



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ : ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ

ΘΕΜΑ :

**« ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ
ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥΣ
ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ »**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΣΩΤΗΡΗΣ

ΣΑΛΗΧ ΑΜΠΙΝΤΕΛ ΑΖΙΖ

ΚΡΗΤΙΚΟΣ ΙΕΡΟΘΕΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΣΗ: ΚΟΝΤΟΓΙΩΡΓΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ	3
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ	3
1.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	3
1.3 ΚΥΡΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	4
1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΠΟΛΛΑΠΛΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	7
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ	7
2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	7
2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	14
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ	15
3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΛΑΜΔΑ	16
3.4 ΠΕΤΑΛΟΥΔΕΣ ΓΚΑΖΙΟΥ	17
3.5 STRATIFICATION (στρωματοποίηση)	18
3.6 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	20
3.7 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ	22
3.8 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΕΡΑ	25
3.9 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ	26
3.10 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΔΕΣΜΗΣ	28
3.11 ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ – ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΥΣΗΣ (ΡΥΠΟΙ) 38

4.1 ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ 40

4.2 ΦΤΩΧΟΤΕΡΟ ΜΕΙΓΜΑ = ΦΙΛΙΚΟΤΕΡΟ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 42

4.3 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ 45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ 46

5.1 ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ 48

5.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ 51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ 53

6.1 ΙΑΠΩΝΕΣ ΚΑΙ ΓΑΛΛΟΙ ΚΑΝΟΥΝ ΤΗΝ ΑΡΧΗ 53

6.2 Η ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΤΗΣ MERCEDES 57

6.3 BMW ΚΑΙ ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ 58

6.4 ΙΑΠΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ 61

6.5 Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ DiesOtto ΤΗΣ MERCEDES 64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΧΗΜΙΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ 67

7.1 ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ 67

7.2 Η ΟΥΣΙΑ 68

7.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ 69

7.4 ΤΡΟΠΟΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ 70

7.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΕΚΤΗΜΑΤΑ 72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

WATER INJECTION 74

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 74

8.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ	75
8.3 ΓΙΑΤΙ ΝΕΡΟ ΟΜΩΣ;	77
8.4 TURBO ΚΑΙ DIRECT INJECTION – Η ΠΙΟ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	78
8.5 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ WATER INJECTION ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	79
8.6 ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΤΟ WATER INJECTION	80
8.7 ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	82
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	96

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα εσωτερικής καύσης κατασκευάστηκε στην Γερμανία το 1887. τότε το αυτοκίνητο θεωρούνταν είδος πολυτελείας και ελάχιστοι είχαν την δυνατότητα να το αποκτήσουν. Από τότε πολλά άλλαξαν και φτάσαμε σήμερα το αυτοκίνητο να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής μας ζωής και κάθε οικογένεια να έχει τουλάχιστον από ένα. Βεβαίως όπως είναι φυσικό μέσα στην γενικότερη εξέλιξη των πραγμάτων και το αυτοκίνητο δεν θα μπορούσε να μείνει στην αρχική του μορφή. Έτσι με την βοήθεια της τεχνολογίας και την αυτοματοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας τα αυτοκίνητα έγιναν φθηνότερα, ταχύτερα, ποιοτικότερα και βεβαίως ασφαλέστερα. Εδώ και λίγα χρόνια οι μηχανικοί προσπαθούν να τα κάνουν και φιλικότερα προς το περιβάλλον. Όπως όλοι γνωρίζουμε τα αυτοκίνητα κατηγορούνται συνεχώς ότι αποτελούν τη νούμερο ένα αιτία μόλυνσης του περιβάλλοντος καθώς κατά την λειτουργία τους εκπέμπουν δηλητηριώδη αέρια όπως μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου κλπ. έτσι οι κατασκευαστές αναγκάζονται να μειώνουν συνεχώς τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση καυσίμου πολλές φορές και κάτω από τα όρια που επιβάλλει η νομοθεσία. Βέβαια αυτό είναι αρκετά δυσκολότερα από όσο ακούγεται γιατί ταυτόχρονα οι απαιτήσεις σε ισχύ παραμένουν αμείωτες λόγω του αυξανόμενου βάρους των αυτοκινήτων. Τώρα, βέβαια, θα αναρωτηθεί κανείς γιατί τα αυτοκίνητα γίνονται όλο και βαρύτερα με το πέρασμα του χρόνου και η απάντηση είναι γιατί επειδή ακριβώς τα αυτοκίνητα σήμερα παρέχουν στον οδηγό υπερπλήρη εξοπλισμό και παρά πολλές ηλεκτρικές ευκολίες και ακόμα πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε να έχουν πρακτική ασφάλεια όλα τα παραπάνω συνηγορούν στην συνεχόμενη αύξηση του

βάρους. Αν διαβάσει κανείς όλα τα παραπάνω θα νιώσει ότι οι κατασκευαστές έχουν πολλές δυσκολίες να ξεπεράσουν έτσι ώστε να παράγουν φιλικά προς το περιβάλλον αυτοκίνητα χωρίς ταυτόχρονα να αλλοιώνουν το χαρακτήρα τους, έχουν όμως και ένα μεγάλο σύμμαχο που είναι η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας. Μόνο με τη χρήση της τεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη αξιοποίηση του καυσίμου άρα η καλύτερη θερμοδυναμική απόδοση του κινητήρα εσωτερικής καύσης και σαν αποτέλεσμα αυτών η μείωση των εκπομπών ρύπων. Το σύστημα που εδώ και λίγο καιρό χρησιμοποιείται από τους κατασκευαστές είναι ο άμεσος ψεκασμός βενζίνης μέσα στον κύλινδρο για τους βενζινοκινητήρες και ο ηλεκτρονικός άμεσος ψεκασμός με ξεχωριστή αντλία πετρελαίου και μπεκ για κάθε κύλινδρο για τους πετρελαιοκινητήρες. Αυτό θα είναι το αντικείμενο ανάλυσης αυτής της εργασίας που από ότι φαίνεται μέχρι τώρα λειτουργεί αρκετά καλά επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα υψηλή απόδοση και χαμηλή κατανάλωση και εκπομπή ρύπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

Single point fuel injection (SP1)

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΓΕΝΙΚΑ

Ο ηλεκτρικός ψεκασμός μονού σημείου είναι η πρώτη απόπειρα των κατασκευαστών να ελέγχουν ηλεκτρονικά το καύσιμο μείγμα στα αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής και έκανε την εμφάνισή τους στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Αποτελεί ουσιαστικά το επόμενο βήμα σε αυτό που όλοι ξέραμε και είχαμε ακούσει μέχρι τότε δηλαδή στην τροφοδοσία μέσω καρμπυρατέρ ή εξαερωτήρα όπως λέγεται ελληνικά. Ο ψεκασμός μονού σημείου δεν έμεινε και πολλά χρόνια στο προσκήνιο καθώς οι αυτοκινητοβιομηχανίες γρήγορα επέλεξαν τον ψεκασμό πολλαπλών σημείων που στην ουσία χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα με παραλλαγές φυσικά.

1.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Πως όμως λειτουργεί αυτού του είδους ο ψεκασμός ; Η λειτουργία του είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη καθώς έχουμε σαν βάση την ηλεκτρονική μονάδα του κινητήρα (εγκέφαλος) και το σώμα του ψεκασμού που βρίσκεται πάνω στην πολλαπλή εισαγωγής. Το σώμα του ψεκασμού αποτελείται από ένα εγχυτήρα (μπεκ), γι' αυτό λέγεται και μονού ψεκασμού, καθώς και την πεταλούδα του γκαζιού. Ο ατμοσφαιρικός αέρας καθώς εισέρχεται στο σώμα του ψεκασμού από το φίλτροκούτι συναντά μπροστά του το μπεκ το οποίο είναι ηλεκτρονικό και παίρνει

σήμα από τον εγκέφαλο μέσω μιας σειράς αισθητήρων που θα περιγράψουμε παρακάτω.

Όταν λοιπόν ο αέρας συναντήσει το μπεκ τότε αυτό παίρνει εντολή και ψεκάζει μιας καθορισμένη ποιότητα βενζίνης η οποία θα δούμε παρακάτω από τι εξαρτάται. Λόγω της κινητικής ενέργειας ο αέρας συμπαρασύρει την βενζίνη που βρίσκεται σε μορφή spray και έτσι αυτό το ομογενοποιημένο μείγμα πηγαίνει προς την πεταλούδα του γκαζιού. Αυτή είναι ανοιχτή ανάλογα με το πόσο γκάζι έχουμε πατήσει εμείς και πλέον το μείγμα βρίσκεται μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής. Από τη στιγμή που το μείγμα εισέλθει στην πολλαπλή εισαγωγής μοιράζεται στους αυλούς και φτάνει στις βαλβίδες εισαγωγής της κυλινδροκεφαλής, οι οποίες κάθε φορά που ανοίγουν, λόγω της υποπίεσης που δημιουργούν τα έμβολα, περνά μέσα το μείγμα ώστε να γίνει η καύση. Η παραπάνω διαδικασία αφενός γίνεται ταχύτατα κάποιες χιλιάδες φορές το λεπτό και αφετέρου δεν είναι τόσο απλή όσο φαίνεται διότι χρειάζονται αρκετοί αισθητήρες και εξαρτήματα για να πραγματοποιηθεί.

1.3 ΚΥΡΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Το κυριότερο εξάρτημα του ψεκασμού είναι η ηλεκτρονική μονάδα διαχείρισης, δηλαδή ο εγκέφαλος και όπως λέει και η λέξη χωρίς αυτό δεν μπορεί να λειτουργήσει ο κινητήρας. Ο εγκέφαλος είναι συνδεδεμένος με πολλούς διάφορους αισθητήρες του κινητήρα μέσω της πλεξούδας ή αλλοίωσης της καλωδίωσης (wiring) και λαμβάνει διάφορα σήματα από αυτούς.

Το δεύτερο πιο σημαντικό εξάρτημα είναι το σώμα του ψεκασμού που όπως είπαμε πριν φέρει επάνω του τον εγχυτήρα καθώς και ένα μικρό ηλεκτρονικό μοτεράκι (servo) το οποίο με βάση την υποπίεση της εισαγωγής κανονίζει να κρατά σταθερές τις στροφές του κινητήρα στο

ρελαντί. Αυτό το εξάρτημα ονομάζεται μοτέρ ρελαντί ή stepper motor. Δεν έχουμε αναφέρει ακόμα πως τροφοδοτείται το μπεκ με βενζίνη ώστε στην συνέχεια να την ψεκάσει. Όπως όλοι ξέρουμε τη βενζίνη αποθηκεύεται στο ρεζερβουάρ όπου μέσα εκεί υπάρχει εμβαπτισμένη η αντλία καυσίμου υψηλής πίεσεως και με υψηλής πίεσεως καθώς ο εγχυτήρας (μπεκ) σε αυτές τις διατάξεις λειτουργεί με πίεση 2,5bar. Έτσι με το που ανοίγουμε τον διακόπτη η αντλία στέλνει βενζίνη μέσω σωληνώσεως στον χώρο του κινητήρα που υπάρχει το φίλτρο βενζίνης για κατακράτηση τυχόν σωματιδίων. Από την στιγμή που το καύσιμο περάσει το φίλτρο, τότε οδηγείται στο σημείο ψεκασμού για να χρησιμοποιηθεί όσο χρειάζεται και το υπόλοιπο μέσω ειδικού σωλήνα επιστροφής θα γυρίσει στο ρεζερβουάρ. Επίσης υπάρχει και μια βαλβίδα την οποία πολλοί θεωρούμε ότι επιτελεί δευτερεύον έργο καθώς το μόνο που κάνει είναι να ενημερώνει τον εγκέφαλο για τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού. Στην πράξη όμως είναι πολύτιμη η βοήθειά της καθώς έτσι ο εγκέφαλος έχει ένα παραπάνω στοιχείο για το πόσο βενζίνη θα δώσει εντολή στο μπεκ να ψεκάσει. Φανταστείτε απλά ότι το πρωί που ο κινητήρας είναι παγωμένος χρειάζεται παραπάνω μείγμα για την εκκίνησή του.

1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτής της διάταξης είναι ότι πλέον το μείγμα που απαιτείται προς καύση ελέγχεται ηλεκτρονικά άρα έχουμε μεγάλη ακρίβεια και δεν γίνεται αλόγιστη σπατάλη της βενζίνης όπως γινόταν στις διατάξεις με καρμπυρατέρ. Επίσης, ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι αυτά τα συστήματα ψεκασμού λόγω του ότι δεν είχαν ιδιαίτερα πολύπλοκα εξαρτήματα παρουσίαζαν αξιοσημείωτη αξιοπιστία και επίσης ο κινητήρας δεν έχανε την απόκριση που έχει το

πάτημα του γκαζιού, κάτι που ήταν το σημαντικότερα πλεονέκτημα του καρμπυρατέρ.

Σαν κυριότερο μειονέκτημα μιας τέτοιας διάταξης θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ύπαρξη ενός και μοναδικού εγχυτήρα δεν εξασφαλίζει τέλεια πλήρωση των κυλίνδρων με καύσιμο μείγμα καθώς και η πτώση της απόδοσης στις υψηλές στροφές του κινητήρα λόγω ανεπάρκειας ποσότητας μείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΟΛΛΑΠΛΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ

Ο ψεκασμός πολλαπλών σημείων πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές τις δεκαετίας του '90 στα αυτοκίνητα ευρείας παραγωγής, αμέσως μετά τον ψεκασμό μονού σημείου. Με την εμφάνιση του πολλαπλού ψεκασμού οι κατασκευαστές έλυσαν πολλά από τα προβλήματα που είχαν με τα συστήματα μονού ψεκασμού καθώς και με τα καρμπυρατέρ, και απόδειξη αυτού είναι ότι ο πολλαπλός ψεκασμός συνεχίζει να υφίσταται με κάποιες παραλλαγές βέβαια και στα σημερινά αυτοκίνητα.

Στην ουσία είναι μια βελτίωση της αρχικής ιδέας δηλαδή του ηλεκτρονικού ψεκασμού μονού σημείου με αρκετά περισσότερα όμως λειτουργικά εξαρτήματα και πολυπλοκότερη λειτουργία. Η βασική ιδέα την οποία θα εξηγήσουμε παρακάτω είναι ότι κάθε κύλινδρος πρέπει να τροφοδοτείται από τον δικό του εγχυτήρα και τον δικό του αυλό εισαγωγής αέρα έτσι ώστε η πλήρωση των κυλίνδρων να είναι η βέλτιστη.

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Πριν περιγράψουμε τον τρόπο λειτουργίας του ψεκασμού πολλαπλών σημείων ή Multi Point Injection όπως είναι η διεθνής ονομασία του πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ότι σε τέτοιου είδους διατάξεις αντιστοιχεί ένας εγχυτήρας για κάθε κύλινδρο. Και σε αυτό το σύστημα η διαχείριση του ψεκασμού γίνεται ηλεκτρονικά άρα έχουμε την ηλεκτρονική μονάδα επεξεργασίας ή εγκέφαλο όπως είναι πιο γνωστό, ο

οποίος πρέπει να είναι αρκετά ισχυρότερος αφού έχει να αναλύσει πολλά σήματα σε πολύ σύντομο χρόνο. Έτσι λοιπόν, ο εγκέφαλος λαμβάνει ένα σήμα από τον αισθητήρα στροφάλου και έτσι καταλαβαίνει σε ποια θέση είναι τα έμβολα ανά πάσα στιγμή. Στην συνέχεια, μέσω του ποτενσιόμετρου που βρίσκεται πάνω στη σώμα της πεταλούδας του γκαζιού καταλαβαίνει πόσο έχουμε εμείς ως οδηγοί πατήσει το γκάζι και άρα πόσος αέρας θα εισέλθει στην εισαγωγή. Βέβαια, επειδή οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι πάντα ίδιες, πάνω στο φίλτρο αέρα υπάρχει μια διάταξη που ονομάζεται Air Flow Meter και μετράει την πυκνότητα και την θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής έτσι ώστε ο εγκέφαλος να προσαρμόζεται και να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την ποσότητα του καυσίμου που χρειάζεται ο κινητήρας. Αφού λοιπόν ο εγκέφαλος επεξεργαστεί όλα τα παραπάνω πλέον γνωρίζει την ποσότητα της βενζίνης καθώς και τον χρόνο ψεκασμού. Η βενζίνη, όπως είπαμε και στον προηγούμενο κεφάλαιο, φτάνει στα μπεκ μέσω της αντλίας και της γραμμής τροφοδοσίας που διατρέχει το αμάξωμα για την ακρίβεια η βενζίνη φτάνει στον αυλό ψεκασμού (μπεκιέρα), ο οποίος είναι ενσωματωμένος με τα μπεκ και μόλις ο εγκέφαλος δώσει ηλεκτρικό σήμα τότε το κάθε μπεκ ψεκάζει στον κύλινδρο του την προκαθορισμένη ποσότητα καυσίμου η οποία αναμειγνύεται με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από τον αυλό εισαγωγής με μεγάλη ταχύτητα λόγω της υποπίεσης που δημιουργούν τα έμβολα κατά την κίνησή τους.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε και σε μια ιδιαιτερότητα της πολλαπλής εισαγωγής που έχει σχέση με την θερμοκρασία εισαγωγής του καυσίμου μείγματος στους κυλίνδρους. Στο 90% των αυτοκινήτων με πολλαπλό ψεκασμό, η εισαγωγή έχει ειδικές διόδους από όπου διέρχεται νερό που προέρχεται από το κύκλωμα ψύξης του αυτοκινήτου και βρίσκεται σε θερμοκρασία 90° C περίπου. Αυτό γίνεται διότι η βενζίνη σαν πτητικό υγρό για να αναμιχθεί πλήρως με τον

αέρα και να διασκορπιστεί μέσα στον κύλινδρο με τον καλύτερο τρόπο και να έχουμε βέλτιστη καύση θα πρέπει να βρίσκεται σε σταθερή και υψηλή θερμοκρασία. Τώρα βέβαια για κάποιον που γνωρίζει καλά τους νόμους της φύσης υπάρχει και ο αντίλογος δηλαδή ότι με την υψηλή θερμοκρασία της εισαγωγής διογκώνεται ο ατμοσφαιρικός αέρας που είναι και το δεύτερο συστατικό του μείγματος άρα μπαίνει μικρότερη ποσότητά τους στον ίδιο χώρο. Πράγματι, αυτό ισχύει όμως είναι τέτοια τα οφέλη από τον τέλειο διασκορπισμό της βενζίνης όπως π.χ. οι μηδενικές εκπομπές ρύπων που αξίζει να θυσιαστεί μια μικρή ποσότητα αέρα.



2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

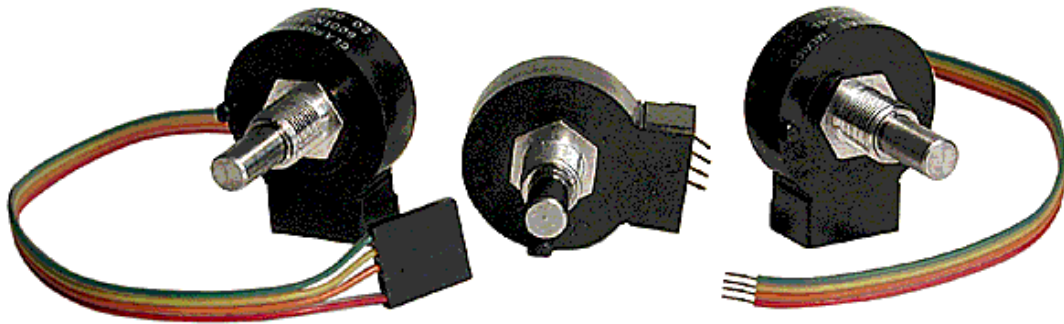
Αφού αναλύσαμε την βασική αρχή λειτουργίας του πολλαπλού ψεκασμού κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε και στην πειουργία των κυριότερων εξαρτημάτων του.

Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος)

Ο εγκέφαλος υπολογίζει την σωστή ποσότητα καυσίμου που πρέπει να ψεκαστεί ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα, την πίεση στην εισαγωγή αέρα, και την θερμοκρασία του αέρα. Μόλις γυρίσει το κλειδί στη θέση ON ο εγκέφαλος λαμβάνει την τάση λειτουργίας από την μπαταρία μέσω ενός ηλεκτρομαγνητικού διακόπτη (ρελέ). Αυτό το ίδιο ρελέ ελέγχει την αντλία καυσίμου η οποία τροφοδοτείται από το δικό της ρελέ μόνο όταν ο κινητήρας λειτουργεί. Ο εγκέφαλος είναι συνδεδεμένος με όλα τα εξαρτήματα από τα οποία λαμβάνει ή στέλνει σήματα μέσω μιας πλεξούδας που καταλήγει σε μια ειδική φίσα. Ο εγκέφαλος είναι συνήθως τοποθετημένος στο χώρο των επιβατών και κάποιες φορές στον χώρο του κινητήρα.

Αισθητήρας θερμοκρασία ψυκτικού υγρού

Ο αισθητήρας αυτός στέλνει πληροφορίες στον εγκέφαλο για την θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού. Έτσι ο εγκέφαλος μπορεί να προσαρμόσει την διάρκεια του ψεκασμού και να καθορίσει το χρόνο που πρέπει να παραμείνει ανοιχτή η βαλβίδα ψεκασμού ψυχρής εκκίνησης.



ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΘΕΣΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΓΚΑΖΙΟΥ

Ποτενσιόμετρο πεταλούδας γκαζιού

Το ποτενσιόμετρο αυτό είναι τοποθετημένο στο κάλυμμα της πεταλούδας και σκοπό έχει να πληροφορήσει τον εγκέφαλο για την θέση και την μεταβολής της θέσης της πεταλούδας έτσι ώστε να αυξηθεί ή να μειωθεί η ποσότητα βενζίνης ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης.

ΣΩΜΑ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΓΚΑΖΙΟΥ



Αντλία καυσίμου

Η αντλία βενζίνης περιέχει σε ένα κέλυφος τα ηλεκτρικά και υδραυλικά μέρη αυτής. Στο εσωτερικό της υπάρχει και ένα περιστρεφόμενος δίσκος με εγκοπές στην περιφέρειά του όπου σε κάθε εγκοπή φωλιάζει ένας κυλινδρικός. Καθώς ο δίσκος περιστρέφεται λόγω της φυγόκεντρου δύναμης οι κυλινδρικοί έρχονται σε επαφή με το εσωτερικό του κελύφους και δημιουργούνται φωλιές που συμπιέζουν το καύσιμο προς την κατάθλιψη της αντλίας. Παρόλο που ο κινητήρας και το υδραυλικό μέρος βρίσκονται στο ίδιο κέλυφος το καύσιμο δεν αναφλέγεται καθώς δεν υπάρχει οξυγόνο.

Σωλήνας διανομής καυσίμου

Ο σωλήνας διανομής χρησιμεύει για αποθήκευση καυσίμου προτού την καύση. Ο όγκος του σωλήνα είναι μεγάλος σε σχέση με το καύσιμο που παρέχει ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή πίεση σε όλο το μήκος του ώστε όλα τα μπεκ να δέχονται καύσιμο ίδιας πίεσης.

Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου

Ο ρυθμιστής είναι προσαρμοσμένος στο τέλος του σωλήνα διανομής καυσίμου και είναι τύπου υπερχειλίσης. Η υπερχειλίση ελέγχεται από ένα διάφραγμα ώστε η πίεση να διατηρείται σταθερή στα 2,5 – 3bar. Περιλαμβάνεται μέσα σε ένα μεταλλικό κέλυφος που χωρίζεται σε δύο θαλάμους από ένα διάφραγμα. Στον ένα θάλαμο εισέρχεται το καύσιμο υπό πίεση και στον άλλον υπάρχει ένα ελικοειδές ελατήριο που πιέζει το διάφραγμα που χωρίζει τους δύο θαλάμους. Όταν η πίεση του καυσίμου είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχει καθοριστεί τότε υπερνικείται η

δύναμη του ελατηρίου και ανοίγει η δίοδος προς την επιστροφή στο ρεζερβουάρ.

Εγγυτήρες καυσίμου (Μπεκ)

Τα μπεκ ως γνωστόν ψεκάζουν καύσιμο σε κάθε κύλινδρο ακριβώς πριν από τις βαλβίδες εισαγωγής. Τα μπεκ είναι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψεκασμού και αντιστοιχούν από ένα σε κάθε κύλινδρο και είναι τοποθετημένα στην πολλαπλή εισαγωγής. Αυτή η διάταξη έχει δύο πλεονεκτήματα : Τα μπεκ λειτουργούν με χαμηλή πίεση και επίσης είναι δυνατόν να ελέγχονται ταυτόχρονα περισσότερα από ένα έτσι ώστε το σύστημα να είναι απλούστερο άρα και φθηνότερο στην κατασκευή του.

Το μπεκ αποτελείται από το σώμα της βαλβίδας, το προφύσιο και τον οπλισμό της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας στην προέκταση της βαλβίδας. Ο οπλισμός και η βαλβίδα είναι στέρα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η βαλβίδα πατάει στην έδρα της λόγω της πίεσεως ενός ελατηρίου. Στο πίσω μέρος του σώματος του μπεκ βρίσκεται το τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη και στο εμπρός μέρος υπάρχει ένας οδηγός. Οι ηλεκτρικοί παλμοί που λαμβάνονται από τον εγκέφαλο δημιουργούν στα άκρα του πηνίου ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό αναγκάζει τον άξονα της βαλβίδας να τραβηχτεί προς τα πίσω και έτσι να ανοίξει η βαλβίδα και έτσι να έχουμε τον επιθυμητό ψεκασμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τροφοδοσία με απευθείας ψεκασμό της βενζίνης μέσα στο θάλαμο καύσης ή πιο γνωστή ως άμεσος ψεκασμός είναι ίσως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τεχνολογίας που υπάρχει αυτή την στιγμή και θα βρίσκεται στην πρώτη γραμμή για αρκετά ακόμη χρόνια στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Βέβαια, όπως συνήθως συμβαίνει με κάθε τι καινούργιο και πρωτοποριακό, έτσι και ο άμεσος ψεκασμός όταν πρωτοπαρουσιάστηκε συνάντησε τους επικριτές του και χρειάστηκε αρκετός καιρός μέχρι να πάρει τη θέση που του αξίζει στον κόσμο του αυτοκινήτου.

Αυτή τη στιγμή οι περισσότεροι κορυφαίοι κατασκευαστές εξοπλίζουν τα μοντέλα τους με κινητήρες άμεσου ψεκασμού, έτσι το Group VW έχει τους κινητήρες FSI (Fuel Stratified Injection), η Alpha Romeo τους JTS (Jet Thurst Stoichiometric), η Mitsubishi τους GDI (Gasoline Direct Injection) κ.λ.π. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε ότι η διαφορετική ονομασία που υιοθετεί ο κάθε κατασκευαστής δεν σημαίνει και ουσιαστικές διαφοροποιήσεις στην υλοποίηση του συστήματος άμεσου ψεκασμού που χρησιμοποιεί, το αντίθετο μάλιστα. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι κατασκευαστές πρακτικά αγοράζουν έτοιμα τα συστήματα τροφοδοσίας από τρίτους προμηθευτές με αποτέλεσμα να υπάρχουν μεγάλες ομοιότητες από μάρκα σε μάρκα. Κάτι ακόμα που προκαλεί εντύπωση είναι τέλειος συγχρονισμός των κατασκευαστών στην παρουσίαση του άμεσου ψεκασμού αφού ξεκινώντας του Group VW μέσα σε 2 χρόνια σχεδόν

όλοι οι κατασκευαστές έχουν στην γκάμα τους τουλάχιστον ένα κινητήρα με αυτή την τεχνολογία ψεκασμού. Βέβαια, τώρα αυτόματα τίθεται το ερώτημα τι είναι αυτό που ανάγκασε τους κατασκευαστές να στραφούν μαζικά στον άμεσο ψεκασμό. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα είναι αρκετά απλή. Οι κατασκευαστές είδαν ότι κάθε χρόνο το περιβάλλον επιβαρύνεται όλο και περισσότερο λόγω των αυξανόμενων πωλήσεων των αυτοκινήτων και έπρεπε να βρεθεί μια λύση ώστε τα αυτοκίνητα να είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον χωρίς όμως να μειωθεί η ιπποδύναμή τους αλλά αντίθετα να αυξηθεί.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Ο άμεσος ψεκασμός καυσίμου έχει τελείως διαφορετική λειτουργία από τους κλασσικούς τύπους ψεκασμού που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα. Εδώ τα μπεκ που ψεκάζουν το καύσιμο είναι απευθείας τοποθετημένα μέσα στον κύλινδρο της μηχανής με αποτέλεσμα να ψεκάζουν το καύσιμο απευθείας πάνω στο έμβολο και όχι στην πολλαπλή εισαγωγής. Δηλαδή το μείγμα σχηματίζεται μέσα στο θάλαμο καύσεως και όχι πριν από αυτόν. Αυτή η απευθείας έγχυση μέσα στο θάλαμο καύσεως μιας επιτρέπει να έχουμε καλύτερη ψύξη του κυλίνδρου άρα αυτομάτως οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού έχουν υψηλότερο λόγο συμπίεσης άρα και καλύτερη θερμοδυναμική απόδοση. Επίσης αυτός ο τύπος ψεκασμού λόγω των παραπάνω μας δίνει καλύτερη καύση του μείγματος και σε συνδυασμό την πολύ υψηλή τεχνολογία έχει ταυτόχρονα αναπτυχθεί στους καταλύτες, μας δίνουν καυσαέρια πολύ φιλικότερα προς το περιβάλλον.

Δηλαδή συνοψίζοντας με τον άμεσο ψεκασμό έχουμε πολύ ακριβέστερη ρύθμιση της ποσότητας καυσίμου που ψεκάζεται στον

θάλαμο καύσης και καλύτερο διασκορπισμό και ανάμειξή του με τον αέρα. Άρα σαν αποτέλεσμα εισπράττουμε μεγαλύτερη εκμετάλλευσης της χημικής ενέργειας του καυσίμου. Ας δούμε όμως τώρα πιο αναλυτικά πως συμβαίνουν όλα τα παραπάνω.

3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΔΑΜΔΑ (λ – sensor)

Όπως γνωρίζουμε από τη χημεία, για να καεί πλήρως 1kg βενζίνης απαιτούνται περίπου 14,7 kg ατμοσφαιρικού αέρα. Αυτή η αναλογία του 14,7:1 λέγεται στοιχειομετρική. Αν η αναλογία αέρα – καυσίμου είναι μεγαλύτερη από 14,7:1 τότε λέμε ότι το μείγμα είναι φτωχό (δηλαδή στον θάλαμο καύσης μπαίνει περισσότερος αέρας από ότι χρειάζεται) ενώ αν η αναλογία είναι μικρότερη από 14,7:1 λέμε ότι το μείγμα μας είναι πλούσιο. Με βάση το ποσοστό της περίσσειας του αέρα ορίζεται και ο λόγος λ που δεν είναι άλλος από το πηλίκο της ποσότητας του αέρα που είναι στους θαλάμους καύσης διαιρούμενης με την ποσότητα του αέρα που είναι απαραίτητη προκειμένου να καεί πλήρως το καύσιμο. Έτσι το στοιχειομετρικό μείγμα έχει λόγο $\lambda = 1$ ενώ το φτωχό μείγμα έχει $\lambda > 1$ και το πλούσιο μείγμα έχει $\lambda < 1$. Έχει παρατηρηθεί πως σε συνθήκες ελαφρά πλούσιου μείγματος μεγιστοποιείται η ταχύτητα διάδοσης της φλόγας μέσα στο θάλαμο καύσης με αποτέλεσμα της αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος. Με αυτό τον τρόπο υποβαθμίζουμε την οικονομία αλλά από την άλλη επιτυγχάνουμε τη μέγιστη ισχύ. Αντίθετα όταν επιδιώκουμε οικονομία και μεγιστοποίηση του θερμοδυναμικού βαθμού απόδοσης πρέπει να έχουμε μείγμα το οποίο να είναι λίγο πιο φτωχό. Με αυτό τον τρόπο έχουμε πλήρη καύση της βενζίνης ενώ ταυτόχρονα αυξάνει η θερμοκρασία στον θάλαμο καύσης κάτι που αυξάνει τον βαθμό απόδοσης. Αυτό το fine tuning του λόγου λ

καθορίζεται από την ECU (Electronic Control Unit) η οποία παίρνει στοιχεία από τον αισθητήρα λάμδα και ανάλογα με τις προθέσεις του οδηγού που τις καταλαβαίνει διαβάζοντας το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού. Τι συμβαίνει όμως με τις πεταλούδες γκαζιού στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού;

3.4 ΠΕΤΑΛΟΥΔΕΣ ΓΚΑΖΙΟΥ

Ένα ακόμα σημείο που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι στους συμβατικούς βενζινοκινητήρες έχουμε ποσοτική ρύθμιση του φορτίου μέσω του στραγγαλισμού του αέρα στην πεταλούδα του γκαζιού δηλαδή ρυθμίζουμε την ποσότητα του μείγματος ανοίγοντας ή κλείνοντας την πεταλούδα μέσω του πεντάλ όπως περιγράψαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτός όμως ο τρόπος παρουσιάζει μειονεκτήματα καθώς σε συνθήκες μερικού φορτίου υπάρχει σπατάλη ενέργειας λόγω των ροϊκών απωλειών του αέρα στην σχεδόν κλειστή πεταλούδα του γκαζιού. Έτσι λοιπόν, με την βοήθεια του άμεσου ψεκασμού οι μηχανικοί κατάφεραν να εφαρμόσαν έναν πολύ πιο αποδοτικό τρόπο λειτουργίας στις χαμηλές rpm δηλαδή την λειτουργία χωρίς στραγγαλισμό του αέρα (throttleless) με πολύ φτωχό μείγμα ($\lambda \gg 1$) και ποιοτική ρύθμιση φορτίου που έχει καθιερωθεί να λέγεται και lean burn mode. Στο lean burn mode η πεταλούδα του γκαζιού μένει διαρκώς πλήρως ανοιχτή άσχετα με το πόσο πατάει το γκάζι ο οδηγός. Το θετικό είναι επίσης ότι βοηθάει και η τεχνολογία σε αυτό καθώς σήμερα όλες οι πεταλούδες γκαζιού είναι ηλεκτρικές και έτσι για να επιτευχθεί το παραπάνω χρειάζεται μόνο η ECU του αυτοκινήτου να δώσει την σχετική εντολή. Επομένως, στο lean burn mode η ποσότητα του μείγματος που καταλήγει στους θαλάμους καύσης είναι σχεδόν σταθερή λόγω του ότι η ποσότητα του καυσίμου είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με τον αέρα και μπορούμε με καλή

προσέγγιση να θεωρήσουμε ότι η μάζα του μείγματος είναι περίπου ίση με την μάζα του εισερχόμενου αέρα. Η ρύθμιση του φορτίου εδώ είναι ποιοτική δηλαδή γίνεται αυξομειώνοντας μόνο την ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται κάτι που έχει αποτέλεσμα την μεγάλη διακύμανση του λόγου «λ» από τιμές λίγο πάνω από 1 μέχρι και σχεδόν 10 κάποιες φορές. Η ECU του κινητήρα διαβάζει τις απαιτήσεις φορτίου ανάλογα με το πάτημα του γκαζιού και αντίστοιχα αποφασίζει την ποσότητα του καυσίμου που θα δώσει εντολή να ψεκαστεί.

Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα κατανοητό ότι στο lean burn mode ο κινητήρας λειτουργεί με μεγάλη περίσσεια αέρα κάτι που θεωρητικά δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή έναυση και καύση του μείγματος. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε ποια λύση έχουν δώσει οι μηχανικοί για να εξαλειφθεί το παραπάνω πρόβλημα.

3.5 STRATIFICATION (στρωματοποίηση)

Ο παραπάνω όρος στα ελληνικά αποδίδεται ως στρωματοποίηση και αναφέρεται στην δημιουργία ενός ανομοιογενούς μείγματος μέσα στον θάλαμο καύσης στο οποίο η αναλογία καυσίμου – αέρα διαφέρει από σημείο σε σημείο. Ζητούμενο είναι η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την έναυση του μείγματος κοντά στην ακίδα του μπουζί ώστε να μπορέσει να αρχίσει η

διαδικασία της καύσης. Η βενζίνη κατανέμεται μέσα στο θάλαμο καύσης κατά τέτοιο τρόπο ώστε το μίγμα κοντά στην ακίδα του μπουζί να έχει αναλογία καυσίμου αέρα κοντά στην στοιχειομετρική ($\lambda=1$) και να φτωχαίνει όσο απομακρυνόμαστε ακτινικά από αυτή. Με αυτό τον τρόπο κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου δεν έχουμε καθόλου καύσιμο παρά μόνο αέρα και έτσι η σπίθα του μπουζί ανάβει το στοιχειομετρικό μείγμα κοντά στην ακίδα του και μέσω της τύρβης η φλόγα μεταδίδεται

και στον υπόλοιπο θάλαμο καύσης ανάβοντας το υπόλοιπο μείγμα το οποίο είναι πολύ φτωχό για να ανάψει με άλλο τρόπο. Επιπλέον, το λεπτό στρώμα αέρα κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου δρα ως μονωτικό αποτρέποντας την μεταφορά θερμότητας στο μπλοκ και την κεφαλή κάτι που μειώνει τις απώλειες ενέργειας και συμβάλλει ακόμα περισσότερο στην οικονομία. Προφανώς βέβαια για να γίνουν όλα τα παραπάνω και να προλάβει το μπουζί να δώσει σπινθήρα ενώ το μείγμα είναι ακόμα στρωματοποιημένο πρέπει ο ψεκασμός του καυσίμου να γίνεται αργά μέσα στη φάση της συμπίεσης ελάχιστα πριν την έναυση. Αυτό αποτελεί μία σημαντική διαφοροποίηση σε σύγκριση με τους συμβατικούς κινητήρες όπου το καύσιμο ψεκάζεται κατά τη φάση της εισαγωγής. Όταν το φορτίο ή οι στροφές του κινητήρα υπερβούν κάποια όρια τότε το κινητήρας περνά σε κατάσταση λειτουργία ομοιογενούς στοιχειομετρικού μείγματος. Εδώ λειτουργεί σε απόλυτη αναλογία με ένα συμβατικό κινητήρα με ποσοτική ρύθμιση του φορτίου μέσω της πεταλούδας του γκαζιού. Η εντολή για την «αλλαγή» δίνεται από την ECU η οποία και επανεργοποιεί την πεταλούδα γκαζιού τροποποιώντας ταυτόχρονα την στρατηγική ψεκασμού.



Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού έχουν το potential να επιτύχουν σημαντική μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Η επίτευξη όμως αυτού του στόχου, απαιτεί κάποια προσθήκη

3.6 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Εκτός από τις δύο βασικές καταστάσεις λειτουργίας που περιγράψαμε πριν ένας κινητήρας άμεσου ψεκασμού μπορεί να έχει αρκετές ακόμα μεταβατικές καταστάσεις λειτουργίας ανάλογα με το φορτίο, τις στροφές λειτουργίας και τη θερμοκρασία του.

1) Κατάσταση στρωματοποιημένου ψεκασμού (Stratified Charge Mode)

Αυτή η κατάσταση χρησιμοποιείται στις χαμηλές – μεσαίες στροφές του κινητήρα (4000 – 4500)rpm αν και κάποιοι κατασκευαστές όπως η Alpha Romeo την χρησιμοποιούν μόνο μέχρι τις 1500rpm και τα χαμηλά φορτία όπου θέλουμε μέγιστη οικονομία καυσίμου. Η βενζίνη ψεκάζεται γύρω από την ακίδα του μπουζί και έτσι το μείγμα γύρω από την ακίδα του μπουζί είναι στοιχειομετρικό αλλά αν λάβουμε υπόψη όλο τον θάλαμο καύσης τότε είναι πολύ φτωχό. Λόγω του φτωχού μείγματος υπάρχει μείωση μέχρι και 20-25% στην κατανάλωση και για τον ίδιο λόγο έχουμε μείωση ως και 30% στις εκπομπές CO₂, CO και HC. Η μεγάλη περίσσεια αέρα οδηγεί σε αύξηση των εκπομπών NO_x τα οποία δεν μπορούν να κατακρατηθούν πλήρως από τον τριοδικό καταλύτη. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται πρόσθετοι καταλύτες οι οποίοι αποθηκεύουν τα NO_x κατά την λειτουργία με φτωχό μείγμα για να τα εξουδετερώσουν στη συνέχεια όταν ο κινητήρας αρχίσει να λειτουργεί στοιχειομετρικά.

2) Κατάσταση ομοιογενούς στοιχειομετρικού μείγματος (Homogenous Mode)

Σε αυτή την κατάσταση η λειτουργία του μοτέρ μοιάζει πάρα πολύ με την αντίστοιχη ενός μοτέρ έμμεσου ψεκασμού. Ο κινητήρας

λειτουργεί με περίπου στοιχειομετρικό μείγμα (δηλαδή $\lambda = 0,7 - 1,2$) στις μεσαίες υψηλές rpm και για μεσαίες – υψηλές απαιτήσεις φορτίου. Εδώ ο ψεκασμός του καυσίμου γίνεται κατά την φάση της εισαγωγής ώστε το καύσιμο να έχει αρκετό χρόνο να διασκορπιστεί και να διαμοιραστεί ομοιόμορφα σε ολόκληρο το θάλαμο καύσης. Οι εκπομπές NO_x μειώνονται αλλά αυξάνονται οι αντίστοιχες εκπομπές CO_2 , CO και HC λόγω του πιο πλούσιου μείγματος.

3) Κατάσταση ομοιογενούς φτωχού μείγματος (Homogenous Lean Burn Mode)

Πρόκειται για μια μεταβατική κατάσταση λειτουργίας η οποία χρησιμοποιείται κατά την αλλαγή από την λειτουργία στρωματοποιημένης καύσης στη λειτουργία ομοιογενούς μείγματος. Όπως λέει και το όνομα εδώ έχουμε ομοιογενές φτωχό μείγμα με $\lambda = 1,5-2$ περίπου. Η πεταλούδα του γκαζιού είναι συνεχώς ανοιχτή άρα έχουμε ποιοτική ρύθμιση του φορτίου κάτι που βοηθά στην μείωση των απωλειών στραγγαλισμού στην εισαγωγή.

4) Συνδυασμένη κατάσταση στρωματοποιημένης καύσης ομοιογενούς μείγματος (Homogenous and stratified Charge Mode)

Εδώ έχουμε άλλη μια κατάσταση λειτουργίας κατά την μετάβαση από την στρωματοποιημένη καύση στη λειτουργία ομοιογενούς μείγματος. Αυτή η κατάσταση είναι απαραίτητη προκειμένου η ECU να προσαρμόσει τις παραμέτρους λειτουργίας του κινητήρα στις νέες συνθήκες. Έτσι κατά την διάρκεια της εισαγωγής ψεκάζεται μια μικρή ποσότητα καυσίμου στον θάλαμο καύσης δημιουργώντας ένα ομοιογενές αλλά φτωχό μείγμα. Κατά την φάση της συμπίεσης ψεκάζεται μια δεύτερη ποσότητα καυσίμου σύμφωνα με τις αρχές της στρωματοποιημένης καύσης η οποία δημιουργεί μια ζώνη πλουσιότερου

μείγματος γύρω από το μπουζί. Αυτή η ζώνη αναφλέγεται κατά την έναυση και στη συνέχεια μέσω της τύρβης αναφλέγει και το υπόλοιπο μείγμα. Το 75% του καυσίμου ψεκάζεται κατά την φάση της εισαγωγής και δημιουργεί το ομοιογενές μείγμα ενώ το υπόλοιπο 25% ψεκάζεται κατά τη φάση της συμπίεσης δημιουργώντας την πλουσιότερη ζώνη γύρω από το μπουζί.

5) Κατάσταση ταχείας προθέρμανσης καταλύτη (Stratified Charge / Cat Heating)

Αυτή η λειτουργία ενεργοποιείται σε περιπτώσεις κρύας εκκίνησης όπου η τραχεία προθέρμανση του καταλύτη είναι μεγίστης σημασίας για την μείωση των εκπομπών άκαυστων HC. Μοιάζει πολύ με την κατάσταση λειτουργίας στρωματοποιημένης καύσης με την διαφορά ότι εδώ υπάρχει και ένας δεύτερος ψεκασμός μιας επιπλέον ποσότητας καυσίμου με retard δηλαδή αφού έχει δώσει σπινθήρα το μπουζί. Έτσι καίγεται επιπλέον ποσότητα καυσίμου με καθυστέρηση κάτι που ανεβάζει κατακόρυφα την θερμοκρασία των καυσαερίων κάτι που επιταχύνει την προθέρμανση του καταλύτη.

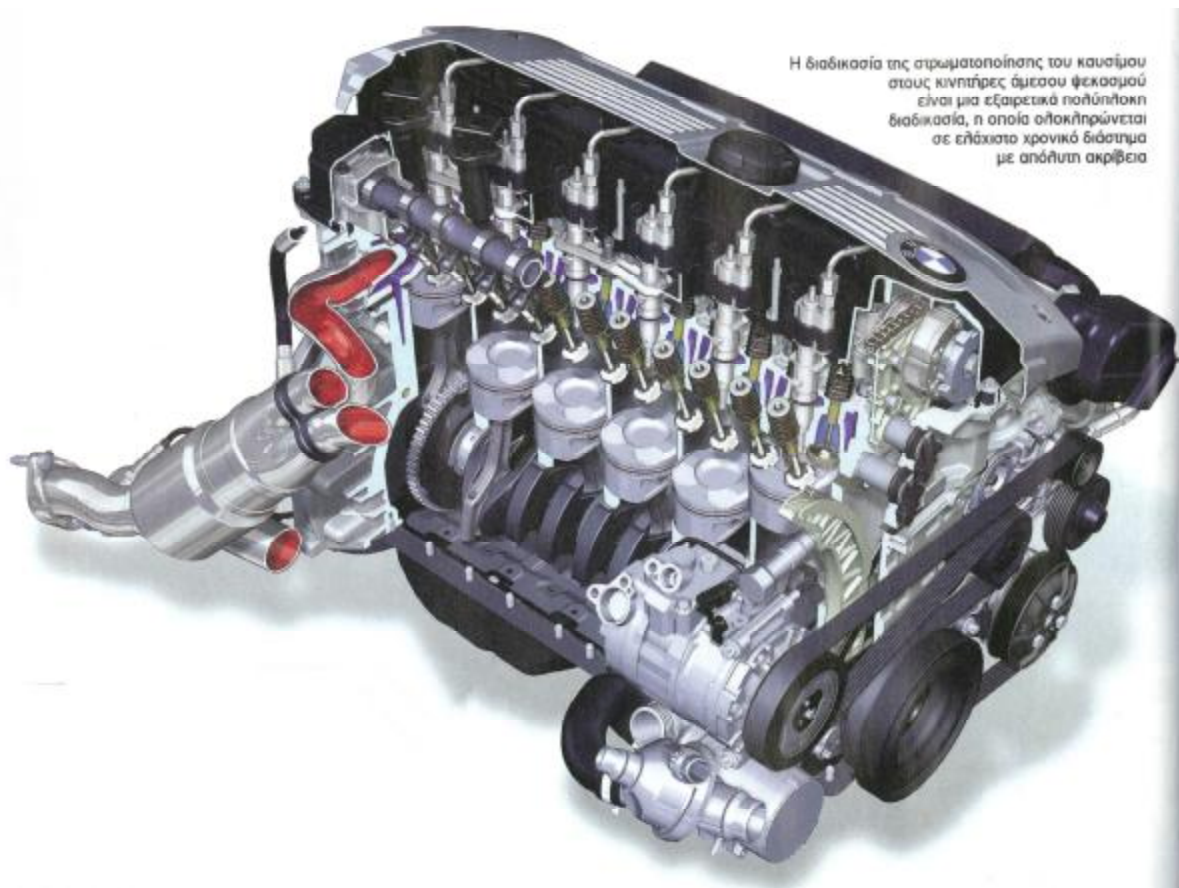
3.7 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ (Mixture Dynamics)

Όπως αναλύσαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια η δυνατότητα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού να δουλεύουν με πολύ φτωχό μείγμα ($\lambda \gg 1$) στις χαμηλές στροφές και στα μερικά φορτία ανοίγει εντελώς νέο δρόμο στην προσπάθεια των κατασκευαστών για τη μείωση της κατανάλωσης των αυτοκινήτων τους. Παραλείψαμε όμως σκόπιμα να αναφερθούμε διεξοδικότερα στη διαδικασία της πολυπόθητης στρωματοποίησης. Ας ξεκινήσουμε όμως από τα βασικά δηλαδή από τις

απαιτήσεις που υπάρχουν από τα ροϊκά χαρακτηριστικά του μίγματος σε έναν τέτοιο κινητήρα ο οποίος ανάλογα με τις rpm και το φορτίο μπορεί να λειτουργεί είτε με πολύ φτωχό στρωματοποιημένο μείγμα είτε με ομοιογενές στοιχειομετρικό.

Η πρώτη και κυριότερη απαίτηση είναι η ακρίβεια και η ταχύτητα στην διαδικασία στρωματοποίησης του καυσίμου κατά την λειτουργία στο lean burn mode. Λόγω του ότι ο ψεκασμός γίνεται αργά μέσα στην φάση της συμπίεσης υπάρχει ελάχιστος διαθέσιμος χρόνος (συνήθως 1-5min ανάλογα με τις rpm) προκειμένου το καύσιμο να προλάβει να ψεκαστεί και να στρωματοποιηθεί δημιουργώντας το ανομοιογενές μείγμα μέσα στο θάλαμο καύσης. Επίσης, η διαδικασία πρέπει να έχει ολοκληρωθεί ακριβώς πριν τη στιγμή της έναυσης. Αν έχει ολοκληρωθεί νωρίτερα υπάρχει κίνδυνος ρεταρίσματος καθώς το καύσιμο μπορεί να μείνει συγκεντρωμένο κοντά στην ακίδα του μπουζί για πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα. Μετά αρχίζει να διασκορπίζεται άτακτα μέσα στο θάλαμο καύσης έχουμε δηλαδή εκφυλισμό του στρωματοποιημένου μίγματος. Εκτός όμως από τις εγγενείς απαιτήσεις που έχουν να κάνουν με την ακρίβεια και την ταχύτητα του ψεκασμού η κατάσταση περιπλέκεται ακόμα περισσότερο αν λάβουμε υπόψιν μας και τις εντελώς διαφορετικές απαιτήσεις που υπάρχουν από τα ροϊκά χαρακτηριστικά του μίγματος ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας. Για παράδειγμα, σε έναν κινητήρα ο οποίος δουλεύει με ομοιογενές στοιχειομετρικό μείγμα θέλουμε να έχουμε μεγάλο ποσοστό στροβιλισμού στο μείγμα ώστε να υπάρχει επαρκής ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα. Αντίθετα, σε έναν κινητήρα που δουλεύει με πολύ φτωχό μείγμα και στρωματοποιημένη καύση ο στροβιλισμός πρέπει να είναι κατά το δυνατόν περιορισμένος ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα κατά την στρωματοποίηση του καυσίμου.

Εν γένει η επίτευξη των ιδανικών συνθηκών κατά την λειτουργία με ομοιογενές μείγμα δεν είναι δύσκολη υπόθεση καθώς σε αυτή την περίπτωση το καύσιμο ψεκάζεται νωρίς στην φάση της εισαγωγής και έτσι έχει όλη την απαιτούμενη ευχέρεια να αναμειχθεί με τον αέρα. Δεν ισχύει το ίδιο όμως και για την περίπτωση της λειτουργίας με ανομοιογενές μείγμα. Και για αυτήν τη περίπτωση όμως οι μηχανικοί των τμημάτων έρευνας και ανάπτυξης έχουν εφεύρει μια πλειάδα λύσεων προκειμένου να συμβιβάσουν τα ασυμβίβαστα. Ας δούμε όμως αναλυτικότερα με ποιους τρόπους φτάνουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα.



3.8 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΕΡΑ (Air Guidance)

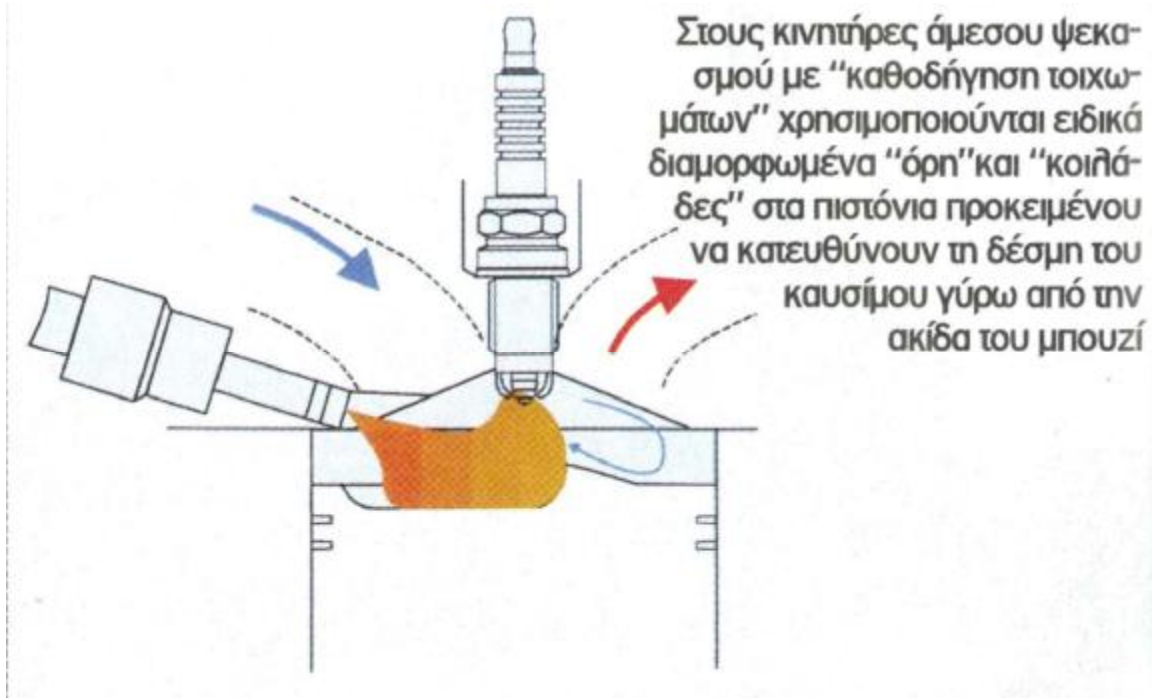
Η πρώτη λύση είναι η χρήση του ρεύματος αέρα εισαγωγής για την στρωματοποίηση του μείγματος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ειδικής διαμόρφωσης των αυλών εισαγωγής και ειδικών κλαπέτων που ενεργοποιούνται κατά την λειτουργία με φτωχό μείγμα και έτσι ο εισερχόμενος αέρας αποκτά τέτοια ροϊκά χαρακτηριστικά ώστε μπαίνοντας μέσα στο θάλαμο καύσης να συμπαρασύρει το καύσιμο και να το μεταφέρει γύρω από το μπουζί. Συνήθως στους κινητήρες με καθοδήγηση ρεύματος αέρα τα μπεκ ψεκασμού βρίσκονται κάτω από τις βαλβίδες εισαγωγής ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά του καυσίμου γύρω από το μπουζί. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι δεν είναι τόσο απαιτητική σε ότι αφορά τη γεωμετρία του θαλάμου καύσης και της σχετικής θέση του μπεκ και του μπουζί. Στον αντίποδα το κυριότερο μειονέκτημα είναι το σχετικά περιορισμένο εύρος λειτουργίας του κινητήρα σε Lean Burn Mode λόγω του αυξανόμενου στροβιλισμού του αέρα εισαγωγής όσο αναβαίνουν οι rpm.



Κινητήρας άμεσου ψεκασμού με “καθοδήγηση ρεύματος αέρα”. Αριστερά: Λειτουργία με ομοιογενές στοιχειομετρικό μίγμα. Δεξιά: Λειτουργία με στρωματοποιημένο φτωχό μίγμα. Διακρίνεται η λειτουργία του ηλεκτρικού κλαπέτου στροβιλισμού του αέρα στη δεύτερη περίπτωση

3.9 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ (Well Guidance)

Αυτή η τεχνική βασίζεται σε ειδικά διαμορφωμένα όρη και κοιλάδες πάνω στις κορώνες των πιστονιών πάνω στα οποία προσκρούει η δέσμη του καυσίμου προκειμένου να αλλάξει διεύθυνση και να κατευθυνθεί προς την ακίδα του μπουζί. Συνήθως η πιο πάνω τεχνική χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με την καθοδήγηση αέρα για καλύτερα αποτελέσματα. Με τον συνδυασμό τους το ρεύμα του αέρα εισαγωγής αποκτά μια συνιστώσα γωνιακής ταχύτητας περιστροφής γύρω από τον κατακόρυφο άξονα του κυλίνδρου (swirl) όσο και γύρω από τον οριζόντιο (tumble). Επιπλέον, μια Τρίτη συνιστώσα από το κέντρο προς την περιφέρεια του κυλίνδρου αρχίζει να αναπτύσσεται όσο το έμβολο ανεβαίνει προς το ΑΝΣ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κινητήρα άμεσου ψεκασμού που χρησιμοποιούν τον συνδυασμό καθοδήγησης ρεύματος αέρα και τοιχωμάτων είναι τα ατμοσφαιρικά μοτέρ FSI του Group VW.



Στους κινητήρες FSI το ακραίο κομμάτι των αυλών εισαγωγής στην πολλαπλή είναι χωρισμένο σε δύο τμήματα και σε κάθε αυλό υπάρχει από ένα κλαπέτο ηλεκτρικό το οποίο ενεργοποιείται όταν ο κινητήρας μπει στο lean burn mode. Τότε όλος ο αέρας εισαγωγής μέσω του κλαπέτου παροχετεύεται και αποκτά τέτοια ροϊκά χαρακτηριστικά ώστε να παρασύρει την δέσμη του καυσίμου και να την κατευθύνει γύρω από το μπουζί. Σε αυτή την διαδικασία συμβάλλουν και οι ειδικά διαμορφωμένες κορώνες των πιστονιών καθώς ανακατευθύνουν και αυτές ένα μέρος του μείγματος προς την ακίδα του μπουζί. Όταν ο κινητήρας αρχίσει να λειτουργεί με στοιχειομετρικό ομοιογενές μείγμα τα ηλεκτρικά κλαπέτα ανοίγουν ώστε να μην δημιουργούν ανεπιθύμητο στραγγαλισμό στην εισαγωγή. Επιπλέον, λόγω του ότι το καύσιμο ψεκάζεται νωρίς στην φάση της εισαγωγής οι κορώνες των πιστονιών δεν παίζουν κάποιο ρόλο στην διαμόρφωση της ροής του μείγματος

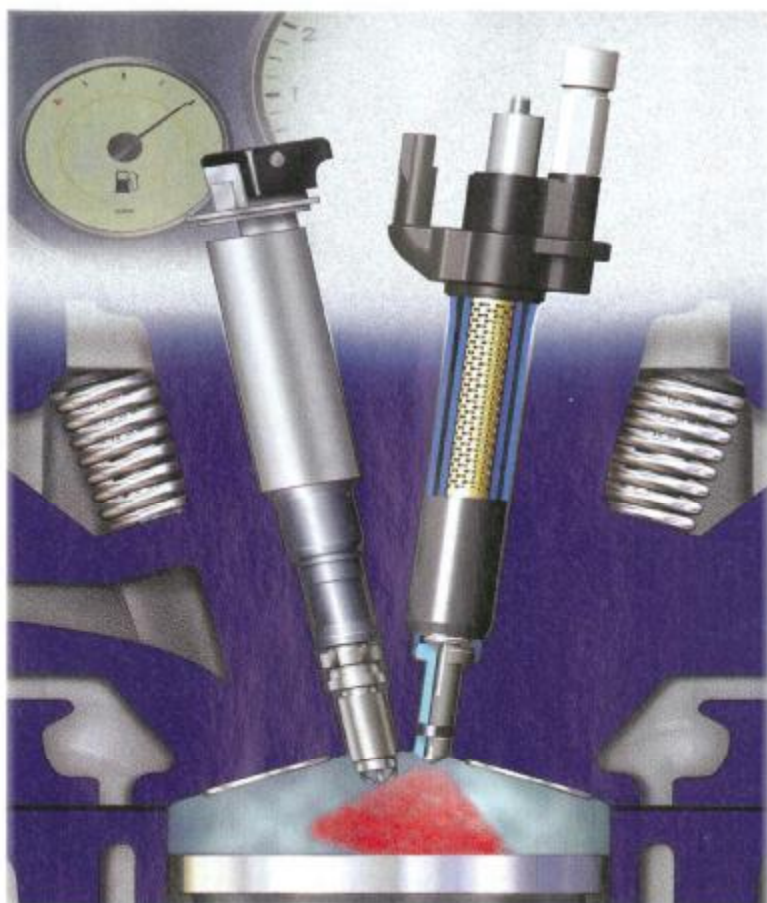
3.10 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΔΕΣΜΗΣ (Spray Guidance)

Όπως καταλαβαίνει κανείς από το όνομα σε αυτή την περίπτωση δεν βασιζόμαστε ούτε στην διαμόρφωση της κορώνας του εμβόλου ούτε στα ροϊκά χαρακτηριστικά του ρεύματος αέρα για την δημιουργία στρωματοποιημένου μείγματος. Αντί αυτού το πρώτο ρόλο παίζει το ίδιο το σχήμα της δέσμης του καυσίμου όπως αυτή ψεκάζεται από το μπεκ. Η δέσμη έχει σχήμα κοίλου κλώνου ο οποίος και αγκαλιάζει την ακίδα του μπουζί δημιουργώντας το στοιχειομετρικό μείγμα γύρω της.

Η τεχνική της καθοδήγησης δέσμης υπερτερεί μακράν σε ότι έχει να κάνει με την ακρίβεια του σχηματισμού του μείγματος και το εύρος λειτουργίας σε Lean Burn Mode αλλά είναι και η πιο απαιτητική σε ότι αφορά το hardware του συστήματος ψεκασμού. Αναμενόμενα η κατασκευαστική ακρίβεια του μπεκ είναι πρωταρχικής σημασίας ενώ τα ίδια ισχύουν τόσο για την σχετική θέση του μπουζί και του μπεκ όσο και για τον γενικότερο σχεδιασμό της κυλινδροκεφαλής. Επιπλέον, υπάρχει έντονη θερμική καταπόνηση του ίδιου του μπουζί λόγω του ότι υφίσταται ψυκτικό σοκ από τον ψεκασμό του καυσίμου στην ακίδα του σε κάθε κύκλο καύσης. Γι' αυτό απαιτούνται μπουζί με ενισχυμένη πορσελάνη και ειδικά σχεδιασμένη ακίδα. Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού με καθοδήγηση δέσμης έχουν πολύ υψηλές πιέσεις ψεκασμού (περίπου 200bar) και χρησιμοποιούν ειδικά πιεζοηλεκτρικά μπεκ. Αντίθετα, οι κινητήρες που χρησιμοποιούν καθοδήγηση αέρα ή τοιχωμάτων αρκούνται σε πιο χαμηλές πιέσεις ψεκασμού (50 – 150bar) και σε ηλεκτρομαγνητικά μπεκ με πηνία.

Κλείνοντας θα λέγαμε ότι η τεχνική της καθοδήγησης δέσμης λόγω του πολύ εξειδικευμένου hardware που απαιτείται την κάνει μια επιλογή που συναντούμε κυρίως σε ακριβότερα αυτοκίνητα. Για παράδειγμα ο

κινητήρας που παρουσίασε η Mercedes – Benz πριν από 4 μήνες στην CLS 350 GDI.

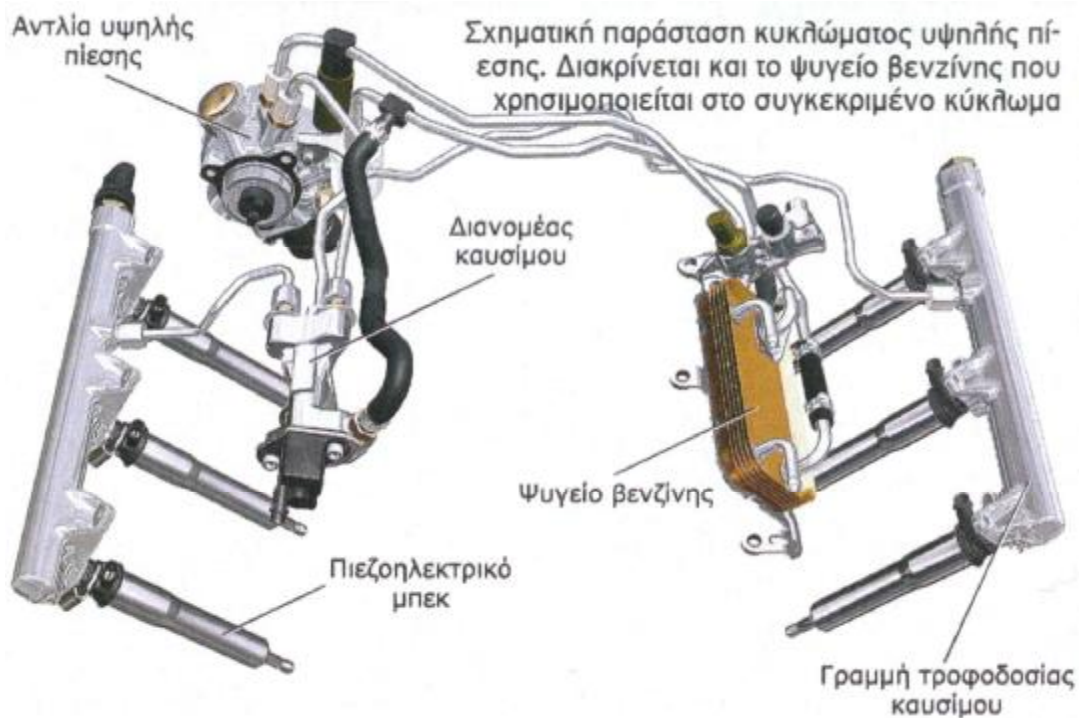


Η τεχνική της "καθοδήγησης δέσμης" βασίζεται στη δημιουργία μιας δέσμης καυσίμου σχήματος κοίλου κώνου από το μπεκ, η οποία και τελικά "αγκαλιάζει" την ακίδα του μπουζί



Στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού με "καθοδήγηση δέσμης", η σχετική θέση του μπουζί και του μπεκ είναι καθοριστικής σημασίας για την ομαλή λειτουργία στο lean burn mode

Έχοντας εξηγήσει στις προηγούμενες σελίδες τη λειτουργία του συστήματος άμεσου ψεκασμού τώρα είναι η σειρά να ασχοληθούμε με την δομή του συστήματος τροφοδοσίας καθαυτή. Εξυπακούεται ότι λόγω των πολύ υψηλότερων πιέσεων ψεκασμού το σύστημα τροφοδοσίας ενός κινητήρα άμεσου ψεκασμού έχει αρκετές και θεμελιώδεις διαφορές σε σύγκριση με το αντίστοιχο ενός κινητήρα έμμεσου ψεκασμού.



3.11 ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΨΗΛΗΣ – ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

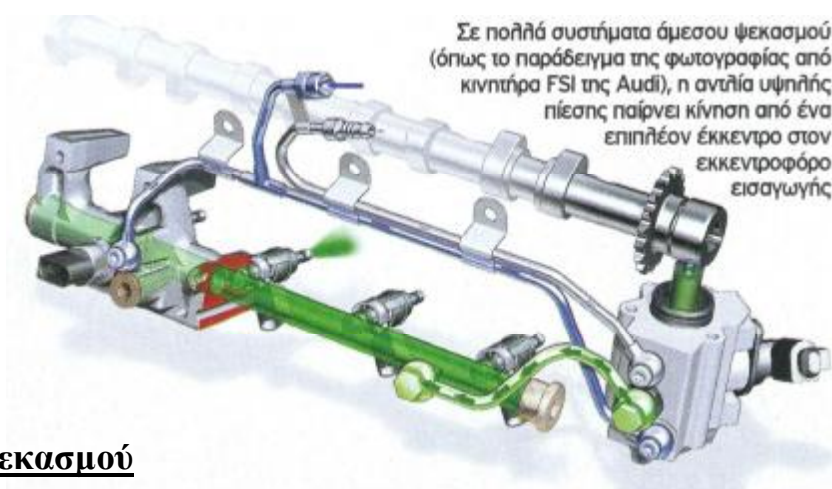
Σε γενικές γραμμές ένα σύστημα τροφοδοσίας άμεσου ψεκασμού μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη. Το κύκλωμα χαμηλής πίεσης χρησιμοποιεί το ίδιο ουσιαστικά hardware που συναντούμε σε ένα κινητήρα με συμβατικό έμμεσο ψεκασμό. Μια αντλία βενζίνης αναρροφά το καύσιμο από το ρεζερβουάρ και μέσω σωληνώσεων το στέλνει με πίεση 3 – 5 bar στο κύκλωμα υψηλής πίεσης. Για το κύκλωμα χαμηλής πίεσης χρησιμοποιούνται αντλίες με πτερύγια (Vane type),

ραουλα ((Roller – Cell type) ή γραναζωτές (Gerotor). Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ηλεκτρικές ενώ η παροχή τους είναι συνήθως από 60 – 200 lt/h. Αποστολή του κυκλώματος χαμηλής πίεσης είναι η μικρή αύξηση της πίεσης του καυσίμου στην είσοδο της αντλίας χαμηλής πίεσης ώστε σε συνθήκες μεγάλων θερμοκρασιών να αποφευχθεί ο κίνδυνος σχηματισμού σπηλαίωσης στο καύσιμο που θα αύξανε το θόρυβο και θα προκαλούσε πρόωρη φθορά στην αντλία υψηλής πίεσης. Το κύκλωμα υψηλής πίεσης αποτελεί την καρδιά του άμεσου ψεκασμού. Αποστολή του είναι να ανεβάσει την πίεση του καυσίμου στα επίπεδα λειτουργίας (50 – 200 bar) και να ρυθμίσει τον χρονισμό και την ποσότητα του καυσίμου που θα καταλήξει μέσα στους θαλάμους καύσης. Τα κύρια μέρη ενός κυκλώματος υψηλής πίεσης είναι : α) η αντλία υψηλής πίεσης, β) η γραμμή τροφοδοσίας, γ) ο αισθητήρας πίεσης, δ) η βαλβίδα ρύθμισης πίεσης, ε) ασφαλιστικό, στ) μπεκ ψεκασμού. Ας τα δούμε όμως λίγο πιο αναλυτικά.

Αντλία υψηλής πίεσης

Η αντλία υψηλής πίεσης στα συστήματα άμεσου ψεκασμού είναι μηχανική και παίρνει κίνηση από ένα επιπλέον έκκεντρο στον εκκτροφόρο εισαγωγής είναι εμβολοφόρος και παρέχει καύσιμο υπό πίεση στην γραμμή τροφοδοσίας. Η παροχή προς την γραμμή τροφοδοσίας είναι σταθερή και η περίσσεια καυσίμου επιστρέφει στο κύκλωμα χαμηλής πίεσης μέσω μιας ηλεκτρονικά ελεγχόμενης βαλβίδας ελέγχου πίεσης. Αυτή η μέθοδος ελέγχου της παροχής έχει το μειονέκτημα ότι αυξάνει τις απώλειες ενέργειας και ανεβάζει την θερμοκρασία του καυσίμου γι' αυτό σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η χρήση ψυγείου καυσίμου. Από την αντλία το καύσιμο περνάει στην γραμμή τροφοδοσίας όπου και αποθηκεύεται υπό πίεση

πριν ψεκασθεί. Όπως και όλα τα εξαρτήματα στο κύκλωμα υψηλής πίεσης έτσι και η γραμμή τροφοδοσίας είναι κατασκευασμένη από μέταλλο υψηλής αντοχής συνήθως αλουμίνιο.



Μπεκ ψεκασμού

Αναμφίβολα τα μπεκ αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο ενός συστήματος άμεσου ψεκασμού. Μέσω των εντολών ανοίγματος και κλεισίματος που δίνει ο εγκέφαλος (ECU) είναι υπεύθυνα για την ακριβή ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου που ψεκάζεται καθώς και για τον διασκορπισμό των σταγονιδίων μέσα στο θάλαμο καύσης. Η αποστολή τους σίγουρα δεν είναι εύκολη και γίνεται ακόμα δυσκολότερη από το περιορισμένο χρονικό διάστημα για τον ψεκασμό του καυσίμου. Σε ένα

κινητήρα έμμεσου ψεκασμού το καύσιμο μπορεί να ψεκαστεί ακόμα και όταν η βαλβίδα εισαγωγής είναι κλειστή άρα κάθε φάση ψεκασμού μπορεί να διαρκέσει μέχρι και δύο περιστροφές του στροφάλου. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι αν ο κινητήρας δουλεύει στις 6000 rpm υπάρχουν περίπου 20mS διαθέσιμα για τον ψεκασμό του καυσίμου. Αντίθετα σε ένα κινητήρα άμεσου ψεκασμού που δουλεύει με στοιχειομετρικό μείγμα το καύσιμο μπορεί να ψεκαστεί μόνο στη φάση της εισαγωγής άρα ο χρόνος ψεκασμού μειώνεται στο 25%. Έτσι σε έναν κινητήρα άμεσου ψεκασμού που δουλεύει πάλι στις 6000 rpm με στοιχειομετρικό μείγμα η διάρκεια του ψεκασμού αναγκαστικά μειώνεται περίπου στα 5mS. Ας φανταστούμε λοιπόν τι συμβαίνει στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού που δουλεύει σε lean burn mode καθώς εκεί το καύσιμο μπορεί να ψεκαστεί μόνο στο τέλος της φάσης συμπίεσης άρα το χρονικό διάστημα είναι ακόμα μικρότερο.

Το πιο διαδεδομένο μπεκ στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού είναι το ηλεκτρομαγνητικό με πηνίο. Όπως λέει και το όνομα του σε αυτά τα μπεκ υπάρχει ένα πηνίο με ένα μεταλλικό πυρήνα στο εσωτερικό του ο οποίος και είναι συνδεδεμένος με τη βελόνα του μπεκ. Όσο το μπεκ είναι κλειστό η βελόνα φράζει την έξοδο του ακροφυσίου και άρα δεν υπάρχει ροή καυσίμου. Όταν η ECU του κινητήρα δώσει εντολή ανοίγματος του μπεκ το πηνίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και έτσι δημιουργείται μαγνητικό πεδίο γύρω από τον μεταλλικό πυρήνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άσκηση δύναμης γύρω στον πυρήνα ο οποίος συμπαρασύρει και την βελόνα. Έτσι η έξοδος του ακροφυσίου ανοίγει και έχουμε ροή καυσίμου. Το ακροφύσιο έχει πολλές μικρές οπές (6 – 12) ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερος διασκορπισμός του καυσίμου. Για την επιτάχυνση του ανοίγματος του μπεκ χρησιμοποιείται ένα ενισχυτής τάσης στη πηνίο ο οποίος ανεβάζει την τάση αρχικά στα 90v. Όταν το μπεκ ανοίξει η τάση σταθεροποιείται σε πολύ μικρότερα επίπεδα τέτοια

ώστε να επαρκεί για να το κρατήσει ανοιχτό. Τα ηλεκτρομαγνητικά μπεκ με πηνία χρησιμοποιούνται για πιέσεις μέχρι 150 bar και ανάλογα με τον σχεδιασμό του ακροφυσίου μπορούν να δώσουν κώνο καυσίμου με παρεχόμενη γωνία $40^{\circ} - 90^{\circ}$. Ο χρόνος απόκρισής τους κυμαίνεται περίπου στα 0,4 msec ενώ η στατική τους παροχή φτάνει τα 20gr/sec.



δεν είναι άλλη από τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ. Στα πιεζοηλεκτρικά μπεκ το πηνίο και ο μεταλλικός πυρήνας έχουν αντικατασταθεί από στρώματα πιεζοηλεκτρικών υλικών όπως ο χαλαζίας (quartz). Τα υλικά αυτά έχουν την ιδιότητα να μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους όταν τους ασκηθεί ηλεκτρική τάση. Όταν η ECU δώσει εντολή ανοίγματος του μπεκ ασκείται τάση στις στρώσεις του πιεζοηλεκτρικού υλικού οι οποίες και διαστέλλονται συμπαρασύροντας με αυτόν τον τρόπο και την βελόνα του μπεκ ώστε το τελευταίο να ανοίξει.

Τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ χρησιμοποιούνται κυρίως σε κινητήρες άμεσου ψεκασμού με πιέσεις καυσίμου της τάξεως των 200 bar. Συγκρινόμενα με τα ηλεκτρομαγνητικά τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ έχουν καλύτερη απόκριση, έχουν καλύτερο διασκορπισμό του μείγματος και επιτρέπουν τον ακριβότερο χρονισμό του ανοίγματος και του κλεισίματος. Από την άλλη το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι το πολύ

υψηλό κόστος κατασκευής τους, κάτι που περιορίζει την εφαρμογή τους σε κινητήρες πολύ ακριβών αυτοκινήτων.



Ο κινητήρας άμεσου ψεκασμού του Audi RS4. Με χρυσό χρώμα στο πάνω μέρος διακρίνονται οι αντλίες άμεσου ψεκασμού, μια για κάθε πλευρά κυλίνδρων



Η πιο πρόσφατη εξέλιξη στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού είναι η χρήση πιεζοηλεκτρικών μπεκ. Αυτή η καινοτομία δεν είναι παρά ένα τεχνολογικό "δάνειο" από τους πετρελαιοκινητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη τεχνολογία εδώ και αρκετό καιρό



Ο N54B30 της BMW 335i είναι ο πρώτος υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας άμεσου ψεκασμού με πιεζοηλεκτρικά μπεκ που μπαίνει σε μαζική παραγωγή



Τα ηλεκτρομαγνητικά μπεκ με πηνίο (φωτό) χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές άμεσου ψεκασμού όπου η πίεση του καυσίμου φτάνει μέχρι τα 150bar

Τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ (φωτό) υπερέχουν έναντι των ηλεκτρομαγνητικών στην ταχύτητα απόκρισης και στην ικανότητα διασκορπισμού του καυσίμου, με τίμημα όμως το αυξημένο κόστος τους





Η μαζική παραγωγή ηλεκτρομαγνητικών μπεκ για κινητήρες άμεσου ψεκασμού έχει πλέον συμπίσει αρκετά το κόστος τους.



Η "βελόνα" των πεζοηλεκτρικών μπεκ εκτείνεται προς τα έξω, ενώ η διάμετρος των ακροφυσίων ψεκασμού είναι μόλις μερικά μm.



Όλο το κομμάτι στο κύκλωμα υψηλής πίεσης του άμεσου ψεκασμού είναι κατασκευασμένα από μέταλλο υψηλής αντοχής. Οι σωληνώσεις συνήθως είναι ατσάλινες, ενώ η γραμμή τροφοδοσίας (φωτό) αλουμινένια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΥΣΗΣ

(ΡΥΠΟΙ)

Σε ένα ιδανικό κόσμο το καύσιμο ενός βενζινοκινητήρα θα αποτελούνταν μόνο από υδρογονάνθρακες. Μέσα στο θάλαμο καύσης θα αναμιγνύονταν με τον ατμοσφαιρικό αέρα με σταθερή αναλογία 14,7:1 ($\lambda=1$) ενώ κατά την διάρκεια της καύσης οι υδρογονάνθρακες θα αντιδρούσαν πλήρως με το οξυγόνο. Από αυτή την διαδικασία ιδανικής καύσης που περιγράψαμε πριν θα είχαμε μόνο 3 προϊόντα : διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O) και άζωτο (N_2), το οποίος ούτως ή άλλως περιφέρεται στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στην πράξη, όμως, τα πράγματα δεν εξελίσσονται ακριβώς έτσι. Η καύση δεν είναι ποτέ τέλεια και ο κινητήρας πολύ σπάνια δουλεύει με $\lambda=1$ και φυσικά τα καύσιμα δεν αποτελούνται μόνο από υδρογονάνθρακες. Οι τρεις αυτοί παράγοντες έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία αρκετών παραπροϊόντων της καύσης, τα κυριότερα από τα οποία είναι : α) οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες (HC), β) το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), γ) τα οξείδια του αζώτου (NO, NO_2 και N_2O τα οποία αναφέρονται ως NO_x) λόγω της αντίδρασης του ατμοσφαιρικού αζώτου με το οξυγόνο. Πέρα από αυτά τα τρία στα καυσαέρια υπάρχουν ακόμα διοξείδιο του θείου (SO_2) λόγω του θείου που περιέχει το καύσιμο καθώς και κάπνα η οποία προέρχεται κυρίως από πυρόλυση των υδρογονανθράκων ή από καύση του λιπαντικού. Όλα αυτά τα παραπροϊόντα ονομάζονται ρύποι και ο στόχος των κατασκευαστών είναι να μηδενίσουν τις εκπομπές τους.

Στους βενζινοκινητήρες οι ποσότητες κάπνας και SO_2 θεωρούνται πρακτικά αμελητέες και γι' αυτό οι προσπάθειες των κατασκευαστών

εστιάζονται πρωτίστως στον περιορισμό των εκπομπών HC, CO και NOx. Η πιο δημοφιλής λύση για τον καθαρισμό των καυσαερίων είναι ο γνωστός τριοδικός καταλύτης του οποίου την λειτουργία (στην πιο σύγχρονη μορφή του) θα εξετάσουμε παρακάτω.

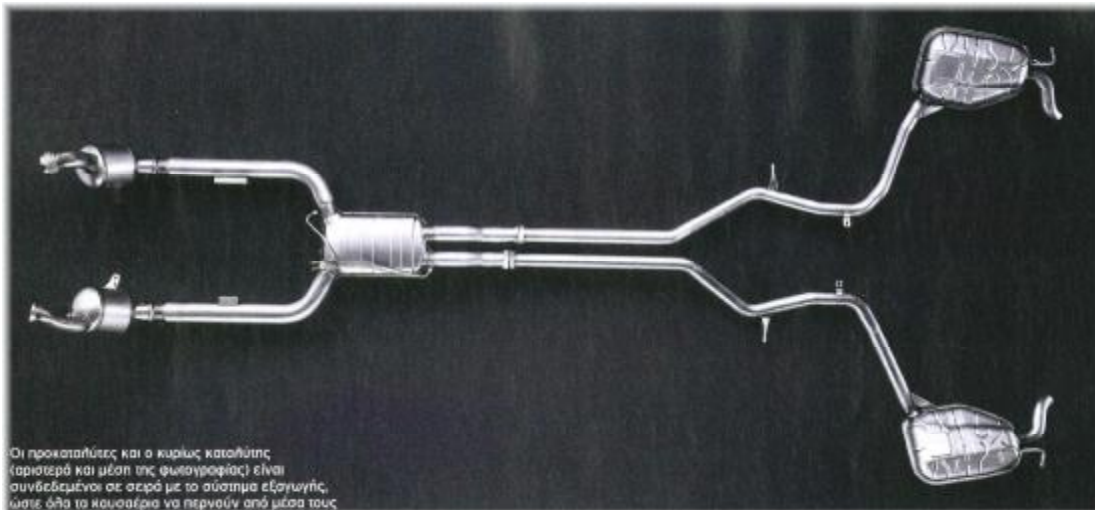


Οι εκπομπές καυσαερίων σε ένα κινητήρα άμεσου ψεκασμού ο οποίος δουλεύει αποκλειστικά με στοιχειομετρικό μίγμα, επηρεάζονται από τους ίδιους παράγοντες και με τον ίδιο τρόπο όπως και σε ένα συμβατικό κινητήρα έμμεσου ψεκασμού

4.1 ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

Ο τριοδικός καταλύτης προορίζεται να εξουδετερώσει τους τρεις κύριους ρύπους που παράγονται κατά την λειτουργία βενζινοκινητήρων δηλαδή τους άκαυστους HC, το CO και τα NOx και από εκεί παίρνει και την ονομασία τους ως τριοδικός. Ο καταλύτης είναι τοποθετημένος σε σειρά με το υπόλοιπο σύστημα εξαγωγής και έτσι τα καυσαέρια περνούν από μέσα του πριν ελευθερωθούν στο περιβάλλον. Ο καταλύτης περιέχει ένα πυκνό πλέγμα από κεραμικό ή μεταλλικό υλικό (ανάλογα τον τύπο του) και πάνω του υπάρχει μια επίστρωση από οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) μαζί με λευκόχρυσο, ρόδιο, παλλάδιο και άλλα ευγενή μέταλλα. Αυτά τα υλικά δρουν καταλυτικά προσομοιώνοντας την αντίδραση της τέλει καύσης. Έτσι περνώντας μέσα από τον καταλύτη τα οξείδια του αζώτου ανάγονται σε ατμοσφαιρικό άζωτο και οξυγόνο και τα μόρια του οξυγόνου χρησιμοποιούνται για να οξειδώσουν το μονοξείδιο του άνθρακα και τους άκαυστους υδρογονάνθρακες μετατρέποντας τα σε νερό και διοξείδιο. Λόγω της φιλοσοφίας του υπάρχουν 2 βασικές προϋποθέσεις ώστε ο τριοδικός καταλύτης να λειτουργεί σωστά και αποδοτικά. Επειδή η λειτουργία του καταλύτη προσομοιώνει την τέλεια καύση πρέπει η αναλογία καυσίμου – αέρα να βρίσκεται κοντά στην στοιχειομετρική. Επίσης προκειμένου το στρώμα ευγενών μετάλλων να μπορεί να δράσει καταλυτικά πρέπει η θερμοκρασία του καταλύτη να βρίσκεται μεταξύ $400^\circ - 800^\circ C$.





4.2 ΦΤΩΧΟΤΕΡΟ ΜΕΙΓΜΑ = ΦΙΛΙΚΟΤΕΡΟ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Αντίθετα με ότι θα περίμενε κανείς οι εκπομπές ρύπων στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού που δουλεύουν σε συνθήκες φτωχού μείγματος (lean burn mode) είναι αναλογικά υψηλότερες σε σύγκριση με τους κινητήρες έμμεσου ψεκασμού καθώς και με τους κινητήρες άμεσου ψεκασμού οι οποίοι δουλεύουν με στοιχειομετρικό μείγμα. Εδώ πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η συνολική ποσότητα HC, CO και NO_x που εκπέμπει ένας κινητήρας άμεσου ψεκασμού που δουλεύει σε burn mode είναι μικρότερη της ποσότητας που εκπέμπει ένας κινητήρας που δουλεύει με στοιχειομετρικό μείγμα αλλά αν τις εξετάσουμε ως ποσοστό της ποσότητας καυσίμου που ψεκάζεται τότε η κατάσταση αντιστρέφεται.

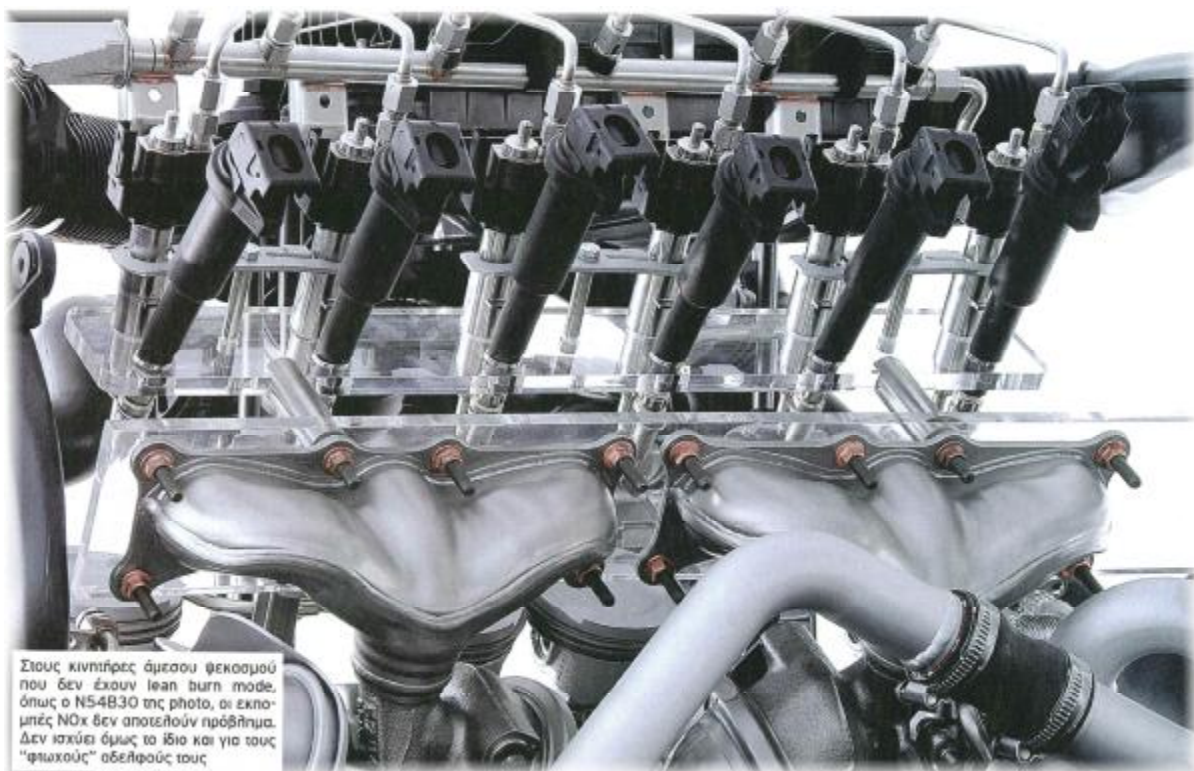
Ας δούμε όμως για ποιους λόγους γίνεται αυτό. Όπως έχουμε εξηγήσει κατά τη λειτουργία σε lean burn mode δημιουργείται ένα ανομοιογενές μείγμα μέσα στο θάλαμο καύσης στοιχειομετρικό κοντά στην ακίδα του μπουζί το οποίο και φτωχαίνει όσο απομακρυνόμαστε ακτινικά από εκείνη. Πιο συγκεκριμένα όσο απομακρυνόμαστε από την ακίδα του μπουζί και το μείγμα φτωχαίνει η φλόγα εκφυλίζεται και η καύση γίνεται όλο και πιο ασταθής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στις πιο φτωχές περιοχές του θαλάμου καύσης η πιθανότητα ατελούς καύσης να αυξάνει κάτι που έχει άμεσο αντίκτυπο στην αύξηση των εκπομπών HC και CO. Επιπλέον, σε κινητήρες άμεσου ψεκασμού με καθοδήγηση τοιχωμάτων είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν μικροσυμπυκνώματα καυσίμου σε περιοχές των πιστονιών ή του κυλίνδρου που έρχονται σε επαφή με το καύσιμο, οι οποίες μπορούν επίσης να αποδειχτούν πηγές HC και CO. Τέλος, η παρατεταμένη λειτουργία σε lean burn mode έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της μέσης θερμοκρασίας των καυσαερίων

άρα και του καταλύτη. Η μείωση της θερμοκρασίας δρα αρνητικά στο βαθμό απόδοσης του και γι' αυτό κατά τη λειτουργία σε lean burn mode είναι απαραίτητο να υπάρχουν σύντομα ενδιάμεσα διαστήματα λειτουργίας με στοιχειομετρικό μείγμα ώστε η μέση θερμοκρασία των καυσαερίων να διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα. Με αυτό τον τρόπο οι εκπομπές HC και CO δεν αποτελούν πρόβλημα για τη λειτουργία σε lean burn mode καθώς και οι δύο ρύποι μπορούν να οξειδωθούν σε CO₂ μέσα στον τριτοδικό καταλύτη.



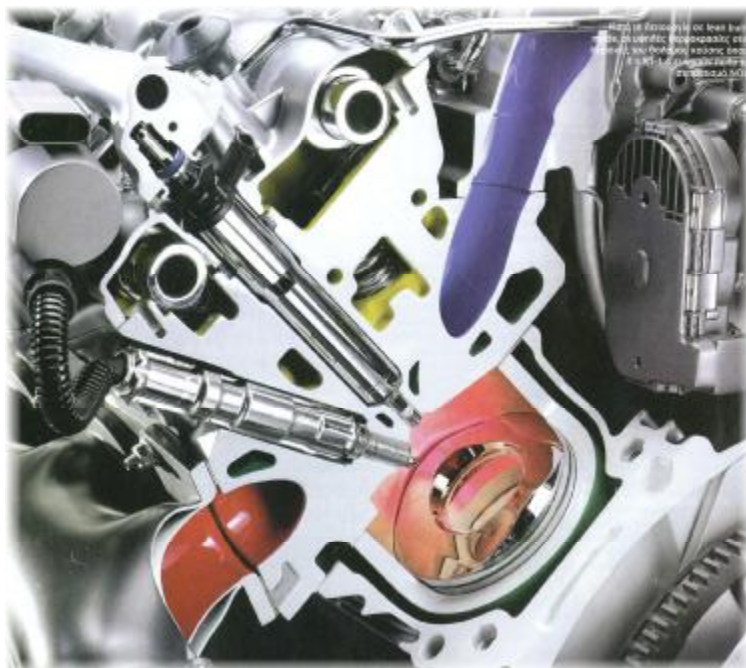
Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού έχουν το potential να επιτύχουν σημαντική μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Η επίτευξη όμως αυτού του στόχου, απαιτεί κάποια προσπάθεια

Δυστυχώς όμως ακριβώς το αντίθετο ισχύει για τις εκπομπές NOx οι οποίες είναι αναμφίβολα ο μεγαλύτερος πονοκέφαλος στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού με lean burn mode. Οι ζώνες υψηλών θερμοκρασιών μέσα στο θάλαμο καύσης ευνοούν αρκετά τον σχηματισμό NOx ενώ το ίδιο ισχύει και για την μεγάλη περίσσεια αέρα που υπάρχει στο lean burn mode. Το μεγαλύτερο πρόβλημα όμως είναι ότι ούτε ο τριτοδικός καταλύτης μπορεί να εξουδετερώσει τα παραγόμενα NOx. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τους τρόπους που έχουν βρει οι κατασκευαστές ώστε να εξουδετερώσουν τα παραγόμενα NOx.



4.3 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

Στις προηγούμενες σελίδες αναλύσαμε τον τρόπο με τον οποίο ο άμεσος ψεκασμός στους βενζινοκινητήρες επηρεάζει τις εκπομπές καυσαερίων τους. Το συμπέρασμα που καταλήξαμε είναι ότι εν γένει ο άμεσος ψεκασμός μειώνει τις εκπομπές καυσαερίων κατά την λειτουργία με στοιχειομετρικό μείγμα και ειδικά κατά την φάση της προθέρμανσης και της κρύας εκκίνησης. Τα πράγματα όμως δεν είναι τόσο απλά κατά την λειτουργία σε lean burn mode καθώς εκεί μπαίνουν στο παιχνίδι πολλοί παράγοντες. Το μεγαλύτερο πρόβλημα κατά την λειτουργία σε lean burn mode είναι οι αυξημένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x). Η επιβάρυνση που προκαλούν στο περιβάλλον είναι ότι δημιουργούν την όξινη βροχή και το φωτοχημικό νέφος και οι περισσότερες χώρες έχουν θεσπίσει αυστηρά όρια για την εκπομπή τους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι οι προδιαγραφές Euro IV επιβάλλουν ανώτατο όριο εκπομπής NO_x μόλις 0,08gr/km. Οι προσπάθειες, λοιπόν, των κατασκευαστών εστιάζονται σε δύο μέτωπα : αφενός στην ακύρωση των συνθηκών που ευνοούν τη δημιουργία τους και αφετέρου στην εφεύρεση νέων μεθόδων κατακράτησής τους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

(Exhaust Gas Recirculation EGR)

Όπως είπαμε, μια από τις κυριότερες αιτίες για τις αυξημένες εκπομπές NO_x είναι η μεγάλη περίσσεια αέρα κατά τη λειτουργία σε burn mode η οποία και ευνοεί την ένωση του αζώτου με το οξυγόνο. Συνεπώς η μείωση του ποσοστού περίσσειας αέρα μπορεί να περιορίσει αισθητά τις εκπομπές NO_x. Ο πιο εύκολος τρόπος για να γίνει αυτό είναι ο στραγγαλισμός του εισερχόμενου αέρα κατά τη λειτουργία με φτωχό μείγμα, χρησιμοποιώντας την πεταλούδα του γκαζιού. Αυτή η μέθοδος όμως αυξάνει τις ροϊκές απώλειες στην εισαγωγή. Σαφώς προτιμότερη επιλογή είναι η ανακυκλοφορία των καυσαερίων από προηγούμενους κύκλους καύσης. Υπάρχουν δύο τρόπου υλοποίησης της ανακυκλοφορίας. Ο πρώτος ονομάζεται **εσωτερικός (internal EGR)** και υλοποιείται μέσω της καθυστέρησης κλεισίματος των βαλβίδων εξαγωγής μετά το ΑΝΣ. Με αυτό τον τρόπο καθώς το πιστόνι κατεβαίνει αναρροφά εκτός από τον αέρα και καυσαέρια από την πολλαπλή εξαγωγής. Ο δεύτερος τρόπος είναι ο λεγόμενος **εξωτερικός (external EGR)**. Εδώ χρησιμοποιείται ένας ξεχωριστός αγωγός που συνδέει τις πολλαπλές εισαγωγής και εξαγωγής ο οποίος στη μέση του έχει μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα. Όταν αυτή είναι κλειστή η εισαγωγή δεν επικοινωνεί με την εξαγωγή. Όταν η ECU δώσει εντολή ανοίγματος της τότε μια ποσότητα καυσαερίων εκμεταλλευόμενη τη διαφορά πίεσης πηγαίνει από την πολλαπλή εξαγωγής στην πολλαπλή εισαγωγής και από εκεί στους θαλάμους καύσης.

Η ανακυκλοφορία καυσαερίων χρησιμοποιείται κατά κόρον στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές NO_x

χωρίς να υποβαθμιστεί η οικονομία καυσίμου. Αναπόφευκτα όμως τίθενται και ορισμένοι περιορισμοί ως προς τη μέγιστη ποσότητα καυσαερίων που μπορεί να εισαχθεί στο θάλαμο καύσης χωρίς να παρουσιαστούν φαινόμενα ασταθούς καύσης και ρεταρίσματος. Συνεπώς η ανακυκλοφορία καυσαερίων μολονότι είναι πολύ χρήσιμη δεν είναι πανάκεια και χρειάζεται κάποιες φορές να επιστρατευθούν πιο δραστικές μέθοδοι. Η πιο δημοφιλής είναι η χρήση καταλύτη συγκράτησης NOx.



Στην "εσωτερική" ανακυκλοφορία καυσαερίων, εκμεταλλευόμαστε το overlap των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής ώστε κατά την εισαγωγή, ο κινητήρας εκτός από φρέσκο αέρα να αναρροφά και καυσαέρια από προηγούμενους κύκλους καύσης



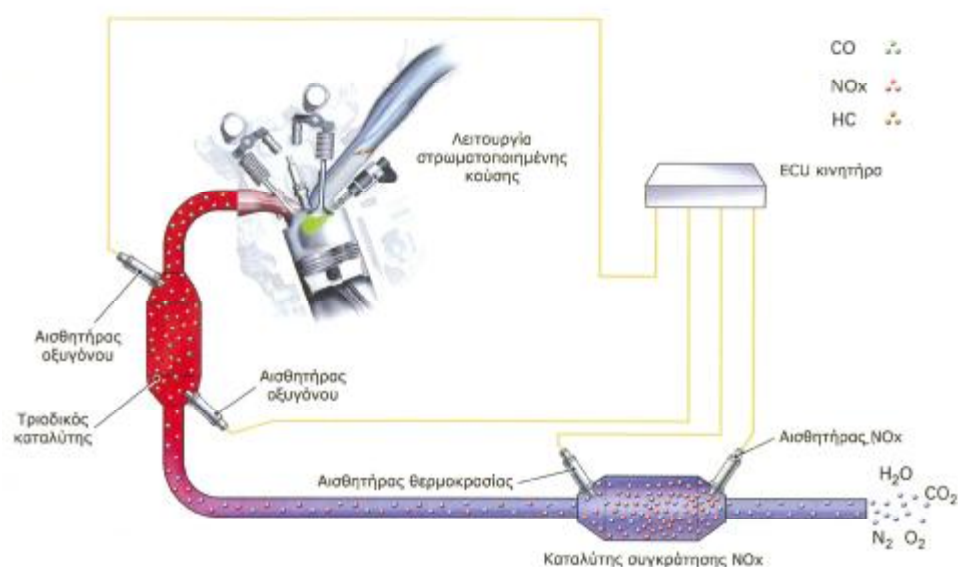
Ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα EGR.
Ανάλογα με τις εντολές της ECU, ανοίγει ή κλείνει, ξεκινώντας ή σταματώντας αντίστοιχα την ανακυκλοφορία καυσαερίων

5.1 ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ NO_x (NO_x accumulator type converter)

Σε ένα αυτοκίνητο ο καταλύτης συγκράτησης NO_x είναι συνδεδεμένος σε σειρά με τον τριοδικό καταλύτη. Τα καυσαέρια περνούν πρώτα από τον τριοδικό καταλύτη και στη συνέχεια περνούν μέσα από τον καταλύτη συγκράτησης προκειμένου να δεσμευτούν και τα NO_x. Κατασκευαστικά ο καταλύτης συγκράτησης των NO_x μοιάζει αρκετά με ένα κοινό τριοδικό καταλύτη. Και εδώ υπάρχει ένα πυκνό κεραμικό ή μεταλλικό πλέγμα πάνω στο οποίο υπάρχει επίστρωση από ευγενή μέταλλα. Η κύρια διαφορά είναι ότι εδώ υπάρχει μια επιπλέον επίστρωση από οξειδία ουσιών όπως το ασβέστιο και το βάριο. Ας δούμε όμως λίγο πιο αναλυτικά πως λειτουργεί. Το πρώτο βήμα της διαδικασίας δέσμευσης των NO_x είναι η οξείδωσή τους σε διοξείδιο του αζώτου (NO₂) κάτι που αναλαμβάνουν τα ευγενή μέταλλα του υποστρώματος. Εν συνεχεία το διοξείδιο του αζώτου αντιδρά με το βάριο σχηματίζοντας νιτρικά άλατα του βαρίου. Αυτά τα άλατα είναι στέρεα συνεπώς κατακρατούνται στον καταλύτη. Ο καταλύτης συγκράτησης των NO_x δουλεύει με μέγιστο βαθμό απόδοσης για θερμοκρασίες καυσαερίων στην περιοχή των 300 – 400° C δηλαδή ταυτίζεται ακριβώς με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας ενός κινητήρα άμεσου ψεκασμού lean burn mode. Όπως είναι φανερό η ικανότητα κατακτάτησης οξειδίων του αζώτου μέσα στον καταλύτη είναι πεπερασμένη και εξαρτάται από την παραμένουσα ποσότητα αδέσμευτων οξειδίων του βαρίου. Το ποσοστό κορεσμού του καταλύτη παρακολουθείται είτε μέσω ενός αισθητήρα NO_x στην εξάτμιση είτε μέσω ενός θεωρητικού μοντέλου περασμένου στο χάρτη της ECU ο οποίος υπολογίζει την ποσότητα NO_x που έχει κατακρατηθεί. Όταν ο καταλύτης συγκράτησης κορεστεί τότε η ECU

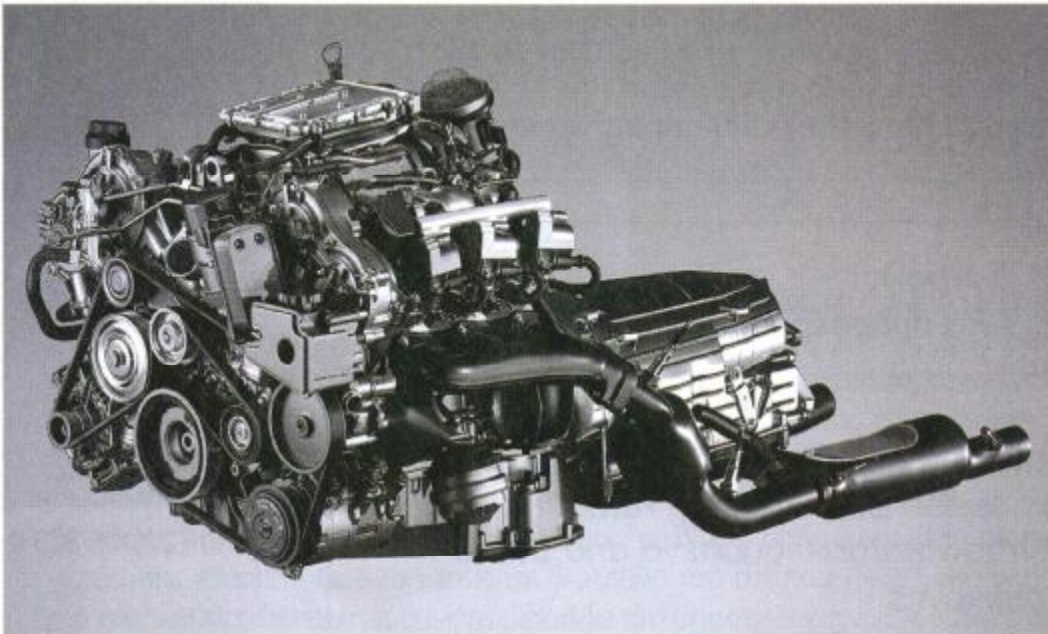
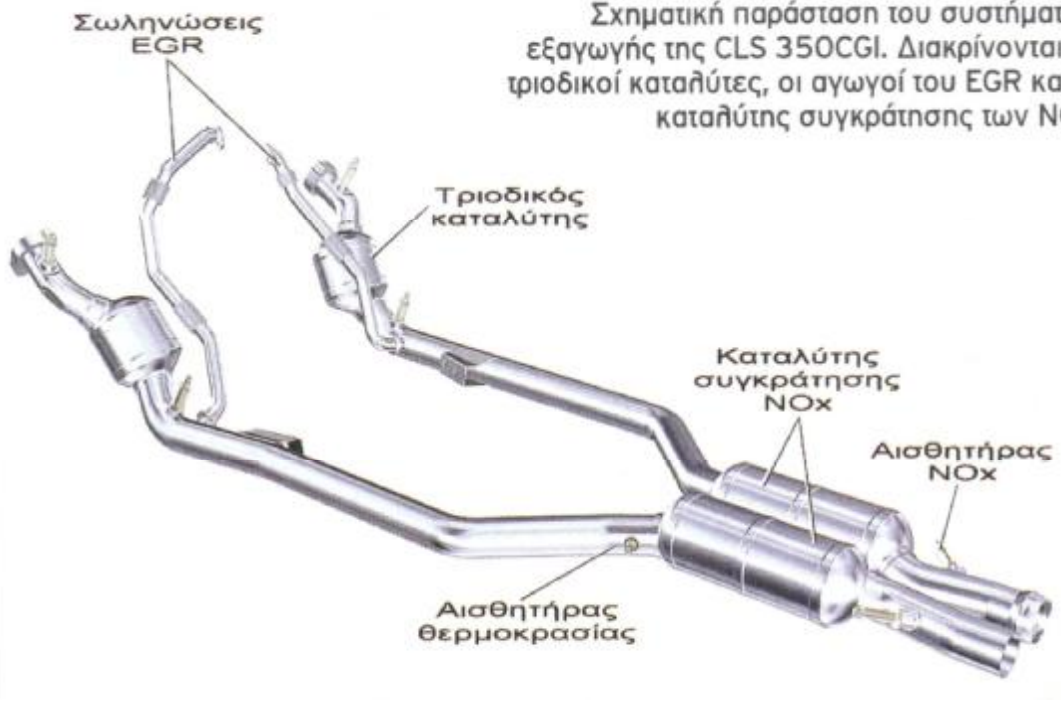
δίνει σήμα και ο κινητήρας δουλεύει για μικρό χρονικό διάστημα με πλούσιο ($\lambda > 0,8$) μείγμα ομοιογενές ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το αβάνς στην ανάφλεξη. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογονάνθρακες ενώ ταυτόχρονα ανεβαίνει και η θερμοκρασία τους. Λόγω της ανόδου αυτής τα νιτρικά άλατα του βαρίου διασπώνται σε οξείδιο του βαρίου και μονοξείδιο του αζώτου. Το δεύτερο αντιδρά με το υδρογόνο, το μονοξείδιο του άνθρακα και τους υδρογονάνθρακες και ανάγεται σε άζωτο που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα το οξείδιο του βαρίου ανακτάται και είναι έτοιμο να ξαναχρησιμοποιηθεί για την κατακράτηση των NOx. Συνολικά υπολογίζεται ότι ένας κινητήρας άμεσου ψεκασμού πρέπει να λειτουργεί 1 με 2 sec με πλούσιο μείγμα για κάθε λεπτό λειτουργίας σε lean burn mode προκειμένου ο καταλύτης να «καθαρίζει» από το οξείδιο του αζώτου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «αναγέννηση» regeneration.

Θεωρητικά τα πράγματα μοιάζουν ιδανικά καθώς με τον συνδυασμό ανακυκλοφορίας καυσαερίων και καταλύτη NOx οι εκπομπές NOx μπορούν να μειωθούν κάτω από το επιτρεπτό όριο. Όμως για άλλη μία φορά τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά και όπως είδαμε μέχρι τώρα η λύση ενός προβλήματος δεν είναι παρά η αρχή ενός καινούργιου.



Σχηματική παράσταση της πορείας των καυσαερίων σε ένα κινητήρα άμεσου ψεκασμού. Όπως φαίνεται, τα NOx δεν μπορούν να κατακρατηθούν από τον τριαδικό καταλύτη, κίνησης απαραίτητο τον πρόσθετο καταλύτη συγκράτησης των NOx

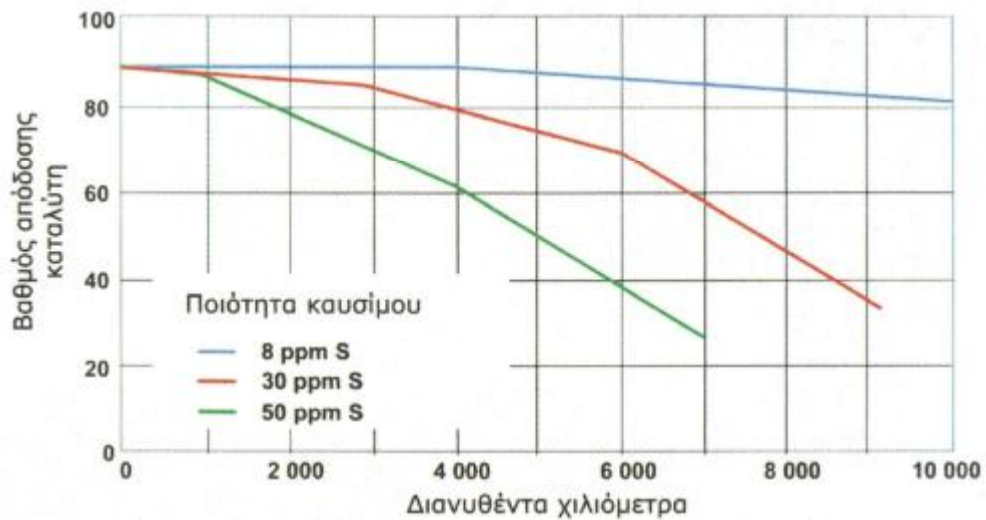
Σχηματική παράσταση του συστήματος εξαγωγής της CLS 350CGI. Διακρίνονται οι τριοδικοί καταλύτες, οι αγωγοί του EGR και ο καταλύτης συγκράτησης των NOx



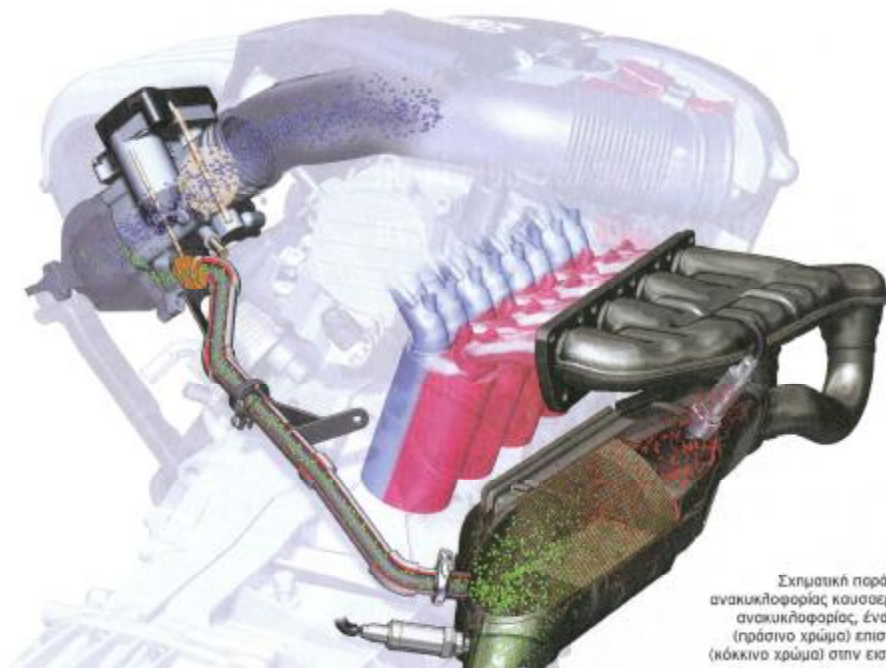
Ο κινητήρας άμεσου ψεκασμού της Mercedes CLS 350CGI. Κάτω δεξιά, σε μερική τομή, διακρίνεται ο καταλύτης συγκράτησης των NOx

5.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Το πρόβλημα με τους καταλύτες NOx είναι η μεγάλη συγκέντρωση θείου στο καύσιμο των ευρωπαϊκών χωρών. Όπως και το άζωτο, το θείο του καυσίμου αντιδρά με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τη διάρκεια της καύσης και σχηματίζει οξείδια. Αυτά τα οξείδια δεσμεύονται από τον καταλύτη NOx ως θετικά άλατα του βαρίου αλλά το πρόβλημα είναι ότι παραμένουν αδρανή κατά τη διαδικασία αναγέννησης και δεν ανάγονται. Έτσι μένουν μόνιμα στον καταλύτη δηλητηριάζοντας τον και μειώνοντας σταδιακά την απόδοσή του. Γι' αυτό το λόγο προϋπόθεση για την μακροβιότητα του καταλύτη είναι η διάθεση στην αγορά βενζίνης με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο περίπου 10ppm. Πριν από 5 μόλις χρόνια η βενζίνη που διατίθετο στην Ευρώπη είχε περιεκτικότητα γύρω στα 150ppm. Το 2003 η νομοθεσία τροποποιήθηκε και η μέγιστη περιεκτικότητα κατέβηκε στα 50ppm. Σύμφωνα με μελέτες της LAND ROVER ένας καταλύτης κατακράτησης NOx χάνει μέχρι και το 70% της απόδοσης του μέσα σε 7000km αν χρησιμοποιείται βενζίνη περιεκτικότητας 50ppm. Για μακροβιότητα και αξιόπιστη λειτουργία των καταλυτών δεν πρέπει η περιεκτικότητα της βενζίνης σε θείο να υπερβαίνει τα 10ppm. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση βενζίνη που να πληροί αυτές τις προδιαγραφές θα είναι υποχρεωτικά διαθέσιμη από το 2009.



Σε αυτό το γράφημα φαίνεται η αρνητική επίδραση που έχει το θείο που περιέχεται στο καύσιμο στο βαθμό απόδοσης του καταλύτη συγκράτησης των NOx. Βλέπουμε ότι με βενζίνη περιεκτικότητας 50ppm σε θείο, η απόδοση του καταλύτη πέφτει αισθητά μετά από μόλις 7.000km



Σχηματική παράσταση της "εξωτερικής" ανακυκλοφορίας καυσαερίων. Μέσω του αγωγού ανακυκλοφορίας, ένα μέρος των καυσαερίων (πράσινο χρώμα) επιστρέφει από την εξαγωγή (κόκκινο χρώμα) στην εισαγωγή (γαλάζιο χρώμα)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

6.1 ΙΑΠΩΝΕΣ ΚΑΙ ΓΑΛΛΟΙ ΚΑΝΟΥΝ ΤΗΝ ΑΡΧΗ

Έχοντας αναλύσει οτιδήποτε σχετίζεται με την θεώρηση, τη δομή, τη λειτουργία του άμεσου ψεκασμού έφτασε η ώρα της ιστορικής αναδρομής.

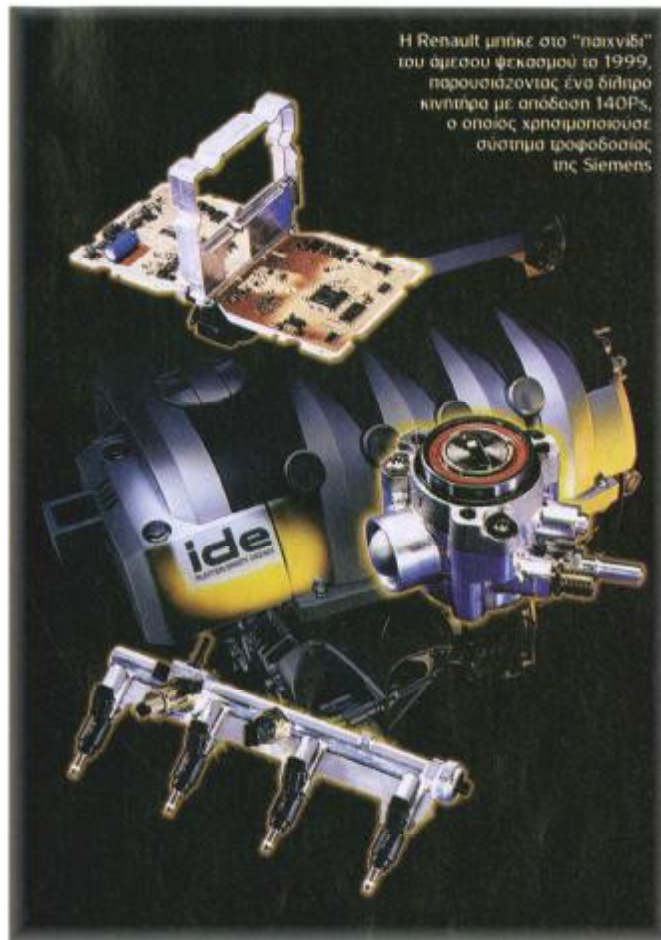
Η πρωτιά στον πρώτο κινητήρα άμεσου ψεκασμού πιστώνεται στην Mitsubishi με τον κινητήρα 4693 του 1999. Επίσης το 2000 η Mitsubishi πρωτοπόρησε για μία ακόμη φορά παρουσιάζοντας τον πρώτο υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα άμεσου ψεκασμού, οποίος ήταν μια παραλλαγή του 4693. Ο 4693 GDI βασιζόταν, σε μεγάλο βαθμό, στον κινητήρα έμμεσου ψεκασμού 4693 MPI. Τα δύο μοτέρ είχαν ίδιο μπλοκ και κυλινδροκεφαλή με 2EEK και 4 βαλβίδες/κυλίνδρους. Ο κινητήρας άμεσου ψεκασμού είχε κατακόρυφους αυλούς εισαγωγής ώστε να διευκολύνεται ο στροβιλισμός του αέρα εισαγωγής και ο σχηματισμός του μίγματος, ειδικά διαμορφωμένες κορώνες στα πιστόνια, νέο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου με πίεση 50bar και διαφορετικά μπεκ. Επιπλέον, ο άμεσος ψεκασμός επέτρεπε μια αύξηση της σχέσης συμπίεσης στο 12:1 αντί του 10,5:1 του 4693 MPI. Επιπλέον για μείωση των εκπομπών NOx ο κινητήρας μπορούσε να λειτουργήσει με ποσοστό ανακυκλοφορίας καυσαερίων μέχρι 30%. Για τον 4G93 η Mitsubishi υποσχόταν μείωση κατανάλωσης καυσίμου μέχρι 35% σε σχέση με τον αντίστοιχο κινητήρα έμμεσου ψεκασμού κάτι που επαληθεύτηκε στις ιαπωνικές μετρήσεις αλλά στις ευρωπαϊκές το όφελος δεν ξεπερνούσε το 10%. Αυτό οφείλεται στις διαφορές ανάμεσα στις ευρωπαϊκές και ιαπωνικές μετρήσεις κατανάλωσης. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι

και η εντελώς διαφορετική χαρτογράφηση της ιαπωνικής έκδοσης του κινητήρα σε σχέση με την ευρωπαϊκή. Ο ιαπωνικός κινητήρας είχε και επιπλέον καταλύτη συγκράτησης των NOx τον οποίο όμως δεν διέθεσε στην Ευρώπη λόγω της ποιότητας των καυσίμων. Για όλους αυτούς τους λόγους ο πρώτος κινητήρας άμεσου ψεκασμού άφησε ανάμεικτα συναισθήματα και δεν έτυχε της αναγνώρισης που του άξιζε. Λίγο αργότερα η Renault παρουσίασε τον δικό της κινητήρα άμεσου ψεκασμού με κυβισμό 2.0lt και απόδοση 140PS. Ο συγκεκριμένος κινητήρας χρησιμοποιούσε ένα σύστημα τροφοδοσίας της Siemens με πίεση ψεκασμού 100bar και δούλευε αποκλειστικά με στοιχειομετρικό μίγμα ώστε να μην αντιμετωπίζει πρόβλημα με τις εκπομπές NOx και να μην χρειάζεται επιπλέον καταλύτη.

Εκείνη την περίοδο αρκετοί ακόμα κατασκευαστές πειραματίστηκαν με κινητήρες άμεσου ψεκασμού αλλά τις περισσότερες φορές τα αποτελέσματα δεν ήταν ενθαρρυντικά. Τυπικά παραδείγματα ο κινητήρας άμεσου ψεκασμού της PSA αλλά και ο τετρακύλινδρος κινητήρας GTI της Mercedes. Ο εν λόγω κινητήρας βασιζόταν στον τετρακύλινδρο έμμεσου ψεκασμού με κυβισμό 1796cc. Απέδιδε 170PS αλλά δεν προσέφερε κάποια αξιοσημείωτα οφέλη στον τομέα της κατανάλωσης, είχε έντονο πρόβλημα με το θείο στο καύσιμο ενώ και ο ήχος κατά την λειτουργία του ήταν αποκρουστικός. Αυτές οι αποτυχίες δεν προμήνυαν τίποτε καλό για το μέλλον του άμεσου ψεκασμού αλλά το μεγάλο βήμα δεν άργησε να γίνει. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι η πραγματική ώθηση στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού δόθηκε από το Group VW και από τους κινητήρες FSI. Ήταν οι πρώτοι λειτουργικοί κινητήρες οι οποίοι εκμεταλλεύονταν στο έπακρο τις δυνατότητες της τεχνολογίας και οι οποίοι δεν αντιμετώπιζαν πρόβλημα με την ποιότητα του καυσίμου. Ας γυρίσουμε όμως στον πρώτο FSI παραγωγής και ας δούμε μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του. Ο κινητήρας

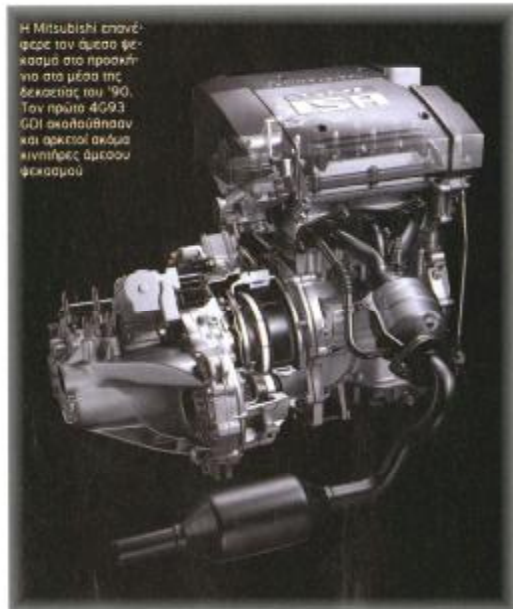
βασιζόταν στο ίδιο μπλοκ με τον κινητήρα έμμεσου ψεκασμού και ήταν επίσης 16V με 2EEK. Η πίεση καυσίμου ήταν 110 bar με τα μπεκ να είναι τοποθετημένα στην πλευρά των βαλβίδων με έντονη κλίση. Δούλευε είτε με στοιχειομετρικό είτε με φτωχό μίγμα με λόγο λ μέχρι 4. Η σχέση συμπίεσης του ήταν στο πολύ υψηλό 12,1:1.

Αρχής γενομένης από τον πρώτο κινητήρα FSI το VW Group εξέλιξε μια ολόκληρη σειρά ατμοσφαιρικών κινητήρων άμεσου ψεκασμού τους οποίους χρησιμοποίησε σε όλη την γκάμα της. Ως επί το πλείστον τα μικρότερα τετρακύλινδρα σύνολα ήταν προσανατολισμένα προς την οικονομία και στα χαμηλά φορτία, δούλευαν με learn burn mode. Αντίθετα οι μεγαλύτεροι κινητήρες που προορίζονταν για πολυτελή και σπορ μοντέλα της γκάμας δούλευαν αποκλειστικά με στοιχειομετρικό μίγμα σε όλο το φάσμα στροφών και φορτίων.





Ο νέος κινητήρας του joint venture BMW Group και PSA που κινεί αυτοκίνητα όπως το Peugeot 207GT και το νέο Mini Cooper 5 έχει σχεδιαστεί με γνώμονα το downsizing, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το μέγεθός του



Η Mitsubishi επανέφεσε τον άμεσο ψεκασμό στο προοκλητικό στο μέσο της δεκαετίας του '90. Τον πρώτο 4G93 GDI ακολούθησαν και αρκετοί άλλοι κινητήρες άμεσου ψεκασμού

Το Group VW παρουσίασε τον πρώτο ευρωπαϊκό υπερπροφοδοτούμενο κινητήρα άμεσου ψεκασμού, τον 6-κύλινδρο TFSI των 200Ps

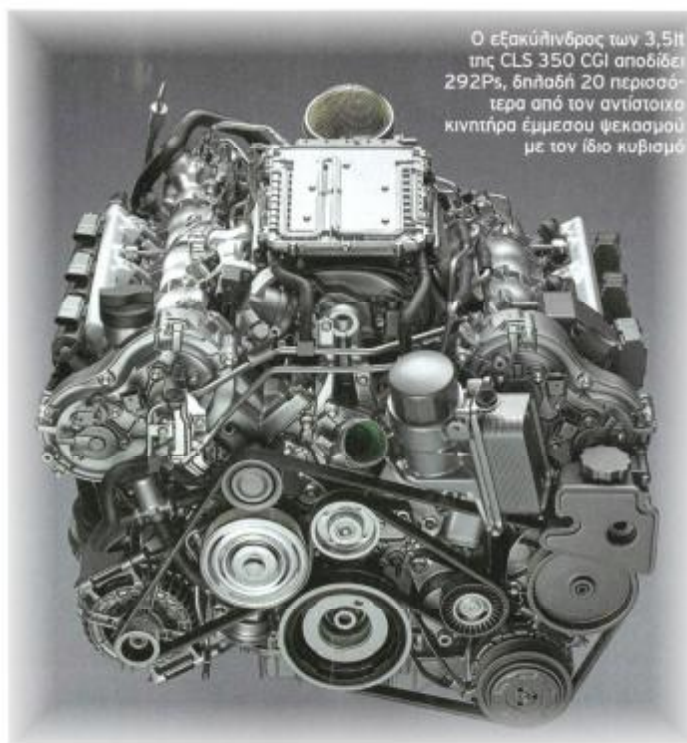


6.2 Η ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΤΗΣ MERCEDES

Μετά την έκδοση του άμεσου ψεκασμού του 4κύλινδρου M271 που δεν ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες τους, οι μηχανικοί της Mercedes εξερεύνησαν τα όρια και τις δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας καθώς και τους περιοριστικούς παράγοντες που δρούσαν ανασταλτικά στην επίτευξή τους. Το συμπέρασμα ήταν ότι η τεχνική της καθοδήγησης τοιχωμάτων που χρησιμοποιούσε ο M271 δεν μπορούσε να πετύχει την τέλεια συγκέντρωση του μίγματος γύρω από την ακίδα του μπουζί κατά την λειτουργία με φτωχό μίγμα. Η ροή αέρα μέσα στους αυλούς εισαγωγής παρουσιάζει πολλές απρόβλεπτες και τυχαίες μικροδιακυμάνσεις οι οποίες δεν μπορούν να τιθασευτούν πλήρως από τα πτερύγια στροβιλισμού και από την διαμόρφωση της κορώνας του πιστονιού όσο καλοσχεδιασμένα και αν είναι. Συνεπώς σε έναν κινητήρα άμεσου ψεκασμού με καθοδήγηση τοιχωμάτων ο σωστός σχηματισμός του μίγματος γύρω από το μπουζί αναγκαστικά είναι και λίγο θέμα τύχης. Η μόνη λύση που φαίνεται ικανή να επιτρέψει τον πλήρη έλεγχο του σχηματισμού του μίγματος είναι η καθοδήγηση δέσμης και αυτή ακριβώς επέλεξαν. Όπως έχουμε ήδη εξηγήσει στα συστήματα άμεσου ψεκασμού με καθοδήγηση δέσμης η συγκέντρωση του καυσίμου γύρω από το μπουζί εξαρτάται αποκλειστικά από τη μορφή της δέσμης που ψεκάζεται από το μπεκ και γι' αυτό ο σωστός σχηματισμός του μίγματος δεν εξαρτάται από αστάθμητους παράγοντες και γι' αυτό μπορούμε να πετύχουμε μεγάλη ακρίβεια στον ψεκασμό και την καύση. Βέβαια από την άλλη υπάρχουν τρομακτικές απαιτήσεις σε ότι αφορά την ακρίβεια κατασκευής των μπεκ, την παροχή και την ταχύτητα απόκρισής τους. Γι' αυτό επιλέχθηκαν τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ που έχουμε αναλύσει σε προηγούμενο κεφάλαιο την λειτουργία τους. Για την επίτευξη όμως του τέλειου νέφους καυσίμου γύρω από το μπουζί δεν αρκούν μόνο τα μπεκ.

Συγκεκριμένα έπρεπε να αυξηθεί ακόμα περισσότερο η πίεση στο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου (έφτασε τα 200 bar), η οποία αυξημένη πίεση έφερε και αυξημένες τριβές κατά τη ροή του καυσίμου και γι' αυτό το λόγο εγκαταστάθηκε ένα ψυγείο καυσίμου για να καταβάξει την θερμοκρασία της βενζίνης.

Ο κινητήρας της CLS 350 GTI αποδίδει 292PS δηλαδή 20 περισσότερους από το αντίστοιχο σύνολο ψεκασμού ιδίου κυβισμού της Mercedes ενώ η κατανάλωση του κυμαίνεται στα 9,1 – 9,3 lt/100km δηλαδή 10% χαμηλότερα.



6.3 BMW ΚΑΙ ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ

Η BMW στην αρχή έμοιαζε να αδιαφορεί για τον άμεσο ψεκασμό. Εαφνικά όμως εν έτη 2007 έκανε στροφή 180° και άρχισε να επενδύει στις προοπτικές του άμεσου ψεκασμού παρουσιάζοντας αρκετούς νέους

κινητήρες. Ξεκινώντας από τις μικρότερες κατηγορίες η BMW εξέλιξε σε συνεργασία με το Group PSA έναν τετρακύλινδρο υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα άμεσου ψεκασμού με κυβισμό 1598cc ο οποίος χρησιμοποιείται σε νέο MINI COOPER S. Ο κινητήρας έχει λόγο συμπίεσης 10,5:1 και αποδίδει 200PS στις 5500rpm και ροπή 24,5kgm/1400rpm. Ο δεύτερος υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας της BMW με άμεσο ψεκασμό είναι ο εξακύλινδρος N5B30 που έχει κυβισμό 2979cc, σχέση συμπίεσης 10,2:1 και αποδίδει ισχύ 306PS/5800rpm και ροπή 40.8kgm/1300-5000 rpm. Λόγω της υπερτροφοδότησης ο κινητήρας δουλεύει αποκλειστικά με στοιχειομετρικό μίγμα ενώ χάρη στα πιεζοηλεκτρικά μπεκ μπορεί να κάνει μέχρι και 3 ψεκασμούς καυσίμου ανά κύκλο καύσης. Τα 2 turbo της Mitsubishi λειτουργούν παράλληλα με το κάθε ένα να τροφοδοτεί από μία 3άδα κυλίνδρων με μέγιστη πίεση υπερπλήρωσης τα 0,6 bar. Η BMW φαίνεται όμως αποφασισμένη να παίζει και το παιχνίδι του ατμοσφαιρικού άμεσου ψεκασμού κοντράροντας στα ίσα την Mercedes. Στο πλαίσιο αυτό έχει αρχίσει εδώ και 6 μήνες να παρουσιάζει νέους κινητήρες τετρακύλινδρους και εξακύλινδρους με ψεκασμό υψηλής πίεσης και πιεζοηλεκτρικά μπεκ οι οποίοι παίρνουν σιγά – σιγά την θέση τους στην γκάμα της βαυαρικής εταιρείας. Σε αντίθεση με τους υπερτροφοδοτούμενους αδερφούς τους οι ατμοσφαιρικοί κινητήρες της BMW μπορούν να δουλέψουν και σε learn burn mode προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την οικονομία τους. Η επίσημη γραμμή της BMW είναι ότι η εταιρεία επέλεξε τώρα να ασχοληθεί με τον άμεσο ψεκασμό επειδή έκρινε ότι τώρα οι συνθήκες έχουν ωριμάσει και η απαιτούμενη τεχνολογία είναι ευρέως διαθέσιμη. Αυτή η ξαφνική βιασύνη όμως κρύβει και έναν αγώνα δρόμου προκειμένου να καλυφθεί το χαμένο έδαφος. Πράγματι η BMW δίνει την εντύπωση ότι αρχικά αδιαφόρησε για τον άμεσο ψεκασμό δίνοντας βάρος σε άλλες τεχνολογίες όπως το

Valvetronic. Όταν σε κάποιο σημείο συνειδητοποίησε ότι ο άμεσος ψεκασμός είναι η ξεκάθαρη μελλοντική λύση έσπευσε να καλύψει το κενό αγοράζοντας εκ των υστέρων έτοιμη τεχνολογία.



Μετά τον αποτυχημένο τετρακύλινδρο M271 του 2000, η δεύτερη γενιά κινητήρων άμεσου ψεκασμού της Mercedes ντεμπουτάρισε το 2006 στην CLS 350 CGI



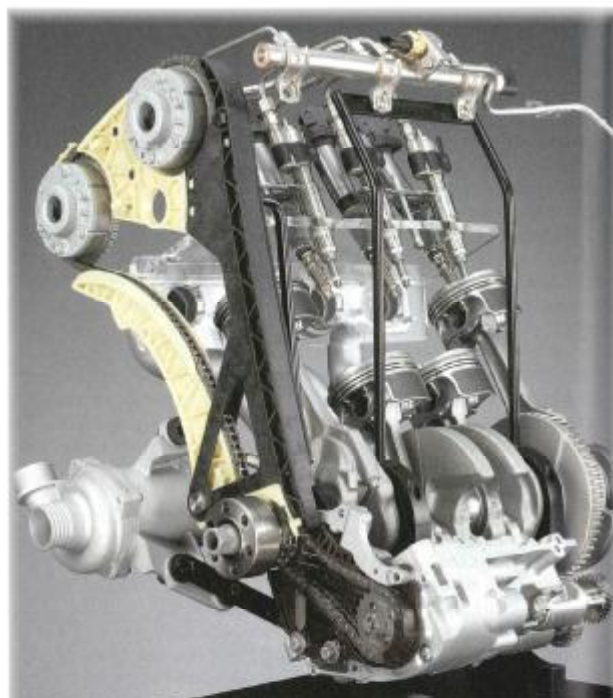
Μετά από μια μακρά περίοδο «αποχής» από τον άμεσο ψεκασμό, η BMW παρουσίασε πρόσφατα μια ολόκληρη σειρά νέων τετρακύλινδρων και εξακύλινδρων κινητήρων άμεσου ψεκασμού δεύτερης γενιάς με πιεζοηλεκτρικά μπεκ

6.4 ΙΑΠΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ

Αναμφίβολα αυτή τη στιγμή η Γερμανία είναι ο μεγάλος παίχτης στον άμεσο ψεκασμό αφήνοντας σε δεύτερη θέση τους Ιάπωνες. Ενώ κινητήρες άμεσου ψεκασμού υπάρχουν στην γκάμα των περισσότερων Ιαπώνων κατασκευαστών εν τούτοις δεν έχουν κάποιο αξιόλογο τεχνολογικό highlight ενώ οι περισσότεροι δεν διατίθενται και εκτός Ιαπωνίας. Βέβαια ακόμα και σε αυτή τη στάσιμη κατάσταση δεν λείπουν και οι καλές ιδέες όπως ο κινητήρας «υβριδικού ψεκασμού» 2GRFSE της Toyota που θα αναλύσουμε παρακάτω.

Μέχρι τώρα είδαμε ότι οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού πλεονεκτούν σε σύγκριση με τους συμβατικούς έμμεσου ψεκασμού σε κάθε κατάσταση λειτουργίας. Μια σημαντική εξαίρεση είναι η κατάσταση στην οποία έχουμε χαμηλές rpm αλλά υψηλά φορτία. Σε αυτήν την περίπτωση συνδυάζονται μεγάλες ποσότητες καυσίμου με μικρή ταχύτητα του αέρα εισαγωγής. Με αυτό τον τρόπο δυσχαιρένεται η ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα και αυξάνεται η πιθανότητα τα διασκορπισμένα σταγονίδια καυσίμου να επανενωθούν σε μεγαλύτερες σταγόνες δίνοντας ατελή καύση και δημιουργώντας επικαθήσεις στον κινητήρα. Αλλά και ο έμμεσος ψεκασμός σε αυτή την περίπτωση δεν θα τα κατάφερνε καλύτερα αφού η μεγάλη ποσότητα καυσίμου που θα ψεκαζόταν σε συνδυασμό με την μικρή ταχύτητα του αέρα θα οδηγούσε σε συμπύκνωση ποσότητας καυσίμου πάνω στους αυλούς εισαγωγής και τις βαλβίδες με παρόμοια αποτελέσματα σε ότι αφορά την ποιότητα της καύσης. Ένας τρόπος για να παρακαμφθεί το πρόβλημα είναι η ποσότητα του καυσίμου να διαμοιραστεί ώστε τα μπεκ του άμεσου ψεκασμού να μην είναι αναγκασμένα να παρέχουν όλη την απαιτούμενη ποσότητα βενζίνης. Ανταυτού ο αέρας μπορεί να εισάγεται στον θάλαμο καύσης προεμπλουτισμένος και εκεί να συμπληρώνεται η υπόλοιπη ποσότητα.

Κάπου εδώ μπαίνει στο παιχνίδι ο κινητήρας της Toyota. Η ιδέα που είχαν οι μηχανικοί της Toyota προκειμένου να λύσουν το πρόβλημα που περιγράψαμε πριν είναι να καταφύγουν στον έμμεσο ψεκασμό. Όχι δεν γυρίσαμε ξαφνικά στην εποχή των MPI της δεκαετίας του '80 και '90. Απλά αυτό που σκέφτηκαν ήταν να υποβοηθήσουν τη διαδικασία του άμεσου ψεκασμού ψεκάζοντας ένα μέρος της απαιτούμενης ποσότητας βενζίνης στους αυλούς εισαγωγής ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία επικαθήσεων στους θαλάμους καύσης.

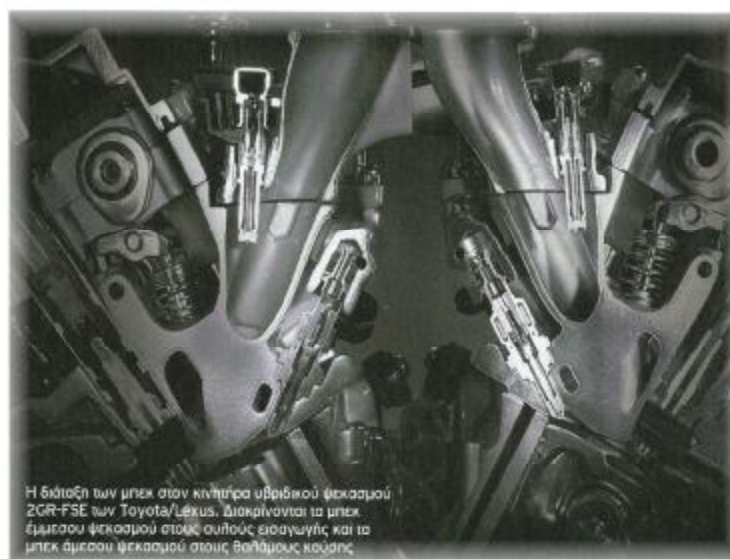


Η πίεση του καυσίμου στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού επιβόησε την κατασκευή των σωληνώσεων και των γραμμών τροφοδοσίας από χάλυβα υψηλής αντοχής.

Γι' αυτό το λόγο εγκατέστησαν μια δεύτερη σειρά συμβατικών μπεκ στους αυλούς εισαγωγής τα οποία σε συνθήκες χαμηλών rpm και υψηλών φορτίων ψεκάζουν μέχρι και 60% της συνολικής ποσότητας καυσίμου που απαιτείται. Καθώς οι στροφές ανεβαίνουν αυτό το ποσοστό μειώνεται και στις μεσαίες – ψηλές rpm ο κινητήρας λειτουργεί μόνο ως άμεσου ψεκασμού. Η δεύτερη σειρά μπεκ υποβοηθά και στις κρύες εκκινήσεις όπου τα μπεκ στους αυλούς εισαγωγής ψεκάζουν ,μια μικρή ποσότητα καυσίμου η οποία κατανέμεται ομοιογενώς στο θάλαμο καύσης προτού τα μπεκ του άμεσου ψεκασμού δώσουν την κυρίως

ποσότητα καυσίμου γύρω από την ακίδα του μπουζί, το μίγμα στις κρύες εκκινήσεις είναι ελαφρά φτωχό με λόγο καυσίμου αέρα γύρω στο 15-16:1 ώστε τα καυσαέρια να έχουν τη μέγιστη θερμοκρασία και να προθερμανθεί ο καταλύτης. Γι' αυτή την κατάσταση λειτουργίας χρειάζονται και οι μικρές οβάλ κοιλότητες στην κορώνα του πιστονιού με βάρος μόλις 5,0mm. Όταν ο κινητήρας ζεσταθεί τότε δουλεύει πάλι μόνο με τον άμεσο ψεκασμό. Το καύσιμο στο κύκλωμα τροφοδοσίας του έμμεσου ψεκασμού έχει πίεση 4bar και τα μπεκ είναι με πηνίο 12 οπών διαμέτρου 0,19 έκαστη. Το κύκλωμα του άμεσου ψεκασμού έχει πίεση τροφοδοσίας 130 bar χάρη σε μια επιπλέον αντλία υψηλής πίεσης. Ιδιαίτερη μνεία αξίζει στα μπεκ του άμεσου ψεκασμού καθώς είναι σχεδιασμένα ώστε να δένουν δύο ξεχωριστές δέσμες καυσίμου με σκοπό τον καλύτερο διασκορπισμό του στο θάλαμο καύσης. Σε αντίθεση τα άλλα μπεκ ψεκασμού της εταιρείας δίνουν μία μόνο δέσμη.

Στον 2GR-FSE τα μπεκ έχουν 2 εγκοπές σχήματος αντεστραμμένου V διαστάσεων 0,13 x 0,52 mm ώστε να δίνουν τις δύο ξεχωριστές δέσμες. Για την εξέλιξη και κατασκευή τους η Toyota συνεργάστηκε με την Yamaha και την Denso. Το σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα έχει την κωδική ονομασία D4-5 από το Direct injection 4 stroke petrol Superior version και για την εξέλιξη του έχουν κατοχυρωθεί πάνω από 300 πατέντες από την μητρική εταιρεία.



Η διάταξη των μπεκ στον κινητήρα υβριδικού ψεκασμού 2GR-FSE των Toyota/Lexus. Διακρίνονται τα μπεκ έμμεσου ψεκασμού στους σιφούς εισαγωγής και τα μπεκ άμεσου ψεκασμού στους θαλάμους καύσης

Το όλο concept σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από εξειδικευμένο κομμάτι του τμήματος R and D της εταιρείας το οποίο ασχολείται με τα projects που πρέπει να προωθηθούν κατά απόλυτη προτεραιότητα.



Οι αμερικανοί κατασκευαστές δεν φαίνονται ακόμα ιδιαίτερα «ζεστοί» γύρω από τον άμεσο ψεκασμό. Στη φωτό, ο δίλιτρος υπερτροφοδοτούμενος ECOTEC που φοράει το Opel GT και οι αμερικάνικοι «κλώνοι» του

6.5 Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ DiesOtto της Mercedes

Θέλοντας να δείξει τα όρια της τεχνολογίας των τετράχρονων κινητήρων η Mercedes εξέλιξε τον επαναστατικό DiesOtto τον οποίο και παρουσίασε πρόσφατα στο concept car F700. Ο κινητήρας συμπυκνώνει

την υπάρχουσα τεχνολογία βενζινοκινητήρων προκειμένου να επιτύχει την μέγιστη ισχύ με την ελάχιστη κατανάλωση. Έτσι έχουμε και λέμε : μεταβλητός χρονισμός και lift των βαλβίδων, υπετροφοδότηση δύο σταδίων (με μεγάλο και μικρό στροβιλοσυμπεστή) και επιπλέον ενσωματωμένο σύστημα υβριδικής κίνησης για επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας. Αναμφίβολα, ίσως το πιο εντυπωσιακό highlight του κινητήρα είναι το σύστημα ενεργούς μεταβολής της σχέσης συμπίεσης του μέσω ενός μοχλικού συστήματος στο οστροφαλοφόρο. Με αυτό τον τρόπο στα χαμηλά και μεσαία φορτία ο κινητήρας λειτουργεί περίπου σαν diesel με υψηλή σχέση συμπίεσης και έναυση του καυσίμου με ελεγχόμενη αυτανάφλεξη. Αντίθετα στα μεγάλα φορτία ο κινητήρας δουλεύει σαν Otto με σχετικά χαμηλή σχέση συμπίεσης και έναυση του μίγματος με μπουζί. Με αυτή τη στρατηγική ο DiesOtto καταφέρει να δουλεύει σε όλο το φάσμα των στροφών με τον μέγιστο βαθμό απόδοσης επιτυγχάνοντας έτσι εξαιρετική απόδοση και ανεπανάληπτη οικονομία. Τα νούμερα μιλούν από μόνα τους : Από κυβισμό 1,8lt ο diesOtto αποδίδει 238PS ενώ η ροπή του φτάνει τα 40,7kgm. Παρόλα αυτά η κατανάλωση του βάρους 1700 Kg οχήματος δεν ξεπερνά τα 5,3lt/100km. Εξυπακούεται ότι ένας κινητήρας χαμαιλέων σαν το DiesOtto είναι εξαιρετικά απαιτητικός σε ότι αφορά την τροφοδοσία του καθώς η ποσότητα και ο χρονισμός του ψεκασμού παίζουν μεγάλο ρόλο στη σωστή λειτουργία του. Γι' αυτό το λόγο ο DiesOtto χρησιμοποιεί ένα state of the art σύστημα τροφοδοσίας άμεσου ψεκασμού ,με πιεζοηλεκτρικά μπεκ και πίεση καυσίμου μέχρι 200bar. Κατά τα γνωστά στα χαμηλά φορτία ο κινητήρας δουλεύει με φτωχό μίγμα και ψεκασμό καυσίμου στη φάση της συμπίεσης ενώ στα μεγαλύτερα φορτία δουλεύει με στοιχειομετρικό ομοιογενές μίγμα και ψεκασμό καυσίμου στη φάση της εισαγωγής. Αναμφίβολα ο DiesOtto είναι ένας σταθμός της σύγχρονης αυτοκίνησης. Αν και αυτή τη στιγμή δεν είναι σίγουρο αν

υπάρχουν σχέδια για μαζική παραγωγή, σίγουρο είναι οι περισσότερες από τις τεχνολογικές καινοτομίες που ενσωματώνει θα βρουν το δρόμο τους προς τους κινητήρες παραγωγής. Πέρα όμως από αυτό, ο DiesOtto επιδεικνύει για μια ακόμη φορά τις δυνατότητες του άμεσου ψεκασμού και την συνεισφορά που μπορεί να έχει στη δημιουργία ισχυρότερων και πιο καθαρών κινητήρων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΧΗΜΙΚΗ ΥΠΕΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

7.1 ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η συμπληρωματική τροφοδοσία των βενζινοκινητήρων με πρωτοξείδιο του αζώτου είναι μια τεχνολογία που ξεκίνησε φυσικά από τους αεροπορικούς κινητήρες. Εκεί το πρόβλημα ήταν απλό πλην όμως πολύ σοβαρό και αποτέλεσε ένα πολύ καρποφόρο έδαφος για διαφόρους τύπους υπερτροφοδότησης. Ποιο πρόβλημα ; Φυσικά η μειωμένη πυκνότητα του αέρα σε μεγάλο υψόμετρο η οποία συνεπάγεται και μειωμένη ισχύ του κινητήρα. Η χρήση νίτρο (πρωτοξείδιο του αζώτου) και το ζωτικής σημασίας οξυγόνο που αυτή προσέφερε στον κινητήρα επέτρεπε στα αεροπλάνα να ανεβαίνουν σε πολύ μεγάλο ύψος για μικρό χρονικό διάστημα.

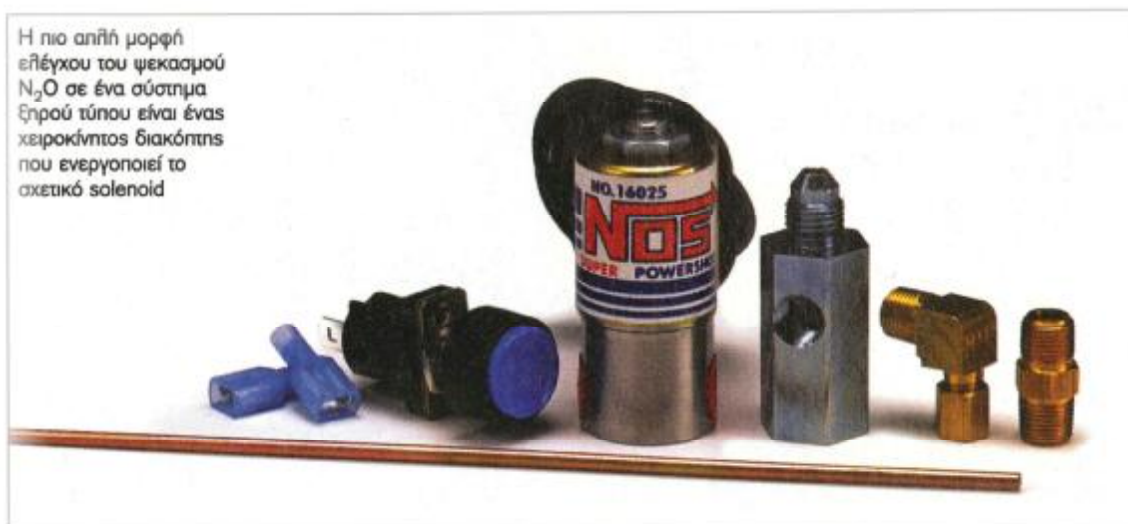
Οι φιάλες αποθήκευσης N_2O διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία, για κάθε πιθανή εφαρμογή. Αυτό είναι μόνο ένα μικρό δείγμα...



7.2 Η ΟΥΣΙΑ

Πως καταφέρνει όμως το νίτρο να αυξάνει την ισχύ του κινητήρα; Κάθε μόριο πρωτοξειδίου του αζώτου (N_2O) όπως δηλώνει και η χημική του ονομασία αποτελείται από δύο μόρια αζώτου και ένα μόριο οξυγόνου. Οι αναλογίες αυτές κατά βάρος σημαίνουν 64% περιεκτικότητα σε άζωτο και 36% σε οξυγόνο. Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελείται από 76% (κατά βάρος) άζωτο, 23% οξυγόνο και 1% διάφορα άλλα ευγενή αέρια. Εκ πρώτης όψεως βλέπουμε ότι το νίτρο είναι πιο πλούσιο σε οξυγόνο από ότι ο αέρας και τελικά βλέπουμε ότι είναι πολύ πιο πλούσιο γιατί το νίτρο σε ατμοσφαιρική πίεση είναι επίσης πολύ πιο πυκνό από τον αέρα. Ενώ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος τα άτομα N_2O είναι σταθερά ενωμένα μεταξύ τους με ένα χημικό δεσμό η πρόσδοση ενέργειας μπορεί να τον διασπάσει εύκολα και έτσι να διαχωριστούν τα συστατικά του σε ελεύθερα μόρια N_2 και σε άτομα οξυγόνου. Αυτό γίνεται όταν η θερμοκρασία του νίτρο φτάσει στους $300^\circ C$ πράγμα πανεύκολο στον θάλαμο καύσης του κινητήρα. Το οξυγόνο που απελευθερώνεται επιταχύνει την καύση πρωτίστως όμως μας δίνει την δυνατότητα να κάψουμε περισσότερη βενζίνη. Πρέπει να θυμόμαστε πάντα ότι η βενζίνη είναι αυτή που παράγει την δύναμη όχι το νίτρο. Το νίτρο είναι άφλεκτο αέριο που σημαίνει ότι αν δεν διασπάσει δεν μπορεί να συμμετάσχει ενεργά στην διαδικασία της καύσης. Όμως το οξυγόνο που απελευθερώνει δίνει την δυνατότητα για την καύση περισσότερης βενζίνης. Εξάλλου αυτός δεν είναι και ο σκοπός κάθε είδους υπερτροφοδότησης ; Δηλαδή η παροχή περισσότερου αέρα (συνεπώς περισσότερου οξυγόνου) στο θάλαμο καύσης προκειμένου να μπορέσει να καεί περισσότερη βενζίνη και έτσι να αυξηθεί η ισχύς και η ροπή του κινητήρα. Πέραν τούτου όμως το νίτρο αυξάνει και με έμμεσο τρόπο την ποσότητα του οξυγόνου που θα περιέχει το καύσιμο μίγμα μας. Το νίτρο

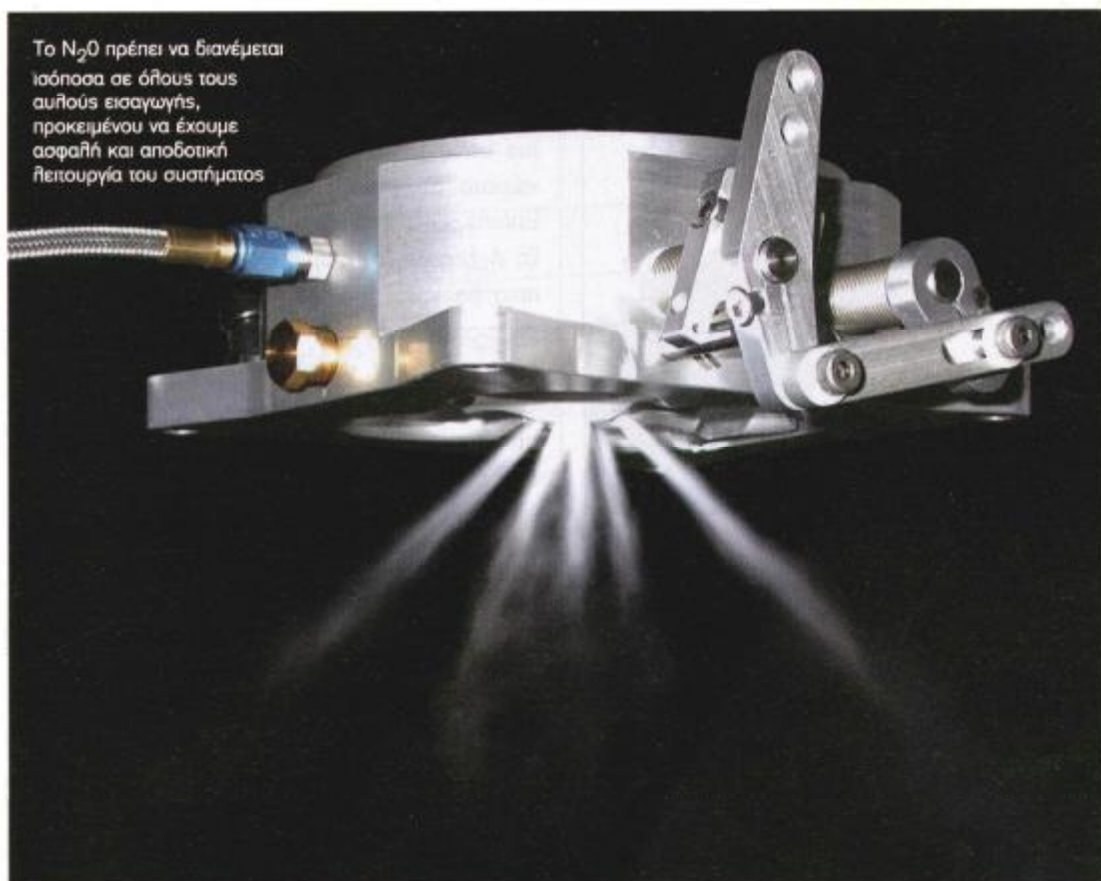
αποθηκεύεται σε ειδικές φιάλες σε πίεση της τάξεως των 50 bar. Όταν ψεκάζεται στην εισαγωγή του κινητήρα εκτονώνεται και εξαερώνεται. Δηλαδή η πίεση του πέφτει στα επίπεδα αυτής που επικρατεί εκείνη τη στιγμή στην εισαγωγή και από την υγρή του μορφή μετατρέπεται σε αέριο. Όπως ισχύει για όλα τα αέρια η εκτόνωση τους συνεπάγεται μείωση της θερμοκρασίας τους. Με άλλα λόγια με την ενστρωσή του το νίτρο ψύχει την εισαγωγή και μπορεί να μειώσει την θερμοκρασία ακόμα και 40°C.



7.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

Ένα τυπικό σύστημα νίτρο αποτελείται από την φιάλη αποθήκευσης του N₂O, τις απαραίτητες σωληνώσεις για την παροχή του στον κινητήρα, ένα ή περισσότερα μπεκ παροχής, μια βαλβίδα ελέγχου για την έναρξη / λήξη του ψεκασμού και κάποια συσκευή εμπλουτισμού του καυσίμου μίγματος. Η έναρξη του ψεκασμού συνήθως ορίζεται από το πάτημα του γκαζιού ή από την γωνία της πεταλούδας.

Συνήθως κάποιος διακόπτης ενεργοποιεί την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα παροχής N_2O όταν η πεταλούδα ανοίξει τελείως. Το N_2O που ψεκάζεται στην εισαγωγή την ψύχει και παράλληλα εμπλουτίζει τους κυλίνδρους με οξυγόνο. Η συσκευή εμπλουτισμού παρέχει επιπλέον βενζίνη στους κυλίνδρους και έτσι η ισχύς του κινητήρα αυξάνεται για όσο διαρκεί ο ψεκασμός. Η αύξηση της ισχύος καθορίζεται από την επιπλέον ποσότητα καυσίμου που θα χρησιμοποιήσει ο κινητήρας δηλαδή από το πόσο νίτρο θα ψεκαστεί.

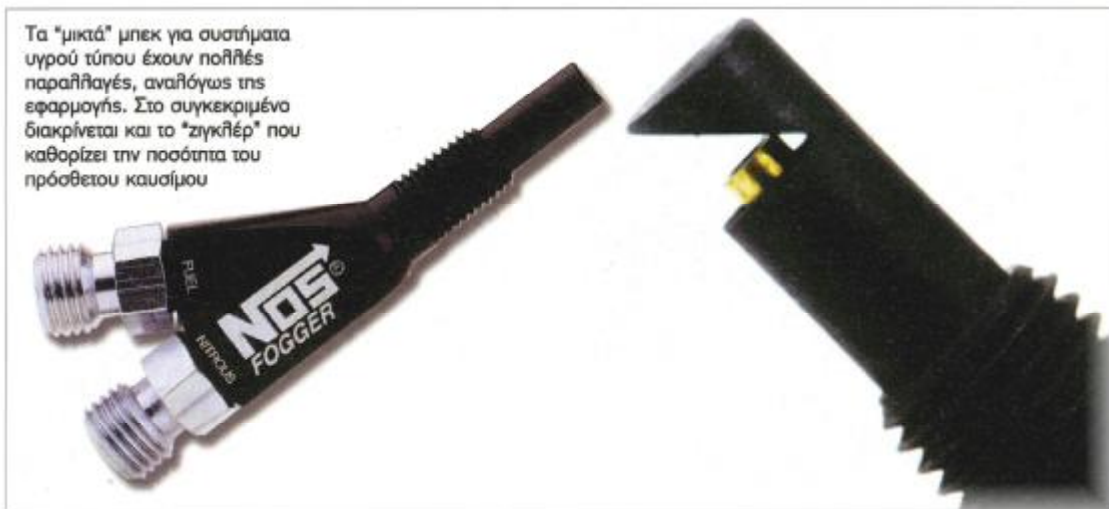


7.4 ΤΡΟΠΟΙ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

Ανάλογα με την μέθοδο εμπλουτισμού του μίγματος τα κιτ νίτρο διαχωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες τα ξηρού και υγρού τύπου. Τα κιτ ξηρού τύπου ψεκάζουν μόνο νίτρο στην εισαγωγή του κινητήρα συνήθως πριν την πεταλούδα. Ο εμπλουτισμός γίνεται αυξάνοντας την πίεση βενζίνης στο κύκλωμα τροφοδοσίας των μπεκ μέσω της αύξησης της ροής του αέρα που περνά από τα βεντούρα λόγω της ψύξης του ρεύματος του αέρα. Ο ψεκασμός ελέγχεται από μία ηλεκτρομαγνητική σωληνοειδή βαλβίδα η οποία όταν ενεργοποιείται από τον σχετικό διακόπτη ανοίγει και επιτρέπει τη ροή του N_2O . Ανάλογες βαλβίδες χρησιμοποιούνται για την αύξηση της παρεχόμενης βενζίνης. Στα κιτ ξηρού τύπου χρησιμοποιείται συνήθως μια σωληνοειδής βαλβίδα στην γραμμή επιστροφής βενζίνης η οποία όταν η βαλβίδα παροχής N_2O ανοίγει, τότε εκείνη στραγγαλίζει την επιστροφή προς το ρεζερβουάρ και αυξάνει την πίεση στην μπεκαερα, άρα τα μπεκ ψεκάζουν περισσότερη βενζίνη και έτσι εκμεταλλευόμαστε το νίτρο στο έπακρο. Η δεύτερη περίπτωση είναι τα κιτ υγρού τύπου. Αυτά προσφέρονται για πιο ακραίες καταστάσεις αφού δεν εξαρτώνται από την παροχή των εργασιασιακών μπεκ και έτσι μπορούν να εκμεταλλευθούν περισσότερη αναλογία νίτρο στον κινητήρα. Τα κιτ αυτά λειτουργούν με ειδικά μπεκ που ψεκάζουν ταυτόχρονα βενζίνη και νίτρο αναμιγνύοντας τα και δημιουργώντας ένα ομοιόμορφο νεφέλωμα. Τοποθετούνται πριν την πεταλούδα της εισαγωγής και εδώ το solenoid της βενζίνης τοποθετείται με μια διακλάδωση στον κυρίως σωλήνα παροχής βενζίνης και ανοίγει μαζί με το solenoid για την ταυτόχρονη παροχή τους στον κινητήρα.



Οι ειδικοί αντάκτορες για τα εργοστασιακά μπεκ είναι ένας απλός, ασφαλής και αποδοτικός τρόπος για να λειτουργήσει ένα σύστημα N_2O υγρού τύπου με φασματικό πολλαπλών σημείων



Τα "μικτά" μπεκ για συστήματα υγρού τύπου έχουν πολλαπλές παραλλήλες, αναλλοίωτες της εφαρμογής. Στο συγκεκριμένο διακρίνεται και το "ζιγκζάγ" που καθορίζει την ποσότητα του πρόσθετου καυσίμου

7.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα κιτ νίτρο ξηρού τύπου έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα στον τομέα της ασφάλειας για τους εξής λόγους : Οι περισσότερες πολλαπλές εισαγωγής των σύγχρονων κινητήρων έχουν σχεδιαστεί για να διαρρέονται μόνο από αέρα και όχι από καύσιμο μίγμα. Συνήθως διαθέτουν απότομες καμπές και γωνίες που ναι μεν δεν επηρεάζουν το σωστό διαμοιρασμό του αέρα στους κυλίνδρους μπορούν όμως να συνεισφέρουν στο διαχωρισμό της βενζίνης από το νεφέλωμα αέρα –

βενζίνης – νίτρο. Όμως τα κιτ ξηρού τύπου έχουν βασικούς περιορισμούς στην απόδοσή τους οι οποίοι προκύπτουν από την παροχή των εργοστασιακών μπεκ. Εδώ μπαίνουν στο παιχνίδι τα κιτ υγρού τύπου. Όταν η πολλαπλή εισαγωγής δεν έχει μεγάλο μήκος αυλών και απότομες γωνίες διαχωρισμού τους από το plenum τα κιτ υγρού τύπου με ένα μόνο μπεκ τοποθετημένο πριν από την πεταλούδα δεν δημιουργούν κινδύνους. Εξαιρεση αποτελούν οι πλαστικές πολλαπλές εισαγωγής όπου η κυκλοφορία βενζίνης σε όλο τους το μήκος δεν είναι ότι καλύτερο μπορεί να φανταστεί κανείς διότι σε ενδεχόμενο backfire μπορεί να σπάσει και να προκληθεί φωτιά στο μηχανοστάσιο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

WATER INJECTION

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι οι υψηλές θερμοκρασίες θαλάμου καύσης κάνουν κακό σε ένα κινητήρα και τον αποτρέπουν να αποδώσει την πλήρη ισχύ που έχει σχεδιαστεί να αποδίδει. Σε αυτή την περίπτωση όταν εξαντλήσεις όλα τα περιθώρια ψύξης του κινητήρα και του εισερχόμενου αέρα καθώς και τα περιθώρια οκτανίου πρέπει να εφαρμόσεις κάτι άλλο ώστε να ρίξεις την θερμοκρασία του θαλάμου καύσης σε αποδεκτά επίπεδα. Πρόσφατα άρχισε να εφαρμόζεται σε κινητήρες υψηλής απόδοσης η τεχνολογία του water injection (ψεκασμός νερού). Βεβαίως όπως εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς το νερό δεν παίρνει μέρος στην διαδικασία της καύσης καθώς κανένας κινητήρας δεν μπορεί να το διαπλάσει σε υδρογόνο και οξυγόνο ώστε να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο. Το νερό μπορεί ωστόσο να μεταβάλλει τις συνθήκες καύσης και να τις κάνει ευνοϊκότερες για τους σκοπούς μας. Χάρη στην πολύ υψηλή λανθάνουσα θερμότητά του (χρειάζεται ενέργεια 2.257kj για να εξατμίσεις πλήρως 1kg νερού δηλαδή όση ενέργεια έκλυσε η τέλεια καύση 60gr βενζίνης) μπορεί να σταθεροποιήσει την καύση ψύχοντας τα κρίσιμα σημεία του θαλάμου καύσης και αποτρέποντας την προανάφλεξη. Όπως καταλαβαίνουμε το νερό είναι από τα ισχυρότερα αντικροτικά για βενζινοκινητήρες και υπάρχει σε αφθονία. Το πρόβλημα είναι ότι δεν μπορείς να το ρίξεις απ' ευθείας στο ρεζερβουάρ μπορείς ωστόσο να το ψεκάσεις στην εισαγωγή του κινητήρα κάτι που θα αναλύσουμε παρακάτω.



8.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ

Είπαμε ότι ο ψεκασμός νερού χρησιμοποιείται για να καταστείλει την τάση του μίγματος να αυταναφλέγεται κάτω από ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Πότε όμως έχουμε τέτοιες συνθήκες; Το απόλυτο όριο εξαρτάται από τον αριθμό οκτανίου της βενζίνης. Σε σχέση με αυτό οι πιέσεις θαλάμου καύσης εξαρτώνται από την πίεση συμπίεσης του κινητήρα, την θερμοκρασία του συμπιεσμένου μίγματος και τον χρονισμό της ανάφλεξης. Η αυτανάφλεξη του καυσίμου δημιουργεί δύο διαφορετικά ως προς τα αίτια αντίστοιχα όμως ως προς το αποτέλεσμα φαινόμενα : την προανάφλεξη (pre – ignition) και την κρουστική καύση

(detonation). Η προανάφλεξη εμφανίζεται όταν το μίγμα αναφλέγεται από μόνο του επειδή έρχεται σε επαφή με υπέρθερμα σημεία του θαλάμου καύσης. Τέτοια σημεία μπορεί να είναι η ακίδα ενός μπουζί, κάπνες που καίνε σε κάποιο σημείο του θαλάμου καύσης, τι υπέρθερμο κεφάλι μιας κακορυθμισμένης βαλβίδας. Η αυτανάφλεξη από την άλλη είναι ο κακός δαίμονας κάθε κινητήρα υψηλής απόδοσης και θα μπορούσαμε να πούμε ότι βάζει το πρώτο ανυπέβλητο φρένο στην απόδοση του κινητήρα. Η αυτανάφλεξη προκαλείται όταν το καύσιμο παύει να ελέγχει την ταχύτητα προώθησης του μετώπου φλόγας στο θάλαμο καύσης. Υπό κανονικές συνθήκες το μίγμα μας καίγεται διαστρωματικά δηλαδή ο σπινθήρας του μπουζί δημιουργεί μια μικροσκοπική εστία φλόγας η οποία από ένα σημείο και μετά αυξάνεται σε διαστάσεις και αρχίζει να προωθείται γεμίζοντας το χώρο από το μπουζί προς τα τοιχώματα του θαλάμου καύσης και προς το έμβολο που απομακρύνεται προς το κάτω νεκρό σημείο. Στην κρουστική καύση όμως το πράγμα ξεφεύγει : αντί να καίγεται ομαλά στο θάλαμο καύσης κρίσιμες περιοχές υψηλής αγωγιμότητας φλόγας. Η φλόγα ταξιδεύει γρηγορότερα μέσα σε αυτές τις περιοχές και στην ουσία τηλεμεταφέρεται σε κάποιο άλλο σημείο του θαλάμου καύσης για να σταματήσει όπου βρει μια «φούσκα» σταθερού μίγματος. Εκεί ξεκινάει έναν δεύτερο πυρήνα διαστρωματικής καύσης ανάβοντας μια μπάλα φωτιάς που εξαπλώνεται προς κάθε μεριά του θαλάμου καύσης. Τι θα γίνει αν αυτή η μπάλα φωτιάς συναντήσει το πρωτογενές μέτωπο καύσης όπου ξεκίνησε το μπουζί; Ας το σκεφτούμε σαν σύγκρουση μετεωρίτη. Η καύση επιταχύνεται κατά πολύ, η πίεση του θαλάμου καύσης εκτοξεύεται ομοίως και η θερμοκρασία. Λίγα πράγματα αντέχουν σε αυτές τις συνθήκες και τα έμβολα σίγουρα είναι αυτά που αντέχουν το λιγότερο. Τη στιγμή που το μοτέρ χτυπάει πειράκια ο χαρακτηριστικός ήχος μαρτυρά δύο πράγματα : πρώτον τις απίστευτα βίαιες συνθήκες

καύσης που μετατρέπουν την διαστρωματική καύση σε έκρηξη και δεύτερον σε πολλές περιπτώσεις αυτός ο ήχος δεν είναι μόνο ήχος από την έκρηξη αλλά είναι και η κραυγή απόγνωσης του πείρου του εμβόλου που παραμορφώνεται από τις ακραίες πιέσεις.



8.3 ΓΙΑΤΙ ΝΕΡΟ ΟΜΩΣ;

Οι θύλακες υψηλής αγωγιμότητας φλόγας στο θάλαμο καύσης δημιουργούνται από μάζες μίγματος που έχουν ξεπεράσει την ασφαλή θερμοκρασία συμπίεσης που ορίζει ο αριθμός οκτανίου της χρησιμοποιούμενης βενζίνης. Πως αντιμετωπίζεται αυτό; Απλά ψύχοντας το καύσιμο μίγμα. Μα αυτό θα μειώσει την θερμοδυναμική απόδοση του μοτέρ και μπορεί να προκαλέσει και ρετάρισμα στον κύλινδρο, θα βιαστεί να πει κάποιος. Τα πάντα είναι θέμα τρόπου και μέτρου. Ένα μοτέρ που δεν μπορεί να κάψει το υπέρθερμο μίγμα του δεν είναι αποδοτικότερο από ένα μότερ που αξιοποιεί το μίγμα του έστω να σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Εξάλλου αν νομίζουμε ότι οι κινητήρες δεν καίνε νερό κάνουμε λάθος. Ένας κινητήρας 2000cc στις 6000rpm όταν βρίσκεται σε περιβάλλον με 45% σχετική υγρασία καταναλώνει περίπου 150cc/min νερού υπό μορφή υδρατμών. Και τι κάνει όλο αυτό το νερό;

Απλά συμμετέχει παρέα με τα υπόλοιπα αέρια (παράγωγα της καύσης) στον όγκο των διαστελλόμενων αερίων εκτονώσεως. Στην πράξη το water injection δεν αλλοιώνει την απόδοση του κινητήρα αρκεί η ποσότητα του νερού να μην είναι υπερβολική κάτι που θα συζητήσουμε παρακάτω. Σύμφωνα με έρευνες που έγιναν οι κινητήρες diesel σύμφωνα με πειράματα που έγιναν σε turbo και ατμοσφαιρικούς αυξάνουν την πίεση του θαλάμου καύσης λόγω της εξάτμισης του νερού και έτσι η ισχύς τους αυξάνει μέχρι και 25%. Αυτό εξηγείται επιστημονικά με τον όρο Μ.Ε.Π.Θ.Κ.(Μέση Ενδεικνύομενη Πίεση Θαλάμου Καύσης) που είναι το ολοκλήρωμα της πίεσης που επικρατεί μέσα στο θάλαμο καύσης στο διάστημα ενός ολόκληρου κύκλου λειτουργίας του κινητήρα.



Μια τυπική εγκατάσταση μπει ψεκασμού νερού μέσα στο σωλήνα παραχής συμπιεσμένου αέρα

8.4 TURBO ΚΑΙ DIRECT INJECTION – Η ΠΙΟ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στην περίπτωση των turbo και ειδικότερα των κινητήρων turbo με τεχνολογία άμεσου ψεκασμού το water injection παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Αφενός τα υπερτροφοδοτούμενα μοτέρ ψάχνουν αφορμή για αυτανάφλεξη αφετέρου κυριολεκτικά διψάνε για ψύξη. Άρα το water injection είναι ένα πρώτης τάξης intercooler. Το νερό απορροφά

θερμότητα από τον συμπιεσμένο αέρα για να ψύξει περισσότερο τον κινητήρα μόλις μπει στους κυλίνδρους. Πέραν τούτου το νερό ενισχύει την δράση του υπάρχοντος intercooler αναλαμβάνοντας υποστηρικτικό ρόλο. Ειδικά σε θερμά κλίματα όπου τα intercoolers τα βρίσκουν σκούρα επειδή ο περιβαλλοντικός αέρας είναι θερμός και μειώνει δραστικά την απόδοσή τους. Έτσι ο κινητήρας όχι μόνο προστατεύεται αλλά και διατηρεί ακλόνητη την ισχύ του, το management δεν επεμβαίνει με τις ασφαλιστικές διορθώσεις σε καύσιμο, ανάφλεξη και πίεση υπερπλήρωσης. Επιπλέον, το water injection μπορεί να αυξήσει έμμεσα την ισχύ ενός turbo κινητήρα όσο καταπολεμάμε την προανάφλεξη τόσο αποκτούμε την δυνατότητα να αυξήσουμε την πίεση υπερπλήρωσης.



8.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ WATER INJECTION ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Μπορεί το water injection να χρησιμοποιηθεί σε ατμοσφαιρικούς κινητήρες; Και σε τι μπορεί να ωφελήσει; Η απάντηση είναι ότι ωφελεί όπως ακριβώς σε ένα turbo δηλαδή επιτρέποντας μας να ανεβάσουμε αβάνς και συμπίεση. Το πρόβλημα με τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες είναι ότι χρειάζονται πολύ μικρότερη ποσότητα νερού από ότι σε ένα

turbo και τα περισσότερα συστήματα water injection τα βρίσκουν σκούρα όταν θα πρέπει να ψεκαστούν για παράδειγμα 60cc/min. Επίσης ενώ σε ένα υπερφοδοτούμενο κινητήρα εισαγωγής βοηθάει στην ανάμιξη του νερού και την ομοιόμορφη κατανομή του μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής, σε ένα ατμοσφαιρικό είναι πολύ εύκολο να έχουμε πρόβλημα και να χάσουμε το νερό αφού οι ταχύτητες ροής αέρα είναι πιο χαμηλές και ευνοούν είτε την υγροποίηση του νερού μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής είτε την ανομοιόμορφη διανομή του στους κυλίνδρους. Γι' αυτό το λόγο η καλύτερη λύση για τα ατμοσφαιρικά μοτέρ είναι η χρήση ενός μπεκ νερού ανά κύλινδρο με μόνο πρόβλημα ότι επειδή το μπεκ θα είναι πολύ ευαίσθητο θα βουλώνει εύκολα από άλατα ή οτιδήποτε άλλο. Γενικά πάντως ο ψεκασμός νερού έχει δοκιμαστεί με μεγάλη επιτυχία σε ατμοσφαιρικά μοτέρ έχοντας επιτρέψει αύξηση της σχέσης συμπίεσης και του αβάνς χωρίς ταυτόχρονη αύξηση των απαιτήσεων σε οκτάνια.



Το water injection μπορεί να χρησιμοποιεί και δικό του αυτόνομο δοχείο, ιδιαίτερα βοηθικό σε περιπτώσεις ανάμιξης με μεθανόλη

8.6 ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΤΟ WATER INJECTION

Σκοπός μας είναι να ψεκάσουμε ένα νέφος νερού μέσα στην εισαγωγή του κινητήρα. Για να το επιτύχουμε αυτό χρειαζόμαστε μια

ηλεκτρική αντλία που θα στέλνει το νερό στο μπεκ ψεκασμού, ένα δοχείο αποθήκευσης νερού, σωληνώσεις μεταφοράς νερού, ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ενεργοποίησης της αντλίας και βοηθητικές βαλβίδες ανάλογα με την θέση της αντλίας και του μπεκ ώστε ο κινητήρας να μην τραβάει νερό από μόνος του όταν δεν θέλουμε εμείς. Από εκεί και πέρα το σύστημα μπορεί να εμπλουτίσει με συσκευές παρακολούθησης της παροχής νερού, με συσκευές μεταβολής της παροχής συναρτήσει ρυθμού περιστροφής και πίεσης υπερπλήρωσης εξειδικευμένες ECU ελέγχου ψεκασμού νερού κλπ. Όπως καταλαβαίνουμε το water injection είναι ένα εργαλείο που μπορεί να βελτιώσει κατά πολύ τις επιδόσεις ενός κινητήρα και γι' αυτό πάνω του έχει στηθεί μια ολόκληρη βιομηχανία και κάθε χρόνο λανσάρονται νέα προϊόντα. Πρωτοπόρος στο Automotive Water Injection είναι η Αγγλική εταιρεία ERL και έχει την μεγαλύτερη γκάμα προϊόντων και εφαρμογών. Επίσης, η ERL έχει τεράστια τεχνογνωσία καθώς προμηθεύει η ίδια τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Ένα σύστημα water injection χρειάζεται μεγάλη πίεση νερού προκειμένου να ψεκάζει πραγματικά μικρά σωματίδια νερού στην εισαγωγή τυπικά από 6 μέχρι 10 bar. Παράλληλα η υδανική δοσολογία κυμαίνεται από 10 έως 25% της παροχής καυσίμου.



Το μπεκ είναι τόσο λεπτοκαμωμένο, που η χρήση κοινού νερού το καταστρέφει σε λίγες μόνο ώρες

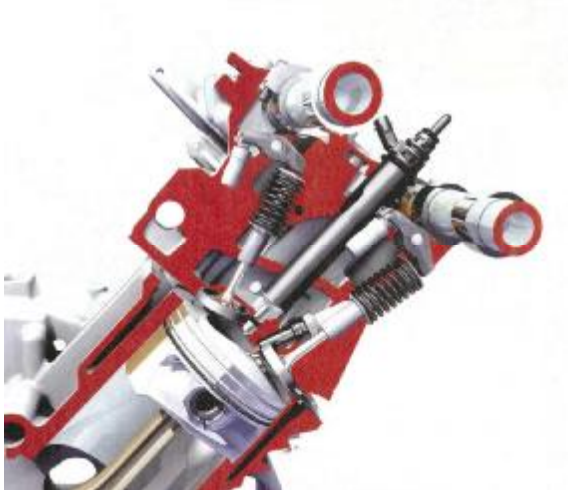
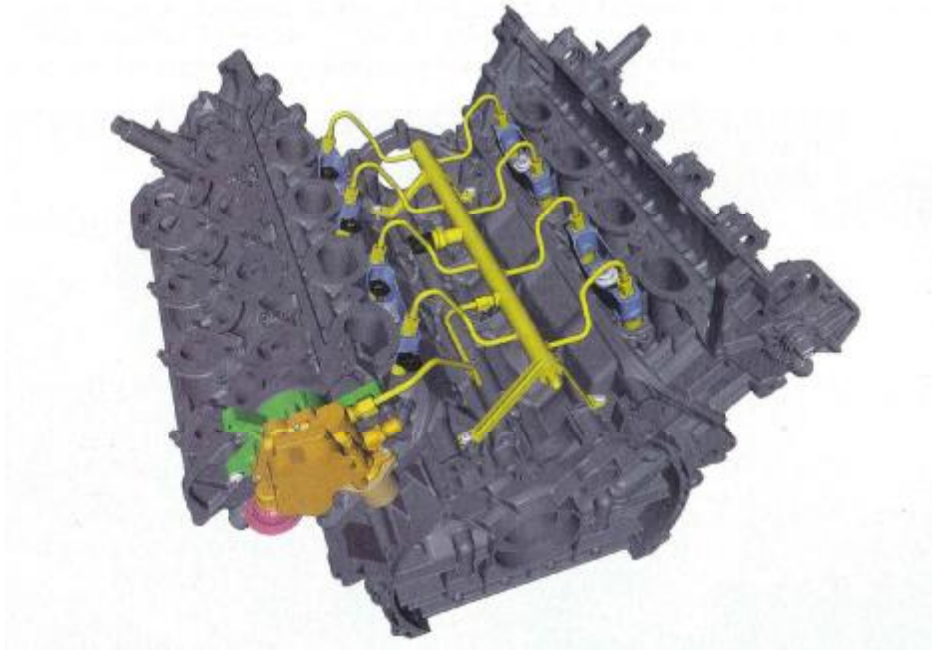
8.7 ΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε και την ισχυρή καθαριστική δράση του νερού. Η μερική ατμοποίηση του ιδίως στα turbo και η συνεχής ροή μέσα από τον κινητήρα καθαρίζει αποτελεσματικά όλο το σύστημα εισαγωγής. Είναι χαρακτηριστικό ότι όπου το μπεκ τοποθετείται πριν το intercooler μετά από μερικές ώρες χρήσης το εσωτερικό του intercooler καθαρίζει πλήρως από την «μάκα» των στερεοποιημένων αναθυμιάσεων λαδιού και γίνεται κυριολεκτικά σαν καινούργιο. Αυτό βελτιώνει κι άλλο την απόδοση του intercooler που πλέον προσφέρει την μέγιστη δυνατή απαγωγή θερμότητας. Έχει παρατηρηθεί σε πολλά αυτοκίνητα ότι μετά από χρήση 3-4 εβδομάδων το water injection όχι μόνο καθάρισε το intercooler αλλά προκάλεσε και αύξηση της πίεσης υπερπλήρωσης κατά 0,1-0,5 bar. Με τον ίδιο τρόπο το water injection καθαρίζει την πεταλούδα και την πολλαπλή εισαγωγής, τους αυλούς και τις βαλβίδες αλλά και τα έμβολα κατά την διαδικασία της καύσης. Ακόμα και τα μπουζί βγαίνουν καθαρότερα και όπως καταλαβαίνουμε η εσωτερική καθαριότητα από μόνη της ευνοεί την απόδοση και την ομαλή λειτουργία.



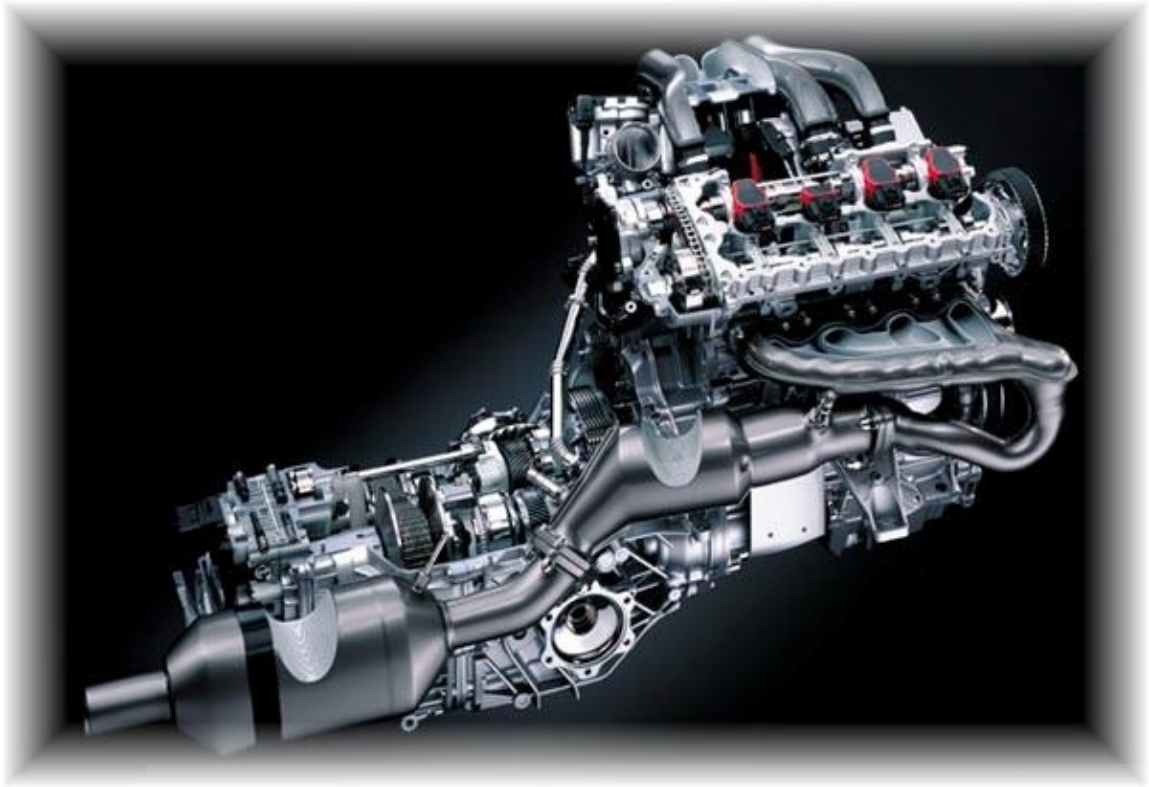
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

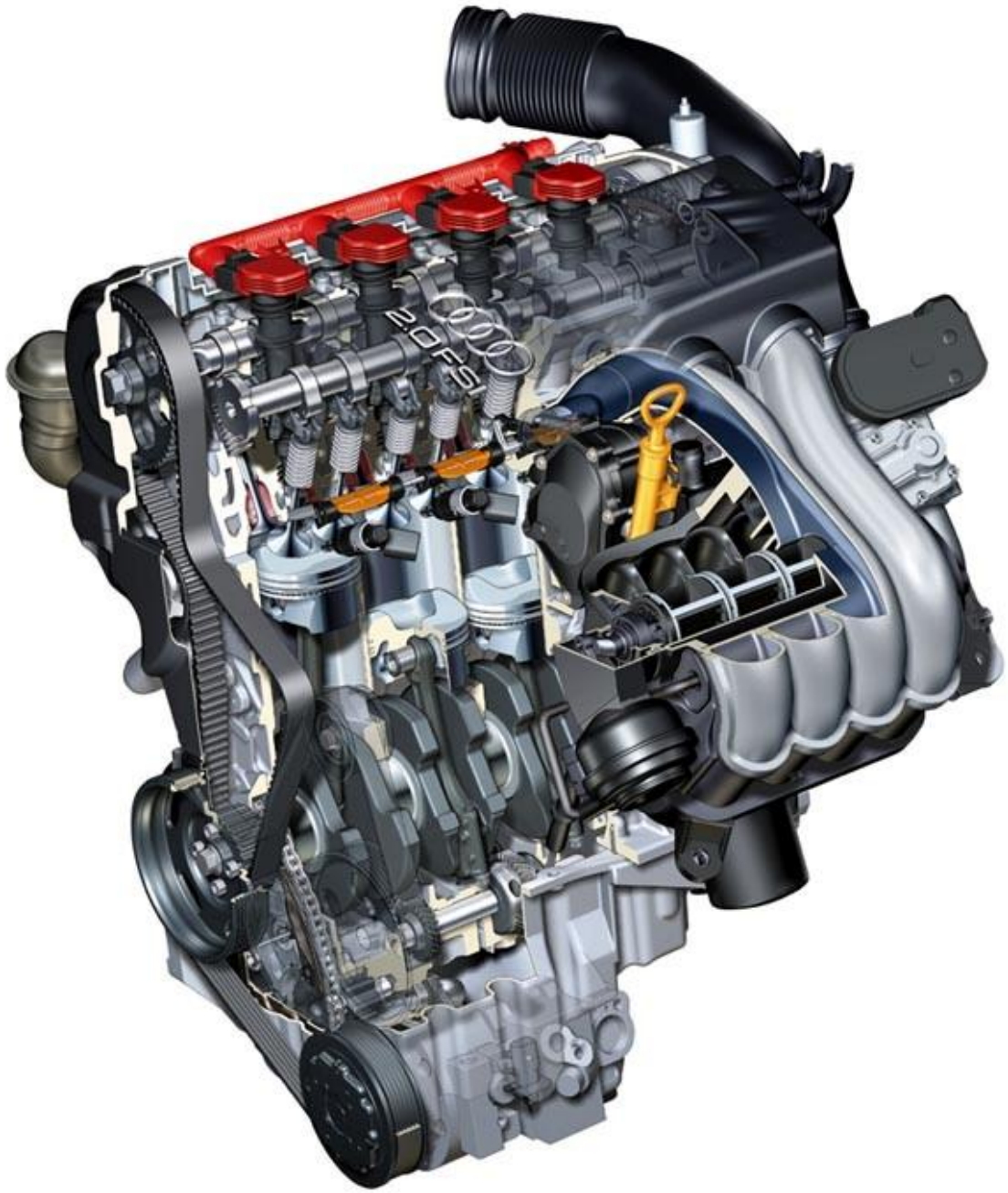


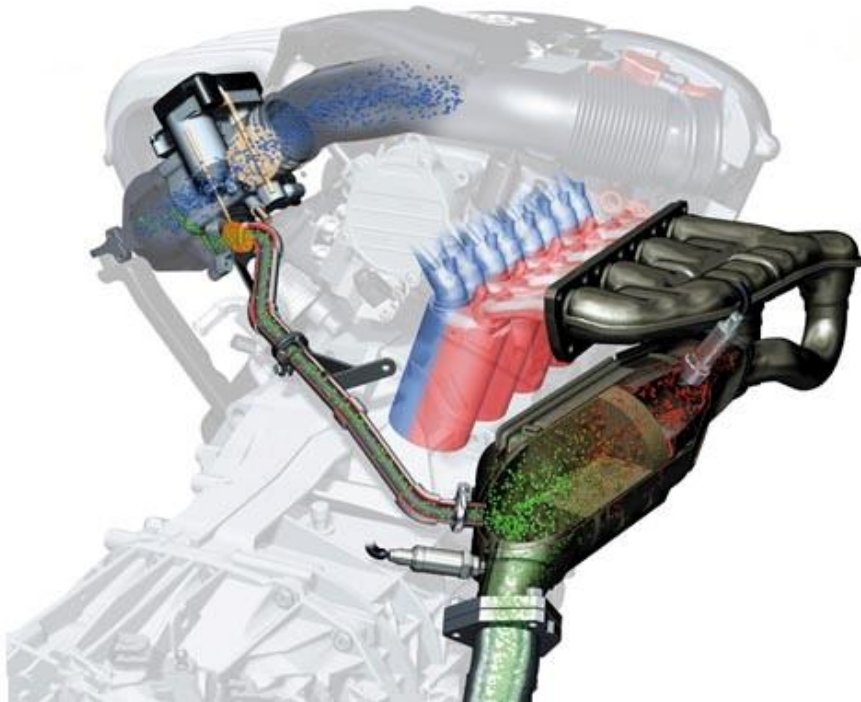
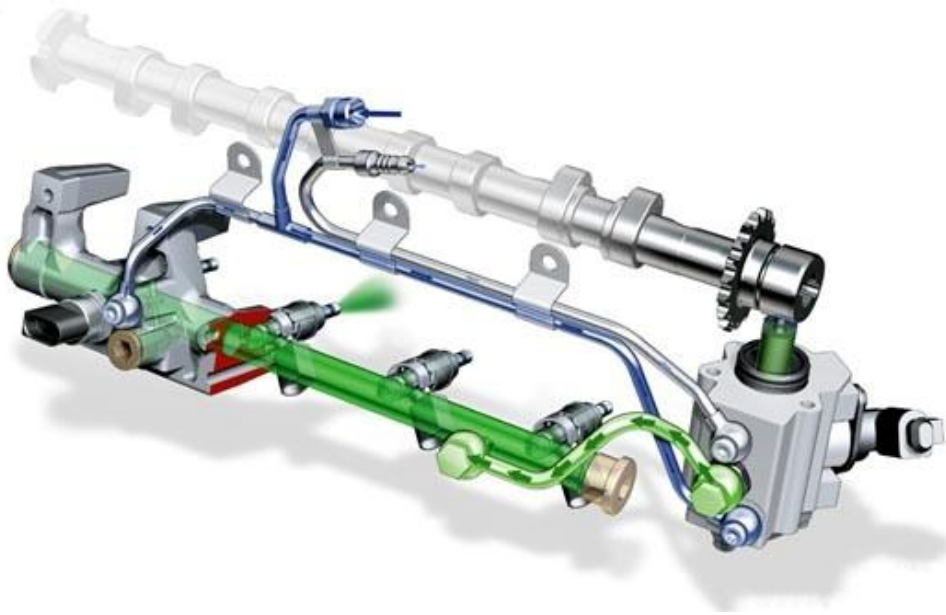






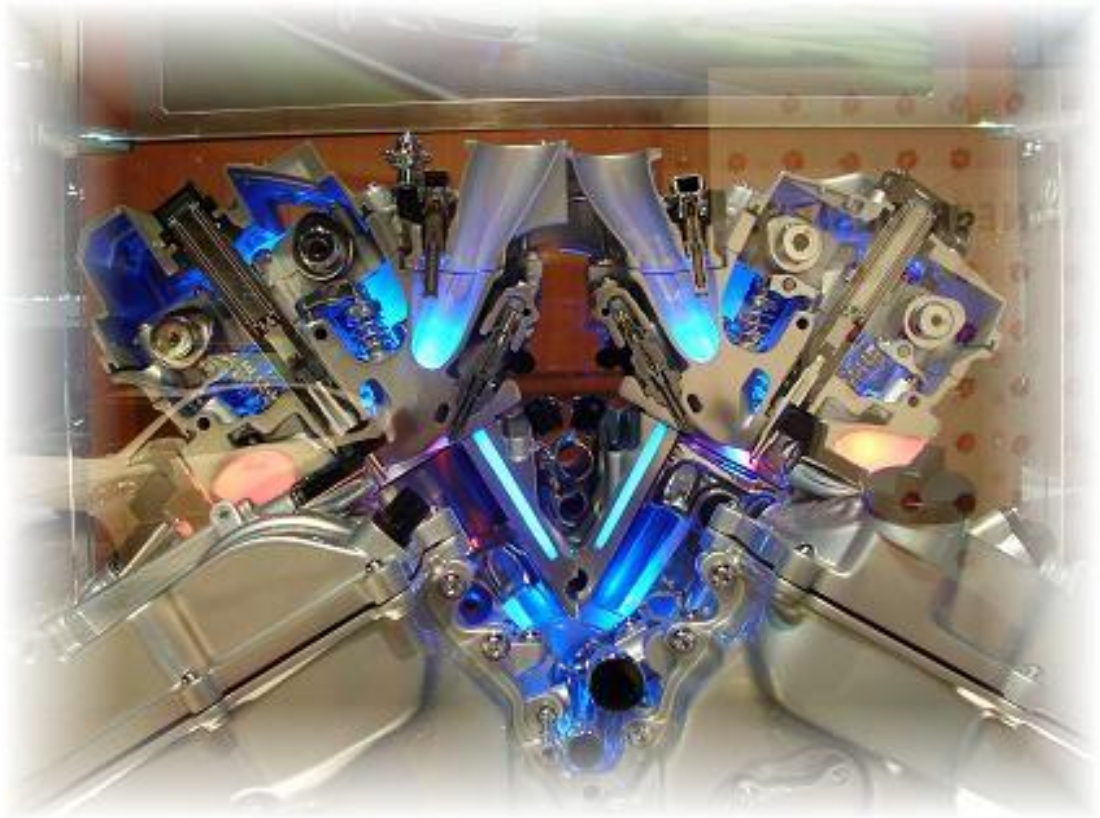
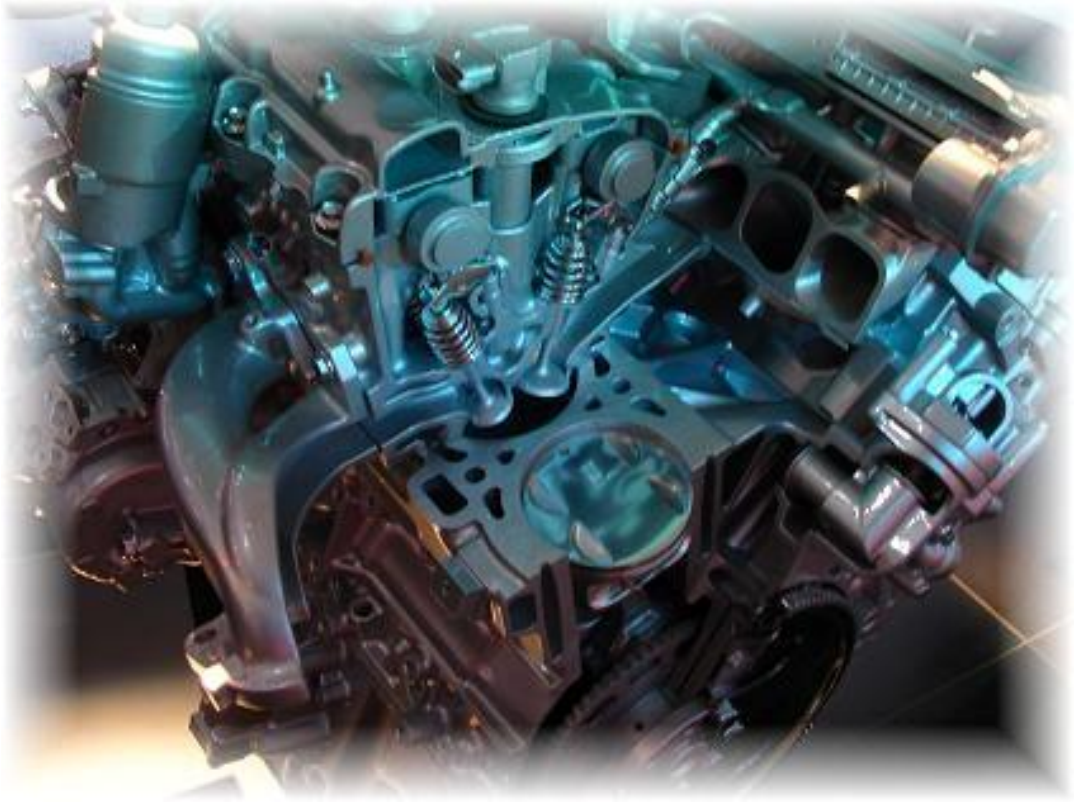


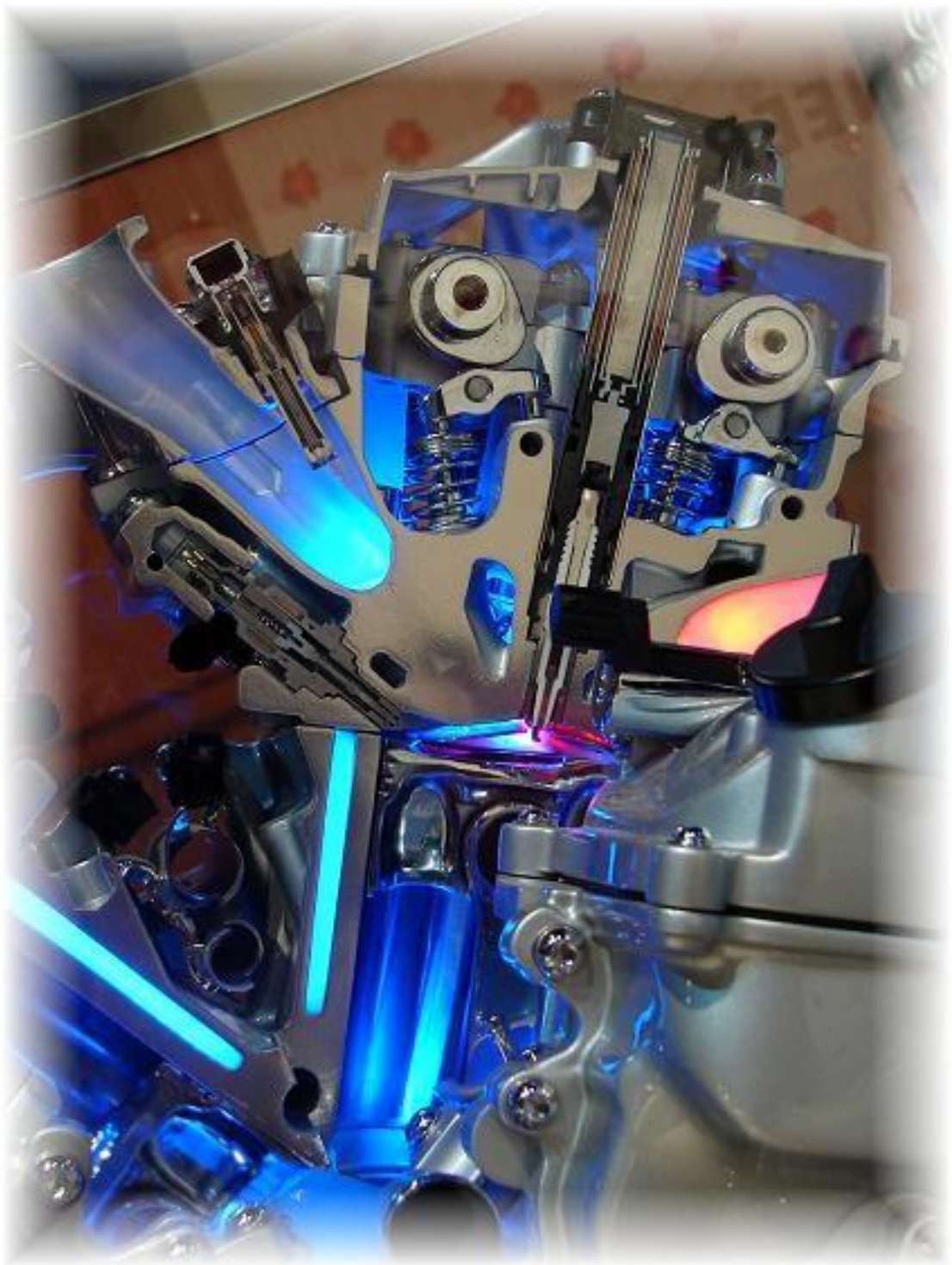


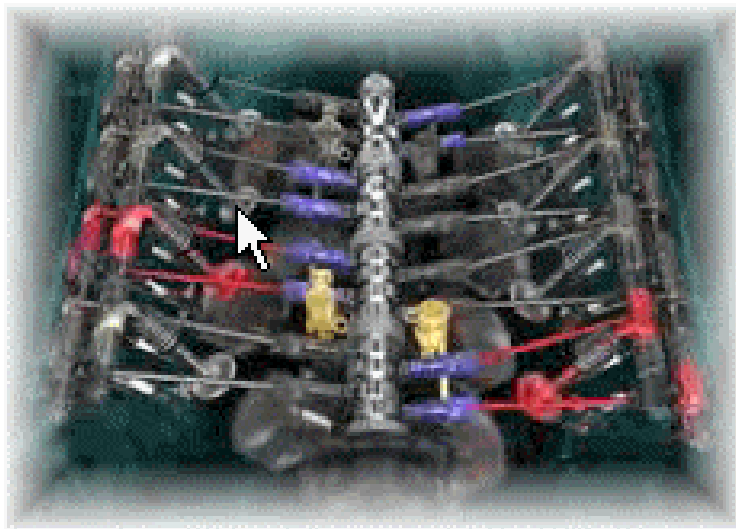


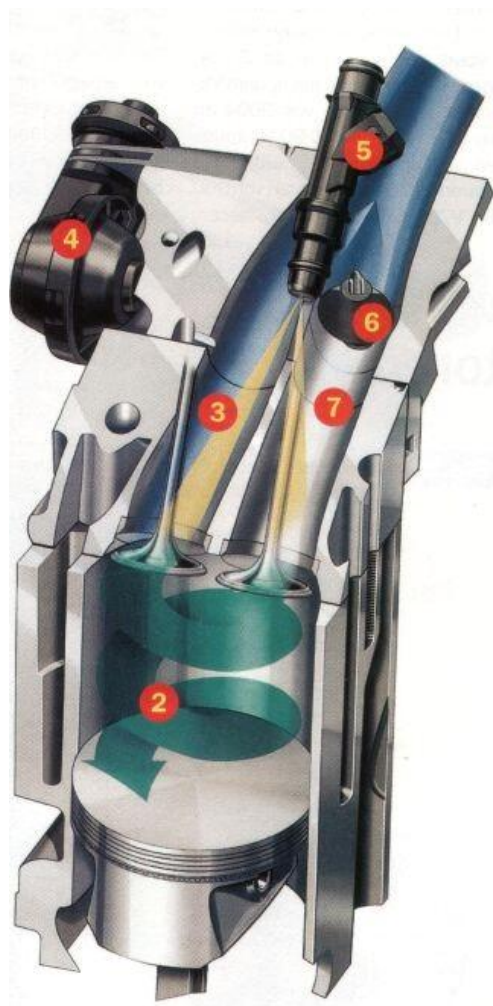
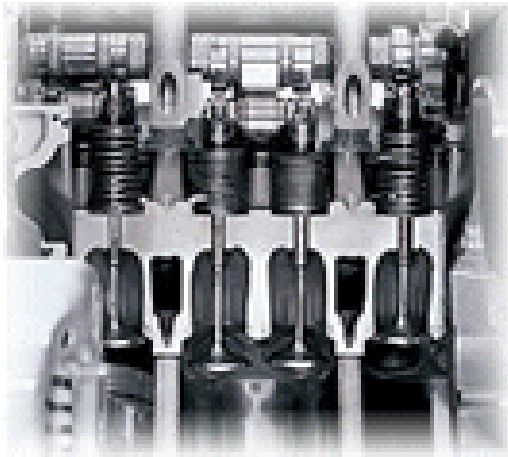












ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Haynes injection and Fuelling manual
- Haynes injection timing manual
- Option press εκδόσεις Power techniques, Research and Developed
- Group VAG
- www.bmwgroup.com
- www.siemensvdo.com
- www.walbro.com
- Mitsubishi heavy industries