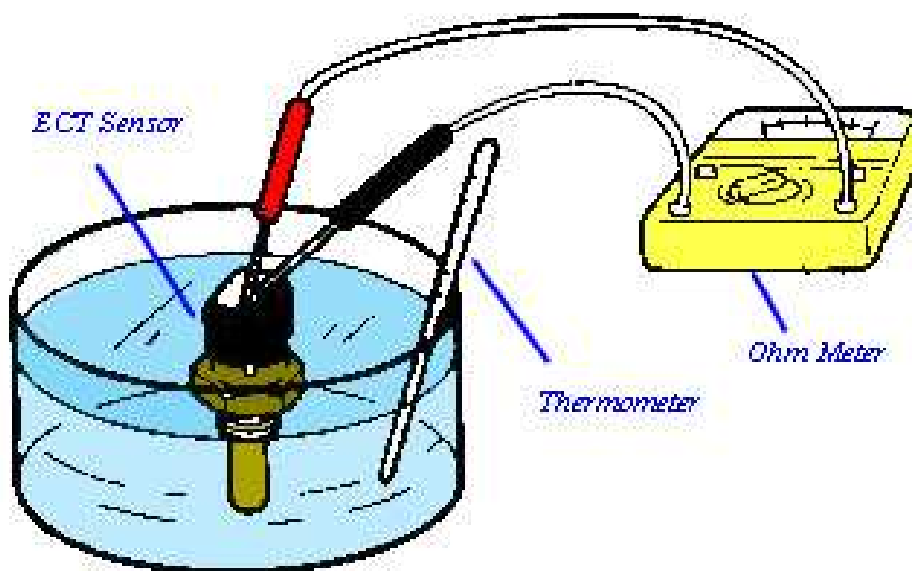
## ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Συνδέουμε το πολύμετρο με τις δυο επαφές του αισθητήρα και ρυθμίζουμε το πολύμετρο στην ένδειξη  $20K\Omega$  όπως στο παρακάτω σχέδιο . Στην συνέχεια περνούμε την πρώτη μέτρηση όπου και είναι η αντίσταση του θερμίστορ του αισθητήρα θερμοκρασίας .



Σχήμα 1 . Συνδεσμολογία αισθητήρα – πολύμετρο

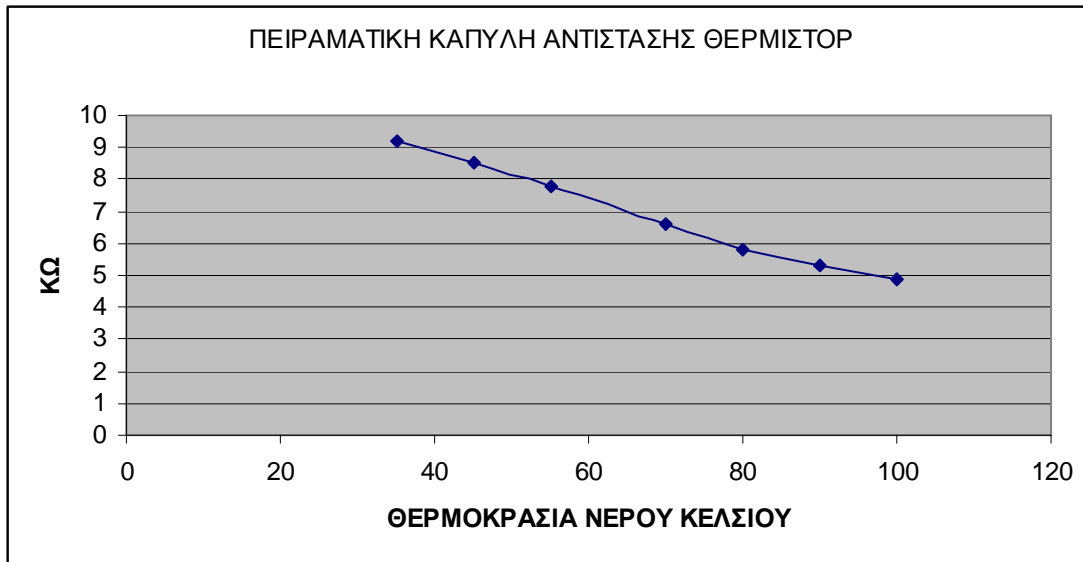
Στην συνέχεια με την βοήθεια ενός θερμομέτρου με εύρος μέτρησης  $0 - 120$  βαθμούς κελσίου και ενός κάνιστρου με νερό . Το όποιο βράζουμε το νερό σε κάποιες θερμοκρασίες με την βοήθεια του θερμομέτρου . Στην συνέχεια περνούμε τις μετρήσεις και τις καταγράφουμε . Όπου στο τέλος με την βοήθεια υπολογιστή και προγράμματος λογιστικών φύλλων δημιουργούμε το διάγραμμα για τις πειραματικές μετρήσεις .



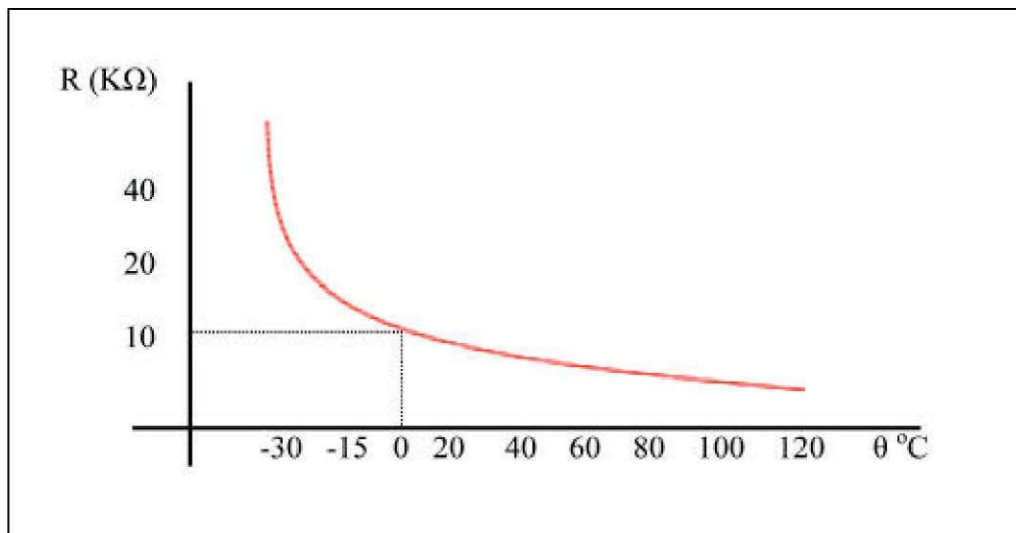
Σχήμα 2 . Η μέθοδος πειράματος

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΒΑΘΜΟΥΣ ΚΕΛΣΙΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΠΟΛΥΜΕΤΡΟΥ ΣΕ ΚΩ
35	9,2
45	8,5
55	7,8
70	6,6
80	5,8
90	5,3
100	4,9



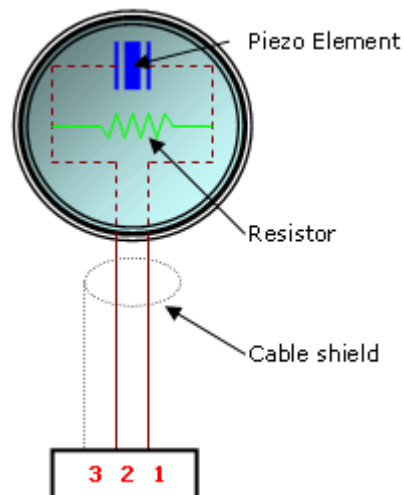
*Σχήμα 3 . Πειραματική γραφική παράσταση*



*Χαρακτηριστική καμπύλη αντίστασης θερμίστορ*

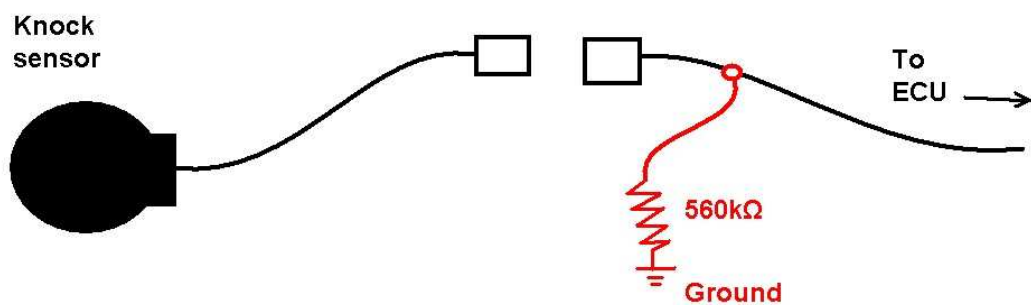
## Αισθητήρας κρουστικής καύσης

Όπως αναφερθήκαμε στο κεφάλαιο με την αρχή λειτουργίας ενός αισθητήρα κρουστικής καύσης είδαμε ότι είναι ένα πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο .



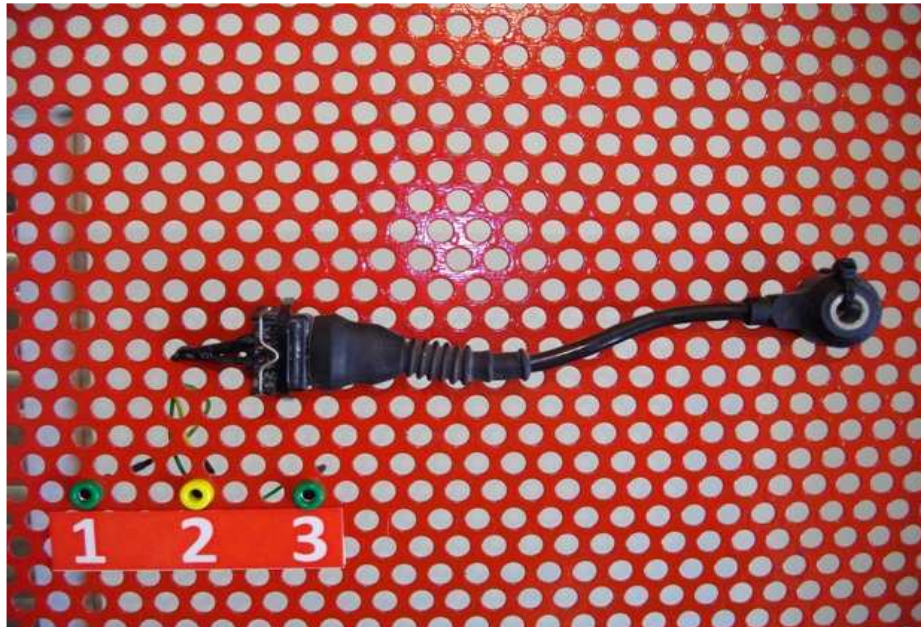
Σχήμα 1 . Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

Συνεπώς για να μπορέσουμε να δούμε πειραματικά τον αισθητήρα κρουστικής καύσης θα τον συνδέσουμε με το πολύμετρο , στην ένδειξη 200 mV συνεχούς ρεύματος .



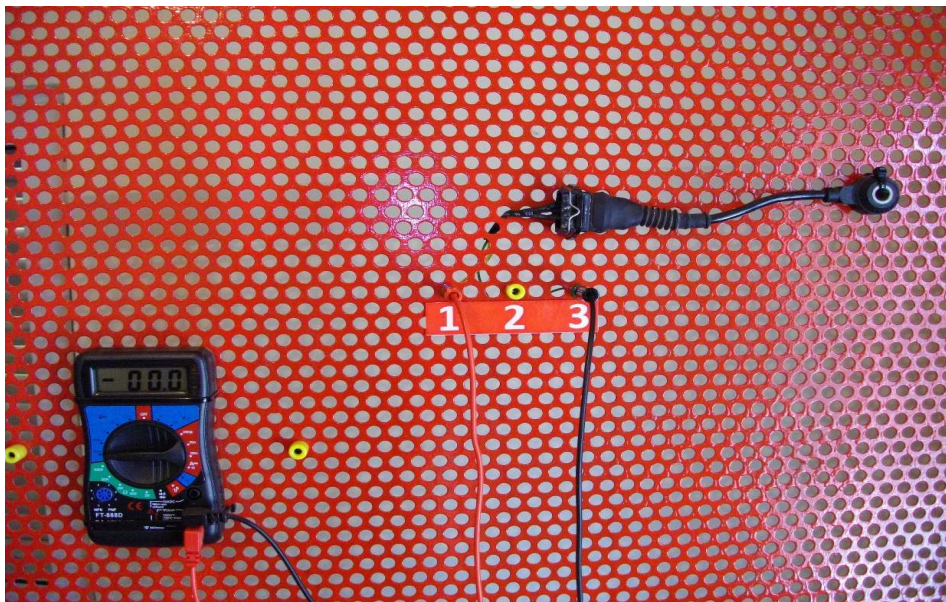
Σχήμα 2. Ο αισθητήρας έχει αντίσταση





Σχήμα 3 . Ο αισθητήρας κρούσης bosch

Αφού έχουμε ενώσει το πολύμετρο με τον αισθητήρα στις θέσεις 1 και 3 , επιχειρούμε να χτυπάμε ( στην αρχή με λίγη δύναμη και σιγά σιγά με περισσότερη ) με ένα σφυράκι κάπου κοντά στον αισθητήρας . Αμέσως θα αντιληφτούμε ότι δημιουργεί τάση στους ακροδέκτες ανάλογη με την δύναμη του χτυπήματος .

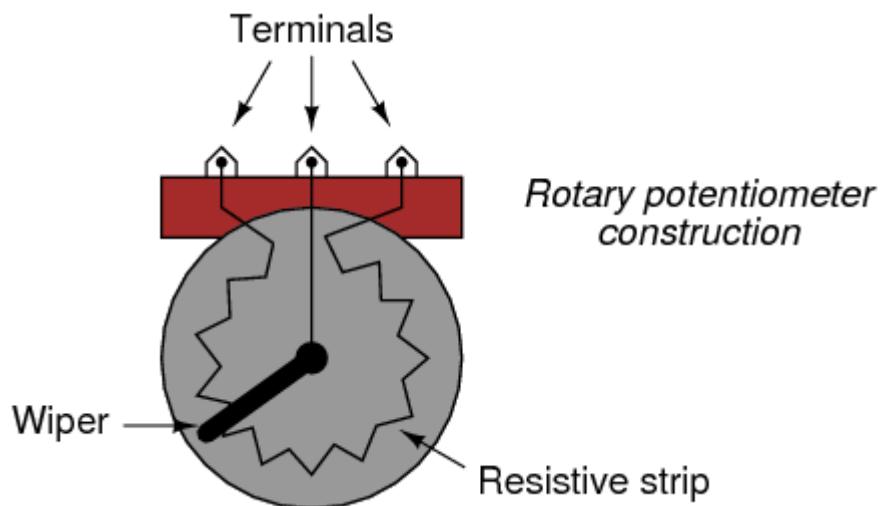


Σχήμα 4 . Σύνδεση με το πολύμετρο

## Ποτενσιόμετρο πεταλούδας

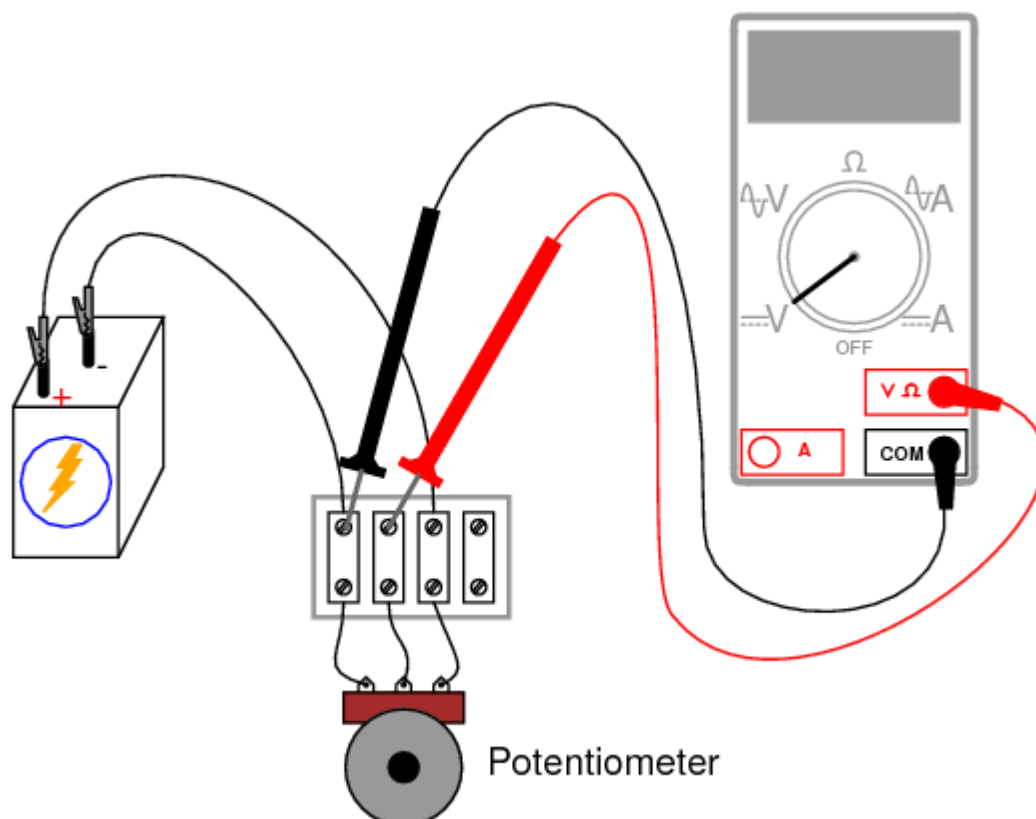
Πρώτα θα κατανοήσουμε και θα πειραματιστούμε με το ποτενσιόμετρο . Αναφερθήκαμε θεωρητικά σε προηγούμενο κεφάλαιο την αρχή λειτουργίας του ποτενσιόμετρου . Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε εργαστηριακά πραγματοποιώντας κάποιες ασκήσεις .

Πρώτα από όλα να θυμίσουμε ότι το ποτενσιόμετρο είναι μια μεταβλητή αντίσταση (ροοστάτης) άρα αν μετρήσουμε την αντίσταση του χωρίς να έχουμε ρεύμα στον αισθητήρα θα πάρουμε μια τιμή , όπου αυτή η τιμή θα αλλάζει ανάλογα την κίνηση του άξονα του ποτενσιόμετρου . Στην συνέχεια αν εφαρμόσουμε κάποια τάση στα άκρα του ποτενσιόμετρου θα πάρουμε , στην έξοδο του θα μας δίνει πάλι κάποια τάση αλλά μειωμένη ανάλογα σε ποια θέση βρίσκεται .



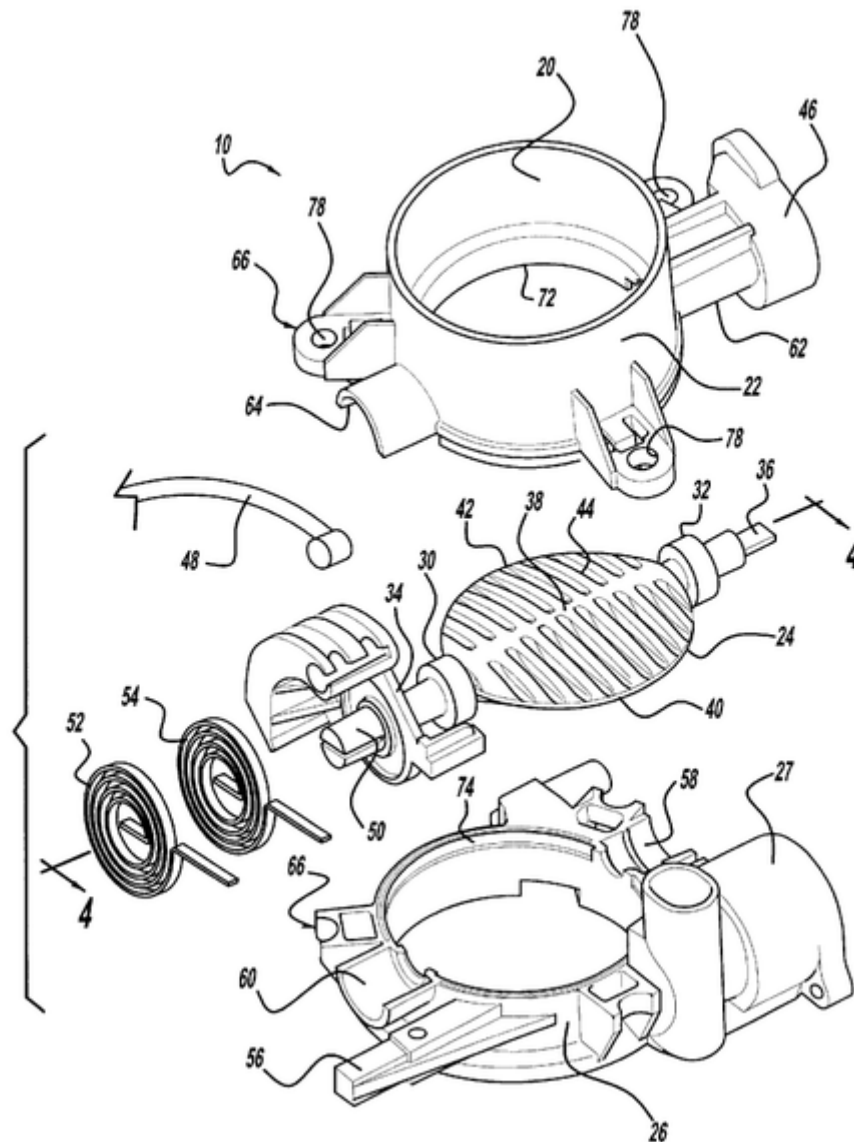


Θα κατανοήσουμε καλύτερα όλα τα προηγούμενα αν πραγματοποιήσουμε την συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος



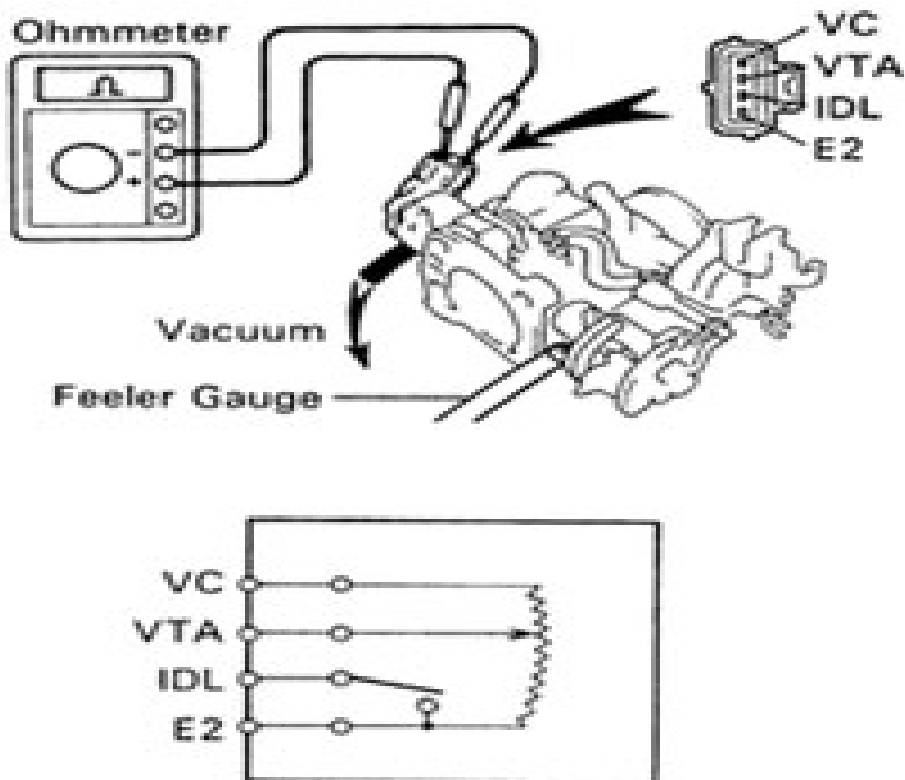
Σχήμα 3 . Συνδεσμολογία του ποτενσιόμετρου

Στην συνέχεια αφού είδαμε ξεχωριστά το ποτενσιόμετρο και καταλάβαμε την λειτουργία , θα το συνδυάσουμε μαζί εισαγωγή αέρα με πτερύγιο . Όπου έχει επικρατήσει με το όνομα **ποτενσιόμετρο πεταλούδας** . Προηγούμενος για να αλλάξει η τιμή της αντίστασης γυρίζουμε τον άξονα του ποτενσιόμετρου , τώρα ο άξονας είναι συνδεδεμένος με το πτερύγιο και ανάλογα την θέση του πτερύγιο έχει και την τιμή αντίσταση ο αισθητήρας . Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα .



Σχήμα 4 . Σχέδιο εμφάνισης λεπτομέρειας

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι το άνοιγμα του πτερυγίου το μετράμε σε μοίρες λογά ότι κινητέ επάνω στον άξονα του ποτενσιόμετρου , άρα εύρος τιμών που μπορεί να πάρει είναι από 0 μοίρες (τελείως κλειστό το πτερύγιο ) και 90 μοίρες (τελείως ανοιχτό το πτερύγιο) . Όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα .

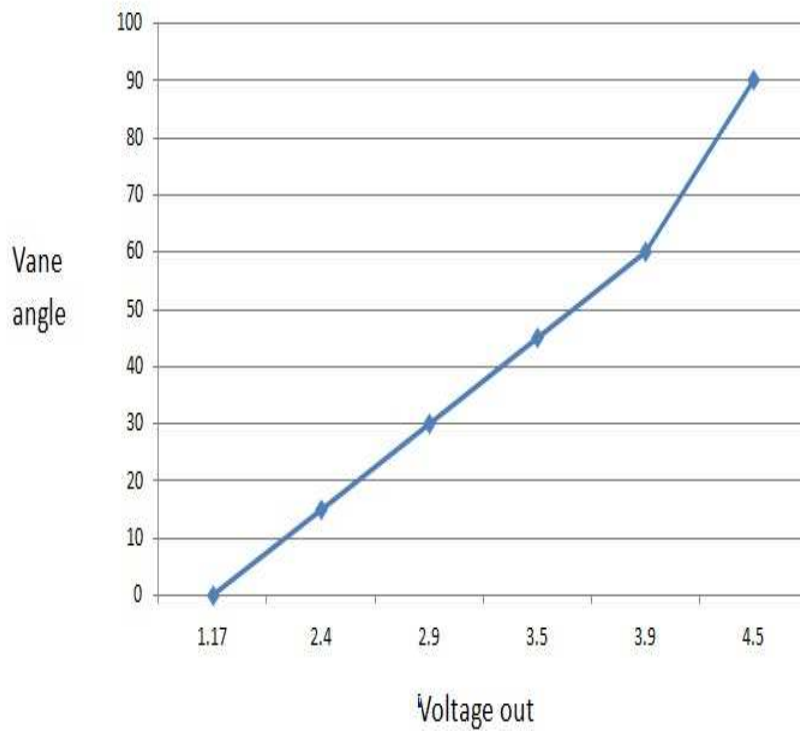


Σχήμα 5 . Μέτρηση ωμικής αντίστασης

Το παραπάνω σχήμα μας δείχνει πως θα κάνουμε την σύνδεση με το τροφοδοτικό και το πολυμερή , για να μπορέσουμε να πάρουμε τις πειραματικές μετρήσεις

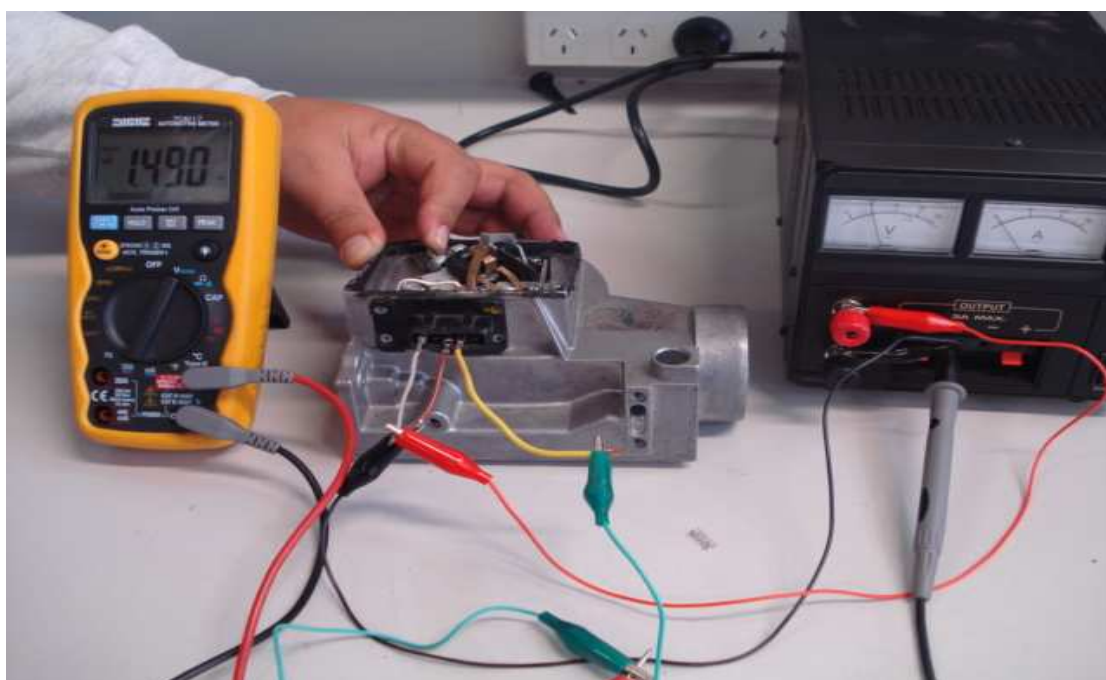
## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ

VANE ANGLE (Degree)	VOLTAGE OUT (Volt)
0	1.17
15	2.4
30	2.9
45	3.5
60	3.9
90	4.5





Σχήμα 6 .Η πεταλούδα τελείως κλειστή

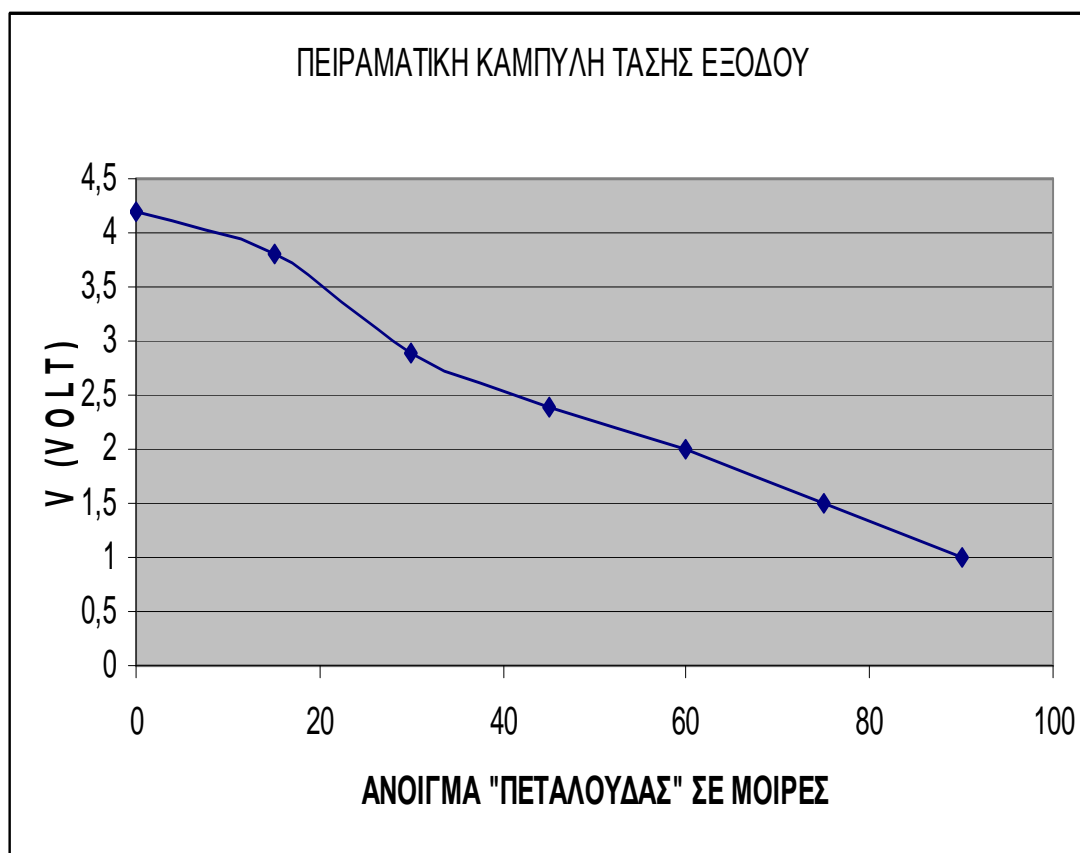


Σχήμα 7 . Η πεταλούδα τελείως ανοιχτή

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ ΣΕ ΜΟΙΡΕΣ	ΕΞΟΔΟΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ VOLT
0	4,2
15	3,8
30	2,9
45	2,4
60	2
75	1,5
90	1

Πινάκας πειραματικών μετρήσεων στο ποτενσιόμετρο πεταλούδα



Διάγραμμα πειραματικών μετρήσεων



## Συμπεράσματα

Φανταστείτε ένα οδηγό αυτοκίνητου χωρίς τις αισθήσεις (δλδ όραση , ακοή κλπ) δεν θα μπορέσει να οδηγήσει καθόλου , έτσι ακριβώς θα είναι και ένα αυτοκίνητο χωρίς τους αισθητήρας του . Γι αυτό το λόγο πρέπει να κατανοήσουμε καλά όχι μονό τι είναι αισθητήρες αλλά και την αρχή λειτουργίας τους . Αυτός είναι και ο σκοπός αυτής της εργασίας . Πρώτων να γνωρίσω πολύ καλύτερα τους αισθητήρες και δεύτερον να μπορέσω μέσα από αυτή την εργασία μεταφέρω την γνώση που απέκτησα , μέσω κάποιων πειραματικών μετρήσεων , όπου κατασκεύασα , για να γίνει πιο εύκολη και ευχάριστη η κατανόηση κάποιων βασικών αισθητήρων αυτοκίνητου .

Είναι ευνόητο ότι οι πειραματικές μετρήσεις με της μετρήσεις κατασκευαστή θα διαφέρουν και μάλιστα κάποιες φορές θα απέχουν κατά πολύ . Ο λόγοι είναι α) ότι υπάρχει πειραματικό σφάλμα β) ότι ο κατασκευαστής έχει περισσότερη εμπειρία στο αντικείμενο γ) έχει περισσότερο και πιο σύγχρονο εξοπλισμό για τις μετρήσεις .

Το βασικό όμως δεν είναι πόσο κοντά είναι οι μετρήσεις κάθε αισθητήρα αλλά το πώς δημιουργεί την τιμή της μέτρησης δηλαδή πως και γιατί βγαίνει αυτός ο αριθμός στο πολυμετρο . Η τεχνολογία των αισθητήρων μέρα με τη μέρα εξελίσσεται περισσότερο για καλύτερο και ασφαλέστερο αυτοκίνητο

# Βιβλιογραφία

## Ελληνική

Ηλεκτρονικές σημειώσεις καθηγητή Κ. Κουδουμά

Οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων «Συστήματα αυτοκίνητου ΙΙ» Αθήνα

Τζιολα- Μεταφραστής Παταλάς(2000) «Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου» Elgar, Peter

Κλειδάριθμος(1990) «Ηλεκτρικές μετρήσεις και αισθητήρες»

Κάπος Μιλτ. Μ. (1994) «Ηλεκτρικές συνδέσεις»

## Ξένα

David S. Nyce «Linear position sensors»

Jacob Fraden «handbook of modern sensor»

Ramón Pallás-Aren «Sensors and signal conditioning, Volume 1»

Ljubiša Ristić «Sensor technology and devices»

Ian Robertson Sinc Sensors and transducers

## Internet

[www.books.google.com/books/about/Sensor\\_technology](http://www.books.google.com/books/about/Sensor_technology)

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

[www.bosch.de/](http://www.bosch.de/)

*[www.bosch-engineering.de](http://www.bosch-engineering.de)*

[www.autoshop101.com/forms/h34.pdf](http://www.autoshop101.com/forms/h34.pdf)

[www.youtube.com](http://www.youtube.com)

<http://auto.howstuffworks.com>

## Παράρτημα

# Pressure sensors

For pressures up to 1800 bar (180 Mpa)

- Ratiometric signal evaluation (referred to supply voltage).
- Self-monitoring of offset and sensitivity.
- Protection against polarity reversal, overvoltage, and short circuit of output to supply voltage or ground.
- High level of compatibility with media since this only comes into contact with stainless steel.
- Resistant to brake fluids, mineral oils, water, and air.

### Application

Pressure sensors of this type are used to measure the pressures in automotive braking systems, or in the fuel-distributor rail of a gasoline direct-injection engine, or in a diesel engine with Common Rail injection.

### Design and function

Pressure measurement results from the bending of a steel diaphragm on which are located polysilicon strain-gauge elements. These are connected in the form of a Wheatstone bridge. This permits high signal utilisation and good temperature compensation.

The measurement signal is amplified in an evaluation IC and corrected with respect to offset and sensitivity. At this point, temperature compensation again takes place so that the calibrated unit comprising measuring cell and ASIC only has a very low temperature-dependence level. Part of the evaluation IC is applied for a diagnostic function which can detect the following potential defects:

- Fracture of a bonding wire to the measuring cell.
- Fracture anywhere on any of the signal lines.
- Fracture of the bridge supply and ground.



Only for 0 265 005 303

This sensor differs from conventional sensors due to the following diagnostic functions:

- Offset errors
  - Amplification errors
- can be detected by comparing two signal paths in the sensor.

### Storage conditions

Temperature range	-30...+60 °C
Relative air humidity	0...80 %
Maximum storage period	5 years

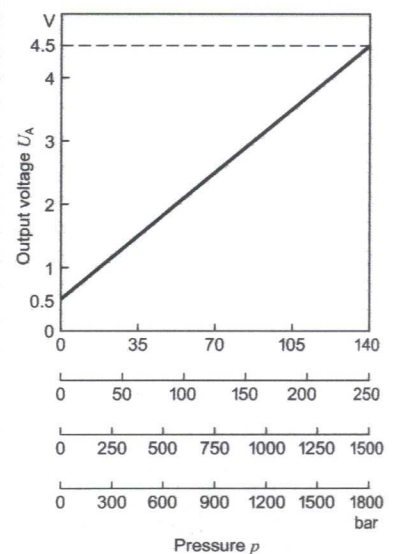
Through compliance with the above storage conditions, it is ensured that the sensor functions remain unchanged. If the maximum storage conditions are exceeded, the sensors should no longer be used.

### Explanation of symbols

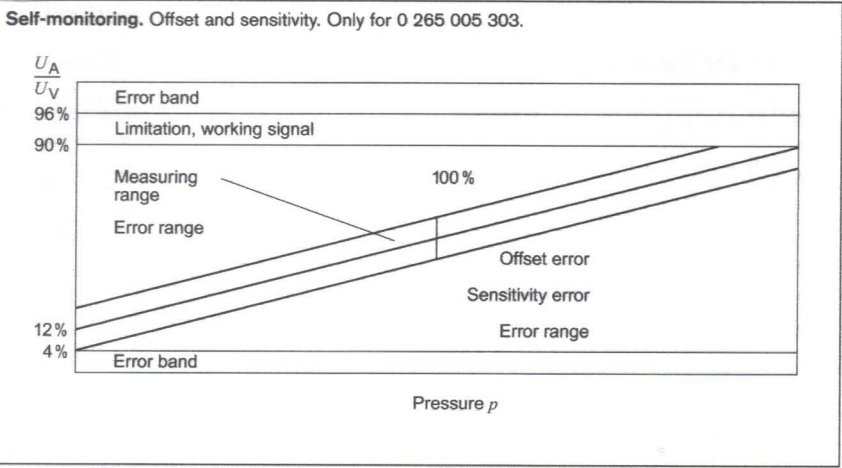
$U_A$  Output voltage  
 $U_V$  Supply voltage  
 bar Pressure

### Characteristic curve.

$$U_A = (0.8 \cdot p / p_{Nom.} + 0.1) U_V$$



**Pressure sensors (contd.)**  
**For pressures up to 1800 bar (180 MPa)**

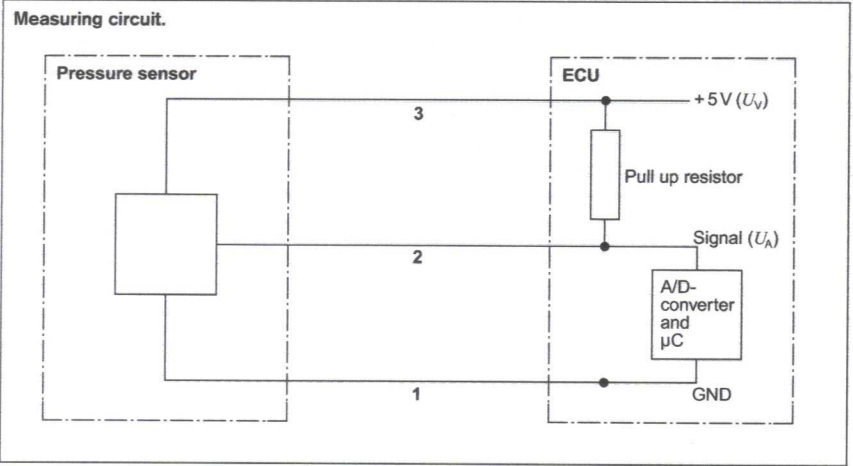


**Diagnostic function during self-test** (following switch-on). Only for 0 265 005 303.

- Correctness of the calibration values
- Function of the sensor signal path from the sensor to the A/D converter of the evaluation unit
- Check of the supply lines.

**Diagram:**  
 Characteristic of the output voltage following switch-on

- Function of the signal and alarm paths
- Detection of offset errors
- Detection of short circuits in wiring harness
- Detection of overvoltage and under-voltage
- If an error is detected during the sensor's self-test, the signal output is switched to the voltage range  $> 96\% U_V$ .



**Diagnostic function during normal operation.**  
 Only for 0 265 005 303.

- Detection of offset errors
- Detection of sensitivity errors (with pressure applied)
- Wiring-harness function, detection of wiring-harness short circuits
- Detection of overvoltage and under-voltage
- If an error is detected during the sensor's self-test, the signal output is switched to the voltage range  $> 96\% U_V$ .

**Range**

Pressure range bar (MPa)	Sensor Type	Thread	Connector	Pin	Dimens. drawing	Page	Part number
140 (14)	KV2 BDE	M 10x1	Compact 1.1	Gold-plated	1	47	0 261 545 006
250 (25)	-	M 10x1	PSA	-	2	48	0 265 005 303
1500 (150)	RDS2	M 12x1.5	Working circuit	Silber-plated	3	48	0 281 002 238
		M 12x1.5	Compact 1.1	Gold-plated	4	48	0 281 002 405
	RDS3	M 12x1.5	Working circuit	Silber-plated	5	48	0 281 002 498
		M 12x1.5	Compact 1.1	Gold-plated	6	49	0 281 002 522
		M 12x1.5	Compact 1.1	Gold-plated	4	48	0 281 002 398
1800 (180)	RDS2	M 18x1.5	Compact 1.1	Gold-plated	7	49	0 281 002 472
		M 18x1.5	Compact 1.1	Gold-plated	8	49	0 281 002 534
	RDS3	M 18x1.5	Compact 1.1	Gold-plated	8	49	0 281 002 534
		M 18x1.5	Working circuit	Silber-plated	9	49	0 281 002 504

**Accessories**

**For 0 265 005 303**

Plug housing	-	Quantity required: 1	AMP No.	2-967 642-1 <sup>1)</sup>
Contact pins	for 0.75 mm <sup>2</sup>	Quantity required: 3	AMP No.	965 907-1 <sup>1)</sup>
Gaskets	for 1.4...1.9 mm <sup>2</sup>	Quantity required: 3	AMP No.	967 067-1 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> To be obtained from AMP Deutschland GmbH, Amperestr. 7-11, D-63225 Langen, Tel. 0 61 03/7 09-0, Fax 0 61 03/7 09 12 23, E-Mail: AMP.Kontakt@tycoelectronics.com

**Technical data**

Pressure sensor		0 261 545 006	0 265 005 303	0 281 002 238	0 281 002 498	0 281 002 398	0 281 002 534
				0 281 002 405	0 281 002 522	0 281 002 472	0 281 002 504
Pressure-sensor type		KV2 BDE	–	RDS2	RDS3	RDS2	RDS3
Application/Medium		Unlead. fuel	Brake fluid	Diesel fuel or RME <sup>1)</sup>	Diesel fuel or RME <sup>1)</sup>	Diesel fuel or RME <sup>1)</sup>	Diesel fuel or RME <sup>1)</sup>
Pressure range	bar (MPa)	140 (14)	250 (25)	1500 (150)	1500 (150)	1800 (180)	1800 (180)
Offset accuracy	$U_V$	0.7 % FS	2.0 %	1.0 % FS 1.5 % FS	0.7 % FS	1.0 % FS	0.7 % FS
Sensitivity accuracy at 5 V							
In range 0...35 bar	FS <sup>2)</sup> of measured value	–	≤ 0.7 %	1.0 % FS 1.5 % FS	0.7 % FS	1.0 % FS	0.7 % FS
In range 35...140 bar		1.5 %	–	–	–	–	–
In range 35...250 bar		–	≤ 5.0 % <sup>3)</sup>	–	–	–	–
In range 35...1500 bar		–	–	2.0 % FS 2.5 % FS	1.5 % FS	–	–
In range 35...1800 bar		–	–	–	–	2.3 % FS	1.5 % FS
Input voltage, max. $U_S$	V	16	–	16	16	16	16
Power-supply voltage $U_V$	V	5 ± 0.25	5 ± 0.25	5 ± 0.25	5 ± 0.25	5 ± 0.25	5 ± 0.25
Power-supply current $I_V$	mA	9...15	≤ 20	9...15	9...15	9...15	9...15
Output current $I_A$	µA...mA	–	–100...3	2.5 mA <sup>4)</sup>	–	2.5 mA <sup>4)</sup>	–
Load capacity to ground	nF	13	–	10	13	10	13
Temperature range	°C	–40...+130	–40...+120	–40...+120 <sup>5)</sup>	–40...+130	–40...+120 <sup>5)</sup>	–40...+130
Overpressure max. $p_{max}$	bar	180	350	1800	2200	2100	2200
Burst pressure $p_{burst}$	bar	> 300	> 500	3000	4000	3500	4000
Tightening torque $M_a$	Nm	22 ± 2	20 ± 2	35 ± 5	35 ± 5	70 ± 2	70 ± 2
Response time $T_{10/90}$	ms	2	–	5	2	5	2

Note: All data are typical values

1) RME = Rapeseed methyl ester

2) FS = Full Scale

3) Of measured value

4) Output current with pull-up resistor

5) +140 °C for max. 250 h

**Dimension drawings**

Space required by plug, approx. 25 mm  
 Space required when plugging/unplugging, approx. 50 mm  
 SW = A/F size

**0 261 545 006** ①  
140 bar

Front view dimensions:  $\phi 25$ , 13, 24.4, 30, SWZ7.

Side view dimensions: 5.3 ± 0.2,  $\phi 8.5 \pm 0.3$ ,  $\phi 2.8 \pm 0.1$ , 21.5, 3.8, 6, 16.5 ± 0.3, 59.8, 90°, M 10x1-6g, F, S.

**Connector-pin assignment**

Pin 1 Ground  
 Pin 2 Output voltage  $U_A$   
 Pin 3 Supply voltage  $U_V$

**Pressure sensors (contd.)**  
**For pressures up to 1800 bar (180 MPa)**

**Dimension drawings**  
 Space required by plug, approx. 25 mm  
 Space required when plugging/unplugging, approx. 50 mm  
 SW = A/F size

**D** Gasket  
**F** Date of manufacture  
**S** 3-pin plug

**Connector-pin assignment**  
 Pin 1 Ground  
 Pin 2 Output voltage  $U_A$   
 Pin 3 Supply voltage  $U_V$

**0 265 005 303** (2)  
 250 bar

**0 281 002 238** (3)  
 1500 bar

**0 281 002 405** (4)  
 1500 bar  
**0 281 002 398**  
 1800 bar

**0 281 002 498** (5)  
 1500 bar





**Dimension drawings**

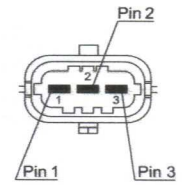
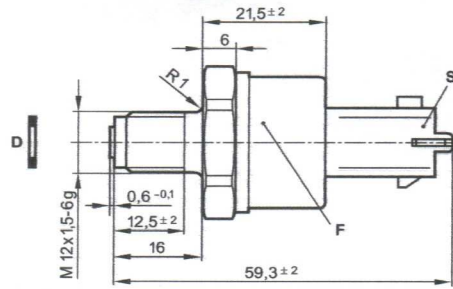
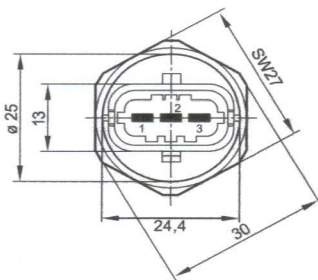
Space required by plug, approx. 25 mm  
 Space required when plugging/unplugging, approx. 50 mm  
 SW = A/F size

**D** Gasket  
**F** Date of manufacture  
**S** 3-pin plug

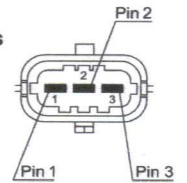
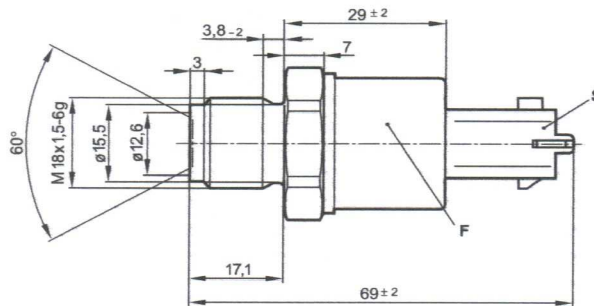
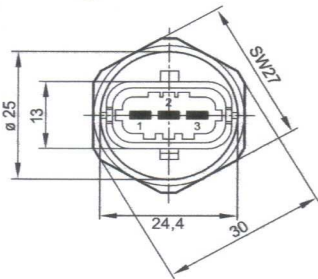
**Connector-pin assignment**

Pin 1 Ground  
 Pin 2 Output voltage  $U_A$   
 Pin 3 Supply voltage  $U_V$

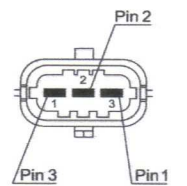
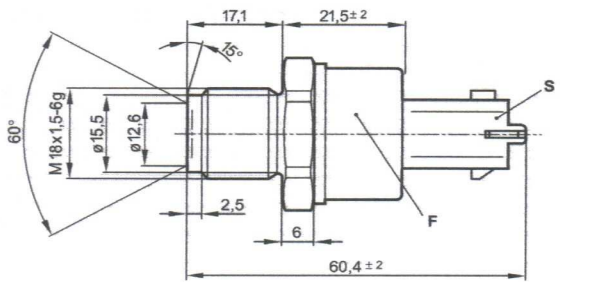
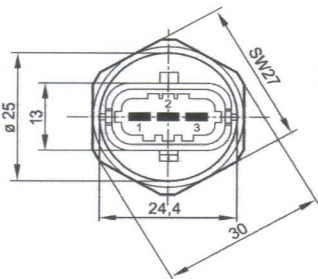
**0 281 002 522** (6)  
 1500 bar



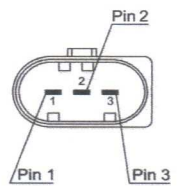
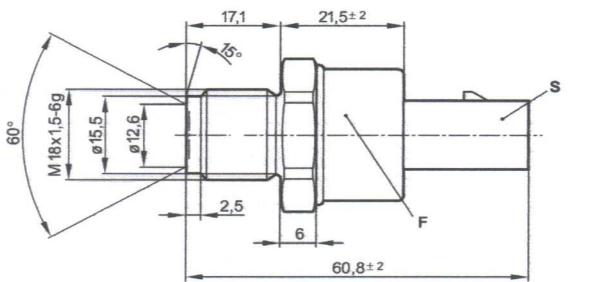
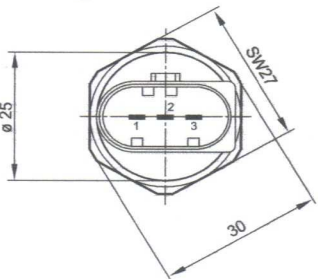
**0 281 002 472** (7)  
 1800 bar



**0 281 002 534** (8)  
 1800 bar

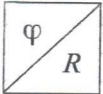


**0 281 002 504** (9)  
 1800 bar

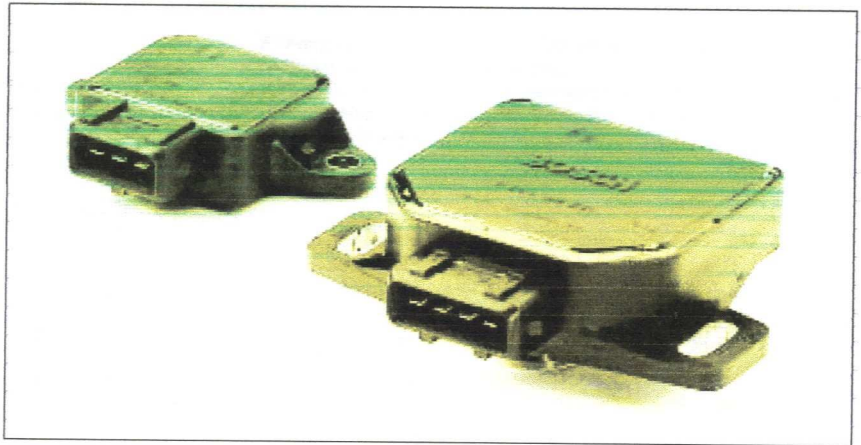


# Throttle-valve angular-position sensor

Measurement of angles up to 88°



- Potentiometric angular-position sensor with linear characteristic curve.
- Sturdy construction for extreme loading.
- Very compact.



## Application

These sensors are used in automotive applications for measuring the angle of rotation of the throttle valve. Since these sensors are directly attached to the throttle-valve housing at the end of the throttle-shaft extension, they are subject to extremely hostile underhood operating conditions. To remain fully operational, they must be resistant to fuels, oils, saline fog, and industrial climate.

## Design and function

The throttle-valve angular-position sensor is a potentiometric sensor with a linear characteristic curve. In electronic fuel injection (EFI) engines it generates a voltage ratio which is proportional to the throttle valve's angle of rotation. The sensor's rotor is attached to the throttle-valve shaft, and when the throttle valve moves, the sensor's special wipers move over their resistance tracks so that the throttle's angular position is transformed into a voltage ratio. The throttle-valve angular-position sensor's are not provided with return springs.

## Design

The position sensor 0 280 122 001 has one linear characteristic curve. The position sensor 0 280 122 201 has two linear characteristic curves. This permits particularly good resolution in the angular range 0°...23°.

## Explanation of symbols

$U_A$  Output voltage  
 $U_V$  Supply voltage  
 $\varphi$  Angle of rotation  
 $U_{A2}$  Output voltage, characteristic curve 2  
 $U_{A3}$  Output voltage, characteristic curve 3

## Accessories for 0 280 122 001

Connector 1 237 000 039

## Accessories for 0 280 122 201

Plug housing 1 284 485 118

Receptacles, 5 per pack,

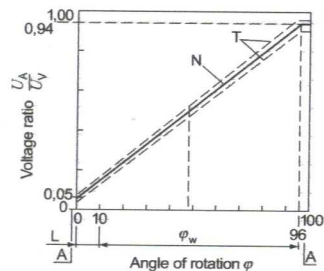
Qty. required: 4 1 284 477 121

Protective cap, 5 per pack,

Qty. required: 1 1 280 703 023

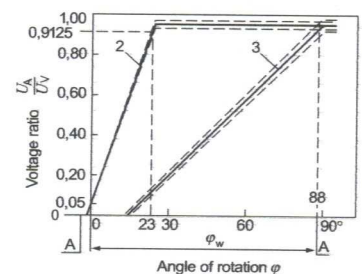
## Characteristic curve 1.

A Internal stop, L Positional tolerance of the wiper when fitted, N Nominal characteristic curve, T Tolerance limit,  $\varphi_w$  Electrically usable angular range.



## Characteristic curves 2 and 3.

A Internal stop,  $\varphi_w$  Electrically usable angular range.



## Technical data / Range

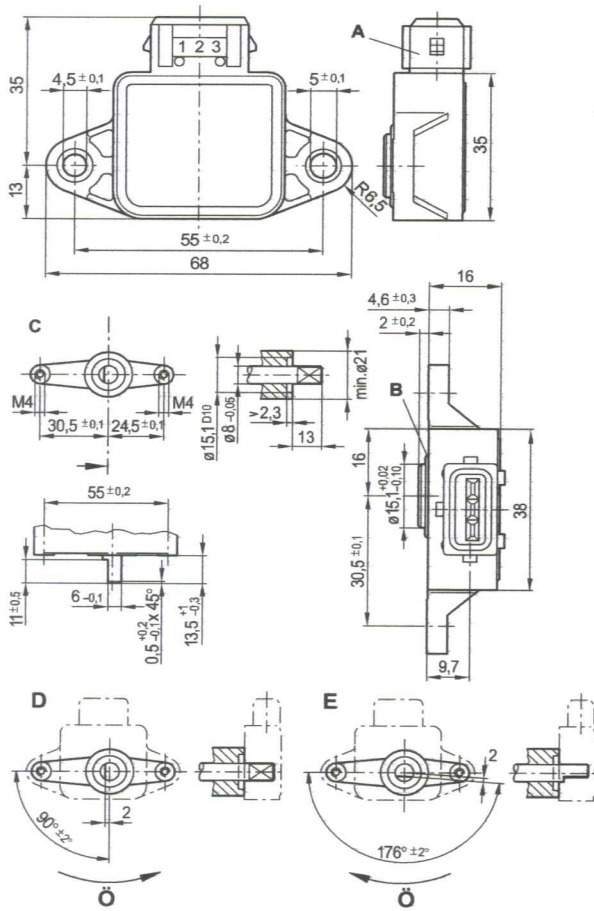
Part number	0 280 122 001	0 280 122 201
Diagram	1; 2	3
Useful electrical angular range	Degree ≤ 86	≤ 88
Useful mechanical angular range	Degree ≤ 86	≤ 92
Angle between the internal stops (must not be contacted when sensor installed)	Degree ≥ 95	–
Direction of rotation	Optional	Counterclockwise
Total resistance (Terms. 1–2)	kΩ 2 ± 20 %	–
Wiper protective resistor (wiper in zero setting, Terms. 2–3)	Ω 710...1380	–
Operating voltage $U_V$	V 5	5
Electrical loading	Ohmic resistance	Ohmic resistance
Permissible wiper current	μA ≤ 18	≤ 20
Voltage ratio from stop to stop		
Chara. curve 1	0.04 ≤ $U_A/U_V$ ≤ 0.96 –	
Voltage ratio in area 0...88 °C		
Chara. curve 2	–	0.05 ≤ $U_{A2}/U_V$ ≤ 0.985
Chara. curve 3	–	0.05 ≤ $U_{A3}/U_V$ ≤ 0.970
Slope of the nominal characteristic curve	deg <sup>-1</sup> 0.00927	–
Operating temperature	°C –40...+130	–40...+85
Guide value for permissible vibration acceleration	m · s <sup>-2</sup> ≤ 700	≤ 300
Service life (operating cycles)	Mio 2	1.2



**Dimension drawings.**

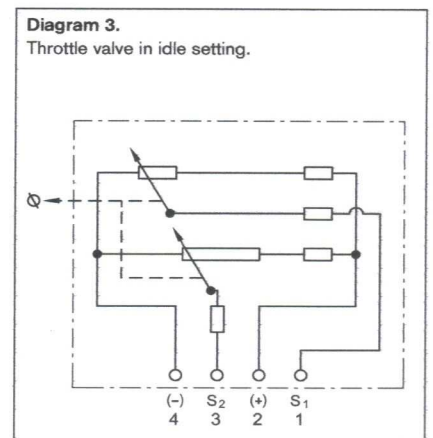
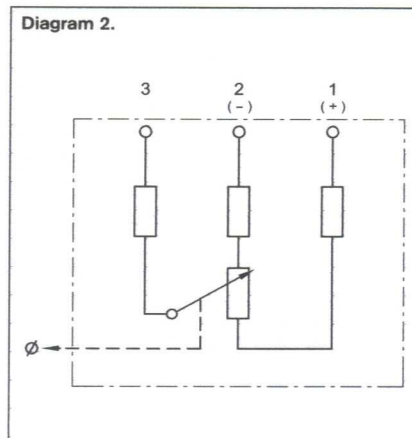
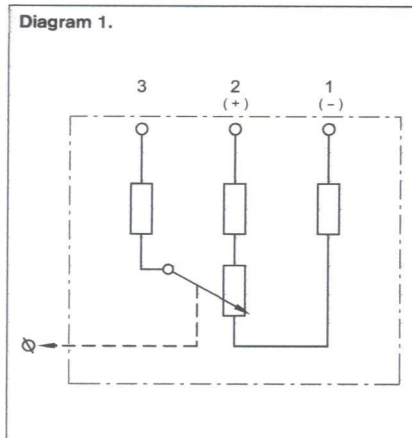
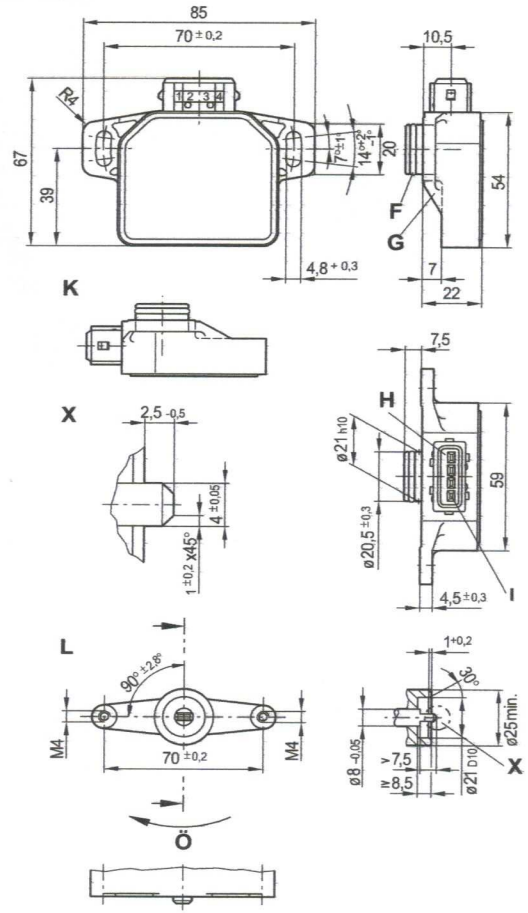
A Plug-in connection,  
 B O-ring 14.65 x 2 mm,  
 C Fixing dimensions for throttle-valve housing, **D** Clockwise rotation <sup>1)</sup>,  
 E Counterclockwise rotation <sup>1)</sup>, **Ö** Direction of throttle-valve opening.  
<sup>1)</sup> Throttle valve in idle setting.

**0 280 122 001**



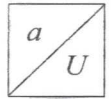
F O-ring 16.5 x 2.5 mm, **G** 2 ribs, 2.5 mm thick,  
 H Plug-in connection, I Blade terminal,  
**K** This mounting position is only permissible when the throttle-valve shaft is sealed against oil, gasoline, etc., **Ö** Direction of throttle-valve opening,  
 L Fixing dimensions for throttle-valve potentiometer.

**0 280 122 201**

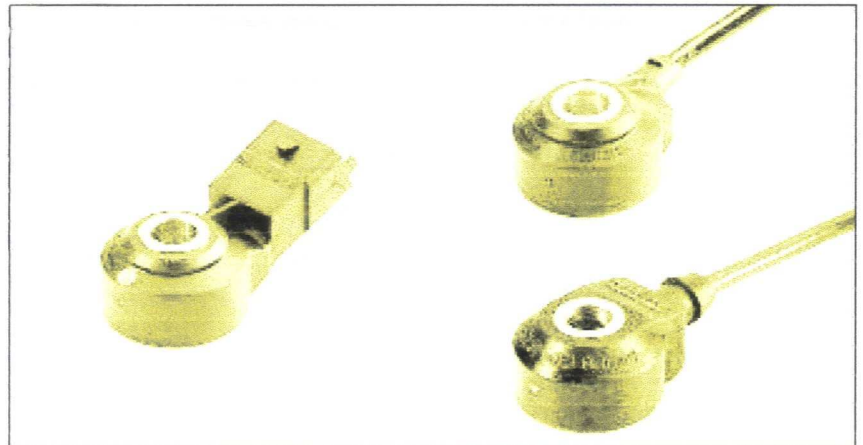


# Piezoelectric vibration sensors

## Measurement of structure-borne noise/acceleration



- Reliable detection of structure-borne noise for protecting machines and engines.
- Piezo-ceramic with high degree of measurement sensitivity.
- Sturdy compact design.



### Applications

Vibration sensors of this type are suitable for the detection of structure-borne acoustic oscillations as can occur for example in case of irregular combustion in engines and on machines. Thanks to their ruggedness, these vibration sensors can be used even under the most severe operating conditions.

### Areas of application

- Knock control for internal-combustion engines
- Protection of machine tools
- Detection of cavitation
- Monitoring of bearings
- Theft-deterrent systems

### Design and function

On account of its inertia, a mass exerts compressive forces on a ring-shaped piezo-ceramic element in time with the oscillation which generates the excitation. Within the ceramic element, these forces result in charge transfer within the ceramic and a voltage is generated between the top and bottom of the ceramic element. This voltage is picked-off using contact discs – in many cases it is filtered and integrated – and made available as a measuring signal. In order to route the vibration directly into the sensor, vibration sensors are securely bolted to the object on which measurements take place.

### Measurement sensitivity

Every vibration sensor has its own individual response characteristic which is closely linked to its measurement sensitivity. The measurement sensitivity is defined as the output voltage per unit of acceleration due to gravity (see characteristic curve). The production-related sensitivity scatter is acceptable for applications where the primary task is to record that vibration is occurring, and not so much to measure its severity.

The low voltages generated by the sensor can be evaluated using a high-impedance AC amplifier.

### Technical data

Frequency range	1...20 kHz
Measuring range	≈ 0.1...400 g <sup>1)</sup>
Sensitivity at 5 kHz	26 ±8 mV/g
Linearity between 5...15 kHz at resonances	+20/–10 % of 5 kHz-value (15...41 mV/g)
Dominant resonant frequency	> 25 kHz
Self-impedance	> 1 MΩ
Capacitance range	800...1400 pF
Temperature dependence of the sensitivity	≤ 0.06 mV/(g · °C)
Operating-temperature range:	
Type 0 261 231 118	–40...+150 °C
Type 0 261 231 148	–40...+150 °C
Type 0 261 231 153	–40...+130 °C
Permissible oscillations	Sustained ≤ 80 g Short-term ≤ 400 g

### Installation

Fastening screw	Grey cast iron	M 8 x 25; quality 8.8
	Aluminum	M 8 x 30; quality 8.8
Tightening torque (oiled permitted)	20 ±5 N · m	
Mounting position	Arbitrary	

<sup>1)</sup> Acceleration due to gravity  $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .  
Resistant to saline fog and industrial climate.

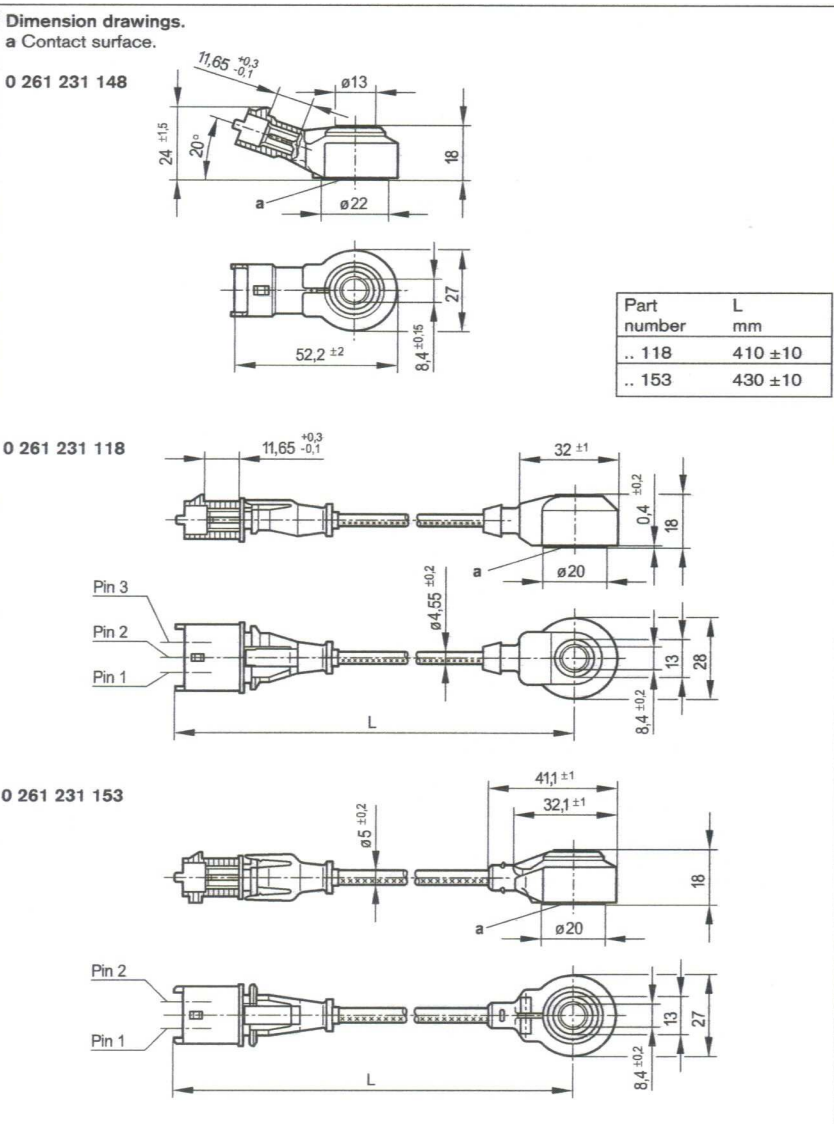
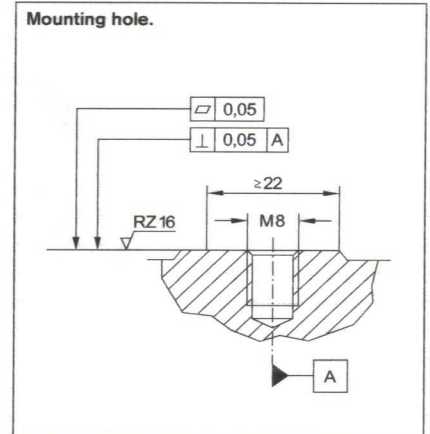
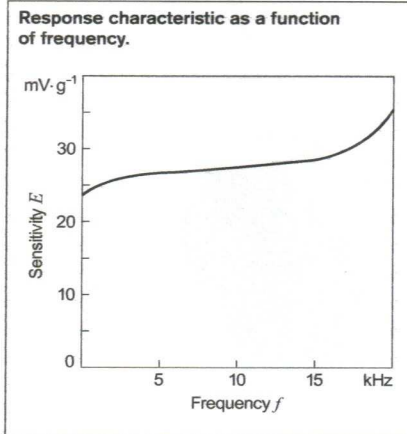
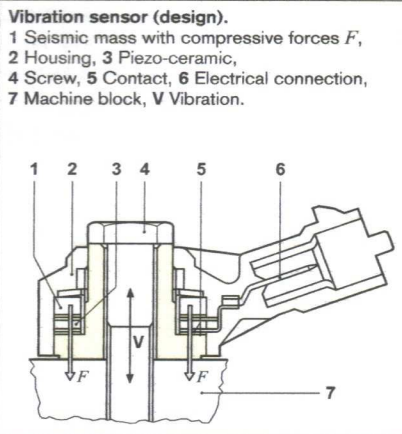
### Range

Vibration sensor	
2-pole without cable	0 261 231 148
2-pole, with cable, length 480 mm, up to +130 °C	0 261 231 153
3-pole, with cable, length 410 mm, up to +150 °C	0 261 231 118

### Accessories

Sensor	Plug housing	Contact pins	Individual gasket	For cable cross section
0 261 231 148	1 928 403 137	1 987 280 103	1 987 280 106	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>
		1 987 280 105	1 987 280 107	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>
0 261 231 153	1 928 403 826	1 928 498 060	1 928 300 599	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>
		1 928 498 061	1 928 300 600	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>
0 261 231 118	1 928 403 110	1 987 280 103	1 987 280 106	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>
		1 987 280 105	1 987 280 107	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>

Note: A 3-pole plug requires 1 plug housing, 3 contact pins, and 3 individual gaskets. In automotive applications, original AMP crimping tools must be used.



**Evaluation**  
 The sensor's signals can be evaluated using an electronic module. This is described on Pages 26/27.

**Installation instructions**  
 The sensor's metal surfaces must make direct contact. No washers of any type are to be used when fastening the sensors. The mounting-hole contact surface should be of high quality to ensure low-resonance sensor coupling at the measuring point. The sensor cable is to be laid such that there is no possibility of sympathetic oscillations being generated. The sensor must not come into contact with liquids for longer periods.

**Explanation of symbols**  
 $E$  Sensitivity  
 $f$  Frequency  
 $g$  Acceleration due to gravity

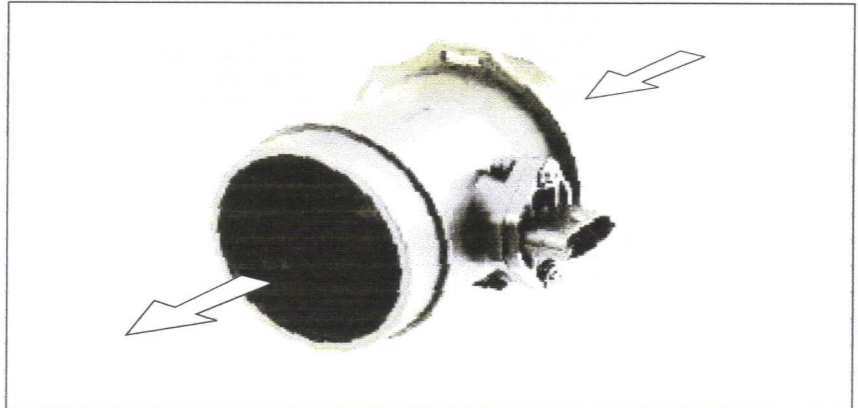
**Connector-pin assignments**  
 Pin 1, 2 Measuring signal  
 Pin 3 Shield, dummy

# Hot-film air-mass meter, Type HFM 5

Measurement of air-mass throughflow up to 1000 kg/h



- Compact design.
- Low weight.
- Rapid response.
- Low power input.
- Return-flow detection.



## Application

In order to comply with the vehicle emission limits demanded by law, it is necessary to maintain a given air/fuel ratio exactly.

This requires sensors which precisely register the actual air-mass flow and output a corresponding electrical signal to the open and closed-loop control electronics.

## Design

The micromechanical sensor element is located in the plug-in sensor's flow passage. This plug-in sensor is suitable for incorporating in the air filter or, using a measurement venturi, in the air-intake passages. There are different sizes of measurement venturi available depending upon the air throughflow. The micromechanical measuring system uses a hybrid circuit, and by evaluating the measuring data is able to detect when return flow takes place during air-flow pulsation.

## Operating principle

The heated sensor element in the air-mass meter dissipates heat to the incoming air. The higher the air flow, the more heat is dissipated. The resulting temperature differential is a measure for the air mass flowing past the sensor.

An electronic hybrid circuit evaluates this measuring data so that the air-flow quantity can be measured precisely, and its direction of flow.

Only part of the air-mass flow is registered by the sensor element. The total air mass flowing through the measuring tube is determined by means of calibration, known as the characteristic-curve definition.

## Technical data / range

Nominal supply voltage $U_N$	14 V				
Supply-voltage range $U_V$	8...17 V				
Output voltage $U_A$	0...5 V				
Input current $I_V$	< 0.1 A				
Permissible vibration acceleration	$\leq 150 \text{ ms}^{-2}$				
Time constant $\tau_{63}^{1)}$	$\leq 15 \text{ ms}$				
Time constant $\tau_{\Delta}^{2)}$	$\leq 30 \text{ ms}$				
Temperature range	-40...+120 °C <sup>3)</sup>				
Part number	0 280 217 123	0 280 218 019	0 280 217 531	0 280 218 008	0 281 002 421
Measuring range $Q_m$	8...370 kg/h	10...480 kg/h	12...640 kg/h	12...850 kg/h	15...1000 kg/h
Accuracy <sup>4)</sup>	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$
Fitting length $L_E$	22 mm	22 mm	22 mm	16 mm	22 mm
Fitting length $L_A$	20 mm	20 mm	20 mm	16 mm	20 mm
Installation length $L$	96 mm	96 mm	130 mm	100 mm	130 mm
Connection diam. D	60 mm	70 mm	80 mm	86/84 mm <sup>5)</sup>	92 mm
Venturi ID	50 mm	62 mm	71 mm	78 mm	82 mm
Pressure drop at nominal air mass <sup>5)</sup>	< 20 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa
Temperature sensor	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Version	1	2	3	4	5

<sup>1)</sup> In case of sudden increase of the air-mass flow from 10 kg · h<sup>-1</sup> auf 0,7  $Q_m$  nominal, time required to reach 63% of the final value of the air-mass signal.

<sup>2)</sup> Period of time in case of a throughflow jump of the air mass  $|\Delta m/m| \leq 5\%$ .

<sup>3)</sup> For a short period up to +130 °C.

<sup>4)</sup>  $\Delta Q_m/Q_m$ : The measurement deviation  $\Delta Q_m$  from the exact value, referred to the measured value  $Q_m$ .

<sup>5)</sup> Measured between input and output

<sup>6)</sup> Inflow/outflow end

## Accessories for connector

Plug housing	Contact pins	Individual gaskets	For conductor cross-section
1 928 403 836	1 987 280 103	1 987 280 106	0.5...1 mm <sup>2</sup>
	1 987 280 105	1 987 280 107	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>

Note: Each 5-pole plug requires 1 plug housing, 5 contact pins, and 5 individual gaskets.

For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

## Application

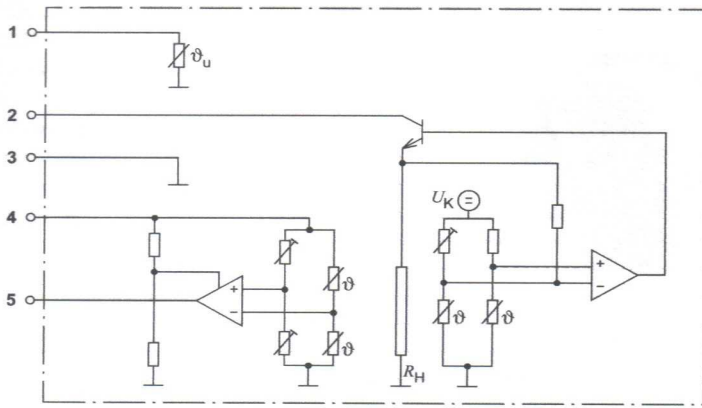
In internal-combustion engines, this sensor is used for measuring the air-mass flow so that the injected fuel quantity can be adapted to the presently required power, to the air pressure, and to the air temperature.

## Explanation of symbols

$Q_m$	Air-mass flow rate
$\Delta Q_m$	Absolute accuracy
$\Delta Q_m/Q_m$	Relative accuracy
$\tau_{\Delta}$	Time until measuring error is $\leq 5\%$
$\tau_{63}$	Time until measured-value change 63%

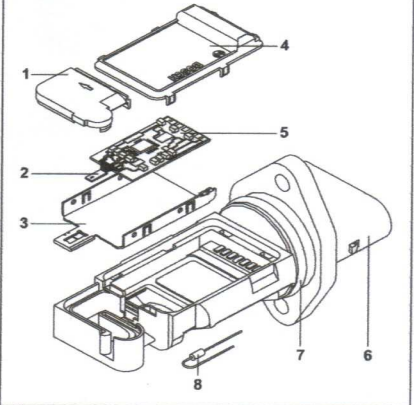
**Function diagram with connector-pin assignment.**

1 Additional temperature sensor  $\vartheta_1$  (not on version 4, Part number 0 280 218 008),  
 2 Supply voltage  $U_V$ , 3 Signal ground, 4 Reference voltage 5 V, 5 Measurement signal  $U_A$ .  
 $\vartheta$  Temperature-dependence of the resistor,  $R_H$  Heater resistor,  $U_K$  Constant voltage



**HFM 5 plug-in sensor design.**

1 Measuring-passage cover, 2 Sensor, 3 Mounting plate, 4 Hybrid-circuit cover, 5 Hybrid, 6 Plug-in sensor, 7 O-ring, 8 Auxiliary temperature sensor.



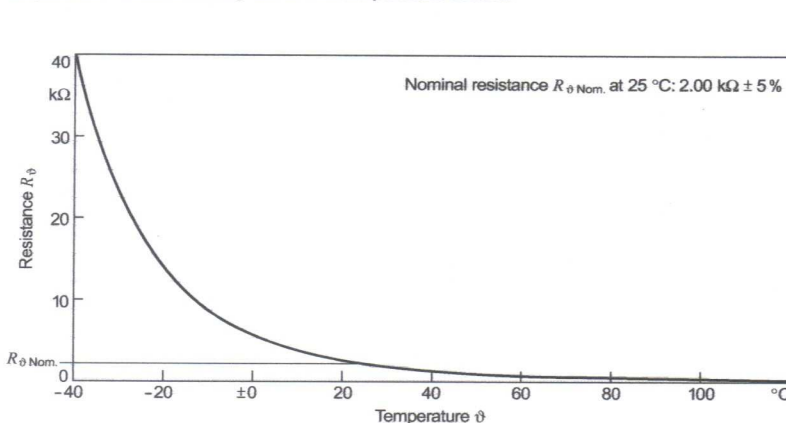
**Output voltage  $U_A = f(Q_m)$  of the air-mass meter**

Part number	0 280 217 123	0 280 218 019	0 280 217 531	0 280 218 008	0 280 002 421
Characteristic curve	1	2	3	4	5
$Q_m$ /kg/h	$U_A$ /V	$U_A$ /V	$U_A$ /V	$U_A$ /V	$U_A$ /V
8	1.4837	1.2390	-	-	-
10	1.5819	1.3644	1.2695	-	-
15	1.7898	1.5241	1.4060	1.3395	1.2315
30	2.2739	1.8748	1.7100	1.6251	1.4758
60	2.8868	2.3710	2.1563	2.0109	1.8310
120	3.6255	2.9998	2.7522	2.5564	2.3074
250	4.4727	3.7494	3.5070	3.2655	2.9212
370	4.9406	4.1695	3.9393	3.6717	3.2874
480	-	4.4578	4.2349	3.9490	3.5461
640	-	-	4.5669	4.2600	3.8432
850	-	-	-	4.5727	4.1499
1000	-	-	-	-	4.3312

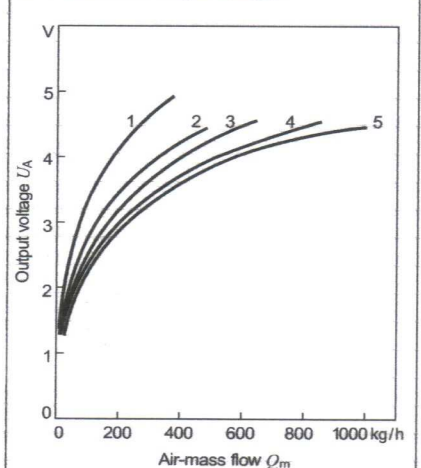
**Temperature-dependence  $R_{\vartheta} = f(\vartheta)$  of the temperature sensor**

Temperature $\vartheta$ °C	-40	-30	-20	-10	$\pm 0$	10	20	30	40
Resistance $R_{\vartheta}$ k $\Omega$	39.26	22.96	13.85	8.609	5.499	3.604	2.420	1.662	1.166
Temperature $\vartheta$ °C	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Resistance $R_{\vartheta}$ $\Omega$	835	609	452	340	261	202	159	127	102

**Temperature-resistance diagram of the temperature sensor.**

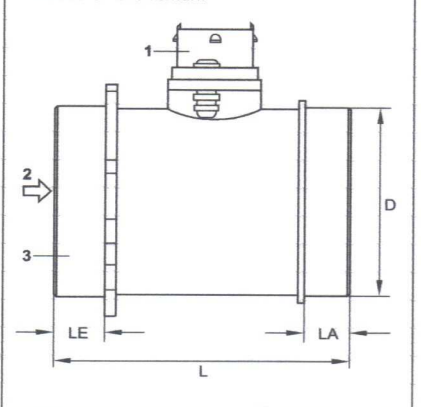


**Air-mass meter output voltage.**



**Dimensions overview of the HFM 5.**

1 Plug-in sensor, 2 Throughflow direction, 3 Measurement venturi.

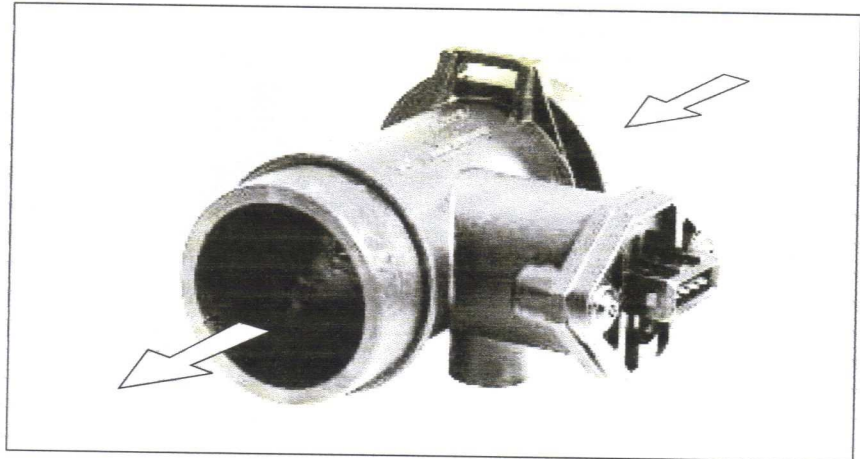


# Hot-film air-mass meter, type HFM 2

Measurement of air-mass throughflow up to 1080 kg/h

$$\frac{Q_m}{U}$$

- Measurement of air mass (gas mass) throughflow per unit of time, independent of density and temperature.
- Extensive measuring range.
- Highly sensitive, particularly for small changes in flow rate.
- Wear-free since there are no moving parts.
- Insensitive to dirt and contamination.



### Application

Measurement of air-mass flow rate to provide data needed for clean combustion. Air-mass meters are suitable for use with other gaseous mediums.

### Design and function

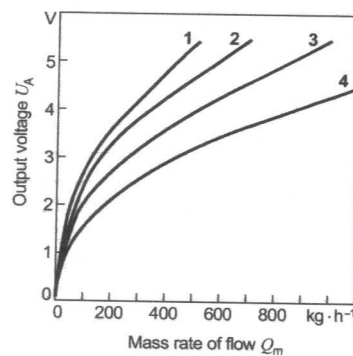
The sensor element comprises a ceramic substrate containing the following thick-film resistors which have been applied using silk-screen printing techniques: Air-temperature-sensor resistor  $R_\theta$ , heater resistor  $R_H$ , sensor resistor  $R_S$ , and trimmer resistor  $R_1$ .

The heater resistor  $R_H$  maintains the platinum metallic-film resistor  $R_S$  at a constant temperature above that of the incoming air. The two resistors are in close thermal contact.

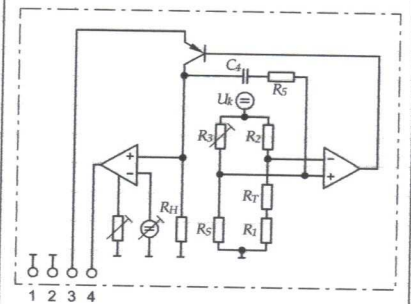
The temperature of the incoming air influences the resistor  $R_\theta$  with which the trimmer resistor  $R_1$  is connected in series. Throughout the complete operating-temperature range it compensates for the bridge circuit's temperature sensitivity. Together with  $R_2$  and  $R_\theta$ ,  $R_1$  forms one arm of the bridge circuit, while the auxiliary resistor  $R_3$  and sensor resistor  $R_S$  form the other arm. The difference in voltage between the two arms is tapped off at the bridge diagonal and used as the measurement signal. The evaluation circuit is contained on a second thick-film substrate. Both hybrids are integrated in the plastic housing of the plug-in sensor.

The hot-film air-mass meter is a thermal flowmeter. The film resistors on the ceramic substrate are exposed to the air mass under measurement. For reasons associated with flow, this sensor is far less sensitive to contamination than, for example, a hot-wire air-mass meter, and there is no need for the ECU to incorporate a self-cleaning burn-off function.

Characteristic curves.



Operating principle.



### Technical data / Range

Part number	0 280 217 102	0 280 217 120	0 280 217 519	0 280 217 801
Characteristic curve	1	2	3	4
Installation length L	mm	130	130	130
		96		
Air-flow measuring range	kg · h <sup>-1</sup>	10...350	10...480	12...640
				20...1080
Accuracy referred to measured value	%	±4	±4	±4
Supply voltage	V	14	14	14
Input current				
at 0 kg · h <sup>-1</sup>	A	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25
at $Q_{m,nom.}$	A	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8
Time constant <sup>1)</sup>	ms	≤20	≤20	≤20
Temperature range				
Sustained	°C	-30...+110	-30...+110	-30...+110
Short-term	°C	-40...+125	-40...+125	-40...+125
Pressure drop at nominal air mass	mPa	<15	<15	<15
Vibration acceleration				
max.	m · s <sup>-2</sup>	150	150	150

<sup>1)</sup> In case of sudden increase of the air-mass flow from 10 kg · h<sup>-1</sup> auf 0.7  $Q_{m,nominal}$ , time required to reach 63% of the final value of the air-mass signal.





**Dimension drawings.**  
E Plug-in sensor, M Measurement venturi, S1/S2 Plug connection

Ø A	Ø B	C	D	E	H	K	L	M	R	Measurement venturi	Plug-in connection	Part number
60	66	70	73	86	33	75	130	82	37	KS	S1	0 280 217 102
70	76	50	69	82	34.8	-	96	-	42	KS	S1	0 280 217 107
70	76	70	69	82	33.5	85	130	92	42	KS	S2	0 280 217 120
80	86	70	73	86	39	-	130	-	-	KS	S2	0 280 217 519
95.6	102	70	76.2	91.2	45	110	130	117	54	Alu	S1	0 280 217 801

**S1**

**S2**

**Installation instructions**

Water and other liquids must not collect in the measurement venturi. The measurement venturi must therefore be inclined by at least 5° relative to the horizontal. Since care must be taken that the intake air is free of dust, it is imperative that an air filter is fitted.

**Explanation of symbols:**

- R<sub>1</sub> Trimmer resistor
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> Auxiliary resistors
- R<sub>S</sub>, C<sub>4</sub> RC element
- R<sub>H</sub> Heater resistor
- R<sub>S</sub> Platinum metal-film resistor
- R<sub>T</sub> Resistance of the air-temperature-sensor resistor
- U<sub>K</sub> Bridge supply voltage
- U<sub>A</sub> Output voltage
- U<sub>V</sub> Supply voltage

**Connector-pin assignment**

- Pin 1 Ground
- Pin 2 U<sub>A</sub> (-)
- Pin 3 U<sub>V</sub>
- Pin 4 U<sub>A</sub> (+)

**Accessories**

**For 0 280 217 102, .. 107, .. 801**

Plug housing	1 284 485 118
Receptacle	1 284 477 121 <sup>1)</sup>
Protective cap	1 280 703 023 <sup>1)</sup>

Each 4-pole plug requires 1 plug housing, 4 receptacles, and 1 protective cap.  
<sup>1)</sup> Quantity 5 per package

**For 0 280 217 120, .. 519**

Designation	For conductor cross-section	Part number
Plug housing	-	1 928 403 112
Contact pin	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>	1 987 280 103
Individual gasket	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>	1 987 280 105
Individual gasket	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>	1 987 280 106
Individual gasket	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>	1 987 280 107

Each 4-pole plug requires 1 plug housing, 4 contact pins, and 4 individual gaskets.

**Note**

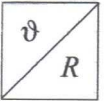
For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

**Plug-in sensor.**  
1 Sensor, 2 Hybrid, 3 Power module, 4 Mounting plate, 5 Heat sink, 6 Plug housing

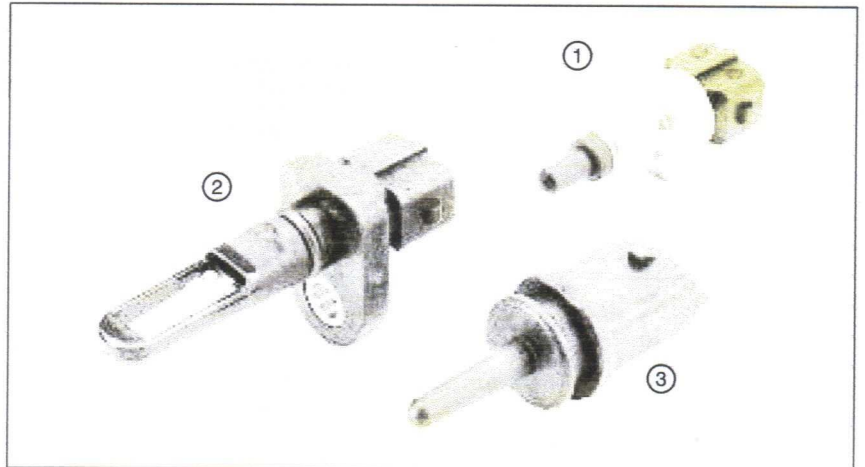
**Sensor element with thick-film resistors.**  
Q<sub>M</sub> Mass rate of flow, R<sub>1</sub> Trimmer resistor, R<sub>H</sub> Heater resistor, R<sub>S</sub> Sensor resistor, R<sub>T</sub> Air-temperature measuring resistor, A Front, B Rear

# NTC temperature sensors

Measurement of air temperatures between  $-40\text{ °C}$  and  $+130\text{ °C}$



- Measurement with temperature-dependent resistors.
- Broad temperature range.



## Range

NTC temperature sensor  
NTC resistor in plastic sheath

Steel housing	
Screw fastening	0 280 130 039
Polyamide housing	
Plug-in mounting	0 280 130 092
Plug-in mounting	0 280 130 085

## Accessories

For 0 280 130 039; .. 085	
Connector	1 237 000 036

For 0 280 130 092		
Designation	For cable cross-section	Part number
Plug housing	–	1 928 403 137
Contact pins	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>	1 987 280 103
Individual gaskets	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>	1 987 280 105
	0.5...1.0 mm <sup>2</sup>	1 987 280 106
	1.5...2.5 mm <sup>2</sup>	1 987 280 107

### Note

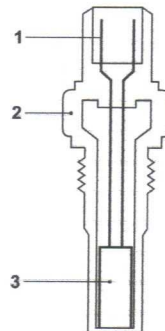
Each 2-pole plug requires 1 plug housing, 2 contact pins, and 2 individual gaskets. For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

### Explanation of symbols:

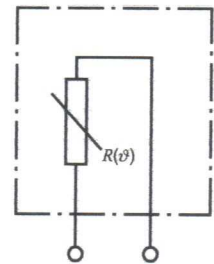
$R$  Resistance  
 $\vartheta$  Temperature

### Temperature sensor (principle).

- 1 Electrical connection  
2 Housing  
3 NTC resistor



### Block diagram.



## Technical data

Part number	0 280 130 039	0 280 130 085	0 280 130 092
Illustration	1	2	3
Characteristic curve	1	2	1
Measuring range	$^{\circ}\text{C}$ $-40\text{...}+130$	$^{\circ}\text{C}$ $-40\text{...}+130$	$^{\circ}\text{C}$ $-40\text{...}+130$
Permissible temp., max.	$^{\circ}\text{C}$ $+130$	$^{\circ}\text{C}$ $+140$	$^{\circ}\text{C}$ $+130$
Electrical resistance at $20\text{ °C}$	$\text{k}\Omega$ $2.5 \pm 5\%$	$\text{k}\Omega$ $2.4 \pm 5.4\%$	$\text{k}\Omega$ $2.5 \pm 5\%$
Electrical resistance at $-10\text{ °C}$	$\text{k}\Omega$ $8.26\text{...}10.56$	–	$\text{k}\Omega$ $8.727\text{...}10.067$
	$+20\text{ °C}$ $\text{k}\Omega$ $2.28\text{...}2.72$	$\text{k}\Omega$ $2.290\text{...}2.551$	$\text{k}\Omega$ $2.375\text{...}2.625$
	$+80\text{ °C}$ $\text{k}\Omega$ $0.290\text{...}0.364$	–	–
Nominal voltage	$\text{V}$ $\leq 5$	$\text{V}$ $\leq 5$	$\text{V}$ $\leq 5$
Measured current, max.	$\text{mA}$ 1	$\text{mA}$ 1	$\text{mA}$ 1
Self-heating at max. permissible power loss $P = 2\text{ mW}$ and stationary air ( $23\text{ °C}$ )	$\text{K}$ $\leq 2$	–	$\text{K}$ $\leq 2$
Thermal time constant <sup>1)</sup>	$\text{s}$ ca. 20	$\text{s}$ $\leq 5$ <sup>2)</sup>	$\text{s}$ 44
Guide value for permissible vibration acceleration (sinusoidal vibration)	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 100	100	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ $\leq 300$
Corrosion-tested as per	DIN 50 018	DIN 50 018	DIN 50 018

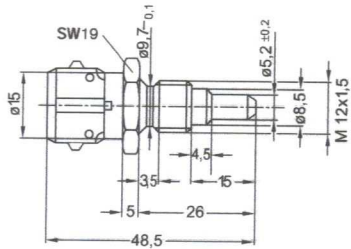
<sup>1)</sup> At  $20\text{ °C}$ . Time required to reach 63% of final value for difference in resistance, given an abrupt increase in air temperature; air pressure 1000 mbar; air-flow rate  $6\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

<sup>2)</sup> Time constant  $\tau_{63}$  in air for a temperature jump of  $-80\text{ °C}$  to  $+20\text{ °C}$  at an air-flow rate of  $\geq 6\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

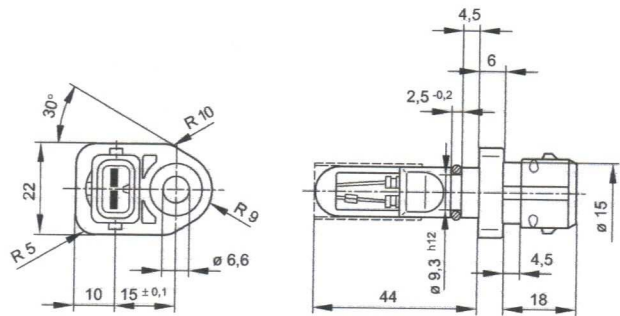


Dimension drawings.

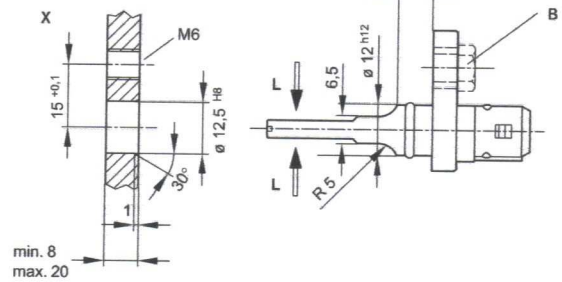
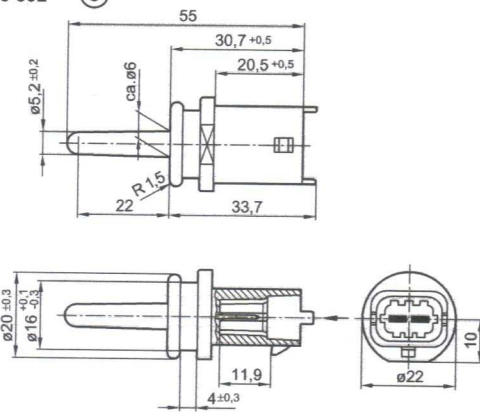
0 280 130 039 (1)  
SW A/F size



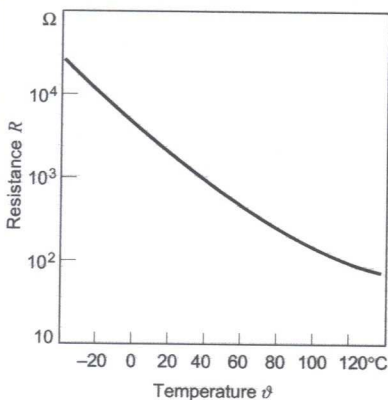
0 280 130 085 (2)  
B Mounting screw  
X Thread in contact area  
L Air flow



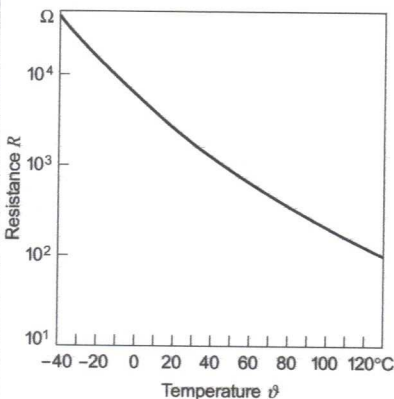
0 280 130 092 (3)



Characteristic curve 1.



Characteristic curve 2.

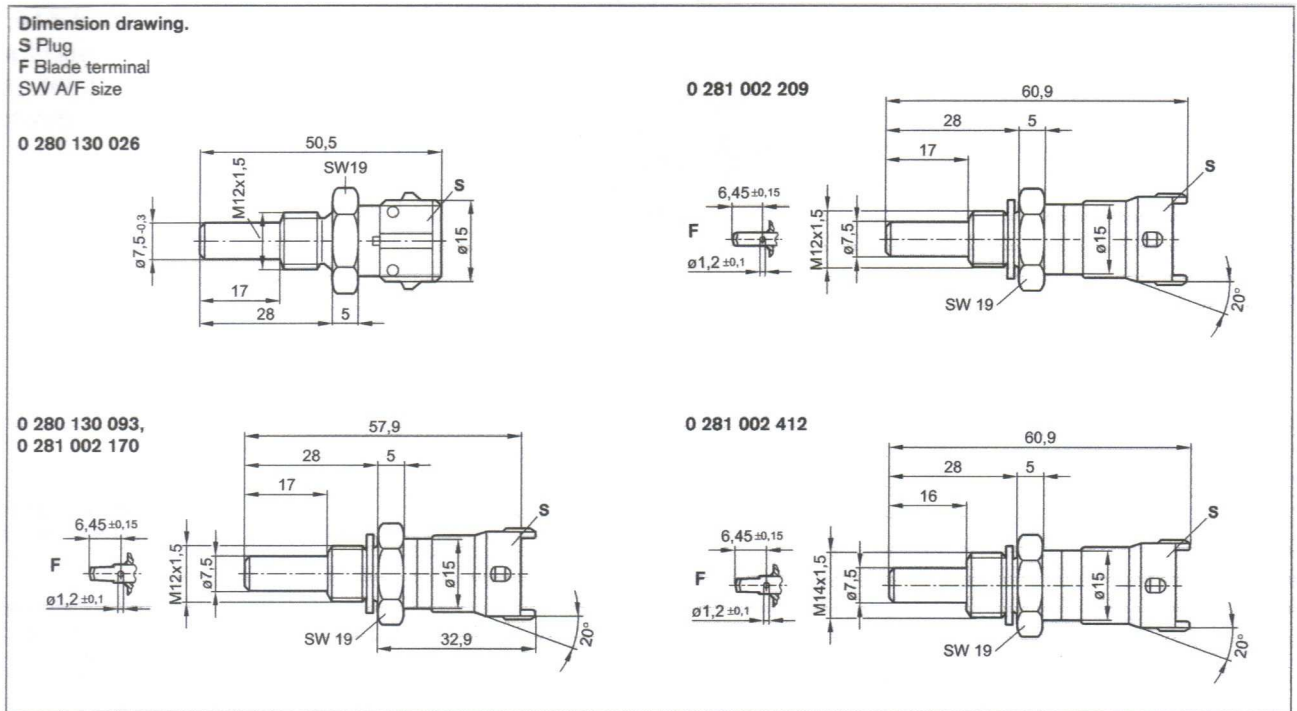


Design and function

**NTC sensor:**  
The sensing element of an NTC temperature sensor (NTC = Negative Temperature Coefficient), is a resistor comprised of metal oxides and oxidized mixed crystals. This mixture is produced by sintering and pressing with the addition of binding agents. For automotive applications, NTC resistors are enclosed in a protective sheath. If NTC resistors are exposed to external heat, their resistance drops drastically and, provided the supply voltage remains constant, their input current climbs rapidly. This property can be utilised for temperature measurement. NTC resistors are suitable for an extremely wide range of ambient conditions, and with them it is possible to measure a wide range of temperatures.

Installation instructions

Installation is to be such that the front part of the sensing element is directly exposed to the air flow



**Technical data**

Part number		0 280 130 026	0 280 130 093	0 281 002 170	0 281 002 209	0 281 002 412
Application/medium		Water	Water	Oil/Water	Water	Water
Measuring range	°C	-40...+130	-40...+130	-40...+150	-40...+130	-40...+130
Tolerance at	+20 °C	°C 1.2	°C 1.2	±1.5	±1.5	±1.5
	+100 °C	°C 3.4	°C 3.4	±0.8	±0.8	±0.8
Nominal resistance at 20 °C	kΩ	2.5 ±5 %	2.5 ±5 %	2.5 ±6 %	2.5 ±6 %	2.5 ±6 %
Electrical resistance at	-10 °C	kΩ 8.26...10.56	kΩ 8.727...10.067	kΩ 8.244...10.661	kΩ 8.244...10.661	kΩ 8.244...10.661
	+20 °C	kΩ 2.28...2.72	kΩ 2.375...2.625	kΩ 2.262...2.760	kΩ 2.262...2.760	kΩ 2.262...2.760
	+80 °C	kΩ 0.290...0.364	-	kΩ 0.304...0.342	kΩ 0.304...0.342	kΩ 0.304...0.342
Nominal voltage	V	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Measured current, max.	mA	1	1	1	1	1
Thermal time constant	s	44	44	15	15	15
Max. power loss at						
$\Delta T \approx 1K$ and stationary air 23 °C	m · s <sup>-2</sup>	100	≤ 300	≤ 300	≤ 300	≤ 300
Degree of protection <sup>1)</sup>			IP 54A	IP 64K	IP 64K	IP 64K IP 64K
Thread		M 12 x 1.5	M 12 x 1.5	M 12 x 1.5	M 12 x 1.5	M 14 x 1.5
Corrosion-tested as per		DIN 50 018	DIN 50 018	DIN 50 021 <sup>2)</sup>	DIN 50 021 <sup>2)</sup>	DIN 50 021 <sup>2)</sup>
Plugs		Jetronic, Tin-plated pins	Compact 1, Tin-plated pins	Compact 1, Gold-plated pins	Compact 1.1, Tin-plated pins	Compact 1.1, Tin-plated pins
Tightening torque	Nm	25	18	18	25	20

<sup>1)</sup> With single-conductor sealing

<sup>2)</sup> Saline fog 384 h

**Accessories**

**For 0 280 130 026**

Designation	Part number
Connector	1 237 000 036

**For 0 280 130 093, 0 281 002 170**

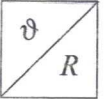
Designation	For cable cross-section	Part number
Plug housing	-	1 928 403 137
Contact pins	0.5 ... 1.0 mm <sup>2</sup>	1 987 280 103
	1.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup>	1 987 280 105
Individual gaskets	0.5 ... 1.0 mm <sup>2</sup>	1 987 280 106
	1.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup>	1 987 280 107

**For 0 281 002 209, 0 281 002 412**

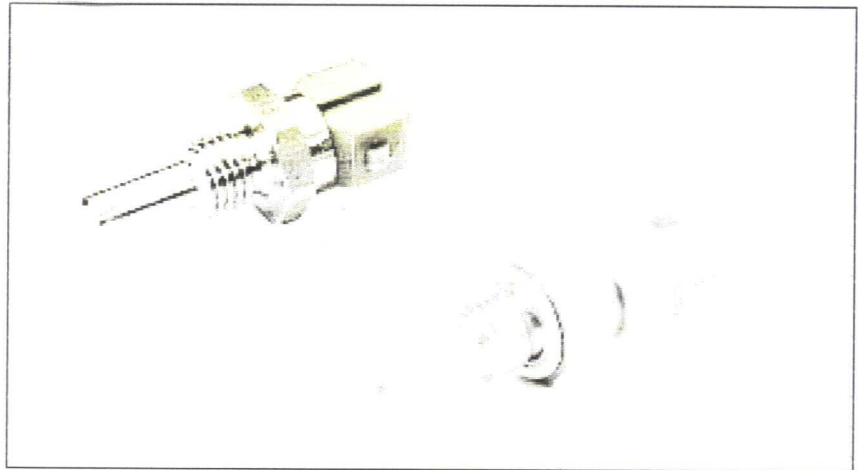
Designation	For cable cross-section	Part number
Plug housing	-	1 928 403 874
Contact pins	0.5 ... 1.0 mm <sup>2</sup>	1 928 498 060
	1.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup>	1 928 498 061
Individual gaskets	0.5 ... 1.0 mm <sup>2</sup>	1 928 300 599
	1.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup>	1 928 300 600

# NTC temperature sensors

Measurement of liquid temperatures from  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$



- For a wide variety of liquid-temperature measurements using temperature-dependent resistors.



## NTC temperature sensor

Plastic-sheathed NTC resistor in a brass housing

### Design and function

NTC sensor:

The sensing element of the NTC temperature sensor (NTC = Negative Temperature Coefficient) is a resistor comprised of metal oxides and oxidized mixed crystals. This mixture is produced by sintering and pressing with the addition of binding agents. For automotive applications, NTC resistors are enclosed in a protective housing. If NTC resistors are exposed to external heat, their resistance drops drastically and, provided the supply voltage remains constant, their input current climbs rapidly. This property can be utilised for temperature measurement. NTC resistors are suitable for use in the most varied ambient conditions, and with them it is possible to measure a wide range of liquid temperatures.

### Note

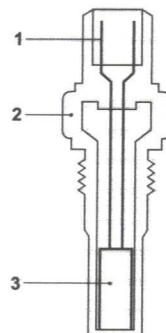
Each 2-pole plug requires 1 plug housing, 2 contact pins, and 2 individual gaskets. For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

### Explanation of symbols

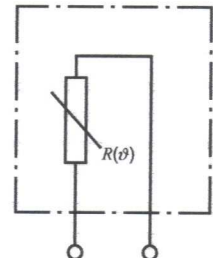
$R$  Resistance  
 $\vartheta$  Temperature

### Temperature sensor (principle)

- 1 Electrical connection
- 2 Housing
- 3 NTC resistor



### Diagram.



### Characteristic curve.

