

# Συστήματα μέτρησης της μάζας του αέρα: MAP ή MAF;



Επιμέλεια άρθρου από: Δημήτρης Α. Πατρίκης 10/12/2016

Για πολλά χρόνια, οι περισσότεροι από εμάς πίστευαν ότι το σύστημα μέτρησης της ροής μάζας αέρα παρείχε την πιο ακριβή μέτρηση της ροής του αέρα που εισερχόταν στον κινητήρα. Για να μιλάμε συγκεκριμένα, στο σύστημα μέτρησης της μάζας του αέρα δεν υπάρχουν και πάρα πολλά πράγματα που μπορούν να πάνε στραβά, επειδή το σύστημα αυτό παράγει μόνο μια τάση ή μια έξοδο συχνότητας, που υποδεικνύει στην ECU του κινητήρα μια ακριβή τιμή της ροής του αέρα εισαγωγής, εκφρασμένη σε γραμμάρια/δευτερόλεπτο. Σε αντίθεση με αυτή τη μέθοδο, ένα τυπικό σύστημα μέτρησης της πυκνότητας ταχύτητας του αέρα (speed density), της δεκαετίας του 1980, υπολόγιζε τη ροή του αέρα που εισερχόταν στον κινητήρα με τη χρήση δεδομένων από τη μέτρηση της απόλυτης πίεσης πολλαπλής/βαρομετρική (MAP/Baro), της θέσης της πεταλούδας (TPS), τη θερμοκρασία ψυκτικού του κινητήρα (ECT), τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής (IAT) και τις στροφές του κινητήρα (RPM).



Δεδομένου ότι ένα σύστημα πυκνότητας ταχύτητας έχει τόσα πολλά σημεία (αισθητήρες) που μπορεί να παρουσιάσουν βλάβη, δυσλειτουργία ή απόκλιση από την τιμή βαθμονόμησης (καλιμπράρισμα), φανταστείτε την έκπληξή μου όταν διάβασα πρόσφατα, ότι ορισμένοι από τους νέους κινητήρες κορυφαίας τεχνολογίας **EcoBoost** της Ford, είναι πλέον εξοπλισμένοι με συστήματα διαχείρισης κινητήρα που χρησιμοποιούν την πυκνότητα ταχύτητας (speed density), ως μέθοδο μέτρησης της ποσότητας του εισερχόμενου αέρα! Δηλαδή, δεν υπάρχει αισθητήρας MAF.

## Η ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η σύγχρονη τεχνολογία του κινητήρα αλλάζει η αντίληψή μας για το πώς μπορούμε να αυξήσουμε τη ροπή του κινητήρα και να μειώσουμε την κατανάλωση. Η Ford Motor Company έχει π.χ. μειώσει τις τριβές περιστροφής στους κινητήρες της σειράς EcoBoost, μικραίνοντας το εκτόπισμα των κυλίνδρων και χρησιμοποιώντας κυλινδροτριβείς (roller type bearings) για την υποστήριξη των δύο επικεφαλής εκκεντροφόρων του κινητήρα. Η Ford έχει επίσης μειώσει την περιστρεφόμενη μάζα με την εξάλειψη αξόνων εξισορρόπησης και των σχετικών περιστρεφόμενων μερών τους.

Άλλα σχέδια κινητήρων μειώνουν την περιστρεφόμενη μάζα με την ενσωμάτωση ενός επίπεδου στροφαλοφόρου 180° που δεν απαιτεί μεγάλα αντίβαρα (για τη διαφορά μεταξύ επίπεδου και ασύμμετρου στροφαλοφόρου πατήστε [εδώ](#)). Για να μειωθούν επίσης οι χρόνοι προθέρμανσης του κινητήρα, χρησιμοποιούνται υδρόψυκτες πολλαπλές εξαγωγής που είναι πλέον αναπόσπαστα μέρη της κυλινδροκεφαλής, με υπερσυμπιεστές γρήγορης απόκρισης που τοποθετούνται απευθείας σε κάθε συλλέκτη της πολλαπλής. Οι σύγχρονοι κινητήρες όπως οι EcoBoost

χρησιμοποιούν επίσης μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων εξαγωγής για την εξάλειψη των συμβατικών συστημάτων επανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR).

Όταν αυτές οι καινοτομίες συνδυάζονται με την τρέχουσα τεχνολογία, όπως οι αισθητήρες μίγματος αέρα/καυσίμου ευρείας ζώνης (Broadband), οι ηλεκτρονικοί έλεγχοι γκαζιού με αισθητήρες διπλής επάρκειας για τη θέση του πεντάλ επιτάχυνσης και της πεταλούδας, με μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων εισαγωγής, άμεσο ψεκασμό καυσίμου, αντλίες καυσίμου με έλεγχο διαμορφωμένου παλμού και πολύ πιο γρήγορες ταχύτητες υπολογισμού, τότε καταλήγουμε σε ορισμένες σημαντικές προόδους στην παραγωγή κινητήρων με υψηλή ροπή, αυξάνοντας παράλληλα την οικονομία καυσίμου και τη μειώνοντας την εκπομπή ρυπογόνων καυσαερίων.

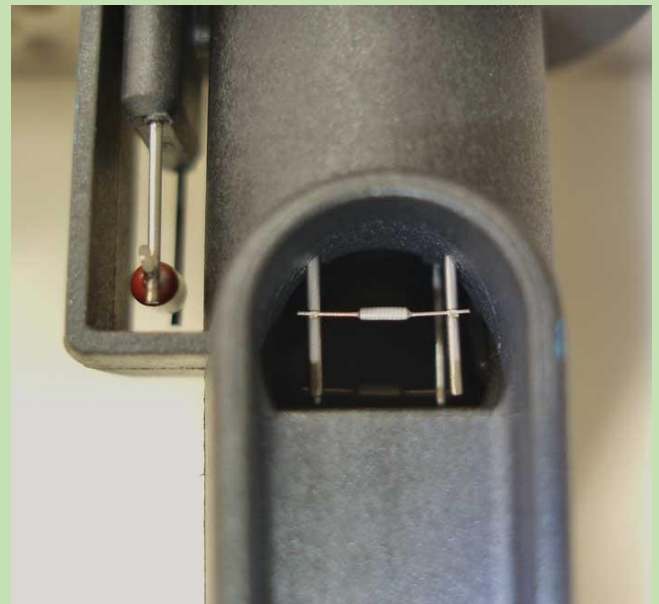
## ΘΕΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ MAF

Για την καλύτερη κατανόηση της εξέλιξης του σύγχρονου συστήματος πυκνότητας ταχύτητας, ας ρίξουμε μια σύντομη ματιά στον συμβατικό αισθητήρα ροή αέρα μάζας με θερμό σύρμα (MAF).

Στην πιο τυπική μορφή του, ο συμβατικός αισθητήρας MAF με θερμό σύρμα βασίζεται στην επίδραση ψύξης που έχει ο αέρας που κινείται με ταχύτητα πάνω από μία αντίσταση "θερμού σύρματος" που βρίσκεται μέσα στο ρεύμα του αέρα (βλέπε **Εικόνα 1**). Με λίγα λόγια, όσο πιο γρήγορα ρέει η μάζα του αέρα πάνω από το θερμό σύρμα, τόσο πιο πολύ ψύχεται το σύρμα. Όσο πιο ψυχρό γίνεται το σύρμα, τόσο περισσότερο ρεύμα καταναλώνεται για να κρατηθεί η θερμοκρασία του σταθερή. Ο MAF, στη συνέχεια μεταφράζει αυτή την τιμή της έντασης του ρεύματος σε μια άμεση τάση εξόδου ή συχνότητας (Hz) την οποία η ECU του κινητήρα ερμηνεύει ως ποσότητα γραμμαρίων αέρα ανά δευτερόλεπτο. Για ένα ακριβέστερο υπολογισμό της ποσότητας του αέρα χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα (IAT) που είναι ενσωματωμένος στον αισθητήρα MAF.

Σε άλλες διαμορφώσεις MAF, προστίθεται ένας αισθητήρας Baro, για να αναφέρει στην ECU του κινητήρα την ατμοσφαιρική πίεση κατά την κατάσταση "διακόπτης ON – κινητήρας OFF", ενώ σε συμβατικές διαμορφώσεις MAF υπολογίζεται η τιμή της βαρομετρικής πίεσης, καθώς επιταχύνει ο κινητήρας. Το μειονέκτημα του αισθητήρα MAF είναι μια ευπάθεια στα σωματίδια σκόνης που συσσωρεύονται πάνω στο θερμό σύρμα ή φιλμ εξ' αιτίας ακατάλληλων ή λερωμένων φίλτρων αέρα.

Δεδομένου ότι τα αερομεταφερόμενα σωματίδια που επικάθονται στο θερμό σύρμα ή φιλμ αλλοιώνουν την ευαισθησία του, αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα θετικό ή αρνητικό σφάλμα βαθμονόμησης της αναλογίας αέρα/καυσίμου. Οι πιο κοινές ενδείξεις του βρώμικου αισθητήρα MAF είναι η ένδειξη εσφαλμένης βαρομετρικής πίεσης, ο εσφαλμένος υπολογισμός του φορτίου του κινητήρα και μη φυσιολογικές τιμές ρύθμισης καυσίμου.



Εικόνα 1: Αυτός ο αισθητήρας MAF είναι μια περίπτωση αισθητήρα θερμού σύρματος τύπου Hitachi. Το "θερμό σύρμα" είναι ουσιαστικά μια αντίσταση που παρεμβάλλεται στο ρεύμα του αέρα.

## TIMES ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ MAP/BARO

Ο αισθητήρας MAP/Baro αναφέρει στην ECU το υψόμετρο του οχήματος (βαρομετρική πίεση) με διακόπτη ανοικτό και σβηστό κινητήρα. Αν και οι μετεωρολογικές συνθήκες σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής θα τροποποιήσουν κάπως την ανάγνωση του αισθητήρα MAP/Baro, μια τυπική βαρομετρική πίεση με διακόπτη ανοικτό και σβηστό κινητήρα είναι 750 mm Hg (χιλιοστά υδραργυρικής στήλης) σε μια στάθμη λίγο πιο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Σε υψόμετρο 2.400 μέτρων, η ανάγνωση του αισθητήρα MAP/Baro θα είναι 570 mm Hg (χιλιοστά υδραργυρικής στήλης) Hg. Δείτε την **Εικόνα 2**.

Σε λειτουργία ρελαντί, ο αισθητήρας MAP/Baro αναφέρει την απόλυτη πίεση, που είναι η βαρομετρική πίεση που υπάρχει μέσα στην πολλαπλή εισαγωγή. Όταν διαβάσετε τις ζωντανές μετρήσεις σε ένα μηχανήμα διάγνωσης, η πίεση MAP συνήθως εκφράζεται ως τιμή κενού ή ως αρνητική πίεση.

Επειδή οι κινητήρες νέας γενιάς θα είναι υπερτροφοδοτούμενοι, ή τουλάχιστον οι περισσότεροι από αυτούς, οι τιμές MAP θα βρίσκονται πάνω από την ατμοσφαιρική και γι' αυτό θα ήταν καλό να συνηθίζουμε να σκεπτόμαστε με όρους πίεσης MAP και όχι κενού. Δείτε την **Εικόνα 3**, όπου φαίνεται ένας αισθητήρας MAP παλαιού τύπου. Αυτοί οι αισθητήρες δίνουν ένδειξη περίπου 4.5 Volt με ανοικτό διακόπτη και περίπου 1 Volt στο ρελαντί. Στα 2.500 μέτρα η τυπική ένδειξη είναι 3.6 Volt.

### ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Αν είχατε πειραματιστεί με ένα παλιότερο σύστημα ψεκασμού με αισθητήρα MAP

συνδέοντας μια αντλία κενού στη γραμμή κενού του αισθητήρα, θα θυμάστε πόσο πολύ ευαίσθητο είναι το σύστημα ελέγχου διαχείρισης του κινητήρα στις μεταβολές της πίεσης εισαγωγής. Το σύστημα πυκνότητας της ταχύτητας έχει την ικανότητα να αντιδρά άμεσα στις μεταβολές της πυκνότητας του ρεύματος αέρα που εισέρχεται μέσα στον κινητήρα αφού έχει περάσει το δίσκο της πεταλούδας γκαζιού. Αυτή η ικανότητα της άμεσης ανταπόκρισης, είναι κρίσιμη για να γίνουν ταχύτατοι και ακριβείς υπολογισμοί της σύνθεσης του μίγματος αέρα/καυσίμου.



Εικόνα 2: Αυτό το «αρχαίο» μανόμετρο έχει μια κλίμακα κενού από 635 mmHg κενό μέχρι 1 Ατμ. πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση. Όταν έχουμε να κάνουμε με υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες με μεταβλητό χρονισμό, είναι καλύτερο να σκεπτόμαστε με όρους απόλυτης πίεσης αντί με όρους κενού.



Εικόνα 3: Αυτός ο αισθητήρας MAP παλαιού δίνει ένδειξη περίπου 4.5 Volt με ανοικτό διακόπτη και περίπου 1 Volt στο ρελαντί. Στα 2.500 μέτρα η τυπική ένδειξη είναι 3.6 Volt.

Ακόμα πιο σημαντικό είναι να πούμε ότι όταν ο κινητήρας λειτουργεί, η πυκνότητα του αέρα μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής ελέγχεται εν μέρει από τη θέση της πεταλούδας γκαζιού.

Για να το πω με ένα παράδειγμα: στις στροφές του κινητήρα με την πεταλούδα τέρμα ανοικτή, η πίεση MAP μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής είναι σχεδόν ίση με την εξωτερική βαρομετρική πίεση. Με κλειστή πεταλούδα σε στροφές ρελαντί, η πίεση MAP μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής (π.χ. 570 mmHg) είναι σημαντικά μικρότερη από τη βαρομετρική (750 mmHg). Στο μισάνοιχτο γκάζι η πίεση MAP εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το φορτίο του κινητήρα. Η πίεση MAP θα τείνει να γίνει ίση προς τη βαρομετρική όσο αυξάνεται το φορτίο του κινητήρα ενώ η θέση της πεταλούδας παραμένει αμετάβλητη. Αντιθέτως, η πίεση MAP θα μειώνεται σε σχέση με τη βαρομετρική, όσο το φορτίο του κινητήρα μειώνεται με σταθερή τη θέση της πεταλούδας.

Με τα θέματα αυτά κατά νου, θα μπορούσαμε να συλλάβουμε το λόγο για τον οποίο ένας σύγχρονος υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας που διαθέτει μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων, μπορεί να εξυπηρετείται καλύτερα από ένα σύστημα πυκνότητας ταχύτητας από ό,τι με ένα παραδοσιακό σύστημα μέτρησης της μάζας του αέρα. Δείτε την **Εικόνα 4**.



*Εικόνα 4: Αυτό το ποτενσιόμετρο παλαιού τύπου με τάση αναφοράς 5 Volt δίνει τάση μικρότερη από 1 Volt στο ρελαντί και περίπου 4.5 Volt στην τελείως ανοικτή θέση. Αντίθετα, σε μια σύγχρονη μονάδα ηλεκτρογόναζου με αισθητήρες διπλής επάρκειας για τη θέση πεταλούδας, αυτοί οι αισθητήρες δίνουν αύξουσες και φθίνουσες τάσεις οι οποίες είναι σημαντικά ακριβέστερες.*

## ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (SPEED DENSITY)

Με λίγες επιπρόσθετες βελτιώσεις, το σύστημα πυκνότητα ταχύτητας μπορεί να αποδίδει πιο αξιόπιστα στους σύγχρονους κινητήρες από ό,τι τα συστήματα μάζας αέρα. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο αισθητήρας MAP/Baro επιταχύνει τον υπολογισμό της αναλογίας αέρα/καυσίμου με την ακαριαία ανταπόκριση στις αλλαγές της πίεσης MAP. Για περαιτέρω βελτίωση του συστήματος, πολλές διαμορφώσεις πυκνότητας ταχύτητας διαχωρίζουν τις λειτουργίες MAP και Baro. Ο αισθητήρας Baro θα μπορούσε, για παράδειγμα, να είναι ενσωματωμένος στο κύκλωμα της πλακέτας ECU.

Σε μερικές εφαρμογές, ο αισθητήρας MAP θα μπορούσε να μετρήσει ένα ευρύτερο φάσμα πίεσης από τον αισθητήρα βαρομετρικής πίεσης. Ένας αισθητήρας MAP ευρείας εμβέλειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει όχι μόνο την πίεση MAP, αλλά και την πίεση υπερπλήρωσης του υπερσυμπιεστή όπως και την αντίθλιψη του υπερσυμπιεστή εξαγωγής. Επίσης, σε μερικές εφαρμογές EcoBoost, ο αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα (IAT) μπορεί να συνδυαστεί με τον αισθητήρα MAP. Με διακόπτη ανοιχτό και κινητήρα σβηστό, η ECU μπορεί να παρακολουθεί τη βαθμονόμηση του αισθητήρα με τη σύγκριση πιέσεων όπως η βαρομετρική, η πίεση MAP και η πίεση υπερτροφοδοσίας.

Όταν σημειώνεται υπέρβαση των παραμέτρων λειτουργίας, για τον αισθητήρα που εμφανίζει αυτές τις περιέργες τιμές θα αποθηκευτεί ένας κωδικός ανωμαλίας.

Όπως γίνονται πιο διαδεδομένοι οι υπερσυμπιεστές και οι κινητήρες μικρότερου κυβισμού, θα υπάρξουν διαμορφώσεις πυκνότητας ταχύτητας που θα μπορούν να ανιχνεύουν διάφορες δυσλειτουργίες του συστήματος εισαγωγής αέρα.

Μετά από όλα αυτά που είπαμε, πρόκειται να δούμε πιο προσαρμοστικές στρατηγικές λειτουργίας που θα τείνουν να μειώσουν τα προβλήματα απόδοσης, αντικαθιστώντας με μια προκαθορισμένη τιμή, την τιμή που δίνει ένας ελαττωματικός αισθητήρας. Έτσι, η ροή δεδομένων που βλέπετε στο εργαλείο διάγνωσης δεν θα εμφανίζει ένα πρόβλημα απόδοσης, αλλά θα καταλήγει σε ένα αποθηκευμένο κωδικό βλάβης.

Σε αυτό το σημείο, οι περισσότεροι από εμάς που δραστηριοποιούμαστε σε αυτόν τον τομέα δεν έχουμε βιώσει αρκετά αυτή τη νέα τεχνολογία για να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά μοτίβα των βλαβών ή να επινοήσουμε διαγνωστικές μεθόδους που θα λύσουν αυτές τις πιο ασαφείς ή απροσδιόριστες βλάβες. Θυμηθείτε ότι η σύγχρονη διάγνωση του κινητήρα και των συστημάτων μετάδοσης βασίζεται όλο και περισσότερο στα μηχανήματα σάρωσης (Scanner ή Tester). Για το λόγο αυτό, είναι πάντα καλύτερο να ερευνούμε τη διαμόρφωση της διαχείρισης του κινητήρα με τη σύνδεση ενός εργαλείου διάγνωσης και να ψάξουμε για τους διάφορους αισθητήρες MAP και θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής.

Το επόμενο βήμα είναι να εργαστούμε με τα σχεδιαγράμματα των καλωδιώσεων για να προσδιορίσουμε τη σχέση των διαφόρων συνδυασμών των αισθητήρων βαρομετρικής πίεσης και θερμοκρασίας που στέλνουν τα δεδομένα τους στην ECU. Πάντα να αφήνετε τον παρεμβατικό έλεγχο και τη χρήση του παλμογράφου DSO ως το τελευταίο βήμα.

Ενώ αυτή η διαδικασία των τριών σταδίων μπορεί να φαίνεται ότι προσθέτει εργασία, όμως αυτή είναι και η μόνη ασφαλής διαδικασία που πρέπει να ακολουθούμε, όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα διάγνωσης των σύγχρονων αυτοκινήτων με τις τεχνολογικές καινοτομίες του 21<sup>ου</sup> αιώνα.