

ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ BENZINOKINHTHΡΩΝ
ΚΑΙ ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ

ΚΑΤΣΙΜΠΙΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εν λόγω πτυχιακής εργασίας είναι να γνωρίσουμε ποια είναι η βασική λειτουργία των συστημάτων υπερπλήρωσης στους κινητήρες, δηλαδή των Turbo καθώς και να συγκεντρώσουμε στοιχεία για τα συστήματα υπερπλήρωσης που υπάρχουν σήμερα στην αγορά του αυτοκινήτου.

Όπως επίσης να αναλύσουμε τα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου σε σύγχρονους βενζινοκινητήρες καθώς και τα είδη των συστημάτων αυτών, τις ιδιότητές τους και τη χρησιμότητά τους. Επίσης, περιγράφεται η λειτουργία του υπερτροφοδότη, ως η νεότερη τεχνολογία αύξησης απόδοσης ενός κινητήρα -συγκριτικά με έναν ατμοσφαιρικό- με τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματά του, όπως επίσης και η καθολική αποδοχή του από τις περισσότερες και μεγαλύτερες σύγχρονες αυτοκινητοβιομηχανίες.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής
(Ονοματεπώνυμο)

ΚΑΤΣΙΜΠΙΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

E.1 Γιατί τροφοδοσία καυσίμου είναι τόσο σημαντική	6
E.2 Μέρη Τροφοδοσίας	6
-Ντεπόζιτο	7
-Αντλία Καυσίμου	7-8
-Φίλτρο Καυσίμου	8
-Μπεκ Ψεκασμού	8
E.3 Συχνά Προβλήματα Στην Τροφοδοσία	9
	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ιστορική εξέλιξη του συστήματος ψεκασμού	10
1.2 Εισαγωγή του καταλύτη για βελτίωση των εκπομπών ρύπων	11
1.3 Βελτίωση κατανάλωσης και αύξηση απόδοσης κινητήρα	11
1.4 Η τεχνολογία του συστήματος άμεσου ψεκασμού	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Κατηγορίες ΜΕΚ	14
2.2 Ο Δίχρονος Βενζινοκινητήρας	15
-Γενικά	15
-Λειτουργία	16
-Βελτίωση Λειτουργίας - Μέρη	19
2.3.2.3 Ο Τετράχρονος Βενζινοκινητήρας	24
-Γενικά	25
-Λειτουργία	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.Ατμοσφαιρικός Κινητήρας	26
3.1 Ιδανικές συνθήκες λειτουργίας	26
	28
3.2 Πραγματικός κύκλος λειτουργίας	29
	29
3.3 Θερμικός βαθμός απόδοσης	32
3.4 Ισχύς	33
3.5 Βαθμός απόδοσης και ειδική κατανάλωση καυσίμου	33
3.6 Μέση πίεση εμβόλου	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Κινητήρας Turbo - Υπερτροφοδοσία	37
4.1.1 Η ιστορία του Turbo	38
4.1.2 Η λογική του Turbo	39
4.1.3 Οι Διαφορές, τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα	40
4.1.4 Βασικά Εξαρτήματα Turbo	40
4.1.5 Μέρη Turbo	41
4.2 Βασικά Περιφερειακά Μέρη Λειτουργίας Turbo	42
- Wastegate (Βαλβίδα Παράκαμψης Τουρμπίνας)	42
- Blow-off Valve (Σκάστρα)	43
- Intercooler	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Προβλήματα Υπερτροφοδότη	48
- Υψηλές Θερμοκρασίες	48
- Turbo Lag	48
- Αυξημένη Κατανάλωση	49
5.2 Προληπτικά μέτρα και προστασία συστήματος υπερτροφοδότησης	50
5.2.1 Συντήρηση	51
5.2.2 Σημεία ιδιαίτερης προσοχής	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συστήματα Τροφοδοσίας Καυσίμου μείγματος-Βενζινοκινητήρες Άμεσου Ψεκασμού	54
6.1 Τροφοδοσία καυσίμου μείγματος βενζινοκινητήρα	55
6.2.1 Σύστημα τροφοδοσίας με εξαερωτήρα (καρμπυρατέρ)	55
6.2.2 Σύστημα έγχυσης βενζίνης	56
6.2.3 Συστήματα πολλαπλού και άμεσου ψεκασμού βενζινοκινητήρων.	57
6.2.4 Βενζινοκινητήρες ψεκασμού.	57
6.3 Εξέλιξη έρευνας για το σύστημα άμεσου ψεκασμού.	58
6.4 Σύγκριση βενζινοκινητήρων άμεσου ψεκασμού με άλλες νέες τεχνολογίες ως προς μείωση καυσαερίων και κατανάλωσης.	59
6.5 Τα δύο προγράμματα λειτουργίας του άμεσου ψεκασμού.	59
6.5.1 Μπεκ ψεκασμού - Ανάφλεξη.	60
6.5.2 Προβλήματα των συστημάτων άμεσου ψεκασμού.	61
6.6 Ρύθμιση ανάφλεξης και συστήματος ψεκασμού από Ecu (εγκέφαλος κινητήρα).	62

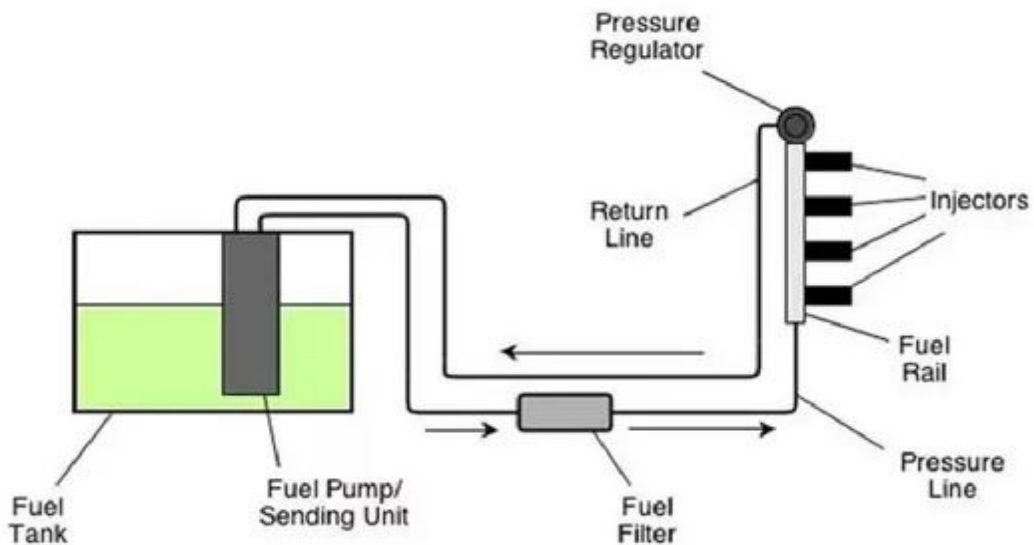
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
BENZINOKINΗΤΗΡΑΣ FSI	64
7.1 Γενικά	64
7.2 Εξέλιξη του FSI	65
7.3.1 Λειτουργία του FSI	67
7.3.2 Λειτουργικά χαρακτηριστικά του FSI	67
7.3.3 Λειτουργία FSI με πολύ φτωχό μείγμα	69
7.4 Αντοχή στην προανάφλεξη	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
BENZINOKINΗΤΗΡΑΣ TWINCHARGER ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	72
8.1 Γενικά	72
8.2 Περιγραφή λειτουργικών στοιχείων βενζινοκινητήρα Twincharger	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	
BENZINOKINΗΤΗΡΑΣ TSI (Twin Supercharging Injection)	76
9.1 Γενικά	76
9.2 Λειτουργικά στοιχεία του κινητήρα TSI	77
9.3 Συμπερασματικά.	80
ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ε.1. Γιατί η τροφοδοσία καυσίμου είναι τόσο σημαντική;

Όλοι οι κινητήρες εσωτερικής κάυσης (βενζίνης) χρειάζονται 3 απαραίτητα στοιχεία για να λειτουργήσουν:

1. Αέρα
2. Καύσιμο
3. Σπίνθήρα



Το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου μέσα σε αυτή τη διαδικασία, παίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο για την εύρυθμη λειτουργία του κινητήρα διότι μέσω αυτού, διανέμεται η βενζίνη ή το πετρέλαιο που χρειάζεται.

Το σύστημα τροφοδοσίας είναι σαν το αγγειακό σύστημα του σώματος του ανθρώπου. Η καρδιά είναι η αντίστοιχη αντλία καυσίμου όπου αντλεί το καύσιμο από το ντεπόζιτο, οι φλέβες είναι οι σωληνώσεις από τις οποίες περνάει το καύσιμο και τα νεφρά είναι το φίλτρο καυσίμου.

Μια αστοχία ή ένα σφάλμα στα μέρη της τροφοδοσίας καυσίμου του αυτοκινήτου, έχει τα ίδια καταστροφικά συμπτώματα που θα είχε και το σώμα μας αν για παράδειγμα αντιμετωπίσουμε πρόβλημα με τα νεφρά μας.

Πιο συγκεκριμένα, όμως, ας αναλύσουμε ένα-ένα τα μέρη της τροφοδοσίας καυσίμου.

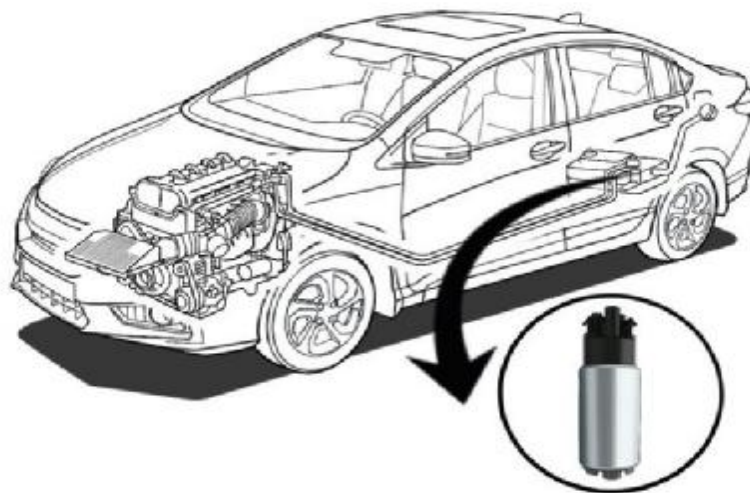
Εικόνα 1. Ντεπόζιτο καυσίμου



Το ντεπόζιτο καυσίμου δεν είναι κάτι άλλο παρά το δοχείο που αποθηκεύει το καύσιμο. Στο ντεπόζιτο υπάρχει ένας αισθητήρας όπου στέλνει σήμα στο όργανο που βλέπουμε στο κοντέρ και μας δείχνει πόσο καύσιμο υπάρχει μέσα του.

Τα τελευταία χρόνια όμως το ντεπόζιτο των αυτοκινήτων έχει γίνει λίγο πολύπλοκο, καθώς πλέον μέσα σε αυτό βρίσκεται η αντλία καυσίμου (ή τρόμππα καυσίμου) και διαθέτει περισσότερα συστήματα ελέγχου των ρύπων για να αποτρέψει τις αναθυμιάσεις.

Εικόνα 2. Αντλία καυσίμου



Στα σύγχρονα αυτοκίνητα, η αντλία καυσίμου, όπως αναφέραμε πιο πάνω, βρίσκεται μέσα στο ντεπόζιτο, ενώ παλαιότερα βρισκόταν προσκολλημένη στον κινητήρα ή πάνω στο πλαίσιο του αυτοκινήτου ανάμεσα στον κινητήρα και το ντεπόζιτο.

Αν λοιπόν η αντλία καυσίμου βρίσκεται μέσα στο ντεπόζιτο ή πάνω στο πλαίσιο, τότε είναι ηλεκτρική και λειτουργεί από την μπαταρία του αυτοκινήτου. Εκείνες που βρίσκονται στον κινητήρα χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του κινητήρα για να αντλήσουν το καύσιμο και συνήθως κινούνται από τον εκκεντροφόρο ή το στροφαλοφόρο άξονα.

Εικόνα 3. Φίλτρο καυσίμου



Ένα καθαρό φίλτρο καυσίμου παίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο για την μακροζωία και την απόδοση ενός κινητήρα. Τα μπεκ ψεκασμού (αλλά και τα καρμπυρατέρ) στις άκρες που εκχύνουν το καύσιμο έχουν πολύ μικρά ανοίγματα τα οποία είναι εύκολο να βουλώσουν, οπότε το φιλτράρισμα του καυσίμου είναι κομβικής σημασίας.

Τα φίλτρα καυσίμων είναι αναλώσιμα εξαρτήματα, εξωτερικά είναι κατασκευασμένα από ατσάλι ή συνθετικά υλικά και στο εσωτερικό τους υπάρχουν στοιχεία χαρτιού τα οποία φιλτράρουν το καύσιμο.

Εικόνα 4. Μπεκ ψεκασμού



Παλαιότερα, οι κινητήρες βενζίνης χρησιμοποιούσαν έναν μηχανισμό γνωστό ως καρμπυρατέρ (εξαερωτήρας στα ελληνικά) ο οποίος αναμειγνύει τον αέρα με τη βενζίνη στην κατάλληλη αναλογία, και στη συνέχεια τροφοδοτεί τους θαλάμους καύσης με το μείγμα για να γίνει η ανάφλεξη.

Από τα τέλη της δεκαετίας του '80, τα καρμπυρατέρ αντικαταστάθηκαν από τα μπεκ ψεκασμού, τα οποία ελέγχονται ηλεκτρονικά από την ECU του εγκεφάλου και στέλνουν το μείγμα καυσίμου-αέρα σε σωστή αναλογία και την κατάλληλη στιγμή. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων των κινητήρων και να επιτευχθεί χαμηλότερη οικονομία καυσίμου.

E.2 Συχνά προβλήματα στην τροφοδοσία καυσίμου.

Το πιο συχνό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ένα αυτοκίνητο στο σύστημα τροφοδοσίας του είναι το βουλωμένο φίλτρο καυσίμου. Για να αποφευχθεί πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι ακολουθούμε τις οδηγίες του κατασκευαστή για την αντικατάσταση του φίλτρου. Τις οδηγίες αυτές θα τις βρούμε στο εγχειρίδιο συντήρησης του αυτοκινήτου.

Τα συμπτώματα ενός βουλωμένου φίλτρου βενζίνης είναι:

1. Ο κινητήρας δυσκολεύεται να πάρει μπρος
2. Ο κινητήρας δεν αποδίδει τα μέγιστα
3. Αναμμένη λυχνία 'check engine'

Για να αντιμετωπίσουμε το παραπάνω πρόβλημα, καλό είναι να είμαστε προσεκτικοί με τα σημεία ανεφοδιασμού, τα βενζινάδικα. Η βενζίνη θα πρέπει να είναι δοκιμασμένη και καλής ποιότητας. Καλό θα ήταν να αποφεύγουμε τα άγνωστα πρατήρια όπου έχουν μεγάλες πιθανότητες να πουλάνε αμφίβολης ποιότητας καύσιμο. Ένα άλλο συχνό πρόβλημα είναι η ελαττωματική αντλία καυσίμου. Αν ο κινητήρας δεν παίρνει μπρος ή κατά τη διάρκεια της οδήγησης σβήνει, ένα πιθανό αίτιο είναι η αντλία καυσίμου.

Πλέον όλα τα αυτοκίνητα έχουν ηλεκτρονικές αντλίες καυσίμου, πράγμα που σημαίνει ότι όταν γυρνάμε το κλειδί στη μίζα προς την πρώτη σκάλα, πριν μπει σε λειτουργία ο κινητήρας, μπορούμε να ακούσουμε έναν ηλεκτρονικό ήχο ο οποίος υποδηλώνει ότι η αντλία ενεργοποιείται. Αν δεν ακούσουμε αυτόν τον ήχο, επίσης, υπάρχει πρόβλημα και θα πρέπει να ελεγχθεί εκτενώς.

Τέλος, ένα άλλο πρόβλημα στο σύστημα τροφοδοσίας μπορεί να είναι τα βρόμικα μπεκ ψεκασμού. Με το πέρασμα του χρόνου, τα μπεκ συγκεντρώνουν μικροσωματίδια που τα εμποδίζουν να ψεκάσουν στη σωστή ποσότητα το μείγμα αέρα-καυσίμου.

Μια λύση για το παραπάνω πρόβλημα, είναι η εξής: Όταν σταματήσουμε για ανεφοδιασμό σε βενζινάδικο, προσθέτουμε στο ντεπόζιτο της βενζίνης ένα προϊόν καθάρσιμου για τα μπεκ ψεκασμού. Προσθέτουμε το υγρό καθαριστικό στο ντεπόζιτο πριν βάλουμε βενζίνη και αυτό θα καθαρίζει τα μπεκ όσο ο κινητήρας λειτουργεί. Για να διατηρούνται τα μπεκ σε καλή κατάσταση, αυτό καλό είναι να γίνεται περίπου κάθε 3 μήνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ιστορική εξέλιξη του συστήματος ψεκασμού

Το σύστημα ψεκασμού καυσίμων (fuel injection) έχει χρησιμοποιηθεί εμπορικά στις μηχανές diesel από τα μέσα της δεκαετίας του 1920. Η έννοια προσαρμόστηκε για την χρήση στα βενζινο-τροφοδοτούμενα αεροσκάφη κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και η άμεση έγχυση χρησιμοποιήθηκε σε μερικά ξεχωριστά σχέδια όπως το Daimler-Benz DB 603 και σε εκδόσεις στο Wright r-3350. Ένα από τα πρώτα εμπορικά συστήματα εγχύσεων βενζίνης ήταν ένα μηχανικό σύστημα που αναπτύχθηκε απ' τη Bosch και το 1995 εισήχθηκε στη Mercedes-Benz 300SL.

Το 1957 η Chevrolet εισήγαγε μια μηχανική επιλογή fuel injection, για τη μηχανή 283 V8. Αυτός ο κινητήρας παρήγαγε 283HP (211Kw) από in³ (4,6L), που την κάνουν έναν από τους πρώτους κινητήρες παραγωγής στην ιστορία που υπερέβει το hp/in³ (45,5 kW/L). Ακολούθησε η Μηχανή Chrysler's Hemi και διάφορες άλλες. Σε μια άλλη προσέγγιση, η Mercedes χρησιμοποίησε έξι μεμονομένους δύτες για να τροφοδοτεί με καύσιμα σε κάθε έναν από τους έξι κυλίνδρους.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60, άλλα μηχανικά συστήματα εγχύσεων, όπως το Hilborn, χρησιμοποιήθηκε περιστασιακά σε τροποποιημένες αμερικανικές μηχανές V8 στις διάφορες εφαρμογές αγώνων drag racing, oval racing και road racing. Αυτά τα συστήματα δεν ήταν κατάλληλα για την καθημερινή χρήση στους δρόμους.

Ένα από τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα fuel injection ήταν το Electrojector, που αναπτύχθηκε απ' την Bendix Corporation και εισαγμένο το 1958 στην DeSoto Adventurer ήταν αναμφισβήτητο το πρώτο σύστημα EFI παραγωγής (βαλβίδα-σώμα). Τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας πωλήθηκαν στη συνέχεια στην Bosch.

Η Bosch ανέπτυξε ένα ηλεκτρονικό σύστημα fuel injection, αποκαλούμενο D-Jetronic, το οποίο χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην VW 1600TL το 1967. Αυτό ήταν ένα σύστημα ταχύτητας/πυκνότητας, που χρησιμοποιούσε την ταχύτητα των κινητήρων και την πολλαπλή πυκνότητα αέρα εισαγωγής για να υπολογίσει το ποσοστό μαζικής "ροής" αέρα και τις απαιτήσεις των καυσίμων. Το σύστημα χρησιμοποίησε αναλογικό, και ηλεκτρονικά συστήματα κι έναν ηλεκτρομηχανικό αισθητήρα πίεσης. Ο αισθητήρας ήταν ευαίσθητος στη δόνηση και τους ρύπους. Αυτό το σύστημα υιοθετήθηκε από τις εταιρίες VW, Mercedes-Benz, Porsche, Citroën, Saab and Volvo. Η Lucas χορήγησε άδεια για παραγωγή του συστήματος από την Jaguar.

Η Bosch εκτόπισε το σύστημα D-Jetronic με τα K-Jetronic και L-Jetronic συστήματα το 1974, παρόλα αυτά μερικά αυτοκίνητα (όπως το VOLVO 164) συνέχισαν με D-Jetronic για αρκετά έτη και η General Motors εγκατέστησε ένα πολύ κοντινό σύστημα με το D-Jetronic σε Cadillacs που αρχίζει την παραγωγή του το 1977. Το L-Jetronic εμφανίστηκε αρχικά το 1974 σε Porsche 914 και χρησιμοποιεί ένα μηχανικό μετρητή ροών αέρος που παράγει ένα σήμα που ελέγχει τον όγκο αέρα. Αυτή η προσέγγιση απαίτησε πρόσθετους αισθητήρες για την μέτρηση πίεσης και θερμοκρασίας, για να υπολογιστεί τελικά η μάζα αέρα. Το L-Jetronic υιοθετήθηκε ευρέως στα ευρωπαϊκά αυτοκίνητα εκείνης της περιόδου και οι Ιάπωνες το διαμόρφωσαν ένα χρόνο αργότερα.

1.2 Εισαγωγή του καταλύτη για βελτίωση των εκπομπών ρύπων.

Το 1975, οι κανονισμοί εκπομπών ρύπων της Καλιφόρνια απαίτησαν απ' τους κατασκευαστές να μειώσουν εντυπωσιακά τις εκπομπές ρύπων. Η μόνη εφικτή τεχνολογία εκείνης της εποχής που επέτρεψε στους κατασκευαστές να εφαρμοστεί η μαζική παραγωγή ήταν ο καταλυτικός μετατροπέας. Η GM είχε εφεύρει τον καταλύτη εξάτμισης και η βιομηχανία κατασκευής αυτοκινήτων οδήγησε τη νέα τεχνολογία στην παραγωγή. Ο καταλύτης μετατρέπει τους κύριους ρύπους σε αβλαβή αέρια. Ο καταλύτης οξειδωσης τοποθετήθηκε στο σύστημα εξάτμισης του οχήματος για να πραγματοποιήσει τις οξειδώσεις των καυσαερίων της εξάτμισης παρουσία θερμότητας και οξυγόνου. Η προσθήκη του καταλύτη αναγωγής, μαζί με τον καταλύτη οξειδωσης, συνέβαλε στην εμφάνιση του αποκαλούμενου συστήματος τριοδικών καταλυτών. Το τρία προέρχεται από τη δυνατότητα να μειωθούν εντυπωσιακά και οι τρεις κύριοι ρύποι που κυρίως περιέχονται στα καυσαέρια.

Ο καταλύτης αναγωγής τοποθετείται πάνω απ' τον καταλύτη οξειδωσης, συνήθως στον ίδιο χώρο. Η διαδικασία αναγωγής ελευθερώνει το οξυγόνο απ' τις ενώσεις Nox κι αυτό το οξυγόνο χρησιμοποιείται έπειτα στον καταλύτη οξειδωσης για να οξειδώσει τους άκαυστους υδρογονάνθρακες και το μονοξείδιο του άνθρακα. Προκειμένου να αξιοποιηθεί στο μέγιστο ένας τριοδικός καταλύτης, η άριστη αναλογία αέρα/καυσίμου είναι ουσιαστική. Τα συστήματα EFI βελτίωσαν τον έλεγχο καυσίμων με δύο σημαντικούς τρόπους.

1.3 Βελτίωση κατανάλωσης και αύξηση απόδοσης κινητήρα.

Τα συστήματα εμμέσου ψεκασμού EFI βελτίωσαν τη διανομή καυσίμων από κύλινδρο σε κύλινδρο, αλλά γενικά είχαν φτωχότερη αναλογία αέρα/καυσίμου από έναν εξαερωτήρα λόγω της κατασκευής τους.

Τα συστήματα άμεσου ψεκασμού EFI βελτίωσαν τον έλεγχο και τη ρύθμιση της αναλογίας αέρα/καυσίμου με έναν αισθητήρα οξυγόνου στα καυσαέρια της εξάτμισης (αισθητήρας A). Αυτός τοποθετείται στο σύστημα εξάτμισης πριν τον καταλύτη. Ανιχνεύει την περίσσεια του οξυγόνου στα καυσαέρια της εξάτμισης. Το οξυγόνο δείχνει εάν ο λόγος αέρα/καυσίμου είναι φτωχότερος ή πλουσιότερος της στοιχειομετρικής αναλογίας. Ο αισθητήρας A είναι επίσης γνωστός ως αισθητήρας Lamda. Η εκπομπή καυσαερίων είναι τώρα μικρότερη απ' το 0,1% του προ-ρυθμισμένου επιπέδου της.

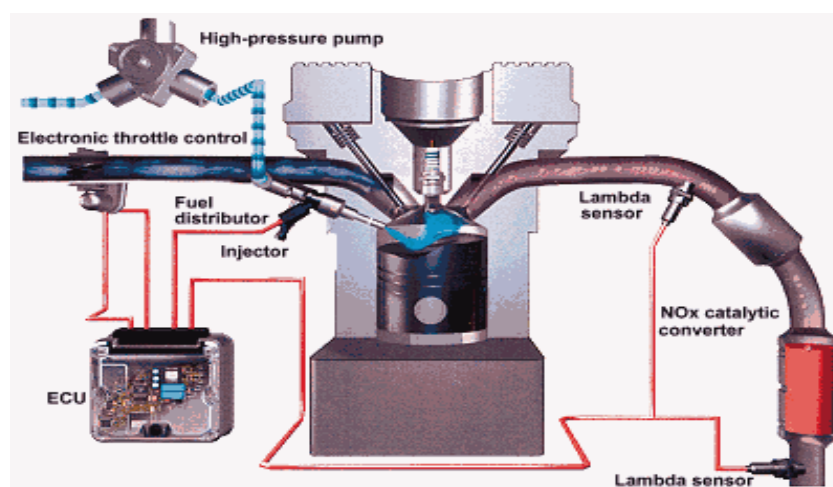
Το 1982, η Bosch εισήγαγε έναν αισθητήρα που μετρά άμεσα τη ροή μάζας αέρα στον κινητήρα, στο σύστημα ψεκασμού L-Jetronic, που με την προσθήκη αυτή ονομάστηκε LH-Jetronic. Ο αισθητήρας μέτρησης μάζας αέρα χρησιμοποιεί ένα θερμαινόμενο καλώδιο λευκόχρυσου που τοποθετείται στη ροή του εισερχόμενου αέρα. Το ποσοστό της ψύξης του καλωδίου είναι ανάλογο προς την μάζα αέρα που περνά απ' το καλώδιο. Δεδομένου ότι ο αισθητήρας "θερμών καλωδίων" μετρά άμεσα την μάζα αέρα, η ανάγκη για τους πρόσθετους αισθητήρες θερμοκρασίας και πίεσης εξαλείφεται.

Το σύστημα LH-Jetronic που χρησιμοποιήθηκε μέχρι και το 1998 ήταν επίσης το πρώτο καθαρά ψηφιακό σύστημα EFI. Η εμφάνιση του ψηφιακού μικροεπεξεργαστή επέτρεψε την ένταξη όλων των υποσυστημάτων powertrain σε μια ενιαία ενότητα ελέγχου. Η πλήρης εκμετάλλευση της ψηφιακής επανάστασης έχει βελτιώσει περαιτέρω στο σύστημα EFI τον έλεγχο της αναλογίας αέρα/καυσίμου, καθώς επίσης και πολλών άλλων συστημάτων ελέγχου ανεξάρτητων απ' τον κινητήρα.

1.4 Η τεχνολογία του συστήματος άμεσου ψεκασμού

Οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσανατολίζονται εδώ και αρκετά χρόνια σε διάφορες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας με μειωμένες εκπομπές ρύπων. Μερικές από αυτές είναι η μείωση του βάρους, τα εναλλακτικά καύσιμα ή η συνεχής εξέλιξη των υβριδικών οχημάτων και των ενεργειακών κυψελών (fuel cell). Η τεχνολογική εξέλιξη στα σύγχρονα αυτοκίνητα επιτρέπει τον ηλεκτρονικό πλέον έλεγχο των περισσότερων συστημάτων, καθώς αυτός αποτελεί την πιο πρακτική, οικονομική και αποδοτική λύση. Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές της ηλεκτρονικής στη σημερινή τετράτροχη πραγματικότητα αφορά στο σύστημα ψεκασμού και το σύστημα ανάφλεξης του κινητήρα.

Η τεχνολογία ψεκασμού (εικόνα Ε.1) εφαρμόζεται ευρέως σε πετρελαιοκινητήρες πλοίων, αλλά και σε όλους τους σύγχρονους diesel κινητήρες με την "κωδική" ονομασία common rail. Ωστόσο, πρακτικά κυρίως προβλήματα επιβράδυναν χρονικά την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος σε βενζινοκινητήρες. Στα προβλήματα αυτά τη λύση έδωσε ο βελτιωμένος ηλεκτρονικός έλεγχος με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου.



Εικόνα 5. Σύστημα άμεσου ψεκασμού βενζινοκινητήρα

Ο παραδοσιακός εξαερωτήρας (καρμπιρατέρ) έχει αντικατασταθεί - αν και κυκλοφορούν ακόμα αρκετές χιλιάδες αυτοκίνητα παλαιάς τεχνολογίας- εδώ και αρκετά χρόνια, αφού ο ψεκασμός του μείγματος ελέγχεται πλέον ηλεκτρονικά. Αρχικά είχαν εμφανιστεί τα συστήματα ψεκασμού μονού σημείου (SPI: Single Point Injection) για να εξελιχθούν μετέπειτα τα συστήματα ψεκασμού πολλαπλών σημείων (M PI : Multi Point Injection) , με τα οποία εξοπλίζονται οι περισσότεροι σύγχρονοι κινητήρες.

Η βασικότερη διαφορά ανάμεσα στα συστήματα GDI (Gasoline Direct Injection), τα οποία εξοπλίζουν κινητήρες diesel και βενζινοκινητήρες αφορούν στην πίεση και στην περιοχή ψεκασμού του καυσίμου. Στους βενζινοκινητήρες, ο ψεκασμός πραγματοποιείται με μεγαλύτερη πίεση απευθείας στο Θάλαμο καύσης, ενώ σε ορισμένους κινητήρες diesel στον προθάλαμο. Η πίεση ψεκασμού στους κινητήρες diesel είναι συνήθως η διπλάσια απ' τους βενζινοκινητήρες, αν και υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ξεπερνά ακόμα και τα 1.000bar.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Κατηγορίες ΜΕΚ

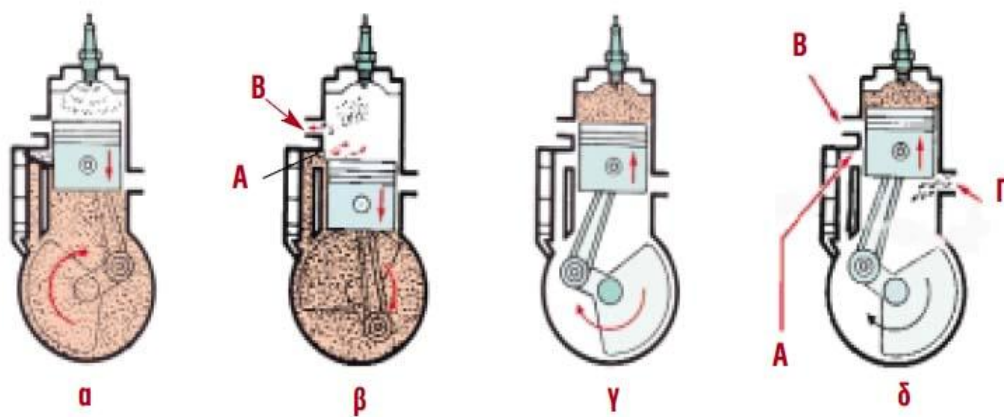
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ
Τρόπος ανάφλεξης	Μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα ή κινητήρες Otto (spark ignition engines)
Αριθμός των διαδρομών του εμβόλου για την ολοκλήρωση του κύκλου λειτουργίας	2-χρονες μηχανές 4-χρονες μηχανές
Είδος καυσίμου	Μηχανές βαρέως πετρελαίου (μαζούτ) Μηχανές ελαφρών καυσίμων (Ντίζελ, βενζίνη)
Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής στροφαλοφόρου	Αργόστροφες έως 350rpm (μηχανές πλοίων) Μεσόστροφες έως 1500rpm (πλοίων, τρένων) Πολύστροφες έως 5000rpm (τροχοφόρων) Ταχύστροφες με ταχύτητα περιστροφής άνω των 5000rpm (αγωνιστικά, δίτροχα μεγάλου κυβισμού)
Αριθμός των κυλίνδρων	Μονοκύλινδρες Πολυκύλινδρες
Διάταξη των κυλίνδρων	Κατακόρυφες ή εν σειρά Τύπου V, W, X, Δ, Η Οριζόντιες (boxer) Αστεροειδής (κινητήρες ελικοφόρων) Σταυροειδής, πολυγωνικές, διπλών εμβόλων
Τρόπος ψύξεως των κυλίνδρων	Αερόψυκτες Υδροψυκτες
Τρόπος σύνδεσης εμβόλου διωστήρα	Με βάκτρο και ζύγωμα Χωρίς βάκτρο και ζύγωμα
Πίεση και ποσότητα αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο	Ατμοσφαιρικές μηχανές Υπερπληρωμένες
Τρόπος εγκατάστασης	Μηχανές σταθερής η μόνιμης βάσης Μηχανές κινούμενου φορέα
Μέθοδος εισαγωγής καυσίμου	Με εξαερωτήρα Με αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα (injection)
Φορά περιστροφής στροφαλοφόρου άξονα	Ορισμένης φοράς περιστροφής Αναστρέψιμες μηχανές
Παραγόμενη ισχύς ανά κύλινδρο στις κανονικές στροφές λειτουργίας	Μικρής ισχύος (έως 20 PS) Μέσης ισχύος (μέχρι 200 PS) Μεγάλης ισχύος(άνω των 200 PS)
Τρόπος απόδοσης της ισχύος	Σταθερών στροφών Μεταβλητών στροφών
Είδος του θαλάμου καύσης	Ενιαίος θάλαμος καύσης Διαιρούμενος θάλαμος καύσης

2.2 Ο Δίχρονος Βενζινοκινητήρας.

Ο δίχρονος βενζινοκινητήρας απαρτίζεται ουσιαστικά από τρεις δομικές ομάδες και τις πρόσθετες βοηθητικές διατάξεις

- ✓ **Κορμός κινητήρα:** Κυλινδροκεφαλή, κύλινδρος, στροφαλοθάλαμος
- ✓ **Σύστημα διωστήρα στροφάλου:** Έμβολο, διωστήρας, στροφαλοφόρος άξονας
- ✓ **Σύστημα δημιουργίας μίγματος:** εξαερωτήρας ή διάταξη ψεκασμού, σωλήνας αναρρόφησης
- ✓ **Βοηθητικές διατάξεις:** Σύστημα ανάφλεξης, σύστημα ψύξης κινητήρα, εξαίμιση, αντλία λαδιού λίπανσης (μπορεί να έχει μπορεί και όχι).

Εικόνα 2.1



Σχήμα 4.5: Ο κύκλος λειτουργίας του δίχρονου κινητήρα.

(Α) - Θυρίδα εισαγωγής καυσίμου στον κύλινδρο. (Β) - Θυρίδα εξαγωγής κρυσσερίων.
(Γ) - Θυρίδα εισαγωγής καυσίμου στο στροφαλοθάλαμο.

Οι αρχές ενός κλασικού δίχρονου κινητήρα είναι πραγματικά πολύ απλές. Αρχικά, δε χρειάζεται ειδικά όργανα για την εναλλαγή των αερίων στον κύλινδρο. Σ' αυτό έγκειται και η κύρια διαφορά στη δομή του δίχρονου κινητήρα έναντι του τετράχρονου, ο οποίος απαιτεί βαλβίδες, εκκεντροφόρο, καδένες εκκεντροφόρου, καπελότα, γρανάζια κίνησης και άλλα μηχανικά στοιχεία που συναντάμε στους τετράχρονους κινητήρες. Έτσι, ο μειωμένος αριθμός κινούμενων μαζών προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα και μειωμένες ανάγκες συντήρησης. Η εναλλαγή των αερίων κατευθύνεται από το έμβολο και διοχετεύονται μέσω θυρίδων που υπάρχουν στα τοιχώματα του κυλίνδρου. Επιπλέον, ο δίχρονος κινητήρας χρησιμοποιεί ως καύσιμο βενζίνη ή πετρέλαιο, το οποίο στην πλειονότητα των κατασκευών, αναμιγνύεται με το έλαιο λίπανσης για να σχηματίσει το καύσιμο μίγμα.

Ο πλήρης κύκλος λειτουργίας στο δίχρονο κινητήρα πραγματοποιείται σε κάθε πλήρη περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα (360 μοίρες) ή σε κάθε δύο διαδρομές του εμβόλου (δύο χρόνοι). Ο κύκλος φαινομενικά είναι στον τετράχρονο και στο δίχρονο κινητήρα βασικά ο ίδιος. Όμως, η εξέλιξη των επιμέρους χρόνων τοπικά και χρονικά είναι διαφορετική. Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας περιλαμβάνει τις «φάσεις» :

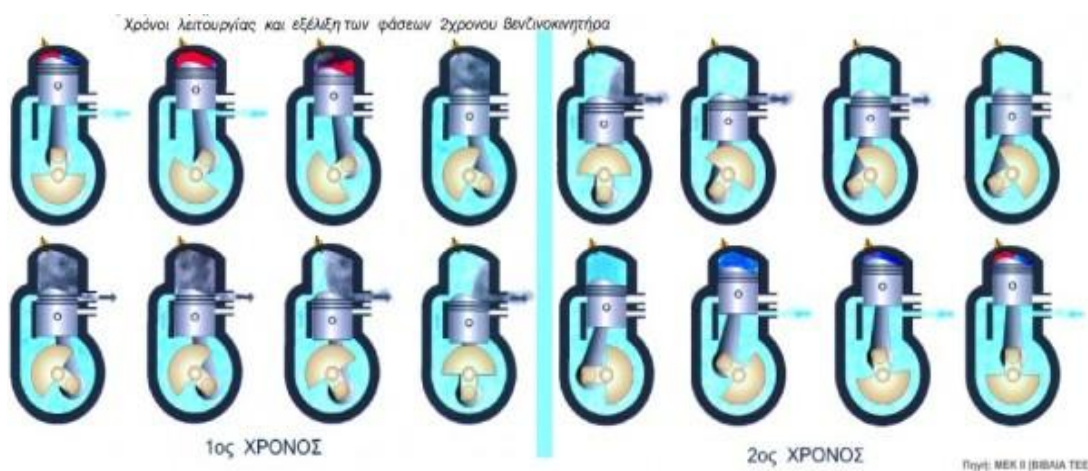
1. Αναρρόφηση
2. Συμπύεση
3. Εκτόνωση – παραγωγή έργου
4. Εξαγωγή

Αναλυτικότερα:

1. Όταν το έμβολο κινείται από το κάτω νεκρό σημείο προς το άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) Αφού το έμβολο κλείσει τη θυρίδα σάρωσης, αναπτύσσεται στο στροφαλοθάλαμο μία υποπίεση, λόγω της αύξησης του όγκου. Όταν το έμβολο απελευθερώσει τη θυρίδα εισαγωγής, τότε λόγω της διαφοράς πίεσης ωθείται στον κύλινδρο η καύσιμη ύλη, δηλαδή το μίγμα αέρα-καυσίμου για τον επόμενο κύκλο λειτουργίας. Σχεδόν ταυτόχρονα το έμβολο θα κλείσει τη θυρίδα εξαγωγής και θα αρχίσει η συμπίεση του μίγματος καυσίμου-αέρα-λαδιού. Λίγο πριν από το ΑΝΣ, προκαλείται η ανάφλεξη.

2. Όταν το έμβολο κινείται από το κάτω νεκρό σημείο προς το κάτω νεκρό σημείο (**ΚΝΣ**) Κατά την εκτόνωση (παραγωγή έργου), τα αέρια της καύσης κινούν το έμβολο από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ. Αφού το έμβολο κλείσει τη θυρίδα εισόδου, αρχίζει η προσυμπύεση του μίγματος καυσίμου-αέρα-λαδιού στους περίπου 0,3 bar έως 0,8 bar μέσα στον στροφαλοθάλαμο. Κατά τη μετάβαση στον επόμενο κύκλο λειτουργίας, γίνεται η εναλλαγή των αερίων.

Εικόνα 2.2.1

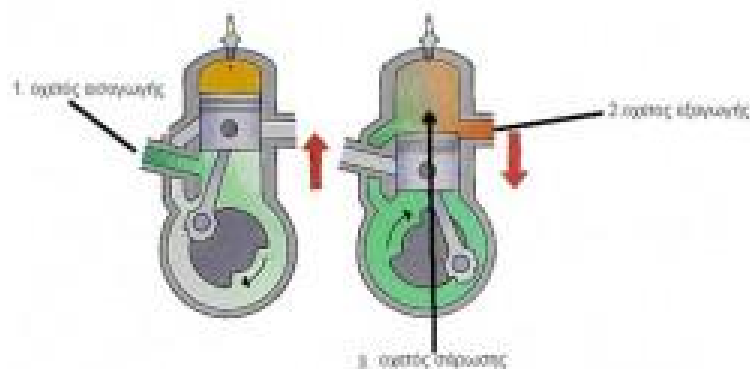


Χρόνος εξαγωγής. Αρχικά, η πάνω ακμή του εμβόλου απελευθερώνει τη θυρίδα εξαγωγής, η οποία βρίσκεται κάπως υψηλότερα, και τα καυσαέρια εξέρχονται. Κατόπιν, απελευθερώνει τη θυρίδα σάρωσης και το προσυμπιεσμένο μίγμα καυσίμου-αέρα-λαδιού κινείται από το στροφαλοθάλαμο, μέσω του οχετού σάρωσης, προς τον κύλινδρο. Εισέρχεται σε αυτόν και αναλαμβάνει τη σάρωση και την απομάκρυνση των καυσαερίων. Λόγω της αρχικής πίεσης στον αγωγό εξαγωγής, τα εναπομείναντα αέρια καύσης, τη στιγμή που ανοίγει η θυρίδα σάρωσης, κινούνται προς το στροφαλοθάλαμο. Έτσι, αυξάνεται η πίεση της προσυμπιέσεως από 0,3 bar περίπου στην πίεση σάρωσης 0,8 bar. Όταν το έμβολο, κατά τη διαδρομή του προς το ΚΝΣ, κλείσει τη θυρίδα σάρωσης και κατόπιν τη θυρίδα εξαγωγής, τότε έχει τελειώσει και η φάση της σάρωσης.

Στον τετράχρονο κινητήρα, ο κύκλος λειτουργίας εξελίσσεται μόνο μέσα στον κύλινδρο, και μάλιστα σε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου ή σε δύο στροφές του στροφαλοφόρου.

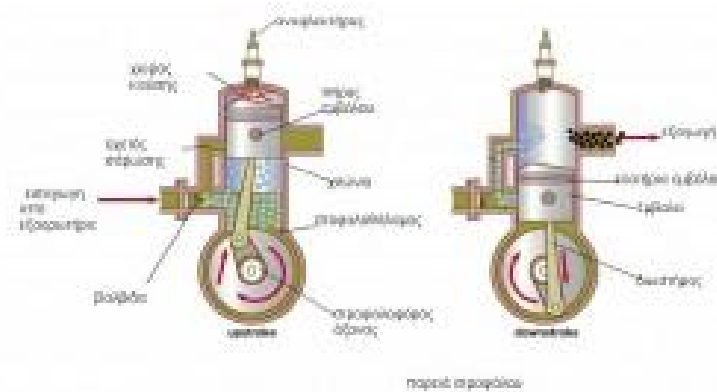
Για να περιοριστεί ο κύκλος λειτουργίας σε δύο διαδρομές του εμβόλου ή σε μία περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα, πρέπει να συνεργάζεται ο κύλινδρος με το στροφαλοθάλαμο. Ο στροφαλοθάλαμος μαζί με το κάτω μέρος του κυλίνδρου και με το έμβολο σχηματίζει μια αντλία. Επειδή σ' αυτούς του κινητήρες υπάρχουν τρία είδη οχετών, ονομάζονται και δίχρονοι κινητήρες τριών οχετών. Ο δίχρονος κινητήρας τριών οχετών είναι η πλέον απλή μορφή, με έναν οχετό εισαγωγής, έναν εξαγωγής και έναν σάρωσης. Οι οχετοί εισαγωγής και σάρωσης μπορεί να είναι είτε τοποθετημένοι στην ίδια πλευρά είτε αντιδιαμετρικά μέσα στον κύλινδρο.

Εικόνα 2.2.2



1. Ο οχετός εισαγωγής έρχεται από τον εξαερωτήρα και οδηγεί στο στροφαλοθάλαμο.
2. Ο οχετός εξαγωγής οδηγεί στον αγωγό απαγωγής των καυσαερίων (εξάτμιση).
3. Ο οχετός σάρωσης συνδέει το στροφαλοθάλαμο με τον κύλινδρο, μέσω πλευρικών οπών στο έμβολο ή πλευρικής οπής στον κύλινδρο. Μπορεί να υπάρχουν από ένας ως και τέσσερις οχετοί σάρωσης σε κάθε κύλινδρο.

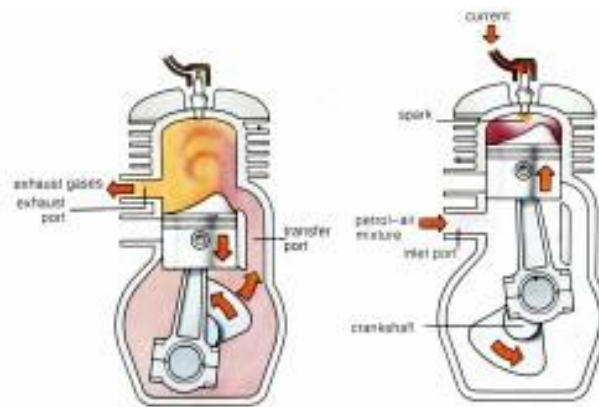
Εικόνα 2.2.3



Η λειτουργία που περιγράφηκε, με τη χρησιμοποίηση του στροφαλοθαλάμου ως αντλίας αέρα, είναι αυτονόητο ότι δεν μπορεί να υλοποιηθεί παρά μόνο σε μονοκύλινδρους κινητήρες. Τούτο, γιατί όταν υπάρχουν περισσότεροι του ενός κύλινδροι, τα μισά έμβολα θα βρίσκονται σε ανοδική πορεία και τα άλλα μισά σε καθοδική, η διαφοροποίηση επομένως του όγκου του στροφαλοθαλάμου θα είναι μηδενική.

Στην περίπτωση αυτή λοιπόν ο δίχρονος κινητήρας γίνεται πιο πολύπλοκος, καθώς απαιτείται πρόσθετη αντλία αέρα, που θα αναλάβει να τροφοδοτεί το σύστημα με αέρα. Η αντλία αυτή, δεδομένου ότι η παροχή της χρησιμεύει όχι μόνο για την πλήρωση αλλά και για την απόπλυση των κυλίνδρων, ονομάζεται αντλία απόπλυσης και προφανώς παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο του κινητήρα, μειώνοντας αντίστοιχα τη διαθέσιμη σ' αυτόν ισχύ προς εκμετάλλευση. Στην πράξη όμως, όσο αυξάνονται οι στροφές, η πραγματική λειτουργία αποκλίνει πολύ από το ιδανικό, καθώς δεν εξελίσσονται οι φάσεις με αυτόν τον ιδανικό τρόπο.

Εικόνα 2.2.4



Όπως αναφέρθηκε λοιπόν, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του δίχρονου κινητήρα είναι η ανοιχτή εναλλαγή αερίων. Όμως, τούτο πρακτικά σημαίνει ότι οι θυρίδες εξαγωγής και σάρωσης, κατά τη διάρκεια της εναλλαγής των αερίων, είναι σχεδόν ταυτόχρονα ανοιχτές (επικάλυψη θυρίδων).

Αντίθετα, ο τετράχρονος κινητήρας έχει, με εξαίρεση το βραχύ διάστημα της επικάλυψης των βαλβίδων, μια κλειστή εναλλαγή αερίων. Έτσι λοιπόν, όσο προσεκτικά κι αν σχεδιασθεί ο κύλινδρος, οι θυρίδες και το έμβολο, κάποια ποσότητα καυσαερίου θα περάσει στον στροφαλοθάλαμο και θα ανακυκλωθεί στην επόμενη καύση, μειώνοντας την ποιότητα καυσίμου, ενώ κάποια ποσότητα νέου μίγματος θα προλάβει τελικά να φύγει από τον κύλινδρο, περνώντας από τη θυρίδα εξαγωγής. Το τελευταίο αποτελεί μεγάλο μειονεκτήματα του δίχρονου κινητήρα, δεδομένου ότι αυτό δεν είναι μόνο απώλεια αέρα αλλά και καυσίμου.

Εκτός από αυτό, ο δίχρονος κινητήρας στην βασική του μορφή, αν και σε ισχύ και κόστος υπερτερεί έναντι του τετράχρονου, λόγω της διάταξης εμφανίζει κυρίως τα εξής μειονεκτήματα:

1. Αυξημένους ρύπους στα καυσαέρια
2. Μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου και λαδιού
3. Κακή πλήρωση σε καύσιμο και αέρα
4. Στενό φάσμα στροφών βέλτιστης λειτουργίας

Βελτιώσεις, αναβαθμίσεις:

Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν, σταδιακά οι κατασκευαστές ανέπτυξαν διάφορες τεχνικές για την βελτίωση των κινητήρων 2 χρόνων.

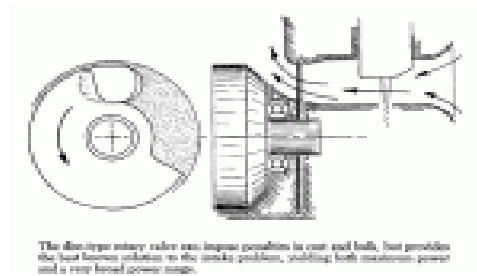
Οι βασικότερες καινοτομίες είναι:

Βαλβίδες REED: Αποτελούνται από φύλλα μετάλλου ή πλαστικού και έχουν αποδειχθεί αρκετά αξιόπιστες. Πρόκειται για μονόδρομες βαλβίδες ή αλλιώς και αντεπιστροφής, οι οποίες επιτρέπουν την ροή ρευστού προς μία μόνο κατεύθυνση. Όταν τοποθετηθούν πριν την εισαγωγή και μετά τον εξαερωτήρα, αναγκάζουν το μίγμα που εισέρχεται στον στροφαλοθάλαμο να παραμείνει εκεί και να μην επιστρέψει πίσω στον εξαερωτήρα. Αυτό το στοιχείο βοήθησε να εξελιχθούν μεγαλύτερα διαμετρήματα βαλβίδων εισαγωγής.



Εικόνα 2.2.5

Περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής: Αποδίδει αρκετά καλύτερα από τις reed δεδομένου ότι δεν επιφέρει αντίσταση στην εισαγωγή του μίγματος όπως κάνουν τα πέταλα των reed. Η περιστροφική βαλβίδα ακολουθεί την περιστροφή του στροφάλου παίρνοντας κίνηση από ένα γρανάζι που συνεργάζεται με τον στροφαλοφόρο άξονα και εξασφαλίζει άνοιγμα και κλείσιμο σε συγκεκριμένες μοίρες προσομοιώνοντας τον απόλυτο εγκλωβισμό του μίγματος στο στροφαλοθάλαμο. Η περιστροφική βαλβίδα μοιάζει με ημικύκλιο. Τα στελέχη της αποκαλύπτουν και καλύπτουν τις οπές, συναρτίζει των μοιρών που βρίσκονται.



Εικόνα 2.2.6

Έμβολα: Η γεωμετρία τους συνδέεται άμεσα με την αεροδυναμική και την συστροφή που θέλουμε να προσδώσουμε στο μίγμα καύσης σε συνδυασμό πάντα με την γωνία εισαγωγής στον στροφαλοθάλαμο, για την βέλτιστη ανάμιξή του με τον αέρα, όπως και παγίδευσή του. Επιπλέον, θέλουμε την καλύτερη δυνατή απόπλυση μετά την έκρηξη. Τα υλικά ήταν πάντα ελαφριά κράματα αλουμινίου προς χάρη της ευστροφίας, με κορυφαία τα σφυρήλατα έμβολα.



Εικόνα 2.2.7

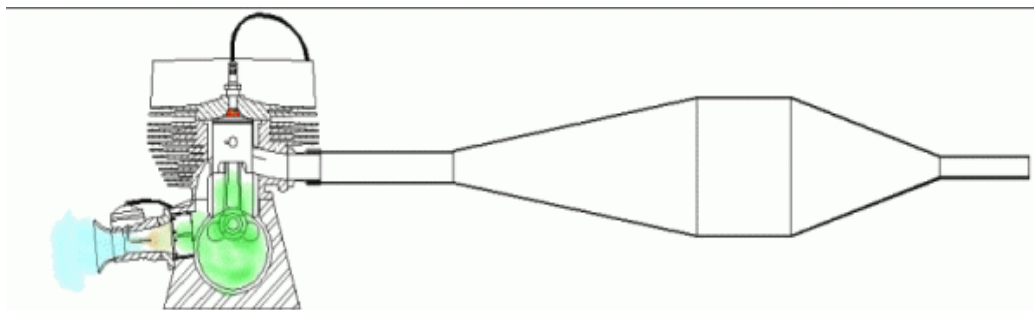
Εξατμηση: Μεγάλη έμφαση στην εξέλιξη του δίχρονου δόθηκε στην διαμόρφωση του θαλάμου εξαγωγής καυσαερίων. Αυτός είναι ο λόγος που οι εξατμίσεις των δίχρονων είναι καμπυλωτές και έχουν διαφορετικές διατομές κατά μήκος. Εδώ λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της κυματικής υπερσυμπίεσης, ένα είδος υπερσυμπιεστή δηλαδή. Το φαινόμενο είναι γενικότερα αρκετά πολύπλοκο. Ο σκοπός των καμπυλωτών ελλειπτικών εξατμίσεων είναι να εκμεταλλευτούν τα κύματα πίεσης που δημιουργούνται στη θυρίδα εξαγωγής, μετά την έκρηξη κατά τη φάση της εκτόνωσης, έτσι ώστε να συνεισφέρουν στην αναπνοή του κινητήρα.



Εικόνα 2.2.8

Αυτό γίνεται εφικτό σχεδιάζοντας έτσι την εξάτμιση, ούτως ώστε τα ισχυρά θετικά και τα αρνητικά κύματα να συναντιούνται **ΑΝΤΑΝΑΚΛΩΜΕΝΑ** μέσα στη φούσκα διαστολής πίσω στην θυρίδα εξαγωγής ακαριαία, όταν απαιτείται από το φορτίο υψηλή ή χαμηλή πίεση αντίστοιχα.

Αυτά τα κύματα ταξιδεύουν με ταχύτητα ήχου, έτσι ο συγχρονισμός είναι ευαίσθητος, δηλαδή η επιστροφή τους πρέπει να βρει την εξαγωγή ανοιχτή για να ενισχύσει το φαινόμενο. Τα αρνητικά κύματα συμπίεσης βοηθούν να σαρώσουν τα καυσαέρια από τον κύλινδρο και τα θετικά κύματα συμπίεσης αναγκάζουν το άκαυτο μίγμα αέρα βενζίνης να επιστρέψει πίσω στον θάλαμο καύσης για τη μετάκαυσή του. Η ταχύτητα των κυμάτων αυτών είναι συνάρτηση κυρίως της θερμοκρασίας που επικρατεί στον θάλαμο των καυσαερίων και λιγότερο των στροφών του στροφάλου. Αυτό ταυτόχρονα σημαίνει ότι μια εξάτμιση συγκεκριμένης γεωμετρίας θα αποδίδει ιδανικά σε ένα περιορισμένο αριθμό στροφών του κινητήρα και όχι σε όλο το εύρος .



Εικόνα 2.2.9

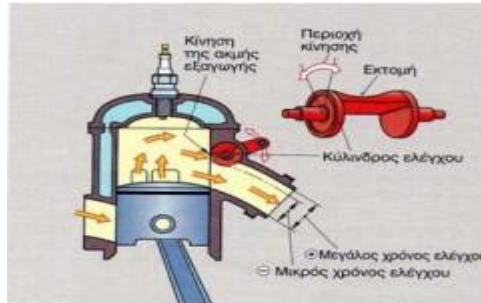
Εδώ ακριβώς εντοπίζεται και το στενό φάσμα λειτουργίας του δίχρονου κινητήρα. Όταν έχουμε τον απόλυτο συντονισμό στην εξάτμιση, ο κινητήρας «ξεσπάει» υστερικά αλλά αυτό διαρκεί σε ένα μικρό εύρος περιστροφής. Το αν θα είναι ψηλά ή χαμηλά, έχει να κάνει με τα χαρακτηριστικά που θα προσδώσει στην εξάτμιση ο κατασκευαστής. Οι κατασκευαστές εφάρμοσαν λύσεις μεταβλητής διατομής στην εξαγωγή και πολύπλοκες γεωμετρίες, έτσι ώστε να ανοίξουν το εύρος του συντονισμού σε μεγαλύτερο φάσμα στροφών του στροφάλου για να αποκτήσει ο δίχρονος γραμμικότητα και να πέσει η κατανάλωση. Επίσης, το μήκος και η διατομή της εξάτμισης είναι μεγάλης σημασίας για την σωστή λειτουργία. Έτσι, με φυγοκεντρικές βαλβίδες και ξεχωριστούς θαλαμίσκους καύσης μεταβάλλεται κατάλληλα ο όγκος (όσο αυτό είναι δυνατό) για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Βαλβίδες εξαγωγής με εκκεντροφόρο: Είναι δυνατή η κατασκευή δίχρονου κινητήρα με μία ή και δύο βαλβίδες εξαγωγής στην κυλινδροκεφαλή, ενώ διατηρούνται οι θυρίδες εισαγωγής στο κάτω μέρος του κυλίνδρου. Στην περίπτωση αυτή βέβαια είναι απαραίτητη και η ύπαρξη εκκεντροφόρου, για την κίνηση των βαλβίδων, απαίτηση που φυσικά αυξάνει περαιτέρω την πολυπλοκότητα του κινητήρα.



Εικόνα 2.2.10

Έλεγχος εξαγωγής με κύλινδρο: Μία ακόμα καινοτομία είναι ο έλεγχος εξαγωγής να γίνεται μ' έναν κύλινδρο ελέγχου (power valve system). Ο κύλινδρος ελέγχου, τοποθετημένος εγκάρσια προς τον οχετό εξαγωγής, έχει μία εντομή με αιχμηρές ακμές ελέγχου. Σε συνάρτηση με τις στροφές, μειώνεται η διατομή του οχετού εξαγωγής με στροφή του κυλίνδρου ελέγχου. Στις χαμηλές και τις μέσες στροφές, μετατοπίζεται η άνω ακμή της θυρίδας εξαγωγής προς τα κάτω.



Σχήμα 2: Έλεγχος εξαγωγής με κύλινδρο ελέγχου

Εικόνα 2.2.11

Αυτό γίνεται με στροφή του κυλίνδρου ελέγχου, πράγμα που μειώνει το ύψος της θυρίδας εξαγωγής. Έτσι, μειώνονται οι γωνίες εξαγωγής και ο χρόνος εξαγωγής και εμποδίζεται η εισροή νέου μίγματος στον οχετό εξαγωγής. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η ωφέλιμη διαδρομή του εμβόλου (η συμπίεση αρχίζει νωρίτερα) και ο πραγματικός λόγος συμπίεσης. Λίγο πριν από τις μέγιστες στροφές, ο κύλινδρος ελέγχου στρέφεται και αφήνει ελεύθερη ολόκληρη τη διατομή του οχετού εξαγωγής.

Έτσι, πραγματοποιείται μεγάλη γωνία εξαγωγής και μεγαλύτερος χρόνος εξαγωγής. Η στροφή του κυλίνδρου ελέγχου μπορεί να γίνει είτε με τη φυγόκεντρη δύναμη είτε με ιδιαίτερο κινητήρα επενεργείας. Εδώ, αυτός ο κινητήρας παίρνει ως μέγεθος αναφοράς το πλήθος των παλμών ανάφλεξης. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και επίπεδοι σύρτες με έλεγχο συμπιεσμένου αέρα.

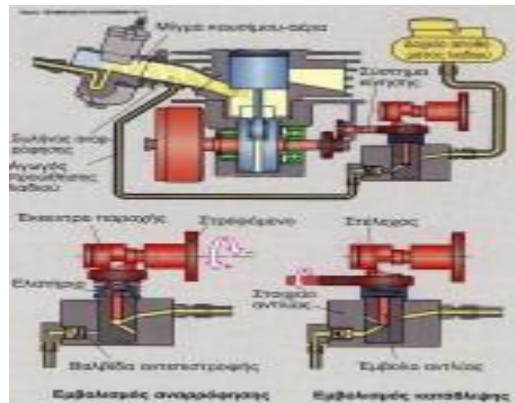
Έλεγχος εξαγωγής με θάλαμο συντονισμού: Η διεύρυνση του συντονισμού γίνεται με ζεύξη ενός θαλάμου συντονισμού. Το άνοιγμα και το κλείσιμο αυτού του θαλάμου γίνεται με ένα σύρτη κυλινδρικής μορφής. Ένας κινητήρας επενεργεί μέσω οδοντοτροχών και συρματοσχοινίου, ώστε να στραφεί ο κύλινδρος ελέγχου. Ο κινητήρας αυτός δέχεται ως μέγεθος αναφοράς το πλήθος των παλμών ανάφλεξης. Έως τις 6500 στροφές, ένα μέρος των καυσαερίων οδηγείται στο θάλαμο συντονισμού. Έτσι, αυξάνεται ο όγκος της διάταξης εξαγωγής καυσαερίων και μειώνεται η έξοδος άκαυστου μίγματος. Στις υψηλές στροφές, ο κύλινδρος κλείνει το θάλαμο συντονισμού. Έτσι, μειώνεται ο όγκος της εξαγωγής και ρυθμίζεται η αναγκαία «αντίθλιψη».



Σχήμα 1: Έλεγχος εξαγωγής με θάλαμο συντονισμού

Εικόνα 2.2.12

Χωριστή λίπανση: Τέλος, στους δίχρονους κινητήρες μπορεί να υπάρχουν χωριστά δοχεία για το καύσιμο και για το λάδι. Το λάδι λίπανσης προωθείται από τη δεξαμενή στον εξαερωτήρα με μία δοσομετρική αντλία και εκεί, πριν από το κύριο ακροφύσιο, αναμιγνύεται με το καύσιμο. Το έμβολο της δοσομετρικής αντλίας περιστρέφεται με ένα μηχανισμό από τον κινητήρα, πράγμα που συνδέει την παροχή με τις στροφές του κινητήρα. Η διαδρομή του εμβόλου της αντλίας εξαρτάται από το άνοιγμα της πεταλούδας του γκαζιού. Έτσι, όμως, και η παροχή της δοσομετρικής αντλίας αλλάζει ανάλογα με το άνοιγμα της πεταλούδας, είναι δηλαδή συνάρτηση του φορτίου.



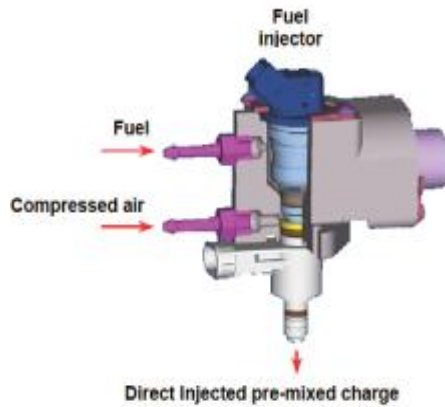
Εικόνα 2.2.13

Επειδή, λοιπόν, η παροχή της δοσομετρικής αντλίας εξαρτάται από τις στροφές και τη διαδρομή του εμβόλου, έχουμε ποσότητες, οι οποίες εξαρτώνται από τις στροφές και το φορτίο. Το ελικοειδές ελατήριο πιέζει το έμβολο, μέσω του στελέχους του, επάνω στο έκκεντρο. Κατά την αναρρόφηση, το λάδι ρέει στο στοιχείο της αντλίας κάτω από το έμβολο. Κατά την περιστροφή του στοιχείου της αντλίας, το στέλεχος και το έκκεντρο ενεργούν μαζί.

Κατά την κατάθλιψη του εμβόλου, προωθείται το λάδι στο σωλήνα αναρρόφησης. Μέσω της χειρολαβής γκαζιού, μεταβάλλεται η θέση του έκκεντρου, δηλαδή η παρεχόμενη ποσότητα λαδιού, άρα όπως αναφέρθηκε εξαρτάται από το φορτίο. Η βαλβίδα αντεπιστροφής εμποδίζει την εκκένωση του αγωγού λαδιού. Έτσι λοιπόν, σε συνάρτηση με την παροχή από τις στροφές και το φορτίο πραγματοποιείται μεγάλη οικονομία λαδιού (λόγος ανάμιξης 1:100, ή και λιγότερο).

Πιο αποδοτικοί, λιγότεροι «καθαροί».

Παρόλα αυτά, οι ρύποι των καυσαερίων των δίχρονων κινητήρων, αν και με όλα αυτά τα συστήματα έχουν μειωθεί σημαντικά, φαίνεται ότι εξακολουθούν να είναι σε υψηλά επίπεδα αναφορικά με τους κανονισμούς οι οποίοι ισχύουν τις δύο τελευταίες δεκαετίες για τα ιδιωτικά οχήματα μαζικής παραγωγής. Επιπλέον, σήμερα, κυρίως λόγω της προσπάθειας που γίνεται παγκοσμίως για περιορισμό της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, ο ρόλος του δίχρονου κινητήρα έχει συρρικνωθεί σημαντικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ποιότητα του παραγόμενου καυσαερίου δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή και ταυτόχρονα η σύνθεση αυτού είναι τέτοια που δεν είναι εύκολη η καταλυτική του επεξεργασία. Το χαρακτηριστικό αυτό έχει ελαχιστοποιήσει, αν όχι εκμηδενίσει, τη χρήση του στα δίκυκλα, ενώ έχει ουσιαστικά εξαφανίσει το δίχρονο κινητήρα από τα επιβατικά αυτοκίνητα.



Εικόνα 2.2.14

Η εμφάνιση ξανά στο προσκήνιο του δίχρονου κινητήρα όμως, ίσως να μην αργήσει να έρθει. Τούτο ίσως οφείλεται στην υλοποίηση της ιδέας του ηλεκτρονικού ελέγχου ψεκασμού στους δίχρονους κινητήρες, όπως συμβαίνει εδώ και δεκαετίες στους τετράχρονους κινητήρες. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος ψεκασμού είναι, εξ' ορισμού, ο έλεγχος από ένα κεντρικό εγκέφαλο της χρονικής στιγμής και της ποσότητας του μίγματος, η οποία θα ψεκαστεί στον κύλινδρο.

Στο τεχνικό σκέλος έχουμε μικρούς σωληνοειδείς αγωγούς που απολήγουν σε πιεζοηλεκτρικές βαλβίδες(ακροφύσια). Αυτοί οι σωλήνες στην άλλη τους πλευρά απολήγουν σε αγωγό, ο οποίος τροφοδοτείται από αντλία βυθισμένη σε καύσιμο και παράγει υπερυψηλή πίεση έως και 50 bar. Ο εκχυτήρας ψεκάζει καύσιμο κατευθείαν μέσα στο κύλινδρο. Αποτέλεσμα της τεράστιας πίεσης και ταχύτητας με την οποία ψεκάζεται το καύσιμο είναι ο «διαμερισμός» του σε απειροστά μικρά σωματίδια, γεγονός που οδηγεί στην πλήρη ανάμιξη του με τον αέρα. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε καλύτερη καύση και άρα μεγαλύτερη ισχύς και λιγότερους ρίπους.

2.4 Ο Τετράχρονος Βενζινοκινητήρας

Σε απλούστερη της μορφή μία παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης αποτελείται από έναν κύλινδρο μέσα στον οποίο παλινδρομεί (ανεβοκατεβαίνει) ένα έμβολο. Στο πάνω μέρος του ο κύλινδρος σφραγίζεται από την κυλινδροκεφαλή με μόνα σημεία διεξόδου τις βαλβίδες. Το έμβολο παλινδρομεί αρθρωμένο στον διωστήρα (μπιέλα) του οποίου το κάτω άρθρο είναι αρθρωμένο με τον στροφαλοφόρο άξονα. Τώρα, ως χρόνος ενός κινητήρα ορίζεται μία απλή διαδρομή του εμβόλου από το ένα σημείο (ΑΝΣ ή Άνω Νεκρό Σημείο) έως το άλλο σημείο (ΚΝΣ ή Κάτω Νεκρό Σημείο). Σε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας υπάρχουν τέσσερις φάσεις, δηλ. τέσσερις χρόνοι.

1. Εισαγωγή και αναρρόφηση του αέρα ή του καύσιμου μίγματος
2. Συμπύεσή του αέρα και του καύσιμου μίγματος
3. Ανάφλεξη του καύσιμου μίγματος και εκτόνωση
4. Εξαγωγή των καυσαερίων

Σε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας εκτελούνται δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα ή σε τέσσερις διαδρομές/παλινδρομήσεις το εμβόλου ή σε τέσσερις χρόνους. Εξού και ο ορισμός τετράχρονος. Όταν ένας κινητήρας πραγματοποιεί ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας σε μία περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα ή σε δύο διαδρομές του εμβόλου ή σε δύο χρόνους λέγεται δίχρονος.

Στην φάση της συμπίεσης το έμβολο μειώνει τον όγκο του αερίου καύσιμου μίγματος ανεβάζοντας θερμοκρασία. Με την ανάφλεξη δημιουργείται αύξηση του όγκου του μίγματος. Έτσι, έργο παράγεται μόνο στην φάση της εκτόνωσης καθώς η πίεση από την ανάφλεξη του μίγματος ωθεί το έμβολο προς τα κάτω δημιουργώντας κινητική ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Είναι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης στον οποίο η πρόσληψη οξυγόνου εξαρτάται αποκλειστικά από την ατμοσφαιρική πίεση και δεν βασίζεται σε εξαναγκασμένη διέγερση μέσω υπερσυμπιεστή ή υπερτροφοδότη.

3.1 Ιδανικές συνθήκες λειτουργίας

Οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας είναι ιδεατές κυκλικές διαδικασίες, σύμφωνα με τις οποίες υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργήσει μια ιδανική μηχανή. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας αποκλίνουν αρκετά από τις ιδανικές. Ωστόσο, βάσει αυτών δίνεται η δυνατότητα να μελετηθούν και να αναλυθούν πλήρως οι πορείες εργασίας σε πραγματικές μηχανές. Για τους βενζινοκινητήρες ή αλλιώς κινητήρες Otto που θα μελετηθούν στην παρούσα πτυχιακή εργασία έχει επιλεγεί ως ιδανική διεργασία η ισόχωρη διεργασία διότι η ισόχωρη διεργασία είναι ιδανική για τους τετράχρονους κινητήρες Otto. Σε αυτή την διεργασία το καύσιμο καίγεται ακαριαία δηλαδή υπό σταθερό όγκο (Μαυρίδης, 2018).

Ο κύκλος αυτός αποτελείται από τις εξής τέσσερις διεργασίες, όπως απεικονίζονται και στα θερμοδυναμικά επίπεδα (P,V) και (T,S) του Διαγράμματος 2.1 (Βλαϊκίδης, 2014):

- Μεταβολή 1-2 : ισεντροπική συμπίεση του αέρα, κατά το λόγο των όγκων $V_1/V_2=\epsilon$ (ή των ειδικών όγκων V_2/V_1 , εφόσον η μάζα m του εργαζόμενου μέσου παραμένει σταθερή), όπου ϵ ορίζεται ο βαθμός συμπίεσης.
- Μεταβολή 2-3: πρόσδοση θερμότητας υπό σταθερό όγκο.
- Μεταβολή 3-4: ισεντροπική εκτόνωση του αέρα, μέχρι τον αρχικό όγκο
- Μεταβολή 4-1: αποβολή θερμότητας υπό σταθερό όγκο για την συμπλήρωση του κύκλου.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ιδανικού κύκλου Otto είναι τα ακόλουθα:

∅ Έργο ιδανικού κύκλου Otto:

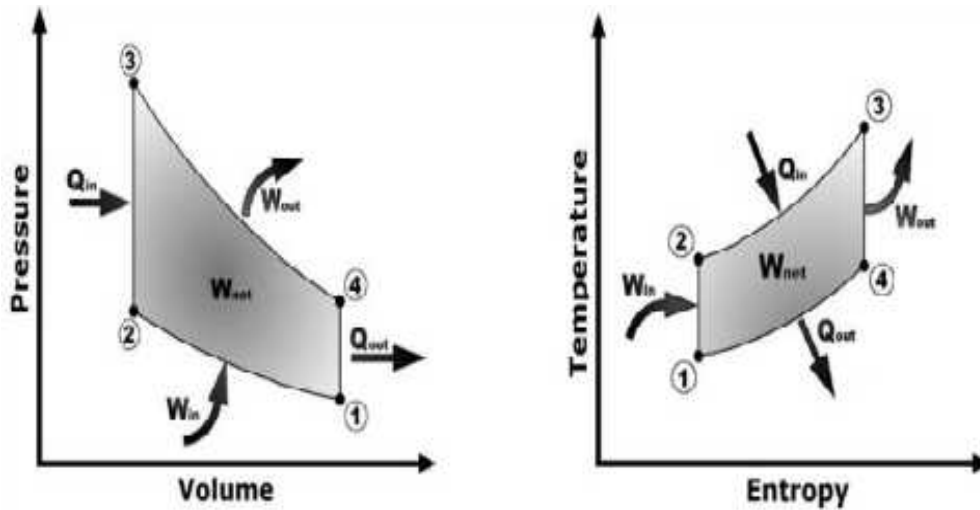
$$W=Q_{23}-Q_{41}$$

Όπου :

Q_{23} = η προσδιδόμενη θερμότητα (Q_{23} = εμβαδόν υπό τη 23 στο επίπεδο T,S)

Q_{41} = η αποβαλλόμενη θερμότητα (Q_{41} = εμβαδόν υπό τη 23 στο επίπεδο T,S)

Άρα ότι το έργο είναι το εμβαδό του κύκλου (1234) στα επίπεδα που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2.1 (P,V – T,S)



Σε ένα ιδανικό κινητήρα όλα τα μεγέθη απαιτούνται να είναι ίδια με αυτά του πραγματικού κινητήρα. Στον κύλινδρο πρέπει να βρίσκεται μόνο καθαρό μίγμα καυσίμου αέρα και καθόλου υπολειπόμενο καυσαέριο από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας. Ο λόγος αέρα (λ) θα πρέπει να είναι ίσο με αυτόν του πραγματικού κινητήρα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι το καύσιμο θα πρέπει να καίγεται πλήρως. Μεταξύ του λειτουργούντος μέσου και των τοιχωμάτων που το περιβάλλουν δεν πρέπει να λαμβάνει χώρα ανταλλαγή θερμότητας.

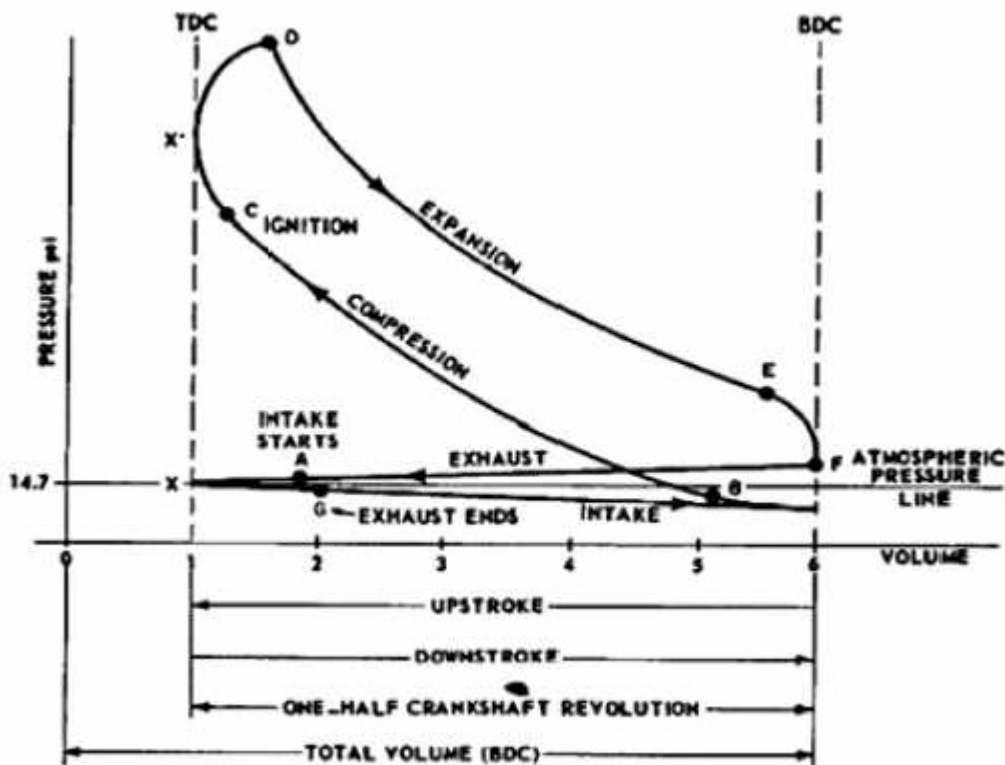
Κατά την εισροή και εκροή των αερίων δεν πρέπει να υπάρχουν διαρροές. Κατά την διάρκεια του κύκλου λειτουργίας καλό θα ήταν να μην γίνονται διαρροές αερίου λόγω κακής στεγανότητας. Το λειτουργούν μέσο να είναι ιδανικό και όχι πραγματικό αέριο. Συμπερασματικά λοιπόν η ειδική θερμοχωρητικότητα δεν μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και ότι σε υψηλές θερμοκρασίες δεν εμφανίζεται διάσπαση μορίων. Ο υπολογισμός της κυκλικής διεργασίας μια ιδανικής μηχανής που πληροί τους προαναφερόμενους λόγους δίνει καλές ιδανικές τιμές (Μαυρίδης, 2018).

3.2 Πραγματικός κύκλος λειτουργίας

Ωστόσο, ο πραγματικός κύκλος λειτουργίας του κινητήρα διαφέρει σημαντικά από τον ιδανικό κύκλο. Ο πραγματικός κύκλος περιλαμβάνει το σύνολο των αλλαγών κατάστασης, τις οποίες διατρέχει στην πραγματικότητα το εργαζόμενο μέσο στη μηχανή. Ο κύκλος αυτός μπορεί να καθοριστεί μόνο με συνεχείς μετρήσεις της πλήρους κατάστασης της μηχανής. Συνήθως όμως μπορεί να ανακτηθεί μόνο ένα δυναμοδεικτικό διάγραμμα της λειτουργίας του κινητήρα, το οποίο δίνει την τιμή της πίεσης (P) σε κάθε θέση του εμβόλου x και επομένως και για κάθε συνολικό όγκο.

Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα δεν έχει την δυνατότητα να δώσει την εκάστοτε πλήρη κατάσταση του αερίου στον κύλινδρο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για τον καθορισμό της κατάστασης του αερίου απαιτείται ένα ζεύγος θερμοδυναμικών μεγεθών (P, T ή P, V). Ο καθορισμός όμως της θερμοκρασίας (T) δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί γιατί η μέτρηση της είναι δύσκολη αλλά και εμφανίζει σημαντική διασπορά μέσα στον κύλινδρο. Επιπλέον, κατά τη φάση εναλλαγής των αερίων, είναι πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός της εκάστοτε μάζας (m) στον κύλινδρο.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρά τα μειονεκτήματα που προαναφέρθηκαν το δυναμοδεικτικό διάγραμμα είναι πολύτιμο γιατί δίνει την δυνατότητα του καθορισμού του πλήρους αποδιδόμενου μηχανικού έργου διογκώσεως στο έμβολο, σε μια πλήρη περίοδο λειτουργίας.



3.3 Θερμικός βαθμός απόδοσης

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης ορίζεται ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος προς την ισχύ της ιδανικής θερμότητας και δίνεται από την σχέση:

$$n_{th} = L / Q \quad (1)$$

Όπου:

$$L = Q - Q_E \quad (2)$$

Άρα η σχέση 1 με την σχέση 2, δίνουν:

$$n_{th} = 1 - \frac{Q}{Q_E} \quad (3)$$

Όπου:

L = η ωφέλιμη θερμότητα στην μονάδα χρόνο, θερμότητα στην μονάδα του χρόνου
 Q_E = η

Η σχέση 2.5. χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του θερμικού βαθμού απόδοσης.

Ωστόσο, δεν μπορούμε να υπολογίζουμε με αυτόν τον τρόπο τον βαθμό απόδοσης μία τετράχρονης μηχανής. Αποτέλεσμα αυτού είναι να γίνεται χρήση των παρακάτω σχέσεων. Αρχικά πραγματοποιείται υπολογισμός της μεικτής διεργασίας και στην συνέχεια της ισόχωρης, η παρεχόμενη θερμότητα ανά κύκλο λειτουργίας αποτελείται από δύο επιμέρους θερμότητες. Παρεχόμενη θερμότητα υπό σταθερό όγκο V , παρεχόμενη θερμότητα υπό σταθερό πίεση P .

$$Q_1 = mc_v(T_3 - T_2) = mc_v T_2(T_3/T_2 - 1)$$

$$Q_2 = mc_p(T_4 - T_3) = mc_p T_3(T_4/T_3 - 1)$$

Για την απλούστευση των υπολογισμών δεν λαμβάνεται υπόψη η εξάρτηση από τις θερμοκρασίες καθώς επίσης και η διάσπαση των μορίων λόγω υψηλών θερμοκρασιών. Ο πολυτροπικός εκθέτης δίνεται από την σχέση :

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

Με την εισαγωγή του πολυτροπικού εκθέτη στην παρεχόμενη θερμότητα δίνεται η εξίσωση:

$$Q = Q_1 + Q_2 = mc \left(\frac{T_3}{T_2 - 1} \right) x T_2 + kx \left(\frac{T_4}{T_3 - 1} \right) x T_3$$

Ωστόσο, για την ολοκλήρωση του υπολογισμού χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα μεγέθη:

✓ *Λόγος συμπίεσης:*

$$e = \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad e = \frac{V_1}{V_2}$$

✓ *Λόγος αύξησης πίεσης:*

$$b = \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

✓ *Λόγος έγχυσης:*

$$g = \frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3}$$

Για την ισεντροπική μεταβολή από την κατάσταση 1 στην 2 ισχύει η σχέση:

$$T_2 = T_1 x e^{k-1}$$

Με την βοήθεια της σχέσης αυτής η ανά κύκλο λειτουργίας παρεχόμενης θερμότητας είναι:

$$Q = m \times c_v \times e^{k-1} \times (b - 1) + k \times b \times (g - 1)$$

Η ανά κύκλο λειτουργία απαγόμενης θερμότητας δίνεται από την σχέση

$$\underline{Q} = m \times c \times (g^k \times b - 1)$$

Σύμφωνα με την προαναφερόμενες εξισώσεις προκύπτει ο βαθμός απόδοσης ενός τετράχρονου κινητήρα. Ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης των ρών θερμότητας με τις ποσότητες θερμότητας ανά κύκλο λειτουργία. Η σχέση που δίνεται είναι η κάτωθι:

$$n_{th} = 1 - \left(\frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right) \chi \left(\frac{(\gamma^k \beta - 1)}{\beta - 1 + \kappa \beta (\gamma - 1)} \right)$$

Ωστόσο, γνωρίζοντας ότι έχουμε ισόχωρη μεταβολή και εκθέτης γ είναι ίσος με την μονάδα τότε ο βαθμός απόδοσης για τετράχρονη μηχανή Otto δίνεται από την σχέση:

$$n_{th} = 1 - \left(\frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right)$$

Αποτέλεσμα των προαναφερόμενων είναι ότι η ισόχωρη μεταβολή παρουσιάζει τον καλύτερο βαθμό απόδοσης όταν έχουμε τον ίδιο λόγο συμπίεσης. Η μαθηματική έκφραση που το αποδεικνύει είναι η εξής:

$$(\gamma^k \beta - 1) \frac{z}{\beta - 1 + \kappa \beta (\gamma - 1)} > 1$$

3.4 Ισχύς

Η ισχύς είναι το φυσικό μέγεθος που χρησιμοποιείται για τη σύγκριση απόδοσης των κινητήρων και εξαρτάται από τον λόγο του έργου του κινητήρα ως προς τον χρόνο :

$$P = \frac{W}{t}$$

Όσο πιο γρήγορη είναι η παραγωγή του έργου τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επιτάχυνση που θα επιτυγχάνεται.

Η μονάδα μέτρησης της είναι το Watt αλλά και ο ίππος (Hp)

Στους κινητήρες διακρίνονται διαφορετικές εκφράσεις της ισχύος, που εξαρτώνται από την δέση και τις συνθήκες καθορισμού της στον κινητήρα.

Η εξωτερική ισχύς P_i ονομάζεται επίσης ενδεικνυόμενη επειδή καθορίζεται από το ενδεικτικό διάγραμμα.

Η ισχύς αυτή μεταφέρεται από το εργαζόμενο μέσο στο έμβολο. Η εσωτερική ισχύς υπολογίζεται με την βοήθεια της μέσης πίεσης του εμβόλου ως εξής :

$$P_i = p_i V_h z n_i$$

z = αριθμός κυλίνδρων, n = στροφές, $i=1$ στην 2-χρονη και $i=0.5$ στην 4-χρονη.

Η ωφέλιμος ή ενεργός ισχύς P_e είναι η ισχύς που αποδίδεται στον συμπλέκτη μιας μηχανής. Η ισχύς αυτή είναι μικρότερη από την εσωτερική ισχύ κατά την ισχύ των τριβών. Η ισχύς των τριβών συνίσταται από την ισχύ τριβών στο έμβολο, στα ελατήρια του εμβόλου και στα υπόλοιπα εξαρτήματα του μηχανισμού κίνησης του κινητήρα, την ισχύ για να τεθούν σε λειτουργία, οι απαραίτητες βοηθητικές συσκευές όπως αντλία βενζίνης, αντλία νερού, αντλία λαδιού, ανεμιστήρας, αντλία έγχυσης, συμπιεστής σάρωσης και δυναμό (σε νεκρή λειτουργία). Η ωφέλιμη ισχύς μετράται με τις πένδες μέτρησης ισχύος.

3.5 Βαθμός απόδοσης και ειδική κατανάλωση καυσίμου

Ο βαθμός απόδοσης περιγράφει την σχέση δύο ισχυών. Αναφέρθηκε ήδη ο θερμικός βαθμός απόδοσης. Εκτός αυτού υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί βαθμοί απόδοσης, για την αξιολόγηση ενός κινητήρα. Ο βαθμός ποιότητας είναι ο λόγος της εσωτερικής ισχύος προς την ισχύ της ιδανικής μηχανής $n_g = P_i / P_l$ (P_l = ισχύς της ιδανικής μηχανής)

Αυτός ο λόγος δείχνει πόσο υψηλή είναι η ποιότητα της πραγματικής μηχανής, δηλαδή κατά πόσο πλησιάζει η πραγματική λειτουργία την ιδανική.

Εμπειρικές τιμές, κινητήρα Otto $n_g=0.4-0.7$, κινητήρα Diesel $n_g= 0.6-0.8$.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ή ενδεικνυόμενος βαθμός απόδοσης εκφράζεται από την σχέση της εσωτερικής ισχύος προς την παρεχόμενη θερμική ισχύ στο καύσιμο , $n_i = P_i / Q$ με $Q=KH_u$, K = κατανάλωση καυσίμου (ποσότητα καυσίμου στην μονάδα του χρόνου), H_u = ειδική θερμογόνος δύναμη του καυσίμου.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μπορεί επίσης να καθοριστεί και με την βοήθεια του θερμικού βαθμού απόδοσης και του βαθμού ποιότητας, με $n_{th}=P_i/Q$ και $n_g = P_i/P_l$ γίνεται $n_i = n_{th} n_g$.

Ο μηχανικός βαθμός απόδοσης περιλαμβάνει όλες τις απώλειες ισχύος εξαιτίας των τριβών, συμπεριλαμβανομένης και της ισχύος που είναι απαραίτητη για τη μετάδοση της κίνησης των βοηθητικών συσκευών. Υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση : $n_{th} = P_e / P_l$ και η τιμή του ανέρχεται στο 80%.

Ο ωφέλιμος βαθμός απόδοσης ή ενεργός βαθμός απόδοσης είναι ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος προς την παρεχόμενη θερμική ισχύ στο καύσιμο,

$n_e = P_e / (KH_u)$. Ο βαθμός αυτός παραγόμενος από τους επιμέρους βαθμούς απόδοσης είναι :

$$n_e = (P_e P_i P_l) / (P_i P_l KH_u) = n_m n_g n_{th} = n_m n_i$$

Για τον ωφέλιμο βαθμό απόδοσης λαμβάνονται οι ακόλουθες βέλτιστες τιμές, κινητήρας Otto $n_e = 0.25-0.30$, κινητήρας Diesel $n_e = 0.30-0.45$. Η επίτευξη των ανωτέρω βέλτιστων τιμών κατορθώνεται μόνο για συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας, σε διαφορετική περίπτωση ο βαθμός απόδοσης είναι χειρότερος. Στην λειτουργία εν κενώ (η ωφέλιμος ισχύς είναι ίση με μηδέν), ο ωφέλιμος βαθμός απόδοσης είναι επίσης μηδέν.

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου k_e , είναι εκείνη η κατανάλωση, που σχετίζεται με την ισχύ. Σαν ισχύ αναφοράς χρησιμοποιείται συνήθως η ωφέλιμη ισχύς, $k_e = K/P_e$. Για τα ανωτέρω μεγέθη χρησιμοποιούνται συνήθως οι μονάδες μέτρησης, K σε g/h, P_e σε kW, εκ των οποίων προκύπτει για την ειδική κατανάλωση καυσίμου η μονάδα μέτρησης g/kWh. Με την βοήθεια του τύπου για τον ωφέλιμο βαθμό απόδοσης προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση για την ειδική κατανάλωση καυσίμου : $n_e = P_e / (K H_u) = 1 / (k_e H_u)$ @ $k_e = 1 / (n_e H_u)$.

Με την προϋπόθεση ότι η ειδική θερμογόνος δύναμη H_u για την βενζίνη και για το πετρέλαιο είναι 42000 kJ/kg η ανωτέρω σχέση απλοποιείται ακόμη :

$$K_e = \frac{1}{n_e 42000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \frac{\text{kWh}}{3600 \text{ kJ}} \frac{\text{kg}}{1000 \text{g}}} = \frac{86 \left(\frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right)}{n_e}$$

Με τη χρήση των αναφερθέντων ωφέλιμων βαθμών απόδοσης καθώς και της ανωτέρω σχέσης, προκύπτουν οι ακόλουθες στρογγυλοποιημένες τιμές για την ειδική κατανάλωση καυσίμου, κινητήρας Otto $k_e = 345-285$ g/kWh, Diesel $k_e = 285-190$ g/kWh.

3.6 Μέση πίεση εμβόλου

Η επιφάνεια του ενδεικτικού διαγράμματος αντιστοιχεί στο αποδιδόμενο έργο ανά κύκλο λειτουργίας της μηχανής. Εάν διαμορφώσει κανείς αυτή την επιφάνεια σ' ένα ισοδύναμης επιφάνειας ορθογώνιο (ίσης διαδρομής εμβόλου), τότε το ύψος του ορθογώνιου αντιστοιχεί στην μέση πίεση εμβόλου. Με την βοήθεια αυτής της πίεσης μπορεί να γραφεί το αποδιδόμενο έργο ανά κύκλο λειτουργίας σ' έναν κύλινδρο ως εξής:

$$E = P_i V_i$$

P_i = μέση πίεση εμβόλου, μέση ενδεικτική πίεση εμβόλου

V_i = όγκος εμβολισμού

Η μέση πίεση εμβόλου μπορεί να χαρακτηριστεί και σαν ειδικό έργο εμβόλου. Σύμφωνα με την σχέση $p_i = E / V_h$, περιγράφεται η μέση πίεση εμβόλου σαν ένα έργο ανά όγκο εμβολισμού. Η μέση ενεργός πίεση εμβόλου p_e είναι ακριβώς όπως η μέση ενδεικνυόμενη πίεση εμβόλου p_i ένα καθαρά υπολογιστικό μέγεθος. Η εξίσωση της ωφέλιμης ισχύος, είναι:

$$P_e = p_e V_h z n_i$$

Η ωφέλιμος ισχύς και η εσωτερική ισχύς διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ισχύ των τριβών και είναι, $P_e = P_i \eta_m$ και επίσης $p_e = p_i \eta_m$. Η μέση ενεργός πίεση εμβόλου προκύπτει από την εξίσωση:

$$P_e = P_i / \eta_m$$

Για νέο-κατασκευασμένους κινητήρες υπολογίζονται εμπειρικές τιμές για την μέση ενεργό πίεση εμβόλου, με την βοήθεια της παραπάνω σχέσης. Η θερμογόνος δύναμη του μίγματος H_u είναι το ποσό της θερμότητας που απελευθερώνεται από την καύση 1 κανονικού κυβικού μέτρου μίγματος βενζίνης, πετρελαίου, αερίου και αέρα.

Ο όρος βαθμός παροχής π_1 είναι ο λόγος της, μετά την πλήρωση πραγματικής ευρισκόμενης μέσα στον κύλινδρο μάζας m_1 φρέσκου μίγματος, προς την θεωρητική μάζα πλήρωσης m_{th} ρ_a είναι η πυκνότητα του φρέσκου μίγματος στην πίεση και θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα και ρ_1 είναι η πυκνότητα του φρέσκου μίγματος στον κύλινδρο. Έχουμε $\rho_1/\rho_a = T_a \rho_1 / T_1 P_a$. T_a είναι η απόλυτη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα T_1 είναι η απόλυτη θερμοκρασία του μίγματος του κυλίνδρου P_a είναι η απόλυτη πίεση του εξωτερικού αέρα ρ_1 είναι η απόλυτη πίεση στον κύλινδρο.

Η θερμοκρασία T_1 είναι μεγαλύτερη της T_a διότι το φρέσκο μίγμα κατά την εισροή του θερμαίνεται στα θερμά τοιχώματα. Η πίεση p_1 είναι μικρότερη της P_a λόγω των απωλειών κατά την εισροή. Η υπόθεση ότι ο συμβολικός όγκος εμβολισμού πληρώνεται με φρέσκο μίγμα, επαληθεύεται για τον 4-χρονο κινητήρα. Στον 2-χρονο αναμειγνύεται κατά την σάρωση το φρέσκο μίγμα εν μέρει με τα καυσαέρια, με αποτέλεσμα ο συνολικός χώρος εμβολισμού να μην περιέχει καθαρό φρέσκο μίγμα.

Εμπειρικές τιμές, 4-χρονος κινητήρας $\pi_1 = 0.7-0.9$, 2-χρονος κινητήρας με συμπιεστή στροφαλοθαλάμου $\pi_1 = 0.5-0.7$. Για την εξαγωγή της εξίσωσης για την p_e γράφεται η σχέση για την ωφέλιμη ισχύ

$$P_e = Q \eta_m = Q \eta_{th} \eta_g \eta_m.$$

Η παρεχόμενη ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου είναι

$$Q = H_a m_1 \rho_o z \eta_i. \rho_o \text{ είναι η κανονποιημένη πυκνότητα του φρέσκου μίγματος.}$$

Με $m_1 = \pi_1 m_{th}$, και $m_{th} = \rho_a V_h$ γίνεται

$$Q = H_a \pi_1 \rho_a / \rho_o V_h z \eta_i. \text{ Το } Q \text{ τοποθετείται στην εξίσωση του}$$

$$P_e = \eta_{th} \eta_g \eta_m H_a \pi_1 \rho_a / \rho_o V_h z \eta_i$$

Για την ωφέλιμη ισχύ είναι επίσης γνωστή η σχέση $P_e = p_e V_h z \eta_i$.

Εξισώνονται οι δύο σχέσεις για το P_e οπότε προκύπτει η ζητούμενη εξίσωση για την μέση ενεργό πίεση εμβόλου: $p_e = \eta_{th} \eta_g \eta_m H_a \pi_1 (\rho_a / \rho_o)$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ TURBO - ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

4.1.1 Η ιστορία του turbo

Ο πρώτος υπερσυμπιεστής καυσαερίων κατασκευάστηκε από τον Ελβετό Δρ. Αλφρεντ Μπούτσι το 1909. Ο Μπούτσι εργαζόταν ως αρχιμηχανικός στην εταιρεία των αδελφών Σούλτζερ και μαζί τους παρουσίασε το 1915 επίσημα την πατέντα του, εφαρμοσμένη σε έναν πετρελαιοκινητήρα. Ωστόσο, η ανταπόκριση της βιομηχανίας της εποχής δεν ήταν η αναμενόμενη. Τα πράγματα όμως άλλαξαν, όταν η General Electric ξεκίνησε να φτιάχνει turbo, τα οποία αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σε πολεμικά αεροσκάφη του πρώτου, αλλά κυρίως του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Όλα αυτά μέχρι το 1954, όταν ο γνωστός κύριος Γκάρρετ εξέλιξε περαιτέρω την τεχνολογία και την εφάρμοσε στο Chevrolet Corvair Monza το 1962. Ήταν το πρώτο τουρμπισμένο αυτοκίνητο μαζικής παραγωγής.

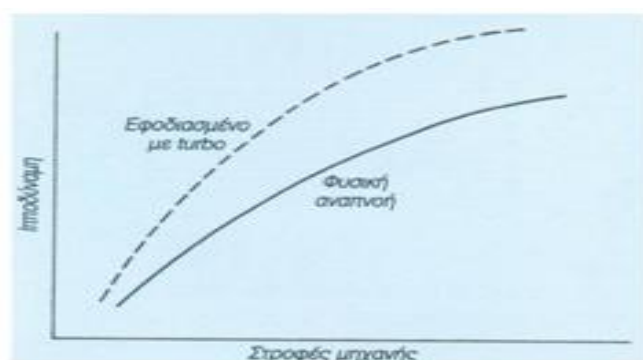


Εικόνα 4.1.1

Ένας κινητήρας τούρμπο έχει ως βασικό χαρακτηριστικό τα μεγάλα αποθέματα ροπής, ειδικά σε σχέση με έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα, που προσφέρει από χαμηλές στροφές λειτουργίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη καταπόνησή του, διότι δε χρειάζεται να περιστρέφεται στα όρια κατά τη διάρκεια που ο οδηγός χρειαστεί, για παράδειγμα, να πραγματοποιήσει μία προσπέραση. Η κατανάλωση των υπερτροφοδοτούμενων μηχανικών συνόλων παραμένει χαμηλή, όταν ο οδηγός δε διεγείρει το σύστημα του τούρμπο, ώστε να αποδώσει τη μέγιστη δύναμη.

4.1.2 Η λογική του τούρμπο

Το σύστημα του τούρμπο αφορά στην εισαγωγή και στην εξαγωγή ενός κινητήρα. Οι υπερτροφοδοτούμενοι κινητήρες συμπιέζουν μεγάλες ποσότητες αέρα, οι οποίες εισέρχονται στο εσωτερικό των κυλίνδρων. Αυτό παράλληλα σημαίνει ότι μπορεί ψεκαστεί από τα μπεκ μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου, με αποτέλεσμα τη δημιουργία περισσότερης δύναμης, που δημιουργείται από την έκρηξη της αναλογίας αέρα - καυσίμου σε κάθε κύλινδρο. Εικ.4.2.1



Σχήμα 1
Αύξηση της ισχύος μιας μηχανής με την αύξηση των στροφών. Η διακεκομμένη καμπύλη αφορά μηχανή εφοδιασμένη με turbo. Η αρχική ισχύς μιας μηχανής μπορεί να αυξηθεί μέχρι περίπου 50% με τη χρησιμοποίηση ενός turbo. Σε αγωνιστικά σκάφη η αύξηση της ισχύος του κινητήρα μπορεί να φτάσει το 300%, εις βάρος όμως της μακροζωίας της μηχανής.

Εικόνα 4.2.1

Οι πιο κοινές εφαρμογές υπερτροφοδότησης των κινητήρων πλέον είναι το **τούρμπο** και ο **κομπρέσορας**. Αν και στις δύο περιπτώσεις ο σκοπός είναι ο ίδιος, η υπερτροφοδότηση του κινητήρα δηλαδή με περισσότερο αέρα από ότι αναπνέει μόνος του από την ατμόσφαιρα (για αυτό και αποκαλείται ατμοσφαιρικός), οι αλλαγές είναι σημαντικές.

4.1.3 Οι διαφορές, τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα.

Η **μηχανική υπερσυμπίεση** ή αλλιώς ο κομπρέσορας αντλεί την ενέργειά του από το μοτέρ. Είναι συνδεδεμένος με αυτό μέσω ιμάντα και όσο πιο γρήγορα γυρνά ο κινητήρας τόσο αυξάνεται και η συμπίεση του αέρα. Αυτό χαρίζει πολύ καλή απόκριση στο μοτέρ στο πάτημα του γκαζιού αλλά από την άλλη κλέβει μέρος της ισχύς, καθώς αντλεί την ενέργειά του από το μοτέρ (αφού όπως είπαμε είναι συνδεδεμένο επάνω του).

Από την άλλη έχουμε το τούρμπο ή αλλιώς τον **υπερσυμπιεστή καυσαερίων**, ο οποίος παίρνει τα καυσαέρια από την εξαγωγή τα οποία με την σειρά τους προκαλούν την περιστροφή της φτερωτής της τουρμπίνας. Η περιστροφή αυτή συμπιέζει έτσι περισσότερο αέρα μέσα στους θαλάμους καύσης. Το σημαντικό σε αυτή την περίπτωση είναι πως το τούρμπο δεν κλέβει ενέργεια από το μοτέρ (καθώς δεν αντλεί την ενέργειά του από αυτό αφού είναι συνδεδεμένο στην εξαγωγή των καυσαερίων και όχι επάνω του όπως ο κομπρέσορας), αλλά από την άλλη έχει υστέρηση (lagόπως έχει καθιερωθεί να το ονομάζουμε) και για αυτό τον λόγο ειδικά στις χαμηλές στροφές, το μοτέρ δεν ακούει άμεσα στο πάτημα του γκαζιού.



Εικόνα 4.3.1 (Supercharger)

4.1.4 Βασικά εξαρτήματα Turbo

Κέλυφος συμπιεστή

Εδώ μέσα βρίσκεται ο συμπιεστής του αέρα και είναι η αλουμινένια κατασκευή με σχήμα σαλιγκαριού που όλοι συνδέουν με το τούρμπο. Είναι σφραγισμένο, με μια εισαγωγή στο κέντρο (αναρρόφηση) και μια εξαγωγή στο άκρο του σπιδράλ. Το κέλυφος του συμπιεστή καθαυτό, όπως και η εισαγωγή και η εξαγωγή του, μπορεί να διαφέρει τρομερά σε μέγεθος ανάλογα με το μέγεθος του συμπιεστή και την χρήση για την οποία προορίζεται.

Κέλυφος τουρμπίνας

Το κέλυφος της τουρμπίνας ή αλλιώς μαντέμι (για να αντέχει τις υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων), έχει παρόμοιο, σαλιγκαροειδές σχήμα με το κέλυφος του συμπιεστή. Είναι τοποθετημένο μεταξύ της πολλαπλής εξαγωγής και του συστήματος εξάτμισης. Η ροή καυσαερίων κινείται αντίθετα με την ροή αέρα στον συμπιεστή, με τα καυσαέρια να εισέρχονται από το άνοιγμα στο άκρο του σαλιγκαριού και να εξέρχονται μέσω της τρύπας στα κέντρο.

Φτερωτή συμπιεστή

Πρόκειται για μια φτερωτή που μέσω της περιστροφής της «ρουφά» τον αέρα μέσα στο κέλυφος του συμπιεστή και τον στέλνει στον κινητήρα.

Είναι συνδεδεμένη με σταθερό άξονα - που διαπερνά κάθετα το κέλυφος - με τη φτερωτή της τουρμπίνας. Έτσι όταν τα καυσαέρια περιστρέφουν την τουρμπίνα, εκείνη με την σειρά της περιστρέφει τον συμπιεστή.

Φτερωτή τουρμπίνας

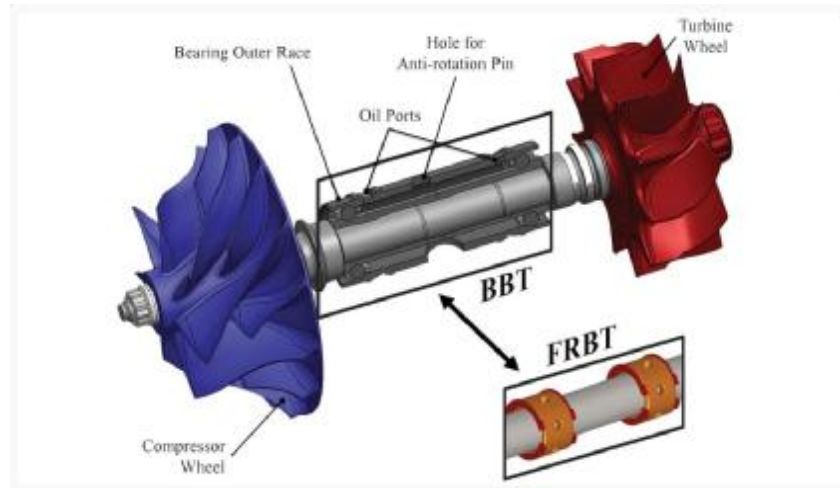
Η φτερωτή της τουρμπίνας είναι παρόμοιου σχεδίου με τον συμπιεστή. Τα καυσαέρια που ρέουν μέσα στα μαντέμι την περιστρέφουν και εκείνη περιστρέφει τον άξονα του συμπιεστή - και επομένως τον ίδιο τον συμπιεστή.

Κεντρικό σώμα

Το σώμα βρίσκεται στα κέντρο του τούρμπο, μεταξύ του συμπιεστή και της τουρμπίνας. Στην κορυφή του εισέρχεται από τον κινητήρα λάδι υπό πίεση, που ψύχει και λιπαίνει τον άξονα και τα ρουλεμάν τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα στο κέντρο του.

Άξονας τουρμπίνας

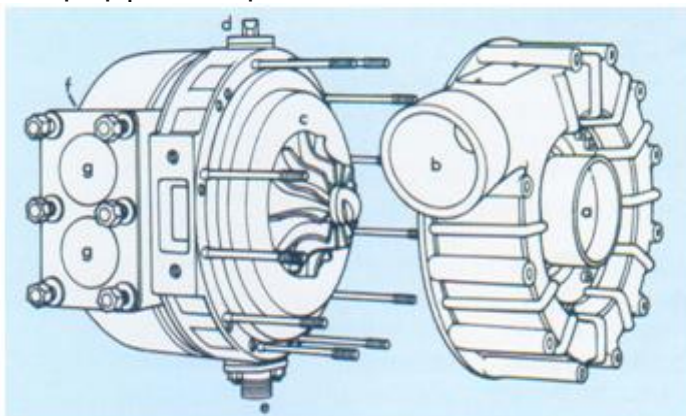
Ο άξονας αυτός συνδέει την τουρμπίνα με τον συμπιεστή. Μέσα στο σώμα, ο άξονας υποστηρίζεται από δύο ρουλεμάν ή δαχτυλίδια.



4.1.5 Μέρη Τουρμπο

Τα μέρη του turbo είναι τα εξής, όπως βλέπουμε και στο σχήμα 2:

1. Εισαγωγή αέρα από το φίλτρο.
2. Εξαγωγή αέρα προς τους κυλίνδρους της μηχανής μέσω turbocharger/heat exchanger.
3. Συμπιεστής.
4. Εισαγωγή λαδιού.
5. Εξαγωγή λαδιού.
6. Εξαγωγή τουρμπίνας.
7. Εισαγωγή καυσαερίων.



Σχήμα 2
Τα μέρη του turbo.

Ο αεροσυμπιεστής του turbo πρεσάρει τον αέρα και κατά συνέπεια αυξάνει τη θερμοκρασία του. Ψύχοντας τον αέρα πριν αυτός περάσει στους κυλίνδρους, μεγαλύτερη μάζα αέρα μπορεί να διοχετευτεί στη μηχανή, κάνοντας την κρίσιμη θερμοκρασία στην κεφαλή του πιστονιού να περιοριστεί, δίνοντας καλύτερη και ασφαλέστερη λειτουργία στον κινητήρα. Γι αυτό οι μηχανές θαλάσσης εφοδιασμένες με turbo έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα έναντι αυτών της στεριάς, μια και μπορούν να έχουν ψύξη από την κυκλοφορία θάλασσας, άρα και μικρότερο όγκο.

4.2 Βασικά περιφεριακά μέρη λειτουργίας Turbo

Wastegate Valve. Η wastegate είναι by pass βαλβίδα που παρακάμπτουν την τουρμπίνα. Από την ανάλυση της λειτουργίας του turbo που κάναμε προηγουμένως, γίνεται εμφανές ότι η πίεση υπερπλήρωσης αυξάνεται όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα (και κατά συνέπεια τα παραγόμενα καυσαέρια). Αυτό όμως δεν μπορεί να συνεχιστεί επ' άπειρον καθώς τόσο το turbo όσο και ο κινητήρας μας μπορούν να αντέξουν ορισμένη πίεση. Εκεί λοιπόν είναι αναγκαία η wastegate. Ο έλεγχός της γίνεται με ένα πνευματικό actuator που είναι συνδεδεμένο με την πολλαπλή εισαγωγής και ένα ελατήριο. Το ελατήριο κρατάει την wastegate κλειστή ενώ το πνευματικό έμβολο τείνει να την ανοίξει. Όσο η πίεση περιορίζεται στα νορμάλ επίπεδα, η δύναμη που ασκεί ο actuator δεν αρκεί για να υπερνικήσει την αντίσταση του ελατηρίου. Προφανώς, μόλις η δύναμη του actuator ξεπεράσει την αντίσταση του ελατηρίου, η βαλβίδα ανοίγει και τα καυσαέρια παρακάμπτουν την φτερωτή της τουρμπίνας, ελαττώνοντας την ταχύτητα περιστροφής της και κατά συνέπεια την πίεση υπερπλήρωσης (τα καυσαέρια που παρέκαμψαν την τουρμπίνα μπορεί να καταλήγουν είτε και πάλι στην εξάτμιση είτε απευθείας στο περιβάλλον. Όσο οι ιπποδυνάμεις ανεβαίνουν τόσο πιο πιθανή είναι η δεύτερη λύση).



Εικόνα 4.2.1 (εξωτερική wastegate)

Οι wastegates χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τις internal που αποτελούν μέρος του turbo και τις external που είναι εντελώς ξεχωριστά εξαρτήματα.

Η λειτουργία και των δύο είναι παρόμοια ωστόσο οι external έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και κάποιες ιδιαιτερότητες. Πρώτον, η τοποθέτηση external wastegate συνήθως απαιτεί χειροποίητη πολλαπλή εξαγωγής με ξεχωριστό σωλήνα που θα πηγαίνει προς αυτήν. Δεύτερον, είναι αρκετά μεγαλύτερες από τις internal επειδή δεν υπάρχει ο περιορισμός της ενσωμάτωσης στο turbo κάτι όμως που τις κάνει δύσχρηστες σε μικρά μηχανοστάσια.



Εικόνα 4.2.2 εσωτερική wastegate

Από εκεί και πέρα όμως έχει μόνο πλεονεκτήματα καθώς οι external wastegates είναι πολύ πιο ακριβείς στον έλεγχο και περιορισμό της πίεσης υπερπλήρωσης (ιδίως όταν αυτές συνεργάζονται με ηλεκτρονικό boost controller) αλλά και μας δίνουν την δυνατότητα (ακριβώς επειδή δεν είναι δομικό μέρος του turbo) να χρησιμοποιήσουμε turbo με μικρότερο A/R housing τουρμπίνας για ελαχιστοποίηση του lag.

Blow-off Valve. Αυτή η βαλβίδα (η οποία στην αργκό αναφέρεται ως σκάστρα) τοποθετείται ανάμεσα στην έξοδο του συμπιεστή και την πεταλούδα του γκαζιού. Ο σκοπός ύπαρξής της είναι απλός: η εκτόνωση του περισσευούμενου συμπιεσμένου αέρα όταν κλείνει η πεταλούδα του γκαζιού. Εξαιτίας της αδράνειας της φτερωτής του turbo, κατά την μετάβαση από επιτάχυνση σε κλειστή πεταλούδα γκαζιού (πχ κατά το ανέβασμα ταχύτητας στο κιβώτιο) αυτό εξακολουθεί να στέλνει συμπιεσμένο αέρα προς τον

κινητήρα. Όμως η κλειστή πεταλούδα τον εμποδίζει από το να εισέλθει στην πολλαπλή εισαγωγής, η πίεση στο σύστημα εισαγωγής αυξάνεται επικίνδυνα και ένα κενό δημιουργείται στην άλλη πλευρά της πεταλούδας. Η δουλειά της blow-off βαλβίδας είναι να ανιχνεύει αυτό το κενό και μηχανικά να ανοίγει εκτονώνοντας την πίεση.

Εδώ να ανοίξουμε μία παρένθεση για να εξηγήσουμε την αναγκαιότητα ύπαρξης ενός τέτοιου μηχανισμού. Αν δεν υπήρχε η blow-off βαλβίδα τότε το turbo μας θα «έμπαινε» σε κατάσταση surge. Με απλά λόγια, surge συμβαίνει όταν η πίεση αμέσως μετά τον συμπιεστή του turbo είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη πίεση που μπορεί να παράγει ο συμπιεστής. Αυτό προκαλεί την ροή του αέρα να «οπισθοδρομήσει», να αυξηθεί περεταίρω η πίεση και να stallάρει ο συμπιεστής. Σε ακραίες περιπτώσεις, ή σε επανειλημμένο stallάρισμα, τα ρουλεμάν της φτερωτής μπορεί να καταστραφούν ή ακόμα και να ραγίσει το housing του συμπιεστή.



Εικόνα 4.2.3 (σκάστρα)

Ένα μειονέκτημα της σκάστρας είναι ότι εκτονώνει τον αέρα στην ατμόσφαιρα. Αυτό προκαλεί ένα μπέρδεμα στον MAF σένσορα ο οποίος δίνει σήμα στον εγκέφαλο ότι αυτός ο αέρας θα πάει προς την μηχανή ο οποίος με την σειρά του στέλνει επιπλέον καύσιμο μέσω των μπεκ. Ο αέρας όμως είναι στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να υπάρχει περίσσεια καυσίμου στους κυλίνδρους, χωρίς τον απαραίτητο αέρα για να γίνει η καύση επομένως αυτή η περίσσεια πηγαίνει άκαυτη προς την εξάτμιση. Αυτός είναι και ο λόγος που βλέπουμε ορισμένα -βελτιωμένα- αμάξια στο άφημα του γκαζιού να εκτοξεύουν φλόγες μισού μέτρου από την εξάτμιση.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν και οι «εκτροπείς» -diverters ή by-pass βαλβίδες-. Αυτοί, σε αντίθεση με τις απλές σκάστρες που εκτονώνουν τον αέρα στην ατμόσφαιρα, παίρνουν αυτόν τον αέρα και τον καθοδηγούν πίσω από τον συμπιεστή. Με αυτή την κίνηση, η ροή του αέρα διατηρείται σταθερή, η φτερωτή επιβραδύνει σταδιακά και ο MAF σένσορας λειτουργεί κανονικά χωρίς μπερδέματα. Κάποιοι αναφέρονται σε αυτού του είδους τις βαλβίδες ως σκάστρες κλειστού τύπου (λόγω της έλλειψης του χαρακτηριστικού ήχου) αλλά αυτό το όνομα δεν είναι απολύτως σωστό.

Intercooler. Το intercooler είναι μία συσκευή ανταλλαγής θερμότητας που χρησιμοποιείται σε υπερτροφοδοτούμενα σύνολα. Η ενσωμάτωση του στο σύστημα δεν είναι απαραίτητη (θα δείτε αρκετά υπερτροφοδοτούμενα μοντέλα να κυκλοφορούν χωρίς intercooler) αλλά σίγουρα είναι ευεργετική για την απόδοση του κινητήρα. Όπως είπα και πριν, αναφερθήκαμε στην λειτουργία του intercooler στο προηγούμενο κομμάτι, σε αυτό όμως θα γίνουμε λίγο πιο «επιστημονικοί». Μέσω λοιπόν σχεδόν ισοβαρούς ψύξης (ισοβαρής = σταθερή πίεση) επιτυγχάνει αύξηση της πυκνότητας του συμπιεσμένου από το turbo αέρα και κατά συνέπεια βελτιώνει την ογκομετρική απόδοση του κινητήρα μας. Ο κρύος αέρας εκτός από μεγαλύτερη πυκνότητα (μάζα ανά μονάδα όγκου), έχει και μεγαλύτερη ικανότητα για αντίσταση στην προανάφλεξη. Αυτή ακριβώς η ιδιότητα δίνει στον εκάστοτε προγραμματιστή της ECU του αυτοκινήτου την δυνατότητα να είναι ελαφρώς πιο «τολμηρός» όσον αφορά τους χάρτες προπορείας και ανάφλεξης με άμεσο κέρδος στην απόδοση του κινητήρα μας ενώ παράλληλα αφαιρεί την ανάγκη για ψύξη του εισερχόμενου αέρα με ψεκάσμό επιπλέον καυσίμου με οφέλη τόσο στην κατανάλωση όσο και στην απόδοση. Το μοναδικό αρνητικό που μπορεί κάποιος να πει ότι έχει η χρήση του intercooler είναι μια μικρή πτώση στην πίεση η οποία είναι αποτέλεσμα της ροής του αέρα από τις επιπλέον σωληνώσεις, αν όμως είναι κατασκευασμένο σωστά, η πτώση της θερμοκρασίας που καταφέρνει, υπερκαλύπτει την απώλεια στην πίεση. Οι δύο κύριες κατηγορίες intercooler είναι τα αερόψυκτα (air-to-air) και τα υδρόψυκτα (air-to-liquid) intercoolers. Η διαφορά τους είναι εμφανής: η μία κατηγορία χρησιμοποιεί τον αέρα ως ψυκτικό μέσο ενώ η άλλη χρησιμοποιεί κάποιου είδους υγρό (συνήθως νερό από το ψυκτικό κύκλωμα του κινητήρα). Το πλεονέκτημα που έχουν τα υδρόψυκτα σε σχέση με τα αερόψυκτα είναι ότι λόγω του μικρότερου μήκους των σωληνώσεων αλλά και του intercooler γενικότερα, προσφέρει ταχύτερη απόκριση (λιγότερο turbo lag) και ταχύτερη απόδοση μέγιστης πίεσης.



Εικόνα 4.2.4 Εμπρόσθιο intercooler

Από εκεί και πέρα τα intercoolers διαφοροποιούνται όσον αφορά το μέρος τοποθέτησης τους. Έτσι έχουμε τα side mounted intercoolers, με τοποθέτηση στο πλάι της μάσκας του αυτοκινήτου συνήθως εμπρός από τον τροχό για να ψύχεται από τον αέρα που το χτυπάει. Κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι κάποια VW αλλά και το Audi TT. Στη συνέχεια έχουμε τα front mounted intercoolers με τη συσκευή να είναι τοποθετημένη στο κέντρο της μάσκας του αυτοκινήτου (βλ. Nissan Skyline, Mitsubishi Lancer Evolution κ.ά.) και τέλος έχουμε τα top mounted intercoolers όπου το intercooler είναι τοποθετημένο πάνω από τον κινητήρα.



Εικόνα 4.2.5 Intercooler στο άνω μέρος

Σε αυτή τη διάταξη, επειδή το intercooler έχει να αντιμετωπίσει και την θερμότητα που εκπέμπει ο κινητήρας, ο κατασκευαστής επιλέγει την ενσωμάτωση και κάποιου αεραγωγού σε κάποιο σημείο στο καπό για να στέλνει φρέσκο αέρα απευθείας στο intercooler. Παραδείγματα για αυτή τη διάταξη είναι το Mini Cooper S αλλά και το Subaru Impreza WRX. Κάθε διάταξη έχει φυσικά και κάποια μειονεκτήματα πχ, τα front mounted intercoolers είναι εξαιρετικά ευάλωτα σε πετραδάκια ή άλλου είδους ιπτάμενα αντικείμενα από τον δρόμο που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά, τα side mounted έχουν τον περιορισμό του μεγέθους εξαιτίας του περιορισμένου χώρου μπροστά από τον τροχό ενώ τα top mounted είπαμε, έχουν να αντιμετωπίσουν την εκπεμπόμενη από τον κινητήρα θερμότητα αλλά στην τελική είναι επιλογή του κατασκευαστή ή του ιδιοκτήτη να ζυγίσει τα συν και τα πλην και να αποφασίσει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Προβλήματα Υπερτροφοδότη

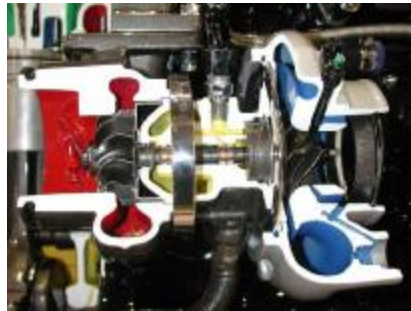
Υψηλές θερμοκρασίες. Η πολλαπλή εξαγωγή εκπέμπει μεγάλα ποσά θερμότητας, το μπλοκ του κινητήρα το ίδιο. Οι υψηλές θερμοκρασίες για την μηχανολογία είναι κάτι σαν τον Σατανά και το να έχεις ένα ακόμα μεταλλικό αντικείμενο το οποίο εκπέμπει τεράστια ποσά θερμότητας δεν είναι και ιδανικό, ούτε για την απόδοση του κινητήρα αλλά ούτε για την μακροζωία του. Και δεν είναι μόνο η εξωτερική θερμοκρασία. Η λειτουργία του turbo προκαλεί αύξηση στη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα **μέσα** στη μηχανή. Όσον αφορά το δεύτερο, η λύση έρχεται με την ενσωμάτωση ενός intercooler στο σύστημα. Αυτό υποδέχεται τον θερμό συμπιεσμένο αέρα από το turbo, τον ψύχει και τον στέλνει προς τους κυλίνδρους, αυξάνοντας την απόδοση και βελτιώνοντας την λειτουργία του κινητήρα (περισσότερα όμως για τα intercoolers σε επόμενο άρθρο). Για τις αυξημένες θερμοκρασίες γενικότερα στο μηχανοστάσιο οι λύσεις είναι σχετικά περιορισμένες και το μόνο που κάνουν είναι να αμβλύνουν το πρόβλημα και όχι να το εξουδετερώνουν. Μονωτικά υλικά, κεραμικές επιστρώσεις και άλλου είδους ασπίδες φροντίζουν να κάνουν την ζωή των υλικών κάπως πιο εύκολη χωρίς όμως ποτέ να «εξαφανίζουν» το πρόβλημα.



Εικόνα 5.1.1

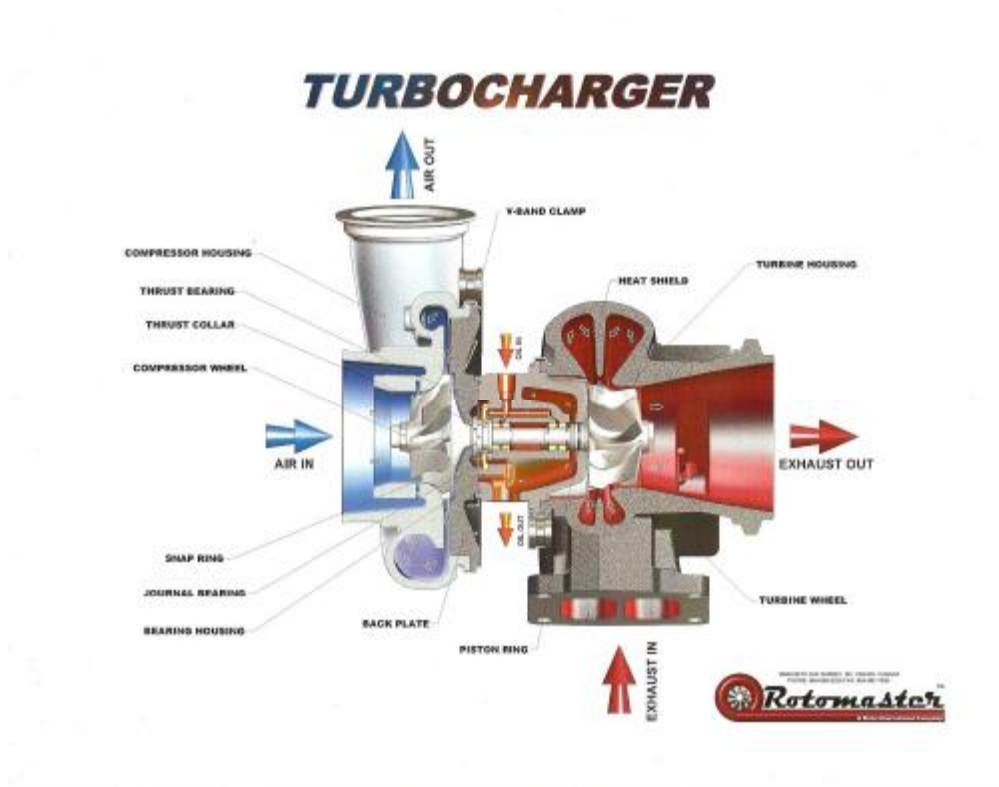
Turbo Lag. Δύο λέξεις που οι περισσότεροι από εμάς έχουμε πει, οι περισσότεροι ξέρουμε τι σημαίνουν. Είναι η υστέρηση που εμφανίζουν οι υπερτροφοδότες καυσαερίων από την στιγμή που θα δώσουμε την εντολή μέσω του γκαζιού για δύναμη από τον κινητήρα μέχρι τη στιγμή που αυτή η δύναμη θα έρθει πραγματικά. Αυτός ο χρόνος ανάλογα με το μέγεθος του turbo, την τεχνολογία που χρησιμοποιεί αλλά και το πόσο σύγχρονο είναι ποικίλει από μερικά δέκατα έως και μερικά δευτερόλεπτα. Εκτός του ότι είναι εξαιρετικά επικίνδυνο είναι και φοβερά εκνευριστικό! Η φτερωτή που υποδέχεται τα καυσαέρια και παίρνει κίνηση από αυτά έχει κάποιο βάρος, πολύ μικρό συνήθως αλλά όχι αμελητέο. Επομένως έχει αδράνεια και χρειάζεται συγκεκριμένη ροή καυσαερίων για να υπερνικηθεί η αδράνεια και να κινηθεί η φτερωτή που θα δώσει κίνηση στην φτερωτή του συμπιεστή και

το turbo θα αρχίσει να ανεβάζει πίεση. Όταν η πεταλούδα του γκαζιού δεν είναι ανοικτή, η τουρμπίνα περιστρέφεται πολύ πιο αργά από όσο θα έπρεπε γιατί τα καυσαέρια δεν είναι αρκετά (για να το πούμε λίγο καλύτερα, η κινητική των καυσαερίων δεν επαρκεί). Όταν δώσουμε εντολή για ισχύ και ανοίξει η πεταλούδα, χρειάζεται κάποιος χρόνος έως ότου ο όγκος των καυσαερίων που απαιτείται συγκεντρωθεί και η τουρμπίνα αναπτύξει πλήρη πίεση. Αυτό είναι το turbo lag. Τρόποι αντιμετώπισης υπάρχουν (βλ. anti-lag systems, twin-scroll τουρμπίνες κ.ά.)



Εικόνα 5.1.2

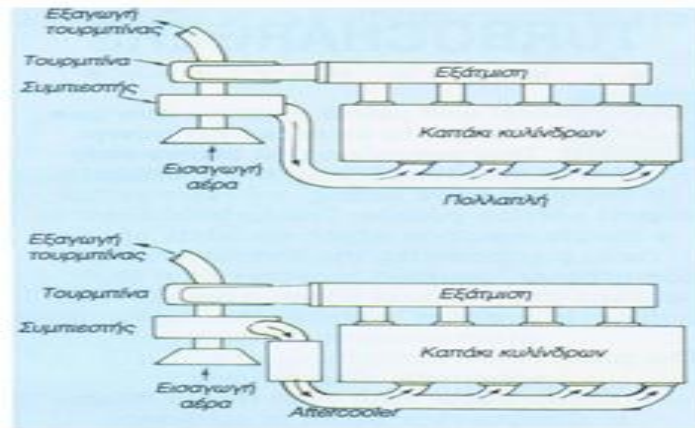
Αυξημένη κατανάλωση. Τα προηγούμενα χρόνια η χρήση των turbo περιοριζόταν μόνο ως λύση στην ανάγκη για περισσότερη ισχύ. Δυστυχώς όμως η τεχνολογία τα προηγούμενα χρόνια δεν ήταν στο σημείο που είναι τώρα άρα ίσχυε το ρητό «περισσότερα άλογα = περισσότερο καύσιμο = αυξημένη κατανάλωση». Και δεν ήταν μόνο αυτό. Οι κατασκευαστές «χρησιμοποιούσαν» την αύξηση στην ποσότητα της βενζίνης που ψεκαζόταν στον κινητήρα για να αντιμετωπίσουν και άλλα προβλήματα όπως η προανάφλεξη, τα πειράκια κ.ά. με αποτέλεσμα η κατανάλωση ενός turbo κινητήρα εποχής να είναι σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα. Όμως η τεχνολογία προχώρησε. Αναπτύχθηκαν νέας μορφής turbo, νέας μορφής τροφοδοσία (βλ. άμεσο ψεκασμό), επίσης κάναμε άλματα στην ηλεκτρονική διαχείριση του κινητήρα με τις ECU και τα συστήματα που αυτές ενσωματώνουν και τώρα τα turbo είναι κοινός τόπος και λύση όχι μόνο στην ανάγκη για αύξηση της ισχύος ενός κινητήρα αλλά και στην ανάγκη για μείωση της κατανάλωσης και περιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων. Γι' αυτό και πλέον παρατηρούμε τους υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες να είναι στην γκάμα των περισσότερων μοντέλων της αγοράς και να είναι μπροστάρηδες στην εποχή του downsizing (χωρίς αυτά μάλλον δεν θα υπήρχε downsizing).



5.2 Προληπτικά μέτρα και προστασία συστήματος υπερτροφοδότησης

1. Πριν ξεκινήσουμε μια καινούρια μηχανή ή μετά από γενική επισκευή, τοποθετούμε ένα φίλτρο στην είσοδο του λαδιού, που έχει σαν σκοπό τη λίπανση του ρουλεμάν. Το φίλτρο αυτό, που αλλάζουμε μετά από ορισμένες ώρες λειτουργίας, χρησιμοποιείται πριν η μηχανή πάρει όλο το φορτίο της.
2. Αν η μηχανή δεν έχει δουλέψει για αρκετό διάστημα, παράδειγμα για ένα μήνα, χρειάζεται να λαδώσουμε τα ρουλεμάν με το λαδικό, από το ειδικό σημείο λίπανσης του turbo.
3. Δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση να σβήσουμε τη μηχανή, μόλις σταματήσουμε. Το turbo έχει αυξημένη θερμοκρασία και στροφές, που η απότομη πτώση τους μπορεί να προκαλέσει ζημιά. Είναι απαραίτητη η λειτουργία της μηχανής στο ρελαντί για τόσο χρόνο, όσο χρειάζεται να φτάσει το turbo στις ελάχιστες στροφές και ελάχιστη θερμοκρασία, δηλαδή τουλάχιστον πέντε λεπτά άλλωστε θα πρέπει να συνηθίσουμε να σβήνουμε τη μηχανή Diesel αφού κρυώσει, γύρω στα πέντε λεπτά, ακόμα και αν δεν είναι εφοδιασμένη με turbo.

4. Θα πρέπει να παρακολουθούμε συνέχεια την πίεση του λαδιού της μηχανής, που είναι εφοδιασμένη με turbocharger (για παράδειγμα 30 lb/in², για πλήρες φορτίο). Αν η ένδειξη του μανόμετρου είναι χαμηλότερη, θα πρέπει να κάνουμε έλεγχο, για να εντοπίσουμε το πρόβλημα και να αποκατασταθεί η πίεση, διαφορετικά η βλάβη, που μπορεί να προξενηθεί είναι άμεση.



Σχήμα 3
Δυο περιπτώσεις εγκατάστασης και λειτουργίας turbo σε κάτοψη της μηχανής, στη δεύτερη με aftercooler.

5.2.1 Συντήρηση

1. Καθαρίζουμε το φίλτρο του αέρα σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Αν η μηχανή δουλεύει σε περιβάλλον, που δεν είναι καθαρό, επιβάλλεται συχνότερος καθαρισμός.
2. Ελέγχουμε τακτικά τα συστήματα εισαγωγής και εξάτμισης για διαρροές ή φθορές στις ενώσεις των σωληνώσεων. Οποιαδήποτε φθορά ή διαρροή επιβάλλεται να διορθώνεται άμεσα, με μεγάλη σχολαστικότητα στο λύσιμο και δέσιμο.
3. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης, παίρνουμε προσεκτικά μέτρα για να μην πέσει σκόνη, σκουπίδια ή μικροαντικείμενα στα συστήματα εισαγωγής και εξάτμισης, γιατί μπορεί να καταστρέφουν το συμπιεστή και την τουρμπίνα.
4. Αν τύχει να αντικαταστήσουμε την πολλαπλή της μηχανής, καλό είναι να προτιμήσουμε μια του ιδίου τύπου. Οι μηχανές εφοδιασμένες με turbo έχουν πολλαπλές από ειδικό κράμα, που δεν σκουριάζει, ούτε σπάει σε

μικρά κομμάτια. Τα τρίμματα μιας σπασμένης πολλαπλής θα αναρροφηθούν από το turbo με συνέπεια τη ζημιά του.

5. Ελέγχουμε αν οι σωλήνες του λαδιού του turbo είναι φραγμένες ή κατεστραμμένες. Εξετάζουμε με προσοχή το εσωτερικό του κυλίνδρου της εξόδου του λαδιού, όταν αλλάζουμε λάδια.

6. Ελέγχουμε τον αναπνευστήρα του κάρτερ του λαδιού και τον συντηρούμε όπως προβλέπει ο κατασκευαστής.

7. Χρησιμοποιούμε πάντα λάδια γνωστών οίκων, του βαθμού που προβλέπει ο κατασκευαστής.

8. Ελέγχουμε μήπως η εξάτμιση είναι φραγμένη ή κατεστραμμένη, γιατί κάτι τέτοιο θα ανεβάσει την πίεση στην εξάτμιση και θα πέσει η απόδοση της μηχανής.

9. Αν διαπιστώσουμε κάποια κακή λειτουργία του turbo αυτή μπορεί να οφείλεται σε κάποιο σκουπίδι στα ρουλεμάν. Θα το καταλάβουμε αν αλλάξει ο ήχος του. Στρέφουμε με το χέρι το turbo για να ελευθερωθεί το σκουπίδι.

5.2.2 Σημεία ιδιαίτερης προσοχής

1. Οι κραδασμοί από την κύρια μηχανή πολλές φορές έχουν σαν συνέπεια να παθαίνουν ζημιά οι ενώσεις των σωληνώσεων του αέρα και του λαδιού λίπανσης. Καθημερινά θα πρέπει να ελέγχουμε για διαρροές στα παραπάνω, αλλά και στην κυκλοφορία του νερού, αν το turbo μας είναι υδρόψυκτο.

2. Φραγμένα φίλτρα αέρα, ασυγχρόνιστες αντλίες πετρελαίου και υπερβολική αντίθλιψη στο σύστημα εξαγωγής, που προκαλεί μερικό φράξιμο, μπορεί να κάνει το turbo να καπνίζει.

3. Το ξαφνικό σταμάτημα του turbo από έλλειψη λίπανσης ή υπερβολικό παίξιμο του άξονα, μπορεί να προκαλέσει ζημιά στα στρεφόμενα μέρη του, που συνήθως κτυπούν στο κάλυμμα.

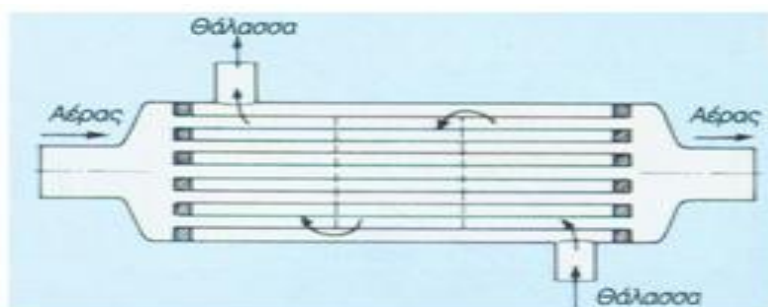
4. Αν υπάρχει ανάγκη και εφόσον δεν υπάρχουν σκουπίδια, είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε τη μηχανή για μικρό χρονικό διάστημα, σε χαμηλές όμως στροφές.

5. Ο καθαρός αέρας είναι το παν για το turbocharger. Οι τεράστιες ποσότητες αέρα, που μπαίνουν στον αεροσυμπιεστή, επιβάλλουν να είμαστε σχολαστικοί στην καθαρότητά του. Ελέγχουμε συχνά τις ελαστικές σωληνώσεις μεταξύ του φίλτρου του αέρα και του συμπιεστή. Καταλαβαίνετε τι συμβαίνει όταν ένα κομματάκι περάσει μέσα! Με τις στροφές, που στρέφεται, θα το τινάξει.

6. Μάθετε πώς αφαιρείται το κάλυμμα του συμπιεστή. Έτσι μόνο θα μπορείτε να καθαρίζετε συχνά τα στρεφόμενα μέρη.

7. Η τουρμπίνα, ο συμπιεστής και ο άξονας είναι κατασκευασμένο με πολύ μικρές ανοχές, γι'αυτό θέλουν χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας. Ελέγχουμε, λοιπόν, τακτικά το ψυγείο για να βεβαιωθούμε πως λειτουργούν κανονικά.

8. Η λίπανση του turbo, ειδικά επειδή λειτουργεί σε πολλές στροφές, χρειάζεται μεγάλη προσοχή. Με μεγάλη σχολαστικότητα πρέπει να αλλάζουμε τα φίλτρα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και να χρησιμοποιούμε πάντα λάδια καλής ποιότητας, όπως είπαμε παραπάνω, ειδικά για μηχανές εφοδιασμένες με turbocharger.



Σχήμα 4

Το aftercooler είναι ένα ψυγείο του αέρα, που κατεβάζει τη θερμοκρασία του πριν αυτός διοχετευτεί μέσω της πολλαπλής στους κυλίνδρους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ

6.1 Τροφοδοσία καυσίμου μείγματος βενζινοκινητήρα.

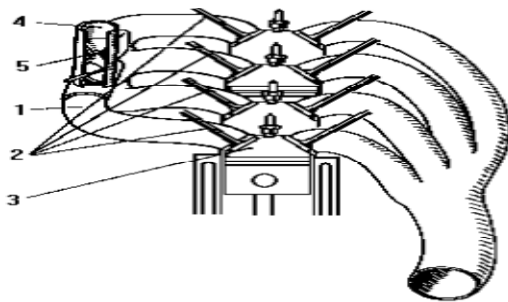
Ο κύριος σκοπός του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου είναι να τροφοδοτήσουμε τον κινητήρα μ' ένα μίγμα αέρα και βενζίνης (καύσιμο μείγμα). Η αναλογία καυσίμου-αέρα πρέπει να είναι η κατάλληλη ώστε η καύση που πραγματοποιείται να καλύπτει όλες τις φάσεις λειτουργίας του κινητήρα.

Αυτός ο κύριος σκοπός πρέπει να επιτευχθεί σε κάθε μηχανή εσωτερικής καύσης, παρόλο που οι κινητήρες από μόνοι τους μπορεί να είναι πολύπλοκοι κι ένα σύστημα τροφοδοσίας δεν αρκεί από μόνο του για να δώσει τη σωστή λύση για κάθε τύπο κινητήρα. Οι εικόνες 1.1 και 1.2 δείχνουν και τις δύο μεθόδους τροφοδότησης των καυσίμων, έτσι ώστε τα δύο συστήματα να μπορέσουν να συγκριθούν. Στην πρώτη εικόνα φαίνεται ο εξαερωτήρας (καρμπυρατέρ) ενώ η δεύτερη δείχνει μια περιγραφή του συστήματος ψεκασμού βενζίνης.

6.2.1 Σύστημα τροφοδοσίας με εξαερωτήρα (καρμπυρατέρ).

Συνοπτικά, χρησιμοποιώντας το υπάρχον κενό που δημιουργεί ο κάθε κύλινδρος στην πολλαπλή εισαγωγής (1), το καρμπυρατέρ δημιουργεί ένα μείγμα από βενζίνη και αέρα, με τον παρακάτω τρόπο (εικόνα 11).

Όταν μια απ' τις βαλβίδες εισαγωγής (2) ανοίγει, το εσωτερικό του κυλίνδρου έρχεται σ' επαφή με την ατμόσφαιρα δια μέσου του καρμπυρατέρ. Με την κάθοδο του εμβόλου, δημιουργείται ένα κενό το οποίο προσπαθεί να καλύψει ο ατμοσφαιρικός αέρας. Αυτό προκαλεί μια ορμητική ροή του αέρα δια μέσου του καρμπυρατέρ (4). Ο αέρας αυτός κυκλοφορώντας δια μέσου του καρμπυρατέρ αναρροφά τη βενζίνη μέσω του σωλήνα ροής - βεντούρι (5). Η βενζίνη περνάει μέσα από το λεπτό ακροφύσιο ψεκασμού, σαν ένα είδος ομίχλης κι έτσι δημιουργείται το μείγμα αέρα/βενζίνης προς καύση.



Εικόνα 6.2.1 Εξαερωτήρας
(καρμπυρατέρ)

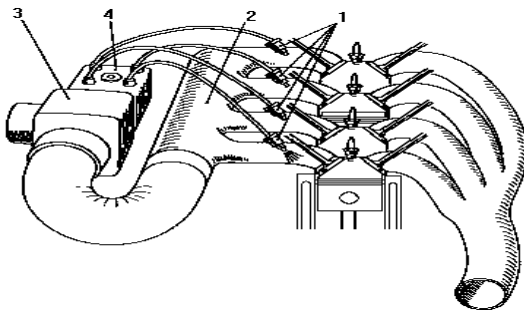
1. Πολλαπλή εισαγωγή
2. Βαλβίδες εισαγωγής
3. Χώρος καύσης
4. Είσοδος αέρα
5. Σωλήνας venturi

Αυτό το μείγμα εισέρχεται στο θάλαμο καύσης (3) όπου και συντελείται η καύση, με τη συμπίεση του μείγματος και τον ηλεκτρικό σπινθήρα που παράγεται απ' το μπουζί. Σ αυτό το σημείο, θα πρέπει να τονίσουμε ότι, χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο τροφοδοσίας καυσίμων στη μηχανή, ο αέρας είναι εκείνος που καθορίζει πόση βενζίνη θα υπάρχει τελικά στο μείγμα που πηγαίνει στο θάλαμο καύσης.

6.2.2 Σύστημα έγχυσης βενζίνης

Στην εικόνα 1.2 μπορούμε να δούμε ότι υπάρχει ένα μπεκ (1) για κάθε κύλινδρο. Υπάρχει βέβαια και σύστημα ψεκασμού που έχει μόνο ένα μπεκ για όλους τους κυλίνδρους. Επίσης, θα πρέπει να θυμόμαστε ότι, σ' αυτή την περίπτωση, το ποσό της βενζίνης που ψεκάζεται από κάθε μπεκ, δεν εξαρτάται απ' την πολλαπλή εισαγωγή (2), αλλά από έναν άλλο μηχανισμό. Επίσης, η έρευνα στον τομέα των μπεκ έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε το μπεκ βενζίνης που χρησιμοποιείται σ' αυτό το σύστημα, είναι πολύ αποτελεσματικότερο απ' αυτό που συναντήσαμε στο σύστημα με το καρμπυρατέρ. Αυτό σημαίνει ότι το μείγμα αέρας- καυσίμου έχει βελτιωθεί πολύ κι εξαιτίας αυτού η καύση είναι περισσότερο αποδοτική.

Το σύστημα ψεκασμού βενζίνης χρησιμοποιεί ένα μετρητή ροής αέρα (3), ο οποίος μετράει την ποσότητα του αέρα που εισέρχεται στην πολλαπλή εισαγωγής κι έτσι υπολογίζεται το ποσό βενζίνης που είναι αναγκαίο για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του κινητήρα. Εξαιτίας της προόδου που έχει γίνει στην ανάπτυξη αυτού του μετρητή ροής αέρα, μπορεί να πληροφορήσει το διανομέα καυσίμου (4) και τελικά να προσδιοριστεί ακριβώς η ποσότητα της βενζίνης που πρέπει να ψεκαστεί, ώστε το μείγμα να ανταποκρίνεται ακριβώς στις απαιτήσεις της μηχανής.

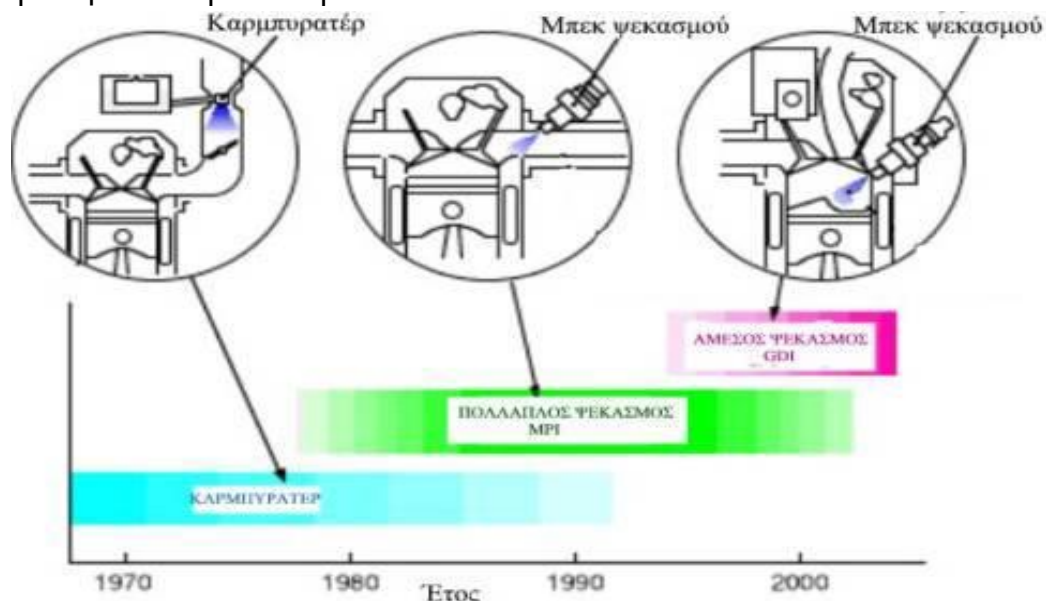


Εικόνα 6.2.2 Σύστημα ψεκασμού βενζίνης

1. Ψεκαστήρας (μπεκ)
2. Πολλαπλή εισαγωγής
3. Μετρητής ροής αέρα,
4. Διανομέας

6.2.3 Συστήματα πολλαπλού και άμεσου ψεκασμού βενζινοκινητήρων.

Στα χρόνια απ' τη δεκαετία του 80 και μετέπειτα, έχουμε δει πολύ σημαντικές εξελίξεις στην ανάπτυξη των κινητήρων. Σ αυτό συνετέλεσε αφενός η ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής και των επεξεργαστών κι αφετέρου η θέσπιση πολύ αυστηρών ορίων εκπομπής ρύπων τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.



Εικόνα 6.2.3 Σύγκριση συστημάτων τροφοδοσίας καυσίμου.

Στο τμήμα της τροφοδοσίας καυσίμου το καρμπυρατέρ αντικαταστάθηκε απ' τον ψεκασμό, αρχικά μ' ένα μπεκ να ψεκάζει πριν την πεταλούδα γκαζιού (μονός ψεκασμός- single point) και στη συνέχεια με πολλά μπεκ, ένα για κάθε κύλινδρο, που ψεκάζει πριν την αντίστοιχη βαλβίδα εισαγωγής (πολλαπλός ψεκασμός- multi point injection – MPI) (εικόνα 6.2.3).

Ο πολλαπλός ψεκασμός είναι σήμερα πια το κλασικό σύστημα που εφαρμόζεται στην πλειονότητα των βενζινοκινητήρων και προσφέρει πολύ καλή απόδοση και έλεγχο των εκπεμπόμενων ρύπων. Παρόλα αυτά, οι συνεχώς αυστηρότερες διατάξεις για τα όρια εκπομπής ρύπων και ο ανταγωνισμός των αυτοκινητοβιομηχανιών οδηγεί την έρευνα στην ανάπτυξη όλο και πιο βελτιωμένων τύπων κινητήρων. Μια καινοτομία που υπόσχεται πολλά, είναι οι βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού (Gasoline Direct Injection – GDI ή High Pressure injection - HPI).

6.2.4 Βενζινοκινητήρες ψεκασμού.

Γενικά

Όπως αναφέραμε παραπάνω, η τροφοδοσία καυσίμου σε βενζινοκινητήρες μέσω ψεκασμού, μονού ή πολλαπλού και ειδικά άμεσου ψεκασμού, επιφέρει οικονομία στην κατανάλωση του καυσίμου και μείωση των καυσαερίων.

Ο δρόμος για την κατασκευή ακόμη πιο οικονομικών σε καύσιμο κινητήρων (άρα και με λιγότερη παραγωγή CO₂), περνάει απ' τους κινητήρες πολύ φτωχού μείγματος. Το πρόβλημα είναι, ότι ένα πολύ φτωχό μείγμα με λόγο αέρα προς βενζίνη 30:1 (σε αντίθεση με το στοιχειομετρικό 14:1 που χρησιμοποιούν οι συμβατικοί MPI), δεν είναι αναφλέξιμο σε όλη την περιοχή των στροφών του κινητήρα.

Μία λύση είναι να πετύχουμε διαστρωμάτωση του μείγματος μέσα στον κύλινδρο, έτσι ώστε να έχουμε αναφλέξιμο μείγμα κοντά στο μπουζί, ενώ στου υπόλοιπο χώρο αέρα (εικόνα 6.2.4). Αυτό δεν μπορεί να γίνει με τους συμβατικούς MPI, δεδομένου ότι το μείγμα προετοιμάζεται έξω απ' το χώρο καύσης και είναι αναγκαστικά ομοιογενές. Μπορεί όμως να επιτευχθεί με ψεκασμό της βενζίνης κατευθείαν μέσα στο χώρο καύσης, με κατάλληλη διαμόρφωση του εμβόλου και έλεγχο της ροής του αέρα.



Εικόνα 6.2.4(α) Καύση με άμεσο ψεκασμό

Στους κινητήρες αυτούς λοιπόν, ο ψεκασμός γίνεται κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο, αμέσως μετά τη συμπίεση του (σκέτου) αέρα (εικόνα 6.2.4 (β)). Αυτό δίνει και την δυνατότητα αυξημένης συμπίεσης, επειδή η εξάτμιση της βενζίνης δημιουργεί μια ψύξη στο χώρο καύσης έτσι μειώνεται ο κίνδυνος κρουστικής καύσης (πειράκια).



Εικόνα 6.2.4 (β) Ψεκασμός κατευθείαν στον κύλινδρο

Το αποτέλεσμα είναι, σύμφωνα με τους κατασκευαστές, ένας κινητήρας που έχει μόνο πλεονεκτήματα σε σχέση μ' ένα κλασσικό MPI του ίδιου κυβισμού:

Μειωμένη κατανάλωση κατά 35% (για κύκλο πόλης)

Αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος και ροπής έως και 10%

Αύξηση της επιτάχυνσης του οχήματος κατά 10%

Ακόμη μεγαλύτερη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων (μείωση των οξειδίων του αζώτου κατά 97% με χρήση νέου τύπου καταλύτη)

6.3 Εξέλιξη έρευνας για το σύστημα άμεσου ψεκασμού.

Λίγο πριν το τέλος του 20ού αιώνα, την εμφάνισή τους κάνουν οι πρώτες «περιοριστικές» νομοθεσίες που αφορούσαν στην περαιτέρω μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα των αυτοκινήτων, πράγμα που –όσον αφορά τους κινητήρες εσωτερικής καύσης- μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω μιας πραγματικής μείωσης της κατανάλωσής τους. Απέναντι στην παραπάνω απαίτηση, μια άμεσα εφαρμόσιμη κι εφικτή λύση που προτάθηκε για τους κινητήρες εσωτερικής καύσης ήταν ο άμεσος ψεκασμός του καυσίμου.

Βασισμένοι στην αρχή της βτρωματικής καύσης, οι κινητήρες του συγκεκριμένου τύπου ανέκαθεν αποτελούσαν μια πρόκληση για τους μηχανικούς των αυτοκινητοβιομηχανιών, ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1930. Οι μόνες όμως εφαρμογές τους τότε ήταν σε αεροπορικούς κινητήρες και σε ελάχιστα μοντέλα αυτοκινήτων, όπως για παράδειγμα στη Mercedes 300 SLR. Επομένως, όπως γίνεται αντιληπτό, η λύση αυτή είναι ήδη γνωστή στις εταιρίες αυτοκινήτων εδώ και αρκετά χρόνια.

6.4 Σύγκριση βενζινοκινητήρων άμεσου ψεκασμού με άλλες νέες τεχνολογίες ως προς μείωση καυσαερίων και κατανάλωσης.

Σήμερα, σύμφωνα πάντα με τους ίδιους τους κατασκευαστές που προωθούν αυτή την τεχνολογία, οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού βενζίνης πλεονεκτούν όχι μόνο έναντι των συμβατικών κινητήρων, αλλά και έναντι άλλων, νέων και πιο εξωτικών ίσως τεχνολογιών. Ο λόγος είναι ότι, σε σχέση με τους συμβατικούς, οι κινητήρες φτωχού μείγματος εκπέμπουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα κατά τη λειτουργία τους. Κατά τα άλλα, οι μέθοδοι παραγωγής κι ανακύκλωσής τους είναι ακριβώς οι ίδιες με τις μέχρι σήμερα γνωστές, οπότε, απ' αυτή την άποψη, δεν υπάρχει διαφοροποίηση απ' τις ικανοποιητικές, σε αυτούς τους τομείς, επιδόσεις.

Βέβαια, σε σύγκριση με τις άλλες νέες τεχνολογίες (ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ενεργειακές κυψέλες κτλ.) που συζητούνται πολύ αυτό τον καιρό, οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα κατά τη λειτουργία τους. Απ' την άλλη πλευρά, όμως, οι νέες τεχνολογίες επιβαρύνουν πολύ περισσότερο το περιβάλλον κατά τη φάση παραγωγής τους κι ανακύκλωσης στο τέλος της ζωής τους (οι μπαταρίες και οι ενεργειακές κυψέλες κατασκευάζονται από εξεζητημένα κράματα μετάλλων, όχι και τόσο φιλικά προς το περιβάλλον).

Έτσι, συνολικά κι από μακροσκοπική θεώρηση, πάντα σύμφωνα με τους κατασκευαστές κινητήρων εσωτερικής καύσης, επιβαρύνουν τελικά κι αυτές σημαντικά τα περιβάλλον. Επιπρόσθετα, η τιμή ενός αυτοκινήτου με κινητήρα άμεσου ψεκασμού βρίσκεται σήμερα στα ίδια επίπεδα με την τιμή ενός συμβατικού, ενώ ίδιες είναι και οι απαιτήσεις όσον αφορά τη χρήση και τη συντήρηση. Επομένως, ο μέσος καταναλωτής, που είναι ιδιαίτερα εξοικωμένος με την τρέχουσα τεχνολογία, δεν έχει κανένα εμπόδιο να το αγοράσει.

6.5 Τα δύο προγράμματα λειτουργίας του άμεσου ψεκασμού.

Προσεγγίζοντας το θέμα καθαρά από τεχνική σκοπιά, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα σ' ένα «συμβατικό» κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι ευθέως ανάλογες με την κατανάλωση καυσίμου. Κι αυτή ακριβώς η μείωση είναι που επιτυγχάνεται με την τεχνολογία άμεσου ψεκασμού, λόγω της μεγαλύτερης θερμοδυναμικής απόδοσης. Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση αυτή η πραγματική μείωση της κατανάλωσης γίνεται εφικτή χάρη στην ευελιξία του συνδυασμού των σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου της λειτουργίας των κινητήρων με την τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού.

Αυτή η ευελιξία δίνει τη δυνατότητα στον κινητήρα να λειτουργεί με δύο διαφορετικά προγράμματα ψεκασμού, ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης.

Στο ρελαντί, για παράδειγμα, και σε συνηθισμένες συνθήκες οδήγησης, ο κινητήρας λειτουργεί με το «Πρόγραμμα Φτωχού Μείγματος». Εδώ, η λειτουργία του κινητήρα γίνεται με πολύ φτωχό (σε βενζίνη) μείγμα επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή θερμοδυναμική απόδοση. Το άλλο πρόγραμμα λειτουργίας του κινητήρα άμεσου ψεκασμού είναι το «Πρόγραμμα Υψηλής Απόδοσης». Χρησιμοποιείται, δε, κατά την επιτάχυνση και σε συνθήκες πλήρους φορτίου (π.χ. ανάβαση σε ανηφόρα με φορτωμένο αυτοκίνητο ή οδήγηση με τέρμα γκάζι και ταχύτητα που πλησιάζει την τελική).

Το τελικό, πάντως, αποτέλεσμα των δύο προγραμμάτων λειτουργίας ενός κινητήρα με σύστημα άμεσου ψεκασμού είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, που ξεκινάει συνήθως από το 20% και φτάνει έως και το 33%, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας. Κι αυτό μεταφράζεται σε ίσα ποσοστά μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Εκτός απ' τη μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, η τεχνολογία άμεσου ψεκασμού βενζίνης επιτρέπει την παραπέρα μείωση και των υπόλοιπων ρύπων. Επίσης, οι κινητήρες αυτοί παρουσιάζουν ορισμένα ακόμα μικρά πλεονεκτήματα, όπως είναι η ευκολότερη εκκίνηση ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Επιπλέον, τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά, μόλις το 25% του καυσίμου ψεκάζεται κατά το χρόνο εισαγωγής, ενώ το υπόλοιπο στα τελευταία στάδια του χρόνου συμπίεσης. Έτσι, το μείγμα στην αρχή της συμπίεσης είναι πολύ φτωχό και στο τέλος πλούσιο. Με αυτό του τρόπο αποφεύγεται το φαινόμενο της προανάφλεξης (πειράκια), που συνήθως κάνει την εμφάνισή του σε συνθήκες πλήρους φορτίου.

6.5.1 Μπεκ ψεκασμού - Ανάφλεξη.

Ο ψεκασμός σε δύο στάδια μειώνει την εκπομπή των άκαυστων υδρογονανθράκων. Απ' τη Θεωρία, στην πράξη. Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού (εικόνα 6.5.1) συγκεντρώνουν πληθώρα εξελιγμένων τεχνολογικών λύσεων. Πιο συγκεκριμένα, το μπεκ ψεκασμού μεταφέρθηκε απ' την πολλαπλή εισαγωγής στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Σε αντίθεση με τα συμβατικά μπεκ, τα συγκεκριμένα ψεκάζουν το καύσιμο με ιδιαίτερα υψηλή πίεση, η οποία παίρνει τιμές από 80 έως 120 bar. Οι τιμές αυτές είναι μέχρι και 40 φορές υψηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες των συμβατικών μπεκ ψεκασμού. Το αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή είναι η μετατροπή του καυσίμου σε νέφος μικρών σταγονιδίων.



Εικόνα 6.5.1 Μπτεκ ψεκασμού.

Στόχος είναι η δημιουργία στρωμάτων καυσίμου, τα οποία είναι πυκνότερα γύρω από το μπουζί και αραιότερα όσο πλησιάζουν προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Έτσι, η ανάφλεξη του μείγματος επιτυγχάνεται με ευχέρεια, ενώ και η φλόγα μεταδίδεται ευκολότερα προς τα πιο αραιά στρώματα, επιτυγχάνοντας την πλήρη καύση της βενζίνης. Ιδιαίτερη διαμόρφωση έχουν υποστεί και οι διπλοί αυλοί εισαγωγής. Ο ένας από αυτούς περιλαμβάνει μια πεταλούδα η οποία κλείνει στα χαμηλά φορτία, με αποτέλεσμα όλος ο απαραίτητος αέρας να περνάει από το δεύτερο αυλό και να στροβιλίζεται έντονα, επιτυγχάνοντας την καλύτερη ανάμιξη του μείγματος. Στα υψηλά φορτία τώρα, η πεταλούδα ανοίγει και η αναρρόφηση γίνεται και από τους δύο αυλούς, ώστε να αυξάνεται σημαντικά η ποσότητα του αέρα που εισάγεται στους κυλίνδρους. Ιδιαίτερα αποτελεσματικός είναι και ο σχεδιασμός των εμβόλων, τα οποία είναι σκαμμένα πάνω στην επιφάνεια του κυλίνδρου. Με αυτόν του τροπο επιτυγχάνεται η συγκέντρωση του καυσίμου μείγματος γύρω από το μπουζί και η ομοιόμορφη διάδοση της φλόγας προς τα τοιχώματα των κυλίνδρων.

6.5.2 Προβλήματα των συστημάτων άμεσου ψεκασμού.

Τα προβλήματα στην πράξη παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία στο θέμα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, οι τελευταίοι είναι δύσκολο να βρουν ευρύ πεδίο εφαρμογής, αν δεν ξεπεραστούν προηγουμένως ορισμένα σημαντικά εμπόδια. Το κυριότερο είναι αυτό της επεξεργασίας των οξειδίων του αζώτου, τομέας στον οποίο οι καταλύτες κατακράτησης των ρύπων αυτών είναι η μόνη λύση.

Στα μείον τους συγκαταλέγεται τόσο η λειτουργικότητα όσο και η μακροζωία τους, οι οποίες επηρεάζονται αρνητικά από το θείο που περιέχεται στα καύσιμα. Σήμερα, το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο είναι τα 30 ppm, κάτι όμως που δυσκολεύονται να επιτύχουν οι εταιρείες πετρελαιοειδών.

Επίσης, υπάρχουν σοβαρά ερωτήματα για την αξιοπιστία και τη μακροβιότητα των συστημάτων τροφοδοσίας, τα οποία χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και μεγάλες απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος στα μπεκ και στην αντλία.

Τέλος, η αυξημένη ισχύς που αποδίδουν ενδεχομένως θα επιφέρει και μεγαλύτερη φθορά στους κινητήρες, κάτι όμως που ακόμα δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια.

6.6 Ρύθμιση ανάφλεξης και συστήματος ψεκασμού από Ecu (εγκέφαλος κινητήρα).

Ένα από τα σημαντικότερα καθήκοντα του εγκεφάλου του κινητήρα είναι η διαχείριση του συστήματος ψεκασμού (το άλλο είναι το σύστημα ανάφλεξης) το οποίο ρυθμίζει την τροφοδοσία καυσίμου στον κινητήρα σύμφωνα με την στοιχειομετρική αναλογία που απαιτείται κάθε χρονική στιγμή. Το καύσιμο ψεκάζεται από ειδικά ακροφύσια με τη βοήθεια μιας αντλίας υπό υψηλή πίεση στο αυλό εισαγωγής ή απευθείας στο θάλαμο καύσης (βλέπε άμεσος ψεκασμός) (εικόνα 6.6) . "όταν η ECU δίνει εντολή στο σύστημα ψεκασμού στην πράξη ορίζει την στιγμή που θα ενεργοποιηθεί η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του εγχυτήρα (μπεκ) και την διάρκεια που θα μείνει ανοιχτή ρυθμίζοντας έτσι την ποσότητα του μείγματος στον θάλαμο καύσης. "όσον αφορά στο σύστημα ανάφλεξης η ECU ρυθμίζει τη στιγμή της ανάφλεξης του σπινθηριστή (μπουζί) καθώς και την προπορεία ανάφλεξης (αβάνς). Για να κατανοήσουμε καλύτερα όλα τα παραπάνω ας πάρουμε ένα παράδειγμα. Σε έναν τετρακύλινδρο τετράχρονο κινητήρα, σε κάθε πλήρη περιστροφή του στροφαλοφόρου του άξονα εκτελούνται δύο ψεκασμοί με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου. Δηλαδή σ' ένα αυτοκίνητο τη στιγμή που ο δείκτης του στροφόμετρου βρίσκεται στις 6.000 σ.α.λ. τότε στους κυλίνδρους του κινητήρα πραγματοποιούνται 12.000 ψεκασμοί το λεπτό, δηλαδή 200 το δευτερόλεπτο.



Εικόνα 6.6 Σύστημα ψεκασμού από ECU

Παράλληλα, η ECU λαμβάνει υπόψη της και της πληροφορίες που δίνει ο καταλύτης ρυθμίζοντας έτσι την αναλογία του στοιχειομετρική αναλογία (αέρας- καύσιμο) ανάλογα, ώστε οι εκπομπές ρύπων να μην ξεπερνούν τις προδιαγραφές που ολοένα γίνονται αυστηρότερες. Στα ξεπερασμένα συστήματα με καρμπυρατέρ, που δεν υπήρχε ηλεκτρονικός εγκέφαλος για να διεκπεραιωθεί ομαλά η καύση του μείγματος, δίνονταν μεγάλη προπορεία ανάφλεξης, ενώ η αναλογία του μείγματος ήταν πλουσιότερη απ' ό,τι θα `πρεπε επιβαρύνοντας τον τομέα της κατανάλωσης αλλά και την μόλυνση του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

BENZINOKINHTHΡΑΣ FSI

7.1 Γενικά.

Η τεχνολογία FSI (εικόνα 7.1) είναι βασικά ένα σύστημα απευθείας έκχυσης καυσίμου για βενζινοκινητήρες. Ένας κινητήρας μ' αυτό το σύστημα έχει τρία σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με συμβατικά μηχανικά σύνολα με σύστημα πολλαπλού ψεκασμού: Μικρότερη κατανάλωση, αύξηση των επιδόσεων και καλύτερη απόκριση στο πάτημα του γκαζιού. Η τεχνολογία FSI εφαρμόστηκε απ την Audi στον 8κύλινδρο κινητήρα του αγωνιστικού της αυτοκινήτου R8 και είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσής του στις χαμηλές στροφές κατά 10%.

Το εν λόγω σύστημα προσφέρει καλύτερο συνδυασμό καυσίμου και αέρα, με το μείγμα να εξωθείται σε μια εντονότερα κυλινδρική κίνηση εξαιτίας της ειδικής γεωμετρίας στο θάλαμο καύσης.

Στους συμβατικούς κινητήρες, ο αέρας και το καύσιμο αναμειγνύονται σε συγκεκριμένες δόσεις σ' ένα θάλαμο πριν το μείγμα φθάσει στου κύλινδρο. Αντίθετα, σ' έναν κινητήρα FSI, η ακριβής ποσότητα του καυσίμου που απαιτείται εκχέεται απευθείας στο θάλαμο καύσης και μάλιστα με πίεση 100 bar, δηλαδή έως και 20 φορές υψηλότερη σε σχέση με τη συμβατική διαμόρφωση.



Εικόνα 7.1 Βενζινοκινητήρας FSI

Η επίτευξη σημαντικής οικονομίας καυσίμου οφείλεται στο γεγονός ότι στο σύστημα της Audi η εκάστοτε εκχυνόμενη δόση του καυσίμου είναι όση ακριβώς χρειάζεται και η εκμετάλλευσή της είναι πλήρης. "Όπως αναφέρει ο Ούλριχ Μπαρέτσκι, επικεφαλής Τεχνολογίας Κινητήρων στην Audi Sport : "Τα πλεονεκτήματα είναι μεγαλύτερα από ό,τι αρχικά αναμέναμε και καθώς βρισκόμαστε ακόμη στα αρχικά στάδια ανάπτυξης, θεωρώ ότι ο κινητήρας αυτός έχει ακόμη περισσότερες δυνατότητες".

Η μεταφορά τεχνολογίας από το αγωνιστικό τμήμα στο τμήμα ανάπτυξης επιβατικών αυτοκινήτων είναι άμεση και σε μεγάλο βαθμό ανεπτυγμένη στην Audi, αφ' ενός γιατί τα δύο αυτά τμήματα ανήκουν στο ίδιο Τεχνολογικό Κέντρο της εταιρείας και αφ' ετέρου γιατί στους αγώνες διαρκείας στους οποίους μετέχει η Audi, οι κινητήρες των αυτοκινήτων διαθέτουν παρόμοια χαρακτηριστικά μ' εκείνους των επιβατικών.

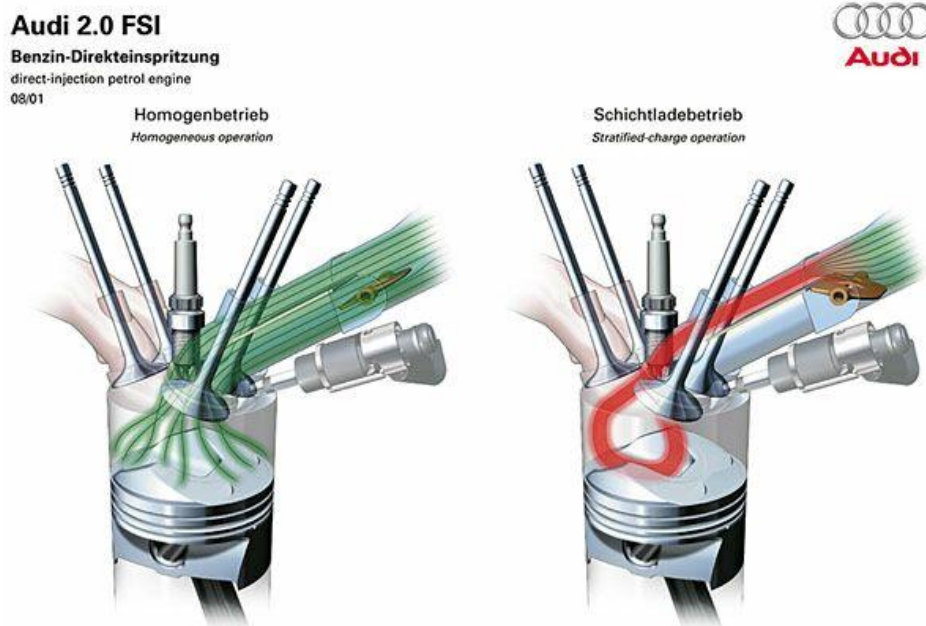
Έτσι για παράδειγμα, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει στη Formula 1, το εύρος των στροφών του κινητήρα στα αγωνιστικά οχήματα που λαμβάνουν μέρος στις 24 Ώρες του Le Mans, είναι συγκρίσιμο μ' εκείνο των επιβατικών οχημάτων.

7.2 Εξέλιξη του FSI

Η πραγματική ώθηση στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού δόθηκε απ' το Group VW. και από τους κινητήρες P51 (Fuel Stratified Injection). Όπως και σε πολλές άλλες περιπτώσεις, στου τομέα του άμεσου ψεκασμού το Group VW δεν πρωτοπόρησε, αλλά παρουσίασε τους πρώτους πραγματικά λειτουργικούς κινητήρες που εκμεταλλεύονταν στο έπακρο τις δυνατότητες της τεχνολογίας και οι οποίοι δεν αντιμετώπιζαν προβλήματα με την ποιότητα του καυσίμου. Ο πρώτος τρικύλινδρος κινητήρας FSI παρουσιάστηκε στο πρωτότυπο A12 το 1997, που ήταν και ο προπομπός του A2.

Το 2001 παρουσιάστηκε και το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με άμεσο ψεκασμό, το A2 1.6 FSI των 110Ps. Στη συνέχεια, ο ίδιος κινητήρας τοποθετήθηκε και σε μοντέλα της VW, αρχής γενό μενης απ' το Golf Mk IV, ενώ λίγο καιρό αργότερα η απόδοσή του ανέβηκε στα 115Ps. Έκτοτε παρουσιάστηκαν κινητήρες FSI (εικόνα 7.2) με διάφορους κυβισμούς (από 1,4 μέχρι 5,2lt), οι οποίοι τοποθετούνται στα περισσότερα μοντέλα του Group VW, από το μικρό VW Lupo μέχρι το Audi S6.

Κινητήρες άμεσου ψεκασμού φορούσαν και τα Audi R8 με τα οποία η εταιρεία έχει κατακτήσει 5 νίκες στις 24 ώρες του Mans (2000, 2001, 2002, 2004, 2005), όπως επίσης και τις Bentley EXP Speed 8 που κέρδισαν το 2003 αναμενόμενο, αφού η Bentley είναι θυγατρική του Group VW.



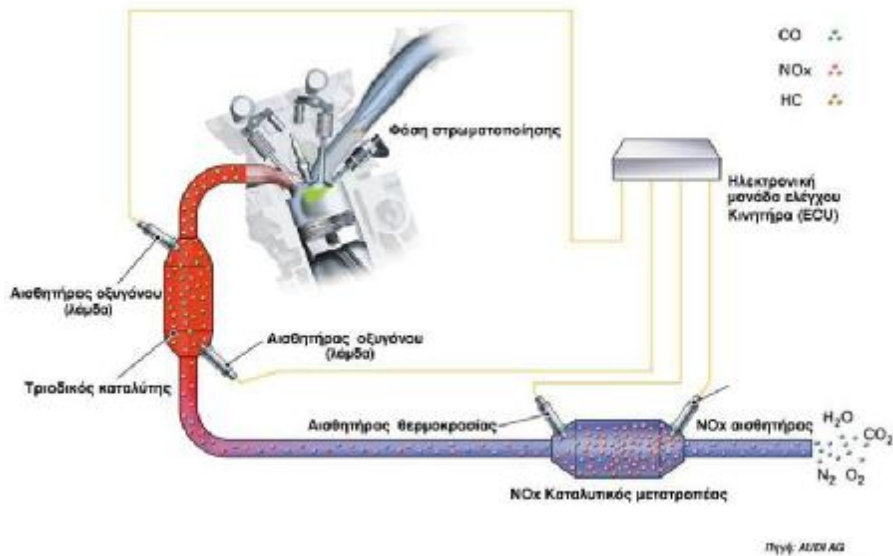
Εικόνα 7.2.1 AUDI FSI

Αυτός ο θρίαμβος οφείλεται κυρίως στη χαμηλότερη κατανάλωση του κινητήρα FSI, που του δίνει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι του ανταγωνισμού. Ας γυρίσουμε όμως στον πρώτο FSI παραγωγής κι ας δούμε μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του.

Ο κινητήρας βασιζόταν στο μπλοκ του 16V κινητήρα ίδιου κυβισμού που απέδιδε 105 PS και ήταν επίσης δεκαεξαβάλβιδος με 2EEK. Η πίεση ψεκασμού του καυσίμου ήταν 110bar και τα μπεκ ήταν τοποθετημένα στην πλευρά των βαλβίδων εισαγωγής, μ' έντονη κλίση. Δούλευε είτε με στοιχειομετρικό είτε με φτωχό μείγμα, με λόγο λ μέχρι 4. Η σχέση συμπίεσής του ήταν στο (πολύ ψηλό για την εποχή) 12,1:1.

Για τη μείωση των NOx η Audi βασίστηκε κατά ένα πολύ μεγάλο μέρος στην ανακυκλοφορία των καυσαερίων, εσωτερικού και εξωτερικού τύπου (εικόνα 2.3), Ανάλογα με τις συνθήκες, μέχρι 35% των καυσαερίων μπορούσε να αναπροωθηθεί στους θαλάμους καύσης, ρίχνοντας τη θερμοκρασία τους.

Σύμφωνα με την Volkswagen-Audi, αυτό μπορούσε να επιφέρει μείωση των NOx μέχρι και 70%. Για τα υπόλοιπα NOx, φρόντιζε ο επιπλέον καταλύτης συγκράτησης.



Εικόνα 7.2.2 Διάγραμμα ελέγχου εκπομπής ρύπων σε κινητήρα FSI.

Επειδή οι καταλύτες αυτού του τύπου λειτουργούν βέλτιστα μεταξύ 250 και 500 °C , υπήρχε κι ένας επιπλέον εναλλάκτης θερμότητας που έριχνε τη θερμοκρασία των καυσαερίων στα επιθυμητά επίπεδα. Η σταδιακή πρόοδος στην τεχνολογία των υλικών και η βελτίωση στην ποιότητα των καυσίμων βοήθησαν αρκετά ώστε να περιοριστούν τα φαινόμενα δηλητηρίασης των καταλυτών.

Όμως, ακόμα και σε περιπτώσεις βενζίνης με μεγάλες συγκεντρώσεις θείου, ο καταλύτης μπορούσε να αναγεννηθεί με το πέρασμα σε μια ειδική κατάσταση λειτουργίας παρόμοια με την κατάσταση "ταχείας προθέρμανσης καταλύτη". Σ αυτή, μια ποσότητα καυσίμου ψεκάζεται στο θάλαμο καύσης με retard, κι έτσι η θερμοκρασία των καυσαερίων ανεβαίνει στο επίπεδο των 650 °C. Σ αυτή τη θερμοκρασία, τα θειικά άλατα του βαρίου που έχουν σχηματιστεί στον καταλύτη διασπώνται, τα οξείδια του θείου απελευθερώνονται και η ικανότητα κατακράτησης NOx του καταλύτη επανέρχεται.

7.3.1 Λειτουργία του FSI

Με την τεχνολογία FSI, το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας μέσα στο θάλαμο καύσης. Το μπεκ ρυθμίζει την ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται, με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου, σε πιέσεις ψεκασμού μεταξύ 30 και 110 bar. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ψεκασμού, το καύσιμο που εξαερώνεται ψύχει σε μεγάλο βαθμό το φορτίο πλήρωσης των κυλίνδρων. Αυτό συμβάλλει στη βελτίωση της πλήρωσης των κυλίνδρων, με αποτέλεσμα

την αντίστοιχη αύξηση της ισχύος του κινητήρα. Επίσης, χάρη στο φαινόμενο της ψύξης, μειώνεται η τάση του κινητήρα για κρουστικές καύσεις. Αυτή η μείωση των κρούσεων σημαίνει ότι η σχέση συμπίεσης των κινητήρων FSI μπορεί να ρυθμιστεί αρκετά πιο υψηλά, συγκριτικά με κινητήρες που διαθέτουν συμβατικά συστήματα ψεκασμού.

Οι κινητήρες της οικογένειας FSI είναι εξοπλισμένοι με μεταβλητό αυλό εισαγωγής δύο σταδίων. Η ρύθμιση που ευνοεί την ισχύ (επιλέγεται το «κοντό μήκος αυλού») στις υψηλές στροφές, συμβάλλει στην ανάπτυξη μεγάλης ισχύος από τους κινητήρες αυτούς. Στις χαμηλές στροφές, αντίθετα, επιλέγεται το «μεγάλο μήκος αυλού» αυξάνοντας τη μέγιστη ροπή κατά περισσότερο από 15%

Με τη βοήθεια ενός συστήματος θυρίδων στο κανάλι εισαγωγής, η ροή μέσα στον κύλινδρο μπορεί να ρυθμίζεται ιδανικά. Στη λειτουργία του μερικού φορτίου, μια έντονη ροή διασφαλίζει χαμηλή κατανάλωση καυσίμου και χαμηλές τιμές εκπομπών καυσαερίων. Στο πλήρες φορτίο, ο αέρας αναρροφάται με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες, και έτσι αυξάνεται η ροπή και η ισχύς.

7.3.2 Λειτουργικά χαρακτηριστικά του FSI

Εκτός από αυξημένη ισχύ, η volkswagen-Audi ανακοίνωνε για τον FSI μειωμένη κατανάλωση κατά 15% σε σχέση με τον αντίστοιχο κινητήρα έμμεσου ψεκασμού, και αρκετές μετρήσεις από ανεξάρτητους φορείς την επιβεβαίωσαν. Το πρώτο και κύριο πλεονέκτημα του άμεσου ψεκασμού σε σχέση με του έμμεσο είναι ο πολύ καλύτερος διασκορπισμός του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης, που επιταχύνει την ατμοποίηση και τελικά την καύση του. Το ζητούμενο είναι να καεί η διαθέσιμη βενζίνη όσο το δυνατόν καλύτερα και αποδοτικότερα.

Στο παρελθόν αυτό επιδιωκόταν με γνώμονα την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ισχύος από ένα κινητήρα δεδομένου κυβισμού, ενώ στις μέρες μας το βάρος φαίνεται να έχει πέσει στην αύξηση του βαθμού απόδοσης του κινητήρα, με άλλα λόγια στη μείωση της κατανάλωσης.

Επιπλέον ο άμεσος ψεκασμός προσφέρει πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια στον έλεγχο της ιμεκαζόμενης ποσότητας καυσίμου, καθώς η βενζίνη ψεκάζεται απευθείας στο θάλαμο καύσης και δεν υπάρχουν φαινόμενα συμπίκνωσης και συσώρευσης της στους αυλούς εισαγωγής, στις βαλβίδες κ.λπ. Αυτή η ακρίβεια είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της καύσης, η οποία συνεπάγεται όλα τα οφέλη που περιγράψαμε προηγουμένως.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των κινητήρων είναι η οικονομία τους όταν δουλεύουν με φτωχό μείγμα στα μερικά φορτία. Ένας κινητήρας άμεσου ψεκασμού μπορεί να λειτουργήσει σε απόλυτη αναλογία μ' έναν κινητήρα έμμεσου ψεκασμού, δηλαδή με ομοιογενές μείγμα σύστασης κοντά στη στοιχειομετρική.

Για την ακρίβεια, με $\lambda=0,85-0,95$ για συνθήκες μέγιστης ισχύος, καθώς το λίγο πλούσιο μείγμα αυξάνει την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας και το ρυθμό παραγωγής ενέργειας, και με $\lambda=1,1-1,3$ για μέγιστη οικονομία, καθώς έτσι ανεβαίνει η θερμοκρασία της καύσης και ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα.

7.3.3 Λειτουργία FSI με πολύ φτωχό μείγμα.

Όμως οι σύγχρονοι κινητήρες άμεσου ψεκασμού μπορούν να λειτουργήσουν και με πολύ φτωχό μείγμα (ο λόγος λ τους μπορεί να φτάσει σε τιμές ακόμα και κοντά στο 10 όταν γενικά το μείγμα θεωρείται φτωχό με $\lambda>1,5$, και είναι πρακτικά γ μη αναφλέξιμο για $\lambda>1,7-2$), κάνοντας "στρωματοποιημένο ψεκασμό" ή "στρωματοποιημένη καύση" (Stratified Charge). Κινητήρες που δούλευαν με φτωχό μείγμα (lean burn engines) υπήρχαν και παλαιότερα, αλλά με τη στρωματοποιημένη καύση (στην οποία βοήθησε πολύ η σύγχρονη τεχνολογία, όπως τα ηλεκτρικά γκάζια) η λειτουργία τους έγινε πολύ πιο αποδοτική.

Αλλά πώς κατάφεραν οι κατασκευαστές να κάνουν ένα κινητήρα να δουλεύει με $\lambda=10$; Το "κόλπο" που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ανισομερής κατανομή του καυσίμου στο θάλαμο καύσης έτσι ώστε το μείγμα κοντά στην ακίδα του μπουζί να είναι στοιχειομετρικό (άρα να μπορεί να αναφλεγεί χωρίς πρόβλημα) και να φτωχαίνει προοδευτικά καθώς απομακρυνόμαστε απ' αυτήν.

Στην περιοχή κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου, υπάρχει μόνο αέρας (ή καυσαέρια, αν γίνεται και ανακυκλοφορία καυσαερίων). Όταν ο αναφλεκτήρας δώσει σπινθήρα στο στοιχειομετρικό μείγμα και γίνει έκρηξη, η φλόγα μεταδίδεται και στις φτωχότερες σε καύσιμο περιοχές του θαλάμου καύσης, που θα ήταν δύσκολο (ως αδύνατο) να αναφλεγούν με άλλο τρόπο. Επιπλέον, η στοιβάδα με τα αδρανή αέρια κοντά στα τοιχώματα δρα ως μονωτικό, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες και αυξάνοντας το βαθμό απόδοσης.

Δουλεύοντας με φτωχό μείγμα στο ρελαντί καθώς και στις περιπτώσεις μερικού φορτίου όπου δεν απαιτείται μεγάλη ισχύς, υπάρχει μείωση της κατανάλωσης μέχρι και 40%, με τα ποσοστά 25%-30% να είναι συνηθισμένα. Εννοείται ότι αν σε κάποιο σημείο απαιτηθεί μέγιστη ισχύς, ο κινητήρας "γυρίζει" στην κατάσταση λειτουργίας ομοιογενούς μείγματος. Η λειτουργία στρωματοποιημένης καύσης είναι και η πιο ενδιαφέρουσα (και ίσως και η πιο περίεργη) σ' έναν κινητήρα άμεσου ψεκασμού, αφού ουσιαστικά σε αυτήν ο βενζινοκινητήρας μοιάζει σε κάποια σημεία στη λειτουργία του με diesel.

7.4 Αντοχή στην προανάφλεξη.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού είναι η "ανθεκτικότητά" τους στο φαινόμενο της προανάφλεξης (πειράκια), είτε δουλεύουν με φτωχό μείγμα είτε με στοιχειομετρικό. Αυτός είναι εξάλλου και ένας από τους λόγους που επιτρέπουν την αύξηση της σχέσης συμπίεσης των βενζινοκινητήρων άμεσου ψεκασμού, που βοηθά στην αύξηση του θερμοδυναμικού βαθμού απόδοσης του κινητήρα — άρα πάλι στη μείωση της κατανάλωσης. Όμοια, με μειωμένο τον κίνδυνο προανάφλεξης, η ECU του κινητήρα έχει την ελευθερία να δώσει μεγαλύτερη προπορεία στην ανάφλεξη (αβάνς), ενέργεια που επίσης ωφελεί την απόδοση.

Όμως γιατί οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού είναι πιο ανθεκτικοί στα πειράκια; Όπως ξέρουμε, μια απ' τις γενεσιουργούς αιτίες της προανάφλεξης είναι η θέρμανση του καυσίμου μείγματος κατά τη φάση της συμπίεσης, η οποία και οδηγεί στην αυτόματη ανάφλεξή του, χωρίς τη σπίθα του μπουζί. Συνεπώς, για να ανασχέσει με το φαινόμενο χρειάζεται να ψύξουμε το Θάλαμο καύσης. Αυτό ακριβώς γίνεται στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού.

Διακρίνουμε δυο διαφορετικές περιπτώσεις:

- Ο κινητήρας λειτουργεί με φτωχό μείγμα.

Τότε είναι πρακτικά αδύνατο να χτυπήσει πειράκια, καθώς το καύσιμο ψεκάζεται αργά στη φάση της συμπίεσης και το μπουζί δίνει σπίθα σχεδόν αμέσως μετά του ψεκασμό. Ο κινητήρας σ' όλη σχεδόν τη φάση της συμπίεσης συμπιέζει ουσιαστικά αέρα ή 1 και καυσαέρια, που είναι μη αναφλέξιμα. Όταν ψεκάζεται το καύσιμο, δημιουργείται μια ισχυρή ψύξη στην περιοχή στοιχειομετρικού μείγματος γύρω απ' το μπουζί, που αποτρέπει του κίνδυνο τοπικής προανάφλεξης. Η περιοχή πέρα απ' την ακίδα του μπουζί περιέχει τόσο φτωχό μείγμα, το οποίο είναι πρακτικά αδύνατο να αυταναφλεγεί.

- Λειτουργία του κινητήρα με στοιχειομετρικό μείγμα

Υπάρχει όφελος λόγω της απορρόφησης θερμότητας απ' το θάλαμο καύσης κατά τον ψεκάσμό και την ατμοποίηση του καυσίμου.

Παρόμοιο φαινόμενο υπάρχει και στους κινητήρες έμμεσου ψεκάσμου, αλλά σε πολύ μικρότερη κλίμακα: καθώς το καύσιμο ψεκάζεται στους αυλούς της εισαγωγής, απορροφά θερμότητα και από εκεί, με αποτέλεσμα η συνολική ψύξη του Θαλάμου καύσης (που μας ενδιαφέρει) να είναι λιγότερη.

Στον κινητήρα FSI, σε λειτουργία με μικρά φορτία η πεταλούδα μειώνει την παροχή του αέρα, κατευθύνοντας τα πλουσιότερα μείγματα κάτω από τον σπινθηριστή ενώ στις υψηλές στροφές η κλίση της πεταλούδας επιτρέπει την πλήρη παροχή του αέρα, λίγο πριν από τη συμπίεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

BENZINOKINΗΤΗΡΑΣ TWINCHARGER ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΟΥ

ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

8.1 Γενικά.

Ο στόχος των Ευρωπαϊκών κατασκευαστών αυτοκινήτων ήταν η μείωση των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα CO₂. Αυτό έγινε σε διάφορα βήματα έως το 2008, μέχρι να επιτευχθεί η τιμή των 140 γραμμ./χλμ. Η μείωση των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ συμβαδίζει με την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Σήμερα το όριο των εκπομπών CO₂ έχει μειωθεί πολύ και υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των εταιριών για την επίτευξη όσο το δυνατόν μικρότερου εκπομπών. Για την επίτευξη αυτού του φιλόδοξου στόχου θα απαιτηθεί ένας συνδυασμός της τελευταίας τεχνολογίας των κινητήρων μαζί με βελτιστοποίηση της μετάδοσης της κίνησης.

Όμως, αυτό δεν είναι αρκετό. Μαζί με τη μείωση της κατανάλωσης, έχει προδιαγραφεί ότι θα πρέπει να υπάρχουν χαρακτηριστικά υψηλής ροπής συνδυασμένα με υψηλά στάνταρντ ποιότητας και μεγάλη διάρκεια ζωής.

Επιπρόσθετα, ο κινητήρας επιβάλλεται να ναι συμπαγής για να επιτρέπει την τοποθέτησή του σε πολλά διαφορετικά σχήματα αυτοκινήτων. Επίσης, πρέπει να σχεδιαστεί έτσι, ώστε να επιτρέψει την άμεση παραγωγή σε μεγάλες ποσότητες.

Ένας άλλος στόχος αφορούσε την επίλυση πολυάριθμων αντικρουόμενων αντικειμενικών στόχων μ' έναν ευρηματικό τρόπο. Η μείωση της χωρητικότητας και συνεπώς η μείωση των απωλειών λόγω της τριβής έχει σαν αποτέλεσμα μικρότερη ειδική κατανάλωση, που σημαίνει καλύτερη αποδοτικότητα. Όμως, ένας κινητήρας με χαμηλή χωρητικότητα καλύπτει τις παρούσες απαιτήσεις για ενεργητική ασφάλεια κι ευχάριστη οδήγηση μόνο σε πολύ περιορισμένη κλίμακα.

Σαν αποτέλεσμα αυτού, ο αντικειμενικός στόχος μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την υπερπλήρωση. Οι κλασικοί κινητήρες turbo με μικρό κυβισμό και χρησιμοποιώντας στροβιλοσυμπιεστές εξάτμισης έχουν χρησιμοποιηθεί μόνο σε μικρή κλίμακα στο παρελθόν, γιατί διαθέτουν μικρή δύναμη εκκίνησης (ξεκινήματος) και για τα λόγο αυτόν είναι λιγότερο αποδεκτοί. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί με υπερσυμπιεστή με μηχανική μετάδοση κίνησης, που τροφοδοτεί με επιπρόσθετο φρέσκο αέρα τον κινητήρα ακόμη και στις χαμηλές στροφές.

Η πρόκληση ήταν να συνδυαστούν αυτά τα δύο συστήματα μ' έναν ορθολογιστικό τρόπο.

Η εμπειρία που έχει συλλεχθεί κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών απ' τους τεχνικούς που εξελίσσουν κινητήρες στη VW (στην τεχνολογία P51 έχει αποκαλύψει ότι αυτό το σύστημα άμεσου ψεκασμού θα μπορούσε να συμπληρωθεί ιδανικά με τις δύο διαφορετικές τεχνικές υπερσυμπίεσης, με το ανήκουστο για το παρελθόν αποτέλεσμα της αύξησης της αποδοτικότητας. Αυτό δημιούργησε τον πρώτο στον κόσμο βενζινοκινητήρα άμεσου ψεκασμού με διπλή υπερσυμπίεση για χρήση σε μεγάλης δυναμότητας σειρά παραγωγής, τον Twincharger.

8.2 Περιγραφή λειτουργικών στοιχείων βενζινοκινητήρα Twincharger.

Η επιλογή για την βασική μονάδα παραγωγής ισχύος ήταν ο κινητήρας P51 από την σειρά EA 111 όπως χρησιμοποιείται στα επίπεδα ισχύος του Golf των 90 ίππων 1.4 λίτρων ή των 115 ίππων των 16 λίτρων. Ο 1.4 κινητήρας είναι ένας 4κύλινδρος με 4 βαλβίδες/κύλινδρο, 1.39ο κ.εκ., με ένα διάκενο Κυλίνδρων 82 χλστ. και μία σχέση δια μέτρου/διαδρομής 76,5- 75,6 χλστ.



Εικόνα 8.2.1 Κινητήρας Twincharger

Για την ανάπτυξη του Twincharger (εικόνα 8.2.1) κατασκευάστηκε ένα καινούργιο μπλοκ κυλίνδρων στροφαλοθαλάμου από υψηλής αντοχής γκρι χυτοσίδηρο, ώστε ν' αντέξει την υψηλή πίεση των μέχρι 21,7 13Γ για μεγάλα χρονικά διαστήματα, μια αντλία νερού με ενσωματωμένο μαγνητικό συμπλέκτη και τεχνολογία υπερσυμπίεσης.

Ωστόσο, τροποποιήθηκε επίσης και η τεχνολογία του ψεκασμού (εικόνα 8.2.2) . "Ένα μπεκ ψεκασμού πολλαπλών οπών υψηλής πίεσης με 6 στοιχεία εξαγωγής καυσίμου χρησιμοποιείται για πρώτη φορά στον κινητήρα 1.4 T51 .



Εικόνα 8.2.2 Σύστημα ψεκασμού Twincharger.

Το μπεκ ψεκασμού, όπως και στους ατμοσφαιρικούς κινητήρες P, βρίσκεται τοποθετημένο στην πλευρά της εισαγωγής μεταξύ της θυρίδας εισαγωγής και του επιπέδου της τσιμούχας (φλάντζας) της κυλινδροκεφαλής. Η ποσότητα του καυσίμου το οποίο πρόκειται να ψεκαστεί μεταξύ της λειτουργίας ρελαντί και της απόδοσης των 90 kV /λίτρο απαιτεί ένα μεγάλο εύρος διακύμανσης της ροής του καυσίμου μέσα απ' τα μπεκ ψεκασμού, ενώ πρέπει να δοθεί ικανοποιητικός χρόνος προετοιμασίας του μείγματος μετά τον ψεκασμό σε καταστάσεις πλήρους φορτίου απ' τη μια πλευρά και στην κατάσταση ρελαντί με παραγωγή μικρών ποσοτήτων ψεκασμού απ' την άλλη.

Η μέγιστη πίεση ψεκασμού αυξήθηκε σε 150 bar έτσι ώστε να επιτευχθεί αυτό το μεγάλο εύρος της ροής. Επιπρόσθετα, μόνον η τεχνολογία FSI έκανε δυνατή την επίτευξη σχέσης συμπίεσης των 10:1 η οποία είναι υψηλή για κινητήρες με υπερσυμπίεση.

8.3 Δοκιμή- Παραγωγή κινητήρων Twincharger.

Περισσότεροι από 250 πρωτότυποι κινητήρες και κινητήρες πιλοτικής σειράς παραγωγής έχουν κάνει τον κύκλο τους σε όλους τους απαιτούμενους κύκλους ελέγχων. Το καθένα εξάρτημα αυτού του καινούργιου κινητήρα έχει σχεδιαστεί για τη διάρκεια ζωής του κινητήρα και έχει περάσει το βάπτισμα του πυρός. Τεστ αντοχής συνεχούς λειτουργίας που αντιστοιχούν σε διάνυση απόστασης 300.000 χλμ. έχουν ολοκληρωθεί με επιτυχία. Το μπλοκ κυλίνδρων στροφαλοθαλάμου είναι κατασκευασμένο από υψηλής αντοχής γκρι χυτοσίδηρο και εγγυάται την ολοκληρωμένη αξιοπιστία της λειτουργίας ακόμη και σε κορυφώσεις υψηλής πίεσης της τάξης των 120 bar.

Ένα εξαιρετικά εξειδικευμένο προσωπικό στο εργοστάσιο Chemnitz Engine Works χρησιμοποιεί βελτιστοποιημένες διαδικασίες παραγωγής και την τελευταία τεχνολογία μετρήσεων για να εξασφαλίσει ότι αυτές οι υψηλής τεχνολογίας μονάδες παραγωγής ισχύος συναρμολογούνται χωρίς ελαττώματα με απόλυτη ακρίβεια και αξιοπιστία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

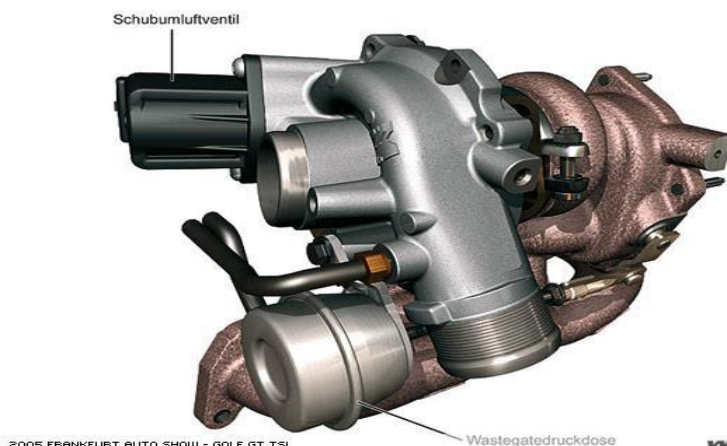
BENZINOKINΗΤΗΡΑΣ TSI (Twin Supercharging Injection)

9.1 Γενικά.

Ο πρώτος βενζινοκινητήρας με διπλή υπερπλήρωση και άμεσο ψεκασμό ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί ομαλά ακόμα και στις 7.000 σ.α.λ. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η χαμηλή κατανάλωση (7,21t/100km, σε συνδυασμό με υψηλές επιδόσεις (Ροπή στρέψης 240Nm και Ισχύ 170PS).

Πρόκειται για την τεχνολογία που συνδυάζει την λειτουργία συστήματος κομπρέσορα και τούρμπο (twincharge) σ' έναν κινητήρα που εμφανίστηκε για πρώτη φορά στο VW Golf GT με τους 170 ίππους και αργότερα στο VW Golf TSI με τους 140 ίππους. Συγκεκριμένα, την βάση για την κατασκευή του TSI αποτέλεσε ο ατμοσφαιρικός κινητήρας των 1.390κ.εκ. ισχύος 90 ίππων που τοποθετείται, μεταξύ άλλων, και στο Polo.

Ως βάση για τον κινητήρα του Golf GT και ταυτόχρονα σαν πλατφόρμα εφαρμογής της τεχνολογίας Twincharger, επιλέχτηκε ο 1.4FSI. Το σύνολο που προέκυψε ονομάστηκε "TSI" έτσι ώστε να ακολουθηθεί η εμπορική ονοματολογία των άλλων κινητήρων άμεσου ψεκασμού καυσίμου της VW (FSI και TFSI) (εικόνα 9.1.1). Ο T51 από 1390cc αποδίδει 170P51 6000rpm και 24,6kgm1 1760rpm, έχει δηλαδή ειδική ισχύ της τάξης των 122,3 PS/λίτρο.



www.vortex.com **Εικόνα 9.1.1**
Βενζινοκινητήρας TSI.

Πρόκειται για τον ισχυρότερο 1400άρη κινητήρα παραγωγής αυτή τη στιγμή στο κόσμο. Είναι ήδη διαθέσιμος και σε ηπιότερη εκδοχή 140 ίππων, ενώ η VW σκοπεύει να τον τοποθετήσει και σε διάφορα προσεχή της μοντέλα.

Ωστόσο, σχεδόν όλα τα μέρη του έχουν αναβαθμιστεί στο πλαίσιο της τεχνολογίας του Twincharger. Το μπλοκ των κυλίνδρων αποτελείται από χυτοσίδηρο, κι όχι από αλουμίνιο, όπως στον FSI. Ο χυτοσίδηρος μεταφράζεται σε επιπλέον βάρος αλλά μόνο μ' αυτή του τρόπο Θα μπορούσε να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη αντοχή υπό πιέσεις που φτάνουν τα 21,7bar λόγω της υψηλής -για υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα- σχέσης συμπίεσης με 10:1.

Ωστόσο, μη φανταστείτε πως το μπλοκ του TSI διαθέτει κάτι το επαναστατικό καθώς στους diesel ο λόγος συμπίεσης ξεπερνά το 20:1, όπου κι εκεί χρησιμοποιούνται σώματα με αυξημένα «τοιχώματα» (εικόνα 9.1.2).



Εικόνα 9.1.2 Τμήματα του βενζινοκινητήρα TSI

9.2 Λειτουργικά στοιχεία του κινητήρα TSI.

Υπάρχουν δύο τύποι κινητήρων TSI. Αυτοί με διπλή υπερπλήρωση (υπερτροφοδότης καυσαερίων + μηχανικός υπερσυμπιεστής) και εκείνη με μονό turbo (υπερτροφοδότηση καυσαερίων). ο άμεσος ψεκασμός είναι κοινός παρανομαστής και για τους δύο τύπους. Εμείς αναλύουμε τον πιο σύνθετο με την διπλή υπερτροφοδότηση. Φυσικά, περισσότερο μέταλλο συνεπάγεται τη διατήρηση μεγαλύτερων ποσών θερμότητας και το μαντέμι {ο χυτοσίδηρος} χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη Θερμοχωρητικότητα και τη μικρή θερμοαγωγιμότητα του. Μαζί με τις υψηλές πιέσεις που επικρατούν στους θαλάμους καύσης, η θερμοκρασία του κινητήρα αυξάνεται σημαντικά και γι' αυτόν το λόγο η αντλία του νερού έχει αντικατασταθεί από μία ισχυρότερη νέα, η οποία μάλιστα διαθέτει ενσωματωμένο μαγνητικό συμπλέκτη που ρυθμίζει τη λειτουργία του υπερσυμπιεστή. Η μεγαλύτερη πρόκληση για τους μηχανικούς ήταν η παράλληλη λειτουργία του turbo (στροβιλοσυμπιεστή καυσαερίων) και του κομπρέσορα (μηχανικού υπερσυμπιεστή τύπου Roots) της Eaton με κωδικό M24.

Αφού ο ατμοσφαιρικός αέρας εισέλθει στο φίλτρο και φιλτραριστεί στη συνέχεια οδηγείται προς το μηχανικό συμπιεστή τύπου Roots της Eaton με κωδικό M24 (σε αντίθεση με το Micra Superturbo όπου προηγούταν το turbo). Παράλληλα με τον M24 υπάρχει αγωγός ο οποίος λειτουργώντας ως βαλβίδα παράκαμψης (by-pass) ανάλογα με τη θέση του ηλεκτρονικά ελεγχόμενου κλαπέτου που περιέχει μπορεί να "βραχυκυκλώσει" από πλευράς πίεσης είσοδο και την έξοδο του Roots. Ο αέρας στη συνέχεια είτε έχει περάσει από το κλαπέτο είτε από του M24, οδηγείται στην είσοδο του συμπιεστή του στροβιλοσυμπιεστή της BorgWarner-3K με κωδικό K03 και από εκεί ακολουθεί την τυπική πορεία του, περνώντας δηλαδή διαδοχικά από το intercooler, την πεταλούδα, το plenum, τους κυλίνδρους και στη συνέχεια ως καυσαέριο πλέον συνεχίζει το ταξίδι του στον στρόβιλο και τέλος την εξάτμιση.

Βλέπουμε λοιπόν πως μιλάμε για τυπική σειριακή διάταξη των δύο υπερσυμπιεστών: η πίεση εξόδου του M24 αποτελεί ταυτόχρονα και την πίεση εισόδου του K03. Πρωταρχικός στόχος του συστήματος είναι να έχει "ατμοσφαιρική" λειτουργία, δηλαδή να μην καταλαβαίνει ο οδηγός κατά την επιτάχυνση την διαδοχή των φάσεων μέσω πτώσεων ή απότομων ξεσπασμάτων της ροπής.

Ο συγκεκριμένος τύπος υπερσυμπιεστή αποτελείται από δύο λοβούς που περιστρέφονται με πολλαπλάσια και αντίθετη φορά για να συμπιέζουν του αέρα στους θαλάμους. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αύξηση της ισχύος του κινητήρα στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του, σχεδόν απ' το ρελαντί.

Πώς όμως θα μπορούσε να συνδυαστεί η παράλληλη - για ένα συγκεκριμένο διάστημα- λειτουργία του μηχανικού υπερσυμπιεστή με το turbo; "Ένα απ' τα τρικ που σκαρφίστηκαν οι Γερμανοί έχει να κάνει με ένα ζεύγος γραναζιών που υπάρχει στους άξονες των λοβών. Η συγκεκριμένη συναρμογή παίζει το ρόλο ενός μειωτήρα στροφών και αναλαμβάνει να ρυθμίζει τη λειτουργία, άρα και την πίεση, του υπερσυμπιεστή ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Να σημειωθεί πως ο υπερσυμπιεστής δεν παίρνει κίνηση απευθείας απ' το στροφαλοφόρο αλλά είναι γεφυρωμένος με ιμάντα με το μαγνητικό συντελεστή που ενσωματώνεται με την αντλία νερού.

Ανάλογα με την κλίση του, ένα κλαπέτο κανονίζει πως ο φρέσκος αέρας θα περάσει τόσο απ' το turbo όσο και απ' τον υπερσυμπιεστή. Αυτό ισχύει όταν υπάρχει ταυτόχρονη λειτουργία των δύο συστημάτων τα οποία βρίσκονται «συνδεδεμένα» σε σειρά. Στην περίπτωση που του πρώτο λόγο έχει ο υπερσυμπιεστής, τότε το κλαπέτο φράζει την δίοδο του αέρα προς το turbo.

Στην συνέχεια το κλαπέτο γυρίζει και αφήνει τον αέρα να περάσει, όπως σε ένα συμβατικό σύστημα turbo, μιας και ο στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων

αναλαμβάνει απ' τις μεσαίες στροφές κι έπειτα. Η ταχύτερη εμπλοκή του turbo επιτρέπει στον υπερσυμπιεστή να ανακουφιστεί νωρίτερα, περιορίζοντας τις απώλειες ισχύος.

Μ' αυτόν του τρόπο, ο κινητήρας ανεβάζει στροφές χωρίς ο υπερσυμπιεστής να του «κλέβει» ισχύ. Θα μπορούσε να πει κανείς πως ο υπερσυμπιεστής λειτουργεί και σαν ένα μέσο υποβοήθησης για να υπερνικήσει την αδράνεια ο στροβιλοσυμπιεστής ο οποίος αρχίζει να παίρνει φόρα μετά τις 2400 σ.α.λ. Κάπου στις 3.500 σ.α.λ. κι ενώ η τουρμπίνα έχει αυξήσει τις στροφές της ο υπερσυμπιεστής M 24 δεν χρειάζεται πλέον και τίθεται προσωρινά εκτός λειτουργίας. Η μέγιστη πίεση του Twincharger φτάνει τα 2, 5bar στις 1.500σ.α.λ. με το turbo και του υπερσυμπιεστή να λειτουργούν παράλληλα με την ίδια περίπου σχέση πίεσης (περίπου 1,53bar). Χωρίς τη βοήθεια του υπερσυμπιεστή ένας κανονικός turbo κινητήρας αγγίζει μόλις τα 1,3bar.

Άκρως σημαντικός στην όλη διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω είναι ο τρόπος με τον οποίο η ECU (Bosch MED 9.5) ελέγχει το άνοιγμα του κλαπέτου του M24 σε συνδυασμό με το αντίστοιχο της βαλβίδας παράκαμψης (wastegate) του στροβίλου του turbo. Όσο το κλαπέτο ανοίγει και η συνεισφορά του Roots στη παραγωγή πίεσης επομένως μειώνεται, το άνοιγμα wastegate ρυθμίζεται ανάλογα έτσι ώστε να μπορέσει η K03 να σηκώσει από μόνη της το 1,5bar υπερπλήρωσης. Αν ενδεχομένως παρουσιαστεί οποιαδήποτε έξαρση πίεσης πέραν του 1,5bar αυτή ανακουφίζεται ακαριαία μέσω της ενσωματωμένης στον συμπιεστή του turbo by-pass βαλβίδας (σκάστρας) και φυσικά με ανάλογο άνοιγμα της wastegate. Όλος αυτός ο έλεγχος κλειστού βρόγχου των διάφορων υποσυστημάτων, βαλβίδων και συμπλεκτών θα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθεί με τα πρωτόγονα ηλεκτρονικά μέσα προηγούμενων δεκαετιών.

9.3 Συμπερασματικά.

Οι VW/Eaton περιμέναν το πλήρωμα του χρόνου, ώστε τελικά να μπορέσουν να παρουσιάσουν σήμερα ένα σύστημα turbo- κομπρέσορα που να λειτουργεί πραγματικά άψογα, απροβλημάτιστα και "ατμοσφαιρικά". Πολλοί ισχυρισμοί της διαφήμισης επιδέχονται κριτικής και χρειάζονται επαναδιατύπωση. Ο χαρακτηρισμός της τεχνολογίας ως "τεχνολογίας του μέλλοντος" είναι αντιφατικός γιατί ουσιαστικά δεν έχουμε να κάνουμε με μία επαναστατική νέα τεχνολογία, αλλά το συνδυασμό δύο προϋπαρχουσών από πολύ παλιά τεχνολογιών σ' ένα κοινό σύνολο.

Παραδοσιακά οι κατασκευαστές ανακοινώνουν για τα υπερτροφοδοτούμενα μοντέλα τους πίεση υπερπλήρωσης και όχι απόλυτη πίεση εισαγωγής, καθώς σε αντίθεση με το δεύτερο μέγεθος, το πρώτο έχει νόημα μόνο σε υπερτροφοδοτού μενους κινητήρες.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχτηκε πιθανότατα αυτός ο τρόπος διατύπωσης, ώστε να φανεί ακόμα πιο "ιδιαίτερο" το (ομολογουμένως ήδη μεγάλο για κινητήρα παραγωγής) 1.5bar πραγματικής πίεσης υπερπλήρωσης.

Αυτή η υπόθεση τεκμηριώνεται παρακάτω με το "Η πίεση αυτή είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί σε κινητήρα μαζικής παραγωγής. Κανένας συμβατικός κινητήρας turbo δεν μπορεί να επιτύχει αυτή την πίεση υπερπλήρωσης". Η πρώτη πρόταση έχει βάση, διότι πάνω από 1.5bar πίεσης υπερπλήρωσης σε κινητήρα μαζικής παραγωγής δεν είχε χρησιμοποιήσει ποτέ κανείς κατασκευαστής μέχρι την περίοδο που γραφόταν η διαφήμιση (την στιγμή που γράφονται αυτές οι γραμμές ωστόσο αυτό έχει συμβεί και συγκεκριμένα από την Fiat στο Grande Punto Abarth 55). Η δεύτερη πρόταση όμως όπως ήδη αναφέραμε για την περίπτωση της Fiat με το multijet, καταρρίπτεται.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στους υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες μεγάλη σημασία στην αξιοπιστία τους παίζει η κατάσταση και η συντήρηση του υπερτροφοδότη. Αν ακολουθείται το πρόγραμμα συντήρισης (στροβιλοϋπερπληρωτή) που έχει προαναφερθεί δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας. Βέβαια η αλήθεια είναι ότι τα υπερτροφοδοτούμενα σύνολα δεν κυκλοφορούν ευρέως αρκετά χρόνια για να καταφέρουμε να διαμορφώσουμε μια πλήρη εικόνα. Οι πετρελαιοκινητήρες όντας κατασκευασμένοι με στιβαρά κινούμενα μέρη λόγω αυξημένης συμπίεσης, ίσως έχουντο προβάδισμα στην αξιοπιστία σε σχέση με τους υπερπληρούμενους βενζινοκινητήρες. Όμως οι πετρελαιοκινητήρες έχουν ένα πολύ ευαίσθητο, στη νοθεία καυσίμου, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου. Αξίζει να αναφερθεί ότι πρακτικά πλέον δεν παράγονται ατμοσφαιρικοί πετρελαιοκινητήρες. Αντιθέτως οι ατμοσφαιρικοί κινητήρες βενζίνης που - ακόμα- παράγονται, είχαν πολλά χρονικά περιθώρια να βελτιώσουν/εξαλείψουν όλα τα ζητήματα αξιοπιστίας που είχαν.

Από την άλλη μεριά, υπάρχει και ο αστάθμητος παράγοντας του ελλατωματικού τεμαχίου, που αν υπάρξει αυτό, τότε σίγουρα κάποια στιγμή, ανεξαρτήτως συντήρησης, θα υπάρξει βλάβη.

Όμως οι σκεπτικοί παραμένουν. Εμμένουν στην (αμερικανόφερτη) λογική που θέλει τα κυβικά αναντικατάστατα και φοβούνται πως οι εταιρίες δεν έχουν λάβει τα μέτρα για να κάνουν τους κινητήρες τούρμπο ανθεκτικούς. Φοβούνται πως το βάρος των αυτοκινήτων πέφτει πολύ στα λίγα κυβικά των κινητήρων που πιέζονται για να αντεπεξέλθουν.

Οι ιστορίες αναξιοπιστίας των 20 ετών ανακυκλώνονται και τελικά καπελώνουν τα σύγχρονα αυτοκίνητα που το μόνο που μοιράζονται με τους προβληματικούς δεινόσαυρους του παρελθόντος είναι το όνομα, τούρμπο, και τη βασική αρχή λειτουργίας.

Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού παρουσιάζουν αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών, όπως η καλύτερη και ομαλότερη απόδοση ισχύος, η καλύτερη απόκριση κατά την επιτάχυνση και -το πιο σημαντικό- όλα αυτά επιτυγχάνονται με μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.

Επιπλέον, τα αρκετά χαμηλότερα επίπεδα εκπομπής ρύπων -με άμεση επίπτωση και στη φορολογία σε ορισμένες χώρες- καθιστούν τους κινητήρες βενζίνης άμεσου ψεκασμού τους πιο οικονομικούς και οικολογικούς, εν όψει μάλιστα των μελλοντικών αυστηρότερων προδιαγραφών.

Ωστόσο, όσον αφορά σε ορισμένες χώρες της ευρωπαϊκής αγοράς, οι ιαπωνικοί κινητήρες GDI δεν αποδίδουν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του

κατασκευαστή, εξαιτίας της διαφοράς ποιότητας των καυσίμων και της υψηλής περιεκτικότητας της "ευρωπαϊκής" βενζίνης σε θείο.

Τα χαμηλά επίπεδα ρύπων και η μείωση της κατανάλωσης είναι δύο παράμετροι που επιτάσσουν την άμεση υιοθέτηση και κατ' επέκταση την εφαρμογή μιας τέτοιας τεχνολογίας. Η ανάγκη για καθαρότερη ατμόσφαιρα πρέπει να είναι προτεραιότητα όλων μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Εφαρμογές Μηχανών Εσωτερικής Καύσης** – θεωρία, εργαστήριο, ασκήσεις, Κωνσταντίνος Π. Μαυρίδης Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός (εκδόσεις Γκότσης – 2018).
- Τσιγκαράς Δ., 2015, **Μελέτη της καύσης σε μηχανές ΟΤΤΟ – DIESEL και διαφορές υπερτροφοδοτούμενων σε σχέση με ατμοσφαιρικών εφαρμογών**, Εκδόσεις ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο
- Αναγνωστάκης Ι., 2009, **Κατασκευή εποπτικού μέσου τετράχρονοι μονοκύλινδρου αερόψυκτου κινητήρα**, Έκδοση Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο
- Αρχοντίσης Π., 2008, **Εγκυκλοπαίδεια της βελτίωσης του αυτοκινήτου** Power Pedia, Έκδοση Option Press, Αθήνα.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- <https://www.caroto.gr>
- www.rotomaster.com
- <https://www.autotriti.gr>
- www.autogreeknews.gr
- www.ortsa.gr
- <https://www.wikipedia.org>