



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΚΑΤΣΙΒΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ. 34495

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΡΗΓΟΡΗΣ

ΑΛΛΟΦΟΛΗΜΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μελετώνται τα βασικότερα συστήματα αυτομάτου ελέγχου που εντοπίζονται στα σύγχρονης τεχνολογίας αυτοκίνητα. Στο πρώτο κεφάλαιο μελετάται εκτενώς η δομή και η λειτουργία του συστήματος διαχείρισης κινητήρα ενός βενζινοκινητήρα. Δύο από τα κύρια χαρακτηριστικά του επιλεγμένου συστήματος είναι ο ηλεκτρονικά ελεγχόμενος έμμεσος ψεκασμός καυσίμου πολλαπλών σημείων και την ηλεκτρονική ανάφλεξη χωρίς διανομέα. Στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάται η δομή και η λειτουργία των συστημάτων ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου. Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών, το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και το σύστημα ελέγχου ευστάθειας έχουν επιλεγθεί ως συστήματα ενεργητικής ασφάλειας. Ενώ ως σύστημα παθητικής ασφάλειας έχει επιλεγθεί το σύστημα αερόσακου. Στο τρίτο κεφάλαιο μελετάται η δομή και τη λειτουργία των συστημάτων άνεσης του αυτοκινήτου. Από το πλήθος των συστημάτων άνεσης που υπάρχουν στο αυτοκίνητο μελετάται το σύστημα κλιματισμού και το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης. Το σύστημα κλιματισμού έχει επιλεγθεί επειδή τα τελευταία χρόνια έχει γίνει πλήρως αυτοματοποιημένο, ενώ το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης είναι μια νέα τεχνολογία η οποία έχει εκτοπίσει τα παραδοσιακά υδραυλικά και ηλεκτροϋδραυλικά συστήματα διεύθυνσης λόγω των πλεονεκτημάτων της. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο της πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται η λειτουργία δύο πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο αυτοκίνητο σήμερα και η επικρατούσα μέθοδος διάγνωσης βλαβών.

ABSTRACT

In this thesis are studied the more basic automotive control systems that are located in modern vehicles. In the first chapter is studied extensively the design and functioning principles of petrol engine management system. Two of the main characteristics of selected systems are the electronically controlled indirect multi – point fuel injection and distributorless ignition. In the second chapter is studied the design and functioning principles of vehicle active and passive safety systems. The antilock braking system, traction control system and electronic stability program have been selected as active safety systems. While as passive safety system has been selected the airbag system. In the third chapter is studied the design and functioning principles of vehicle comfort systems. From the large number of comfort systems that exists in the vehicles are studied the air condition system and electric power steering system. The air condition system has been selected because in recent years this system has been become completely automated, while the state-of-the-art electric power steering system has displaced the traditional hydraulic and electro – hydraulic power steering systems because of its advantages. Finally, in the last chapter of this thesis is presented the function of two communication protocols that are used in today's vehicles and prevalent method of automotive fault diagnosis.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	xi
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	xii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2 ΔΟΜΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	3
1.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΗΜΕ) ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	5
1.3.1 Δομή Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου του κινητήρα.....	5
1.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	10
1.4.1 Αισθητήρας ταχύτητας – θέσης στροφαλοφόρου άξονα.....	10
1.4.2 Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα.....	12
1.4.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού	15
1.4.4 Αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα	18
1.4.5 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής	19
1.4.6 Αισθητήρας ροής μάζας αέρα.....	24
1.4.7 Αισθητήρας θέσης της πεταλούδας του γκαζιού	26
1.4.8 Αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού.....	29
1.4.9 Αισθητήρας κτυπήματος.....	33
1.4.10 Αισθητήρας οξυγόνου (ή αισθητήρας λάμδα).....	34
1.5 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ.....	41
1.5.1 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ψεκασμού καυσίμου	41
1.5.2 Κινητήρας ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού	43
1.5.3 Βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί.....	44
1.5.4 Βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων	47
1.5.5 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαερισμού του δοχείου ενεργού άνθρακα.....	49
1.5.6 Πηνίο ανάφλεξης	51
1.6 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	67
2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ.....	67
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΣΦΥΣΗΣ	72
2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	74
2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΟΣΑΚΟΥ	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	93
3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	93
3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ.....	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	105
4.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	106
4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ	109

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	117
B. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	117
Γ. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	118
Δ. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ (SOFTWARES).....	118

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 1.1 Φάσεις λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα	1
Σχήμα 1.2 Σύστημα διαχείρισης κινητήρα ME-Motronic της Bosch.....	4
Σχήμα 1.3 Δομή Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου του κινητήρα	5
Σχήμα 1.4 Μπλοκ Διάγραμμα του μικροελεγκτή Qorinva MPC5674F της Freescale Semiconductor.....	8
Σχήμα 1.5 Αισθητήρας ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης του στροφαλοφόρου άξονα	10
Σχήμα 1.6 Διάταξη αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης στροφαλοφόρου άξονα	11
Σχήμα 1.7 Κυματομορφή τάσης εξόδου αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης στροφαλοφόρου άξονα.....	12
Σχήμα 1.8 Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall	13
Σχήμα 1.9 Δομή αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall.....	14
Σχήμα 1.10 Φαινόμενο Hall	14
Σχήμα 1.11 Κυματομορφή τάσης εξόδου αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall	15
Σχήμα 1.12 Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού.....	16
Σχήμα 1.13 Δομή αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού	16
Σχήμα 1.14 Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της αντίστασης ως προς τη θερμοκρασία ενός NTC θερμίστορ (α) και ενός PTC θερμίστορ (β).....	17
Σχήμα 1.15 Αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα.....	18
Σχήμα 1.16 Δομή αισθητήρα θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα	19
Σχήμα 1.17 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής.....	20
Σχήμα 1.18 Δομή αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής	21
Σχήμα 1.19 Δομή μετατροπέα πίεσης με πιεζοαντίσταση.....	22
Σχήμα 1.20 Σύνδεση πιεσοαντιστάσεων μετατροπέα πίεσης με πιεσοαντίσταση με μορφή γέφυρας Wheatstone.....	23
Σχήμα 1.21 Χαρακτηριστική καμπύλη τάσης εξόδου ως προς τη απόλυτη πίεση της πολλαπλής εισαγωγής ενός τυπικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής	23
Σχήμα 1.22 Αισθητήρας ροής μάζας αέρα	24
Σχήμα 1.23 Δομή αισθητήρα ροής μάζας αέρα.....	25

Σχήμα 1.24 Κυματομορφή τάσης ενός αισθητήρα ροής μάζας αέρα καθώς ανοίγει και κλείνει η πεταλούδα του γκαζιού.....	26
Σχήμα 1.25 Αισθητήρας θέσης πεταλούδας του γκαζιού.....	27
Σχήμα 1.26 Αρχή λειτουργίας αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού	28
Σχήμα 1.27 Δομή αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού, α) μονού ποτενσιόμετρου β) διπλού ποτενσιόμετρου	29
Σχήμα 1.28 Αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού	30
Σχήμα 1.29 Δομή αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού μονού ποτενσιόμετρου με δύο διακόπτες	31
Σχήμα 1.30 Δομή αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού διπλού ποτενσιόμετρου	31
Σχήμα 1.31 Δομή αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού φαινομένου Hall.....	32
Σχήμα 1.32 Αισθητήρας κτυπήματος	33
Σχήμα 1.33 Δομή αισθητήρα κτυπήματος.....	34
Σχήμα 1.34 Αισθητήρας οξυγόνου	35
Σχήμα 1.35 Αρχή λειτουργίας αισθητήρα οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου	36
Σχήμα 1.36 Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της τάσης εξόδου του αισθητήρα οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου ως προς το λόγο αέρα – βενζίνης.....	37
Σχήμα 1.37 Θέση αισθητήρων οξυγόνου στην εξάτμιση του αυτοκινήτου	38
Σχήμα 1.38 Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας	39
Σχήμα 1.39 Αρχή λειτουργίας αισθητήρα οξυγόνου ευρέως φάσματος	40
Σχήμα 1.40 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ψεκασμού καυσίμου.....	41
Σχήμα 1.41 Δομή ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ψεκασμού καυσίμου.....	42
Σχήμα 1.42 Σώμα ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας του γκαζιού	43
Σχήμα 1.43 Σερβομηχανισμός ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού.....	44
Σχήμα 1.44 Βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί	45
Σχήμα 1.45 Διάταξη εξαρτημάτων στο σώμα της μηχανικά ελεγχόμενης πεταλούδας.....	46
Σχήμα 1.46 Δομή ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί.....	47
Σχήμα 1.47 Πνευματική βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων	48
Σχήμα 1.48 Ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενη βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων...	49
Σχήμα 1.49 Τυπικό σύστημα ελέγχου των αναθυμιάσεων του ρεζερβουάρ	50
Σχήμα 1.50 Διάφορα είδη πηνίων ανάφλεξης	51
Σχήμα 1.51 Δομή πηνίου ανάφλεξης (α) χαμένου σπινθήρα και (β) ανά κύλινδρο.....	53

Σχήμα 1.52 Διάφοροι τύποι πηνίων ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα και τρόπος σύνδεσης με τους αναφλεκτήρες.....	54
Σχήμα 1.53 Διάφοροι τύποι πηνίων ανάφλεξης ανά κύλινδρο και τρόπος σύνδεσης με τους αναφλεκτήρες.....	56
Σχήμα 1.54 Λειτουργία συστήματος ανάφλεξης ενός κυλίνδρου κατά την ανάφλεξη του μείγματος (αριστερά) και κατά τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των ιονισμένων καυσαερίων (δεξιά).....	57
Σχήμα 1.55 Διάγραμμα συνδεσμολογίας ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης κινητήρα Volkswagen Golf 1.600 cm ³ 16V 2002 – 2006 με αριθμό κινητήρα BCB.....	60
Σχήμα 1.56 Διάγραμμα συνδεσμολογίας επιλεγμένου συστήματος διαχείρισης κινητήρα χωρισμένο σε δύο μέρη.....	62
Σχήμα 2.1 Σύστημα πέδησης με ABS τεσσάρων καναλιών.....	68
Σχήμα 2.2 Υδραυλικό διάγραμμα ενός συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών τεσσάρων καναλιών.....	69
Σχήμα 2.3 Τα τρία στάδια λειτουργίας του συστήματος πέδησης με ABS.....	71
Σχήμα 2.4 Υδραυλικό διάγραμμα ενός συστήματος ελέγχου πρόσφυσης.....	72
Σχήμα 2.5 Τροχιά που διαγράφει το αυτοκίνητο κατά την κίνησή του με μεγάλη ταχύτητα σε μια αλληλουχία στροφών.....	75
Σχήμα 2.6 Τροχιά που διαγράφει το αυτοκίνητο όταν είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας (with ESP) και όταν δεν είναι εξοπλισμένο με αυτό το σύστημα (without ESP) .	76
Σχήμα 2.7 Υδραυλικό διάγραμμα ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ενός συστήματος ελέγχου ευστάθειας.....	79
Σχήμα 2.8 Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών στο οποίο έχουν ενσωματωθεί το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και το σύστημα ελέγχου ευστάθειας ενός Volkswagen Passat 1.600 cm ³ 2001 – 2005 με αριθμό κινητήρα ALZ.....	80
Σχήμα 2.9 Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος αερόσακου ενός Audi A4 1600 cm ³ 2001 – 2008 με αριθμό κινητήρα ALZ.....	84
Σχήμα 2.10 Διάγραμμα συνδεσμολογίας επιλεγμένου συστήματος αερόσακου χωρισμένο σε δύο μέρη.....	86
Σχήμα 2.11 Προεντατήρας ζώνης ασφαλείας.....	90
Σχήμα 3.1 Αρχή λειτουργίας ψυκτικής διάταξης του αυτοκινήτου.....	95
Σχήμα 3.2 Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος κλιματισμού ενός Audi A4 1600 cm ³ 2001 – 2008 με αριθμό κινητήρα ALZ.....	96

Σχήμα 3.3 Διάγραμμα συνδεσμολογίας επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού χωρισμένο σε δύο μέρη	98
Σχήμα 3.4 Ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης.....	104
Σχήμα 4.1 Διάταξη δικτύου μεταφοράς δεδομένων σε αυτοκίνητο που υλοποιείται το πρωτόκολλο LIN και CAN.....	109
Σχήμα 4.2 Πρίζα διάγνωσης τυποποιημένη κατά SAE J1962.....	112
Σχήμα 4.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας προτύπου OBD II	113
Σχήμα 4.4 Δομή κωδικών βλάβης σύμφωνα με το πρότυπο OBD II.....	113
Σχήμα 4.5 Διάταξη επαναπρογραμματισμού σύμφωνα με το πρότυπο J2534.....	115

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Επεξήγηση των συμβόλων του χρωματικού κώδικα	66
---	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ANΣ	Άνω Νεκρό Σημείο
KNΣ	Κάτω Νεκρό Σημείο
λ	Λόγος λάμδα
HME	Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου
ROM	Read Only Memory
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
ABS	Antilock Braking System
ESP	Electronic Stability Program
CAN	Controller Area Network
LIN	Local Interconnect Network
ASIC	Application Specific Integrated Circuits
SRAM	Static Random Access Memory
DRAM	Dynamic Random Access Memory
ADC	Analog to Digital Converter
DMA	Direct Memory Access
TPU	Time Processor Unit
SCI	Serial Communication Interface
ADCi	ADC interface
AMux	Analog Multiplexer

DECFIL	Decimation filter
DSPI	Deserial/Serial Peripheral Interface
EBI	External Bus Interface
ECSM	Error Correction Status Module
eDMA2	Enhanced Direct Memory Access 2
eMIOS	Enhanced Modular I/O System
eQADC	Enhanced Queued A/D Converter Module
eSCI	Enhanced Serial Communication Interface
eTPU2	Enhanced Time Processing Unit 2
MMU	Memory Management Unit
MPU	Memory Protection Unit
S/B	Stand – By
SIU	System Integration Unit
SPE2	Signal Processing Engine 2
VLE	Variable Length instruction Encoding
IC	Integrated Circuit
I	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (A)
B	Πυκνότητα μαγνητικής ροής (T)
NTC	Negative Temperature Coefficient
PTC	Positive Temperature Coefficient
V _c	Constant voltage supply from computer
V _p	Voltage giving position of throttle
H ₂ O	Νερό
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
N ₂	Άζωτο
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα
C _x H _x	Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
NO _x	Οξείδια του αζώτου
PWM	Pulse Width Modulation
ETC	Electronic Throttle Control
IAC	Idle Air Control
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EVAP	Evaporative Control System
PVC	Positive Crankcase Ventilation Valve

TCS	Traction Control System
SRS	Supplementary Restraint System
VAN	Vehicle Area Network
EPS	Electric Power Steering
SAE	Society of Automotive Engineers
CARB	California Air Resources Board
OBD	On Board Diagnostics
MIL	Malfunction Indicator Codes
DTC	Diagnostic Trouble Codes
EPA	Environmental Protection Agency
EOBD	European On Board Diagnostics
AUTOSAR	Automotive Open System Architecture

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κ. Γρηγόρη Νικολάου και κ. Αλαφοδήμο Κωνσταντίνο για την δυνατότητα που μου έδωσαν να εκπονήσω την παρούσα πτυχιακή εργασία καθώς το επισκευαστικό μέρος αυτού του τομέα θα είναι η μελλοντική μου επαγγελματική σταδιοδρομία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στήριξαν με κάθε τρόπο όλα αυτά τα χρόνια ώστε να φέρω εις πέρας τις σπουδές μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η λειτουργία του αυτοκινήτου πάντα βασιζόταν στη χρήση συστημάτων αυτοματισμού. Για παράδειγμα το σύστημα ανάφλεξης με πλατίνες και το σύστημα παρασκευής μείγματος με εξαερωτήρα (καρμπυρατέρ) είναι δύο από τα πρώτα συστήματα αυτοματισμού που χρησιμοποιήθηκαν για τη λειτουργία των βενζινοκινητήρων. Το σύστημα διαχείρισης κινητήρα ήταν το πρώτο σύστημα του αυτοκινήτου που χρησιμοποιήθηκε μικροελεγκτής για την λειτουργία του. Η χρήση μικροελεγκτή αποτέλεσε την αρχή μιας νέας εποχής στα συστήματα αυτοματισμού του αυτοκινήτου. Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και η απαίτηση από διάφορους ρυθμιστικούς οργανισμούς να γίνουν τα αυτοκίνητα λιγότερο ρυπογόνα και περισσότερο ασφαλή, οδήγησαν τόσο στη συνεχή βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου όσο και στην κατασκευή νέων. Παράλληλα ο αριθμός των συστημάτων αυτοματισμού που ελέγχονται από μικροελεγκτή αυξάνεται εκθετικά. Σήμερα τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου που υπάρχουν στο αυτοκίνητο έχουν αυξημένη πολυπλοκότητα καθώς κάθε σύστημα καλείται να επεξεργαστεί σε πραγματικό χρόνο ένα πλήθος πληροφοριών που προέρχονται είτε από τους αισθητήρες του είτε από άλλα συστήματα. Επιπλέον υπάρχει αλληλεξάρτηση μεταξύ των περισσότερων συστημάτων αυτομάτου ελέγχου του αυτοκινήτου, ώστε αυτά να γίνουν πιο αποδοτικά και αξιόπιστα.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της δομής και της λειτουργίας των βασικότερων συστημάτων αυτομάτου ελέγχου που εντοπίζονται στο αυτοκίνητο. Τα περισσότερα συστήματα αυτομάτου ελέγχου που υπάρχουν στο αυτοκίνητο σήμερα είναι αποτέλεσμα μακροχρόνιας εξέλιξης. Η επιλογή των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου έγινε κυρίως βάση ξενόγλωσσης βιβλιογραφίας και επικεντρώνεται σε σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στα αυτοκίνητα την τελευταία δεκαετία και αποτελούν το θεμέλιο για μελέτη των υπόλοιπων συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου. Επειδή η λειτουργία των συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου βασίζεται και σε αρκετά μηχανολογικά στοιχεία, όπου κρίνεται απαραίτητο θα γίνεται σχετική αναφορά. Για την καλύτερη κατανόηση των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου του αυτοκινήτου, αυτά έχουν ομαδοποιηθεί σε τέσσερα κεφάλαια όπου κάθε κεφάλαιο πραγματεύεται ένα ή περισσότερα συστήματα αυτοματισμού της ίδιας ομάδας.

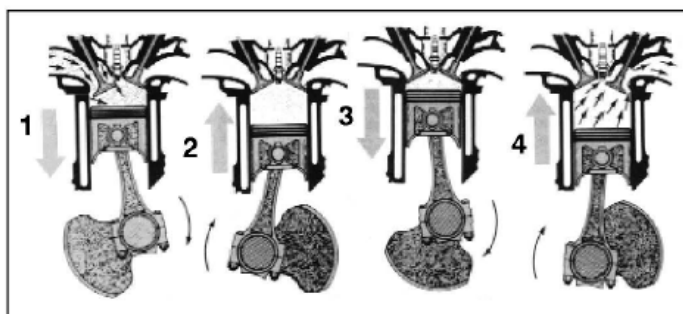
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα αυτοκίνητα σήμερα χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι μηχανών εσωτερικής καύσης. Στο παρόν κεφάλαιο της πτυχιακή εργασίας θα γίνει αναφορά στη διαχείριση ενός τετράχρονου, τετρακύλινδρου, υγρόψυκτου, σύγχρονου ατμοσφαιρικού βενζινοκινητήρα. Ο ηλεκτρονικά ελεγχόμενος έμμεσος ψεκασμός καυσίμου πολλαπλών σημείων και η ηλεκτρονική ανάφλεξη χωρίς διανομέα είναι δύο από τα χαρακτηριστικά του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που έχει επιλεγεί. Το συγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης κινητήρα χρησιμοποιείται ευρέως από τις αυτοκινητοβιομηχανίες την τελευταία δεκαετία σε αυτού του τύπου του κινητήρες. Πριν προχωρήσουμε στη μελέτη του επιλεγμένου συστήματος διαχείριση κινητήρα, θα πρέπει να αναφερθούμε στη βασική αρχή λειτουργίας του.

Χρόνος σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα ονομάζεται η διαδρομή που εκτελεί το έμβολο μεταξύ του Άνω Νεκρού Σημείου (ΑΝΣ) και του Κάτω Νεκρού Σημείου (ΚΝΣ) ή αντίστροφα. Ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας ολοκληρώνει το θερμοδυναμικό του κύκλο σε τέσσερις χρόνους.



Σχήμα 1.1 Φάσεις λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα

(Πηγή: Μηχανές Εσωτερικής Καύσης II, Α' Τεύχος, 2001, Σελ. 13, ΟΕΔΒ)

Ο πρώτος χρόνος (Σχήμα 1.1, (1)) είναι η εισαγωγή του μείγματος αέρα-βενζίνης στο θάλαμο καύσης. Ο δεύτερος χρόνος (Σχήμα 1.1, (2)) είναι η συμπίεση του. Ο τρίτος χρόνος (Σχήμα 1.1, (3)) είναι η ανάφλεξη του μείγματος μέσω ενός αναφλεκτήρα (μπουζί). Τέλος, ο τέταρτος χρόνος (Σχήμα 1.1, (4)) είναι η εξαγωγή των καυσαερίων.

Για να υπάρχει τέλεια καύση θα πρέπει η κατά βάρος αναλογία αέρα – βενζίνης να είναι 14.7:1. Αυτή η ιδανική αναλογία λέγεται στοιχειομετρική αναλογία. Λόγος λάμδα (λ) ονομάζεται ο λόγος του προσδιδόμενου προς τον θεωρητικά απαιτούμενου αέρα που απαιτείται για την ανάφλεξη της βενζίνης. Για $\lambda=1$ τότε το μείγμα αέρος – βενζίνης βρίσκεται σε στοιχειομετρική αναλογία. Όταν $\lambda < 1$ τότε ο προσδιδόμενος αέρας είναι λιγότερος από τον απαιτούμενο οπότε το μείγμα είναι πλούσιο. Ενώ όταν $\lambda > 1$ τότε το μείγμα έχει περίσσιο αέρα ως αποτέλεσμα να είναι φτωχό. Το σύστημα διαχείρισης κινητήρα έχει ως σκοπό να διατηρεί το λόγο λάμδα ίσος με ένα. Αυτό το επιτυγχάνει με το έλεγχο της ποσότητας καυσίμου που ψεκάζεται από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού καυσίμου. Η ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- Τη ροή μάζας αέρα
- Την πίεση της πολλαπλής εισαγωγής
- Τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας του γκαζιού
- Τις στροφές του κινητήρα
- Τη γωνία θέσης του στροφαλοφόρου άξονα
- Τη θερμοκρασία του κινητήρα
- Τη θερμοκρασία του αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή
- Την τάση της μπαταρίας
- Το σήμα εξόδου του αισθητήρα οξυγόνου

Στην επίτευξη της τέλει καύσης του μείγματος αέρα-βενζίνης εκτός του ότι θα πρέπει ο λόγος λάμδα να είναι ίσος με ένα, θα πρέπει να υπάρχει σωστός χρονισμός της ανάφλεξης του μείγματος. Η ανάφλεξη του μείγματος καθώς και η καύση του διαρκεί περίπου 2 msec. Ο σπινθήρας από τον αναφλεκτήρα θα πρέπει να δοθεί ορισμένες μοίρες πριν το Άνω Νεκρό Σημείο του εμβόλου (γωνία ανάφλεξης) κατά το χρόνο της συμπίεσης του μείγματος. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την ολοκλήρωση της καύσης του μείγματος και τη μέγιστη πίεση από τα παραγόμενα καυσαέρια λίγο μετά το Άνω Νεκρό Σημείο. Όσο οι στροφές του κινητήρα ανεβαίνουν τόσο αυξάνει η προπορεία ανάφλεξης, δηλαδή η γωνία ανάφλεξης μεγαλώνει. Η γωνία ανάφλεξης εξαρτάται από παραμέτρους, όπως:

- Η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής
- Η ροή μάζας αέρα
- Οι στροφές του κινητήρα
- Η γωνία ανοίγματος της πεταλούδας του γκαζιού

- Ο λόγος λάμδα (λ)
- Η γωνία θέσης του στροφαλοφόρου άξονα
- Η θερμοκρασία του κινητήρα και του αέρα της πολλαπλής εισαγωγής
- Η τάση της μπαταρίας
- Το σήμα εξόδου του αισθητήρα κτυπήματος

Η αρχή λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα έχει παραμείνει η ίδια από τότε που εφευρέθηκε. Ωστόσο έχουν υπάρξει σημαντικές αλλαγές τόσο στα μηχανικά μέρη που τον απαρτίζουν, όσο και στη διαχείριση του. Αντικείμενο μελέτης του παρόντος κεφαλαίου είναι η διαχείριση ενός σύγχρονου τετράχρονου βενζινοκινητήρα.

1.2 ΔΟΜΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Το σύστημα διαχείρισης κινητήρα αποτελείται από την Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου (ΗΜΕ) του κινητήρα, τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές. Η ΗΜΕ του κινητήρα δέχεται αναλογικά και ψηφιακά σήματα από τους αισθητήρες. Αυτά τα σήματα πληροφορούν την ΗΜΕ για τις τιμές διάφορων μεταβλητών του κινητήρα. Οι βασικοί αισθητήρες σε ένα σύγχρονο σύστημα διαχείρισης κινητήρα είναι οι εξής:

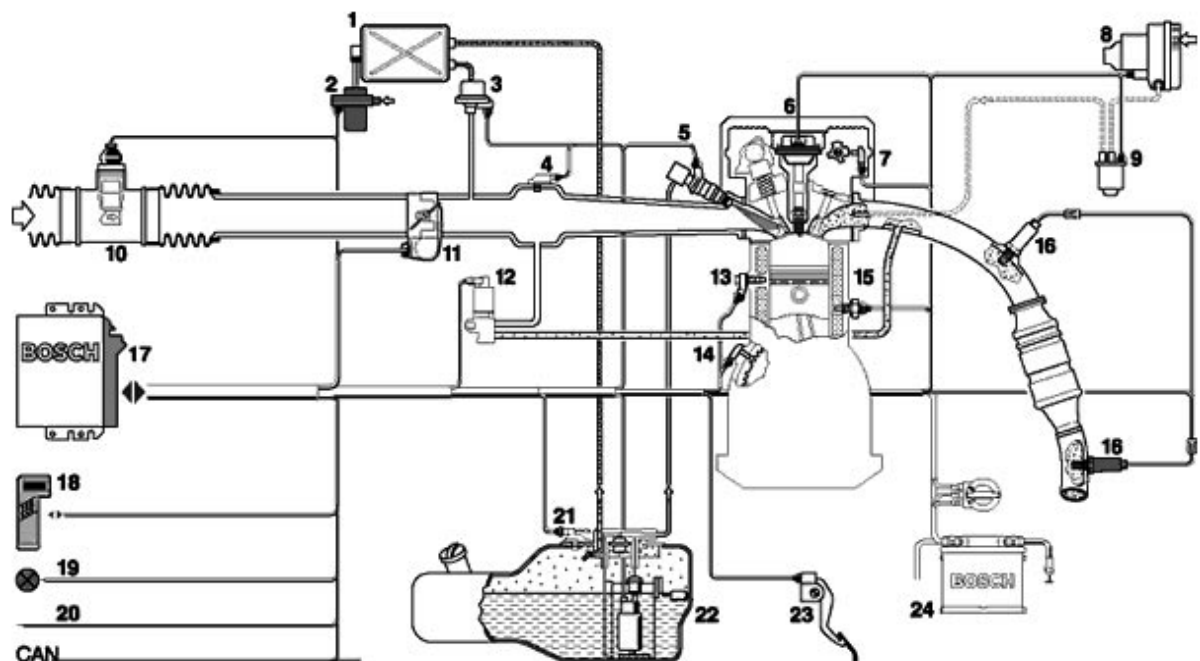
- Ο αισθητήρας ταχύτητας – θέσης στροφαλοφόρου άξονα
- Ο αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα
- Ο αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού
- Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα
- Ο αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής
- Ο αισθητήρας ροής μάζας αέρα
- Ο αισθητήρας θέσης της πεταλούδας του γκαζιού
- Ο αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού
- Ο αισθητήρας κτυπήματος
- Ο αισθητήρας οξυγόνου (ή Αισθητήρας λάμδα)

Η ΗΜΕ του κινητήρα έχοντας λάβει τα σήματα από τους αισθητήρες τα επεξεργάζεται και κατόπιν στέλνει σήματα στους ενεργοποιητές. Οι βασικοί ενεργοποιητές στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα που εξετάζουμε είναι οι εξής:

- Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού καυσίμου (μπεκ)
- Ο κινητήρας ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού

- Η βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί
- Η βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων
- Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαέρωσης του δοχείου αναθυμιάσεων καυσίμου
- Τα πηνία ανάφλεξης (πολλαπλασιαστές)

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.2) φαίνεται η θέση των αισθητήρων και των ενεργοποιητών πάνω στη μηχανή. Συγκεκριμένα, στο σχήμα απεικονίζεται η δομή του συστήματος διαχείρισης κινητήρα ME-Motronic της Bosch. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει ευρεία εφαρμογή τα τελευταία χρόνια. Όμοια συστήματα διαχείρισης κινητήρα είναι το Multec-S της GM και το Simos 7.1 της Siemens.



Σχήμα 1.2 Σύστημα διαχείρισης κινητήρα ME-Motronic της Bosch

1. Δοχείο αναθυμιάσεων καυσίμου
2. Διακόπτης αδράνειας
3. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαέρωσης του δοχείου αναθυμιάσεων καυσίμου
4. Αισθητήρας απόλυτης πίεσης πολλαπλής εισαγωγής
5. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ψεκασμού καυσίμου (μπεκ)
6. Πηνίο ανάφλεξης (πολλαπλασιαστής)
7. Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα
8. Αντλία δευτερεύοντος αέρα
9. Βαλβίδα δευτερεύοντος αέρα
10. Αισθητήρας ροής μάζας αέρα
11. Μονάδα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού
12. Βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων
13. Αισθητήρας κτυπήματος
14. Αισθητήρας ταχύτητας – θέσης στροφαλοφόρου άξονα
15. Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού
16. Αισθητήρας οξυγόνου
17. Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου του κινητήρα
18. Μπρίζα Διάγνωσης
19. Λυχνία αυτοδιάγνωσης
20. Σύστημα ακινητοποίησης οχήματος (Immobilizer)
21. Αισθητήρας πίεσης του δοχείου καυσίμου
22. Δοχείο καυσίμου (ρεζερβουάρ)
23. Αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού
24. Μπαταρία

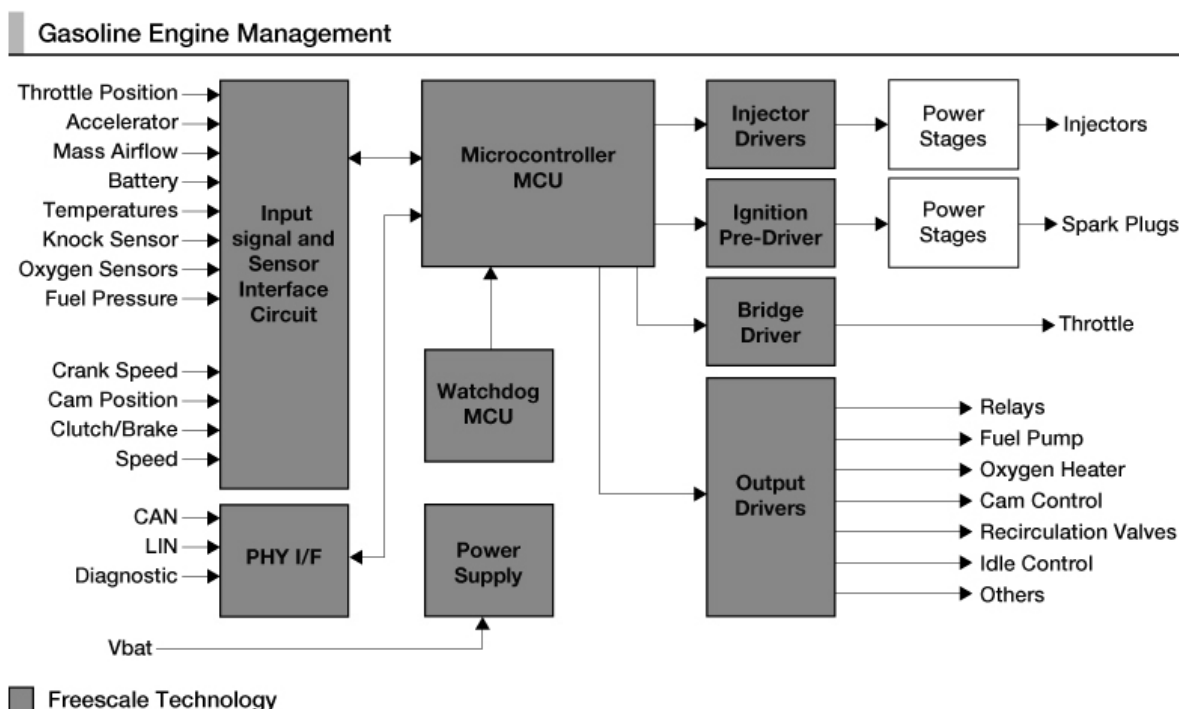
(Πηγή: Bosch Electronic Automotive Handbook, 2002, Robert Bosch GmbH)

1.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΗΜΕ) ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα δέχεται πληροφορίες από τους αισθητήρες υπό μορφή αναλογικών και ψηφιακών σημάτων, κατόπιν τις συγκρίνει με τα δεδομένα τα οποία είναι αποθηκευμένα στην μνήμη Flash (παλαιότερα γινόταν χρήση μνήμης ROM ή EPROM) και τέλος δίνει εντολές στους ενεργοποιητές να αλλάξουν κατάσταση. Συχνά η ΗΜΕ του κινητήρα αναφέρεται και σαν "εγκέφαλος" επειδή η λειτουργία της μπορεί να παρομοιαστεί με τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου.

1.3.1 Δομή Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου του κινητήρα

Στο σχήμα 1.3 που ακολουθεί απεικονίζεται η δομή της ΗΜΕ του κινητήρα. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι και οι υπόλοιπες Ηλεκτρονικές Μονάδες Ελέγχου που υπάρχουν πάνω στο αυτοκίνητο και χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία άλλων συστημάτων διαχείρισης (σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών – ABS, σύστημα ελέγχου ευστάθειας – ESP και άλλα) έχουν την ίδια δομή με αυτή της ΗΜΕ του κινητήρα.



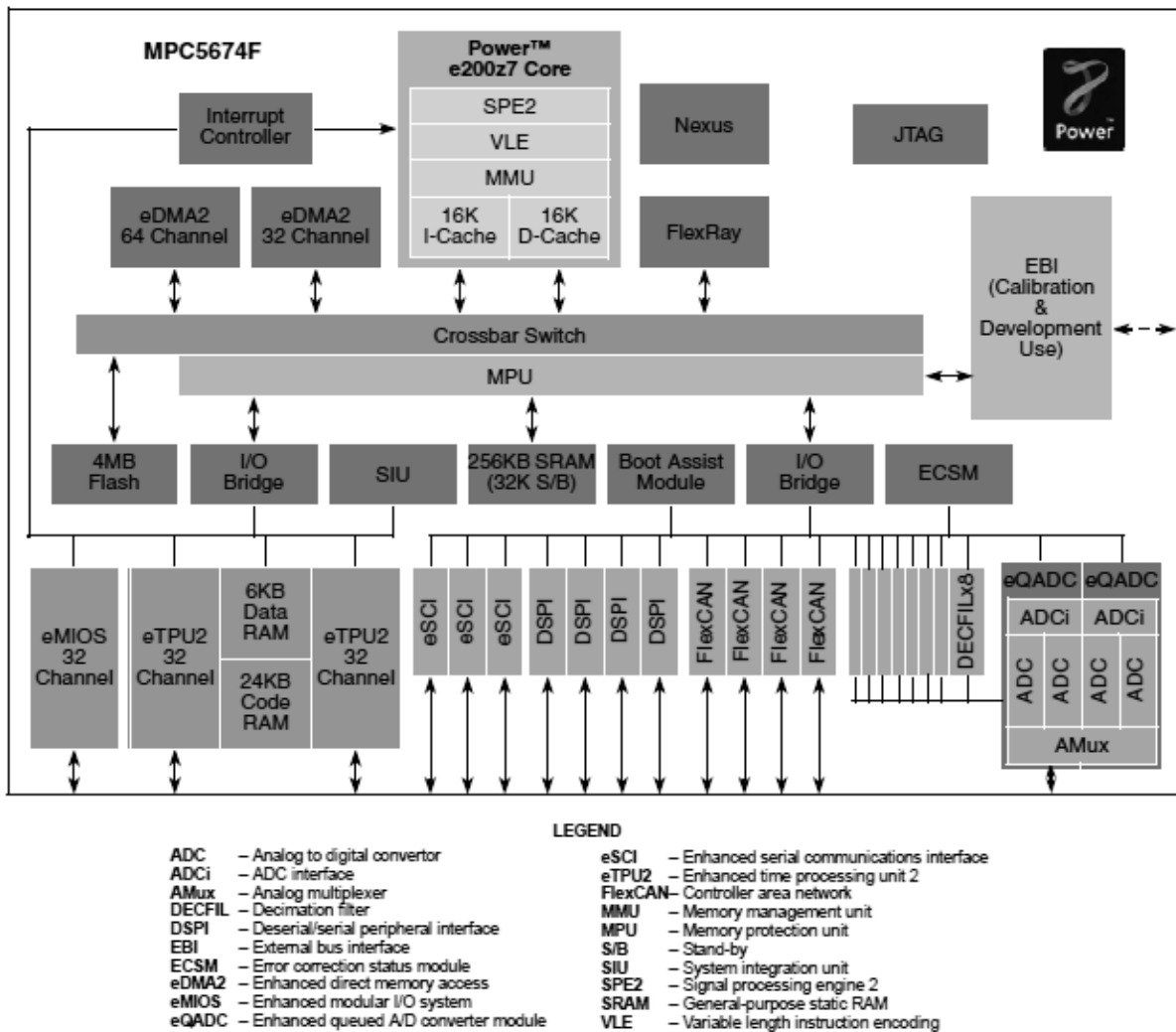
Σχήμα 1.3 Δομή Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου του κινητήρα

(Πηγή: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/application.jsp?code=APLENGINECONTROL#>)

Αυτό που γίνεται αντιληπτό βλέποντας το σχήμα 1.3 είναι ότι ο πυρήνας της ΗΜΕ του κινητήρα είναι ένας μικροελεγκτής (Microcontroller). Μικροελεγκτής ονομάζεται ο

μικροϋπολογιστής ο οποίος είναι σχεδιασμένος για γρήγορο και εκτεταμένο χειρισμό σημάτων από και προς ελεγχόμενες από αυτόν εξωτερικές συσκευές. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούν στις HME που υπάρχουν στο αυτοκίνητο μικροελεγκτές με όλο και πιο βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Αυτό οφείλεται στην απαίτηση παρακολούθησης όλο και περισσότερων μεταβλητών σε πραγματικό χρόνο (real time) στα διάφορα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο, καθώς και στον αυξημένο όγκο πληροφοριών που ανταλλάσσονται μεταξύ των HME (έχουν ξεπεράσει τις 70) του αυτοκινήτου μέσω ποικίλων δικτύων όπως το δίκτυο CAN και το δίκτυο LIN. Αποτέλεσμα της χρήσης αυτών των μικροελεγκτών είναι η ευελιξία στην σχεδίαση των διαφόρων συστημάτων αυτομάτου ελέγχου στο αυτοκίνητο κάνοντας χρήση λιγότερων μηχανικών και πνευματικών εξαρτημάτων. Συνεπώς τα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο γίνονται πιο αποδοτικά, περισσότερο αξιόπιστα, με χαμηλό κόστος κατασκευής – συντήρησης και με δυνατότητα βελτίωσης της λειτουργίας τους με απλή αναβάθμιση του λογισμικού. Στην περίπτωση του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που εξετάζεται σε αυτό το κεφάλαιο η χρήση εξελιγμένων μικροελεγκτών είναι επιπλέον μία από τις βασικές συνιστώσες που κάνει τον κινητήρα να συμμορφώνεται με την όλο και πιο αυστηρή νομοθεσία περί εκπομπής ρύπων χωρίς να υστερεί σε απόδοση. Παράδειγμα ενός σύγχρονου μικροελεγκτή που χρησιμοποιείται στην HME του κινητήρα είναι ο Qorinva MPC5674F της Freescale Semiconductor. Αυτός είναι ένας 32-bit μικροελεγκτής αναπτυγμένος σε ένα chip των 324 ή 416 ή 516 ακροδεκτών, ανάλογα με τον αριθμό των εισόδων – εξόδων και τον αριθμό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ειδικών εφαρμογών (Application Specific Integrated Circuits - ASIC) που οδηγεί. Η απαιτούμενη τάση τροφοδοσίας που χρειάζεται για να λειτουργήσει είναι τα +5v. Ο επεξεργαστής του είναι ενός πυρήνα (Core) συχνότητας ρολογιού 264MHz και έχει μνήμη cache 32KB (16KB I-Cache και 16KB D-Cache) η οποία λειτουργεί στηριζόμενη στην αρχιτεκτονική Harvard (Harvard architecture). Αυτό σημαίνει ότι 16KB της μνήμης cache χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση προγράμματος, ενώ τα άλλα 16KB αυτής χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση δεδομένων. Ο μικροελεγκτής που εξετάζουμε έχει επίσης στατική μνήμη RAM (SRAM) 256KB και 4MB μνήμη Flash. Η στατική μνήμη RAM σε σύγκριση με τη δυναμική μνήμη RAM (DRAM) διακρίνεται για την ταχύτητά της, τη μειωμένη πολυπλοκότητα και τη μη απαίτηση περιοδικής ανανέωσης για να διατηρήσει τα δεδομένα της. Η μνήμη Flash είναι μνήμη που γράφεται και σβήνεται ηλεκτρικά. Αυτό την κάνει να πλεονεκτεί έναντι των μνημών EPROM και ROM διότι αλλάζει το περιεχόμενό της χωρίς την ανάγκη εξαγωγής και προγραμματισμού του μικροελεγκτή σε εξωτερική συσκευή. Άλλο ένα χαρακτηριστικό αυτού του μικροελεγκτή είναι ότι έχει τέσσερις μετατροπής

αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital Converter - ADC), συνολικά 64 καναλιών εισόδου(για τους μικροελεγκτές των 415 και 516 ακροδεκτών), με μέγιστη ανάλυση 12-bit. Επιπλέον έχει δύο ελεγκτές μνήμης άμεσης προσπέλασης (Direct Memory Access - DMA) δεύτερης γενιάς συνολικά 96 καναλιών(eDMA2-A 64 κανάλια και eDMA2-B 32 κανάλια) και δύο μονάδες επεξεργασίας χρόνου δεύτερης γενιάς (Time Processor Unit - TPU) 32 καναλιών η καθεμία με κοινή μνήμη 24KB RAM για κώδικα και 6KB RAM για δεδομένα. Η δυνατότητα DMA είναι ένα χαρακτηριστικό του μικροελεγκτή του οποίου ορισμένα υποσυστήματα χρησιμοποιούν την μνήμη συστήματος χωρίς τη χρήση του επεξεργαστή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αποδοτικότερη χρήση του επεξεργαστή κάνοντας μια άλλη διεργασία. Η μονάδα επεξεργασίας χρόνου (TPU) είναι ένας επιπλέον ημιαυτόνομος επεξεργαστής που χρησιμοποιεί δική του RAM και λειτουργεί παράλληλα με τον κεντρικό επεξεργαστή του μικροελεγκτή. Η TPU είναι σχεδιασμένη για έλεγχο χρονισμού διαχειρίζοντας τις εισόδους και εξόδους του μικροελεγκτή ανεξάρτητα από τον κεντρικό επεξεργαστή. Τελειώνοντας με τη καταγραφή των βασικών χαρακτηριστικών του μικροελεγκτή MPC5674F θα πρέπει επίσης να πούμε ότι έχει τρεις διεπαφές σειριακής επικοινωνίας (Serial Communication Interface – SCI), τέσσερις μονάδες που υλοποιούν το πρωτόκολλο CAN και έναν ελεγκτή δύο καναλιών που υλοποιεί το πρωτόκολλο FlexRay. Το παρακάτω (Σχήμα 1.4) μπλοκ διάγραμμα (block diagram) παρουσιάζει σχηματικά τα όσα αναγράφονται παραπάνω σχετικά με την δομή του μικροελεγκτή της HME του κινητήρα. Πρόσφατα έχουν κατασκευαστεί μικροελεγκτές με πολυπύρηνους επεξεργαστές. Παράδειγμα δύο τέτοιων μικροελεγκτών είναι ο Qorivva MPC5676R της Freescale Semiconductor με επεξεργαστή δύο πυρήνων για χρήση στην HME του συστήματος διαχείρισης κινητήρα και ο SPC56EL60L5 της STMicroelectronics με επεξεργαστή επίσης δύο πυρήνων που χρησιμοποιείται στα συστήματα παθητικής και ενεργητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου. Τέλος, όσον αφορά τους μικροελεγκτές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο θα πρέπει να πούμε ότι κατασκευάζονται ειδικά για τις ανάγκες υλοποίησης αυτών από δεκάδες εταιρείες. Οι εταιρείες με το μεγαλύτερο μερίδιο πωλήσεων σε μικροελεγκτές και ολοκληρωμένα κυκλώματα για το αυτοκίνητο είναι η Renesas Electronics, η Infineon Technologies, η STMicroelectronics και η Freescale Semiconductor.



Σχήμα 1.4 Μπλοκ Διάγραμμα του μικροελεγκτή Qorivva MPC5674F της Freescale Semiconductor
(Πηγή: http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/data_sheet/MPC5674F.pdf?pspll=1)

Επιστρέφοντας στο σχήμα 1.3 παρατηρούμε ότι η HME του κινητήρα εκτός από το μικροελεγκτή αποτελείται και από περιφερειακά ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία αποτελούνται από ολοκληρωμένα κυκλώματα (Integrated Circuit - IC). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται επιπλέον του μικροελεγκτή στην HME του κινητήρα και κατ' επέκταση στις HME των υπόλοιπων συστημάτων αυτοματισμού στο αυτοκίνητο είναι διαφόρων χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων. Παρακάτω θα γίνει μια προσπάθεια ομαδοποίησης αυτών των περιφερειακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων της HME καταγράφοντας την λειτουργία και τα βασικά χαρακτηριστικά τους. Θα αποφευχθεί η χρήση παραδειγμάτων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων σε κάθε ομάδα λόγω της ποικιλίας που υπάρχουν, των οποίων η χρήση γίνεται ανάλογα των χαρακτηριστικών του μικροελεγκτή και των απαιτήσεων του συστήματος αυτοματισμού που υλοποιείται στο αυτοκίνητο.

Ο μικροελεγκτής και τα διάφορα ολοκληρωμένα κυκλώματα που υπάρχουν σε κάθε HME στο αυτοκίνητο για να λειτουργήσουν χρειάζονται τάση συνήθως +5 V dc. Αυτό οδηγεί στην ύπαρξη ενός τροφοδοτικού (Power Supply, Σχήμα 1.3) σε κάθε HME όπου μετατρέπει τη τάση της μπαταρίας του αυτοκινήτου σε +5 V dc. Το τροφοδοτικό αυτό παρέχει επίσης προστασία από υψηλές και χαμηλές τάσης τροφοδοσίας.

Μεταξύ των εξωτερικών συσκευών που αποτελούν είσοδο στην HME (αισθητήρες - διακόπτες) και των εισόδων του μικροελεγκτή υπάρχει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα (Input signal and Sensor Interface Circuit, Σχήμα 1.3) με δύο λειτουργίες. Αρχικά, είναι υπεύθυνο να τροφοδοτήσει με τάση (συνήθως με +5 V) τους αισθητήρες του συστήματος αυτοματισμού. Επιπρόσθετα ανιχνεύει τη κατάσταση των επαφών των διαφόρων διακοπών του συστήματος αυτοματισμού και την μεταφέρει στο μικροελεγκτή μέσω σειριακής επικοινωνίας. Η ανίχνευση της κατάστασης των διαφόρων διακοπών γίνεται ως προς τη γη ή ως προς την τάση της μπαταρίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό το ηλεκτρονικό κύκλωμα έχει έναν αναλογικό πολυπλέκτη του οποίου η έξοδος οδηγείται σε έναν μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα του μικροελεγκτή.

Ένα επιπλέον ηλεκτρονικό κύκλωμα, του οποίου οι έξοδοι συνδέονται με εισόδους του μικροελεγκτή, είναι αυτό που υλοποιεί τα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας (PHY I/F, Σχήμα 1.3). Σήμερα στο αυτοκίνητο χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας για διαφορετικό σκοπό. Υπάρχουν πρωτόκολλα τα οποία είναι υπεύθυνα για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των HME του αυτοκινήτου. Παράδειγμα ενός τέτοιου πρωτοκόλλου είναι το πρωτόκολλο CAN με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μέχρι 1Mbps. Επίσης υπάρχουν πρωτόκολλα για αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων από τους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές και τους διακόπτες προς το μικροελεγκτή. Ένα παράδειγμα είναι το πρωτόκολλο LIN με ρυθμό μετάδοσης μέχρι 20Kbps. Τέλος, μέσω αυτού του ηλεκτρονικού κυκλώματος γίνεται η σύνδεση του διαγνωστικού μηχανήματος ανίχνευσης βλαβών με το μικροελεγκτή της HME. Η μελέτη των πρωτοκόλλων επικοινωνίας και του συστήματος αυτοδιάγνωσης του αυτοκινήτου θα γίνει στο τελευταίο κεφάλαιο.

Ο μικροελεγκτής έχοντας λάβει στις εισόδους του τα σήματα από τα δύο προηγούμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που αναφέραμε, κατόπιν τα επεξεργάζεται βάση του λογισμικού που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη Flash και στέλνει σήματα στα ηλεκτρονικά κυκλώματα της HME τα οποία είναι υπεύθυνα να οδηγήσουν τους ενεργοποιητές του συστήματος αυτοματισμού. Αυτά τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ποικίλουν ανάλογα με το τύπο και τον αριθμό των φορτίων που καλούνται να οδηγήσουν. Έχουν έναν αριθμό εξόδων οι οποίοι παρέχουν είτε τάση +5 V, είτε γη στους ενεργοποιητές του συστήματος αυτοματισμού που

υλοποιείται στο αυτοκίνητο. Επίσης, κάνουν έλεγχο και ενημερώνουν το μικροελεγκτή για την κατάσταση των ενεργοποιητών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν υπάρξει κάποια βλάβη σε κάποιον ενεργοποιητή τότε ο μικροελεγκτής δημιουργεί έναν κωδικό βλάβης ο οποίος είναι χρήσιμος κατά τη διάγνωση.

1.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι αισθητήρες είναι εξαρτήματα τα οποία είναι υπεύθυνα να πληροφορούν την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου με τις τιμές διάφορων μεταβλητών του κινητήρα. Αυτοί παράγουν αναλογικά ή ψηφιακά σήματα. Στο αυτοκίνητο χρησιμοποιούνται μια μεγάλη ποικιλία αισθητήρων από απλούς που λειτουργούν ως διακόπτες έως πολύπλοκους των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε χημική αντίδραση με αποτέλεσμα να παράγουν από μόνοι τους μια τάση. Παρακάτω θα μελετήσουμε τη λειτουργία των βασικότερων αισθητήρων που υπάρχουν στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα που ασχολούμαστε.

1.4.1 Αισθητήρας ταχύτητας – θέσης στροφαλοφόρου άξονα

Η μέτρηση της ταχύτητας και της θέσης του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα γίνεται συνήθως από τον αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης. Αυτού του τύπου ο αισθητήρας χρησιμοποιείται επίσης και από το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών για την μέτρηση της ταχύτητας των στροφών του κάθε τροχού του αυτοκινήτου. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.5) απεικονίζεται η τυπική μορφή του αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα.

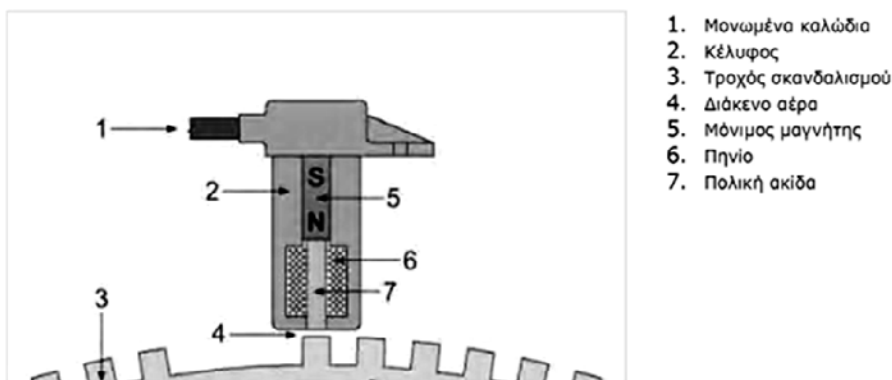


Σχήμα 1.5 Αισθητήρας ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης του στροφαλοφόρου άξονα

(Πηγή:http://www.vdo.com/generator/www/com/en/vdo/main/products_solutions/cars/replacement_parts/sensors/sensors_for_engine_management/crankshaft_sensors/crankshaft_sensors_en.html)

Ο αισθητήρας αυτός τοποθετείται στο μπλοκ του κινητήρα και διαβάζει το οδοντωτό γρανάζι που υπάρχει είτε στο βολάν της μηχανής, είτε στη τροχαλία που υπάρχει στην άλλη πλευρά του στροφάλου (Σχήμα 1.2, (14)). Αυτός ο αισθητήρας αποτελείται από ένα μόνιμο μαγνήτη με τμήμα προέκτασης του πόλου, γύρω από τον οποίο είναι τυλιγμένο ένα πηνίο. Η διάταξη αυτή ονομάζεται μαγνητική κεφαλή. Το οδοντωτό γρανάζι είναι κατασκευασμένο από σιδηρομαγνητικό υλικό.

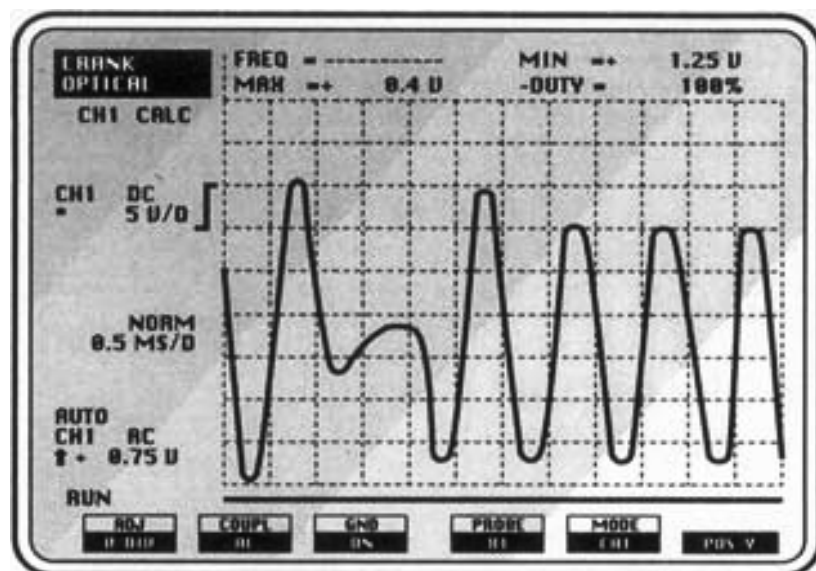
Το μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη αποτελείται από πολλές μαγνητικές δυναμικές γραμμές που ξεκινούν από το βόρειο πόλο (N) και καταλήγουν στο νότιο πόλο (S), ακολουθώντας ένα μαγνητικό δρόμο. Η δυσκολία που βρίσκουν οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές στη διαδρομή αυτή λέγεται μαγνητική αντίσταση. Ο αέρας έχει μεγάλη μαγνητική αντίσταση και δεν επιτρέπει την διέλευση πολλών μαγνητικών δυναμικών γραμμών, αντίθετα ένα σιδηρομαγνητικό υλικό αφήνει τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές να περάσουν ελεύθερα. Στο σχήμα 1.6 απεικονίζεται η διάταξη του αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης. Το διάκενο αέρα μεταξύ του αισθητήρα και του οδοντωτού γραναζιού πρέπει να είναι από 0.25 μέχρι 3 mm. Το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται καθώς περιστρέφεται το οδοντωτό γρανάζι μπροστά από τη μαγνητική κεφαλή. Όταν η μαγνητική κεφαλή του αισθητήρα ευθυγραμμισθεί με ένα δόντι του οδοντωτού γραναζιού τότε η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι μηδέν. Αυτό οφείλεται στο ότι έχει δημιουργηθεί ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο λόγω της ευκολίας της κίνησης των μαγνητικών δυναμικών γραμμών μέσω του δοντιού του οδοντωτού γραναζιού. Όταν η μαγνητική κεφαλή απομακρύνεται από το δόντι του οδοντωτού άξονα τότε η έξοδος του αισθητήρα παίρνει αρνητικές τιμές τάσης. Αντίθετα όταν πλησιάζει ένα δόντι τότε παίρνει θετικές τιμές τάσης. Το μαγνητικό πεδίο και στις δύο αυτές περιπτώσεις είναι αδύναμο λόγω του ότι μπροστά από τη μαγνητική κεφαλή υπάρχει το διάκενο αέρα μεταξύ δύο δοντιών με συνέπεια να υπάρχει μεγάλη μαγνητική αντίσταση.



Σχήμα 1.6 Διάταξη αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης στροφαλοφόρου άξονα

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

Αποτέλεσμα της λειτουργίας της διάταξης του αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης είναι η παραγωγή στην έξοδο του ενός αναλογικού σήματος ημιτονικής μορφής. Η ΗΜΕ του κινητήρα γνωρίζοντας τον αριθμό των δοντιών του γραναζιού υπολογίζει την ταχύτητα των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα από τη συχνότητα και το πλάτος του παραγόμενου σήματος από τον αισθητήρα. Η συχνότητα και το πλάτος είναι ανάλογα της ταχύτητας στροφών του στροφαλοφόρου άξονα. Μια επιπλέον μεταβλητή που πληροφορείται η ΗΜΕ του κινητήρα από τη διάταξη του αισθητήρα που εξετάζουμε είναι το πότε το πρώτο έμβολο του κινητήρα είναι στο Άνω Νεκρό Σημείο στο χρόνο της συμπίεσης. Αυτό επιτυγχάνεται με την έλλειψη ενός δοντιού από το οδοντωτό γρανάτζι. Η κυματομορφή τάσης εξόδου αυτού του αισθητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.7. Η αλλοίωση του ημιτονικού σήματος στα αριστερά του σχήματος 1.7 οφείλεται στην έλλειψη του δοντιού από το γρανάτζι, το οποίο πληροφορεί την ΗΜΕ του κινητήρα ότι το πρώτο έμβολο είναι στο ΑΝΣ.



Σχήμα 1.7 Κυματομορφή τάσης εξόδου αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης στροφαλοφόρου άξονα

(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.115, Butterworth-Heinemann)

1.4.2 Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα

Σε ένα σύγχρονο σύστημα διαχείρισης κινητήρα, η θέση του εκκεντροφόρου άξονα θα πρέπει να είναι γνωστή. Η ΗΜΕ του κινητήρα αξιοποιώντας τη πληροφορία αυτή μαζί με αυτή του αισθητήρα ταχύτητας – θέσης του στροφαλοφόρου άξονα γνωρίζει κάθε στιγμή πιο έμβολο είναι στο ΑΝΣ στο χρόνο της συμπίεσης. Συνεπώς, η ΗΜΕ του κινητήρα είναι

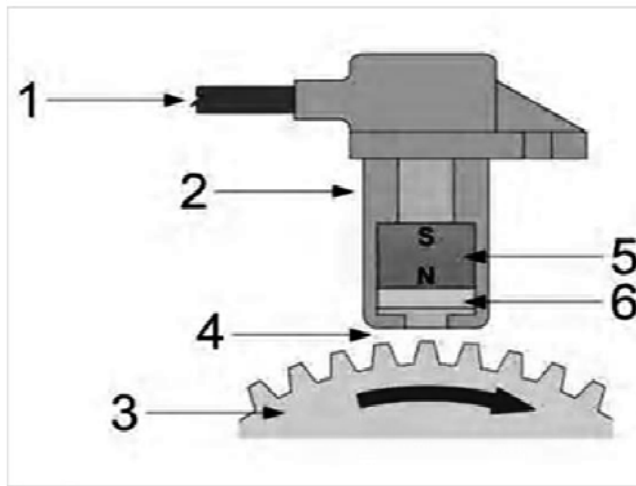
ενήμερη για μια σημαντική μεταβλητή η οποία θα τη βοηθήσει στο χρονοισμό του ψεκασμού και της ανάφλεξης.

Ως αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα χρησιμοποιείται συνήθως ένας αισθητήρας φαινομένου Hall. Η μορφή ενός τέτοιου αισθητήρα απεικονίζεται στο σχήμα 1.8 . Οπτικά μοιάζει με τον αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα με τη μόνη διαφορά ότι ο αισθητήρας θέσης του εκκεντροφόρου άξονα διαθέτει τρεις ακροδέκτες έναντι δύο του άλλου. Οι δύο ακροδέκτες από τους τρεις, του αισθητήρα που εξετάζουμε, χρησιμοποιούνται για τη τροφοδοσία αυτού με +12 V ή +5 V (αναλόγως της κατασκευής του) και ο τρίτος για τη μετάδοση του σήματος. Ο αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα τοποθετείται στη κυλινδροκεφαλή του κινητήρα (Σχήμα 1.2, (7)) και διαβάζει ένα δίσκο με τέσσερα περύγια (όσοι και οι κύλινδροι της μηχανής) που είναι προσαρτημένος στον εκκεντροφόρο άξονα.



Σχήμα 1.8 Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall
(Πηγή:http://www.vdo.com/generator/www/com/en/vdo/main/products_solutions/cars/replacement_parts/sensors/sensors_for_engine_management/camshaft_sensors/camshaft_sensors_en.html)

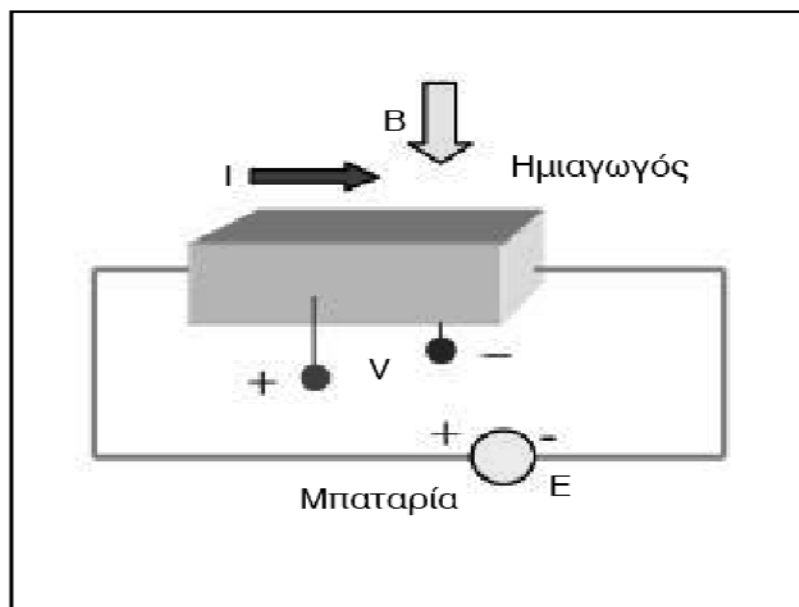
Στο σχήμα 1.9 απεικονίζεται η συνήθης δομή του αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall. Βλέποντας το σχήμα, γίνεται κατανοητό ότι βασικά στοιχεία της δομής του αισθητήρα που εξετάζουμε είναι ο μόνιμος μαγνήτης και η διάταξη φαινομένου Hall. (Ο τροχός σκανδαλισμού στο σχήμα 1.9 είναι διαμορφωμένος ώστε ο αισθητήρας να μετράει τη ταχύτητα περιστροφής ενός άξονα. Οι αισθητήρες φαινομένου Hall χρησιμοποιούνται επίσης και για μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής ενός άξονα και μπορούν να αντικαταστήσουν ένα αισθητήρα ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης.)



1. Μονωμένα καλώδια
2. Κέλυφος
3. Τροχός σκανδαλισμού
4. Διάκενο αέρα
5. Μόνιμος μαγνήτης
6. Διάταξη φαινομένου Hall

Σχήμα 1.9 Δομή αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall
(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

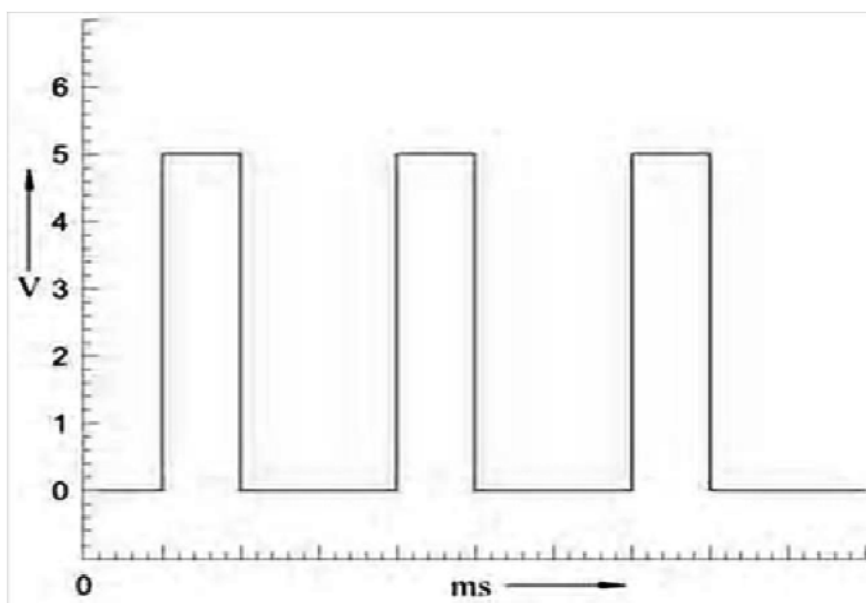
Το στοιχείο Hall είναι μια μικρή, λεπτή και επίπεδη πλάκα από ημιαγωγό υλικό. Όταν ρεύμα I ρέει το στοιχείο Hall και κάθετα σε αυτό επιδρά μαγνητικό πεδίο B , τότε στις δύο άλλες κάθετες πλευρές του (Σχήμα 1.10) παράγεται τάση V . Αυτό αποτελεί το φαινόμενο Hall. Η τάση που παράγεται από το στοιχείο Hall εξαρτάται από τη θέση του ημιαγωγού στοιχείου μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Αυτή η τάση, η οποία είναι της τάξης των mV, είναι μέγιστη όταν μαγνητικό πεδίο B επιδρά κάθετα στο ρεύμα I . Αντίθετα, είναι μηδέν όταν το μαγνητικό πεδίο B και το ρεύμα I είναι παράλληλα. Για οποιαδήποτε άλλη θέση αυτών των δύο η τάση εξόδου του στοιχείου Hall παίρνει ενδιάμεσες τιμές.



Σχήμα 1.10 Φαινόμενο Hall

(Πηγή: Τεχνολογία Ελέγχων και Διαγνώσεων, Α' Τεύχος, 2006, Σελ.116, ΟΕΔΒ)

Το σήμα τάσης εξόδου του στοιχείου Hall ενός αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα είναι ένα αδύναμο αναλογικό σήμα. Αυτό το κάνει μη άμεσα αξιοποιήσιμο από την ΗΜΕ του κινητήρα. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έχει ενσωματωθεί στον αισθητήρα κύκλωμα ενίσχυσης του σήματος και μετατροπής αυτού ώστε να παίρνει δύο διακριτές τιμές (ψηφιακό σήμα). Συνεπώς ο αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου άξονα παράγει μια κυματομορφή τάσης τετραγωνικής μορφής (Σχήμα 1.11). Το πλάτος της κυματομορφής αυτής είναι σταθερό και δεν εξαρτάται από τη ταχύτητα περιστροφής του εκκεντροφόρου άξονα. Τέλος, πρέπει να πούμε ότι υπάρχουν αισθητήρες θέσης Hall οι οποίοι παράγουν κυματομορφή τάσης εξόδου με αρνητικές τιμές. Αυτό εξαρτάτε από τη κατασκευή του αισθητήρα.



Σχήμα 1.11 Κυματομορφή τάσης εξόδου αισθητήρα θέσης εκκεντροφόρου άξονα φαινομένου Hall

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

1.4.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού

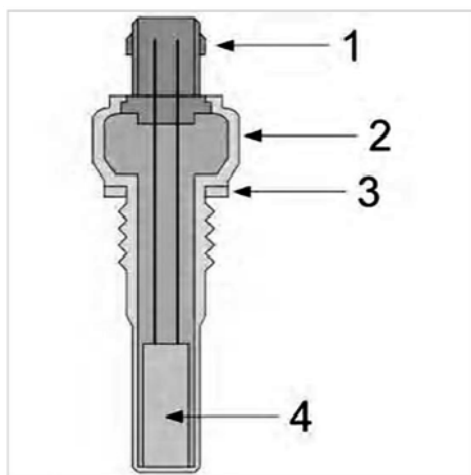
Η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού του κινητήρα αποτελεί βασική συνιστώσα στη ρύθμιση, κυρίως, του ψεκασμού καυσίμου αλλά και του χρονισμού της ανάφλεξης. Το σχήμα 1.12 απεικονίζει τη τυπική μορφή ενός αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού. Η θέση του αισθητήρα αυτού στο κινητήρα ποικίλλει ανάλογα με τη σχεδίαση που κάνει ο κάθε κατασκευαστής. Συνήθως τοποθετείται πριν το θερμοστάτη του ψυκτικού κυκλώματος του κινητήρα και έρχεται σε άμεση επαφή με το ψυκτικό υγρό.



Σχήμα 1.12 Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού

(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Η μέτρηση της θερμοκρασίας στηρίζεται στην αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας μεταξύ του θερμομετρούμενου σώματος και του αισθητηρίου. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες χρησιμοποιούν ως αισθητήριο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού του κινητήρα τη θερμοευαίσθητη αντίσταση (ή θερμίστορ - thermistor). Το θερμίστορ κατασκευάζεται από μείγμα μεταλλικών οξειδίων και ημιαγωγών. Αυτό τοποθετείται μέσα σε ένα μεταλλικό κέλυφος (Σχήμα 1.13), το οποίο το προστατεύει από χημική αντίδραση με το ψυκτικό υγρό. Έχει επικρατήσει η χρήση θερμίστορ για την κατασκευή των αισθητήρων θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού επειδή είναι φθηνό, έχει αρκετά καλή ευαισθησία και ικανοποιητικό χρόνο αντίδρασης στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Υπάρχουν δύο τύποι θερμίστορ που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή του αισθητήρα του ψυκτικού υγρού. Ο πρώτος τύπος, ο οποίος χρησιμοποιείται πιο συχνά, είναι το θερμίστορ αρνητικού συντελεστή θερμότητας (NTC – Negative Temperature Coefficient). Ο δεύτερος τύπος είναι το θερμίστορ θετικού συντελεστή θερμότητας (PTC – Positive Temperature Coefficient).

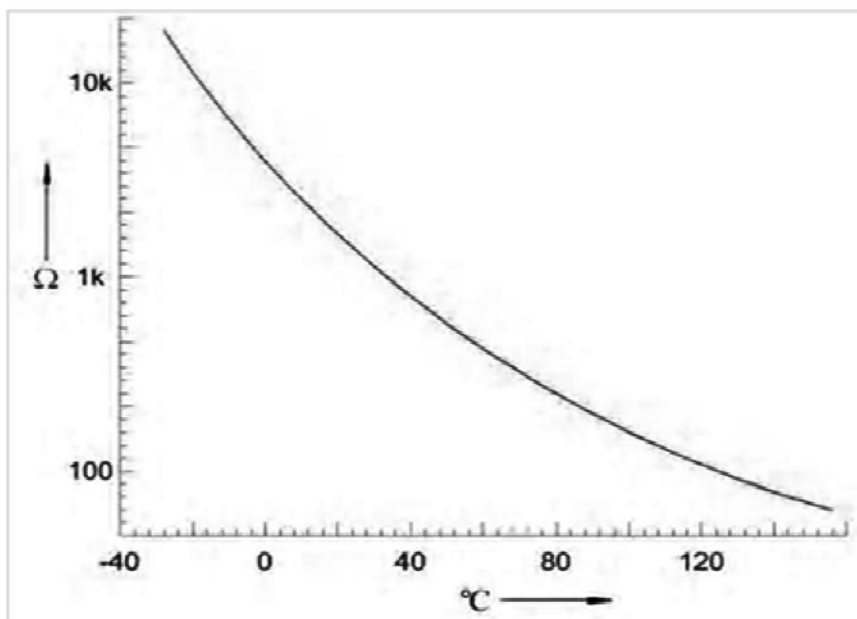


1. Σύνδεσμος
2. Κέλυφος
3. Ροδέλα
4. Θερμοαντίσταση (θερμίστορ)

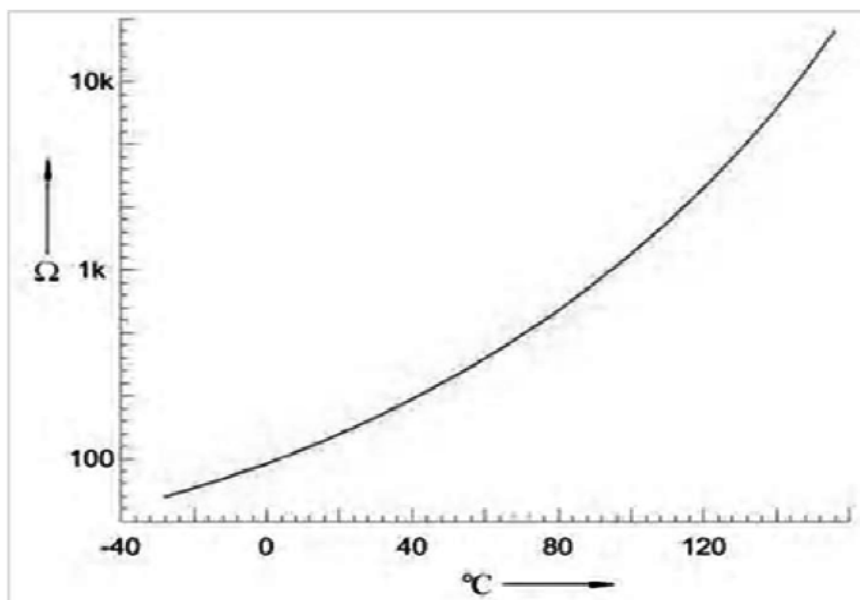
Σχήμα 1.13 Δομή αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

Στο θερμίστορ αρνητικού συντελεστή θερμότητας όσο αυξάνει η μετρούμενη θερμοκρασία τόσο μειώνεται η αντίστασή του. Αντίθετα, στο θερμίστορ θετικού συντελεστή θερμότητας όσο αυξάνει η μετρούμενη θερμοκρασία τόσο αυξάνει η αντίστασή του. Η χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της αντίστασης ως προς τη θερμοκρασία ενός NTC θερμίστορ και ενός PTC θερμίστορ παρουσιάζονται στο σχήμα 1.14 (α) και (β) αντίστοιχα.



(α)



(β)

Σχήμα 1.14 Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της αντίστασης ως προς τη θερμοκρασία ενός NTC θερμίστορ (α) και ενός PTC θερμίστορ (β)

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού τροφοδοτούνται με σταθεροποιημένη τάση +5 V απευθείας από την ΗΜΕ του κινητήρα. Κατόπιν, η ΗΜΕ του κινητήρα μετράει τη τάση εξόδου του αισθητήρα και τη συγκρίνει με ένα πίνακα τιμών τάσης - θερμοκρασίας ώστε να ενημερωθεί για τη τιμή της θερμοκρασίας του κινητήρα.

Τέλος θα πρέπει να πούμε ότι οι αισθητήρες αυτοί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και λειτουργούν σε τυπικές τιμές θερμοκρασίας από -40 έως +150°C.

1.4.4 Αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα

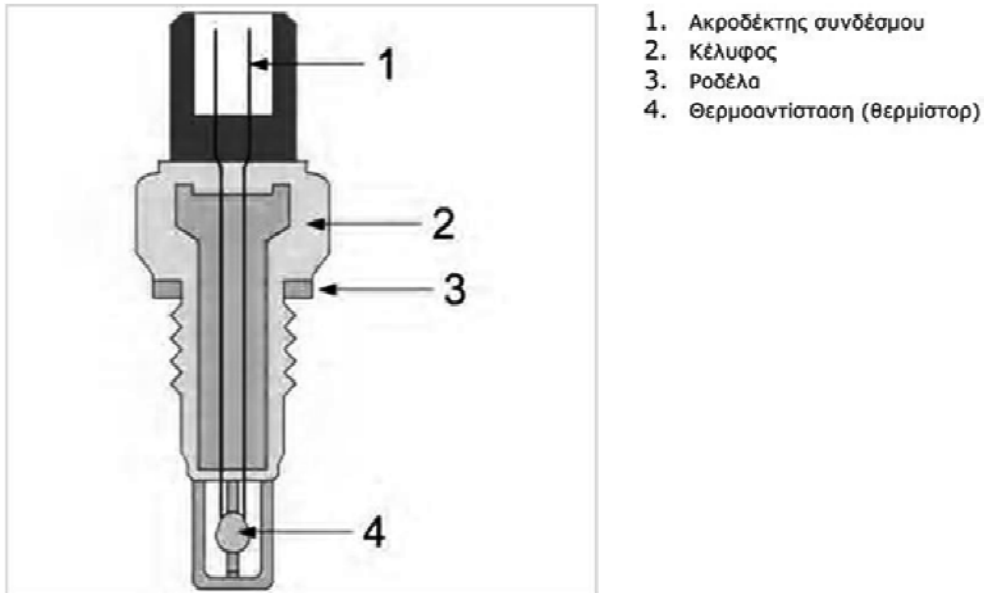
Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα είναι υπεύθυνος για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα. Το σήμα που παράγεται από τον αισθητήρα αυτό μαζί με το παραγόμενο σήμα του αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής ή του αισθητήρα ροής μάζας αέρα τα χρησιμοποιεί η ΗΜΕ του κινητήρα για να υπολογίσει τη μάζα του εισερχόμενου αέρα. Η τυπική μορφή του αισθητήρα θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα απεικονίζεται στο σχήμα 1.15. Ο αισθητήρας αυτός, ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος διαχείρισης κινητήρα, τοποθετείται είτε στο κουτί του φίλτρου αέρα, είτε στο σώμα της πολλαπλής εισαγωγής. Αρκετές φορές είναι ενσωματωμένος στο σώμα του αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής ή του αισθητήρα ροής μάζας αέρα.



Σχήμα 1.15 Αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα
(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με τον αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού. Ως αισθητήριο χρησιμοποιείται και εδώ το θερμίστορ. Το θερμίστορ τοποθετείται μέσα σε ένα πλαστικό ή μεταλλικό κέλυφος (Σχήμα

1.16), ανάλογα με το που τοποθετείται ο αισθητήρας. Το κέλυφος αυτό έχει ανοίγματα ώστε το θερμίστορ να έρχεται σε επαφή με τον αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα. Τέλος, ο αισθητήρας τροφοδοτείται με σταθεροποιημένη τάση +5 V από την ΗΜΕ του κινητήρα και η λειτουργία του είναι ίδια με αυτή που περιγράψαμε στον αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού.



Σχήμα 1.16 Δομή αισθητήρα θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

1.4.5 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής

Κατά τη λειτουργία ενός ατμοσφαιρικού κινητήρα η πίεση του αέρα στη πολλαπλή εισαγωγή είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση (υπάρχει υποπίεση). Ο αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής μετράει τη πίεση του αέρα της πολλαπλής εισαγωγής ως προς το κενό. Αυτό έχει ως συνέπεια οι τιμές εξόδου του να παίρνουν θετικές τιμές.

Η ΗΜΕ του κινητήρα λαμβάνοντας το σήμα εξόδου αυτού του αισθητήρα και γνωρίζοντας τη θερμοκρασία του αέρα στο σύστημα εισαγωγής (από το σήμα του αισθητήρα θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα), μπορεί να υπολογίσει τη μάζα του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα. Το παραπάνω αποτελεί τον έμμεσο τρόπο υπολογισμού της μάζας του αέρα που εισέρχεται στο κινητήρα. Μελετώντας παρακάτω τον αισθητήρα ροής μάζας αέρα θα δούμε ότι υπάρχει και άμεσος τρόπος υπολογισμού της εισερχόμενης στον κινητήρα μάζας αέρα. Η πληροφορία της μάζας του εισερχόμενου αέρα στο κινητήρα αποτελεί ένδειξη

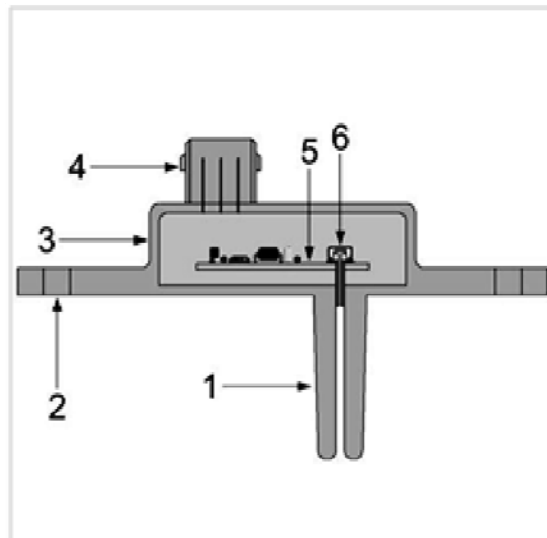
του φορτίου του κινητήρα και αποτελεί βασική συνιστώσα στη ρύθμιση του ψεκασμού καυσίμου και του χρονισμού της ανάφλεξης.

Ο αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής έχει δύο μορφές (Σχήμα 1.17). Ο αισθητήρας της πρώτης μορφής (Βλέποντας το σχήμα 1.17 από κάτω προς τα επάνω) τοποθετείται κατευθείαν πάνω στην πολλαπλή εισαγωγή. Αυτού του τύπου ο αισθητήρας, συνήθως, έχει ενσωματωμένο και τον αισθητήρα θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα. Ο αισθητήρας της δεύτερης μορφής που εξετάζουμε τοποθετείται μακριά από την πολλαπλή εισαγωγής αέρα και συνδέεται με αυτή με έναν ελαστικό σωλήνα.



Σχήμα 1.17 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής
(Πηγή:http://www.bosch.com.au/content/language1/downloads/Map_Sensor_Purpose_and_Function.pdf)

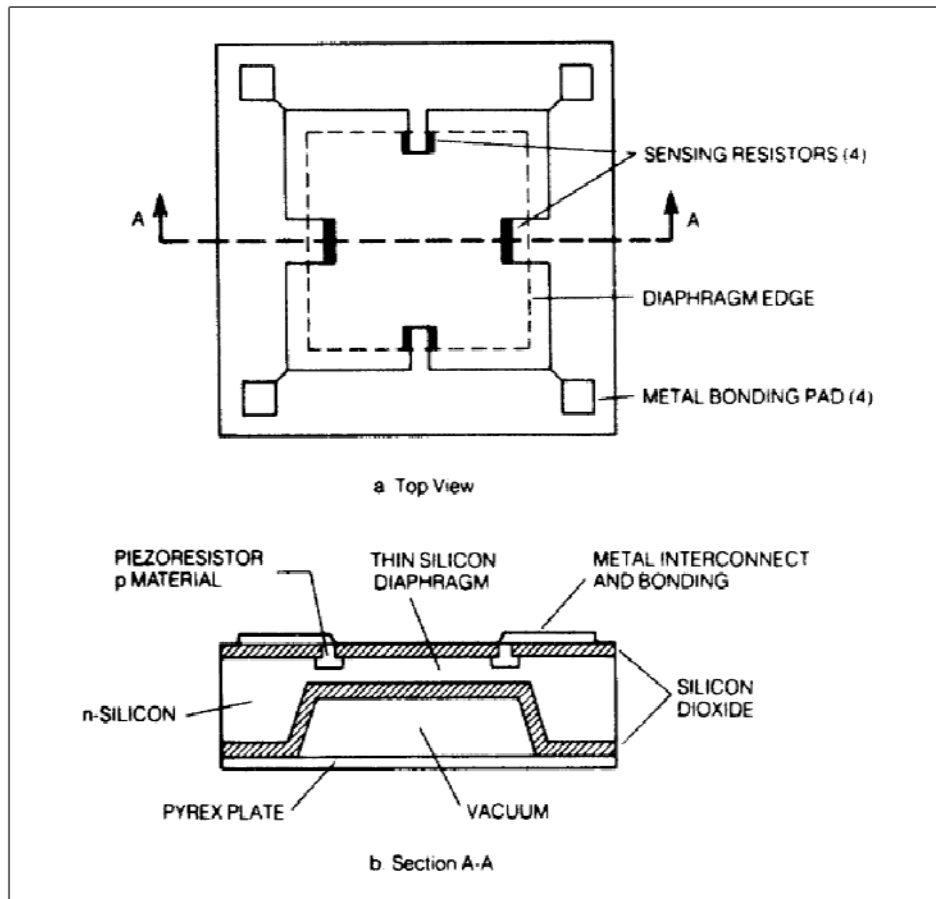
Στο σχήμα 1.18 απεικονίζεται η δομή του αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής. Βλέποντας το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι ο αισθητήρας αποτελείται από ένα αισθητήριο πίεσης (Σχήμα 1.18, (6)) του οποίου η μία πλευρά έρχεται σε επαφή με τον αέρα της πολλαπλής εισαγωγής μέσω μιας οπής στο κέλυφος του αισθητήρα (Σχήμα 1.18, (1)). Επιπρόσθετα μέσα στο κέλυφος του αισθητήρα υπάρχει και μια ηλεκτρονική διάταξη (Σχήμα 1.18, (5)) της οποίας η λειτουργία θα μελετήσουμε παρακάτω.



1. Σύνδεση με πολλαπλή
2. Οπή στερέωσης
3. Κέλυφος
4. Σύνδεσμος
5. Εσωτερικά ηλεκτρονικά
6. Αισθητήρας πίεσης

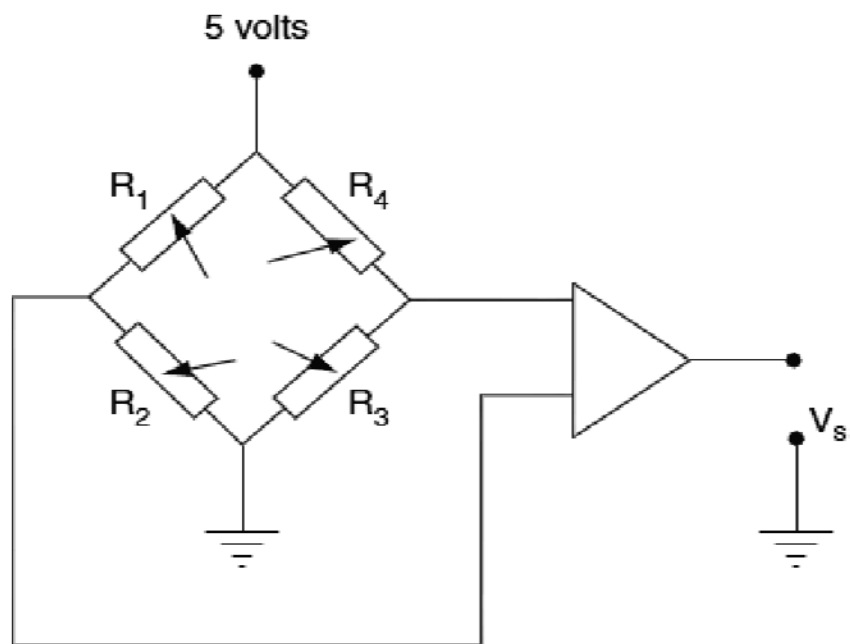
Σχήμα 1.18 Δομή αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής
(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

Ως αισθητήριο στον αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής χρησιμοποιείται συνήθως ο μετατροπέας πίεσης με πιεζοαντίσταση. Το αισθητήριο αυτό κατασκευάζεται από ένα λεπτό φύλλο πυριτίου στο οποίο έχουν τοποθετηθεί τέσσερις πιεζοαντιστάσεις (Sensing Resistors, Σχήμα 1.19, (a)). Η επιφάνεια του φύλλου πυριτίου είναι 3 τετραγωνικά χιλιοστά περίπου. Το πάχος στις εξωτερικές ακμές του είναι περίπου 250 μικρόμετρα, ενώ στη κέντρο περιοχή σχηματίζει διάφραγμα πάχους 25 μικρομέτρων περίπου (Σχήμα 1.19, (b)). Η μια πλευρά του διαφράγματος έχει σφραγισθεί ειδικά ώστε να δημιουργεί ένα θάλαμο όπου επικρατεί μηδενική πίεση (Vacuum, Σχήμα 1.19, (b)), ενώ στην άλλη πλευρά ασκείται η μετρούμενη πίεση. Η ασκούμενη πίεση από τον αέρα που βρίσκεται εντός της πολλαπλής εισαγωγής στο διάφραγμα αυτό είναι η αιτία να το παραμορφώνει με συνέπεια να αλλάζει ανάλογα η τιμή αντίστασης των πιεζοαντιστάσεων.

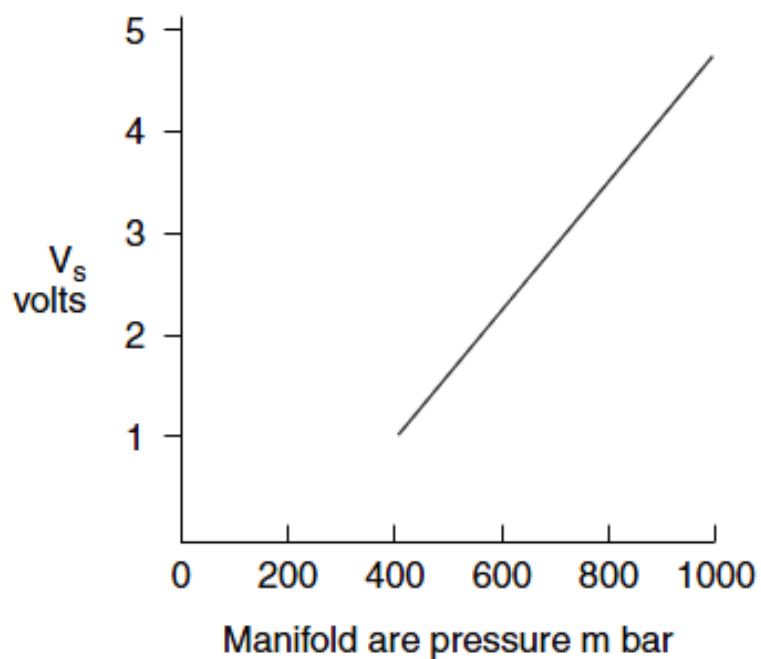


Σχήμα 1.19 Δομή μετατροπέα πίεσης με πιεζοαντίσταση
 (Πηγή: Understanding Automotive Electronics, 2003, Σελ. 205, Newnes)

Οι πιεσοαντιστάσεις του αισθητηρίου που εξετάζουμε συνδέονται με τη μορφή γέφυρας Wheatstone (Σχήμα 1.20). Η έξοδος του αισθητηρίου στη συνέχεια οδηγείται σε ένα κύκλωμα ενίσχυσης το οποίο βρίσκεται και αυτό εντός του αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής. Η έξοδος του κυκλώματος ενίσχυσης αποτελεί και την έξοδο του αισθητήρα απόλυτης πίεσης. Αυτής της κατασκευής ο αισθητήρας είναι ένας ενεργός αισθητήρας όπου τροφοδοτείται με τάση +5 V από την HME του κινητήρα. Η έξοδός του είναι αναλογικής μορφής και κυμαίνεται συνήθως από +1 V έως +4.5 V. Η περιοχή μέτρησης πίεσης αυτού του αισθητήρα σε έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα είναι από 0.1 bar μέχρι 1,05 bar. Στο σχήμα 1.21 απεικονίζεται η χαρακτηριστική καμπύλη τάσης εξόδου ως προς την απόλυτη πίεση στην πολλαπλή εισαγωγή ενός τυπικού αισθητήρα πίεσης με πιεζοαντίσταση.



Σχήμα 1.20 Σύνδεση πιεσοαντιστάσεων μετατροπέα πίεσης με πιεσοαντίσταση με μορφή γέφυρας Wheatstone
 (Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.128, Butterworth-Heinemann)



Σχήμα 1.21 Χαρακτηριστική καμπύλη τάσης εξόδου ως προς τη απόλυτη πίεση της πολλαπλής εισαγωγής ενός τυπικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής
 (Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.128, Butterworth-Heinemann)

1.4.6 Αισθητήρας ροής μάζας αέρα

Μια εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού της εισερχόμενης στο κινητήρα μάζας αέρα υλοποιείται με τη χρήση του αισθητήρα ροής μάζας αέρα. Η ΗΜΕ του κινητήρα λαμβάνοντας το σήμα του αισθητήρα ροής μάζας αέρα και του αισθητήρα θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα, υπολογίζει τη μάζα του αέρα που εισέρχεται στο κινητήρα. Ο αισθητήρας ροής μάζας αέρα τοποθετείται στον σωλήνα που ενώνει το σώμα της πεταλούδας του γκαζιού με το κουτί του φίλτρου αέρα και έχει συνήθως ενσωματωμένο και τον αισθητήρα θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα. Δύο μορφές του αισθητήρα αυτού απεικονίζονται στο σχήμα 1.22.

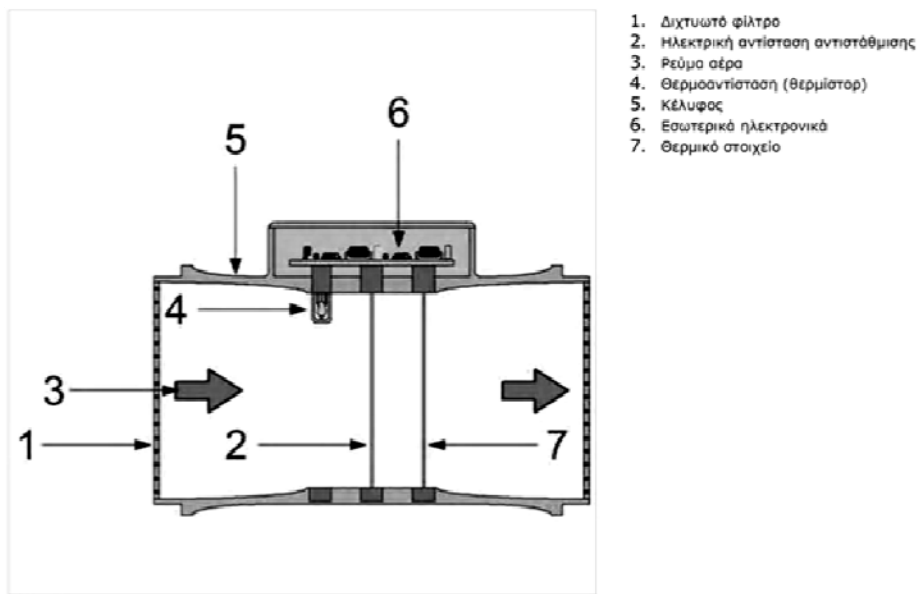


Σχήμα 1.22 Αισθητήρας ροής μάζας αέρα

(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Ο αισθητήρας ροής μάζας αέρα έχει ως αισθητήριο είτε ένα θερμό νήμα κατασκευασμένο από πλατίνα, είτε ένα φιλμ νικελίου. Η αρχή λειτουργίας και στις δύο περιπτώσεις παραμένει η ίδια. Η λειτουργία του αισθητήρα αυτού στηρίζεται στη μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το αισθητήριο ώστε να αντισταθμιστεί η απώλεια της θερμότητας. Πιο αναλυτικά, ο εισερχόμενος αέρας ψύχει το θερμό νήμα ή φιλμ, το οποίο είναι εκτεθειμένο στη ροή του εισερχόμενου αέρα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η τιμή της αντίστασής του. Το θερμό νήμα ή φιλμ αποτελεί τμήμα μιας γέφυρας Wheatstone όπου οι υπόλοιπες αντιστάσεις είναι ανεξάρτητες από την επίδραση θερμοκρασίας. Για να διατηρηθεί η ισορροπία στη γέφυρα αυξάνεται το ρεύμα που διαρρέει το αισθητήριο. Ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που είναι ενσωματωμένο στον αισθητήρα μετατρέπει το ρεύμα που ρέει το αισθητήριο σε αναλογικό σήμα τάσης εξόδου του αισθητήρα το οποία είναι ανάλογο με τη ροή της εισερχόμενης μάζας αέρα.

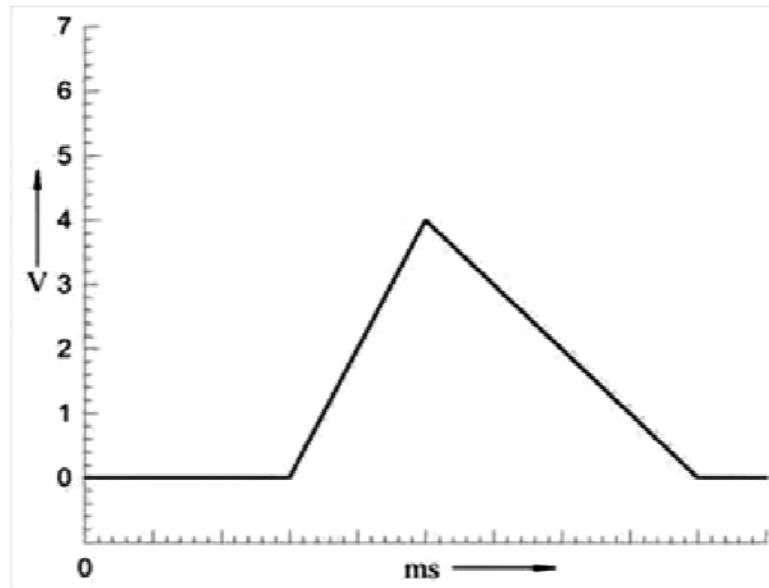
Στο σχήμα 1.23 παρουσιάζεται η τυπική δομή του αισθητήρα ροής μάζας αέρα. Βλέποντας το σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι εκτός από θερμό νήμα ή φιλμ (Σχήμα 1.23, (7)) υπάρχει και μία αντίσταση αντιστάθμισης (Σχήμα 1.23, (2)). Η αντίσταση αυτή συνδέεται στη γέφυρα Wheatstone που προαναφέραμε, έχοντας τώρα δύο αντιστάσεις με σταθερή τιμή. Ο ρόλος της αντίστασης αντιστάθμισης είναι να αλλάζει την ισορροπία της γέφυρας, ανάλογα με τη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα, ώστε το αισθητήριο να βρίσκεται πάντα σε μια ορισμένη θερμοκρασία πάνω από τη θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής (100°C πάνω για το θερμό νήμα και 75°C για το θερμό φιλμ).



Σχήμα 1.23 Δομή αισθητήρα ροής μάζας αέρα

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

Ο αισθητήρας ροής μάζας αέρα τροφοδοτείται είτε με $+12\text{ V}$, είτε με $+5\text{ V}$ από την ΗΜΕ του κινητήρα. Η κυματομορφή τάσης εξόδου του αισθητήρα αυτού καθώς ανοίγει και κλείνει η πεταλούδα του γκαζιού απεικονίζεται στο σχήμα 1.24. Η τάση εξόδου του κυμαίνεται μεταξύ 0 και $+5\text{ V}$. Τέλος θα πρέπει να πούμε ότι για να αποφευχθεί η λάθος μέτρηση της ροής της μάζας του εισερχόμενου αέρα λόγω καταλοίπων και σκόνης που επικαθονται στο θερμό νήμα, αυτό μετά το τέλος λειτουργίας του κινητήρα πυρακτώνεται για ένα δευτερόλεπτο περίπου στους 1050°C ώστε να αυτοκαθαριστεί.



Σχήμα 1.24 Κυματομορφή τάσης ενός αισθητήρα ροής μάζας αέρα καθώς ανοίγει και κλείνει η πεταλούδα του γκαζιού
(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

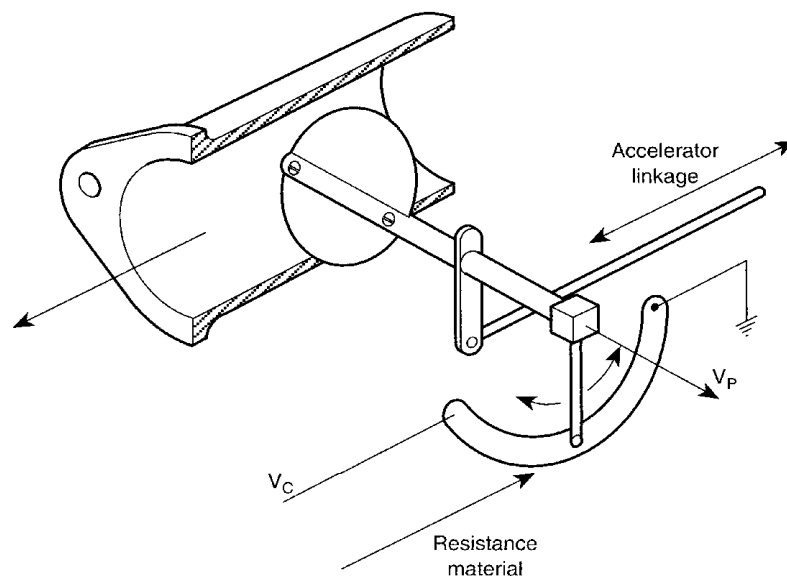
1.4.7 Αισθητήρας θέσης της πεταλούδας του γκαζιού

Ο έλεγχος της ροής του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα επιτυγχάνεται μέσω της πεταλούδας του γκαζιού. Ο αισθητήρας θέσης της πεταλούδας του γκαζιού είναι υπεύθυνος να πληροφορεί τη ΗΜΕ του κινητήρα για τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας του γκαζιού. Ο αισθητήρας αυτός τοποθετείται στο σώμα της πεταλούδας του γκαζιού και είναι συνδεδεμένος με τον άξονα περιστροφής της πεταλούδας. Στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα στο οποίο η πεταλούδα του γκαζιού είναι συνδεδεμένη μηχανικά με το πεντάλ του γκαζιού, το σήμα εξόδου του αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού αποτελεί πληροφορία της επιθυμητής ισχύος που απαιτεί ο οδηγός από τον κινητήρα. Σε νεότερα συστήματα διαχείρισης κινητήρα στα οποία η πεταλούδα του γκαζιού ελέγχεται ηλεκτρονικά από την ΗΜΕ του κινητήρα, η πληροφορία της επιθυμητής ισχύος που απαιτεί ο οδηγός προέρχεται από τον αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού. Σε αυτή την περίπτωση ο αισθητήρας θέσης της πεταλούδας του γκαζιού χρησιμοποιείται ως ανάδραση, ώστε η ΗΜΕ του κινητήρα να πληροφορείται για τη πραγματική θέση αυτής και αφού τη συγκρίνει με την επιθυμητή μπορεί να διαπιστώσει εάν λειτουργεί σωστά η μονάδα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού. Στο σχήμα 1.25 απεικονίζεται η μορφή ενός αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού όπου η πεταλούδα του γκαζιού συνδέεται μηχανικά με το πεντάλ του γκαζιού.



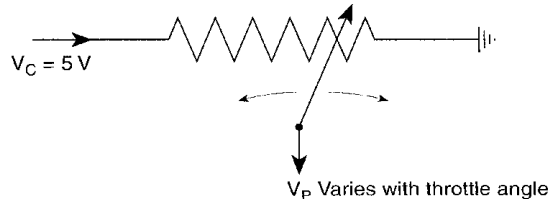
Σχήμα 1.25 Αισθητήρας θέσης πεταλούδας του γκαζιού
(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Ως αισθητήριο μέτρησης της θέσης της πεταλούδας του γκαζιού χρησιμοποιείται συνήθως το ποτενσιόμετρο. Το ποτενσιόμετρο χρησιμοποιείται συχνά στα διάφορα συστήματα αυτοματισμού του αυτοκινήτου ως ανάδραση μετρώντας τη θέση ενός ενεργοποιητή, ή ως μετρητής της γραμμικής ή γωνιακής μετατόπισης. Ως ανάδραση, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται στην ηλεκτρονικά ελεγχόμενη πεταλούδα του γκαζιού, στη βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων και στη βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί. Ως αισθητήρας μέτρησης της γραμμικής ή γωνιακής μετατόπισης χρησιμοποιείται στο φλοτέρ ένδειξης καυσίμου, στο πεντάλ του γκαζιού όταν αυτό είναι ηλεκτρονικό και στη πεταλούδα του γκαζιού όταν αυτή ελέγχεται μηχανικά. Το ποτενσιόμετρο του αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού είναι συνδεδεμένο με τον άξονα της πεταλούδας του γκαζιού όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1.26. Η τάση τροφοδοσίας του αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού είναι συνήθως +5 V (V_c , Σχήμα 1.26). Η μεσαία λήψη του ποτενσιόμετρου μπορεί να κινηθεί μεταξύ της σταθεροποιημένης πηγής τάσης V_c μέχρι τη γείωση, πάνω σε ένα ωμικό "δρόμο". Η διάταξη αυτή έχει ως αρχή λειτουργίας την ιδιότητα του διαιρέτη τάσης. Ο αισθητήρας αυτός ανάλογα με τη γωνία περιστροφής της πεταλούδας του γκαζιού, έχει μια αναλογική έξοδο τάσης V_p . Το σήμα εξόδου του προς την HME του κινητήρα, το οποίο είναι γραμμικό με τη γωνία ανοίγματος της πεταλούδας, κυμαίνεται μεταξύ +0.5 και +4.5 V. Αρκετές φορές ο αισθητήρας θέσης της πεταλούδας του γκαζιού αποτελείται από δύο ποτενσιόμετρα διαφορετικής αντίστασης το καθένα. Αυτό γίνεται για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση με το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Επιπρόσθετα, σε ορισμένες περιπτώσεις ο αισθητήρας αυτός έχει έναν ή δύο διακόπτες, οι οποίοι έχουν ως λειτουργία ο ένας να ενημερώνει την HME του κινητήρα τότε η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστέι, ενώ ο άλλος τότε είναι τελείως ανοιχτέι.



V_C = Constant voltage supply from computer

V_P = Voltage giving position of throttle

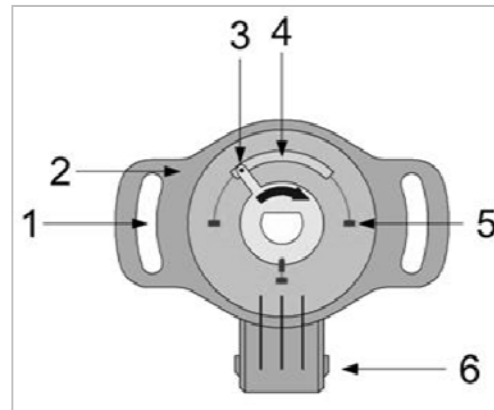


Σχήμα 1.26 Αρχή λειτουργίας αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού

(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.121, Butterworth-Heinemann)

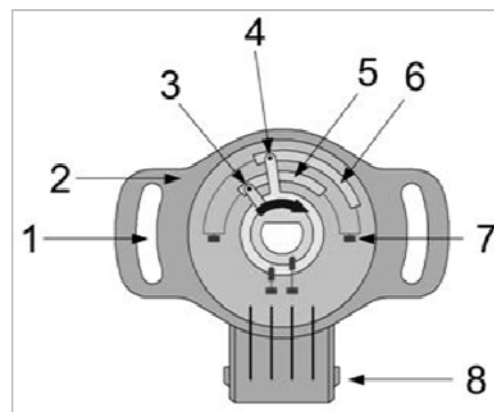
Στο σχήμα 1.27 απεικονίζεται η δομή του αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού χρησιμοποιώντας α) ένα ποτενσιόμετρο και β) δύο ποτενσιόμετρα για τη μέτρηση της γωνίας ανοίγματος της πεταλούδας. Η χρήση ποτενσιόμετρου για τη μέτρηση της θέσης έχει ως πλεονέκτημα το χαμηλό κόστος και την απλότητα κατασκευής του. Ωστόσο, η επιλογή του ποτενσιόμετρου έχει αρκετά μειονεκτήματα. Ένα μειονέκτημα είναι ότι η ολίσθηση της επαφής προκαλεί ηλεκτρικό θόρυβο ο οποίος περιορίζει την ακρίβεια και τη διακριτικότητα του αισθητήρα. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η φθορά της ολισθαίνουσας επαφής η οποία προκαλεί διαφοροποίηση τόσο του θορύβου, όσο και της ευαισθησίας του αισθητήρα. Μειονέκτημα επίσης είναι η ευπάθεια του αισθητηρίου σε συγκέντρωση ακαθαρσιών στη περιοχή επαφής, στη μεταβολή της υγρασίας και της θερμοκρασίας καθώς και στις δονήσεις η οποία μπορεί να αλλοιώσει την έξοδο του αισθητήρα. Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει η χρήση αισθητηρίων που δεν χρησιμοποιούν επαφές αποφεύγοντας τα προβλήματα αυτά. Από αυτού του τύπου τους αισθητήρες, ο αισθητήρας μέτρησης θέσης

φαινομένου Hall είναι αυτός που έχει ξεχωρίσει. Ο αισθητήρας φαινομένου Hall ανιχνεύει μαγνητικά πεδία, έτσι μια διάταξη με έναν μόνιμα μαγνήτη και έναν αισθητήρα φαινομένου Hall μπορεί να δημιουργήσει έναν αισθητήρα θέσης. Αναλυτική παρουσίαση της λειτουργίας αυτού του αισθητηρίου θα γίνει παρακάτω στη μελέτη του αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού.



1. Οπή στερέωσης
2. Κέλυφος
3. Δρομέας
4. Ωμικό ίχνος
5. Εσωτερικές συνδέσεις
6. Σύνδεσμος

(α)



1. Οπή στερέωσης
2. Κέλυφος
3. Δρομέας Α
4. Δρομέας Β
5. Ωμικό ίχνος Α
6. Ωμικό ίχνος Β
7. Εσωτερικές συνδέσεις
8. Σύνδεσμος

(β)

Σχήμα 1.27 Δομή αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού, α) μονού ποτενσιόμετρου β) διπλού ποτενσιόμετρου

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

1.4.8 Αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού

Ο αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού χρησιμοποιείται στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα το οποίο διαθέτει ηλεκτρονικά ελεγχόμενη πεταλούδα του γκαζιού. Η απαίτηση σε συνεχώς μείωση των εκπεμπόμενων καυσαερίων από τους κινητήρες καθώς και η πληθώρα των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου τα οποία έχουν εγκατασταθεί στο αυτοκίνητο, όπως το σύστημα ελέγχου ευστάθειας, το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και ο αυτόματος πιλότος, οδήγησαν στο να αντικατασταθεί ο παραδοσιακός τρόπος μηχανικού ελέγχου της πεταλούδας

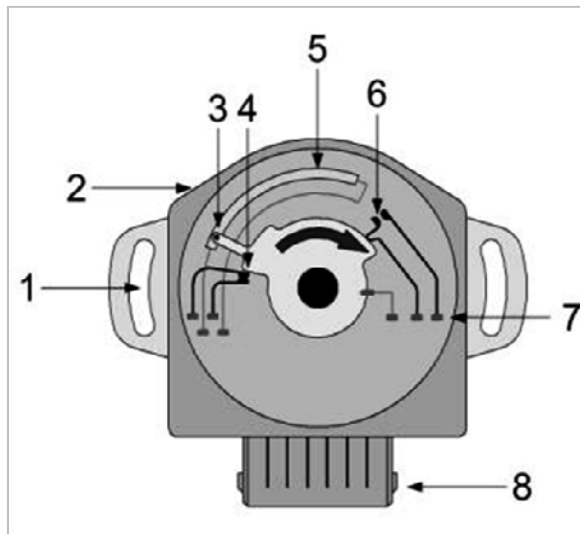
του γκαζιού από τον ηλεκτρονικό έλεγχο αυτής (τεχνολογία Drive-By-Wire). Η ηλεκτρονικά ελεγχόμενη πεταλούδα αποτελεί βασικό παράγοντα στο να λειτουργούν αυτά τα συστήματα πιο αποδοτικά και αξιόπιστα. Ο αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού τοποθετείτε στο πεντάλ του γκαζιού και μετράει τη γωνιακή μετατόπισή του. Η πίεση που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ δηλώνει την απαίτηση ισχύος που χρειάζεται από τον κινητήρα. Το σήμα εξόδου αυτού του αισθητήρα πηγαίνει στην HME του κινητήρα. Η HME του κινητήρα λαμβάνοντας επίσης τα σήματα από τους υπόλοιπους αισθητήρες και ενεργοποιητές του συστήματος διαχείρισης κινητήρα καθώς και τα σήματα από τα υπόλοιπα συστήματα αυτοματισμού του αυτοκινήτου αποφασίζει πόσο πρέπει να ανοίξει η πεταλούδα του γκαζιού ώστε να υπάρχει η σωστή ροή του εισερχόμενου αέρα. Ακολούθως, η HME του κινητήρα στέλνει σήμα στη μονάδα ελέγχου της πεταλούδας για να φέρει στην επιθυμητή θέση την πεταλούδα. Η μονάδα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού αποτελείται από τον κινητήρα ελέγχου της πεταλούδας, το κύκλωμα οδήγησης αυτού και από τον αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού για υλοποίηση ελέγχου κλειστού βρόχου. Στο σχήμα 1.28 που ακολουθεί απεικονίζεται η μορφή ενός αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού. Η μορφή και η λειτουργία αυτού του αισθητήρα είναι όμοια με τη μορφή και τη λειτουργία του αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού η οποία είναι μηχανικά ελεγχόμενη. Ως αισθητήριο χρησιμοποιείται και εδώ κατά βάση το ποτενσιόμετρο. Αρκετές φορές ο αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού έχει ενσωματωμένο έναν ή δύο διακόπτες. Αυτοί πληροφορούν την HME του κινητήρα για το πότε το πεντάλ του γκαζιού δεν είναι πατημένο ή είναι πλήρες πατημένο ή και τα δύο μαζί.



Σχήμα 1.28 Αισθητήρας θέσης του πεντάλ του γκαζιού

(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

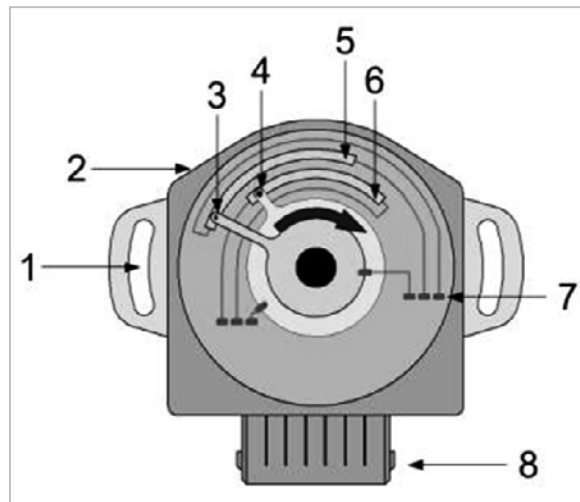
Τα σχήματα 1.29 και 1.30 που ακολουθούν απεικονίζουν τη δομή του αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού μονού ποτενσιόμετρου με δύο διακόπτες και διπλού ποτενσιόμετρου αντίστοιχα.



Σχήμα 1.29 Δομή αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού μονού ποτενσιόμετρου με δύο διακόπτες.

1. Οπή στερέωσης 2. Κέλυφος 3. Δρομέας 4. Επαφές ρελαντί 5. Ωμικό ίχνος 6. Επαφές πλήρους πατημένου πεντάλ γκαζιού 7. Εσωτερικές συνδέσεις 8. Σύνδεσμος

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

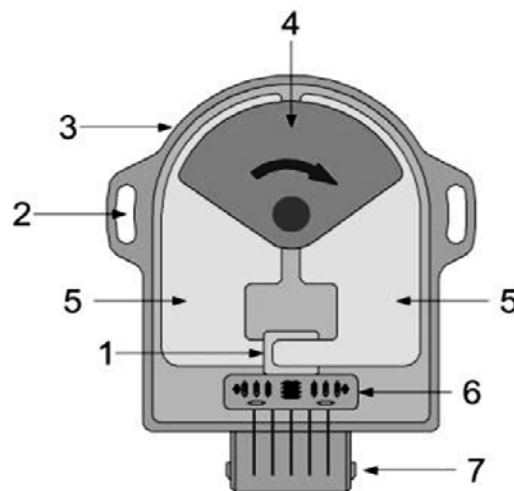


Σχήμα 1.30 Δομή αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού διπλού ποτενσιόμετρου

1. Οπή στερέωσης 2. Κέλυφος 3. Δρομέας 1 4. Δρομέας 2 5. Ωμικό ίχνος 1 6. Ωμικό ίχνος 2 7. Εσωτερικές συνδέσεις 8. Σύνδεσμος

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

Η χρήση ποτενσιόμετρου ως αισθητήριου θέσης έχει το πλεονέκτημα της απλότητας και του χαμηλού κόστους κατασκευής. Ωστόσο, ως αισθητήριο επαφής, όπως προαναφέραμε παραπάνω στη μελέτη του αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού, έχει αρκετά μειονεκτήματα. Τελευταία αρχίζει να γίνεται χρήση αισθητηρίων μη επαφής τα οποία δεν έχουν τα μειονεκτήματα του ποτενσιόμετρου. Από αυτά, ο αισθητήρας θέσης φαινομένου Hall έχει ξεχωρίσει. Αυτός ο τύπος αισθητήρα χρησιμοποιεί έναν ειδικό τύπο ημιαγωγού για να μετατρέψει ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο σε μια μεταβαλλόμενη τάση. Στο σχήμα 1.31 απεικονίζεται η δομή του αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού φαινομένου Hall. Στον αισθητήρα αυτό, καθώς περιστρέφεται ο μόνιμος μαγνητικός στροφέας (Σχήμα 1.31, (4)) πατώντας το πεντάλ του γκαζιού, αλλάζει η ένταση της μαγνητικής ροής που δημιουργείται στις αγώγιμες πλάκες (Σχήμα 1.31, (5)). Οι μαγνητικά αγώγιμες πλάκες προωθούν τη μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή σε κάθε πλευρά της διάταξης του φαινομένου Hall (Σχήμα 1.31, (1)) η οποία τη μετατρέπει σε μια μεταβαλλόμενη τάση. Ακολούθως αυτή η μεταβαλλόμενη τάση ενισχύεται και το παραγόμενο γραμμικό σήμα τάσης αποτελεί το σήμα εξόδου του αισθητήρα. Η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι ανάλογη με τη γωνία του μόνιμου μαγνητικού στροφέα. Για μεγαλύτερη ακρίβεια και για λόγους εξασφάλισης της λειτουργίας χρησιμοποιούνται δύο αισθητήρες θέσης φαινομένου Hall για την παροχή στην HME του κινητήρα δύο ανεξάρτητων σημάτων για την ανίχνευση εσφαλμένων λειτουργιών. Τέλος, αυτός ο αισθητήρας χρησιμοποιείται όπου η γωνία περιστροφής είναι μικρότερη από 180°.



Σχήμα 1.31 Δομή αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού φαινομένου Hall

1. Διάταξη φαινομένου Hall
2. Οπή στερέωσης
3. Κέλυφος
4. Μόνιμος μαγνητικός στροφέας
5. Μαγνητικά αγώγιμες πλάκες
6. Εσωτερικά ηλεκτρονικά
7. Σύνδεσμος

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

1.4.9 Αισθητήρας κτυπήματος

Όταν ένας ατμοσφαιρικός βενζινοκινητήρας λειτουργεί κανονικά το μείγμα αέρος – βενζίνης συμπιέζεται στο θάλαμο καύσης με πίεση 8 έως 20 bar και κατά τη συμπίεση η θερμοκρασία στο θάλαμο καύσης φτάνει τους 300 έως 600°C. Όταν η ανάφλεξη του συμπιεσμένου μείγματος προκαλείται από τον σπινθήρα του αναφλεκτήρα και αυτό καίγεται ομαλά, τότε λέμε ότι έχει κανονική καύση όπου στο θάλαμο καύσης αναπτύσσεται πίεση 30 έως 50 bar και θερμοκρασία που φτάνει τους 2000°C. Κατά τη λειτουργία του βενζινοκινητήρα υπάρχουν όμως δύο περιπτώσεις ακανόνιστης καύσης. Η πρώτη περίπτωση είναι η κρουστική καύση (πειράκια) ή αυτανάφλεξη. Κρουστική καύση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο εκτός από το μέτωπο φλόγας που δημιουργεί ο σπινθήρας του αναφλεκτήρα προκαλείται αυτανάφλεξη του μείγματος και σε άλλο σημείο του θαλάμου καύσης. Τα μέτωπα φλόγας συγκρούονται και ανακλώνται στα τοιχώματα του θαλάμου καύσης με αποτέλεσμα να παράγεται ένας χαρακτηριστικός μεταλλικός θόρυβος. Η κρουστική καύση προκαλείται κυρίως από καύσιμο κακής ποιότητας και έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του κινητήρα, τη μείωση της απόδοσής του και τη θερμική και μηχανική καταπόνηση των εμβόλων και του στροφάλου. Η δεύτερη περίπτωση ακανόνιστης καύσης είναι η προανάφλεξη. Η προανάφλεξη είναι η πρόωρη ανάφλεξη του μείγματος πριν δοθεί ο σπινθήρας από τον αναφλεκτήρα. Τα βασικά αίτια αυτής είναι η ύπαρξη υπολειμμάτων (καρβουνίδια) στο χώρο καύσης από προηγούμενη καύση, ο λανθασμένος χρονισμός της ανάφλεξης, ο χαμηλός αριθμός οκτανίων στη βενζίνη και οι συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα (φορτίο, θερμοκρασία κινητήρα και άλλα). Οι συνέπειες της προανάφλεξης είναι όμοιες με αυτές της κρουστικής καύσης.

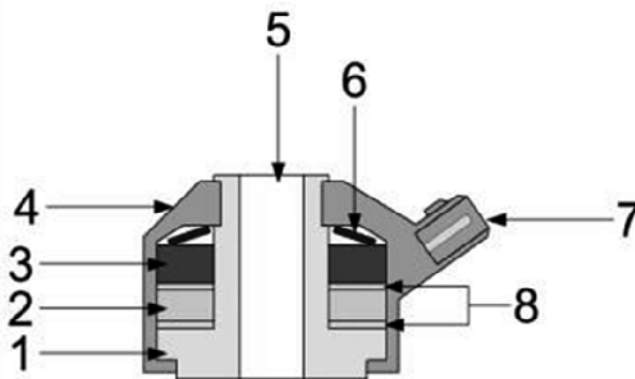
Ο αισθητήρας κτυπήματος είναι υπεύθυνος να εντοπίσει την ύπαρξη ακανόνιστης καύσης στον κινητήρα, ώστε η ΗΜΕ του κινητήρα να διορθώσει το χρονισμό της ανάφλεξης. Όταν ανιχνεύεται ακανόνιστη καύση τότε πρέπει να μειωθεί η γωνία ανάφλεξης για να πάψει να εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό. Στο σχήμα 1.32 απεικονίζεται η τυπική μορφή του αισθητήρα αυτού.



Σχήμα 1.32 Αισθητήρας κτυπήματος

(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Ο αισθητήρας κτυπήματος τοποθετείται στο μπλοκ του κινητήρα με μια βίδα που τον διαπερνά στο κέντρο η οποία πρέπει να συσφιχτεί με συγκεκριμένη ροπή που ορίζεται από τον κατασκευαστή του ώστε να λειτουργήσει σωστά. Στο σχήμα 1.33 απεικονίζεται η δομή του αισθητήρα. Βασικό στοιχείο του αισθητήρα είναι ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος (Σχήμα 1.33, (2)). Ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος έχει την ιδιότητα να παράγει μια μικρή τάση στα άκρα του όταν ασκηθεί σε αυτόν πίεση. Όταν το φαινόμενο της κρουστικής καύσης ή της προανάφλεξης είναι σε εξέλιξη, οι ταλαντώσεις που δέχεται ο αισθητήρας είναι ιδιαίτερα έντονες. Τότε ο αισθητήρας παράγει σήμα τάσης υψηλότερου πλάτους σε σχέση με αυτό που παράγει όταν δεν υπάρχει αυτό το φαινόμενο στον κινητήρα. Το σήμα εξόδου του αισθητήρα, το οποίο έχει συχνότητα γύρω στα 5 ΚHz, στέλνεται στην ΗΜΕ του κινητήρα. Η ΗΜΕ του κινητήρα αφού το επεξεργαστεί και εντοπίσει ακανόνιστη καύση τότε μειώνει σταδιακά την προπορεία της ανάφλεξης έως ότου να σταματήσει να υφίσταται. Όταν παύσει να εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό, η ΗΜΕ του κινητήρα επαναφέρει σταδιακά την προπορεία της ανάφλεξης έως το όριο πριν να επανεμφανιστεί.



Σχήμα 1.33 Δομή αισθητήρα κτυπήματος

1. Μεταλλικό σώμα
2. Πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος
3. Σεισμική μάζα
4. Κέλυφος
5. Οπή στερέωσης
6. Ελατηριωτή ροδέλα
7. Σύνδεσμος
8. Επαφές πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου

(Πηγή: Vivid Workshop Data ATI, Vivid Automotive Data & Media B.V.)

1.4.10 Αισθητήρας οξυγόνου (ή Αισθητήρας λάμδα)

Για να έχει τέλεια καύση το μείγμα αέρος – βενζίνης σε έναν βενζινοκινητήρα θα πρέπει να βρίσκεται σε στοιχειομετρική αναλογία και να υπάρχει σωστός χρονισμός της ανάφλεξης. Όπως γνωρίσαμε στην προηγούμενη ενότητα, ως ανάδραση του συστήματος χρονισμού της ανάφλεξης χρησιμοποιείται το σήμα του αισθητήρα κτυπήματος. Το σύστημα παρασκευής καυσίμου χρησιμοποιεί ως ανάδραση το σήμα του αισθητήρα οξυγόνου για

ελέγξει εάν το μείγμα αέρος – βενζίνης είναι σε στοιχειομετρική αναλογία. Η τυπική μορφή του αισθητήρα αυτού απεικονίζεται στο σχήμα 1.34.



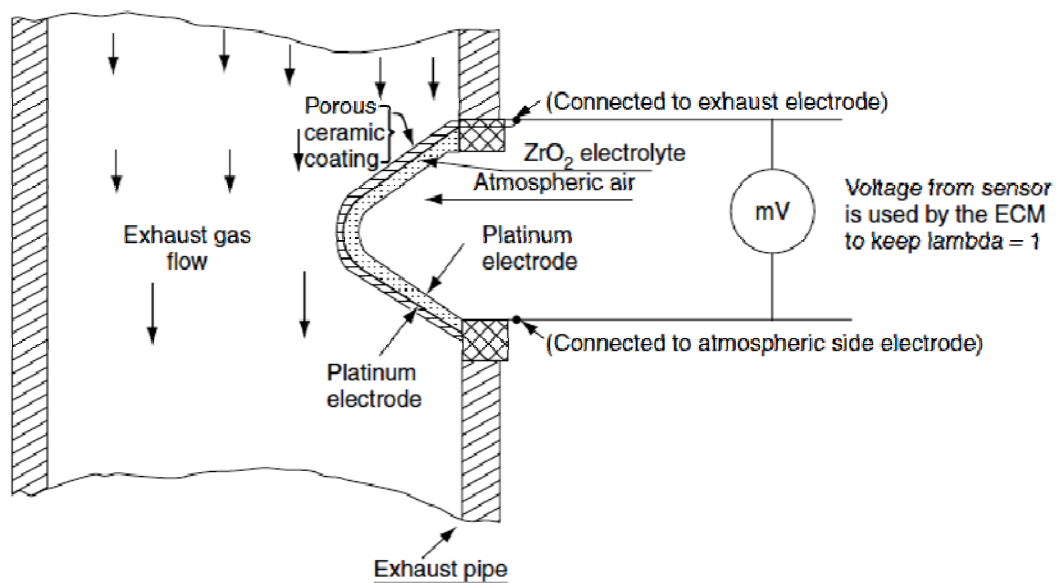
Σχήμα 1.34 Αισθητήρας οξυγόνου

(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Ο αισθητήρας οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου είναι αυτός που χρησιμοποιείται περισσότερο, ενώ λιγότερο επιλέγεται ο αισθητήρας οξυγόνου διοξειδίου του τιτανίου. Ο ρόλος του αισθητήρα οξυγόνου είναι να μετρά συνεχώς την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο, ώστε η ΗΜΕ του κινητήρα μέσω των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων ψεκασμού καυσίμου να διορθώνει συνεχώς την αναλογία του μείγματος για να επιτυγχάνεται η στοιχειομετρική αναλογία.

Στο σχήμα 1.35 απεικονίζεται σχηματικά η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου. Ο αισθητήρας αυτός αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια πλατίνας (Platinum electrode, Σχήμα 1.35) στα οποία ενδιάμεσα υπάρχει ένα στρώμα διοξειδίου του ζirkονίου που λειτουργεί ως στερεός ηλεκτρολύτης (ZrO_2 electrolyte, Σχήμα 1.35). Το εξωτερικό ηλεκτρόδιο, το οποίο έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια μέσω ανοιγμάτων του μεταλλικού καλύμματος, προστατεύεται με ένα στρώμα πορώδους κεραμικού (Porous ceramic coating, Σχήμα 1.35). Το εσωτερικό ηλεκτρόδιο του αισθητήρα έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Όταν η πλατίνα θερμανθεί σε θερμοκρασία πάνω από $250^{\circ}C$, δρα σαν καταλύτης και μετατρέπει το οξυγόνο σε ιόντα οξυγόνου. Έτσι δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων με αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσης στα ηλεκτρόδια. Αν το μείγμα αέρος – βενζίνης είναι φτωχό, τα εξερχόμενα καυσαέρια περιέχουν ένα μεγάλο ποσοστό οξυγόνου, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια μικρή τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων της τάξης των $+100\text{ mV}$. Αντίθετα, όταν το μείγμα αέρος – βενζίνης είναι πλούσιο, τα εξερχόμενα καυσαέρια έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο, με συνέπεια η τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων να είναι αρκετά μεγάλη της τάξης των

+900 mV. Όταν το μείγμα αέρος – βενζίνης βρίσκεται σε στοιχειομετρική αναλογία τότε η τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι +450 mV.



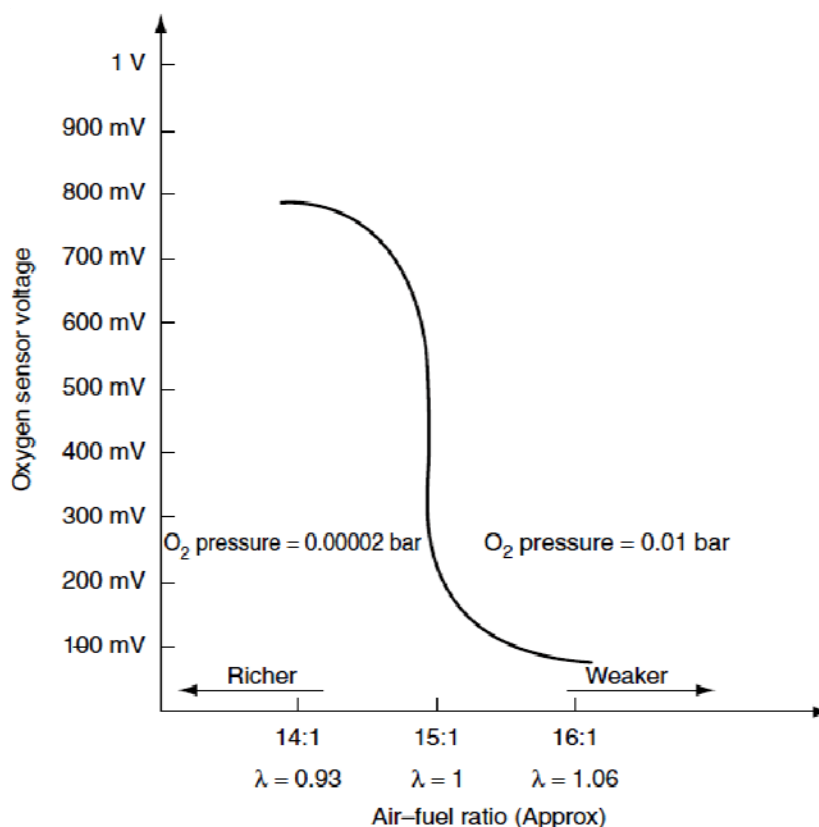
Σχήμα 1.35 Αρχή λειτουργίας αισθητήρα οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου

(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.133, Butterworth-Heinemann)

Συνοψίζοντας, ο αισθητήρας οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου είναι ένας ηλεκτροχημικός και μη ενεργός αισθητήρας επαφής του οποίου το σήμα τάσης εξόδου του εξαρτάται από τη συγκέντρωση του οξυγόνου στα καυσαέρια. Η ΗΜΕ του κινητήρα λαμβάνοντας το σήμα εξόδου του αισθητήρα πληροφορείται ποιοτικά για το εάν το μείγμα αέρος – βενζίνης είναι φτωχό ή πλούσιο. Για τιμές τάσης εξόδου του αισθητήρα κάτω από 450 mV αναγνωρίζει φτωχό μείγμα, ενώ για τιμές πάνω από 450 mV αναγνωρίζει πλούσιο μείγμα. Αυτό φαίνεται και από τη χαρακτηριστική καμπύλη τάσης εξόδου του αισθητήρα ως προς το λόγο αέρα – βενζίνης η οποία απεικονίζεται στο σχήμα 1.36. Βλέποντας το σχήμα 1.36 παρατηρούμε ότι για μικρή μεταβολή του λόγου λάμδα (λ) υπάρχει μια μεγάλη μεταβολή της τάσης εξόδου του αισθητήρα. Λόγο αυτής της ιδιότητας, ο αισθητήρας αυτός λέγεται και αισθητήρας οξυγόνου δύο σημείων.

Ο αισθητήρας οξυγόνου διοξειδίου του τιτανίου έχει την ιδιότητα να αλλάζει την αντίστασή του, σύμφωνα με τη συγκέντρωση οξυγόνου στα εξερχόμενα καυσαέρια. Ως αισθητήριο σε αυτό τον αισθητήρα χρησιμοποιείται το διοξείδιο του τιτανίου, το οποίο είναι ένας ημιαγωγός που η τιμή της αντίστασή του επηρεάζεται από την συγκέντρωση του οξυγόνου των καυσαερίων. Για τη λειτουργία αυτού του αισθητήρα δεν απαιτείται αέρας αναφοράς. Η ΗΜΕ του κινητήρα τροφοδοτεί τον αισθητήρα με σταθερή τάση +5 V και μετά μετρά την τάση εξόδου του. Η τιμή της τάσης εξόδου του αισθητήρα μεταφράζεται από την

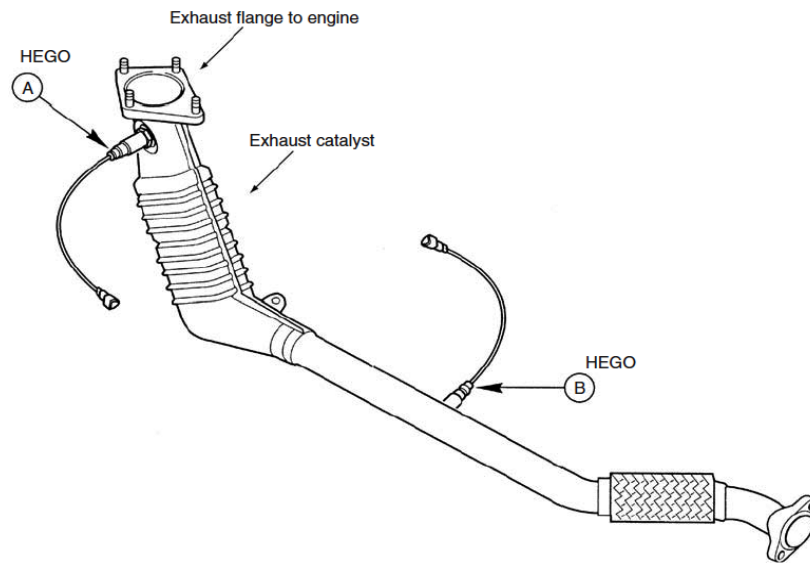
ΗΜΕ του κινητήρα σε ποσοστό συγκέντρωσης οξυγόνου στα εξερχόμενα καυσαέρια. Για φτωχό μείγμα αέρος – βενζίνης η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι της τάξης των +4.5 V, ενώ για πλούσιο μείγμα είναι της τάξης των +0.5 V. Η θερμοκρασία λειτουργίας του αισθητήρα αυτού είναι 700°C. Πλεονέκτημα αυτού του αισθητήρα είναι η συμπαγής σχεδίαση και ο μικρός χρόνος απόκρισής του. Ωστόσο λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής του δεν χρησιμοποιείται πλέον στα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης του κινητήρα.



Σχήμα 1.36 Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής της τάσης εξόδου του αισθητήρα οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου ως προς το λόγο αέρα – βενζίνης (Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.135, Butterworth-Heinemann)

Όσο οι αισθητήρες αυτοί δεν έχουν φτάσει τη θερμοκρασία λειτουργίας τους παραμένουν αδρανείς και το σύστημα παρασκευής καυσίμου παραμένει ανοιχτό. Για να βελτιωθεί ο χρόνος απόκρισης των αισθητήρων ενσωματώνονται σε αυτούς θερμαντικές αντιστάσεις ώστε μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα το σύστημα παρασκευής καυσίμου να γίνει κλειστό. Η θερμαντικές αντιστάσεις τροφοδοτούνται με τάση από τη μπαταρία μέσω ηλεκτρονόμου και ασφάλειας. Επιπλέον, οι αισθητήρες οξυγόνου τοποθετούνται κοντά στη πολλαπλή εξαγωγή, όπως και ο καταλύτης (Σχήμα 1.37), με στόχο τη γρήγορη προθέρμανσή τους. Σε ορισμένα συστήματα διαχείρισης κινητήρα μετά τη κρύα εκκίνηση του κινητήρα

λειτουργεί αυτός με πολύ φτωχό μείγμα. Αυτό, επίσης βοηθάει στο να επιταχυνθεί η προθέρμανση του αισθητήρα οξυγόνου και του καταλύτη.

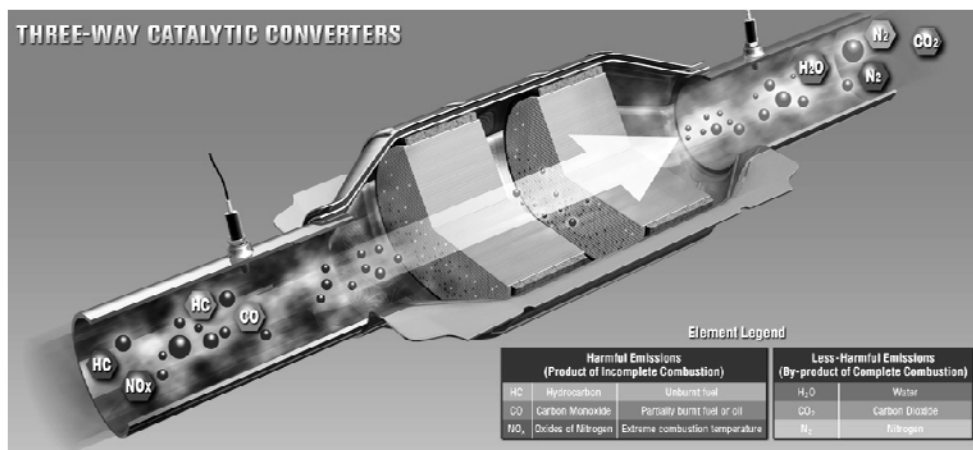


Σχήμα 1.37 Θέση αισθητήρων οξυγόνου στην εξάτμιση του αυτοκινήτου
(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.138, Butterworth-Heinemann)

Ο αισθητήρας οξυγόνου του οποίου το σήμα εξόδου του αποτελεί πληροφορία για το εάν το μείγμα αέρος – βενζίνης είναι φτωχό ή πλούσιο τοποθετείται πριν τον καταλύτη και λέγεται αισθητήρας ρύθμισης. Με την όλο και πιο αυστηρή νομοθεσία περί εκπομπών ρύπων, όπου η θεσμοθέτησή τους ξεκινά κυρίως από τις ΗΠΑ και την Ευρωπαϊκή Ένωση, απαιτείται από το σύστημα διαχείρισης κινητήρα να ελέγχει εάν ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργεί σωστά και σε περίπτωση δυσλειτουργίας του, να εμφανιστεί μια προειδοποιητική λυχνία και ένας κωδικός βλάβης να έχει καταγραφεί. Ο έλεγχος για τη σωστή λειτουργία του καταλύτη επιτυγχάνεται μέσω ενός δεύτερου αισθητήρα οξυγόνου ο οποίος τοποθετείται μετά τον καταλύτη (Σχήμα 1.37, (B)). Αυτός ο δεύτερος αισθητήρας οξυγόνου λέγεται αισθητήρας διάγνωσης. Το σήμα εξόδου του δεύτερου αισθητήρα οξυγόνου, όταν το σύστημα διαχείρισης κινητήρα και ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργούν σωστά, θα πρέπει να έχει μια σταθερή τιμή ανεξάρτητα από το φορτίο του κινητήρα.

Από τη καύση του μείγματος αέρα – βενζίνης προκύπτουν παράλληλα με τα αβλαβή παράγωγα όπως οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το άζωτο (N_2) και επιβλαβή αέρια όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (C_xH_y) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x). Για τη μετατροπή αυτών των τριών βασικών ρύπων σε αβλαβή χρησιμοποιείται σήμερα ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας (Σχήμα 1.38). Ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας πήρε το όνομα του από τους τρεις κύριους ρύπους (CO ,

C_xH_y , NO_x) τους οποίους μετατρέπει σε διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς και άζωτο μέσω αντιδράσεων οξείδωσης του μονοξειδίου του άνθρακα και των άκαυστων υδρογονανθράκων, και αναγωγής των οξειδίων του αζώτου. Ο καταλυτικός μετατροπέας ενεργοποιείται όταν η θερμοκρασία του ξεπεράσει τους $250^{\circ}C$, ενώ η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι $400^{\circ}C$ με $800^{\circ}C$. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με λόγου λάμδα (λ) εύρους ± 0.03 από αυτό της στοιχειομετρικής αναλογίας τότε ο καταλυτικός μετατροπέας έχει την μέγιστη απόδοση, η οποία ξεπερνά το 95%. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μείγμα εκτός αυτού του εύρους τότε η απόδοση το καταλυτικού μετατροπέα πέφτει γρήγορα.

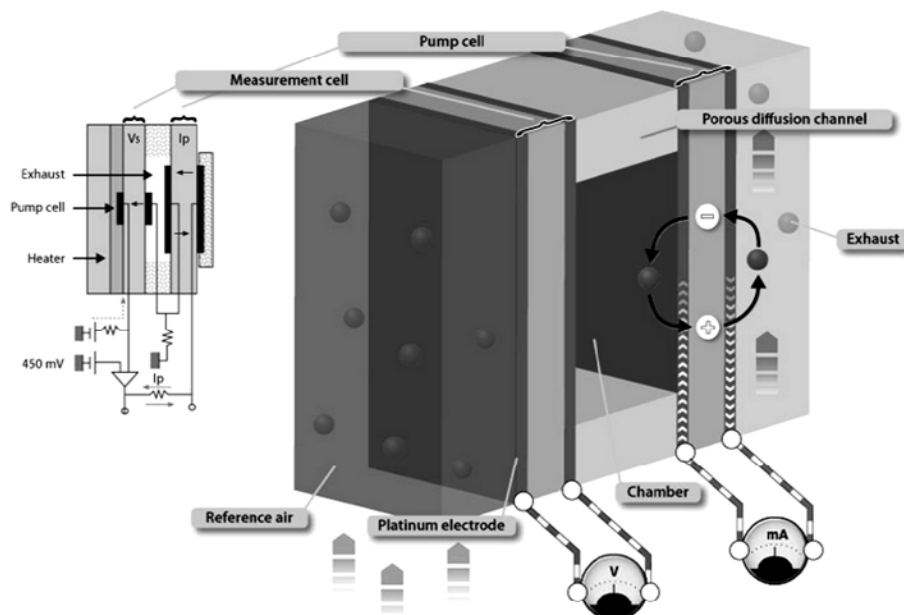


Σχήμα 1.38 Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας

(Πηγή: <http://www.walkerexhaust.com/support/understanding-catalytic-converter/evolution-of-the-catalytic-converter>)

Λόγο της αυξανόμενης ανάγκης για μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των ορίων της εκπομπής ρύπων, οι σύγχρονοι κινητήρες θα πρέπει να λειτουργούν κάτω από αυστηρά ελεγχόμενο περιβάλλον. Σε αρκετές περιπτώσεις για να επιτευχθεί η μείωση αυτή ο κινητήρας καλείται να λειτουργήσει ελεγχόμενα με φτωχό ή πλούσιο μείγμα. Οι δύο τύποι αισθητήρων οξυγόνου που γνωρίσαμε παραπάνω πληροφορούν την HME του κινητήρα για το πότε το μείγμα αέρος –βενζίνης είναι φτωχό ή πλούσιο αλλά δεν την πληροφορούν για το πόσο φτωχό ή πλούσιο είναι το μείγμα. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν οι αισθητήρες οξυγόνου ευρέως φάσματος. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να μετρήσουν με ακρίβεια και να παράγουν ένα σήμα εκπομπής που είναι ανάλογο με ένα πολύ ευρύ φάσμα αναλογιών αέρα – καυσίμου. Οι αισθητήρες ευρέως φάσματος αποτελούνται από ένα κύτταρο μέτρησης (Measurement cell, Σχήμα 1.39), ένα κύτταρο άντλησης (Pump cell, Σχήμα 1.39) και το θερμαντικό στοιχείο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.39 η μια πλευρά του κυττάρου μέτρησης έρχεται σε επαφή με τον αέρα αναφοράς (Reference air, Σχήμα 1.39) ενώ η άλλη με το οξυγόνο που υπάρχει στο θάλαμο ανίχνευσης (Chamber, Σχήμα 1.39). Όσον αφορά το

κύτταρο άντλησης, η μια πλευρά του έρχεται σε επαφή με τα εξερχόμενα καυσαέρια (Exhaust, Σχήμα 1.39), ενώ η άλλη με το οξυγόνο του θαλάμου ανίχνευσης. Ο θάλαμος ανίχνευσης σχηματίζεται μεταξύ του κυττάρου μέτρησης και του κυττάρου άντλησης. Το κύτταρο μέτρησης, το οποίο λειτουργεί όπως ο αισθητήρας οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου, μετρά τη συγκέντρωση του οξυγόνου των καυσαερίων που βρίσκεται στο θάλαμο ανίχνευσης και παράγει ένα σήμα τάσης (V_s). Η ΗΜΕ του κινητήρα λαμβάνοντας το σήμα αυτό το συγκρίνει με την ιδανική τιμή των 450 mV που αντιπροσωπεύει την στοιχειομετρική αναλογία. Όταν αναγνωρίσει διαφορά αλλάζει τη φορά του ρεύματος (I_p) στο κύτταρο άντλησης ώστε ιόντα οξυγόνου να αντλούνται από ή προς το θάλαμο ανίχνευσης μέχρι η τιμή τάσης από το κύτταρο μέτρησης να αντιστοιχεί ξανά στη τιμή των 450 mV. Η μέτρηση του τρέχων ρεύματος άντλησης από την ΗΜΕ του κινητήρα της επιτρέπει να υπολογίσει ακριβώς την τιμή του λόγου λάμδα του μείγματος. Όταν το μείγμα αέρος – βενζίνης είναι σε στοιχειομετρική αναλογία τότε το ρεύμα άντλησης είναι μηδέν. Βασική παράμετρος για τη σωστή λειτουργία του αισθητήρα είναι η θερμοκρασία λειτουργίας. Αυτό οδήγησε στον ακριβή έλεγχο του θερμοκρασίου στοιχείου του αισθητήρα από την ΗΜΕ του κινητήρα μέσω διαμόρφωσης εύρους παλμών (Pulse – Width Modulation (PWM)). Τέλος, ο αισθητήρας οξυγόνου ευρέως φάσματος χρησιμοποιείται σήμερα ως αισθητήρας ρύθμισης, κερδίζοντας όλο και περισσότερο έδαφος έναντι του αισθητήρα οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου στα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης κινητήρα.



Σχήμα 1.39 Αρχή λειτουργίας αισθητήρα οξυγόνου ευρέως φάσματος

(Πηγή: <http://www.ngk.de/en/products-technologies/lambda-sensors/lambda-sensor-technologies/broadband-lambda-sensor/>)

1.5 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ

Η ΗΜΕ του κινητήρα έχοντας πληροφορηθεί από τους αισθητήρες για τις διάφορες μεταβλητές του κινητήρα και ελέγχοντας εάν υπάρχουν σήματα από τα υπόλοιπα συστήματα αυτομάτου ελέγχου του αυτοκινήτου, επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά και αφού αποφασίσει στέλνει σήματα προς τους ενεργοποιητές του συστήματος διαχείρισης κινητήρα. Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τη λειτουργία των βασικών ενεργοποιητών που υπάρχουν στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα που εξετάζουμε.

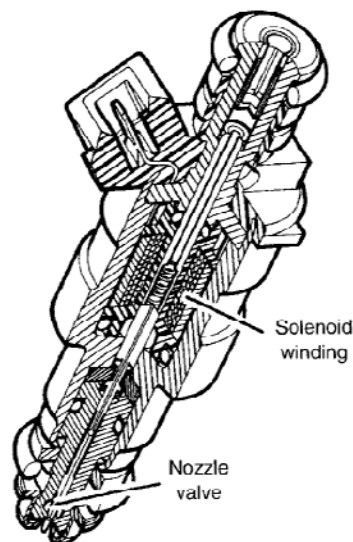
1.5.1 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ψεκασμού καυσίμου

Το σύστημα διαχείρισης κινητήρα, του οποίου μελετάμε τη δομή, έχει ηλεκτρονικά ελεγχόμενο έμμεσο ψεκασμό καυσίμου πολλαπλών σημείων. Αυτό σημαίνει ότι διαθέτει τόσες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού καυσίμου όσοι είναι και οι κύλινδροι του κινητήρα. Στο σχήμα 1.40 απεικονίζεται η τυπική μορφή μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ψεκασμού καυσίμου του συγκεκριμένου συστήματος διαχείρισης κινητήρα. Αυτού του είδους οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες τοποθετούνται είτε στη πολλαπλή εισαγωγή, είτε στη κυλινδροκεφαλή πριν τη βαλβίδα εισαγωγής. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού καυσίμου τροφοδοτούνται μέσω ενός διακλαδωτήρα με σταθερή πίεση βενζίνης (συνήθως 3.5 bar). Η ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ρυθμίζεται από το χρονικό διάστημα το οποίο η ΗΜΕ του κινητήρα τις ενεργοποιεί. Αυτό το χρονικό διάστημα κυμαίνεται περίπου από 1.5 ms για μικρό φορτίο κινητήρα έως 10 ms για πλήρες φορτίο κινητήρα.



Σχήμα 1.40 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ψεκασμού καυσίμου
(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Στο σχήμα 1.41 απεικονίζεται η δομή της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ψεκασμού καυσίμου. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας με αυτή της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ψεκασμού καυσίμου. Το σωληνοειδές (Solenoid winding, Σχήμα 1.41) είναι η κινητήριος δύναμη της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Αυτό είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης ο οποίος λειτουργεί ως ευθύγραμμος μαγνήτης όσο χρονικό διάστημα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί την αρχή λειτουργίας της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Ο έλεγχος της ροής ενός υγρού (στη περίπτωση μας είναι η βενζίνη) ή αερίου επιτυγχάνεται με τη τοποθέτηση στο εσωτερικό του σωληνοειδούς ενός κυλίνδρου από σιδηρομαγνητικό υλικό, το οποίο αποτελεί τον οπλισμό. Ο οπλισμός όταν μαγνητιστεί κατάλληλα από το μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς έλκεται ή απωθείται (στη περίπτωση της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ψεκασμού καυσίμου αυτός έλκεται). Όταν όμως σταματήσει η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος στο σωληνοειδές, ένα ελατήριο επαναφέρει τον κινούμενο οπλισμό στην αρχική του θέση. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες στα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο, όπως αυτή που εξετάζουμε του ψεκασμού καυσίμου, τροφοδοτούνται είτε με +12 V από την μπαταρία μέσω ηλεκτρονόμου και ασφάλειας, είτε με +5 V από την HME του συστήματος αυτοματισμού που ανήκει. Ο έλεγχος της λειτουργίας τους γίνεται από την HME του συστήματος αυτοματισμού είτε με τη χρήση τρανζίστορ, τα οποία κλείνουν το κύκλωμα ως προς γη, είτε με τη χρήση σήματος ελέγχου το οποίο υλοποιείται με τη μέθοδο διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM – Pulse Width Modulation).



Σχήμα 1.41 Δομή ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ψεκασμού καυσίμου
(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.148,
Butterworth-Heinemann)

1.5.2 Κινητήρας ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού

Η πεταλούδα του γκαζιού, όπως προαναφέραμε παραπάνω, έχει ως λειτουργία να ρυθμίζει την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα στον κινητήρα. Σήμερα, το πλήθος συστημάτων αυτομάτου ελέγχου που υπάρχουν στο αυτοκίνητο οδήγησαν στη χρήση ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας του γκαζιού (ETC – Electronic Throttle Control) η οποία είναι αποτέλεσμα της τεχνολογίας Drive-By-Wire. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.42) απεικονίζεται το σώμα μιας ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας του γκαζιού.

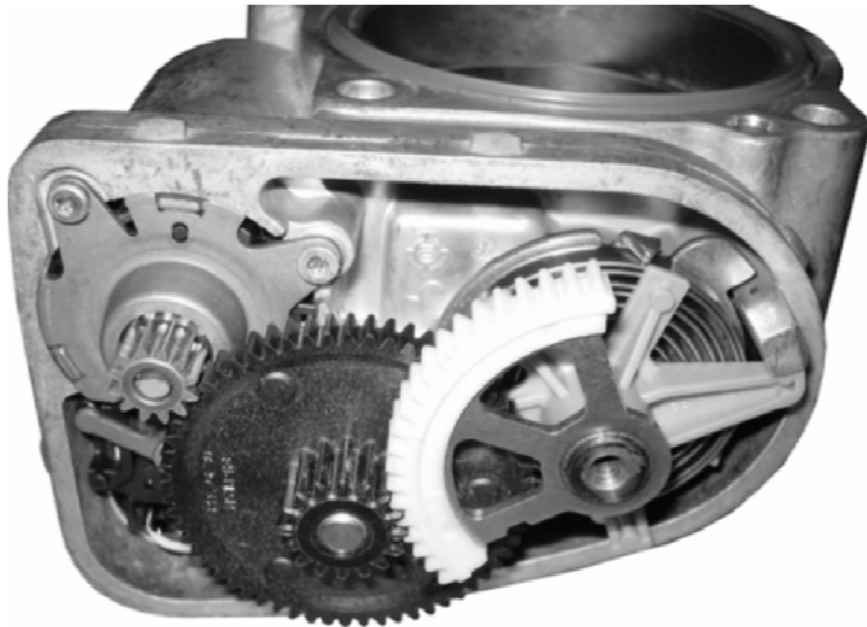


Σχήμα 1.42 Σώμα ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας του γκαζιού

(Πηγή: http://www.bosch-automotivetechology.com/en/com/component_com/PT_PC_PFI_Air-Management_PT_PC_Port-Fuel-Injection_1487.html?compId=911)

Ένα τυπικό σύστημα ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας αποτελείται από τον αισθητήρα θέσης της πεντάλ του γκαζιού, τον κινητήρα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού, τον αισθητήρα θέσης της πεταλούδας και την HME ελέγχου της πεταλούδας η οποία είτε είναι ενσωματωμένη στο σώμα της ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας, είτε αποτελεί μέρος της HME του κινητήρα. Για την κίνηση της πεταλούδας χρησιμοποιείται ένας DC σερβοκινητήρας. Ο σερβοκινητήρας είναι ένας κλειστού βρόγχου σερβομηχανισμός ο οποίος έχει ενσωματωμένο ένα σύστημα ανάδρασης θέσης ώστε να γίνεται έλεγχος της ταχύτητας και της θέσης του. Η επιλογή αυτού του είδους κινητήρα έγινε επειδή έχουν γρήγορη απόκριση και συνάμα ακριβή έλεγχο της ταχύτητας και της θέσης περιστροφής τους. Η χρήση βηματικού κινητήρα στη θέση του σερβοκινητήρα δεν επιλέγεται διότι ο βηματικός κινητήρας έχει αργή απόκριση. Στο σχήμα 1.43 παρουσιάζεται οπτικά ο σερβομηχανισμός

ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού. Βλέποντας το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι ο σερβομηχανισμός αποτελείται από μια διάταξη γραναζιών τα οποία πολλαπλασιάζουν τη ροπή του dc κινητήρα με αποτέλεσμα την απαίτηση μικρότερης ισχύος κινητήρα. Επίσης παρατηρούμε ότι υπάρχει και ένα ελατήριο του οποίου ο ρόλος είναι να διατηρεί σε μια προεπιλεγμένη θέση (16 – 20% ανοιχτή) την πεταλούδα του γκαζιού όταν αυτή δεν ελέγχεται από τον σερβοκινητήρα. Η θέση αυτή (λέγεται fail safe position) αντιστοιχεί σε 1200 με 1500 στροφές του κινητήρα. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί τότε ο σερβοκινητήρας δέχεται εντολή να κλείσει μερικούς την πεταλούδα του γκαζιού ώστε ο κινητήρας να φτάσει τις επιθυμητές στροφές του ρελαντί. Τέλος, η οδήγηση του σερβοκινητήρα γίνεται με διαμορφωμένο σήμα εύρους παλμών (PWM) προερχόμενο από την HME της πεταλούδας.



Σχήμα 1.43 Σερβομηχανισμός ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού
(Πηγή:http://wps.prenhall.com/chet_halderman_diagnosis_6/180/46218/11832030.cw/index.html)

1.5.3 Βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί

Όταν ένα σύστημα διαχείρισης κινητήρα έχει ηλεκτρονικά ελεγχόμενη πεταλούδα του γκαζιού η ρύθμιση των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί επιτυγχάνεται από τον έλεγχο του ανοίγματος της πεταλούδας. Στην περίπτωση που η πεταλούδα του γκαζιού είναι μηχανικά ελεγχόμενη, τότε στο σώμα της πεταλούδας υπάρχει μια παράκαμψη αέρα μέσω της οποίας παρέχεται η απαιτούμενη ποσότητα αέρα ώστε ο κινητήρας να μπορεί να λειτουργήσει στο ρελαντί. Η βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί (IAC - Idle Air Control)

τοποθετείται στο σώμα της πεταλούδας και είναι υπεύθυνη να ελέγχει τη ροή του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα μέσω της παράκαμψης. Το σχήμα 1.44 απεικονίζει την τυπική μορφή της βαλβίδας αυτής.

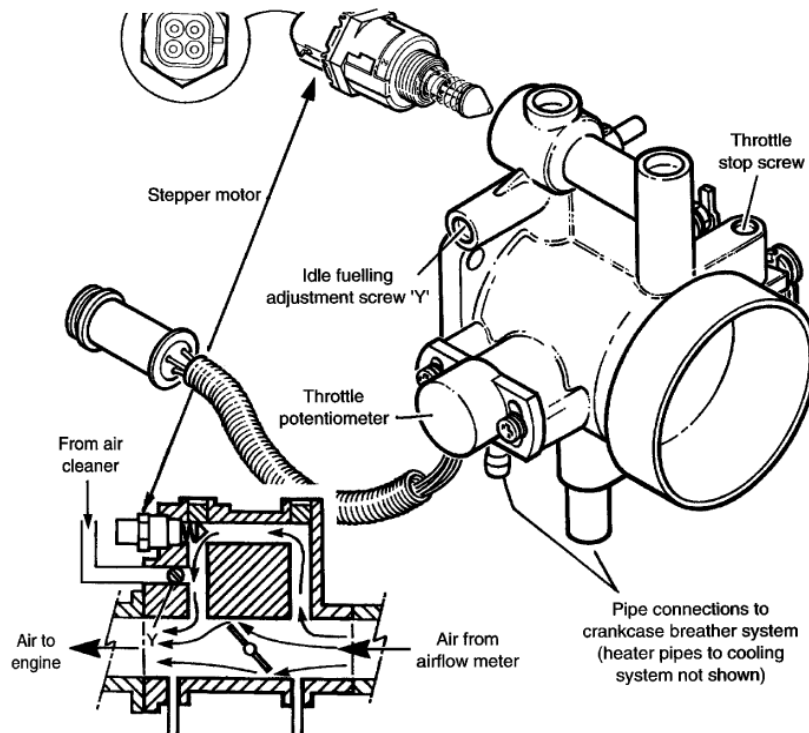


Σχήμα 1.44 Βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί
(Πηγή: TecDoc KATALOG, TecDoc Informations System GmbH)

Ο τύπος της βαλβίδας ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί που έχει επικρατήσει σήμερα είναι αυτός που χρησιμοποιεί ένα βηματικό κινητήρα για τη λειτουργία της. Η επιλογή του βηματικού κινητήρα έχει γίνει επειδή είναι εύκολο για την HME του κινητήρα να γνωρίζει κάθε στιγμή τη σχετική θέση της βαλβίδας αυτής καταμετρώντας τον αριθμό των σημάτων που έχει στείλει για να εκτελέσει τα βήματα. Συνεπώς δεν απαιτείται η ύπαρξη ενός σήματος ανάδρασης από την βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί το οποίο να περιέχει αυτή την πληροφορία.

Ο βηματικός κινητήρας κινεί εμπρός και πίσω τον οπλισμό στην άκρη του οποίου υπάρχει μια κωνική βαλβίδα (Σχήμα 1.45). Όταν η κωνική βαλβίδα κινείται προς τα πίσω τότε περισσότερος αέρας εισέρχεται στον κινητήρα με αποτέλεσμα οι στροφές του ρελαντί να αυξάνονται. Αντίθετα, όταν η κωνική βαλβίδα κινείται προς τα εμπρός τότε οι στροφές του κινητήρα μειώνονται. Η HME του κινητήρα ενεργοποιεί την βαλβίδα έλεγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί ώστε ο κινητήρας να διατηρεί ορισμένες καθορισμένες τιμές στροφών του ρελαντί ανεξάρτητα από το φορτίο του κινητήρα (όπως η χρήση ή όχι Air Condition). Όταν ο κινητήρας σβήσει τότε η βαλβίδα παίρνει την κατάλληλη θέση ώστε να είναι έτοιμη για την επόμενη εκκίνηση του κινητήρα. Κατά την κρύα εκκίνηση του κινητήρα η βαλβίδα αυτή παίρνει κατάλληλη θέση ώστε ο κινητήρας να αυξήσει στροφές και να προθερμανθεί γρήγορα. Καθώς ο κινητήρας ζεσταίνεται, η HME του κινητήρα στέλνει σήμα στη βαλβίδα έλεγχου των στροφών στο ρελαντί ώστε να μειωθούν οι στροφές του. Τέλος,

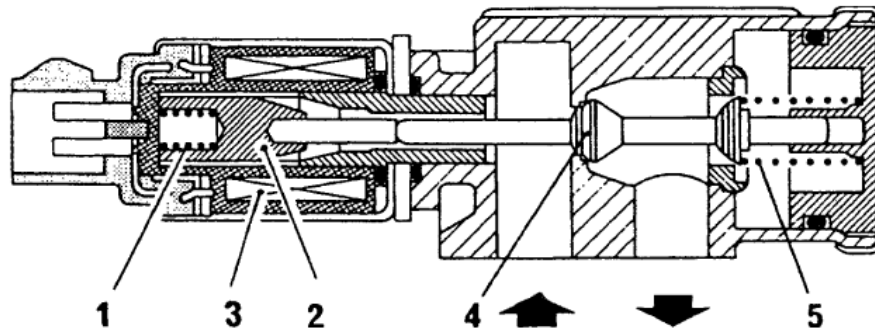
κατά την επανεκκίνηση του κινητήρα όταν αυτός είναι ζεστός οι στροφές του θα πρέπει στιγμιαία να αυξηθούν και ακολούθως να μειωθούν στις κανονικές στροφές ρελαντί.



Σχήμα 1.45 Διάταξη εξαρτημάτων στο σώμα της μηχανικά ελεγχόμενης πεταλούδας

(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.157, Butterworth-Heinemann)

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί είναι ο ένας άλλος τύπος της βαλβίδας που εξετάζουμε. Αυτού του τύπου η βαλβίδα χρησιμοποιούνταν συνήθως σε παλαιότερα συστήματα διαχείρισης κινητήρα. Η βαλβίδα αυτή τοποθετείται μακριά από το σώμα της πεταλούδας και είναι συνδεδεμένη με δύο ελαστικούς σωλήνες, έναν με την εισαγωγή του αέρα πριν την πεταλούδα του γκαζιού και έναν μετά. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 1.46 αυτή η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αποτελείται από ένα σωληνοειδές (Σχήμα 1.46, (3)) το οποίο όταν ενεργοποιηθεί κινεί τον οπλισμό (Σχήμα 1.46, (2)) στον οποίο υπάρχει μια κωνική βαλβίδα (Σχήμα 1.46, (4)) με αποτέλεσμα την είσοδο αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή μέσω αυτής της παράκαμψης. Όταν αυτή η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι ανενεργή τότε η κωνική βαλβίδα κλείνει την παράκαμψη με την βοήθεια ενός ελατηρίου (Σχήμα 1.46, (5)). Η ποσότητα του αέρα που χρειάζεται ο κινητήρας για να λειτουργήσει σωστά για τις διάφορες καταστάσεις φορτίου ελέγχεται από το duty cycle των παλμών που στέλνει η ΗΜΕ του κινητήρα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί.



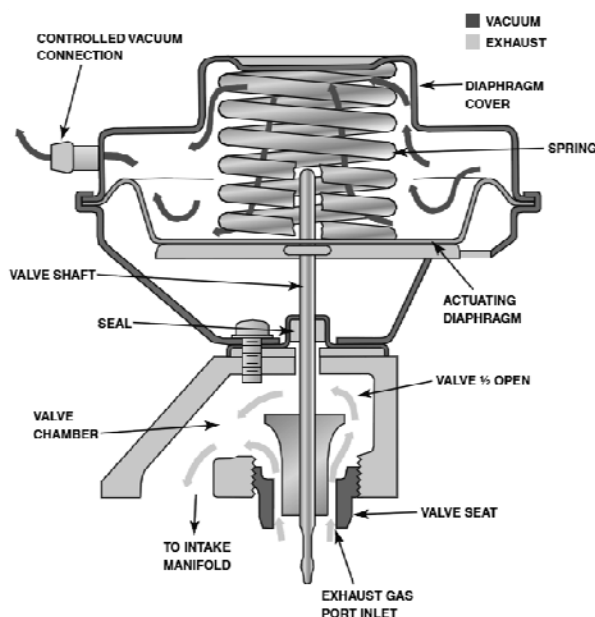
Σχήμα 1.46 Δομή ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ελέγχου των στροφών του κινητήρα στο ρελαντί

(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ.159, Butterworth-Heinemann)

1.5.4 Βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων

Ο όρος επανακυκλοφορία των καυσαερίων (EGR – Exhaust Gas Recirculation) σημαίνει τη διοχέτευση μιας μικρής ποσότητας καυσαερίων από την πολλαπλή εξαγωγή στη πολλαπλή εισαγωγή. Όταν η θερμοκρασία στο θάλαμο καύσης ξεπεράσει περίπου τους 1800°C, τότε λόγω της πολύ υψηλής θερμοκρασίας τα παραγόμενα από την καύση του μείγματος καυσαέρια περιέχουν μεγάλη ποσότητα οξειδίων του αζώτου (NOx). Το επίπεδο της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου αλλάζει ανάλογα με τις στροφές, τη θερμοκρασία και το φορτίο του κινητήρα. Με την επανακυκλοφορία των καυσαερίων επιτυγχάνεται η διατήρηση της θερμοκρασίας στο θάλαμο καύσης κάτω από τους 1800°C ώστε να σταματήσει η παραγωγή των οξειδίων του αζώτου. Η διαδικασία της επανακυκλοφορίας των καυσαερίων ελέγχεται από την βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων (λέγεται και βαλβίδα EGR). Η βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων μένει αδρανής φράζοντας τη δίοδο των καυσαερίων προς την πολλαπλή εισαγωγή όταν ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί ή είναι κρύος ή επιταχύνει. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα η βαλβίδα αυτή ενεργοποιείται από την ΗΜΕ του κινητήρα επιτρέποντας μια μικρή ποσότητα των εξερχόμενων καυσαερίων (6 – 10%) να διοχετευθεί στην πολλαπλή εισαγωγή. Εκεί, τα καυσαέρια αναμειγνύονται με τον αέρα με συνέπεια να εισέρχεται μικρότερη ποσότητα αέρα στο θάλαμο καύσης. Τα καυσαέρια ως αδρανή δεν παίρνουν μέρος στην καύση του μείγματος αέρα – βενζίνης. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η χαμηλότερη μέγιστη θερμοκρασία καύσης η οποία βοηθάει με τη σειρά της στη μείωση της θερμοκρασίας του θαλάμου καύσης. Έτσι τα οξείδια του αζώτου δεν παράγονται πλέον.

Παλαιότερα η βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων ήταν πνευματική και ενεργοποιούνταν από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα η οποία επέτρεπε να ασκηθεί υποπίεση (προερχόμενη από την πολλαπλή εισαγωγή μέσω ελαστικού σωλήνα) στο διάφραγμά της (ACTUATING DIAPHRAGM, Σχήμα 1.47). Η εφαρμοζόμενη υποπίεση μετακινούσε το διάφραγμα και αυτό με τη σειρά του τον οπλισμό της βαλβίδας με αποτέλεσμα να διοχετεύονται τα καυσαέρια προς την πολλαπλή εισαγωγή. Για την επαναφορά αυτής της πνευματικής βαλβίδας στην αρχική κατάσταση, όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα σταματούσε τη ροή της υποπίεσης, γινόταν χρήση ενός ελατηρίου (SPRING, Σχήμα 1.47).



Σχήμα 1.47 Πνευματική βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων

(Πηγή: Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service, 2012, Σελ. 937, Prentice Hall)

Οι πνευματικές βαλβίδες επανακυκλοφορίας των καυσαερίων είχαν ως μειονέκτημα την μη ακριβή ρύθμιση της ποσότητας των καυσαερίων που εισέρχονταν στην πολλαπλή εισαγωγή. Αυτό οδήγησε στην κατασκευή ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενων βαλβίδων επανακυκλοφορίας των καυσαερίων. Η τυπική μορφή αυτών των βαλβίδων απεικονίζεται στο σχήμα 1.48. Οι βαλβίδες επανακυκλοφορίας των καυσαερίων αυτού του τύπου έχουν λιγότερα μηχανικά μέρη έναντι των πνευματικών βαλβίδων και οδηγούνται απευθείας από την ΗΜΕ του κινητήρα. Για την μετακίνηση του οπλισμού αυτών των βαλβίδων υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος διαχείρισης κινητήρα. Οι ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες επανακυκλοφορίας των καυσαερίων που χρησιμοποιούν ένα σωληνοειδές το οποίο ενεργοποιείται με τη μέθοδο διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος. Οι βαλβίδες επανακυκλοφορίας των

καυσαερίων που λειτουργούν με αυτή τη μέθοδο έχουν επίσης και ένα ποτενσιόμετρο όπου το σήμα του πληροφορεί την ΗΜΕ του κινητήρα για την θέση που βρίσκεται η βαλβίδα. Συνεπώς, η ΗΜΕ του κινητήρα μέσω του ποτενσιόμετρου μπορεί να αναγνωρίσει εάν λειτουργεί σωστά η βαλβίδα. Για πιο απαιτητικές εφαρμογές όπου απαιτείται γρήγορη και ακριβής λειτουργία της βαλβίδας επανακυκλοφορίας των καυσαερίων, για την μετακίνηση του οπλισμού της βαλβίδας γίνεται χρήση βηματικού κινητήρα ή σερβοκινητήρα. Τέλος, θα πρέπει να πούμε ότι για να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος επανακυκλοφορίας των καυσαερίων, τα τελευταία χρόνια γίνεται χρήση συστήματος ψύξης των καυσαερίων που προορίζονται να διοχετευθούν στη πολλαπλή εισαγωγή.

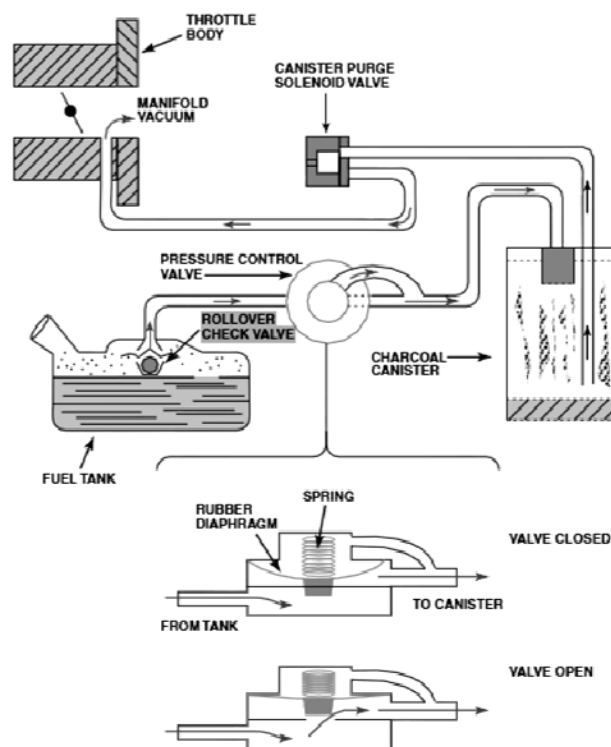


Σχήμα 1.48 Ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενη βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων
(Πηγή:<http://delphi.com/manufacturers/auto/powertrain/gas/exflow/egr/v/>)

1.5.5 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαερισμού του δοχείου ενεργού άνθρακα

Η βενζίνη ως γνωστόν είναι εξαιρετικά πτητική. Το ρεζερβουάρ του αυτοκινήτου σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι ερμητικά κλειστό λόγω της πίεσης που δημιουργείται από τις αναθυμιάσεις της βενζίνης ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για να μην απελευθερώνονται οι αναθυμιάσεις στη ατμόσφαιρα ώστε να τη μολύνουν, χρησιμοποιείται το σύστημα ελέγχου των αναθυμιάσεων του ρεζερβουάρ (EVAP - Evaporative Control System). Το σύστημα αυτό αποτελείται από την βαλβίδα ελέγχου της πίεσης του ρεζερβουάρ (PRESSURE CONTROL VALVE, Σχήμα 1.49), το δοχείο ενεργού άνθρακα (CHARCOAL CANISTER, Σχήμα 1.49), την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαερισμού του δοχείου ενεργού άνθρακα (CANISTER PURGE SOLENOID VALVE, Σχήμα 1.49) και τις σωληνώσεις. Η βαλβίδα ελέγχου της πίεσης του ρεζερβουάρ είναι μια μηχανική βαλβίδα η οποία αποτελείται από ένα διάφραγμα και ένα ελατήριο επαναφοράς. Όταν η πίεση των αναθυμιάσεων της βενζίνης που ασκούνται στο διάφραγμα υπερνικήσουν

την δύναμη του ελατηρίου, τότε η βαλβίδα αυτή ανοίγει και οι αναθυμιάσεις βενζίνης διοχετεύονται μέσω ενός σωλήνα στο δοχείο ενεργού άνθρακα. Το δοχείο του ενεργού άνθρακα περιέχει τριακόσια με εξακόσια είκοσι πέντε γραμμάρια ενεργού άνθρακα σε μορφή κόκκων. Ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται για να παγιδεύσει προσωρινά τα μόρια των ατμών καυσίμου έχοντας την δυνατότητα να χωρέσει το ένα τρίτο του βάρους του σε αναθυμιάσεις καυσίμου. Όταν ο κινητήρας βρίσκεται σε λειτουργία κλειστού βρόχου, τότε η ΗΜΕ του κινητήρα στέλνει σήμα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαερισμού του δοχείου ενεργού άνθρακα να ανοίξει. Αφού ανοίξει αυτή η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα τότε ασκείται στο δοχείο ενεργού άνθρακα υποπίεση η οποία προέρχεται από την πολλαπλή εισαγωγή μέσω σωλήνωσης. Η υποπίεση βοηθάει στο να εισέλθει αέρας από την ατμόσφαιρα στο δοχείο ενεργού άνθρακα ως αποτέλεσμα οι αναθυμιάσεις καυσίμου να διοχετεύονται στην πολλαπλή εισαγωγή και στη συνέχεια να καούν μαζί με το μείγμα αέρος – βενζίνης στο θάλαμο καύσης. Υποπίεση ασκείται επίσης και στη βαλβίδα ελέγχου της πίεσης του ρεζερβουάρ. Όταν η βαλβίδα αυτή είναι ανοιχτή τότε οι αναθυμιάσεις του ρεζερβουάρ αναρροφούνται από τον κινητήρα μέσω του δοχείου ενεργού άνθρακα. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαερισμού του δοχείου ενεργού άνθρακα δεν ενεργοποιείται όταν ο κινητήρας λειτουργεί με κατάσταση ανοιχτού βρόχου, στο ρελαντί, επιβραδύνοντας ή επιταχύνοντας πλήρως.



Σχήμα 1.49 Τυπικό σύστημα ελέγχου των αναθυμιάσεων του ρεζερβουάρ (Πηγή: Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service, 2012, Σελ. 929, Prentice Hall)

1.5.6 Πηνίο ανάφλεξης

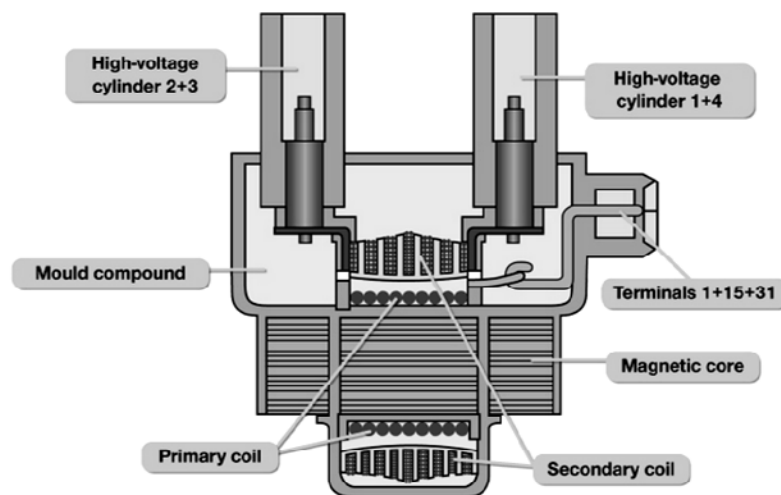
Η αρχή λειτουργίας των πηνίων ανάφλεξης έχει παραμείνει η ίδια, παρόλο που το σύστημα ανάφλεξης των αυτοκινήτων εξελίσσεται με την πάροδο των χρόνων. Το πηνίο ανάφλεξης (πολλαπλασιαστής) παράγει μια υψηλή τάση, της τάξης των 20 – 40 kV, χρησιμοποιώντας την τάση της μπαταρίας. Όταν ένας αναφλεκτήρας (μπουζί) τροφοδοτηθεί με αυτή την υψηλή τάση, τότε μεταξύ του διακένου της θετικής και της αρνητικής ακίδας δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο αντίστοιχα υψηλής τάσης. Στο σχήμα 1.50 απεικονίζονται τα πηνία ανάφλεξης που χρησιμοποιούνται σε διάφορα συστήματα ανάφλεξης. Το σύστημα ανάφλεξης που έχει επικρατήσει στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες έμμεσου ψεκασμού καυσίμου είναι το ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης χωρίς διανομέα. Ο χρονισμός και η υλοποίηση της ανάφλεξης αυτού του συστήματος ανάφλεξης ελέγχεται απευθείας από την ΗΜΕ του κινητήρα και έχει αναπτυχθεί σε δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος είναι το σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα (ή διπλού σπινθήρα) και ο δεύτερος είναι το σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης με πηνίο ανάφλεξης ανά κύλινδρο. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος ανάφλεξης είναι η έλλειψη διανομέα. Κατά συνέπεια δεν γίνεται χρήση μηχανικών μηχανισμών, ούτε περιστρεφόμενων τμημάτων. Σε σύγκριση με τα παλαιότερα συστήματα ανάφλεξης, το σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης χωρίς διανομέα έχει ως πλεονέκτημα την ευκολότερη σχεδίαση, την αξιοπιστία, την απόδοση και τη μικρότερη απαίτηση σε συντήρηση.



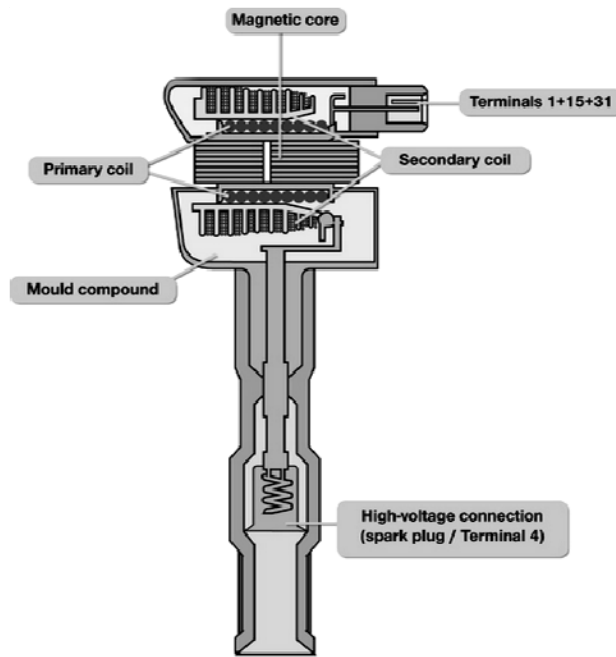
Σχήμα 1.50 Διάφορα είδη πηνίων ανάφλεξης

(Πηγή: <http://www.ngk.de/en/products-technologies/ignition-coils/ignition-coil-technologies/>)

Η δομή των πηνίων ανάφλεξης και των δύο τύπων του συστήματος ηλεκτρονικής ανάφλεξης χωρίς διανομέα είναι όμοια. Στο παρακάτω σχήμα 1.51 απεικονίζεται η δομή ενός τυπικού πηνίου ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα και ενός τυπικού πηνίου ανάφλεξης ανά κύλινδρο. Βασικά δομικά στοιχεία των πηνίων ανάφλεξης είναι το πρωτεύον τύλιγμα (Primary coil, Σχήμα 1.51), το δευτερεύον τύλιγμα (Secondary coil, Σχήμα 1.51) και ο μαγνητικός πυρήνας (Magnetic core, Σχήμα 1.51) ο οποίος είναι κατασκευασμένος από φύλλα σιδηρομαγνητικού υλικού σχήματος "E". Επιπρόσθετα, τα πηνία ανάφλεξης συχνά έχουν ενσωματωμένο και ένα κύκλωμα ισχύος το οποίο βοηθάει την ΗΜΕ του κινητήρα να τα οδηγήσει. Το πρωτεύον τύλιγμα, όπως και το δευτερεύον, αποτελείται από σπείρες χάλκινου σύρματος κατάλληλα μονωμένα μεταξύ τους. Η διαφορά μεταξύ των δύο τυλιγμάτων είναι ότι το πρωτεύον τύλιγμα αποτελείται από λιγότερες σπείρες μεγαλύτερης διαμέτρου σε σύγκριση με το δευτερεύον τύλιγμα. Ο λόγος των σπειρών του πρωτεύοντος τυλιγματος του πηνίου ανάφλεξης σε σχέση με του δευτερεύον είναι 1:100 με 1:200. Το πρωτεύον τύλιγμα είναι τυλιγμένο γύρω από τη μεσαία προεξοχή του μαγνητικού πυρήνα, ενώ το δευτερεύον είναι τυλιγμένο έξω από το πρωτεύον.



(α)



(β)

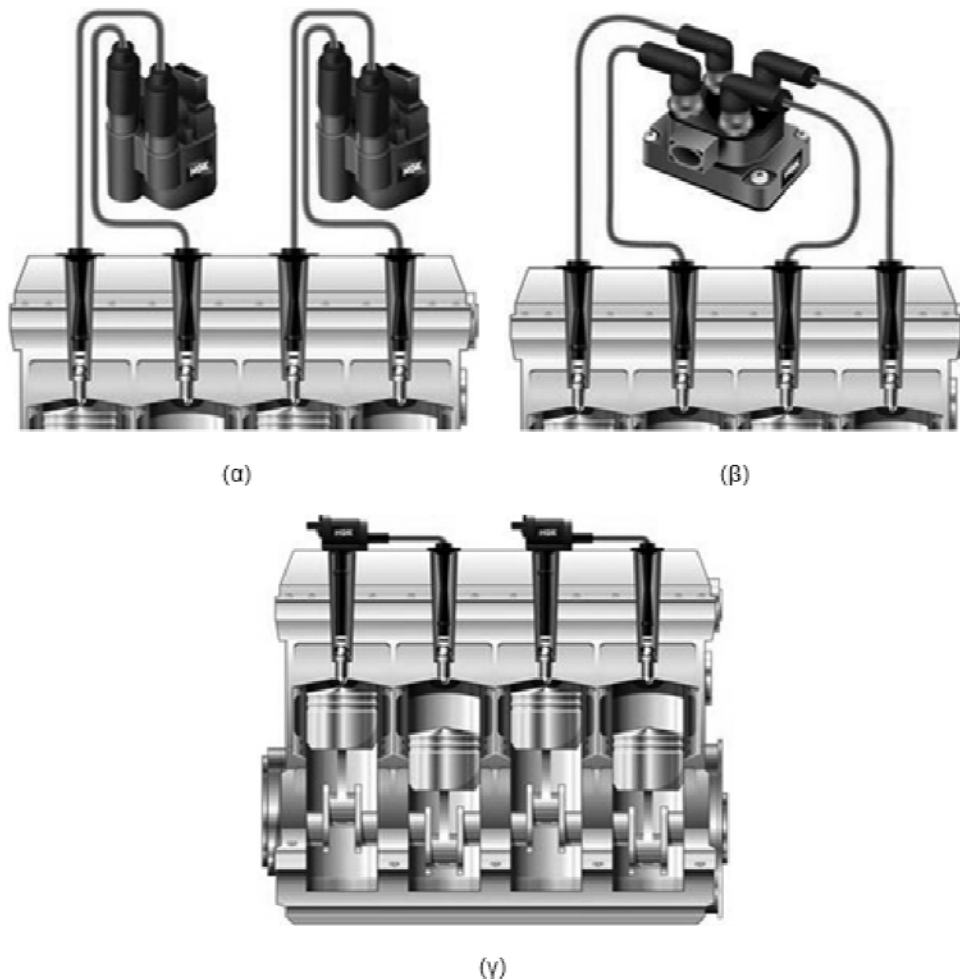
Σχήμα 1.51 Δομή πηνίου ανάφλεξης (α) χαμένου σπινθήρα και (β) ανά κύλινδρο

(Πηγή: <http://www.ngk.de/en/technology-in-detail/ignition-coils/design-of-an-ignition-coil/design-of-a-double-spark-coil/> και <http://www.ngk.de/en/technology-in-detail/ignition-coils/design-of-an-ignition-coil/design-of-a-pencil-coil-single-spark-coil-coil-on-plug/>)

Όταν ένας τετρακύλινδρος κινητήρας λειτουργεί με βάση το ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα, τότε κάνει χρήση δύο πηνίων ανάφλεξης. Αυτό οφείλεται στο ότι κάθε άκρο του δευτερεύοντος τυλίγματος του πηνίου ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα συνδέεται με έναν αναφλεκτήρα ανά ζεύγος κυλίνδρων για την παραγωγή σπινθήρα σε κάθε έναν ξεχωριστά από αυτούς. Σε έναν τετρακύλινδρο κινητήρα με τον όρο ζεύγος κυλίνδρων εννοούμε είτε τους κυλίνδρους 1 και 4, είτε τους 2 και 3. Στο ζεύγος κυλίνδρων όταν ο ένας είναι στο χρόνο της συμπίεσης ο άλλος είναι στο χρόνο της εξαγωγής των καυσαερίων.

Όταν δοθεί σήμα εκκίνησης από τον οδηγό, το πρωτεύον τύλιγμα του πηνίου ανάφλεξης τροφοδοτείται με τάση +12 V από την μπαταρία. Ταυτόχρονα η ΗΜΕ του κινητήρα ελέγχει το σήμα του αισθητήρα ταχύτητας – θέσης του στροφαλοφόρου άξονα, του οποίου η ύπαρξη παίζει σπουδαίο ρόλο στη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρονικής ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα. Επιπρόσθετα ελέγχει τα σήματα από τους άλλους αισθητήρες και λαμβάνοντας υπόψη την τρέχον κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα (εκκίνηση, ανοιχτού βρόχου, κλειστού βρόχου, επιτάχυνση, επιβράδυνση) γειώνει το πρωτεύον τύλιγμα του πηνίου ανάφλεξης. Το ρεύμα που ρέει το πρωτεύον τύλιγμα του πηνίου ανάφλεξης είναι περίπου 2 – 6 A και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο γύρω από αυτό. Όταν η ΗΜΕ του κινητήρα

διακόψει τη γείωση του πρωτεύοντος τυλίγματος, τότε λόγω του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής δημιουργείται υψηλή τάση στο δευτερεύον τύλιγμα της τάξης των 20 – 40 kV με ένταση περίπου 20 – 80 mA. Επιπρόσθετα και στο πρωτεύον τύλιγμα δημιουργείται μια τάσης της τάξης των 250 – 400 V. Ο μαγνητικός πυρήνας βοηθάει στην εύκολη ροή της μαγνητικής ροής και επομένως στη καλύτερη μαγνητική σύζευξη των δύο τυλιγμάτων. Η υψηλή τάση που δημιουργήθηκε στο δευτερεύον τύλιγμα μεταφέρεται στους αναφλεκτήρες είτε απευθείας από τα πηνία ανάφλεξης, είτε μέσω καλωδίων ανάφλεξης. Στο σχήμα 1.52 απεικονίζονται οι τρόποι σύνδεσης των διαφόρων πηνίων ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα με τους αναφλεκτήρες. Η τάση του δευτερεύοντος τυλίγματος είναι αρκετά μεγάλη ώστε ο αναφλεκτήρας να παράγει ένα ηλεκτρικό τόξο με αποτέλεσμα την ανάφλεξη του μείγματος αέρα – βενζίνης και την αποφόρτιση του πηνίου ανάφλεξης. Η διαδικασία που περιγράψαμε σε αυτή τη παράγραφο επαναλαμβάνεται για τη δημιουργία κάθε σπινθήρα.



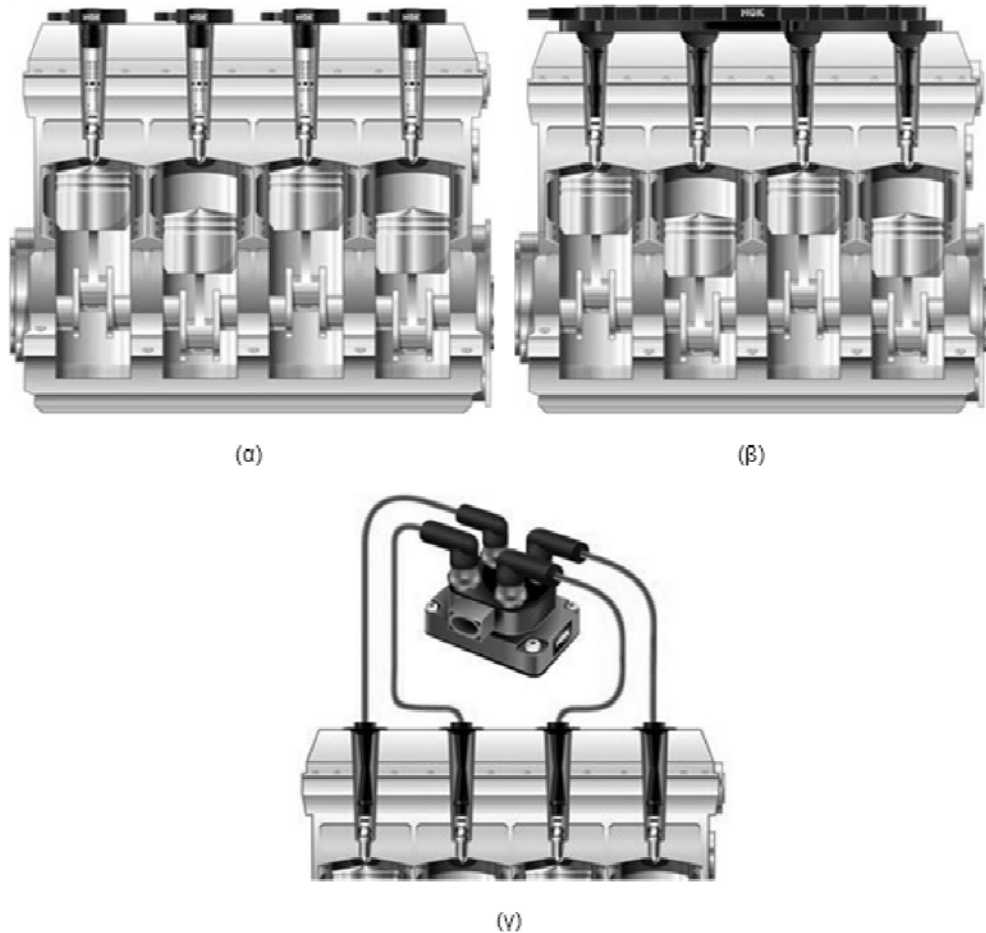
Σχήμα 1.52 Διάφοροι τύποι πηνίων ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα και τρόπος σύνδεσης με τους αναφλεκτήρες

(Πηγή: <http://www.ngk.de/en/technology-in-detail/ignition-coils/how-you-crack-the-ngk-code/>)

Το πηνίο ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα, όπως αναφέραμε παραπάνω, παράγει μέσο δύο αναφλεκτήρων δύο σπινθήρες ταυτόχρονα σε ένα ζεύγος κυλίνδρων. Αυτού του τύπου το πηνίο ανάφλεξης πείρε το συγκεκριμένο όνομα λόγω της παραγωγής έργου μόνο από τον ένα σπινθήρα, ενώ ο άλλος είναι άχρηστος. Ο ένας σπινθήρας εμφανίζεται στον ένα κύλινδρο ορισμένες μοίρες πριν το άνω νεκρό σημείο του εμβόλου κατά το χρόνο της συμπίεσης προκαλώντας ανάφλεξη του μείγματος, ενώ ο άλλος ορισμένες μοίρες πριν το άνω νεκρό σημείο του εμβόλου στο χρόνο της εξαγωγής. Ο σπινθήρας που εμφανίζεται στο θάλαμο καύσης κατά το χρόνο της εξαγωγής, λόγω των συνθηκών που επικρατούν μέσα (πίεσης, δομής αερίων), είναι πολύ ασθενής (2 – 3 kV), δεν επηρεάζει τη λειτουργία του κινητήρα και η μόνη χρήση του είναι να γειώσει το δευτερεύον τυλίγμα του πηνίου ανάφλεξης. Η υπόλοιπη ενέργεια του δευτερεύοντος τυλίγματος χρησιμοποιείται από τον άλλο αναφλεκτήρα για την παραγωγή σπινθήρα στο θάλαμο καύσης με το συμπιεσμένο μείγμα αέρα – βενζίνης. Εξαιτίας της φοράς του ρεύματος στο δευτερεύον τυλίγμα του πηνίου ανάφλεξης, η φορά του ρεύματος του σπινθήρα στους αναφλεκτήρες είναι αντίστροφη. Στον πρώτο η φορά είναι από την ακίδα στο έλασμα (ορθή φορά) ενώ στον άλλο από το έλασμα στην ακίδα (ανάστροφη φορά). Η φορά του ρεύματος του σπινθήρα στους αναφλεκτήρες σε ένα σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα παραμένει η ίδια κατά τη λειτουργία του κινητήρα με τη διαφορά ότι όταν ο σπινθήρας παράγεται κατά τον χρόνο της συμπίεσης είναι δυνατός ενώ όταν παράγεται κατά το χρόνο της εξαγωγής είναι ασθενής.

Στο σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης με πηνίο ανάφλεξης ανά κύλινδρο χρησιμοποιούνται τόσα πηνία ανάφλεξης όσοι είναι οι κύλινδροι του κινητήρα. Κάθε πηνίο ανάφλεξης ενεργοποιείται από την ΗΜΕ του κινητήρα λίγες μοίρες πριν το άνω νεκρό σημείο του εμβόλου κατά το χρόνο της συμπίεσης. Ο τρόπος λειτουργίας των πηνίων ανάφλεξης ανά κύλινδρο είναι όμοιος με αυτόν που περιγράψαμε παραπάνω στη λειτουργία του πηνίου ανάφλεξης χαμένου σπινθήρα με τη μόνη διαφορά ότι το ένα άκρο του δευτερεύον τυλίγματος είναι γειωμένο ενώ το άλλο τροφοδοτεί με τάση των αναφλεκτήρα. Ο αναφλεκτήρας σε αυτή την περίπτωση παράγει σπινθήρα με ρεύμα ορθής φοράς από τη θετική ακίδα προς το έλασμα της γείωσης. Το σήμα του αισθητήρα ταχύτητας – θέσης του στροφαλοφόρου άξονα και του αισθητήρα θέσης του εκκεντροφόρου άξονα είναι δύο από τα βασικότερα σήματα που πρέπει να γνωρίζει η ΗΜΕ του κινητήρα για να λειτουργήσει η ηλεκτρονική ανάφλεξη ανά κύλινδρο. Επειδή κάθε πηνίο ανάφλεξης ελέγχεται ξεχωριστά από την ΗΜΕ του κινητήρα, όταν ο αισθητήρας κτυπήματος εντοπίσει κρουστική καύση ή προανάφλεξη μετά την ανάφλεξη ενός κυλίνδρου η ΗΜΕ του κινητήρα χρονίζει την ανάφλεξη στο συγκεκριμένο κύλινδρο. Στο σχήμα 1.53 απεικονίζονται διάφοροι τύποι

πηνίων ανάφλεξης ανά κύλινδρο και ο τρόπος σύνδεσης με τους αναφλεκτήρες. Ο πρώτος και ο δεύτερος τύπος πηνίου ανάφλεξης (Σχήμα 1.52 (α) και (β)) είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος επειδή έχουν ως πλεονέκτημα τη μη χρήση καλωδίων ανάφλεξης τα οποία είναι πηγές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών που μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις στα διάφορα σήματα.

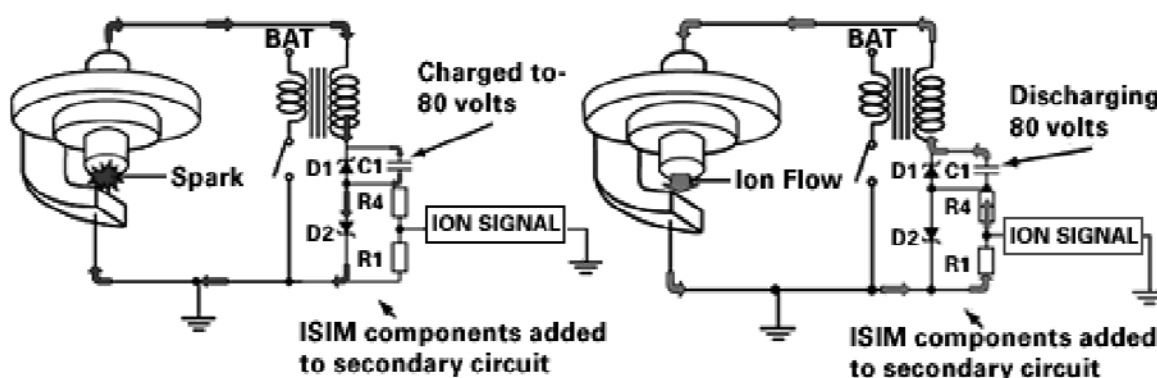


Σχήμα 1.53 Διάφοροι τύποι πηνίων ανάφλεξης ανά κύλινδρο και τρόπος σύνδεσης με τους αναφλεκτήρες

(Πηγή: <http://www.ngk.de/en/technology-in-detail/ignition-coils/how-you-crack-the-ngk-code/>)

Τα τελευταία χρόνια έχει κατασκευαστεί ένα σύστημα ηλεκτρονικής ανάφλεξης με πηνίο ανάφλεξης ανά κύλινδρο στο οποίο έχει ενσωματωθεί και ένα υποσύστημα ανίχνευσης ιόντων στα παράγωγα της καύσης του μείγματος. Για να επιτευχθεί αυτό προστέθηκε στο δευτερεύον τύλιγμα του πηνίου ανάφλεξης ένα κύκλωμα (Σχήμα 1.54) που αποθηκεύει ενέργεια κατά την ανάφλεξη του μείγματος. Ακριβώς μετά την ανάφλεξη του μείγματος η αποθηκευμένη ενέργεια εφαρμόζεται στα δύο άκρα του διάκενου του αναφλεκτήρα ώστε μέσω αυτού η ΗΜΕ του κινητήρα να μετρήσει την ηλεκτρική αγωγιμότητα των ιονισμένων

από την ανάφλεξη αερίων (πλάσμα) μέσα στο θάλαμο καύσης. Σε αυτή τη περίπτωση ο αναφλεκτήρας δεν παράγει σπινθήρα αλλά παίζει το ρόλο αισθητήρα ο οποίος ανιχνεύει τα χαρακτηριστικά της καύσης του μείγματος. Το σήμα (ION SIGNAL, Σχήμα 1.54) αυτού του υποσυστήματος χρησιμοποιείται από την HME του κινητήρα για να εντοπίσει πιθανή αυτανάφλεξη ή προανάφλεξη του μείγματος, για το χρονισμό της ανάφλεξης, για τον έλεγχο της βαλβίδας επανακυκλοφορίας των καυσαερίων και για τον έλεγχο της αναλογίας αέρα – καυσίμου για κάθε κύλινδρο ξεχωριστά. Τέλος, όταν ένα σύστημα διαχείρισης κινητήρα χρησιμοποιεί αυτό το υποσύστημα δεν απαιτείται η χρήση του αισθητήρα θέσης του εκκεντροφόρου άξονα και του αισθητήρα κτυπήματος από το σύστημα ανάφλεξης.



Σχήμα 1.54 Λειτουργία συστήματος ανάφλεξης ενός κυλίνδρου κατά την ανάφλεξη του μείγματος (αριστερά) και κατά τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των ιονισμένων καυσαερίων (δεξιά)
(Πηγή: <http://delphi.com/manufacturers/auto/powertrain/gas/ignsys/ionized/>)

1.6 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

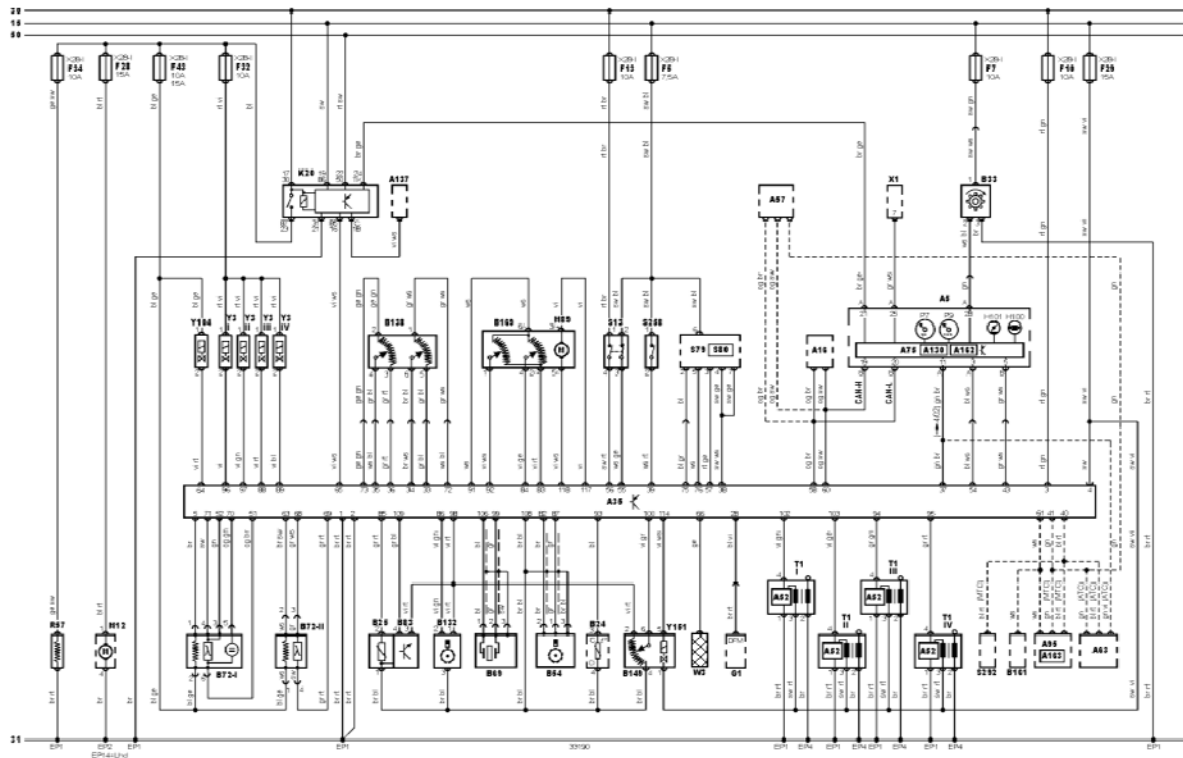
Το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης κινητήρα είναι ο τύπος του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που έχει επικρατήσει σήμερα. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι ο έλεγχος του συστήματος ηλεκτρονικής ανάφλεξης και του συστήματος ψεκασμού από μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου της οποίας τα χαρακτηριστικά μελετήσαμε στην ενότητα 1.3. Η HME του κινητήρα λαμβάνοντας τα σήματα από τους αισθητήρες που υπάρχουν στον κινητήρα, τα σήματα ανάδρασης από τους ενεργοποιητές καθώς και τα σήματα που προέρχονται από άλλα συστήματα διαχείρισης στο αυτοκίνητο αφού τα επεξεργαστεί στέλνει σήματα στους ενεργοποιητές του συστήματος ηλεκτρονικής ανάφλεξης και του συστήματος ψεκασμού ταυτόχρονα. Συνεπώς το σύστημα διαχείρισης κινητήρα είναι ταχύτερο, πιο αποδοτικό, συμπαγές και αξιόπιστο με αποτέλεσμα ο κινητήρας να ικανοποιεί τις όλο και πιο αυστηρές προδιαγραφές ρύπων.

Η επεξεργασία των σημάτων εισόδου του συστήματος διαχείρισης κινητήρα από την HME του κινητήρα γίνεται ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα. Ένας τυπικός βενζινοκινητήρας έχει επτά διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας οι οποίες είναι η εκκίνηση του κινητήρα, η προθέρμανση του κινητήρα, η λειτουργία με έλεγχο ανοιχτού βρόχου, η λειτουργία με έλεγχο κλειστού βρόχου η επιτάχυνση, η επιβράδυνση και η λειτουργία στο ρελαντί. Επειδή σε αυτές τις επτά καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα η HME του κινητήρα επεξεργάζεται τα σήματα εισόδου της και οδηγεί τους ενεργοποιητές ώστε να ικανοποιεί διαφορετικές απαιτήσεις, γίνεται χρήση διαφορετικών υποπρογραμμάτων για κάθε μία από αυτές τις καταστάσεις. Η επιλογή του υποπρογράμματος από την HME του κινητήρα γίνεται με βάση τα σήματα εισόδου από τους αισθητήρες του κινητήρα.

Όταν ο διακόπτης της ανάφλεξης είναι στη θέση ON τότε η HME του κινητήρα κάνει επιλογή του υποπρογράμματος εκκίνησης του κινητήρα. Κατά τη διάρκεια εκκίνησης, η HME του κινητήρα λαμβάνοντας τις τιμές από τους αισθητήρες του κινητήρα χρονίζει κατάλληλα την ανάφλεξη και ρυθμίζει το μείγμα αέρος βενζίνης για να γίνει πλούσιο με κατά βάρος αναλογία αέρα – βενζίνης 2:1 έως 12:1 ώστε να επιτευχθεί γρήγορη εκκίνηση του κινητήρα. Όταν ο κινητήρας εκκινήσει, η HME του κινητήρα κάνει χρήση του υποπρογράμματος προθέρμανσης του κινητήρα. Σε αυτή την περίπτωση ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλότερες στροφές και με μείγμα πλούσιο ώστε να λειτουργεί ομαλά όσο είναι κρύος και να προθερμανθεί γρήγορα. Το σύστημα ψεκασμού καυσίμου αν και βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας με έλεγχο ανοιχτού βρόχου, η κατά βάρος αναλογία αέρα – καυσίμου ρυθμίζεται από την HME του κινητήρα με βάση την τρέχον θερμοκρασία του κινητήρα. Όταν ο κινητήρας εκκινήσει ενώ είναι ζεστός τότε η HME του κινητήρα μεταπίπτει από το υποπρόγραμμα εκκίνησης στο υποπρόγραμμα λειτουργίας με έλεγχο κλειστού βρόχου. Στις τελευταίες γενιές του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που εξετάζουμε ο χρόνος προθέρμανσης του κινητήρα και ο χρόνος που λειτουργεί το σύστημα ψεκασμού με έλεγχο ανοιχτού βρόχου έχει μειωθεί επειδή οι κινητήρες έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί κάνοντας χρήση τεχνολογιών σχεδίασης και κοπής υψηλής ακρίβειας. Επιπρόσθετα, σε αυτό συμβάλλει και η χρήση νέων κραμάτων μετάλλων για την κατασκευή των μηχανικών μερών του κινητήρα όπως επίσης και χρήση καταλυτικών μετατροπέων και αισθητήρων οξυγόνου με βελτιωμένα χαρακτηριστικά στο να προθερμαίνονται γρήγορα. Όταν κάποιος αισθητήρας του κινητήρα παρουσιάζει βλάβη τότε η HME του κινητήρα επιλέγει το υποπρόγραμμα λειτουργίας με έλεγχο ανοιχτού βρόχου. Σε αυτή την περίπτωση η HME του κινητήρα γνωρίζοντας τις τιμές των υπόλοιπων μεταβλητών του κινητήρα από τους άλλους αισθητήρες, χρησιμοποιεί έναν πίνακα τιμών από τον οποίο επιλέγει την πιθανή τιμή

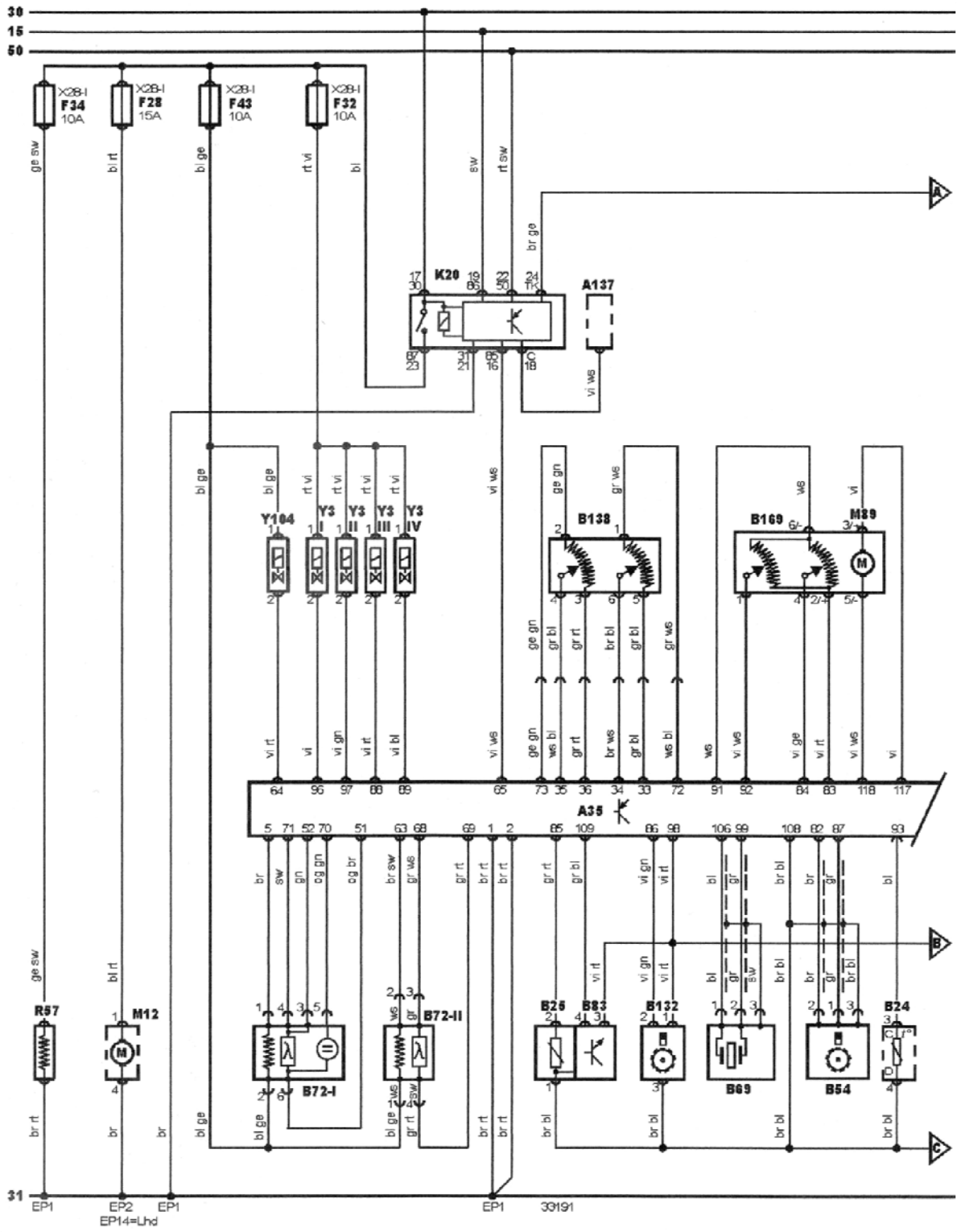
που θα είχε ο χαλασμένος αισθητήρας ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί κοντά στην κατάσταση λειτουργίας κλειστού βρόχου. Όταν οι αισθητήρες οξυγόνου φτάσουν τη θερμοκρασία λειτουργίας και δεν υπάρχει κάποια βλάβη στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα, η ΗΜΕ του κινητήρα επιλέγει το υποπρόγραμμα λειτουργίας με έλεγχο κλειστού βρόχου. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με έλεγχο κλειστού βρόχου ικανοποιεί τις απαιτήσεις για τις οποίες έχει σχεδιαστεί σχετικά με την απόδοση, τη βέλτιστη δυνατή οικονομία καυσίμου και τις χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Κατά την επιτάχυνση η ΗΜΕ του κινητήρα επιλέγει το υποπρόγραμμα το οποίο χρονίζει την ανάφλεξη και κάνει το μείγμα αέρα – βενζίνης στιγμιαία πλούσιο ώστε να επιτευχθεί μεγιστοποίηση της ροπής του κινητήρα. Η οικονομία καυσίμου και η ρύθμιση των ρύπων σε αυτή την περίπτωση έχουν δευτερεύοντα ρόλο, κάτι που γίνεται αποδεκτό από τους ρυθμιστικούς οργανισμούς περί εκπομπών ρύπων λόγω του ότι η επιτάχυνση θεωρείται μια προσωρινή κατάσταση. Η ΗΜΕ του κινητήρα πληροφορείται για το πόσο πρέπει να επιταχύνει ο κινητήρας από τον αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού ή από τον αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού και εμπλουτίζει το μείγμα αέρος – βενζίνης με κατά βάρος αναλογία έως 12:1. Επιπρόσθετα, σε ορισμένες περιπτώσεις οι αισθητήρες αυτή έχουν ένα διακόπτη ο οποίος πληροφορεί την ΗΜΕ του κινητήρα όταν είναι τελείως ανοιχτή η πεταλούδα του γκαζιού ή είναι τέρμα πατημένο το πεντάλ του γκαζιού ότι απαιτείται η μέγιστη ροπή του κινητήρα. Κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης η ΗΜΕ του κινητήρα επιλέγει το υποπρόγραμμα το οποίο χρονίζει την ανάφλεξη και ρυθμίζει το ψεκασμό καυσίμου ώστε το μείγμα αέρος – βενζίνης να γίνει φτωχό. Με αυτό επιτυγχάνεται οικονομία καυσίμου και μείωση των εκπομπών HC και CO μέσω χημικών αντιδράσεων στον καταλυτικό μετατροπέα. Η ανίχνευση της κατάστασης της επιβράδυνσης γίνεται από τον αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού ή από τον αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού οι οποίοι σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν ένα διακόπτη όταν είναι τελείως κλειστοί μέσω του οποίου πληροφορείται η ΗΜΕ του κινητήρα πότε υπάρχει πλήρης επιβράδυνση ώστε υπό προϋποθέσεις να διακόψει τον ψεκασμό καυσίμου. Όταν το αυτοκίνητο είναι ακινητοποιημένο, από τους ίδιους διακόπτες που πληροφορείται η ΗΜΕ του κινητήρα πότε υπάρχει πλήρης επιβράδυνση και από τον αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού ή του πεντάλ του γκαζιού όταν έχει γωνία ανοίγματος μηδέν μοίρες, η ΗΜΕ του κινητήρα πληροφορείται ότι ο κινητήρας θα πρέπει να λειτουργήσει στο ρελαντί. Έτσι επιλέγει το υποπρόγραμμα το οποίο ρυθμίζει την ανάφλεξη και τον ψεκασμό ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί σε προκαθορισμένες από τον κατασκευαστή χαμηλές στροφές ώστε να μη σβήσει και να λειτουργεί ομαλά ανεξάρτητα από τα πιθανά φορτία όπως η λειτουργία του κλιματισμού.

Έχοντας μελετήσει τη δομή και τη λειτουργία της ΗΜΕ του κινητήρα, των βασικών αισθητήρων και των ενεργοποιητών του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που έχουμε επιλέξει θα δώσουμε ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτού του συστήματος μέσω ενός διαγράμματος συνδεσμολογίας. Στο σχήμα 1.55 απεικονίζεται το διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος διαχείρισης κινητήρα ενός Volkswagen Golf το οποίο είναι 1600 κυβικά εκατοστά και κυκλοφόρησε την περίοδο 2002 – 2006. Το σύστημα διαχείρισης κινητήρα αυτού του αυτοκινήτου είναι το 4MV της Magnetti – Marelli.

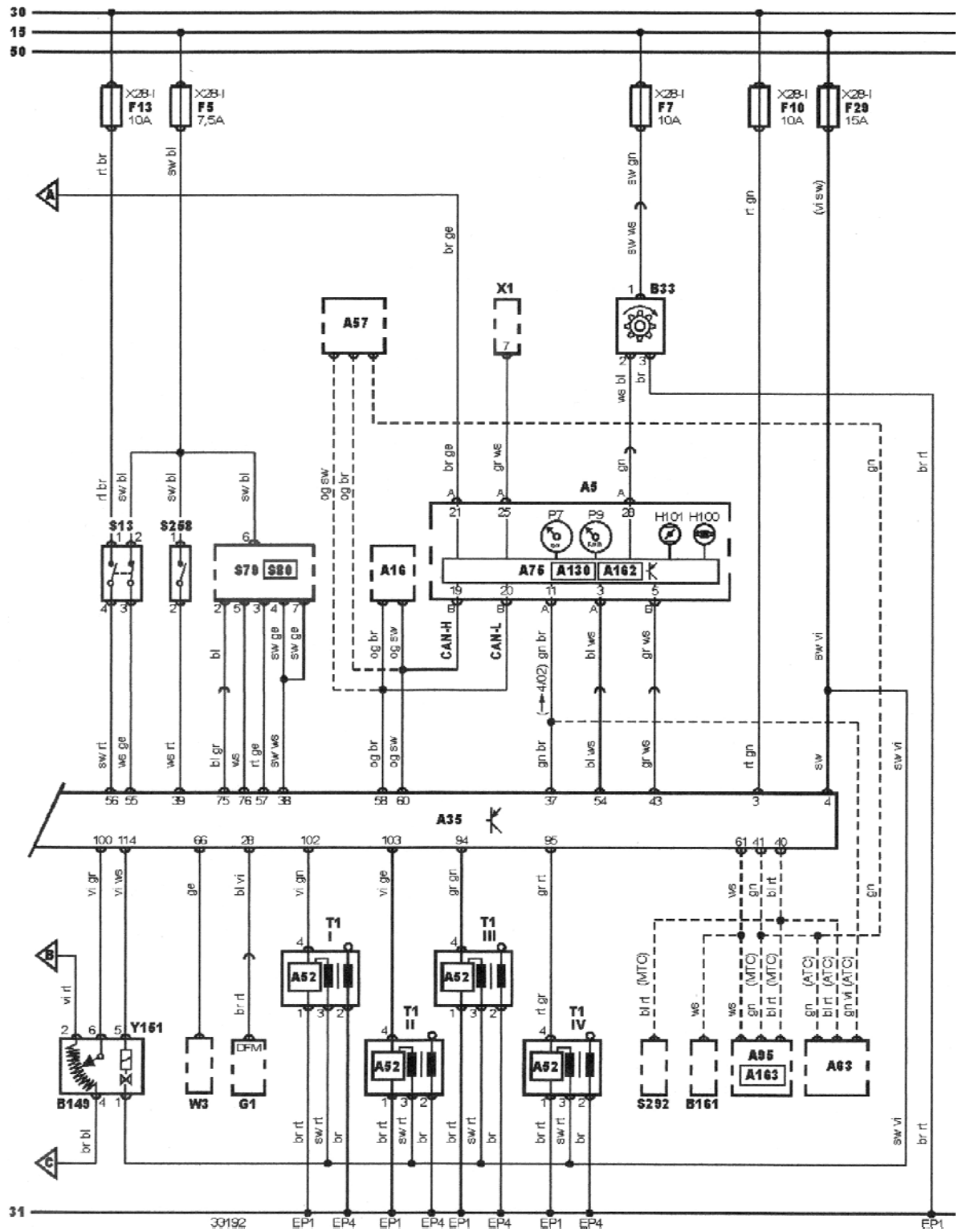


Σχήμα 1.55 Διάγραμμα συνδεσμολογίας ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης κινητήρα Volkswagen Golf 1.600 cm³ 16V 2002 – 2006 με αριθμό κινητήρα BCB
(Πηγή: Autodata, Autodata Limited)

Το διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 1.55 απεικονίζεται με καλύτερη ευκρίνεια στο σχήμα 1.56 (α) και (β).



(α)



(β)

Σχήμα 1.56 Διάγραμμα συνδεσμολογίας επιλεγμένου συστήματος διαχείρισης κινητήρα χωρισμένο σε δύο μέρη (Πηγή: Autodata, Autodata Limited)

Στο παραπάνω διάγραμμα συνδεσμολογίας παρατηρούμε ότι υπάρχουν τρεις αριθμημένες οριζόντιες γραμμές στο πάνω μέρος και μία αριθμημένη γραμμή στο κάτω μέρος. Η γραμμή με αρίθμηση 30 είναι τροφοδοσία με τάση +12 V απευθείας από την μπαταρία του αυτοκινήτου. Η γραμμή με τον αριθμό 15 είναι η τροφοδοσία με +12 V από το διακόπτη ανάφλεξης όταν αυτός είναι στην θέση ON. Η οριζόντια γραμμή με τον αριθμό 50 είναι το σήμα εκκίνησης από τον διακόπτη της ανάφλεξης. Τέλος, η οριζόντια γραμμή με τον αριθμό 31 αποτελεί την γείωση η οποία συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας. Η ΗΜΕ του κινητήρα (A35) τροφοδοτείται μόνιμα με τάση από την μπαταρία (επαφή 3) μέσω μιας ασφάλειας (F10) 10 A. Αυτό εξυπηρετεί στο να κρατάει μνήμη για ορισμένες προσωρινές μεταβλητές σχετικά με την τελευταία κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα. Η ΗΜΕ του κινητήρα γειώνεται μέσω των επαφών 1 και 2. Όταν ο διακόπτης της ανάφλεξης γυρίσει στη θέση ON τότε μια σειρά εξαρτημάτων τροφοδοτούνται με τάση +12 V. Καταρχάς τροφοδοτείται η ΗΜΕ του κινητήρα μέσω της επαφής 4 και μιας ασφάλειας (F29) 15 A. Από την ίδια παροχή τροφοδοτούνται τα πηνία ανάφλεξης (T1 I, II, III και IV) και η βαλβίδα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων (Y151). Ο διακόπτης της ανάφλεξης τροφοδοτεί επιπλέον, μέσω μιας ασφάλειας (F7) 10 A, τον αισθητήρα ταχύτητας οχήματος (B33) ο οποίος είναι ένας αισθητήρας τύπου Hall, τοποθετείται στο κιβώτιο ταχυτήτων και ενημερώνει την ΗΜΕ του πίνακα οργάνων του αυτοκινήτου (A75) για την ταχύτητα του αυτοκινήτου. Σε αυτό το αυτοκίνητο η ΗΜΕ του πίνακα οργάνων, η ΗΜΕ του Immobilizer (A162) και η ΗΜΕ διάγνωσης (A130) συνυπάρχουν σε μια πολυλειτουργική μονάδα (A5) στο ταμπλό του αυτοκινήτου. Η μονάδα αυτή ανταλλάσσει πληροφορίες με την ΗΜΕ του κινητήρα, την ΗΜΕ του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (A16) και την ΗΜΕ του κιβωτίου ταχυτήτων (A57, μόνο όταν είναι αυτόματο) μέσω του δικτύου επικοινωνίας CAN. Συνεπώς, μέσω του συνδέσμου διάγνωσης (X1) ο οποίος είναι συνδεδεμένος στην A25 επαφή αυτής της μονάδας μπορεί να γίνει διάγνωση στα παραπάνω συστήματα. Επιστρέφοντας στα εξαρτήματα που τροφοδοτεί ο διακόπτης της ανάφλεξης όταν είναι στη θέση ON, στο σχήμα 1.56 (α) παρατηρούμε ότι ο διακόπτης της ανάφλεξης τροφοδοτεί τον ηλεκτρονόμο K20. Ο ηλεκτρονόμος αυτός είναι ειδικής κατασκευής ο οποίος για να ενεργοποιηθεί εκτός από το σήμα της ΗΜΕ του κινητήρα χρειάζεται και τα σήματα από την ΗΜΕ των αερόσακων (A137) και της πολυλειτουργικής μονάδας. Όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος K20 τροφοδοτεί με τάση +12 V τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού καυσίμου (Y3 I, II, III και IV) μέσω μιας ασφάλειας (F32) 10 A. Επιπρόσθετα τροφοδοτεί με αυτή την τάση την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαερισμού του δοχείου ενεργού άνθρακα (Y104), την προθέρμανση του αισθητήρα οξυγόνου πριν τον καταλύτη (B72-I, ο οποίος είναι

ένας αισθητήρας οξυγόνου ευρέως φάσματος) και την προθέρμανση του αισθητήρα οξυγόνου μετά τον καταλύτη (B72-II, ο οποίος είναι ένας αισθητήρας οξυγόνου διοξειδίου του ζirkονίου) μέσω μιας ασφάλειας (F43) 15 A. Τέλος, αυτός ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιεί τροφοδοτώντας με τάση την αντλία του καυσίμου (M12) μέσω της ασφάλειας F28 (15 A) και τον προθερμαντήρα του συστήματος εξαερισμού των αναθυμιάσεων του στροφαλοθαλάμου (R57) μέσω της ασφάλειας F34 (10 A). Για να ενεργοποιηθεί αυτός ο ηλεκτρονόμος χρειάζεται το σήμα από την HME των αερόσακων επειδή σε περίπτωση σύγκρουσης του αυτοκινήτου και ενεργοποίησης των αερόσακων να σταματήσει η λειτουργία της αντλίας του καυσίμου για να μην προκληθεί φωτιά. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα δημιουργούνται αναθυμιάσεις από τα διαφυγόντα αέρια του θαλάμου καύσης προς το στροφαλοθάλαμο τα οποία για να μην απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα ώστε να την μολύνουν χρησιμοποιείται το σύστημα εξαερισμού των αναθυμιάσεων του στροφαλοθαλάμου. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα οι αναθυμιάσεις που υπάρχουν στο στροφαλοθάλαμο οδηγούνται στην πολλαπλή εισαγωγή (μετά την πεταλούδα του γκαζιού) ώστε να συμμετάσχουν στην καύση του μείγματος. Η ποσότητα των αναθυμιάσεων που επιστρέφονται στην εισαγωγή ρυθμίζεται από ένα είδος μηχανικής ανεπίστροφης βαλβίδας, τη βαλβίδα θετικού εξαερισμού των αναθυμιάσεων του στροφαλοθαλάμου (ή βαλβίδα PCV, Positive Crankcase Ventilation valve). Για να μην δημιουργηθεί υποπίεση στο στροφαλοθάλαμο υπάρχει ένας ελαστικός σωλήνας ο οποίος διοχετεύει καθαρό αέρα στο στροφαλοθάλαμο προερχόμενο πριν την πεταλούδα του γκαζιού και μετά από τον αισθητήρα ροής μάζας αέρα (εάν υπάρχει). Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή οι υδρατμοί που περιέχονται στις αναθυμιάσεις παγώνουν κατά την μεταφορά των αναθυμιάσεων στην πολλαπλή εισαγωγή με αποτέλεσμα σε αρκετές φορές να φράζει ο σωλήνας μεταφοράς των αναθυμιάσεων. Για να αποφευχθεί αυτό χρησιμοποιείται στο σωλήνα μεταφοράς των αναθυμιάσεων ένας προθερμαντήρας (R57). Επιστρέφοντας στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 1.56, το απεικονιζόμενο σύστημα διαχείρισης κινητήρα αποτελείται επιπλέον από τα παρακάτω στοιχεία.

- Τον αισθητήρα θέσης του πεντάλ του γκαζιού (B138) ο οποίος αποτελείται από δύο ποτενσιόμετρα και ελέγχεται απευθείας από την HME του κινητήρα.
- Τον κινητήρα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού (M89) με τον αισθητήρα θέσης της πεταλούδας του γκαζιού (B169) όπου ελέγχονται επίσης από την HME του κινητήρα.
- Το διακόπτη θέσης του πεντάλ του φρένου (S13) και το διακόπτη θέση του πεντάλ του συμπλέκτη (S258). Στο συγκεκριμένο σύστημα ο διακόπτης θέσης του πεντάλ του φρένου είναι ένας διπλός διακόπτης με μια ανοιχτή και μια κλειστή επαφή. Στην ανοιχτή

επαφή πηγαίνει τάση απευθείας από την μπαταρία μέσω της ασφάλειας F13 (10 A), ενώ στην κλειστή, μαζί και στο διακόπτη θέσης του πεντάλ του συμπλέκτη, πηγαίνει τάση μέσω της ασφάλειας F5 (7,5 A) όταν ο διακόπτης γυρίσει στη θέση ON. Τα σήματα αυτών των δύο διακοπών αποτελούν δύο επιπλέον μεταβλητές του συστήματος διαχείρισης κινητήρα.

- Τον γενικό διακόπτη του αυτόματου πιλότου (S79) με τον διακόπτη επιλογής ταχύτητας του αυτόματου πιλότου (S80) οι οποίοι τροφοδοτούνται από τον διακόπτη της ανάφλεξης μέσω της ασφάλειας F5 (7,5 A). Για τη λειτουργία του αυτόματου πιλότου δεν χρειάζεται κανένα άλλο εξάρτημα εκτός από αυτούς του διακόπτες σε αντίθεση με τα παλαιότερα συστήματα διαχείρισης κινητήρα στα οποία για να πετύχουν το ίδιο αποτέλεσμα έκαναν χρήση αρκετών πνευματικών – μηχανικών μερών.
- Τον αισθητήρα απόλυτης πίεσης της πολλαπλής εισαγωγής (B83) ο οποίος έχει ενσωματωμένο και τον αισθητήρα θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα (B25)
- Τον αισθητήρα θέσης του εκκεντροφόρου άξονα (B132) ο οποίος είναι ένας αισθητήρας φαινομένου Hall.
- Τον αισθητήρα κτυπήματος (B69).
- Τον αισθητήρα ταχύτητας – θέσης του στροφαλοφόρου άξονα (B54) ο οποίος είναι και αυτός ένας αισθητήρας φαινομένου Hall.
- Τον αισθητήρα θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού (B24).
- Τον αισθητήρα θέσης της βαλβίδας επανακυκλοφορίας των καυσαερίων (B149) ο οποίος είναι ένα ποτενσιόμετρο.
- Το δυναμό (G1). Στα νέας τεχνολογίας αυτοκίνητα το σύστημα φόρτισης της μπαταρίας δεν είναι ένα ανεξάρτητο σύστημα όπως συνέβαινε παλαιότερα. Αντιθέτως η λειτουργία του συστήματος ελέγχεται από την HME του κινητήρα επειδή η σωστή φόρτιση της μπαταρίας και κατ' επέκταση η σωστή τάση τροφοδοσίας των διάφορων συστημάτων αυτοματισμού στο αυτοκίνητο παίζουν βασικό ρόλο στην εύρυθμη λειτουργία των συστημάτων αυτών.
- Εάν το αυτοκίνητο διαθέτει είτε χειροκίνητο είτε αυτόματο κλιματισμό, η HME του κινητήρα συνδέεται επίσης με την HME ελέγχου των ανεμιστήρων ψύξης του ψυκτικού υγρού του κινητήρα (A95) η οποία ελέγχει επίσης τον συμπιεστή του συστήματος κλιματισμού (A163). Επιπρόσθετα η HME του κινητήρα δέχεται σήματα από τον πίνακα ελέγχου του κλιματισμού (S292) και από τον αισθητήρα πίεσης του ψυκτικού του κλιματισμού (B161). Εάν ο κλιματισμός είναι αυτόματος συνδέεται επιπλέον με την

HME του κινητήρα η μονάδα ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού (A63).

Τέλος, από το διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 1.56 παίρνουμε ως πληροφορία με ποιες επαφές της HME του κινητήρα έχουν συνδεθεί οι επαφές των περιφερειακών εξαρτημάτων και με τι χρώμα καλώδιο συνδέονται. Υπάρχει δηλαδή χρωματικός κώδικας στα καλώδια. Εάν ένα καλώδιο δεν ενώνει απευθείας την HME του κινητήρα με το περιφερειακό εξάρτημα αλλά υπάρχει μια ενδιάμεση πρίζα μετά της οποίας αλλάζει το χρώμα του καλωδίου, αυτό παριστάνεται στο διάγραμμα συνδεσμολογίας με μια τοξοειδής γραμμή κάθετα στο καλώδιο. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζεται μεταφρασμένη η επεξήγηση των συμβόλων του χρωματικού κώδικα που ακολουθείται σε αυτό το διάγραμμα συνδεσμολογίας.

Πίνακας 1.1 Επεξήγηση των συμβόλων του χρωματικού κώδικα

bl = Μπλέ	br = Καφέ	el = Κρεμ (cream)	ge = Κίτρινο
gn = Πράσινο	gr = Γκρι	nf = Άχρωμος	og = Πορτοκαλί
rs = Ροζ	rt = Κόκκινο	sw = Μαύρο	vi = Βιολετί
ws = Άσπρο	hbl = Ανοιχτό μπλε	hgn = Ανοιχτό πράσινο	rbr = Καστανέρυθρο
x = Καλώδιο με θωράκιση σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές	y = Καλώδιο υψηλής τάσης	z = Σύνδεση χωρίς καλώδιο	

(Πηγή: Μετάφραση από Autodata, Autodata Limited)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

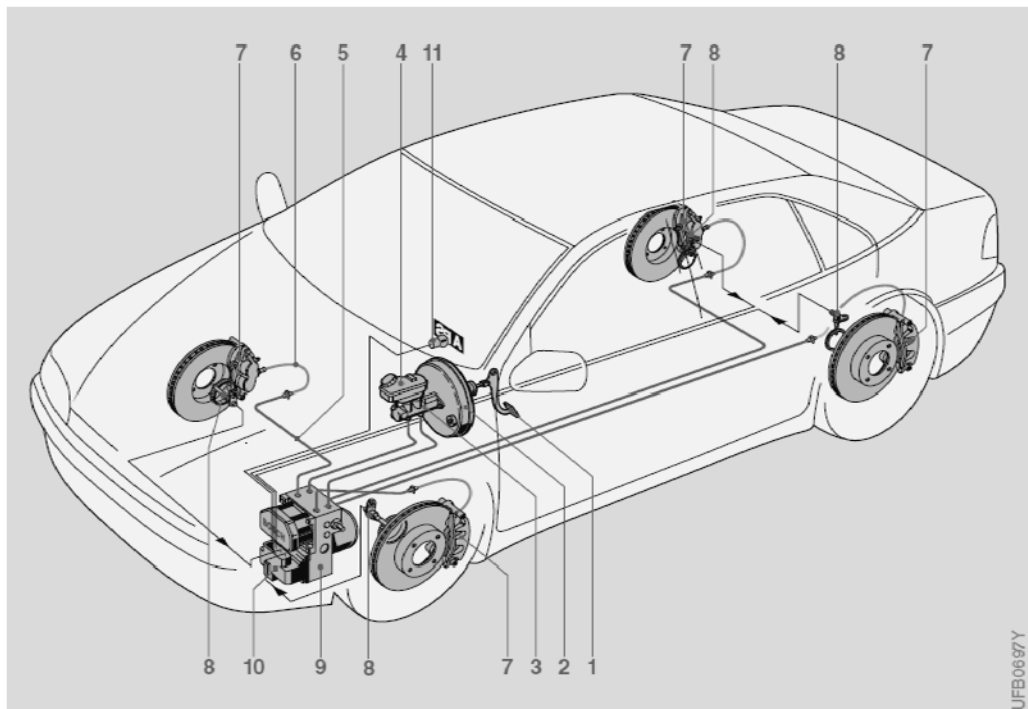
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αυτοκίνητα σήμερα εξοπλίζονται με όλο και περισσότερα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας. Σε αυτό βοηθάει η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη στα ηλεκτρονικά και μηχανικά μέρη που τα απαρτίζουν ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση και αξιοπιστία αυτών των συστημάτων έχοντας ωστόσο μικρότερο κόστος κατασκευής. Τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας βοηθούν στην πρόληψη των ατυχημάτων. Αυτό το επιτυγχάνουν με το να υποβοηθούν το οδηγό στο χειρισμό του αυτοκινήτου ώστε να διατηρεί σε κάθε περίπτωση τον έλεγχο του. Τα συστήματα παθητικής ασφάλειας προστατεύουν τους επιβαίνοντες στο αυτοκίνητο από σοβαρό τραυματισμό σε περίπτωση τροχαίου ατυχήματος. Στο παρόν κεφάλαιο θα μελετήσουμε την τυπική λειτουργία του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών, του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης και του συστήματος ελέγχου ευστάθειας τα οποία αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα συστημάτων ενεργητικής ασφάλειας. Επίσης θα μελετήσουμε την τυπική λειτουργία του συστήματος αερόσακου το οποίο αντίστοιχα είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα συστήματος παθητικής ασφάλειας. Με το “τυπική λειτουργία” εννοούμε τη λειτουργία ενός ενδεικτικού συστήματος καθώς για κάθε σύστημα υπάρχει μια ποικιλία συστημάτων ως προς τη δομή.

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΡΟΧΩΝ

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (ή ABS – Antilock Braking System) χρησιμοποιείται για την αποφυγή του μπλοκαρίσματος των τροχών κατά τη διάρκεια φρεναρίσματος πανικού. Συνεπώς το όχημα παραμένει σταθερό στην πορεία του και ελεγχόμενο από τον οδηγό κατά το φρενάρισμα. Το σύστημα πέδησης που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα είναι αυτό που αποτελείται από δύο υδραυλικά κυκλώματα τα οποία κατανέμουν τη δύναμη πέδησης χιαστί. Η αντλία του φρένου αυτού του συστήματος είναι διπλής ενέργειας και τροφοδοτεί ξεχωριστά με υγρό φρένων τα φρένα του κάθε ζεύγους των διαγωνίων τροχών. Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών τεσσάρων καναλιών χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές σήμερα. Σε αυτό το σύστημα γίνεται έλεγχος

για μπλοκάρισμα σε κάθε έναν τροχό ξεχωριστά. Στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται η δομή ενός συστήματος πέδησης με ABS τεσσάρων καναλιών. Το σύστημα πέδησης με ABS τεσσάρων καναλιών εκτός από τη χρήση των εξαρτημάτων του συμβατικού συστήματος πέδησης χρησιμοποιεί επιπλέον τέσσερις αισθητήρες ταχύτητας τροχών (Σχήμα 2.1, (8)), μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (Σχήμα 2.1, (10)), μία ηλεκτροϋδραυλική μονάδα (Σχήμα 2.1, (9)) και μία προειδοποιητική λυχνία σφάλματος στο ABS (Σχήμα 2.1, (11)).



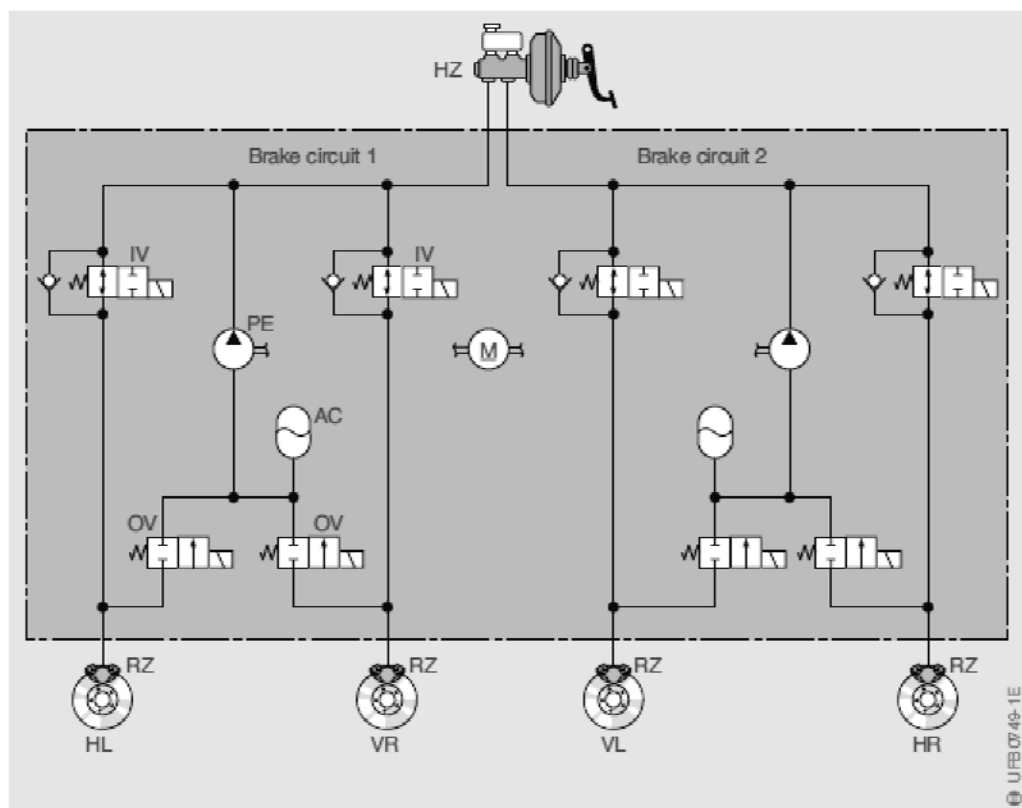
Σχήμα 2.1 Σύστημα πέδησης με ABS τεσσάρων καναλιών

1. Πεντάλ φρένου 2. Σεβρό 3. Αντλία φρένου 4. Δοχείο υγρού φρένου 5. Μεταλλικοί σωλήνες μεταφοράς υγρού φρένου 6. Ελαστικοί σωλήνες μεταφοράς υγρού φρένου 7. Δαγκάνες φρένων 8. Αισθητήρες ταχύτητας τροχών 9. Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα 10. Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου ABS 11. Προειδοποιητική λυχνία ABS

(Πηγή: Driving Stability Systems, 2005, Σελ. 28, Robert Bosch GmbH)

Ως αισθητήρα ταχύτητας του τροχού χρησιμοποιείται συνήθως ένας αισθητήρας ταχύτητας στροφών μαγνητικής αντίστασης ή σε νεότερες εφαρμογές ένας αισθητήρας φαινομένου Hall . Αντίστοιχα, η λειτουργία αυτού του αισθητήρα είτε είναι όμοια με τη λειτουργία του αισθητήρα ταχύτητας – θέσης στροφαλοφόρου άξονα που περιγράψαμε στην υποενότητα 1.4.1 του πρώτου κεφαλαίου, είτε με τη λειτουργία του αισθητήρα θέσης του εκκεντροφόρου άξονα που περιγράψαμε στην υποενότητα 1.4.2 του πρώτου κεφαλαίου. Τα τελευταία χρόνια η HME του ABS είναι προσκολλημένη στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα και αποτελούν μαζί ένα συμπαγές σώμα. Η HME του ABS δέχεται στις εισόδους τις τα σήματα των τεσσάρων αισθητήρων ταχύτητας τροχών και του διακόπτη του πεντάλ του φρένου. Στην

περίπτωση που πατηθεί το πεντάλ του φρένου και κάποιος τροχός μπλοκάρει τότε η ΗΜΕ του ABS στέλνει ανάλογα σήματα στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα η οποία αποτελεί τον ενεργοποιητή του συστήματος. Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα αποτελείται από ένα dc κινητήρα ο οποίος κινεί την υδραυλική αντλία μιας κατεύθυνσης (PE, Σχήμα 2.2), από οκτώ ηλεκτρομαγνητικές 2/2 βαλβίδες οι οποίες χρησιμοποιούνται δύο σε κάθε τροχό μία για την εισαγωγή υγρών στις δαγκάνες και μία για εξαγωγή υγρών από αυτές (IV – Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής, OV – Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής, Σχήμα 2.2) και από δύο υδραυλικούς συσσωρευτές όπου χρησιμοποιείται ένας για κάθε υδραυλικό κύκλωμα των φρένων για να αποθηκεύει υδραυλική ενέργεια (AC, Σχήμα 2.2).



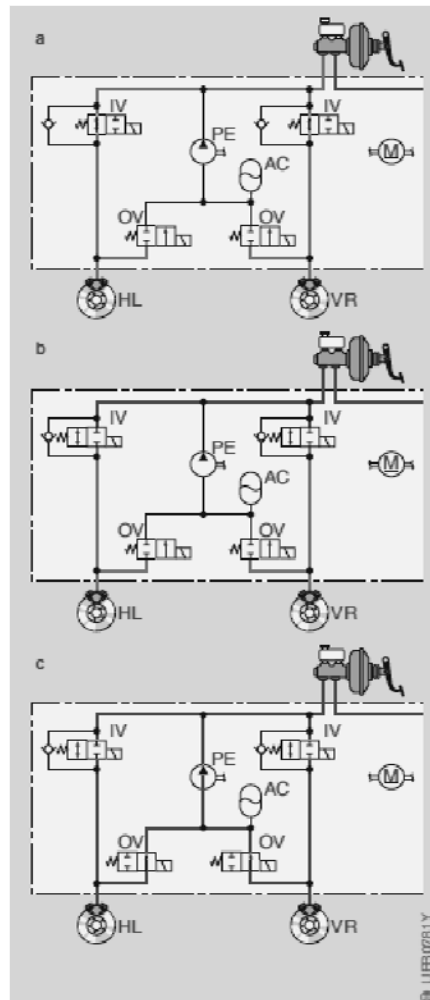
Σχήμα 2.2 Υδραυλικό διάγραμμα ενός συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών τεσσάρων καναλιών
 HZ: Αντλία φρένου RZ: Δαγκάνες φρένων IV: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισαγωγής OV:
 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εξαγωγής PE: Υδραυλική αντλία μιας κατεύθυνσης M:
 Ηλεκτροκινητήρας υδραυλικής αντλίας AC: Υδραυλικός συσσωρευτής HL: Πίσω – Αριστερά
 VR: Εμπρός – Δεξιά VL: Εμπρός – Αριστερά HR: Πίσω – Δεξιά
 (Πηγή: Driving Stability Systems, 2005, Σελ. 91, Robert Bosch GmbH)

Όταν η ΗΜΕ του ABS δεν έχει λάβει σήμα φρεναρίσματος ή/και κάποιος τροχός δεν έχει μπλοκάρει τότε οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας έχουν την κατάσταση που απεικονίζεται στο σχήμα 2.2. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισαγωγής είναι ανοιχτές, ενώ οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες

εξαγωγής είναι κλειστές. Συνεπώς, σε περίπτωση που ο οδηγός θέλει να φρενάρει το σύστημα πέδησης να λειτουργήσει όπως ένα συμβατικό χωρίς ABS. Όταν ο οδηγός πατήσει δυνατά φρένο ώστε κάποιος τροχός να μπλοκάρει τότε αυτός ολισθαίνει ενώ οι υπόλοιποι περιστρέφονται. Η ΗΜΕ του ABS λαμβάνει τρία όμοια σήματα από τους αισθητήρες ταχύτητας των τριών τροχών που περιστρέφονται και σήμα μηδενικής ταχύτητας περιστροφής από τον τέταρτο. Μέσω αυτής της διαδικασίας η ΗΜΕ του ABS αναγνωρίζει ποιος τροχός είναι μπλοκαρισμένος. Ακολούθως η ΗΜΕ του ABS ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα ο οποίος περιστρέφει την υδραυλική αντλία και κλείνει την αντίστοιχη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής του τροχού που έχει μπλοκάρει, ώστε να σταματήσει την επιπλέον παροχή πιεσμένου υγρού φρένων στην δαγκάνα. Το σύστημα πέδησης με ABS όταν βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση λέμε ότι λειτουργεί στο στάδιο διατήρησης πίεσης. Εφόσον συνεχίζεται η ολίσθηση του τροχού η ΗΜΕ του ABS στέλνει σήμα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής αυτού του τροχού να ανοίξει ώστε τα υγρά φρένων να επιστρέψουν πίσω προς την αντλία των φρένων. Στο σωλήνα επιστροφής των υγρών φρένων τοποθετείτε ένας υδραυλικός συσσωρευτής ο οποίος χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει προσωρινά την υδραυλική ενέργεια και ακολούθως με τη βοήθεια της υδραυλικής αντλίας το υγρό φρένων να διοχετευτεί προς την αντλία των φρένων με αποτέλεσμα να διατηρείται η πίεση του συστήματος. Όταν το σύστημα πέδησης με ABS βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση τότε λέμε ότι λειτουργεί στο στάδιο μείωσης της πίεσης. Από τη στιγμή που μειωθεί η πίεση του υγρού φρένων στη δαγκάνα ο τροχός ξεμπλοκάρει και αρχίζει να περιστρέφεται. Καθώς περιστρέφεται ο τροχός το σήμα του αισθητήρα ταχύτητας του τροχού παράγει αντίστοιχο σήμα το οποίο πληροφορεί την ΗΜΕ του ABS ότι ο τροχός περιστρέφεται. Με τη σειρά της η ΗΜΕ του ABS στέλνει σήμα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής να κλείσει και στη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής να ανοίξει. Έτσι επιτυγχάνεται πάλι αύξηση της πίεσης του υγρού των φρένων στην δαγκάνα ώστε να φρενάρει περισσότερο. Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος πέδησης με ABS λέμε ότι λειτουργεί στο στάδιο αύξησης της πίεσης. Στο σχήμα 2.3 που ακολουθεί απεικονίζεται η κατάσταση κάθε ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας σε κάθε ένα από τα τρία στάδια λειτουργίας του συστήματος πέδησης με ABS όταν έχουν μπλοκάρει δύο τροχοί. Αυτά τα τρία στάδια λειτουργίας του συστήματος πέδησης με ABS επαναλαμβάνονται συνέχεια έως ότου να σταματήσει η ολίσθηση του τροχού ή να ελευθερωθεί το πεντάλ του φρένου. Από τη στιγμή που σταματήσει η λειτουργία του ABS η υδραυλική αντλία συνεχίζει να λειτουργεί για ένα περίπου δευτερόλεπτο έως ότου να αδειάσει ο υδραυλικός συσσωρευτής. Κατά τη λειτουργία του ABS η επιστροφή των υγρών στην αντλία του φρένου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή

δονήσεων στο πεντάλ του φρένου. Αυτές οι δονήσεις περιορίζονται χρησιμοποιώντας αποσβεστήρες παλμών στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.

Τέλος, όσον αφορά το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών θα πρέπει να πούμε ότι έχει δύο βασικά μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι ότι αυτό το σύστημα δεν λειτουργεί για ταχύτητα αυτοκινήτου κάτω από περίπου 7 Km/h επειδή οι αισθητήρες ταχύτητας των τροχών παράγουν εσφαλμένα σήματα. Το δεύτερο είναι ότι αυτό το σύστημα δε λειτουργεί αποδοτικά σε σαθρό έδαφος με χαλίκι ή στο χιόνι λόγω της αυξημένης ολίσθησης που έχει ο τροχός σε αυτά τα εδάφη με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη απόσταση που χρειάζεται το αυτοκίνητο για να ακινητοποιηθεί. Σε αυτή την περίπτωση το συμβατικό σύστημα πέδησης είναι πιο αποδοτικό επειδή κατά το φρενάρισμα τα χαλίκια ή το χιόνι μαζεύονται στο μπροστινό μέρος του ελαστικού σχηματίζοντας σφήνα με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόσταση φρεναρίσματος.



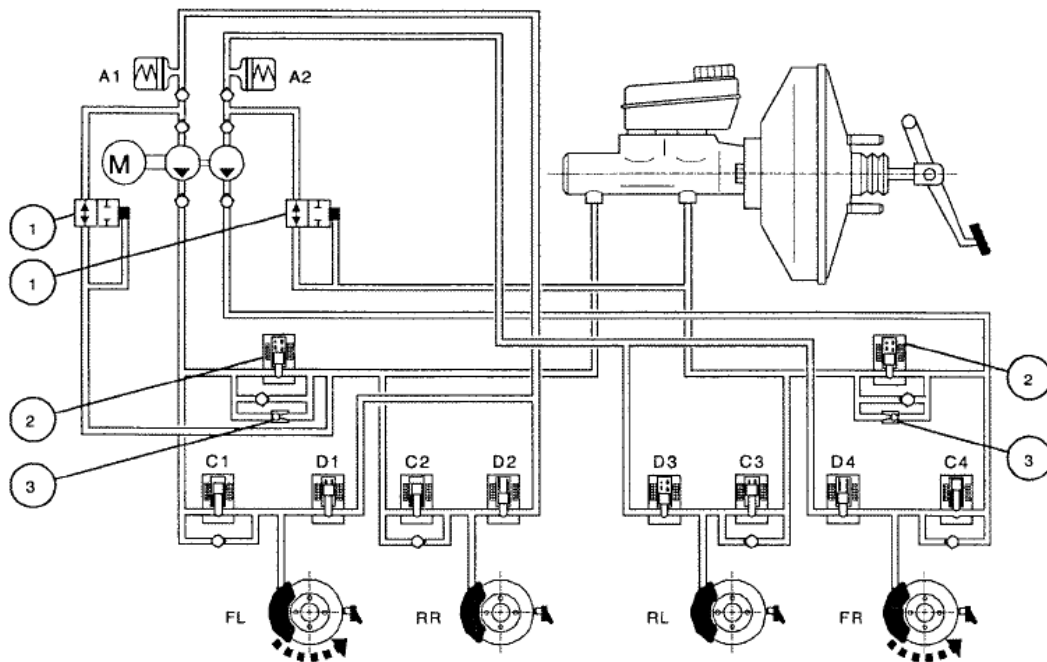
Σχήμα 2.3 Τα τρία στάδια λειτουργίας του συστήματος πέδησης με ABS

- Στάδιο αύξησης πίεσης
- Στάδιο διατήρησης πίεσης
- Στάδιο μείωσης πίεσης

(Πηγή: Driving Stability Systems, 2005, Σελ. 94, Robert Bosch GmbH)

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΣΦΥΣΗΣ

Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης (ή TCS – Traction Control System) έχει ως σκοπό να περιορίζει την ανεξέλεγκτη περιστροφή των κινητήριων τροχών σε περίπτωση που χάσουν την πρόσφυσή τους κατά την επιτάχυνση ή όταν το οδόστρωμα είναι ολισθηρό. Το σύστημα αυτό αποτελεί επέκταση του συστήματος ABS χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες, την ΗΜΕ και την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του ABS. Η ΗΜΕ του ABS είναι επιπρόσθετα επιφορτισμένη με την διαχείριση του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης οπότε έχει τροποποιηθεί ως προς τη δομή της και ως προς το λογισμικό της. Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα, όπως παρατηρούμε στο υδραυλικό διάγραμμα του σχήματος 2.4, έχει επιπλέον δύο υδραυλικές βαλβίδες (Σχήμα 2.4, (1)), δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (Σχήμα 2.4, (2)) και δύο ανακουφιστικές βαλβίδες (Σχήμα 2.4, (3)). Ο έλεγχος της πρόσφυσης των κινητήριων τροχών επιτυγχάνεται με το να φρενάρει το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης τον τροχό ο οποίος περιστρέφεται ανεξέλεγκτα. Η πίεση του υγρού των φρένων στην αντίστοιχη δαγκάνα δεν προέρχεται από τον οδηγό μέσω της αντλίας των φρένων αλλά από την ηλεκτροϋδραυλική αντλία.



Σχήμα 2.4 Υδραυλικό διάγραμμα ενός συστήματος ελέγχου πρόσφυσης

A1, A2: Υδραυλικοί συσσωρευτές M: Ηλεκτροκινητήρας υδραυλικής αντλίας C1, C2, C3, C4: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισαγωγής D1, D2, D3, D4: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εξαγωγής FL: Εμπρός – Αριστερά δαγκάνα του φρένου RR: Πίσω – Δεξιά δαγκάνα του φρένου RL: Πίσω – Αριστερά δαγκάνα του φρένου FR: Εμπρός – Δεξιά δαγκάνα του φρένου 1: Υδραυλικές βαλβίδες 2: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες 3: Ανακουφιστικές βαλβίδες

(Πηγή: Automotive Computer Controlled Systems, 2001, Σελ. 24, Butterworth-Heinemann)

Το υδραυλικό διάγραμμα του σχήματος 2.4 απεικονίζει την κατάσταση των υδραυλικών και ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων κατά τη διάρκεια ενεργοποίησης του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης σε ένα αυτοκίνητο το οποίο έχει την κίνηση στους εμπρός τροχούς και έχει χάσει πρόσφυση ο εμπρός – δεξιά τροχός. Η ΗΜΕ του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης αναγνωρίζει ποιος τροχός έχει χάσει πρόσφυση από την ταχύτητα περιστροφής του τροχού η οποία είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα περιστροφής των υπολοίπων. Ακολούθως, η ΗΜΕ στέλνει σήματα στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (Σχήμα 2.1, (2)) να κλείσουν ώστε αποτρέψουν να περάσει πίεση υγρών από την ηλεκτροϋδραυλικής αντλία προς την αντλία των φρένων. Επίσης στέλνει σήμα να κλείσει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής C1 ώστε να μην εφαρμοστεί δύναμη πέδησης σε αυτό τον τροχό επειδή περιστρέφεται κανονικά. Έπειτα ενεργοποιεί τον dc ηλεκτροκινητήρα (Σχήμα 2.1, (M)) στον οποίο είναι συνδεδεμένη η υδραυλική αντλία. Η υδραυλική αντλία λειτουργεί μόνιμα όσο το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης είναι ενεργό απορροφώντας υγρό φρένων από το δοχείο της αντλίας των φρένων μέσω της υδραυλικής βαλβίδας (Σχήμα 2.1, (1)) η οποία είναι ανοιχτή. Η πίεση που δημιουργεί η αντλία ασκείται στην δαγκάνα του εμπρός – δεξιά τροχού μέσω της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας εισαγωγής C4 η οποία είναι ανοιχτή. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να μειωθεί η ταχύτητα περιστροφής του τροχού. Για να διατηρηθεί η ταχύτητα περιστροφής του εμπρός – δεξιά τροχού όμοια με των υπολοίπων κατά την διάρκεια ελέγχου πρόσφυσης η ΗΜΕ του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης στέλνει σήμα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής C4 και εξαγωγής D4 να ανοίξει ή να κλείσει η καθεμία ανάλογα όπως συμβαίνει στο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών. Όταν το φαινόμενο της ανεξέλεγκτης περιστροφής του τροχού σταματήσει τότε η ΗΜΕ του συστήματος πρόσφυσης σταματά των ηλεκτροκινητήρα της υδραυλικής αντλίας, ανοίγει τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (2), C1 και C4 ενώ κλείνει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής D4. Έτσι το σύστημα πέδησης επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Σε περίπτωση που πατηθεί το φρένο οι υδραυλικές βαλβίδες (1) αλλάζουν κατάσταση και κλείνουν αποτρέποντας την πίεση υγρού στην ηλεκτροϋδραυλική αντλία. Στο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης η ηλεκτροϋδραυλική αντλία έχει σχεδιασθεί ώστε να έχει μεγαλύτερη παροχή υγρού από ότι χρειάζεται για να λειτουργήσουν κανονικά τα φρένα, έτσι χρησιμοποιούνται δύο ανακουφιστικές βαλβίδες. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες ανοίγουν όταν οι πίεση του υγρού φρένων περάσει κάποιο όριο και το υγρό φρένων επιστρέφεται στο δοχείο της αντλίας του φρένου. Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης έχει σχεδιασθεί ώστε να σταματά τη λειτουργία του σε μία από τις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Ο κινητήριος τροχός σταματήσει την ανεξέλεγκτη περιστροφή

2. Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης των φρένων
3. Ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου
4. Έχει επιλεγθεί η απενεργοποίηση του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης

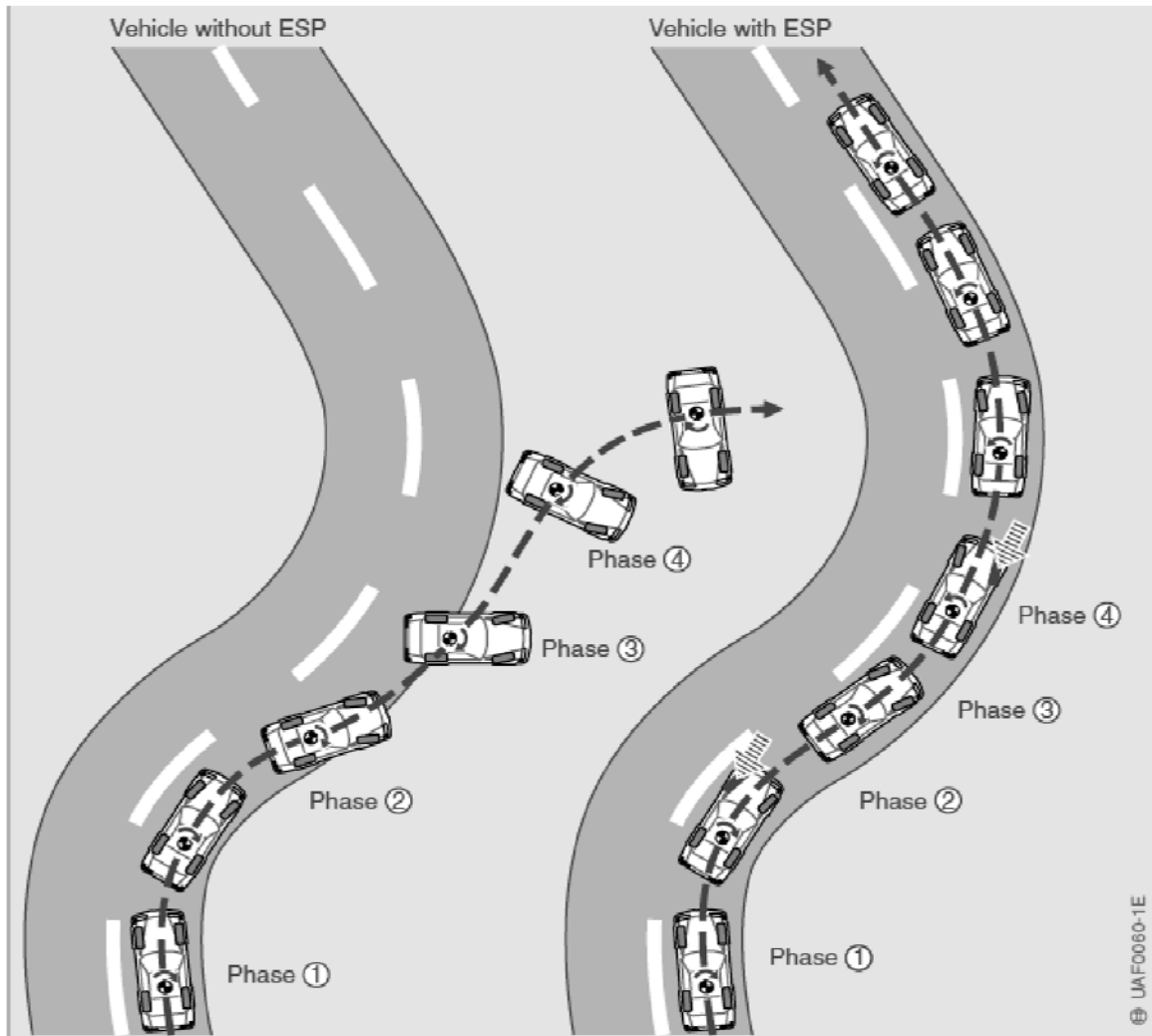
Στα σύγχρονα αυτοκίνητα ο έλεγχος της πρόσφυσης των κινητήριων τροχών εκτός από την διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω πραγματοποιείται συμπληρωματικά και από την HME του κινητήρα με τους παρακάτω τρόπους.

1. Προσωρινά αναστέλλοντας ή χρονίζοντας κατάλληλα την ανάφλεξη σε έναν ή περισσότερους κυλίνδρους
2. Μειώνοντας τον ψεκασμό καυσίμου σε έναν ή περισσότερους κυλίνδρους
3. Κλείνοντας την πεταλούδα του γκαζιού

Συνεπώς χρειάζεται η HME του συστήματος πρόσφυσης να συνεργαστεί με την HME του κινητήρα για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όπως θα μελετήσουμε στο κεφάλαιο τέσσερα η συνεργασία αυτή επιτυγχάνεται με κάποιο πρωτόκολλο επικοινωνίας.

2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Το σύστημα ελέγχου ευστάθειας (ESP – Electronic Stability Program) αποτελεί επέκταση του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών και του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης. Το σύστημα αυτό έχει σχεδιασθεί για να υποβοηθάει τον οδηγό στο χειρισμό του αυτοκινήτου ώστε να διατηρηθεί η ευστάθεια του οχήματος σε περίπτωση απότομων ελιγμών, υπερστροφής και υποστροφής. Ένα αυτοκίνητο λέμε ότι υπερστρέφει όταν αυτό κινείται σε μια στροφή και οι τροχοί του πίσω άξονα χάνουν πρόσφυση με αποτέλεσμα να διαγράφουν μεγαλύτερο τόξο από τους μπροστινούς. Αντίθετα, ένα αυτοκίνητο λέμε ότι υποστρέφει όταν καθώς κινείται σε μια στροφή οι τροχοί του εμπρός άξονα χάνουν πρόσφυση με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να μη στρίβει αλλά να κινείται ευθεία. Ανάλογα με το σύστημα διαχείρισης κινητήρα και το σύστημα μετάδοσης κίνησης του αυτοκινήτου, το σύστημα ελέγχου ευστάθειας μπορεί να διορθώσει μια κατάσταση έλλειψης ελέγχου του αυτοκινήτου από τον οδηγό είτε φρενάροντας τους ανάλογους τροχούς είτε επιπλέον περιορίζοντας ή κατανέμοντας την ροπή του κινητήρα στους κινητήριους τροχούς. Συνεπώς, η επικοινωνία αυτών των συστημάτων αυτοματισμού θα πρέπει να είναι γρήγορη και με πολύ μικρό σφάλμα.



Σχήμα 2.5 Τροχιά που διαγράφει το αυτοκίνητο κατά την κίνησή του με μεγάλη ταχύτητα σε μια αλληλουχία στροφών

Αριστερά: Αυτοκίνητο χωρίς σύστημα ελέγχου ευστάθειας

Φάση 1) Ο οδηγός στρίβει στην στροφή και ασκούνται πλευρικές δυνάμεις στο αυτοκίνητο

Φάση 2) Το αυτοκίνητο αρχίζει να γίνεται ασταθές

Φάση 3) Ο οδηγός έχει χάσει τον έλεγχο του αυτοκινήτου καθώς έχει ανάποδο τιμόνι (countersteer)

Φάση 4) Το αυτοκίνητο γίνεται πλέον μη ελέγξιμο από τον οδηγό

Δεξιά: Αυτοκίνητο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας

Φάση 1) Ο οδηγός στρίβει στην στροφή και ασκούνται πλευρικές δυνάμεις στο αυτοκίνητο

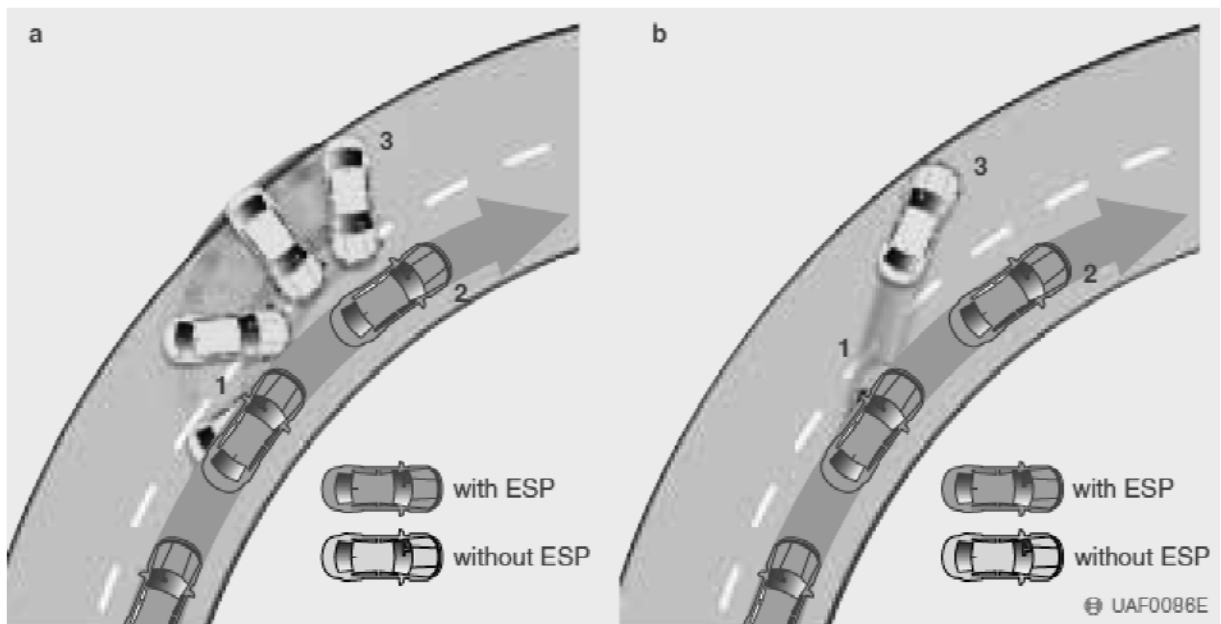
Φάση 2) Το αυτοκίνητο αρχίζει να γίνεται ασταθές. Το σύστημα ελέγχου ευστάθειας ενεργοποιείται φρενάροντας τον εμπρός – αριστερά τροχό

Φάση 3) Ο οδηγός διατηρεί τον έλεγχο του αυτοκινήτου

Φάση 4) Το σύστημα ελέγχου ευστάθειας ολοκληρώνει το σκοπό του με το φρενάρισμα του εμπρός δεξιά τροχού

(Πηγή: Driving Stability Systems, 2005, Σελ. 55, Robert Bosch GmbH)

Στο σχήμα 2.5 απεικονίζονται οι τροχιές δύο αυτοκινήτων, εκ των οποίων το ένα είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας (Σχήμα 2.5, (Δεξιά)), όταν ο οδηγός ο οποίος οδηγεί με μεγάλη ταχύτητα σε μια αλληλουχία στροφών χάνει τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Το αυτοκίνητο που έχει σύστημα ελέγχου ευστάθειας με το που αναγνωρίσει αστάθεια (Σχήμα 2.5, (Φάση 2)) φρενάρει τους ανάλογους τροχούς (Σχήμα 2.5, (Βέλος)) και επιπλέον μπορεί να περιορίσει την ροπή του κινητήρα ώστε να διατηρηθεί ο έλεγχος του αυτοκινήτου από τον οδηγό. Αντίθετα, στο αυτοκίνητο που δεν υπάρχει το σύστημα αυτό η αστάθεια του οχήματος αντιμετωπίζεται μόνο από το κατά πόσο έμπειρος είναι ο οδηγός.



Σχήμα 2.6 Τροχιά που διαγράφει το αυτοκίνητο όταν είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας (with ESP) και όταν δεν είναι εξοπλισμένο με αυτό το σύστημα (without ESP)

a) Όταν υπερστρέφει

1. Οι τροχοί του πίσω άξονα έχουν χάσει πρόσφυση
2. Το σύστημα ελέγχου ευστάθειας έχει ενεργοποιηθεί φρενάροντας τον εμπρός – εξωτερικό (αριστερό) τροχό με συνέπεια τη διατήρηση του ελέγχου του αυτοκινήτου
3. Το αυτοκίνητο χωρίς σύστημα ελέγχου ευστάθειας υπερστρέφει καθώς ο οδηγός έχει χάσει τον έλεγχο του αυτοκινήτου

b) Όταν υποστρέφει

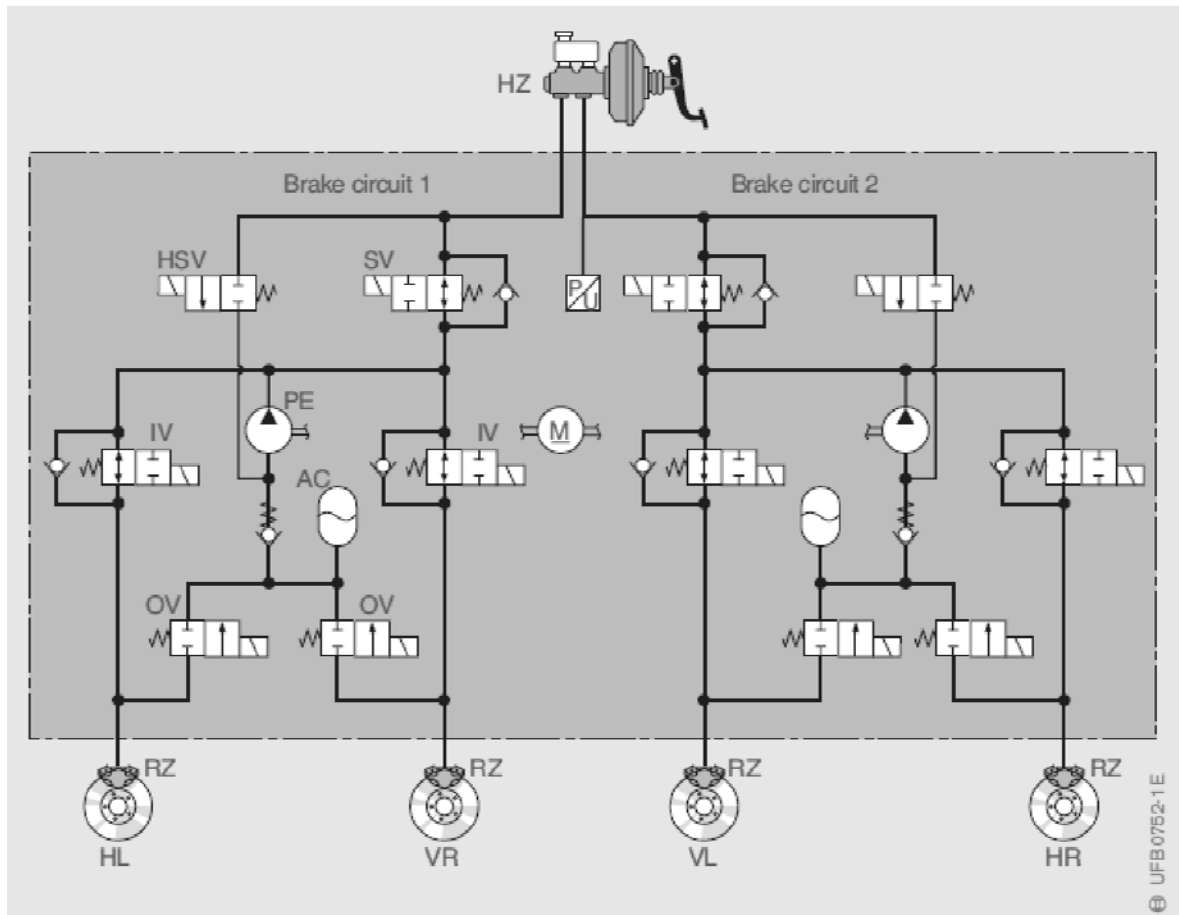
1. Οι τροχοί του εμπρός άξονα έχουν χάσει πρόσφυση
2. Το σύστημα ελέγχου ευστάθειας έχει ενεργοποιηθεί φρενάροντας τον πίσω – εσωτερικό (δεξιά) τροχό με συνέπεια να αποφευχθεί ο κίνδυνος της υποστροφής του αυτοκινήτου
3. Το αυτοκίνητο χωρίς σύστημα ελέγχου ευστάθειας υποστρέφει καθώς ο οδηγός έχει χάσει τον έλεγχο του αυτοκινήτου

(Πηγή: Driving Stability Systems, 2005, Σελ. 55, Robert Bosch GmbH)

Στο σχήμα 2.6 απεικονίζεται οι τροχιά ενός αυτοκινήτου που είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας και ενός αυτοκινήτου το οποίο δεν είναι εξοπλισμένο με το σύστημα αυτό όταν τα αυτοκίνητα αυτά, κατά την κίνησή τους σε μια δεξιά στροφή, υπερστρέψουν (Σχήμα 2.6, (a)) και όταν υποστρέψουν (Σχήμα 2.6, (b)). Παρατηρώντας το σχήμα 2.6 (a) το αυτοκίνητο αρχίζει να υπερστρέφει (1) χάνοντας πρόσφυση οι πίσω τροχοί και κινούμενοι με κατεύθυνση στο το εξωτερικό μέρος της στροφής. Στην περίπτωση που το αυτοκίνητο είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας αναγνωρίζει αυτήν την κατάσταση και φρενάρει τον εμπρός – εξωτερικό τροχό ώστε να σταματήσει η συνέχιση αυτού του φαινομένου (2). Αντίθετα, στο αυτοκίνητο το οποίο δεν είναι εφοδιασμένο με αυτό το σύστημα αποκλειστικά υπεύθυνος για να αποτρέψει τη συνέχιση του φαινομένου της υπερστροφής είναι ο οδηγός. Στην περίπτωση που ο οδηγός δεν είναι αρκετά έμπειρος το αυτοκίνητο διαγράφει την τροχιά (3). Αντίστοιχα στο σχήμα 2.6 (b) το αυτοκίνητο αρχίζει να υποστρέφει κινούμενο ευθεία πάνω στην στροφή καθώς έχει χάσει πρόσφυση ο εμπρός άξονας (1). Το αυτοκίνητο που είναι εφοδιασμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας αφού αναγνωρίσει αυτή την κατάσταση φρενάρει τον πίσω εσωτερικό τροχό. Συνεπώς το φαινόμενο της υποστροφής σταματάει και ο οδηγός έχοντας τον έλεγχο του αυτοκινήτου συνεχίζει την πορεία (2). Αντίθετα το αυτοκίνητο το οποίο δεν είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου ευστάθειας και ο οδηγός είναι άπειρος ακολουθεί την πορεία (3).

Το σύστημα ελέγχου ευστάθειας αξιοποιώντας και επεκτείνοντας τα χαρακτηριστικά του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών και του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης μπορεί να ασκήσει ενεργά δύναμη πέδησης σε οποιονδήποτε από τους τέσσερις τροχούς ανάλογα με το φαινόμενο αστάθειας στο οποίο βρίσκεται το αυτοκίνητο. Επιπρόσθετα, πρωταγωνιστικό ρόλο στον έλεγχο της ευστάθειας του αυτοκινήτου παίζει το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα μέσω του οποίου μπορεί να περιοριστεί η ροπή του κινητήρα, σε πιο απλά συστήματα, έως να ασκηθεί ξεχωριστή ροπή σε κάθε τροχό, σε πιο πολύπλοκα. Η HME του συστήματος ελέγχου ευστάθειας αποτελεί εξελιγμένη μορφή της HME του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης και μέσω αυτής λειτουργούν και τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που περιγράψαμε παραπάνω. Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του συστήματος ελέγχου ευστάθειας είναι όμοια με αυτή του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης, με τη διαφορά ότι σε αυτή χρησιμοποιούνται εξαρτήματα με βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Μία ακόμα διαφορά μεταξύ των δύο ηλεκτροϋδραυλικών μονάδων είναι ότι στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του συστήματος ελέγχου ευστάθειας οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (Σχήμα 2.7, (SV)) οι οποίες είναι υπεύθυνες να μπλοκάρουν την πίεση των υγρών φρένων από την ηλεκτροϋδραυλική αντλία προς την αντλία των φρένων τοποθετούνται πριν από τις δύο

ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισαγωγής σε κάθε υδραυλικό κύκλωμα πέδησης. Στο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης οι αντίστοιχες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες τοποθετούνταν πριν την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής του κινητήριου τροχού σε κάθε υδραυλικό κύκλωμα πέδησης. Τέλος, μια επιπλέον διαφορά είναι η αντικατάσταση των υδραυλικών βαλβίδων οι οποίες επιτρέπουν στο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης την παροχή υγρού φρένων από το δοχείο της αντλίας του φρένου προς την ηλεκτροϋδραυλική αντλία του κάθε υδραυλικού κυκλώματος πέδησης με ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (Σχήμα 2.7, (HSV)). Αυτή η αντικατάσταση έγινε επειδή χρειάζεται ταχύτερος έλεγχος σε αυτό το σημείο του υδραυλικού κυκλώματος. Στο σχήμα 2.7 που ακολουθεί απεικονίζεται το υδραυλικό διάγραμμα της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ενός συστήματος ελέγχου ευστάθειας όταν αυτό είναι απενεργοποιημένο. Για να ανιχνεύσει το σύστημα ελέγχου ευστάθειας πότε και κάτω από ποιες συνθήκες το αυτοκίνητο γίνεται ασταθές χρησιμοποιείται επιπρόσθετα ένας αριθμός αισθητήρων σε σχέση με τα δύο προηγούμενα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που περιγράψαμε. Ο αισθητήρας ταχύτητας εκτροπής (yaw rate sensor) είναι ένας από τους βασικότερους αισθητήρες του συστήματος ελέγχου ευστάθειας. Ο αισθητήρας αυτός είναι υπεύθυνος να μετρά την ταχύτητα περιστροφή του αυτοκινήτου γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Σήμερα, στο σώμα του αισθητήρα ταχύτητας εκτροπής έχει ενσωματωθεί ο αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης (lateral acceleration sensor). Ο αισθητήρας αυτός παλαιότερα ήταν αυτόνομος και έχει ως σκοπό τη μέτρηση της πλευρικής επιτάχυνσης του αυτοκινήτου. Δύο ακόμη βασικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα ελέγχου ευστάθειας είναι ο αισθητήρας γωνίας του τιμονιού και ο αισθητήρας πίεσης του υγρού των φρένων. Από αυτούς τους επιπλέον αισθητήρες η HME του συστήματος ελέγχου ευστάθειας μπορεί να υπολογίσει τις δυνάμεις που ασκούνται στους τροχούς του αυτοκινήτου καθώς και τα χαρακτηριστικά της ολίσθησης αυτών. Συνεπώς, όταν η HME αυτού του συστήματος αναγνωρίσει αστάθεια στο αυτοκίνητο τότε ενεργοποιεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα όμοια όπως την ενεργοποιεί στο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης με τη μόνη διαφορά ότι μπορεί να φρενάρει οποιονδήποτε από του τέσσερις τροχούς ανάλογα με το είδος της αστάθειας. Επιπλέον ενημερώνει την HME του κινητήρα για την τρέχον κατάσταση οδήγησης του αυτοκινήτου ώστε ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος διαχείρισης κινητήρα να μειώσει ή να καταλείψει την ροπή του κινητήρα στους κινητήριους τροχούς.

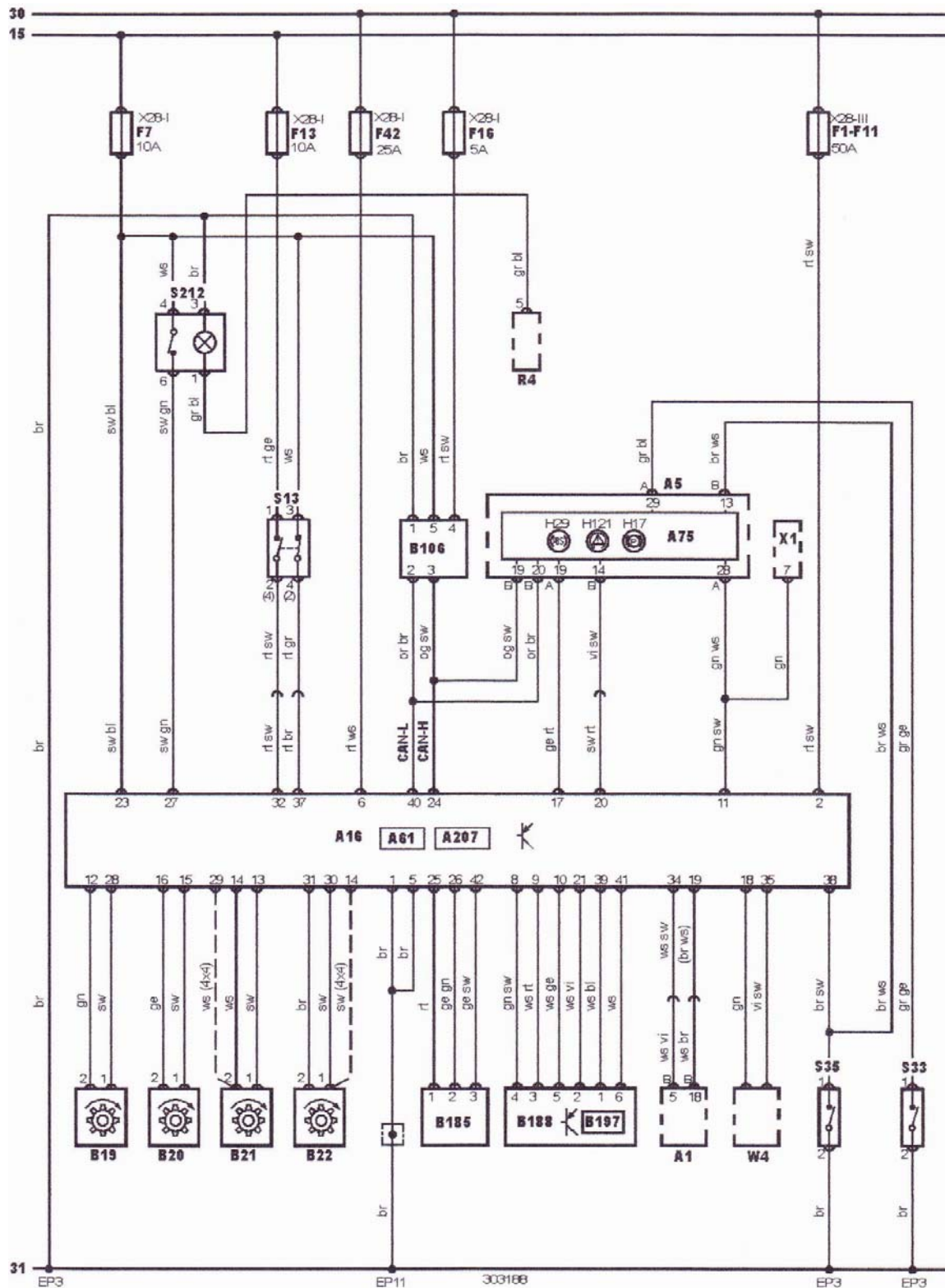


Σχήμα 2.7 Υδραυλικό διάγραμμα ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ενός συστήματος ελέγχου ευστάθειας

HZ: Αντλία φρένου RZ: Δαγκάνες φρένων IV: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισαγωγής OV: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εξαγωγής PE: Υδραυλική αντλία μιας κατεύθυνσης M: Ηλεκτροκινητήρας υδραυλικής αντλίας AC: Υδραυλικός συσσωρευτής HL: Πίσω – Αριστερά VR: Εμπρός – Δεξιά VL: Εμπρός – Αριστερά HR: Πίσω – Δεξιά HSV: Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα SV: Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

(Πηγή: Driving Stability Systems, 2005, Σελ. 92, Robert Bosch GmbH)

Έχοντας μελετήσει τη βασική λειτουργία και δομή των τριών παραπάνω συστημάτων ενεργητικής ασφάλειας, παρακάτω θα δώσουμε ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ενός αυτοκινήτου το οποίο είναι εξοπλισμένο με αυτά τα τρία συστήματα αυτοματισμού. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να πούμε ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία αυτών των συστημάτων ενεργητικής ασφάλειας ως προς τη δομή και τη λειτουργία καθώς ανάλογα με τη σχεδίαση των συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου από τον κατασκευαστή του χρησιμοποιούνται εξαρτήματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.



Σχήμα 2.8 Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών στο οποίο έχουν ενσωματωθεί το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και το σύστημα ελέγχου ευστάθειας ενός Volkswagen Passat 1.600 cm³ 2001 – 2005 με αριθμό κινητήρα ALZ (Autodata, Autodata Limited)

Το παραπάνω σχήμα (Σχήμα 2.8) απεικονίζει το διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών στο οποίο είναι ενσωματωμένο το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και το σύστημα ελέγχου ευστάθειας όπου όλα μαζί αποτελούν το σύστημα ενεργητικής ασφάλειας ενός Volkswagen Passat με κυβισμό 1.600 cm^3 και αριθμό κινητήρα ALZ το οποίο κυκλοφόρησε την περίοδο 2001 – 2005. Παρατηρώντας το σχήμα 2.8 βλέπουμε ότι υπάρχουν τρεις οριζόντιες αριθμημένες γραμμές από τις οποίες η πρώτη με τον αριθμό τριάντα δηλώνει τροφοδοσία απευθείας από το θετικό πόλο της μπαταρίας, η δεύτερη με τον αριθμό δεκαπέντε δηλώνει τροφοδοσία – σήμα από το διακόπτη της ανάφλεξης (θέση ON) και η τρίτη με τον αριθμό τριάντα ένα αποτελεί τη γείωση του συστήματος. Όπως και στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που μελετήσαμε στην ενότητα 1.6 του πρώτου κεφαλαίου έτσι και εδώ τα διάφορα εξαρτήματα συνδέονται με την HME του συστήματος με καλώδια βάση ενός χρωματικού κώδικα (Κεφάλαιο 1, ενότητα 1.6, πίνακας 1). Η HME του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (A16) έχει τροποποιημένα χαρακτηριστικά ώστε μέσω της ίδιας να μπορεί να λειτουργήσει επιπλέον το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης (A61) και το σύστημα ελέγχου ευστάθειας (A207). Η HME του συγκεκριμένου συστήματος αυτοματισμού τροφοδοτείται απευθείας από την μπαταρία στις επαφές δύο και έξι μέσω δύο ασφαλειών (F1-F11) 50 A και (F42) 25A αντίστοιχα. Επιπλέον, η HME γειώνεται στις επαφές ένα και πέντε. Για την μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής κάθε τροχού χρησιμοποιούνται τέσσερις αισθητήρες, έναν για κάθε τροχό (B19 – Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής εμπρός – αριστερά τροχού, B20 – Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής εμπρός – δεξιά τροχού, B21 – Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής πίσω – αριστερά τροχού, B22 – Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής πίσω – δεξιά τροχού). Οι αισθητήρες αυτή είναι είτε τύπου μαγνητικής αντίστασης, είτε τύπου φαινομένου Hall. Στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 2.8 παρατηρούμε επίσης ότι υπάρχει ένας αισθητήρας ο οποίος μετράει την πίεση του υγρού των φρένων (B158). Επιπρόσθετα, υπάρχει ένας αισθητήρας ταχύτητας εκτροπής (B188) ο οποίος έχει ενσωματωμένο έναν αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης (B197). Τέλος, όσον αφορά τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα ενεργητικής ασφάλειας του επιλεγμένου αυτοκινήτου, χρησιμοποιείται επίσης και ένας αισθητήρας γωνίας του τιμονιού (B106). Ο αισθητήρας αυτός τροφοδοτείται απευθείας από την μπαταρία στην επαφή τέσσερα μέσω μιας ασφάλειας (F16) 5 A και είναι υπεύθυνος στο να πληροφορεί μέσω του πρωτόκολλου επικοινωνίας CAN (Σχήμα 2.8, CAN – L, CAN – H) την HME του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας για τη τρέχουσα θέση και την ροπή στρέψης του τιμονιού. Στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 2.8 παρατηρούμε ότι υπάρχει ένας αριθμός διακοπτών. Ο διακόπτης S35 πληροφορεί την HME

του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας και την HME του πίνακα οργάνων (A75) για το πότε το χειρόφρενο είναι τραβηγμένο. Ο διακόπτης S33 πληροφορεί την HME του πίνακα οργάνων για τη στάθμη του υγρού των φρένων στο δοχείο. Η HME του πίνακα οργάνων, η οποία βρίσκεται μέσα στον πίνακα οργάνων (A5), όταν λάβει σήμα ότι το χειρόφρενο έχει τραβηχτεί ή η στάθμη του υγρού των φρένων είναι κάτω του επιτρεπτού ορίου ανάβει την ένδειξη (H17). Στο σχήμα 2.8 παρατηρούμε ότι μέσω των επαφών δεκαεννέα και είκοσι η HME του πίνακα οργάνων επικοινωνεί με το πρωτόκολλο επικοινωνίας CAN με τις HME των υπόλοιπων συστημάτων αυτοματισμού. Όταν η HME του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας αναγνωρίσει αστάθεια στο αυτοκίνητο ή κάποια βλάβη στο σύστημά της, τότε στέλνει σήμα στην HME του πίνακα οργάνων να ανάψει την ένδειξη H121 και H29 του πίνακα αντίστοιχα. Η διάγνωση του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας γίνεται μέσω της επαφής επτά της πρίζας διάγνωσης (X1). Συνεχίζοντας με την μελέτη των υπόλοιπων διακοπών του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας, υπάρχουν δύο διακόπτες οι οποίοι παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας. Ο πρώτος είναι ο διακόπτης θέσης του πεντάλ του φρένου ο οποίος είναι ένας διπλός διακόπτης με μια ανοιχτή και μια κλειστή επαφή. Χρησιμοποιούνται δύο επαφές για να μειωθεί το ποσοστό λάθους σήματος. Η μία επαφή του διακόπτη (ανοιχτή) τροφοδοτείται από τον διακόπτη της ανάφλεξης μέσω μιας ασφάλειας (F13) 10 A, ενώ η άλλη (κλειστή) τροφοδοτείται επίσης από τον διακόπτη αλλά μέσω άλλης ασφάλειας (F7, 10 A). Ο διακόπτης αυτός είναι υπεύθυνος να πληροφορεί την HME του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας για το πότε είναι πατημένο το πεντάλ του φρένου. Ο δεύτερος διακόπτης είναι ο διακόπτης απενεργοποίησης του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης (S212). Όπως το αναφέρει και το όνομά του, μέσω αυτού του διακόπτη ο οδηγός μπορεί να απενεργοποιήσει το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης. Ο διακόπτης απενεργοποίησης του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης, η μία επαφή του διακόπτη θέσης του πεντάλ του φρένου, η επαφή 1 του αισθητήρα γωνίας του τιμονιού καθώς και η επαφή 23 της HME του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας τροφοδοτούνται με τάση από το διακόπτη της ανάφλεξης μέσω της ασφάλειας (F7) 10 A. Συνεπώς, για τα δύο πρώτα εξαρτήματα η HME του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας αναγνωρίζει την κατάστασή τους, ενώ για τα δύο δεύτερα εξαρτήματα η τάση από τον διακόπτη αποτελεί το σήμα ενεργοποίησής τους. Τέλος, όσον αφορά τα εξαρτήματα που υπάρχουν στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 2.8, το εξάρτημα A1 αποτελεί μια μονάδα ήχου η οποία ηχεί όταν η HME του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας αντιληφθεί ότι το αυτοκίνητο αρχίζει να χάνει πρόσφυση. Το διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος ενεργητικής ασφάλειας

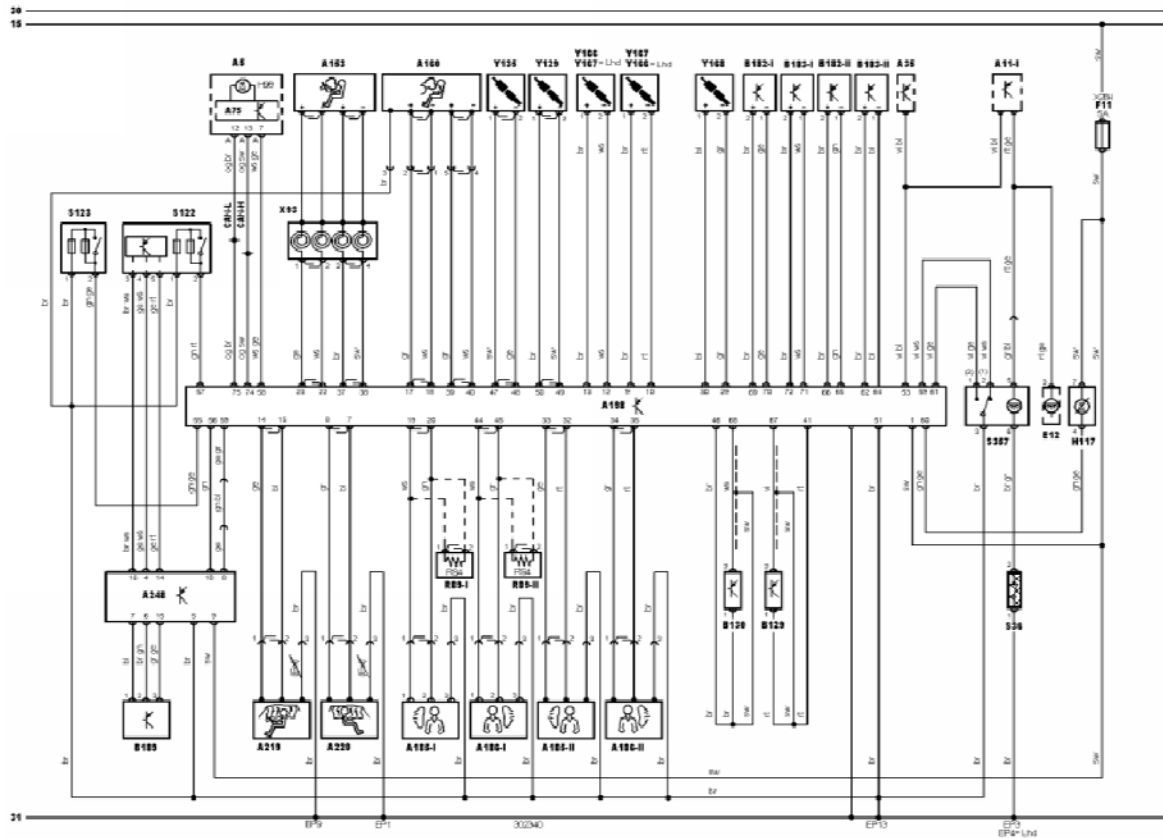
του επιλεγμένου αυτοκινήτου δεν απεικονίζει τις συνδέσεις της HME του συστήματος με την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα επειδή οι συνδέσεις αυτές είναι εσωτερικές και μη επισκέψιμες.

2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΟΣΑΚΟΥ

Το σύστημα αερόσακου λειτουργεί συμπληρωματικά του συστήματος των ζωνών ασφαλείας όπου και τα δύο μαζί αποτελούν δύο βασικά υποσυστήματα του συστήματος παθητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου. Η ύπαρξή τους αποσκοπεί στο να προστατέψουν τους επιβαίνοντες του αυτοκινήτου σε περίπτωση σύγκρουσης χωρίς να απαιτείται κάποια ενέργεια από τον οδηγό. Επειδή το σύστημα αερόσακου έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ώστε να λειτουργεί σε συνεργασία με το σύστημα των ζωνών ασφαλείας και όχι αυτόνομα λέγεται συμπληρωματικό σύστημα συγκράτησης (Supplementary Restraint System – SRS). Σε ένα αυτοκίνητο το οποίο είναι εξοπλισμένο με σύστημα αερόσακου επιβάλλεται η χρήση των ζωνών ασφαλείας από τους επιβαίνοντες για τους παρακάτω λόγους:

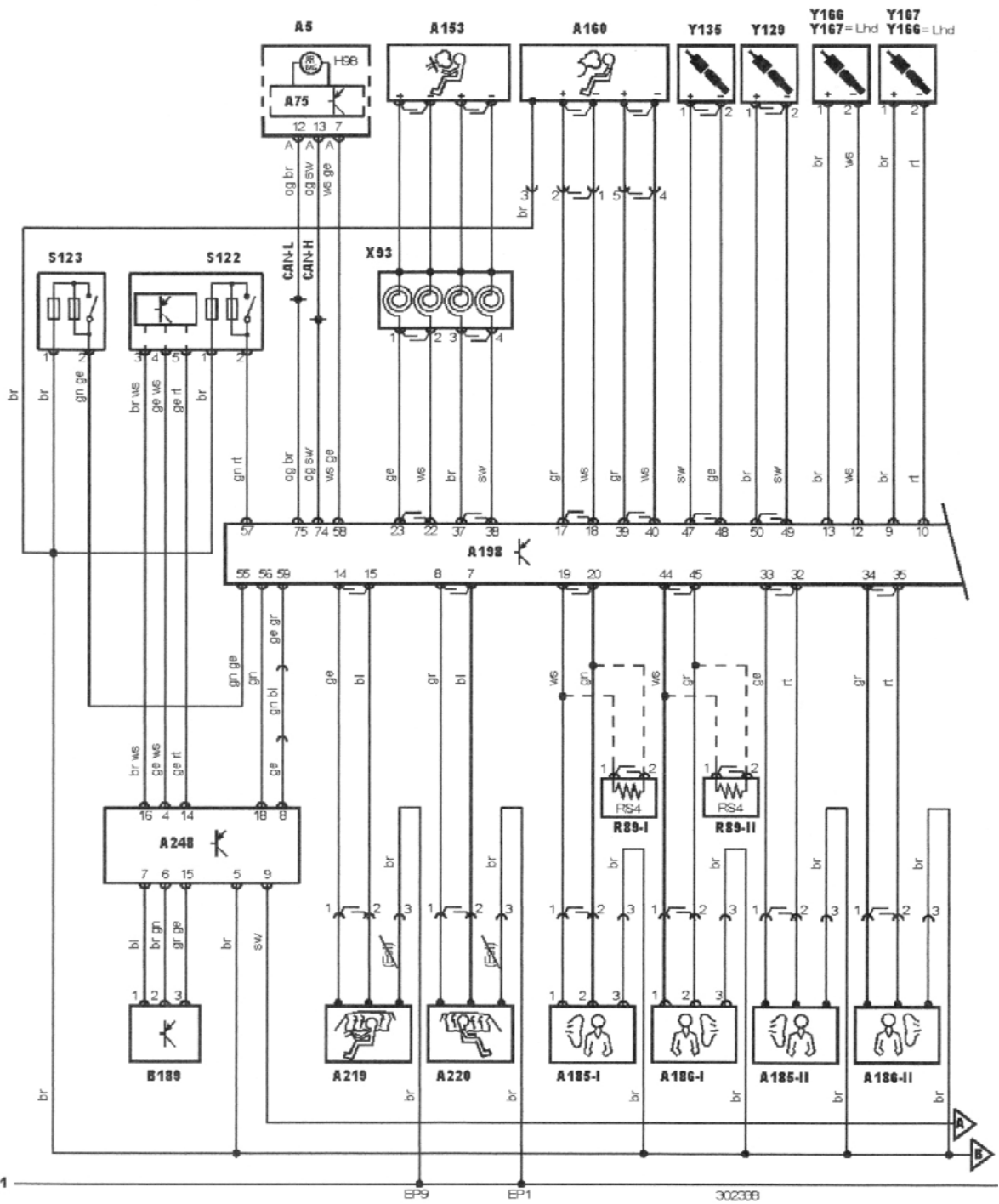
1. Οι ζώνες ασφαλείας κρατούν τους επιβαίνοντες σε μία προκαθορισμένη θέση κατά τη σύγκρουση του αυτοκινήτου ώστε όταν ενεργοποιηθούν οι αερόσακοι η απόδοσή τους να είναι σύμφωνη με αυτήν που έχουν σχεδιαστεί. Αντίθετα, όταν οι επιβαίνοντες δεν φορούν ζώνες ασφαλείας σε μια σύγκρουση μπορεί να πάρουν διαφορετικές θέσης ως προς τους αερόσακους με συνέπεια όταν ενεργοποιηθούν να προκαλέσουν οι ίδιοι οι αερόσακοι τραυματισμούς στους επιβαίνοντες του αυτοκινήτου.
2. Οι ζώνες ασφαλείας μειώνουν τον κίνδυνο τραυματισμού των επιβαινόντων του αυτοκινήτου σε περίπτωση μικρότερης σύγκρουσης του αυτοκινήτου κατά την οποία οι αερόσακοι δεν ενεργοποιούνται.
3. Οι ζώνες ασφαλείας μειώνουν τον κίνδυνο εκτόξευσης των επιβαινόντων του αυτοκινήτου από τις θέσεις τους, περιορίζοντας την πιθανότητα τραυματισμού τους.

Σήμερα, το σύστημα των ζωνών ασφαλείας και το σύστημα αερόσακου τα διαχειρίζεται μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Ανάλογα με τον τύπο του αυτοκινήτου και τα χαρακτηριστικά της σχεδίασής του από την αυτοκινητοβιομηχανία, υπάρχουν παραλλαγές του συστήματος αερόσακου έχοντας ωστόσο την ίδια αρχή λειτουργίας. Για να μελετήσουμε την δομή του συστήματος αερόσακου θα δώσουμε ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ενός τυπικού συστήματος αερόσακου που συναντάται στα αυτοκίνητα σύγχρονης τεχνολογίας. Στο σχήμα 2.9 απεικονίζεται το διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος αερόσακου ενός Audi A4 με κυβισμό 1600 cm³ και αριθμό κινητήρα ALZ, το οποίο κυκλοφόρησε την περίοδο 2001 – 2008.

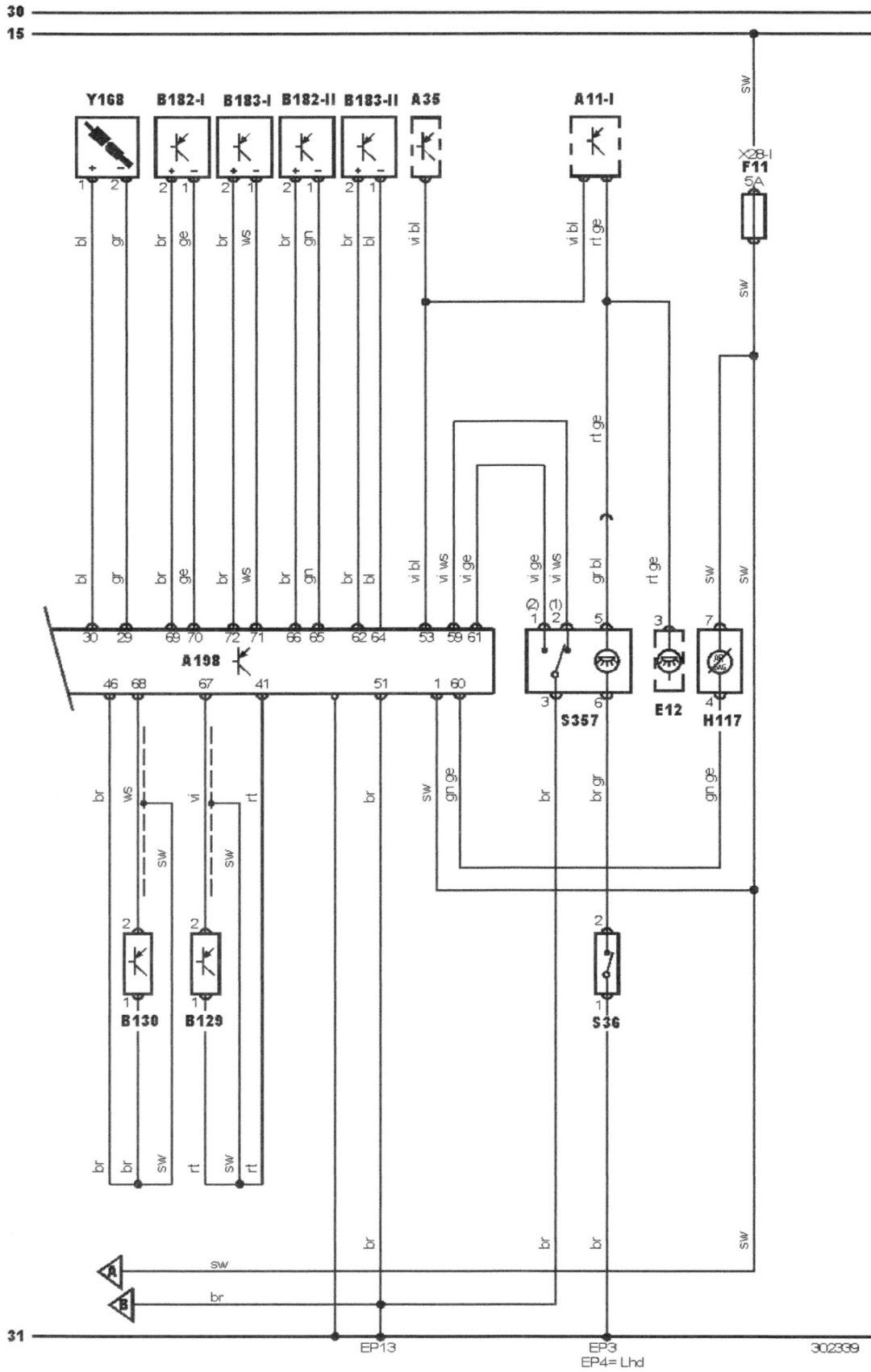


Σχήμα 2.9 Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος αερόσακου ενός Audi A4 1600 cm³ 2001 – 2008 με αριθμό κινητήρα ALZ
(Autodata, Autodata Limited)

Το διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 2.9 απεικονίζεται με μεγαλύτερη ευκρίνεια στο παρακάτω σχήμα 2.10 (α) και (β).



(a)



(β)

Σχήμα 2.10 Διάγραμμα συνδεσμολογίας επιλεγμένου συστήματος αερόσακου χωρισμένο σε δύο μέρη (Autodata, Autodata Limited)

Το σύστημα αερόσακου που έχει επιλεγεί για να μελετήσουμε είναι ένα αρκετά σύνθετο σύστημα όπου χρησιμοποιείται με όμοια χαρακτηριστικά σε όλο και περισσότερα αυτοκίνητα σήμερα. Αυτό το σύστημα αποτελείται από οχτώ αερόσακους (έναν οδηγού, έναν συνοδηγού, τέσσερις πλευρικούς αερόσακους και δύο αερόσακους τύπου κουρτίνας), πέντε προεντατήρες ζωνών ασφαλείας (έναν για κάθε ζώνη ασφαλείας), αναγνώριση πρόσδεσης της ζώνης ασφαλείας οδηγού – συνοδηγού και αναγνώριση ύπαρξης συνοδηγού.

Βλέποντας το σχήμα 2.10 (α) και (β) παρατηρούμε, όπως και στα προηγούμενα διαγράμματα συνδεσμολογίας που μελετήσαμε, ότι υπάρχουν τρεις οριζόντιες αριθμημένες γραμμές η τριάντα, η δεκαπέντε και η τριανταένα. Αυτές οι οριζόντιες γραμμές δηλώνουν τροφοδοσίας από μπαταρία, τροφοδοσία – σήμα από διακόπτη ανάφλεξης και γείωση αντίστοιχα. Στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 2.10 υπάρχουν δύο ΗΜΕ, η μία είναι η ΗΜΕ του συστήματος αερόσακου (A198) και η δεύτερη είναι η ΗΜΕ αναγνώρισης κατειλημμένου καθίσματος (A248). Η ΗΜΕ του συστήματος αερόσακου τροφοδοτείται με τάση στην επαφή ένα από τον διακόπτη της ανάφλεξης όταν είναι στη θέση ON μέσω μιας ασφάλειας (F11) 5 A και γειώνεται μέσω της επαφής πενήντα ένα. Η ίδια ασφάλεια τροφοδοτεί με τάση και την ΗΜΕ αναγνώρισης κατειλημμένου καθίσματος στην επαφή εννιά ενώ μέσω της επαφής πέντε αυτή η ΗΜΕ γειώνεται. Οι σύγχρονες ΗΜΕ του συστήματος αερόσακου έχουν την δυνατότητα να ενεργοποιήσουν τους αερόσακους του αυτοκινήτου ακόμα και αν διακοπή η τροφοδοσία τους. Επίσης καταγράφουν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της σύγκρουσης του αυτοκινήτου και για την κατάσταση των επιβαινόντων πριν και κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης ώστε να αναλυθούν αργότερα. Όπως και στα προηγούμενα διαγράμματα συνδεσμολογίας που μελετήσαμε έτσι και εδώ ακολουθείται ο ίδιος χρωματικός κώδικας στα καλώδια που συνδέουν την ΗΜΕ του αερόσακου με τα περιφερειακά εξαρτήματα. Ωστόσο, για να ξεχωρίζουν από τις άλλες καλωδιώσεις που υπάρχουν στο αυτοκίνητο και να είναι εύκολα αναγνωρίσιμα τα καλώδια αυτά είτε ομαδοποιούνται έχοντας ένα κίτρινο περιτύλιγμα είτε καταλήγουν σε πρίζα σύνδεσης χρώματος κίτρινο.

Το επιλεγμένο σύστημα αερόσακου αποτελείται από οχτώ αερόσακους. Έναν αερόσακο οδηγού (A153) ο οποίος βρίσκεται στο τιμόνι, έναν αερόσακο συνοδηγού (A160) ο οποίος βρίσκεται στο ταμπλό μπροστά από τον συνοδηγό, τέσσερις πλευρικούς αερόσακους οι οποίοι βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά των τεσσάρων περιφερειακών καθισμάτων ((A185-I) – Πλευρικός αερόσακος οδηγού, (A185-II) – Πλευρικός αερόσακος πίσω καθίσματος από την πλευρά του οδηγού, (A186-I) – Πλευρικός αερόσακος συνοδηγού, (A186-II) – Πλευρικός αερόσακος πίσω καθίσματος από την πλευρά του συνοδηγού) και από

δύο αερόσακους τύπου κουρτίνας από τους οποίους ο καθένας βρίσκεται κατά μήκος της οροφής του αυτοκινήτου από την πλευρά του οδηγού και από την πλευρά του συνοδηγού ((A219) – Αερόσακος τύπου κουρτίνας πλευράς οδηγού, (A220) – Αερόσακος τύπου κουρτίνας πλευράς συνοδηγού). Στο συγκεκριμένο σύστημα αερόσακου ο αερόσακος οδηγού και ο αερόσακος συνοδηγού είναι αερόσακοι δύο σταδίων, ενώ οι υπόλοιποι είναι ενός σταδίου. Με τον όρο "αερόσακος" εννοούμε μια μονάδα στην οποία εμπεριέχεται ένα ανθεκτικό ύφασμα από συνθετικό υλικό το οποίο είναι διπλωμένο κάτω από ένα κάλυμμα το οποίο έχει σχεδιασθεί να ανοίγει σε προκαθορισμένα σημεία. Σε αυτήν τη μονάδα αερόσακου εσωκλείεται επίσης και ένα σύστημα το οποίο όταν ενεργοποιηθεί φουσκώνει τον αερόσακο. Σήμερα για το φούσκωμα του αερόσακου χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι. Στην πρώτη μέθοδο, η οποία χρησιμοποιείται συχνότερα, χρησιμοποιούνται στερεά καύσιμα τα οποία όταν πυροδοτηθούν από τον πυροκροτικό μηχανισμό παράγουν μια μεγάλη ποσότητα αζώτου τόσο ώστε οι αερόσακοι να φουσκώσουν γρήγορα. Στην δεύτερη μέθοδο χρησιμοποιείται ένα σύστημα συμπιεσμένου αερίου. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο συμπιέζεται σε ένα μεταλλικό φιαλίδιο αργό με μια μικρή ποσότητα ηλίου σε πίεση 3.000 psi. Όταν η HME του αερόσακου στείλει σήμα σε αυτού του τύπου τη μονάδα αερόσακου το μεταλλικό φιαλίδιο απασφαλίζεται με αποτέλεσμα το συμπιεσμένο αέριο να φουσκώσει τον αερόσακο. Σε κάθε περίπτωση ο αερόσακος φουσκώνει μέσα σε περίπου 30 ms. Παραπάνω αναφέραμε ότι ο αερόσακος του οδηγού και του συνοδηγού είναι δύο σταδίων. Αυτού του τύπου οι αερόσακοι είναι εφοδιασμένοι με δύο μηχανισμούς παραγωγής αερίου οι οποίοι ανάλογα με τη σφοδρότητα της σύγκρουσης, οι αισθητήρες του συστήματος αερόσακου μετρούν το ρυθμό επιβράδυνσης του αυτοκινήτου με αποτέλεσμα η HME του αερόσακου να ενεργοποιεί για μικρή σύγκρουση τον πρώτο μηχανισμό παραγωγής αερίου (Πρώτο στάδιο) και για μεγάλη και τους δύο μηχανισμούς παραγωγής αερίων (Δεύτερο στάδιο). Ο αερόσακος του οδηγού, ο οποίος βρίσκεται στο τιμόνι, για να συνδεθεί με την HME του αερόσακου παρεμβάλλεται ένα εξάρτημα ((X93), clockspring) το οποίο βοηθάει στο να ξεπεραστεί η αδυναμία σύνδεσης λόγω της περιστροφής του τιμονιού. Αυτό το εξάρτημα περιέχει έναν αριθμό αγωγών οι οποίοι είναι κατάλληλα μονωμένα μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν μία λεπτή ταινία. Αυτή η ταινία τυλίγεται και ξετυλίγεται ανάλογα με τη φορά περιστροφής του τιμονιού έτσι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η σύνδεση της μονάδας του αερόσακου του οδηγού με την HME του αερόσακου. Τέλος, όσον αφορά τους αερόσακους του συστήματος αερόσακου που έχουμε επιλέξει, στον πλευρικό αερόσακο του οδηγού και του συνοδηγού σε ορισμένα συστήματα ((διακεκομμένες γραμμές), ανάλογα με την κατασκευή του αερόσακου) συνδέεται παράλληλα μία αντίσταση η R89-I και η R89-II αντίστοιχα.

Συνεχίζοντας με την μελέτη των υπόλοιπων εξαρτημάτων του συστήματος, το επιλεγμένο σύστημα αερόσακου είναι εφοδιασμένο με πέντε προεντατήρες ζωνών ασφαλείας. Υπάρχει ένας προεντατήρας στη ζώνη ασφαλείας του οδηγού (Y135), ένας προεντατήρας στη ζώνη ασφαλείας του συνοδηγού (Y129), ένας προεντατήρας στη ζώνη του πίσω δεξιά καθίσματος (Y167), ένας προεντατήρας στη ζώνη του πίσω αριστερά καθίσματος (Y166) και ένας προεντατήρας στη ζώνη του πίσω μεσαίου καθίσματος (Y168). Η χρήση προεντατήρων στις ζώνες ασφαλείας έχει ως στόχο τη διατήρηση της αρχικής θέσης των επιβαινόντων στο αυτοκίνητο κατά τη διάρκεια της σύγκρουσής του. Έτσι, όταν φουσκώσουν οι αερόσακοι οι επιβαίνοντες να έχουν σωστή θέση ως προς τον αερόσακο με αποτέλεσμα την αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος αερόσακου. Η λειτουργία του προεντατήρα της ζώνης ασφαλείας είναι διαφορετική από την λειτουργία των αυτόματων ζωνών ασφαλείας. Οι αυτόματες ζώνες ασφαλείας σταματούν με μηχανικό τρόπο το ξεδιπλωμα της ζώνης ασφαλείας όταν η ταχύτητα με την οποία ξεδιπλώνεται περάσει κάποιο προκαθορισμένο όριο με αποτέλεσμα το σταμάτημα της ανεξέλεγκτης μετακίνησης των επιβαινόντων σε μια σύγκρουση του αυτοκινήτου. Ο προεντατήρας μειώνει το μήκος της ζώνης ασφαλείας κατά περίπου 70 mm κατά τη σύγκρουση του αυτοκινήτου με συνέπεια να εφαρμόζεται μια αντίρροπη δύναμη κατά τη μετακίνηση των επιβαινόντων η οποία τους επαναφέρει στην αρχική τους θέση. Έχοντας κάνει την διάκριση μεταξύ της αυτόματης ζώνης ασφαλείας και του προεντατήρα της ζώνης ασφαλείας θα πρέπει να πούμε ότι τα σημερινά συστήματα ζωνών ασφαλείας αποτελούνται κυρίως από αυτόματες ζώνες ασφαλείας με προεντατήρα και λιγότερο από αυτόματες ζώνες ασφαλείας χωρίς προεντατήρα. Σήμερα οι προεντατήρες είναι συνήθως ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενοι και τοποθετούνται κυρίως στο κλείστρο της ζώνης (Σχήμα 2.11). Ο ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενος προεντατήρας αποτελείται από έναν κύλινδρο μέσα στον οποίο υπάρχει ένα έμβολο. Ένας πυροκροτικός μηχανισμός, ο οποίος λειτουργεί όμοια με αυτόν του αερόσακου, όταν ενεργοποιηθεί από την HME του αερόσακου αναφλέγει στερεά καύσιμα με συνέπεια την παραγωγή αερίων. Τα παραγόμενα αέρια σπρώχνουν το έμβολο το οποίο είναι συνδεδεμένο με ένα συρματόσχοινο με το κλείστρο της ζώνης. Συνεπώς, όταν είναι συνδεδεμένη η ζώνη ασφαλείας στο κλείστρο παρασύρεται και μικραίνει το μήκος της. Στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 2.10 παρατηρούμε ότι μεταξύ των καλωδίων τα οποία ενεργοποιούν τον κάθε αερόσακο, όπως επίσης και των καλωδίων που ενεργοποιούν τον προεντατήρα της ζώνης ασφαλείας του οδηγού και του συνοδηγού σε όλες τις πρίζες που ενώνουν αυτά τα εξαρτήματα με την HME του συστήματος αερόσακου υπάρχουν δύο οριζόντιες γραμμές οι οποίες δεν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Οι γραμμές σημαίνουν ότι η πρίζα έχει βραχυκυκλωτήρα ο οποίος αποτελείται από δύο ελάσματα τα

οποία βραχυκυκλώνουν τα δύο καλώδια όταν μια πρίζα είναι αποσυνδεδεμένη. Με τη χρήση βραχυκυκλωτήρων περιορίζεται σημαντικά η πιθανότητα να ενεργοποιηθεί τυχαία ο αερόσακος ή ο προεντατήρας όταν έχουν αποσυνδεθεί από το σύστημα.



Σχήμα 2.11 Προεντατήρας ζώνης ασφαλείας

(Πηγή:http://www.trw.com/occupant_safety_systems/seat_belts/pretensioning)

Η ΗΜΕ του συστήματος αερόσακου για να στείλει σήμα ενεργοποίησης στους προεντατήρες των ζωνών ασφαλείας και στους αερόσακους θα πρέπει να έχει λάβει στις εισόδους της σήματα από τους αισθητήρες και τους διακόπτες του συστήματος αερόσακου για την ύπαρξη και τα χαρακτηριστικά της σύγκρουσης, καθώς και για την κατάσταση των επιβαινόντων στο αυτοκίνητο πριν την σύγκρουση. Συνεπώς, ανάλογα με τη σχεδίαση του συστήματος αερόσακου χρησιμοποιείται ένας αριθμός αισθητήρων και διακοπών. Το σύστημα αερόσακου που έχουμε επιλέξει αποτελείται από έξι αισθητήρες σύγκρουσης, έναν αισθητήρα πίεσης κατειλημμένου καθίσματος του συνοδηγού, δύο διακόπτες στο κλείστρο της ζώνης ασφαλείας του οδηγού και του συνοδηγού και από ένα διακόπτη απενεργοποίησης του αερόσακου του συνοδηγού. Στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του επιλεγμένου συστήματος αερόσακου οι έξι αισθητήρες σύγκρουσης είναι οι εξής:

1. Ο αισθητήρας σύγκρουσης του αερόσακου του οδηγού (B130), ο οποίος τοποθετείται στο μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου από την πλευρά του οδηγού.

2. Ο αισθητήρας σύγκρουσης του αερόσακου του συνοδηγού (B129), ο οποίος τοποθετείται στο μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου από την πλευρά του συνοδηγού.
3. Ο αισθητήρας σύγκρουσης του πλευρικού αερόσακου του οδηγού (B182-I), ο οποίος τοποθετείται στη βάση της μεσαίας κολόνας του αυτοκινήτου από την πλευρά του οδηγού.
4. Ο αισθητήρας σύγκρουσης του πλευρικού αερόσακου του πίσω καθίσματος από την πλευρά του οδηγού (B182-II), ο οποίος τοποθετείται στη βάση της πίσω κολόνας του αυτοκινήτου από την πλευρά του οδηγού.
5. Ο αισθητήρας σύγκρουσης του πλευρικού αερόσακου του συνοδηγού (B183-I), ο οποίος τοποθετείται στη βάση της μεσαίας κολόνας του αυτοκινήτου από την πλευρά του συνοδηγού.
6. Ο αισθητήρας σύγκρουσης του πλευρικού αερόσακου του πίσω καθίσματος από την πλευρά του συνοδηγού (B183-II), ο οποίος τοποθετείται στη βάση της πίσω κολόνας του αυτοκινήτου από την πλευρά του συνοδηγού.

Σήμερα υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία αισθητήρων σύγκρουσης ως προς τη δομή τους. Ωστόσο τρεις τύποι από αυτούς συναντώνται περισσότερο. Ο πρώτος τύπος αισθητήρα σύγκρουσης αποτελείται από μια επιχρυσωμένη μπίλια την οποία ένας μαγνήτης την κρατά μακριά από δύο επιχρυσωμένες επαφές. Όταν το αυτοκίνητο συγκρουστεί και η επιβράδυνση του αυτοκινήτου λόγω της σύγκρουσης ξεπεράσει κάποιο όριο, η μπίλια χάνει την ισορροπία της και στιγμιαία δημιουργεί έναν αγωγίμο δρόμο μεταξύ των δύο επιχρυσωμένων επαφών. Επομένως η HME του αερόσακου δέχεται σήμα ότι το αυτοκίνητο έχει συγκρουστεί. Την ίδια αρχή λειτουργίας έχει και ο δεύτερος τύπος αισθητήρα σύγκρουσης. Σε αυτό τον τύπο αισθητήρα υπάρχει εσωτερικά μια λεπτή μεταλλική ταινία η οποία είναι τυλιγμένη ελικοειδώς και αποτελεί συνέχεια της μιας επαφής του αισθητήρα. Όταν το αυτοκίνητο συγκρουστεί και η επιβράδυνση λόγω της σύγκρουσης του αυτοκινήτου ξεπεράσει κάποιο όριο, η μεταλλική ταινία ξετυλίγεται με αποτέλεσμα να δημιουργήσει έναν αγωγίμο δρόμο προς την δεύτερη επαφή του αισθητήρα. Έτσι η HME του αερόσακου πάλι ενημερώνεται ότι το αυτοκίνητο έχει συγκρουστεί. Αυτοί οι δύο τύποι αισθητήρα σύγκρουσης λόγω του τρόπου λειτουργίας τους θα πρέπει να τοποθετούνται με τη φορά του βέλους που υπάρχει πάνω τους να δείχνει το εμπρός μέρος του αυτοκινήτου. Ο τρίτος τύπος αισθητήρα, ο οποίος χρησιμοποιείται στο σύστημα αερόσακου που έχουμε επιλέξει, κάνει χρήση ενός επιταχυνσιόμετρου. Το επιταχυνσιόμετρο περιέχει έναν πιεζοηλεκτρικό στοιχείο το οποίο κατά τη σύγκρουση του αυτοκινήτου παραμορφώνεται και παράγει μια αναλογική τάση ανάλογη με τις δυνάμεις που

αναπτύσσονται κατά τη σύγκρουση. Η HME του αερόσακου λαμβάνοντας το σήμα αυτού του αισθητήρα μπορεί να υπολογίσει την κατεύθυνση και τη σφοδρότητα της σύγκρουσης ώστε ανάλογα να ανοίξει τους αντίστοιχους αερόσακους.

Το σύστημα αερόσακου που έχει επιλεγεί για να πληροφορηθεί την ύπαρξη ή όχι συνοδηγού κάνει χρήση ενός αισθητήρα πίεσης (B189) στη θέση του συνοδηγού. Ο αισθητήρας πίεσης, ο οποίος λειτουργεί παρόμοια με τον αισθητήρα απόλυτης πίεσης του συστήματος διαχείρισης κινητήρα, συνδέεται με έναν ασκό που έχει τοποθετηθεί στο κάθισμα του συνοδηγού. Συνεπώς όταν κάποιος καθίσει στο κάθισμα ο ασκός συμπιέζεται με αποτέλεσμα να ασκεί πίεση στον αισθητήρα πίεσης. Το σήμα που παράγει ο αισθητήρας πίεσης το διαβάζει η HME του αερόσακου (στο επιλεγμένο σύστημα αερόσακου το διαβάζει μια ξεχωριστή HME (A248) και κατόπιν αυτή στέλνει σήμα στην HME του αερόσακου) και έτσι μπορεί να γνωρίζει την ύπαρξη συνοδηγού. Επιπλέον, μέσω αυτού του αισθητήρα μπορεί να υπολογίσει και το βάρος του ανθρώπου που κάθεται στο κάθισμα, το οποίο αποτελεί μια επιπλέον μεταβλητή για το άνοιγμα των αερόσακων. Σε περίπτωση που τοποθετηθεί παιδικό κάθισμα στο κάθισμα του συνοδηγού υπάρχει ένας διακόπτης (S357) που απενεργοποιεί τον αερόσακο του συνοδηγού για να μην τραυματιστεί το παιδί από τον αερόσακο σε περίπτωση σύγκρουσης του αυτοκινήτου.

Το σύστημα αερόσακου για να ενημερωθεί για το εάν ο οδηγός και ο συνοδηγός έχουν προσδέσει την ζώνη ασφαλείας τους χρησιμοποιεί αντίστοιχα τον διακόπτη (S123) και (S122) στο κλείστρο κάθε ζώνης ασφαλείας. Εάν ο οδηγός ή ο συνοδηγός δεν έχει προσδέσει την ζώνη του το σύστημα αερόσακου τον προειδοποιεί με φωτεινή και ηχητική ένδειξη.

Τέλος, από το διάγραμμα συνδεσμολογίας του επιλεγμένου συστήματος αερόσακου διακρίνουμε ότι η HME του αερόσακου επικοινωνεί με την HME του πίνακα οργάνων (A75) μέσω του πρωτόκολλου επικοινωνίας CAN. Υπάρχει επίσης επικοινωνία της HME του αερόσακου με την HME του κινητήρα (A35) και με μια πολυλειτουργική HME (A11-I) η οποία διαχειρίζεται το φωτισμό της μπροστά καμπίνας (E12). Η επικοινωνία με την HME του κινητήρα είναι χρήσιμη γιατί στην περίπτωση σύγκρουσης του αυτοκινήτου η HME του αερόσακου να στείλει σήμα στην HME του κινητήρα να σταματήσει την ανάφλεξη και την αντλία της βενζίνης για να μην προκληθεί φωτιά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

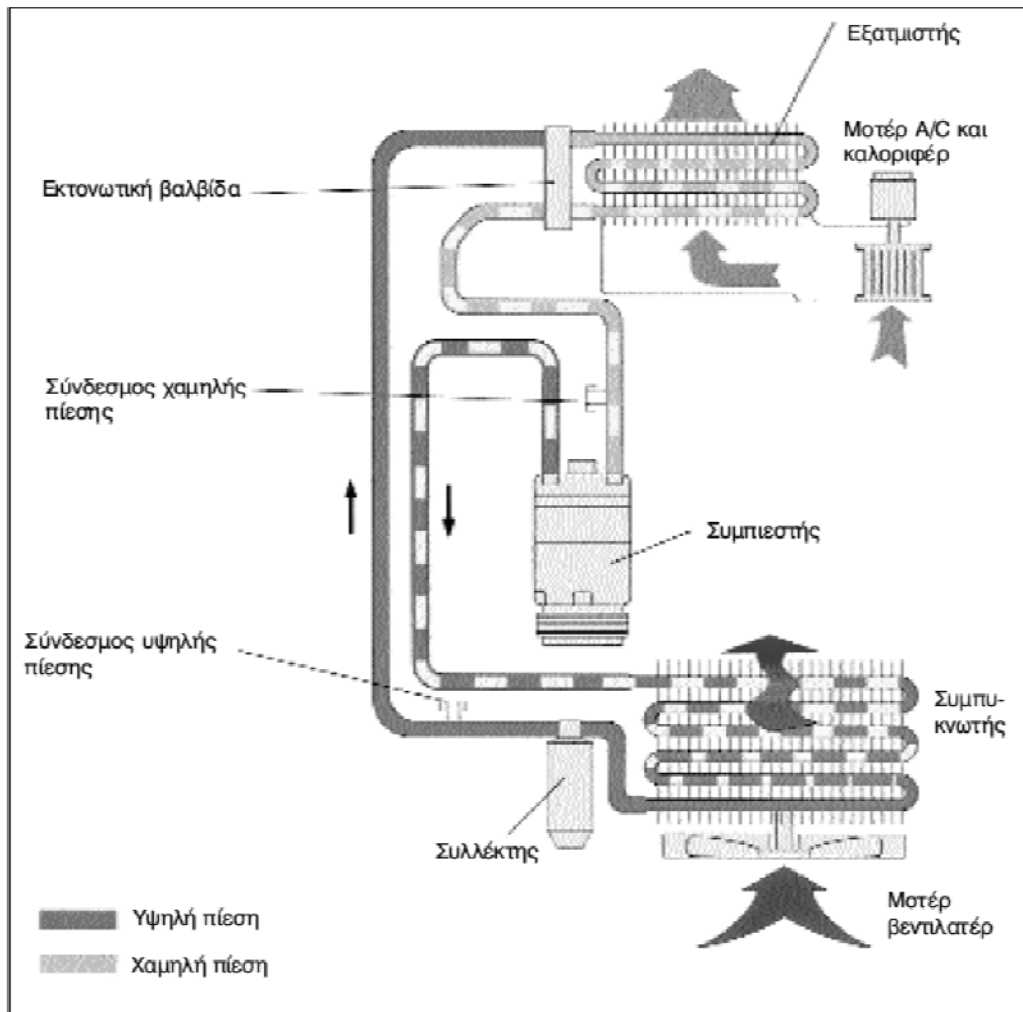
Η τεχνολογική πρόοδος στην σχεδίαση και κατασκευή των μηχανικών και ηλεκτρονικών μερών του αυτοκινήτου που υπάρχει τα τελευταία χρόνια οδήγησε στο να εξελιχθούν ή και να δημιουργηθούν νέα συστήματα άνεσης στο αυτοκίνητο. Με τον όρο "Σύστημα Άνεσης Αυτοκινήτου" εννοούμε όλα τα συστήματα αυτοματισμού που εξυπηρετούν στην άνετη μεταφορά του οδηγού και των επιβατών του αυτοκινήτου. Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε τη δομή και την λειτουργία δύο από αυτών των συστημάτων άνεσης, του συστήματος κλιματισμού και του ηλεκτρικού συστήματος διεύθυνσης του αυτοκινήτου.

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στις μέρες μας το σύστημα κλιματισμού αποτελεί ένα πολυσύνθετο σύστημα το οποίο έχει εξελιχτεί με την πάροδο το χρόνων από απλό με αρκετά χειροκίνητα μέρη, σε πλήρως αυτοματοποιημένο. Για την θέρμανση της καμπίνας των επιβατών χρησιμοποιείται ένα ψυγείο το οποίο τοποθετείται στο ταμπλό μέσα στην καμπίνα. Μέσο αυτού του ψυγείου περνά το ζεστό ψυκτικό υγρό του κινητήρα με αποτέλεσμα με τη βοήθεια του ανεμιστήρα του καλοριφέρ και των διάφορων κλαπέτων να κατευθύνεται ο θερμός αέρας σε διάφορα σημεία της καμπίνας. Για την ψύξη της καμπίνας χρησιμοποιείται μια ψυκτική διάταξη η οποία απορροφά θερμότητα από την καμπίνα των επιβατών και την αποβάλλει στο εξωτερικό περιβάλλον. Παλαιότερα ο οδηγός του αυτοκινήτου έπρεπε να ρυθμίζει συνεχώς το σύστημα ψύξης και θέρμανσης του αυτοκινήτου μέσω χειροκίνητων μηχανισμών για να πετύχει τη σωστή θερμοκρασία της καμπίνας. Αντίθετα σήμερα ο οδηγός δίνει μια επιθυμητή τιμή στο σύστημα κλιματισμού για την θερμοκρασία της καμπίνας και από εκεί και πέρα αναλαμβάνει η ΗΜΕ του συστήματος μαζί με τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές να ρυθμίσουν την θερμοκρασία της.

Πριν προχωρήσουμε στη μελέτη ενός αυτόματου συστήματος κλιματισμού θα αναφερθούμε στην αρχή λειτουργίας της ψυκτικής διάταξης του συστήματος ψύξης της καμπίνας των επιβατών. Η αρχή λειτουργίας της ψυκτικής διάταξης του αυτοκινήτου

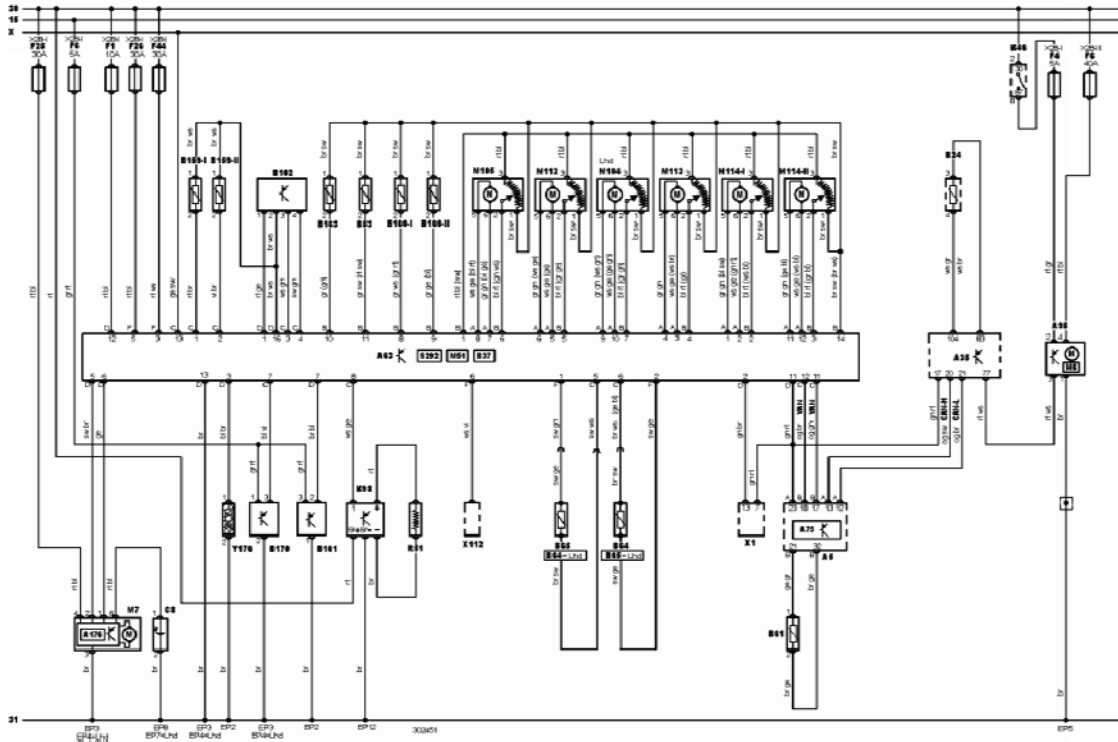
αναπαριστάται στο σχήμα 3.1. Τα βασικά εξαρτήματα της ψυκτικής διάταξης είναι ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, η εκτονωτική βαλβίδα και ο εξατμιστής. Το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται σήμερα στη ψυκτική διάταξη είναι γνωστό με την ονομασία R134a το οποίο δεν βλάπτει το όζον όπως το παλαιότερο R12 και μετατρέπεται από υγρό σε αέριο στους -26.3°C . Ο συμπιεστής συμπιέζει το ψυκτικό το οποίο προέρχεται από τον εξατμιστή υπό μορφή αερίου με χαμηλή πίεση. Ακολούθως, από αυτόν εξέρχεται ψυκτικό υπό μορφή αερίου αλλά με υψηλή πίεση. Αυτό το αέριο οδηγείται προς το συμπυκνωτή όπου και συμπυκνώνεται σε υγρό. Ο συμπυκνωτής είναι ένα ψυγείο το οποίο τοποθετείται μπροστά από το ψυγείο της μηχανής και μέσω αυτού, με τη βοήθεια ανεμιστήρα, αποβάλλεται θερμότητα από το ψυκτικό στο περιβάλλον με συνέπεια να μετατρέπεται από αέριο σε υγρό. Το υγρό κατόπιν πηγαίνει προς τη βαλβίδα εκτόνωσης υπό υψηλή πίεση ώστε βγαίνοντας από αυτή να γίνει μικρότερη. Το χαμηλής πίεσης πλέον υγρό κινείται προς τον εξατμιστή. Ο εξατμιστής είναι ένα επιπλέον ψυγείο το οποίο τοποθετείται στο ταμπλό μέσα στην καμπίνα μέσω του οποίου απορροφάται από το ψυκτικό υγρό η θερμότητα του αέρα του χώρου που κλιματίζεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το ψυκτικό υγρό να μετατρέπεται σε αέριο με χαμηλή πίεση. Ακολούθως, αυτό το χαμηλής πίεσης ψυκτικό αέριο οδηγείται στην είσοδο του συμπιεστή για να συμπιεστεί σε υψηλής πίεσης αέριο και ο κύκλος ψύξης που περιγράψαμε να επαναληφθεί. Ανάλογα με τη σχεδίαση της ψυκτικής διάταξης αυτή μπορεί να φέρει ένα συλλέκτη ή/και ένα ξηραντήρα. Στο σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται εκτονωτική βαλβίδα, τοποθετείται ένας συλλέκτης – ξηραντήρας ανάμεσα στο συμπυκνωτή και στο εξατμιστή για να αποθηκεύσει προσωρινά το υψηλής πίεσης ψυκτικό υγρό καθώς επίσης να το φιλτράρει και να αφαιρέσει την υγρασία από αυτό. Ενώ στο σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται σωλήνα σταθερής διατομής στη θέση της εκτονωτικής βαλβίδας, ο συλλέκτης τοποθετείται ανάμεσα στον εξατμιστή και το συμπιεστή με σκοπό να εμποδίσει να φτάσει ψυκτικό σε υγρή μορφή στο συμπιεστή καθώς ως υγρό δεν συμπιέζεται και μπορεί να καταστρέψει τον συμπιεστή.



Σχήμα 3.1 Αρχή λειτουργίας ψυκτικής διάταξης του αυτοκινήτου

(Πηγή: Τεχνολογία Ελέγχων και Διαγνώσεων, Α' Τεύχος, 2006, Σελ. 251, ΟΕΔΒ)

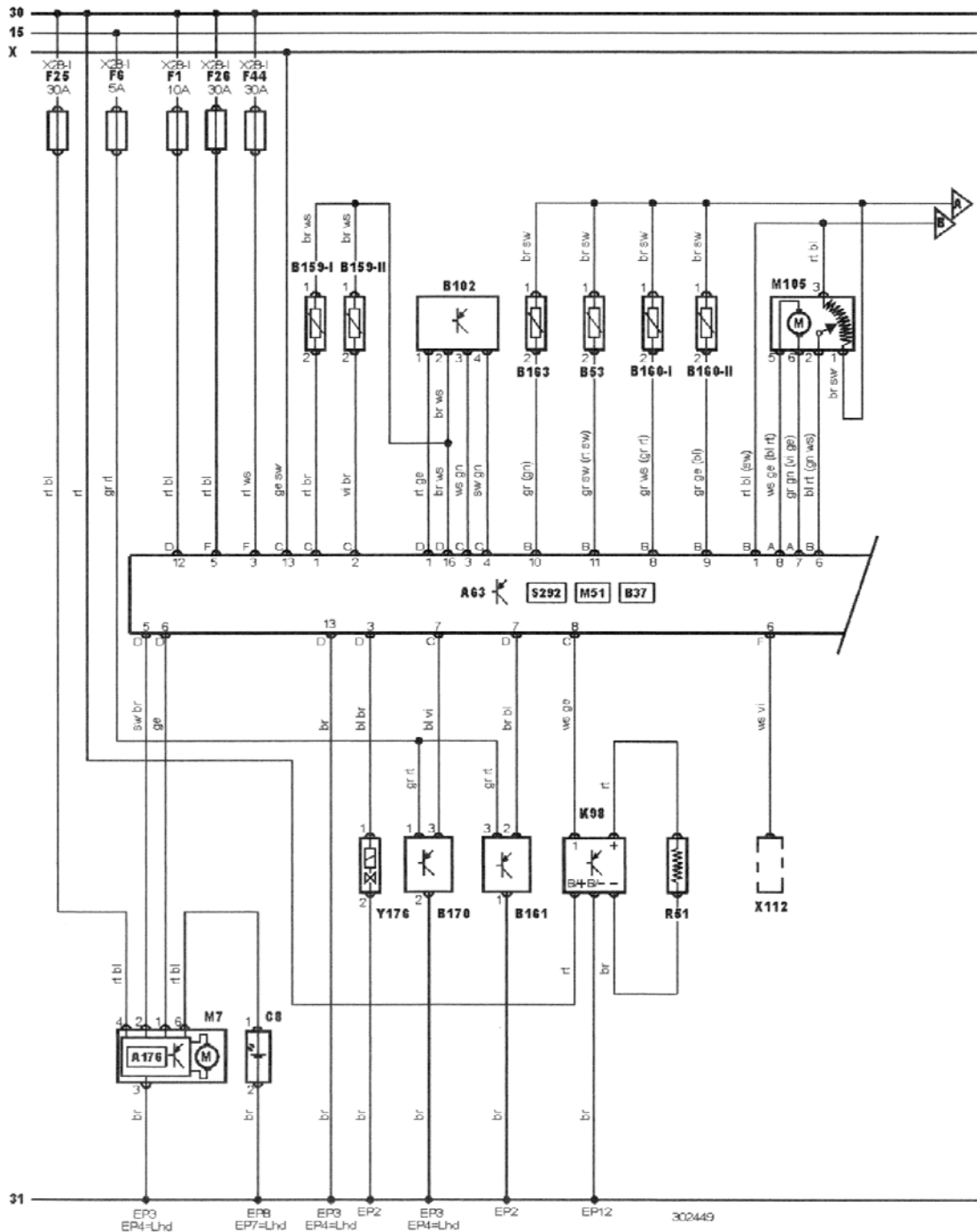
Σήμερα το σύστημα θέρμανσης και ψύξης της καμπίνας των επιβατών το ελέγχει μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (HME συστήματος κλιματισμού) με την βοήθεια ποικίλων αισθητήρων, καθώς και μιας ομάδας ενεργοποιητών. Αυτό οδήγησε στην κατασκευή αυτόματων συστημάτων κλιματισμού όπου ανάλογα με την πολυπλοκότητα σχεδίασης και κατασκευής τους χωρίζονται από μίας ζώνης, τα οποία ρυθμίζουν τη θερμοκρασία ολόκληρης της καμπίνας, έως τεσσάρων ζωνών, τα οποία ρυθμίζουν την θερμοκρασία σε κάθε μία από τις τέσσερις ακραίες θέσεις χωριστά. Παρακάτω θα μελετήσουμε την τυπική δομή του αυτόματου συστήματος κλιματισμού δύο ζωνών χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα το σύστημα κλιματισμού ενός Audi A4 με κυβισμό 1600 cm³ και αριθμό κινητήρα ALZ, το οποίο κυκλοφόρησε την περίοδο 2004 – 2008. Σε αυτό το σύστημα κλιματισμού ο οδηγός και ο συνοδηγός μπορούν να ρυθμίσουν ξεχωριστά την θερμοκρασία που επιθυμούν στο δικό τους μέρος. Στο σχήμα 3.2 απεικονίζεται το διάγραμμα συνδεσμολογίας του επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού.



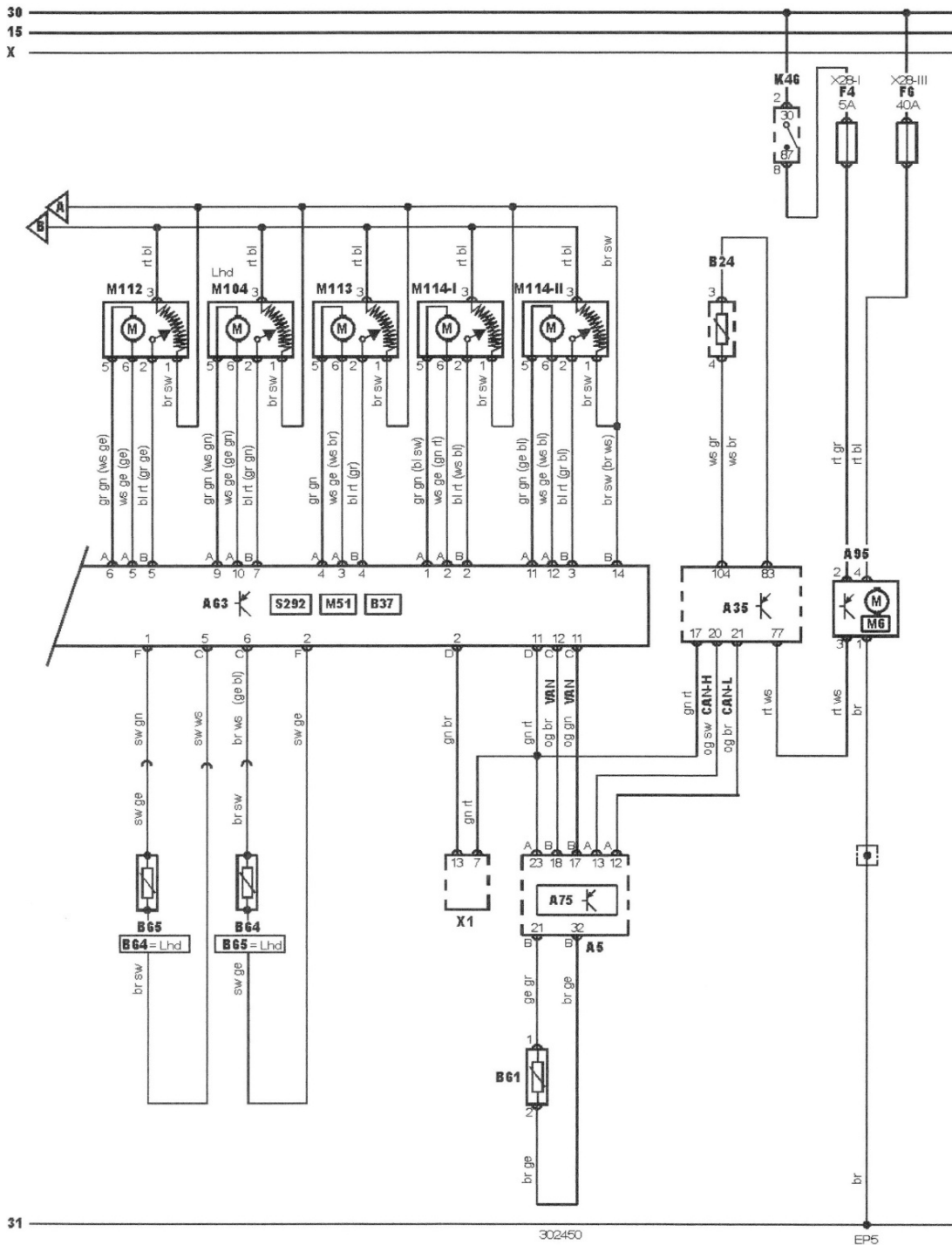
Σχήμα 3.2 Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος κλιματισμού ενός Audi A4 1600 cm³ 2001 – 2008 με αριθμό κινητήρα ALZ (Autodata, Autodata Limited)

Το διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 3.2 απεικονίζεται με μεγαλύτερη ευκρίνεια στο παρακάτω σχήμα 3.3 (α) και (β). Όπως και στα προηγούμενα διαγράμματα συνδεσμολογίας που μελετήσαμε έτσι και εδώ η τροφοδοσία από το θετικό πόλο της μπαταρίας, η τροφοδοσία – σήμα από τον διακόπτη της ανάφλεξης όταν είναι στη θέση ON και η γείωση αναπαριστώνται με τρεις οριζόντιες γραμμές με αριθμηση 30,15 και 31 αντίστοιχα. Στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του σχήματος 3.3 υπάρχει μια επιπλέον οριζόντια γραμμή με το γράμμα X η οποία δηλώνει τροφοδοσία – σήμα από τον διακόπτη της ανάφλεξης όταν είναι στη θέση ACC. Η ΗΜΕ του επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού (A63) συνδέεται με τα περιφερειακά εξαρτήματα του συστήματος με καλώδια ίδιου χρωματικού κώδικα με αυτόν που αναφέραμε στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος διαχείρισης κινητήρα. Η πλεξούδα των καλωδίων που καταλήγει στην ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού συνδέεται με αυτήν μέσω πέντε πριζών όπου κάθε πρίζα χαρακτηρίζεται με ένα γράμμα της αγγλικής αλφαβήτου (A, B, C, D και F). Η συγκεκριμένη ΗΜΕ τροφοδοτείται απευθείας από το θετικό πόλο της μπαταρίας στις επαφές D12, F5 και F3 μέσω μιας ασφάλειας 10 A (F1), 30 A (F26) και 30 A (F44) αντίστοιχα, ενώ γειώνεται μέσω της επαφής D13. Στην επαφή C13 η ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού δέχεται σήμα από τον διακόπτη της ανάφλεξης όταν είναι στη θέση ACC να ενεργοποιήσει ορισμένες από

τις λειτουργίες της για τις οποίες έχει σχεδιασθεί. Τέλος όσον αφορά την ΗΜΕ του επιλεγμένου συστήματος αυτόματου κλιματισμού, σε αυτήν έχει ενσωματωθεί η λειτουργία του πίνακα ελέγχου του συστήματος (S292), ένας αισθητήρας θερμοκρασίας της καμπίνας των επιβατών (B37) και ένας αισθητήρας θερμοκρασίας του αέρα μετά το μοτέρ του καλοριφέρ – A/C στο χώρο των επιβατών (M51).



(α)



(β)

Σχήμα 3.3 Διάγραμμα συνδεσμολογίας επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού χωρισμένο σε δύο μέρη (Autodata, Autodata Limited)

Για τη μετατροπή του σύστημα κλιματισμού από μηχανικό σε αυτόματο είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων όπου ο αριθμός τους ποικίλει ανάλογα με το σχεδιασμό και τις απαιτήσεις του συστήματος. Στο επιλεγμένο σύστημα αυτόματου κλιματισμού

χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας θερμοκρασίας του αέρα που εισέρχεται στην καμπίνα των επιβατών (B163), ένας αισθητήρας θερμοκρασίας του εξατμιστή (B53), δύο αισθητήρες θερμοκρασίας του αέρα στους αεραγωγούς του ταμπλό ((B159-I) – για την αριστερή πλευρά και (B159-II) – για τη δεξιά πλευρά) και δύο αισθητήρες θερμοκρασίας του αέρα στους αεραγωγούς στα πόδια του οδηγού και του συνοδηγού (B160-I και B160-II). Επειδή αυτό το σύστημα αυτόματου κλιματισμού είναι υπεύθυνο και για τη λειτουργία των εμπρός θερμαινόμενων καθισμάτων, χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα θερμοκρασίας του θερμαινόμενου καθίσματος του οδηγού (B54) και έναν αισθητήρα θερμοκρασίας του θερμαινόμενου καθίσματος του συνοδηγού (B65). Όλοι οι αισθητήρες θερμοκρασίας που αναφέρθηκαν παραπάνω λειτουργούν όμοια όπως τον αισθητήρα θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού που μελετήσαμε στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα και σύμφωνα με την ονομασία τους μετρούν τη θερμοκρασία του αντίστοιχου υλικού στον αντίστοιχο χώρο.

Για τη λειτουργία και την προστασία της ψυκτικής διάταξης του συστήματος κλιματισμού χρησιμοποιείται ένας ή περισσότεροι διακόπτες πίεσης. Ανάλογα με τη σχεδίαση της ψυκτικής διάταξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ένας ή είτε σε συνδυασμό οι παρακάτω διακόπτες πίεσης:

- **Διακόπτης χαμηλής πίεσης ψυκτικού**

Αυτός ο διακόπτης τοποθετείται συνήθως από το μέρος της χαμηλής πίεσης του ψυκτικού της ψυκτικής διάταξης και απενεργοποιεί το συμπιεστή όταν η πίεση του ψυκτικού πέσει κάτω από περίπου 1.5 bar.

- **Διακόπτης υψηλής πίεσης ψυκτικού**

Ο διακόπτης αυτός τοποθετείται από το μέρος της υψηλής πίεσης του ψυκτικού της ψυκτικής διάταξης και απενεργοποιεί το συμπιεστή όταν η πίεση του ψυκτικού ξεπεράσει τα 30 – 35 bar.

- **Διπλός διακόπτης πίεσης ψυκτικού**

Ο διπλός διακόπτης πίεσης του ψυκτικού τοποθετείται από το μέρος της υψηλής πίεσης του ψυκτικού της ψυκτικής διάταξης και έχει δύο ρόλους. Πρώτον, λειτουργεί όπως ένας διακόπτης υψηλής πίεσης του ψυκτικού προστατεύοντας το κύκλωμα ψύξης από την ανάπτυξη υψηλών πιέσεων του ψυκτικού. Δεύτερον, βελτιώνει την απόδοση του συμπυκνωτή με το να ενεργοποιεί έναν βοηθητικό ανεμιστήρα (μαζί με τον ανεμιστήρα ψύξης του ψυκτικού του κινητήρα) όταν η πίεση του ψυκτικού φθάσει περίπου τα 20.7 bar και να τον απενεργοποιεί στα 17.2 bar.

- **Τριπλός διακόπτης πίεσης ψυκτικού**

Ο τριπλός διακόπτης πίεσης ψυκτικού είναι ένα εξάρτημα το οποίο κάνει τη λειτουργία του διακόπτη χαμηλής πίεσης του ψυκτικού και του διπλού διακόπτη πίεσης μαζί και τοποθετείται από το μέρος της υψηλής πίεσης του ψυκτικού της ψυκτικής διάταξης.

Στα σύγχρονα συστήματα κλιματισμού αρχίζει να επικρατεί η χρήση ενός αισθητήρα πίεσης (συνήθως χωρητικού τύπου) σε αντικατάσταση των διακοπών πίεσης που αναφέραμε παραπάνω. Ο αισθητήρας πίεσης του ψυκτικού (B161 στο διάγραμμα συνδεσμολογίας του επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού) τοποθετείται από το μέρος της υψηλής πίεσης του ψυκτικού της ψυκτικής διάταξης και κατά τη λειτουργία του κλιματισμού πληροφορεί συνεχώς την HME του συστήματος κλιματισμού για την πίεση του ψυκτικού. Η HME του συστήματος κλιματισμού ανάλογα με την πίεση του ψυκτικού και την απαίτηση σε ψύξη από τους επιβαίνοντες του αυτοκινήτου ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τον συμπιεστή ώστε να εξοικονομηθεί ενέργεια και το σύστημα να λειτουργεί εύρυθμα.

Τέλος όσον αφορά τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται άμεσα από την HME του συστήματος αυτόματου κλιματισμού χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας ηλιακού φωτός (B102) και ένας αισθητήρας ποιότητας του εισερχόμενου αέρα στην καμπίνα των επιβατών (B170). Ο αισθητήρας ηλιακού φωτός τοποθετείται στο πάνω μέρος του ταμπλό και μετράει την υπέρυθη ακτινοβολία. Σε περίπτωση που μεταβληθεί η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει ξεπεράσει τους +15°C, το σύστημα κλιματισμού θα ρυθμίσει κατάλληλα το σύστημα ψύξης ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία της καμπίνας. Ο αισθητήρας ποιότητας του εισερχόμενου αέρα στην καμπίνα των επιβατών τοποθετείται στον αγωγό εισαγωγής αέρα από το περιβάλλον και μετρά τη συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα και του διοξειδίου του αζώτου στον εισερχόμενο αέρα. Όταν το όριο συγκέντρωσης ενός από τα δύο αέρια ξεπεραστεί τότε η HME του συστήματος κλιματισμού μεταβαίνει στη λειτουργία ανακυκλούμενου αέρα. Συνεπώς αυτά τα επιβλαβή αέρια δεν εισέρχονται στην καμπίνα.

Η HME του συστήματος κλιματισμού ανταλλάσει επιπλέον πληροφορίες και με HME άλλων συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου. Η HME του επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού ανταλλάσει πληροφορίες με την HME του πίνακα οργάνων ((A75), (A5) – πίνακας οργάνων) μέσω του πρωτόκολλου επικοινωνίας VAN. Η HME του πίνακα οργάνων ενημερώνει την HME του κλιματισμού για τη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος, έχοντας μετρήσει τη θερμοκρασία μέσω του αισθητήρα θερμοκρασίας εξωτερικού

περιβάλλοντος (B61). Επίσης η ΗΜΕ του πίνακα οργάνων διαμεσολαβεί στην επικοινωνία της ΗΜΕ του κλιματισμού με την ΗΜΕ του κινητήρα (A35), καθώς επικοινωνεί με την ΗΜΕ του κινητήρα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας CAN. Η ΗΜΕ του κινητήρα καθώς διαβάζει την θερμοκρασία του κινητήρα από τον αισθητήρα θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού (B24) και έχει πληροφορηθεί για το αν λειτουργεί ή όχι το σύστημα κλιματισμού, στέλνει σήμα στη μονάδα ελέγχου του ανεμιστήρα ψύξης του ψυκτικού υγρού του κινητήρα (A95) να ενεργοποιήσει τον κινητήρα του ανεμιστήρα ψύξης (M6) στο πρώτο ή στο δεύτερο στάδιο ταχύτητας λειτουργίας, ανάλογα με τις απαιτήσεις ψύξης του ψυκτικού κυκλώματος του κινητήρα και της ψυκτικής διάταξης. Η μονάδα ελέγχου του ανεμιστήρα ψύξης του ψυκτικού υγρού του κινητήρα τροφοδοτείται στην επαφή δύο από τον θετικό πόλο της μπαταρίας μέσω των επαφών ενός ηλεκτρονόμου (K46) και μιας ασφάλειας 5 A (F4). Επίσης μέσω αυτής της μονάδας τροφοδοτείται ο κινητήρας του ανεμιστήρα ψύξης όπου στην επαφή τέσσερα πηγαίνει μια επιπλέον τροφοδοσία για αυτό το σκοπό η οποία ασφαλίζεται με ασφάλεια 40 A (F6). Όταν η ΗΜΕ του κινητήρα αναγνωρίσει υπερθέρμανση του κινητήρα ή φορτίο (όπως η επιτάχυνση) στέλνει σήμα στην ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού να απενεργοποιήσει προσωρινά το συμπιεστή μέχρι να σταματήσει αυτή η κατάσταση.

Η ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού έχοντας υπόψη όλες αυτές τις μεταβλητές, αφού επεξεργαστεί τα δεδομένα, δίνει εντολές στους ενεργοποιητές του συστήματος κλιματισμού ώστε το σύστημα κλιματισμού να καλύψει την απαίτηση σε ψύξη – θέρμανση των επιβαίνοντων του αυτοκινήτου. Οι ενεργοποιητές του επιλεγμένου συστήματος αυτόματου κλιματισμού, οι οποίοι εντοπίζονται γενικά σε αυτού του είδους τα συστήματα, είναι οι εξής:

- **Ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης του συμπιεστή (Y176)**

Ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης του συμπιεστή είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης ο οποίος όταν ενεργοποιηθεί από την ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού εμπλέκει την τροχαλία με τον κινητήριο άξονα του συμπιεστή. Έτσι ο συμπιεστή τίθεται σε κίνηση.

- **Η μονάδα ελέγχου του ανεμιστήρα του συστήματος κλιματισμού μέσα στην καμπίνα (A176)**

Η μονάδα αυτή τροφοδοτείται από την μπαταρία στην επαφή τέσσερα μέσω μιας ασφάλειας 30 A και γειώνεται μέσω της επαφής τρία. Στην επαφή έξι αυτής της μονάδας συνδέεται μια φωτοδίοδος (C8) η οποία είναι πολωμένη ανάστροφα. Συνεπώς η δίοδος διαρρέεται από ρεύμα, που αυξάνει ανάλογα με το φωτισμό που δέχεται. Ανάλογα με την απαίτηση για ψύξη ή για θέρμανση που χρειάζονται οι επιβαίνοντες του αυτοκινήτου και τις συνθήκες που επικρατούν στην καμπίνα, η ΗΜΕ

του συστήματος κλιματισμού στέλνει σήμα στη μονάδα ελέγχου του ανεμιστήρα του συστήματος κλιματισμού που βρίσκεται μέσα στην καμπίνα να θέσει σε λειτουργία τον κινητήρα του ανεμιστήρα (M7) σε ανάλογες στροφές. Η μονάδα ελέγχου του ανεμιστήρα λαμβάνοντας υπόψη και το ρεύμα της φωτοδιόδου, το οποίο επηρεάζει την ταχύτητα περιστροφής του ανεμιστήρα, τροφοδοτεί τον κινητήρα ανεμιστήρα με αντίστοιχο ρεύμα.

- **Οι κινητήρες κίνησης των διαφόρων κλαπέτων**

Για τη μείξη και την μεταφορά του αέρα στα διάφορα σημεία της καμπίνας χρησιμοποιούνται στους αεραγωγούς κλαπέτα οδηγούμενα από ηλεκτροκινητήρες τα οποία σταματούν, περιορίζουν ή αφήνουν ελεύθερη τη ροή του αέρα. Στο επιλεγμένο σύστημα κλιματισμού χρησιμοποιείται ένα κλαπέτο το οποίο κατευθύνει την ροή του αέρα προς τους αεραγωγούς για τα πόδια ή/και προς του αεραγωγούς για το πρόσωπο (M112), ένα κλαπέτο το οποίο ρυθμίζει τη ροή του εισερχόμενου αέρα (M104), ένα κλαπέτο το οποίο αναμειγνύει τον εισερχόμενο ή τον ανακυκλοφορούμενο αέρα ώστε αυτός να θερμανθεί ή να ψυχθεί ανάλογα την απαίτηση (M114), ένα κλαπέτο το οποίο κατευθύνει την ροή του αέρα προς το παρμπρίζ (M113) και ένα κλαπέτο το οποίο χρησιμοποιείται για την ανακυκλοφορία του αέρα (M105). Η ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού κάνει έλεγχο κλειστού βρόχου στην κίνηση των κλαπέτων καθώς συγκρίνει τη θέση τους χρησιμοποιώντας ένα ποτενσιόμετρο σε κάθε κλαπέτο.

- **Τον ηλεκτρονόμο ελέγχου της αντίστασης του εμπρόσθιου θερμαινόμενου παρμπρίζ (K98)**

Αυτός ο ηλεκτρονόμος οδηγείται από την ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού και δέχεται στην επαφή B/+ τάση τροφοδοσίας απευθείας από την μπαταρία χωρίς να ασφαλίζεται (όπως φαίνεται από το διάγραμμα συνδεσμολογίας) για να τροφοδοτήσει την αντίσταση θέρμανσης του εμπρόσθιου παρμπρίζ (R51).

Τέλος, όσον αφορά το σύστημα κλιματισμού που έχει επιλεγθεί το X112 είναι η πρίζα σύνδεσης του πίσω θερμαινόμενου παρμπρίζ και το X1 είναι η πρίζα διάγνωσης όπου μέσω των ακροδεκτών 13 και 7 γίνεται η διάγνωση βλαβών στην ΗΜΕ του συστήματος κλιματισμού και στην ΗΜΕ του συστήματος διαχείρισης κινητήρα αντίστοιχα.

3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

Σε όλο και περισσότερα αυτοκίνητα σήμερα χρησιμοποιείται το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης (EPS – Electric Power Steering). Το σύστημα αυτό

λόγω του ότι καταναλώνει πάνω από 90% λιγότερη ενέργεια του κινητήρα, καθώς επίσης δε χρειάζεται συντήρηση και μπορεί να συνεργασθεί άμεσα με τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας, το κάνει μονόδρομος επιλογή σε σύγκριση με το υδραυλικό και το ηλεκτροϋδραυλικό σύστημα διεύθυνσης.

Το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης αποτελείται από τη μηχανική διάταξη η οποία στρίβει μηχανικά τους δύο εμπρόσθιους τροχούς και από την ηλεκτρική – ηλεκτρονική διάταξη η οποία υποβοηθάει στο χειρισμό της μηχανικής διάταξης. Η ηλεκτρική – ηλεκτρονική διάταξη τοποθετείται είτε στην κολώνα του τιμονιού (Σχήμα 3.4, (α)), είτε στην κρεμαγιέρα (Σχήμα 3.4, (β)). Η διάταξη αυτή αποτελείται από μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, έναν αισθητήρα ροπής στρέψης του τιμονιού, έναν αισθητήρα θέσης του τιμονιού και από έναν dc κινητήρα. Όταν ο οδηγός περιστρέψει το τιμόνι η HME του ηλεκτρικά υποβοηθούμενου συστήματος διεύθυνσης λαμβάνει το σήμα τάσης από τον αισθητήρα ροπής στρέψης ώστε να υπολογίσει με πόση ροπή και σε πια κατεύθυνση περιστρέφεται το τιμόνι κάθε στιγμή. Ο αισθητήρας ροπής στρέψης του τιμονιού παράγει δύο αναλογικά αντίστροφα μεταξύ τους σήματα με τάση εύρους 0.25 έως 4.75 V. Η HME του ηλεκτρικά υποβοηθούμενου συστήματος διεύθυνσης δέχεται επίσης και ένα διπλό αναλογικό σήμα εύρους τάσης 0 έως 5 V από τον αισθητήρα θέσης του τιμονιού. Από αυτό το σήμα η HME πληροφορείται για τη θέση μηδέν (κέντρο) του τιμονιού ώστε ενεργοποιώντας κατάλληλα των ηλεκτροκινητήρα να βοηθήσει στην επαναφορά του τιμονιού. Στα σύγχρονα αυτοκίνητα όπου η επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων αυτοματισμού γίνεται μέσω πρωτοκόλλων επικοινωνίας, οδήγησε στη σύνδεση της HME του ηλεκτρικά υποβοηθούμενου συστήματος διεύθυνσης με τις HME άλλων συστημάτων ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη άνεση του οδηγού καθώς και η καλύτερη απόδοση των συστημάτων ενεργητικής ασφάλειας. Για παράδειγμα το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης ανταλλάσει πληροφορίες με το σύστημα διαχείρισης κινητήρα, ώστε ανάλογα με την ταχύτητα και την επιτάχυνση του αυτοκινήτου να υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη υποβοήθηση του χειρισμού του τιμονιού. Επίσης ανταλλάσει πληροφορίες με το σύστημα ελέγχου ευστάθειας, όπου ανάλογα με τροχιά που διαγράφει το αυτοκίνητο όταν αυτό γίνεται ασταθές, το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης βοηθάει στην επαναφορά της ευστάθειας του αυτοκινήτου μέσω της κατάλληλης υποβοήθησης στο χειρισμό του τιμονιού.

Η HME του ηλεκτρικά υποβοηθούμενου συστήματος διεύθυνσης αφού επεξεργαστεί τα σήματα από τους αισθητήρες του συστήματος καθώς και από τις HME των συστημάτων αυτοματισμού που έχει εξάρτηση, τροφοδοτεί κατάλληλα τον ηλεκτροκινητήρα ώστε να επιτευχθεί ο εύκολος και συνάμα ακριβής χειρισμός του συστήματος διεύθυνσης από τον

οδηγό. Ο ηλεκτροκινητήρας είναι ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος με τάση τροφοδοσίας συνήθως 12 V (ή 42 V λιγότερο) ο οποίος στιγμιαία μπορεί να τραβήξει περίπου 65 A ρεύμα. Λόγω του ότι ο ηλεκτροκινητήρας αυτός λειτουργεί μόνο κατά την περιστροφή του τιμονιού και το ρεύμα που καταναλώνει μεταβάλλεται ανάλογα με το πόσο πρέπει να βοηθήσει στην περιστροφή του τιμονιού, αυτά κάνουν το σύστημα αυτοματισμού που εξετάζουμε το λιγότερο ενεργοβόρο σε σύγκριση με το αντίστοιχο υδραυλικό και ηλεκτροϋδραυλικό σύστημα διεύθυνσης. Αυτό συμβαίνει καθώς στα άλλα δύο συστήματα απαιτείται η λειτουργία μιας αντλίας πίεσης υδραυλικού υγρού(είτε με μηχανικό τρόπο, είτε με ηλεκτρικό) σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα για να επιτευχθεί το ίδιο έργο.



(α)



(β)

Σχήμα 3.4 Ηλεκτρικά υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης

(Πηγή: http://www.trw.com/steering_systems/steering/electrically_powered_steering)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύστημα διαχείρισης κινητήρα ενός βενζινοκινητήρα είναι το πρώτο σύστημα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο όπου χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για τον ηλεκτρονικό έλεγχο του ψεκασμού καυσίμου και της ανάφλεξης του μείγματος. Τα πρώτα συστήματα διαχείρισης κινητήρα έκαναν χρήση μίας ή δύο ΗΜΕ (μια για τον ψεκασμό καυσίμου και μια για την ανάφλεξη), μερικών βασικών αισθητήρων και ορισμένων πνευματικών - μηχανικών ενεργοποιητών. Με την πάροδο των χρόνων απαιτείται από τους κινητήρες να γίνουν πιο αποδοτική και αξιόπιστοι έχοντας επίσης μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και λιγότερες εκπομπές ρύπων. Λόγο αυτής της απαίτησης το σύστημα διαχείρισης κινητήρα γίνεται όλο και πιο πολύπλοκο χρησιμοποιώντας όλο και περισσότερους αισθητήρες καθώς και ενεργοποιητές οι οποίοι είναι πλέον ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενοι (τεχνολογία Drive-By-Wire). Παράλληλα, όλο και περισσότερα συστήματα αυτοματισμού εγκαθίστανται στα αυτοκίνητα, τα οποία αποσκοπούν στη βελτίωση της ασφάλειας και της άνεσης των επιβαίνόντων του αυτοκινήτου. Συνεπώς, ο αριθμός των ΗΜΕ, των αισθητήρων και των ενεργοποιητών που χρησιμοποιούνται στο αυτοκίνητο αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς.

Σε αρκετές περιπτώσεις ένα σύστημα αυτοματισμού του αυτοκινήτου απαιτεί την τιμή μιας μεταβλητής ως είσοδο η οποία αποτελεί μεταβλητή εισόδου ενός ή περισσότερων συστημάτων αυτοματισμού στο αυτοκίνητο. Στο παρελθόν σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνταν ένας αισθητήρας για κάθε σύστημα αυτοματισμού. Για παράδειγμα το σύστημα διαχείρισης κινητήρα χρησιμοποιούσε έναν αισθητήρα θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού για να ρυθμίσει το μείγμα και την ανάφλεξη. Ένας επιπλέον αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού χρησιμοποιούνταν για την ένδειξη θερμοκρασίας στον πίνακα των οργάνων και ένας τρίτος για την λειτουργία του ανεμιστήρα ψύξης του ψυκτικού υγρού του κινητήρα. Με την προσθήκη και την εξέλιξη όλο και περισσότερων συστημάτων αυτοματισμού στο

αυτοκίνητο η χρήση όμοιων αισθητήρων για την μέτρηση μιας μεταβλητής από το κάθε σύστημα έκανε αυτά τα συστήματα πολύπλοκα, καθώς μαζί με την αύξηση των χρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων αυξάνεται ανάλογα ο αριθμός των καλωδιώσεων άρα και το κόστος κατασκευής. Λύση αυτού του προβλήματος ήταν η μετάδοση της τιμής του αισθητήρα από το ένα σύστημα αυτοματισμού στο άλλο. Επιπρόσθετα τα συστήματα αυτοματισμού ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας τους ώστε να γίνουν πιο αποδοτικά και αξιόπιστα. Τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας ανταλλάσσουν πληροφορίες με το σύστημα διαχείρισης κινητήρα για την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα ώστε να προσαρμόσουν κατάλληλα τη λειτουργία τους αλλά και να επηρεάσουν τη λειτουργία του κινητήρα ώστε να επανέλθει το συντομότερο δυνατόν η ευστάθεια στο αυτοκίνητο. Κατά την ενεργοποίηση του συστήματος κλιματισμού η HME του συστήματος στέλνει σήμα στην HME του συστήματος διαχείρισης κινητήρα να προσαρμόσει την λειτουργία του κινητήρα ώστε να συνεχιστεί η ομαλή λειτουργία του παρά το πρόσθετο φορτίο από τον συμπιεστή. Ωστόσο κατά την επιτάχυνση του αυτοκινήτου ή τη λειτουργία του κινητήρα με μεγάλο φορτίο ή σε περίπτωση υπερθέρμανσης του κινητήρα, η HME του συστήματος διαχείρισης κινητήρα στέλνει σήμα στην HME του συστήματος κλιματισμού να απενεργοποιήσει το συμπιεστή ώστε να μειωθεί το φορτίο του κινητήρα. Σήμερα στα πολυτελή αυτοκίνητα ανταλλάσσονται πάνω 2500 σήματα, σαν και αυτά που περιγράψαμε παραπάνω, σε πάνω από 70 HME οι οποίες είναι διασκορπισμένες σε διάφορα σημεία του αυτοκινήτου. Η μεταφορά αυτών των σημάτων γίνεται μέσω διάφορων πρωτόκολλων επικοινωνίας, τα οποία βοηθούν στο να γίνουν τα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο πιο αποδοτικά και ευέλικτα έχοντας παράλληλα μειωμένο κόστος κατασκευής και λιγότερα προβλήματα.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφέρουμε δύο από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο αυτοκίνητο σήμερα καθώς και την επικρατούσα μέθοδο διάγνωσης βλαβών των συστημάτων αυτοματισμού στο αυτοκίνητο.

4.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι μια συμφωνία ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα επικοινωνούντα μέρη για το πώς πρέπει να διεξάγεται η επικοινωνία. Το 1994 η ένωση μηχανικών αυτοκινητοβιομηχανίας των ΗΠΑ (SAE – Society of Automotive Engineers) όρισε τρεις διαφορετικές κατηγορίες πρωτοκόλλων επικοινωνίας σύμφωνα με τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και των χαρακτηριστικών τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι η κατηγορία A (Class A), η κατηγορία B (Class B) και η κατηγορία C (Class C).

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που ανήκουν στην κατηγορία Α έχουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων έως 10 kbps, είναι χαμηλού κόστους και χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση μη σημαντικών δεδομένων. Τα πρωτόκολλα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως στα συστήματα αυτοματισμού της καμπίνας των επιβατών του αυτοκινήτου (κλείδωμα πορτών, λειτουργία ηλεκτρικών παραθύρων, φωτισμός χώρου καμπίνας, λειτουργία εξωτερικών καθρεπτών και άλλα). Χαρακτηριστικό παράδειγμα πρωτόκολλου επικοινωνίας κατηγορίας Α είναι το πρωτόκολλο LIN (Local Interconnect Network), το οποίο ορίζεται από το πρότυπο SAE J2602. Το πρωτόκολλο LIN αναπτύχθηκε από την κοινοπραξία ενός αριθμού από τις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες (όπως η DaimlerChrysler, η Volkswagen Group, η BMW και η Volvo) τη Motorola και τη Volcano Communication Technologies στα τέλη της δεκαετίας του 1990. Το όνομα προκύπτει από το γεγονός ότι όλες οι ΗΜΕ εντοπίζονται σε ένα περιορισμένο χώρο εγκατάστασης (κάθε πόρτα, κάθισμα και άλλα). Συνεπώς αποτελεί ένα τοπικό δίκτυο που λειτουργεί υπό την επίβλεψη του υπόλοιπου δικτύου του αυτοκινήτου (όπως το δίκτυο CAN). Το πρωτόκολλο LIN είναι ένα χαμηλού κόστους σειριακής επικοινωνίας πρωτόκολλο στο οποίο υπάρχει μια μονάδα master όπου συνδέεται με μέχρι δεκαέξι μονάδες slave. Η μονάδα master συνδέεται μέσω gateway με τα άλλα πρωτόκολλα επικοινωνίας που υπάρχουν στο αυτοκίνητο (όπως το πρωτόκολλο CAN) και διαμεσολαβεί στη μεταφορά δεδομένων από τις μονάδες slave προς το δίαυλο επικοινωνίας CAN. Επίσης μέσω της μονάδας master γίνεται η διάγνωση των μονάδων slave. Οι μονάδες slave μπορεί να είναι αισθητήρες και ενεργοποιητές των συστημάτων αυτοματισμού της καμπίνας των επιβατών. Κάθε μήνυμα ξεκινάει από τη μονάδα master ενώ οι μονάδες slave αποκρίνονται σε αυτό. Επειδή όλα τα μηνύματα ξεκινούν από τη μονάδα master δεν απαιτείται η χρήση μιας μεθόδου ανίχνευσης συγκρούσεων. Τέλος θα πρέπει να πούμε ότι το σύνολο των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μεταξύ των μονάδων master και slave διέρχονται μέσω ενός καλωδίου.

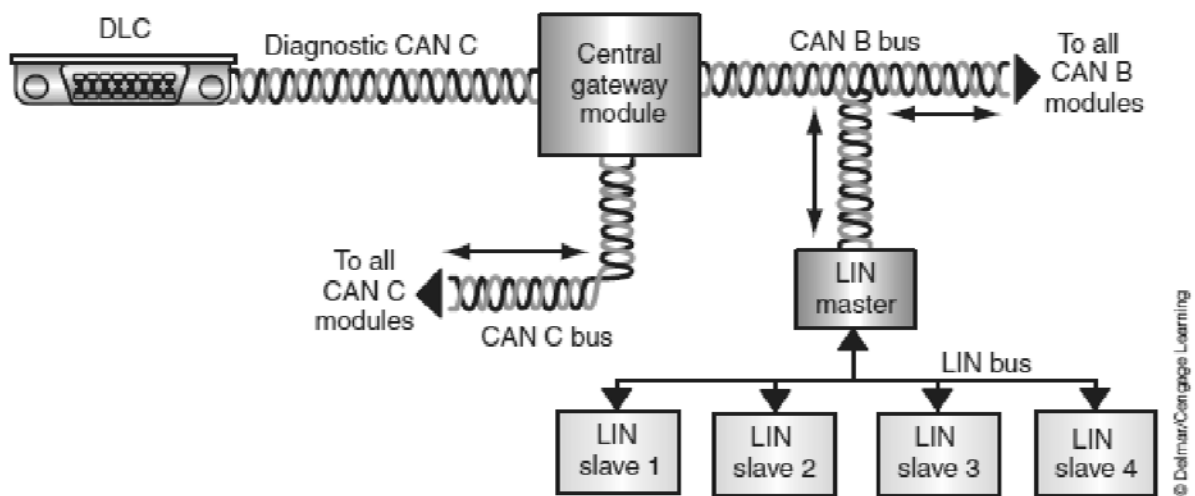
Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που ανήκουν στην κατηγορία Β έχουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων από 10 kbps έως 125 kbps. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των ΗΜΕ των διαφόρων συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου, καθώς επίσης μεταξύ των αισθητήρων και των ενεργοποιητών με την ΗΜΕ του συστήματος αυτοματισμού που ανήκουν, προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των αισθητήρων και των καλωδιώσεων. Αυτής της κατηγορίας τα πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα όπως το σύστημα κλιματισμού, το σύστημα φωτισμού του αυτοκινήτου και γενικά στην επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων αυτοματισμού του αμαξώματος. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο έχει επικρατήσει σε

αυτή την κατηγορία είναι το χαμηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN (Low-speed CAN). Το χαμηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN αποτελεί τον έναν τύπο του διαύλου επικοινωνίας CAN (Controller Area Network, CAN bus), έχει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων έως 125 kbps και ορίζεται από το πρότυπο ISO 11898-3. Ο άλλος τύπος είναι το υψηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN (High-speed CAN), το οποίο θα εξετάσουμε παρακάτω. Στις αρχές του 1980 η Robert Bosch GmbH ξεκίνησε την σχεδίαση του διαύλου επικοινωνίας CAN και στις αρχές του 1990 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε αυτοκίνητο παραγωγής. Έκτοτε, ο δίαυλος επικοινωνίας CAN (ISO 11898) έγινε ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα επικοινωνίας στον τομέα των οχημάτων. Σημαντικό στοιχείο του διαύλου επικοινωνίας CAN είναι ότι όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται σε έναν κοινό δίαυλο και είναι ομότιμοι μεταξύ τους χωρίς να υπάρχει κάποιος master ή slave κόμβος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα εάν εμφανισθεί σφάλμα ή δυσλειτουργία σε έναν από τους κόμβους, αυτός δεν επηρεάζει τη λειτουργία του υπόλοιπου συστήματος. Ως κόμβος του δικτύου CAN στο αυτοκίνητο θεωρείται κάθε ΗΜΕ, αισθητήρας και ενεργοποιητής που συνδέεται με αυτό. Κάθε κόμβος έχει την ικανότητα να αποστέλλει ένα μήνυμα προς όλους τους κόμβους του δικτύου CAN, αλλά και να λαμβάνει όλα τα μηνύματα που αποστέλλονται μέσω του διαύλου CAN από τους άλλους κόμβους. Αυτό οφείλεται στο ότι οι κόμβοι του δικτύου CAN δεν είναι διευθυνσιοδοτημένοι. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο CAN κάθε μήνυμα που αποστέλλεται από έναν κόμβο το χαρακτηρίζει ένας μοναδικός δείκτης ο οποίος προσδιορίζει το περιεχόμενο και την προτεραιότητα του μηνύματος. Οι υπόλοιποι κόμβοι του δικτύου CAN που λαμβάνουν ένα μήνυμα ελέγχουν αυτόν το δείκτη ώστε να αποφασίσουν εάν το κάνουν δεκτό ή όχι. Στο δίκτυο CAN ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων εξαρτάται άμεσα από το συνολικό μήκος του διαύλου δεδομένων. Συνεπώς, για να επιτευχθεί ρυθμός μετάδοσης δεδομένων 40 kbps το μήκος του διαύλου θα πρέπει να είναι μέχρι 1000 m, ενώ για ταχύτητα 1 Mbps ο δίαυλος θα πρέπει να έχει συνολικό μήκος μέχρι 40 m. Η σύνδεση των κόμβων γίνεται με ένα ζεύγος συνεστραμμένων αγωγών όπου μέσω του ενός αγωγού υλοποιείται το χαμηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN και μέσω του άλλου το υψηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN. Τα δύο καλώδια είναι συνεστραμμένα ώστε να μειωθούν οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που ανήκουν στην κατηγορία C έχουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων από 125 kbps έως 1 Mbps. Αυτής της κατηγορίας τα πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί επικοινωνία πραγματικού χρόνου μεταξύ δύο ή περισσότερων ΗΜΕ, καθώς και μιας ΗΜΕ με έναν αισθητήρα ή ενεργοποιητή. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας της κατηγορίας C χαρακτηρίζονται για την υψηλή ταχύτητα

μετάδοσης δεδομένων, έχοντας παράλληλα αξιόπιστη και ανθεκτική σε σφάλματα μετάδοση. Ως μειονέκτημα θα μπορούσαμε να πούμε το υψηλό κόστος κατασκευής. Στο αυτοκίνητο, αυτής της κατηγορίας τα πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται κυρίως στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα, στο σύστημα μετάδοσης κίνησης, στο σύστημα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας καθώς και για την επικοινωνία μεταξύ αυτών των συστημάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα πρωτοκόλλου επικοινωνίας αυτής της κατηγορίας είναι το υψηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN. Το υψηλής ταχύτητας πρωτόκολλο CAN έχει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που φτάνει το 1 Mbps και ορίζεται από το πρότυπο ISO 11898-2.

Το πρωτόκολλο LIN και το πρωτόκολλο CAN αποτελούν σήμερα τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα στο αυτοκίνητο για την μεταφορά δεδομένων. Ωστόσο υπάρχουν αρκετά άλλα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία είτε χρησιμοποιούνται από ορισμένους κατασκευαστές, είτε χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές, είτε δεν επιλέγονται πλέον. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4.1) απεικονίζεται η διάταξη του δικτύου μεταφοράς δεδομένων ενός αυτοκινήτου στο οποίο υλοποιείται το πρωτόκολλο LIN και CAN.



Σχήμα 4.1 Διάταξη δικτύου μεταφοράς δεδομένων σε αυτοκίνητο που υλοποιείται το πρωτόκολλο LIN και CAN

(Πηγή: Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics, 2011, Σελ. 297, Delmar Cengage Learning)

4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

Η εξέλιξη των συστημάτων αυτοματισμού στο αυτοκίνητο από συστήματα ηλεκτρομηχανικά (ανάφλεξη με πλατίνες), πνευματικά (πνευματική ρύθμιση του αβάνς) και υδραυλικά (σύστημα φρένων, υδραυλικό τιμόνι) σε συστήματα αυτοματισμού ελεγχόμενα από μικροελεγκτή, οδήγησε στο να γίνουν αυτά τα συστήματα πιο αποδοτικά και αξιόπιστα.

Επιπρόσθετα, η εξέλιξη αυτή αποτέλεσε τη βάση στο να κατασκευαστούν νέα συστήματα αυτοματισμού στο αυτοκίνητο που στοχεύουν στην ασφάλεια και στην άνεση των επιβαίνοντων. Ωστόσο τα συστήματα τα οποία ελέγχονται από μικροελεγκτή είναι πιο πολύπλοκα με συνέπεια όταν υποστούν κάποια βλάβη θα πρέπει να υπάρχει μια μέθοδος με την οποία να γίνεται η διάγνωσή της. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να ενσωματωθεί μια ηλεκτρονική διάταξη στην ΗΜΕ του συστήματος αυτοματισμού η οποία να διαβάζει την κατάσταση των εισόδων και των εξόδων της και ακολούθως να συγκρίνει την τιμή κάθε μίας από αυτές με πίνακες τιμών οι οποίοι είναι αποθηκευμένοι στην μνήμη ROM (ή flash). Σε περίπτωση που μια τιμή παρεκκλίνει από αυτή του πίνακα τιμών τότε η ΗΜΕ καταγράφει έναν κωδικό βλάβης σχετικά με το εξάρτημα ή την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος αυτοματισμού και στέλνει σήμα στον πίνακα οργάνων να ανάψει την αντίστοιχη λυχνία προειδοποίησης βλάβης του συστήματος. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 υπήρχαν τρεις μέθοδοι διάγνωσης βλαβών των συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου από τους οποίους κάθε αυτοκινητοβιομηχανία επέλεγε έναν και τον υλοποιούσε σύμφωνα με τις δικές τις προδιαγραφές. Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο διάγνωσης, η ανάγνωση των κωδικών βλάβης επιτυγχανόταν με την καταμέτρηση των αναλαμπών της λυχνίας ένδειξης βλάβης του συστήματος στον πίνακα οργάνων έχοντας γεφυρώσει πρώτα κατάλληλα κάποιες επαφές στην πρίζα διάγνωσης του αυτοκινήτου. Στην δεύτερη μέθοδο διάγνωσης η ανάγνωση των κωδικών βλάβης γινόταν με τη σύνδεση ενός LED στην πρίζα διάγνωσης και καταμετρώντας τις αναλαμπές του. Και στις δύο περιπτώσεις αφού έχουν καταμετρηθεί οι ομάδες των αναλαμπών θα πρέπει να ανατρέξουμε στο εγχειρίδιο του κατασκευαστή για να αποκωδικοποιήσουμε των κάθε κωδικό. Η τρίτη μέθοδος ήταν η σύνδεση ενός διαγνωστικού μηχανήματος στην πρίζα διάγνωσης και η ανάγνωση μέσω αυτού των κωδικών βλάβης που έχει καταγράψει η ΗΜΕ. Αν και αυτή η μέθοδος διάγνωσης βλαβών εκείνη την εποχή ήταν η πιο αποδοτική και αξιόπιστη, είχε ωστόσο ένα μεγάλο μειονέκτημα. Το κάθε διαγνωστικό μηχανήμα ανάγνωσης βλαβών είχε κατασκευαστή για να πληροί τις προδιαγραφές μιας συγκεκριμένης αυτοκινητοβιομηχανίας. Αυτό συνέβαινε επειδή δεν ήταν επιθυμητό από τις αυτοκινητοβιομηχανίες να χρησιμοποιούν κοινές προδιαγραφές στην κατασκευή καθώς και στη διάγνωση των συστημάτων αυτοματισμού τους. Συνεπώς η κάθε αυτοκινητοβιομηχανία μονοπωλούσε το διαγνωστικό της μηχανήμα με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται μόνο από τις αντιπροσωπίες και τα εξουσιοδοτημένα συνεργεία, καθώς το κόστος κτήσης για ένα ανεξάρτητο συνεργείο ήταν μεγάλο. Ωστόσο η όλο και πιο αυστηρή νομοθεσία που επιβάλλουν οι διάφοροι ρυθμιστικοί οργανισμοί στις αυτοκινητοβιομηχανίες, όπου τα

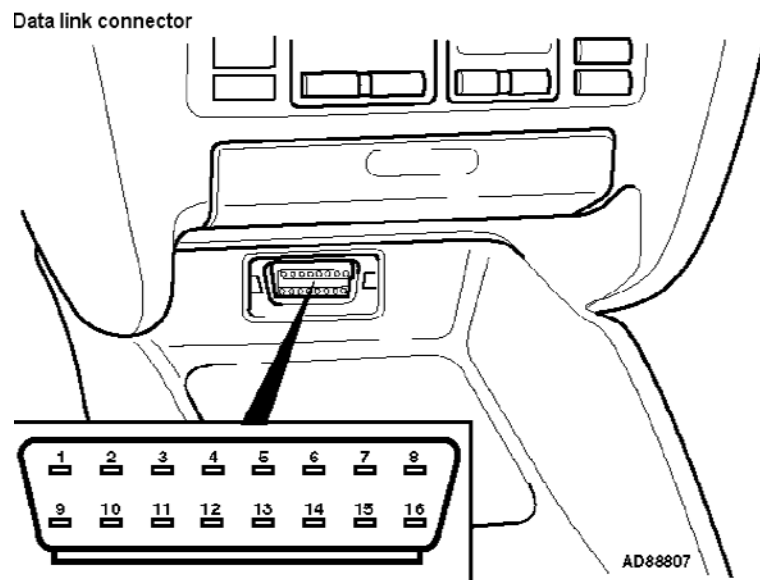
αυτοκίνητα που παράγουν πρέπει να συμμορφώνονται με αυστηρότερα όρια εκπομπής ρύπων, οδήγησε τις αυτοκινητοβιομηχανίες να αλλάξουν στρατηγική.

Ο ρυθμιστικός οργανισμός CARB (California Air Resources Board) ήταν ο οργανισμός που θέσπισε την πρώτη νομοθεσία για τον έλεγχο των εκπεμπόμενων ρύπων. Σύμφωνα με αυτή τη νομοθεσία, όσα αυτοκίνητα θα πουλιόντουσαν στην πολιτεία της Καλιφόρνια από το 1988 θα έπρεπε να είναι εξοπλισμένα με σύστημα αυτοδιάγνωσης για τους ρύπους όπου ονομαζόταν OBD (On Board Diagnostics). Αυτό σήμαινε ότι όταν σε έναν κινητήρα παρουσιαζόταν μια βλάβη η οποία επηρέαζε τα εκπεμπόμενα καυσαέρια, η HME του κινητήρα ήταν υποχρεωμένη να ανιχνεύσει τη βλάβη, να ειδοποιήσει τον οδηγό μέσω μιας ενδεικτικής λυχνίας (Malfunction Indicator Lamp - MIL) στον πίνακα οργάνων και να καταγράψει τους σχετικούς κωδικούς βλάβης (Diagnostic Trouble Codes - DTC). Η HME του κινητήρα ήταν υποχρεωμένη να παρακολουθεί τη λειτουργία του αισθητήρα οξυγόνου, της βαλβίδας επανακυκλοφορίας των καυσαερίων και της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας εξαέρωσης του δοχείου ενεργού άνθρακα. Ωστόσο το σύστημα αυτοδιάγνωσης πρώτης γενιάς (OBD ή OBD I) είχε ατέλειες. Για παράδειγμα δεν παρακολουθούσε τη λειτουργία του καταλυτικού μετατροπέα όπως και τη διαδικασία της καύσης του μείγματος. Επίσης δεν είχε τυποποιηθεί η πρίζα διάγνωσης και οι κωδικοί βλάβης με συνέπεια να μην υπάρχει ένα διαγνωστικό μηχανήμα κοινό για όλους τους κατασκευαστές. Αυτό οδήγησε τη ρυθμιστική αρχή CARB της Καλιφόρνια μαζί με τη ρυθμιστική αρχή EPA (Environmental Protection Agency) των ΗΠΑ να αναπτύξουν το σύστημα αυτοδιάγνωσης για τους ρύπους δεύτερης γενιάς (OBD II).

Το σύστημα αυτοδιάγνωσης OBD II αποτέλεσε εξέλιξη του συστήματος αυτοδιάγνωσης OBD και τέθηκε σε ισχύ το 1996 για τα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που ταξινομούνται στις ΗΠΑ. Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος αυτοδιάγνωσης OBD II είναι η παρακολούθηση της λειτουργίας του καταλυτικού μετατροπέα, η ανίχνευση της προανάφλεξης και της αυτανάφλεξης του μείγματος και η παρακολούθηση της λειτουργίας όλων των αισθητήρων και των ενεργοποιητών του κινητήρα που τον κάνουν να πληροί τις προδιαγραφές εκπομπής ρύπων. Επιπρόσθετα τυποποιήθηκαν οι κωδικοί βλάβης διάγνωσης βλαβών, η πρίζα διάγνωσης καθώς και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του διαγνωστικού μηχανήματος.

Κάθε διαγνωστικό μηχανήμα το οποίο καλύπτει τις προδιαγραφές του πρότυπου OBD II μπορεί να συνδεθεί σε αυτοκίνητο οποιασδήποτε αυτοκινητοβιομηχανίας το οποίο έχει ταξινομηθεί στις ΗΠΑ από το 1996 και μετά. Το διαγνωστικό μηχανήμα εκτός από την ανίχνευση του κωδικού διάγνωσης βλαβών (DTC) έχει τη δυνατότητα να μας πληροφορήσει

για τις τρέχον τιμές διάφορων παραμέτρων του κινητήρα όπως και για τις τιμές των παραμέτρων όταν καταγράφηκε ο κωδικός βλάβης (Freeze Frame). Επιπλέον μπορεί να θέσει σε λειτουργία όσους ενεργοποιητές είναι ηλεκτρικά ενεργοποιούμενοι. Η σύνδεση του διαγνωστικού μηχανήματος με την HME του συστήματος διαχείρισης κινητήρα επιτυγχάνεται μέσω μιας πρίζας 16 ακροδεκτών η οποία περιγράφεται από το πρότυπο SAE J1962.



Σχήμα 4.2 Πρίζα διάγνωσης τυποποιημένη κατά SAE J1962
(Πηγή: Autodata, Autodata Limited)

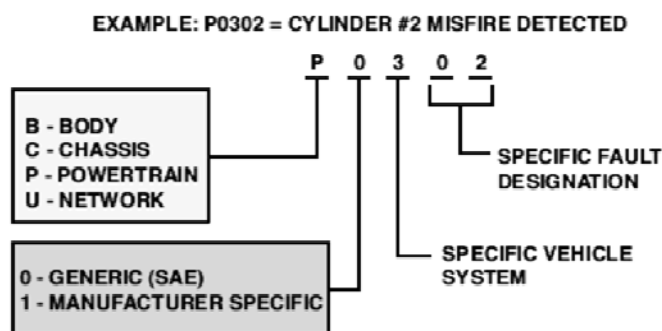
Η μορφή της πρίζας διάγνωσης απεικονίζεται στο σχήμα 4.2. Σύμφωνα με το πρότυπο OBD II η πρίζα διάγνωσης τοποθετείται αποκλειστικά στο χώρο της καμπίνας των επιβατών γύρω από την θέση του οδηγού. Συνήθως τοποθετείται στο χώρο κάτω από το τιμόνι στο ταμπλό των οργάνων. Η πρίζα διάγνωσης προτύπου OBD II παρέχει τροφοδοσία για τη λειτουργία του διαγνωστικού μηχανήματος. Το πρότυπο OBD II ορίζει ότι η επικοινωνία του διαγνωστικού μηχανήματος με την HME του συστήματος διαχείρισης κινητήρα επιτυγχάνεται με ένα από πέντε πρωτόκολλα επικοινωνίας που απεικονίζονται στο σχήμα 4.3. Επιπλέον μέσω αυτών των πρωτοκόλλων ή μέσω ορισμένων ακροδεκτών (1,3,8,9,11,12,13) του συνδέσμου διάγνωσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ελεύθερα από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, επιτυγχάνεται η διάγνωση βλαβών των υπόλοιπων συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου. Συνεπώς με το πρότυπο OBD II η διάγνωση βλαβών των συστημάτων αυτοματισμού του αυτοκινήτου γίνεται πιο ευέλικτη.

ISO 9141-2 (K-line)
ISO 14230-4 (Keyword protocol (Kwp) 2000)
J 1850 10.4 Kb/s Variable pulse width
J 1850 41.6 Kb/s Pulse width modulated
J 2284/ISO 15765-4 Controller area network (CAN)

Σχήμα 4.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας προτύπου OBD II

(Πηγή: Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics, 2011, Σελ. 284, Delmar Cengage Learning)

Η δομή των κωδικών βλάβης ενός συστήματος αυτοματισμού που ανιχνεύτηκαν από ένα διαγνωστικό μηχάνημα προτύπου OBD II παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4. Σύμφωνα με το πρότυπο OBD II ένας κωδικός βλάβης αποτελείται από πέντε ψηφία. Το πρώτο ψηφίο από αριστερά είναι ένα γράμμα το οποίο προσδιορίζει το σύστημα αυτοματισμού το οποίο έχει βλάβη. Το γράμμα B αναφέρεται σε βλάβες των συστημάτων αυτοματισμού της καμπίνας (όπως το σύστημα παθητικής ασφάλειας, το σύστημα κλιματισμού), το γράμμα C αναφέρεται σε βλάβες των συστημάτων αυτοματισμού του αμαξώματος (όπως τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας), το γράμμα P αναφέρεται σε βλάβες του συστήματος διαχείρισης κινητήρα και του συστήματος μετάδοσης κίνησης και το γράμμα U αναφέρεται σε βλάβες του δικτύου επικοινωνίας. Το δεύτερο ψηφίο από αριστερά δηλώνει εάν ο κωδικός βλάβης προσδιορίζεται από το πρότυπο OBD II (0) ή από τον κατασκευαστή του αυτοκινήτου (1). Το τρίτο ψηφίο από αριστερά προσδιορίζει το υποσύστημα του συστήματος αυτοματισμού το οποίο έχει βλάβη. Τέλος, το τέταρτο και το πέμπτο ψηφίο αναφέρονται στο εξάρτημα που παρουσιάζεται η βλάβη. Οι κωδικοί βλαβών προτύπου OBD II είναι κοινοί για όλα τα αυτοκίνητα που έχουν σύστημα αυτοδιάγνωσης OBD II.



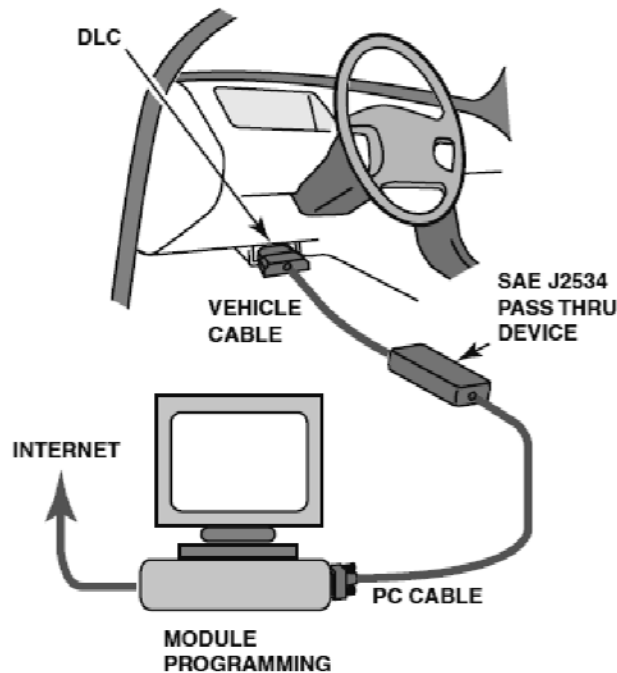
Σχήμα 4.4 Δομή κωδικών βλάβης σύμφωνα με το πρότυπο OBD II

(Πηγή: Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service, 2012, Σελ. 961, Prentice Hall)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε το σύστημα αυτοδιάγνωσης για τους ρύπους EOBD (European On Board Diagnostics). Στο σύστημα αυτοδιάγνωσης EOBD υιοθετήθηκαν τα χαρακτηριστικά του συστήματος αυτοδιάγνωσης OBD II. Όσα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα ταξινομούνται σε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης από το 2001 και μετά, καθώς επίσης τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα από το 2004 και μετά, θα πρέπει να πληρούν το πρότυπο EOBD. Τα σύστημα αυτοδιάγνωσης για τους ρύπους OBD II και EOBD αποτελούν βασική συνιστώσα στη συμμόρφωση ενός επιβατηγού αυτοκινήτου με τα πρότυπα εκπομπής ρύπων των ΗΠΑ και της Ευρωπαϊκής Ένωσης αντίστοιχα. Αυτό επιτυγχάνεται επειδή η διάγνωση μιας βλάβης σχετική με τους εκπεμπόμενους ρύπους γίνεται πιο εύκολη τόσο από τις αντιπροσωπείες και τους εξουσιοδοτημένους επισκευαστές, όσο και από τα ανεξάρτητα συνεργεία. Συνεπώς το αυτοκίνητο γίνεται λιγότερο ρυπογόνο.

Με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των συστημάτων αυτοματισμού στο αυτοκίνητο, όπου σε κάθε σύστημα έχουν προστεθεί δεκάδες αισθητήρες και ενεργοποιητές καθώς επίσης το ένα σύστημα αυτοματισμού αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα, έκανε τα συστήματα αυτοδιάγνωσης για τους ρύπους που περιγράψαμε να μην είναι ικανά από μόνα τους να κάνουν το αυτοκίνητο να πληροί τις όλο και πιο αυστηρές προδιαγραφές εκπομπής ρύπων. Αυτό συνέβαινε επειδή το λογισμικό των ΗΜΕ των συστημάτων αυτοματισμού που ήταν υπεύθυνα για τους ρύπους (σύστημα διαχείρισης κινητήρα, σύστημα μετάδοσης κίνησης) είχε πιθανά σφάλματα ή παρωχημένους παραμέτρους λειτουργίας. Συνεπώς θα έπρεπε να γίνει αναβάθμιση του λογισμικού κάθε αρμόδιας ΗΜΕ που ωστόσο ήταν μια χρονοβόρα διαδικασία η οποία μπορούσε να την κάνει μόνο η αντιπροσωπεία του αυτοκινήτου επειδή δεν υπήρχε μια τυποποιημένη διαδικασία. Για να ικανοποιηθεί η νομοθεσία η οποία θεσπίστηκε από τη ρυθμιστική αρχή ΕΡΑ των ΗΠΑ, ο σύνδεσμος μηχανικών αυτοκινητοβιομηχανίας των ΗΠΑ (SAE) όρισε το πρότυπο J2534 (λέγεται και PASS THRU). Σύμφωνα με το πρότυπο J2534 από το 2004 και μετά, κάθε κατασκευαστής αυτοκινήτων ο οποίος κατασκευάζει αυτοκίνητα για την αγορά των ΗΠΑ, θα πρέπει να παρέχει στο διαδίκτυο εντός τριών μηνών από το λανσάρισμα ενός νέο μοντέλου το πιο πρόσφατο λογισμικό των ΗΜΕ του αυτοκινήτου που είναι υπεύθυνες για τις εκπομπές ρύπων του κινητήρα. Αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν επίσης τα νεότερα λογισμικά των υπόλοιπων ΗΜΕ του αυτοκινήτου όπως και το λογισμικό διάγνωσης βλαβών. Τα λογισμικά παρέχεται έναντι αμοιβής για μία χρήση. Συνεπώς κάθε επισκευαστής αυτοκινήτων χρησιμοποιώντας μια συσκευή επαναπρογραμματισμού προτύπου J2534 η οποία συνδέεται με τη πρίζα διάγνωσης προτύπου J1962, ένα προσωπικό υπολογιστή ο οποίος έχει σύνδεση με το διαδίκτυο και το λογισμικό το οποίο το αγοράζει από την ιστοσελίδα του κατασκευαστή

του αυτοκινήτου μπορεί να επαναπρογραμματίσει μια ΗΜΕ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο κινητήρας να έχει ομαλή απόδοση, οικονομία καυσίμου και να συνεργάζεται αρμονικά με τα άλλα συστήματα αυτοματισμού πληρώντας παράλληλα σε κάθε κατάσταση λειτουργίας του τις προδιαγραφές ρύπων για τις οποίες έχει σχεδιασθεί. Στο σχήμα 4.5 παρουσιάζεται η διάταξη επαναπρογραμματισμού σύμφωνα με το πρότυπο J2534. Το πρότυπο J2534 υιοθετήθηκε και εφαρμόζεται στα αυτοκίνητα που έχουν ταξινομηθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το Σεπτέμβριο του 2009 και μετά όπου ισχύει η προδιαγραφή ρύπων Euro 5.



Σχήμα 4.5 Διάταξη επαναπρογραμματισμού σύμφωνα με το πρότυπο J2534

(Πηγή: Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service, 2012, Σελ. 980, Prentice Hall)

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες μαζί με τους προμηθευτές ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και λογισμικών για να μπορούν να ανταποκρίνονται στις όλο και πιο αυξημένες προδιαγραφές που καλούνται να πληρούν τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου που εγκαθιστούν στα αυτοκίνητα που κατασκευάζουν, προχώρησαν τον Ιούλιο του 2003 στην ίδρυση κοινοπραξίας με το όνομα AUTOSAR (Automotive Open System Architecture). Οι βασικοί εταίροι που ξεκίνησαν αυτή την προσπάθεια ήταν η BMW, η Bosch, η Continental, η DaimlerChrysler, η Volkswagen και η Siemens VDO (όπου από το 2008 έγινε μέρος της Continental). Στους βασικούς εταίρους προστέθηκαν το Νοέμβριο του 2003 η Ford Motor Company, τον Δεκέμβριο του 2003 η Peugeot Citroen Automobiles S.A. και η Toyota Motor Corporation και το Νοέμβριο του 2004 η General Motors. Τα μέλη της κοινοπραξίας

AUTOSAR συμφώνησαν στη μεταξύ τους συνεργασία ώστε να καθιερωθεί ένα ανοιχτό βιομηχανικό πρότυπο για κάθε σύστημα αυτόματου ελέγχου του αυτοκινήτου βάση του οποίου να γίνεται η σχεδίαση και η κατασκευή τους. Συνεπώς μέσω αυτής της κοινοπραξίας επιτυγχάνεται ο περιορισμός της πολυπλοκότητας τόσο των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου του αυτοκινήτου, όσο και των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που τα απαρτίζουν, καθώς επίσης βελτιώνεται η ποιότητα, η αποδοτικότητα και η αξιοπιστία τους. Παράλληλα όμως η ανοιχτή αρχιτεκτονική (open architecture) της κοινοπραξίας AUTOSAR ενθαρρύνει τον ανταγωνισμό σε καινοτόμες λειτουργίες. Ως αποτέλεσμα με την ίδρυση της κοινοπραξίας AUTOSAR μια νέα εποχή ξεκινάει για τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου που εγκαθιστούν οι αυτοκινητοβιομηχανίες στα αυτοκίνητα που κατασκευάζουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καραπάνος Χ., Κοτσιλιέρης Α., Κουντουράς Λ., **Μηχανές Εσωτερικής Καύσης II** (Α' Τεύχος), Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2001
2. Δουλγέρης Γ., Ζαραγκούλιας Ν., Κουτσούκος Β., **Τεχνολογία Ελέγχων και Διαγνώσεων** (Α' Τεύχος), Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2006
3. Αλεξάνδρου Δ., Γιάννος Γ., Καπετανάκης Γ., **Συστήματα Αυτοκινήτου II**, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2006

B. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Bosch Electronic Automotive Handbook** (First Edition), Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 2002
2. Allan W. M. Bonnick, **Automotive Computer Controlled Systems**, Butterworth-Heinemann, Great Britain, 2001
3. William B. Ribbens, **Understanding Automotive Electronics** (Sixth Edition), Newnes, United States of America, 2003
4. Ronald K. Jurgen, **Automotive Electronics Handbook** (Second Edition), McGraw - Hill, New York, 1999
5. Barry Hollembeak, **Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics** (Fifth Edition), Delmar Cengage Learning, United States of America, 2011
6. James D. Halderman, **Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service** (Fourth Edition), Prentice Hall, New Jersey, 2012
7. **Driving Stability Systems** (First Edition), Robert Bosch GmbH, Germany, 2005
8. Steven Daly, **Automotive Air-conditioning and Climate Control Systems** (First Edition), Butterworth-Heinemann, UK, 2006
9. Nicolas Navet, Françoise Simonot-Lion, **Automotive Embedded Systems Handbook**, CRC Press, United States of America, 2009

Γ. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. <http://www.freescale.com>
2. <http://www.ecnmag.com>
3. <http://www.automotive-eetimes.com>
4. <http://www.renesas.eu>
5. <http://www.infineon.com>
6. <http://www.st.com>
7. <http://www.bosch-semiconductors.com>
8. <http://www.vdo.com>
9. <http://www.bosch.com.au>
10. <http://www.ngk.de>
11. <http://www.walkerexhaust.com>
12. <http://www.bosch-automotivetechology.com>
13. http://wps.prenhall.com/chet_halderman_diagnosis_6/180/46215/11831273.cw/index.html
14. <http://delphi.com/>
15. <http://www.trw.com/>
16. <http://www.zf-lenksysteme.com/>
17. <http://www.drewtech.com>
18. <http://www.boschdiagnostics.com>
19. <http://www.delphi-euro5.com>
20. <http://www.autosar.org/>

Δ. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ (SOFTWARE)

1. **Vivid Workshop Data ATI**, Vivid Workshop Data & Media B.V.
2. **Autodata**, Autodata Limited
3. **TecDoc KATALOG**, TecDoc Information System GmbH