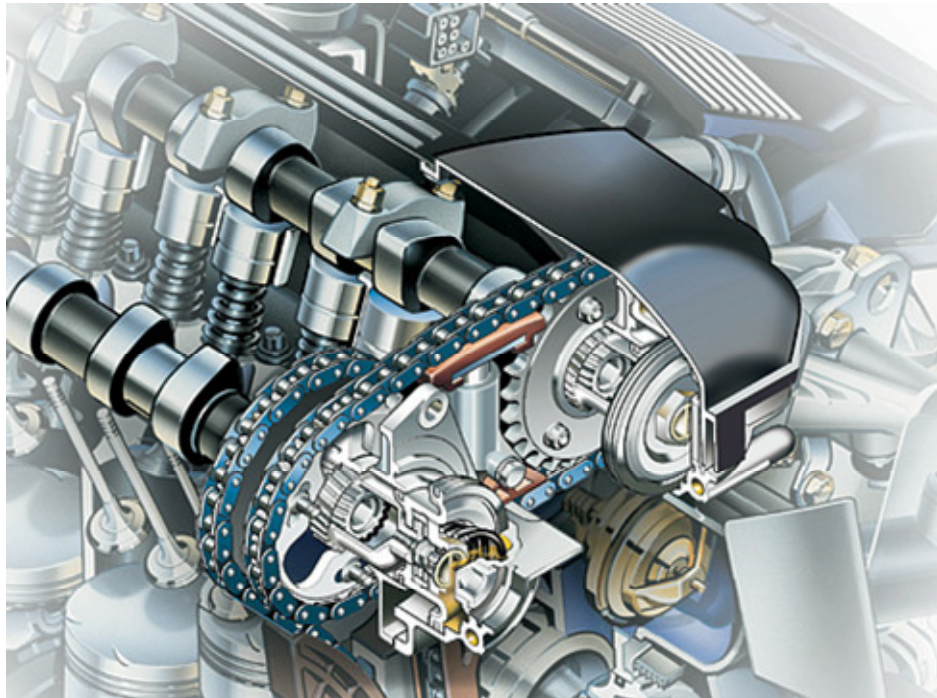




**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΒΑΛΒΙΔΩΝ
ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: ΔΟΥΚΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ, ΦΩΤΕΙΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γυφτογιάννης Γεράσιμος

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.4-8.
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° (ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ).....	σελ.9-11.
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° (ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ:ΟΗΒ,ΟΗC/ΔΟΗC.....	σελ.11-15.
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° (ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ).....	σελ.17-18.
3.1 ΩΣΤΗΡΙΟ.....	σελ. 18.
3.1.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΩΣΤΗΡΙΟ.....	σελ.19-22.
(ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΒΑΛΒΙΔΑΣ)	
3.1.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΩΣΤΗΡΙΟ.....	σελ.22-25.
3.2 ΖΥΓΩΘΡΟ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ.....	σελ.26-30.
3.3 ΖΥΓΩΘΡΟ ΜΕ ΕΝΘΕΤΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ.....	σελ.31-35.
3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΟΗV.....	σελ.36-37.
3.4.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΩΣΤΗΡΙΟ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΚΥΛΙΣΗΣ.....	σελ.37.
3.4.2 ΖΥΓΩΘΡΟ ΜΕ ΒΑΣΗ.....	σελ.38.
3.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ.....	σελ.38-45.
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°	
4.1. Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ.....	σελ.46-47.
4.2 ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΕΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ	σελ. 47-49.
4.3. ΕΞΥΠΝΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....	σελ.49-50.
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° (ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΒΑΛΒΙΔΩΝ)	
5.1. VVT-i , VVTL-i.....	σελ.51-54.
5.2 (ΒΥΘΙΣΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ).....	σελ.55-56.
5.3(ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΒΑΣΗ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ).....	σελ.57-61.
5.4 (ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΒΥΘΙΣΗΣ).....	σελ.61-65.
7. ΣΥΜΠΕΡΑΜΑΤΑ.....	σελ.66-67.
8. ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΙΣΗ	σελ.68-74.
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.75-77.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο 21ος αιώνας χαρακτηρίζεται από τις έντονες εξελίξεις σε διάφορους τομείς των επιστημών. Αξιοσημείωτη άνθιση παρουσιάζει και ο χώρος των μηχανών εσωτερικής καύσης, και πιο συγκεκριμένα την τελευταία εικοσαετία. Έντονη ανάπτυξη παρουσιάζουν οι κινητήρες Otto (συχνά αποκαλούμενοι και ως βενζινοκινητήρες λόγω της συντριπτικής χρήσης του καυσίμου αυτού στη λειτουργία τους) οι οποίοι βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε αρκετούς τομείς της μηχανολογίας, με κυρίαρχη την αυτοκίνηση. Το βασικό ερώτημα που προκύπτει από αυτό το γεγονός είναι, για ποιο λόγο είναι απαραίτητες αυτές οι εξελίξεις και ποιο είναι το όφελος τους.[23]

Ο κύριος λόγος που η επιστήμη αναζητά ολοένα και καινούριες λύσεις και προτάσεις όσον αφορά τους κινητήρες οχημάτων, είναι περιβαλλοντικής φύσης. Πρώτιστος στόχος στην εξέλιξη ενός νέου κινητήρα είναι η μείωση των εκπομπών των καυσαερίων που αποβάλλει ο κινητήρας. Το πρόβλημα της εκπομπής ρύπων άρχισε να γίνεται αισθητό κατά τη δεκαετία του '70 και κατέστη ιδιαίτερα σημαντικό στη δεκαετία του '80. Κατά τη διάρκεια αυτών των δεκαετιών σε πολλές πόλεις της Αμερικής, αλλά και σε διάφορες χώρες της Ευρώπης εμφανίστηκε το σημαντικό πρόβλημα του φωτοχημικού νέφους. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι σαφώς είναι πολύ προτιμότερο να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή σχηματισμού των ρυπογόνων ουσιών στην πηγή (πρόληψη), παρά να λαμβάνονται μέτρα για τη δέσμευση ή καταστροφή τους με τη χρήση μέσων περιστολής (θεραπεία).[23]

Οι κυριότερες ρυπογόνες ουσίες είναι τα NO_x , CO και HC που αποτελούν τους ελεγχόμενους ρύπους (regulated emissions), των οποίων τα επίπεδα συγκέντρωσης στα καυσαέρια της εξαγωγής είναι νομοθετημένα σε αναπτυγμένες χώρες, ακολουθώντας πρότυπες συσκευές και μεθόδους μετρήσεως. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (όπως αντίστοιχα και οι Η.Π.Α. και η Ιαπωνία) έχει θεσπίσει σχετικές προδιαγραφές (ονομάζονται Euro I, Euro II, Euro III και Euro IV) από το 1994 ως το 2006 στις

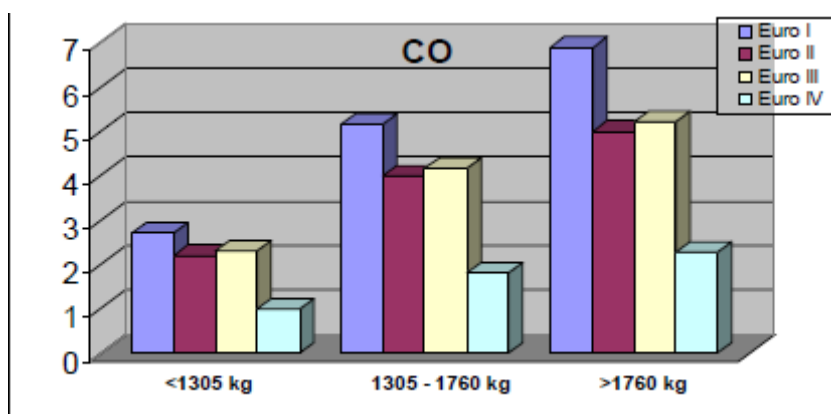
οποίες καθορίζονται τα επιτρεπόμενα όρια των ρυπογόνων ουσιών, στους κινητήρες Otto.[23]

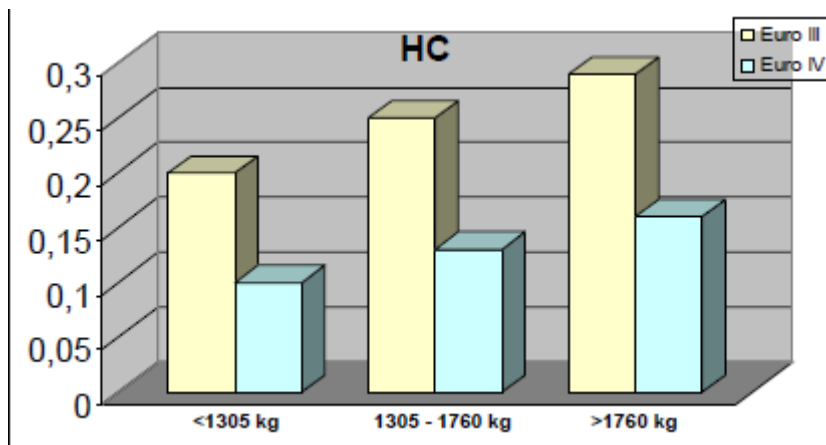
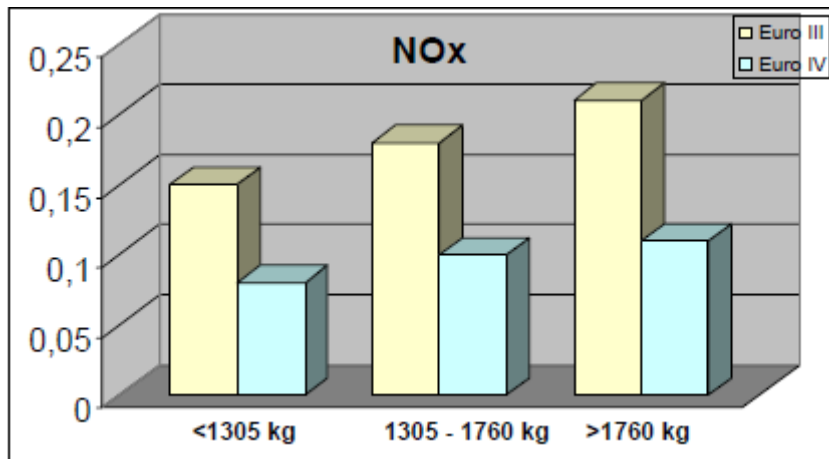
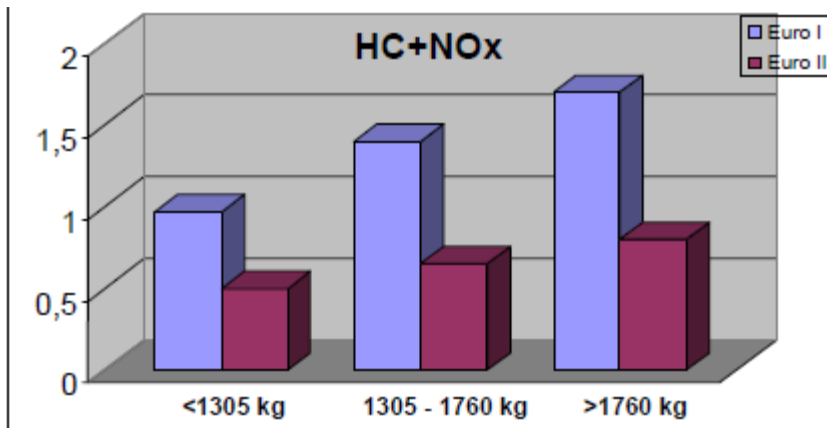
Προδιαγραφές Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εκπομπή βενζινοκίνητων οχημάτων, g/km

Κατηγορία		Έτος	CO	HC+NOx	NOx	HC
<1305kg	Euro I	1994	2.72	0.97	-	-
	Euro II	1998	2.20	0.50	-	-
	Euro III	2000	2.30	-	0.15	0.20
	Euro IV	2005	1.00	-	0.08	0.10
1305kg-1760kg	Euro I	1994	5.17	1.40	-	-
	Euro II	1998	4.00	0.65	-	-
	Euro III	2002	4.17	-	0.18	0.25
	Euro IV	2006	1.81	-	0.10	0.13
>1760kg	Euro I	1994	6.90	1.70	-	-
	Euro II	1998	5.00	0.80	-	-
	Euro III	2002	5.22	-	0.21	0.29
	Euro IV	2006	2.27	-	0.11	0.16

Στην συνέχεια, παρατίθενται τέσσερα ραβδογράμματα για τα CO, HC+NOx, NOx και HC που αναλύουν τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα:

Απεικόνιση του παραπάνω πινάκα σε διαγράμματα.














Ένας ακόμη λόγος της τεχνολογικής ανάπτυξης των μηχανών εσωτερικής καύσης αφορά οικονομικούς λόγους. Δηλαδή, δεν έχει πρακτικό νόημα η δημιουργία ενός κινητήρα που καταναλώνει μεγάλες ποσότητες καυσίμου. Αν συνυπολογιστεί και το γεγονός ότι τα παγκόσμια αποθέματα του πετρελαίου ολοένα και μειώνονται (υπολογίζονται σε 981,4 με 1.016,8 δισεκατομμύρια βαρέλια, Φεβρουάριος 2001), υπολογίζεται πως δεν θα διαρκέσουν περισσότερο από 80 χρόνια. Αυτές οι εξελίξεις έχουν και άμεσο αντίκτυπο στην τιμή του πετρελαίου, η οποία έχει καθοριστεί στην

τιμή των 75 \$ το βαρέλι (Ιούλιος 2006). Άρα είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνεται ως μείζονος σημασίας παράγοντας η κατανάλωση καυσίμου του κινητήρα. Αυτό το γεγονός ώθησε την παγκόσμια βιομηχανία (και ιδιαίτερες τις αυτοκινητοβιομηχανίες) στην εξέλιξη νέων κινητήρων που αποσκοπούν στην χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.

Οι παραπάνω παράγοντες έχουν απασχολήσει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις σύγχρονες εταιρίες. Την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει πολύ σοβαρές προσπάθειες και με την υλοποίηση νέων ιδεών και καινοτομικών τεχνολογιών έχουν λυθεί προβλήματα που στο παρελθόν φάνταζαν δυσεπίλυτα. Οι καινούριες τεχνολογίες που θα αναφερθούν αναλυτικά παρακάτω είναι οι εξής:

- Κινητήρας άμεσης έγχυσης βενζίνης (Gasoline Direct Injection)
- Κινητήρας με υπερπλήρωση (Supercharging), με κυριότερες υποπεριπτώσεις:

-  Στρόβιλο μεταβλητής γεωμετρίας (Variable Geometry Turbine)
-  Ηλεκτρικά υποβοηθούμενη στροβιλο-υπερπλήρωση (Electrically Assisted Turbocharging)
-  'Δίδυμη' ή διπλή στροβιλο-υπερπλήρωση (Twin Turbocharging)
- Άλλες τεχνολογίες κινητήρων, όπως:
 -  Κινητήρας με μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων (Variable Valve Timing).
 -  Κινητήρας με μεταβλητό βαθμό συμπίεσης (Variable Compression Ratio).
 -  Κινητήρας που λειτουργεί με απενεργοποίηση (κάποιων) κυλίνδρων (Cylinder Deactivation).
 -  Κινητήρας ομογενοποιημένης καύσης (Homogeneous Charge Compression Ignition).
 -  Κινητήρας με συνδυασμό δίχρονης και τετράχρονης λειτουργίας.
 -  Κύκλος Atkinson - Κύκλος Miller.[23]

Η τεχνολογία των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων, που άλλοτε βρίσκαμε μόνο σε πανίσχυρους αγωνιστικούς κινητήρες, είναι πλέον προσιτή ακόμα και για εφαρμογή σε απλούς κινητήρες καθημερινής χρήσης.

Η εξέλιξη των κινητήρων ευρείας χρήσης την τελευταία δεκαετία είναι κάτι παραπάνω από εντυπωσιακή. Αρχής γενομένης από τους πολυβάλβιδους κινητήρες, η ειδική απόδοση (ίπποδύναμη ανά λίτρο) έφτασε σε πολύ υψηλά επίπεδα, με τη χρησιμοποίηση συστημάτων μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων. Η Χόντα χρησιμοποίησε πρώτη το σύστημα VTEC, πετυχαίνοντας από έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα απόδοση 100 ίππων/λίτρο που, ακόμα και σήμερα, παραμένει μία από τις κορυφαίες τιμές. Η εξέλιξη της τεχνολογίας των υλικών και η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής έχουν κάνει εφικτή τη χρήση τους, ακόμα και σε κινητήρες που δεν προορίζονται για αυτοκίνητα ειδικού χαρακτήρα. Η ευρεία χρήση των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων (Variable Valve Timing) οφείλεται στο γεγονός πως, αν και πρόκειται για απλούς και πλέον φθηνούς μηχανισμούς, έχουν ιδιαίτερα θετικές επιδράσεις στην απόδοση του κινητήρα.[1]

1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η ιστορική εξέλιξη των υδραυλικών στοιχείων αντιστάθμισης διάκενου της βαλβίδας ξεκινάει 30 χρόνια πριν, τότε που γεννήθηκε η ιδέα και δηλώθηκαν τα πρώτα διπλώματα ευρεσιτεχνίας στις ΗΠΑ. Ήδη προς το τέλος της δεκαετίας του 50 το 80% όλων των κινητήρων επιβατικών οχημάτων εκεί ήταν εξοπλισμένοι εργοστασιακά με υδραυλική αντιστάθμιση του διάκενου της βαλβίδας. Στην Ευρώπη κατασκευάζονταν τότε για οικονομικούς λόγους κινητήρες σχετικά μικρής χωρητικότητας και υψηλών στροφών. Η πρώτη προσπάθεια παραγωγής στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας πραγματοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 70. Ήδη στις αρχές της δεκαετίας του 80 ένας μεγάλος αριθμός γερμανικών, αγγλικών, σουηδικών, ισπανικών και ιαπωνικών τύπων οχημάτων ήταν εξοπλισμένος με υδραυλικά στοιχεία αντιστάθμισης διάκενου της βαλβίδας.

Το ποσοστό τους αυξανόταν από τότε συνεχώς και από το 1989 χρησιμοποιούν επίσης και άλλοι Ευρωπαίοι κατασκευαστές αυτοκινήτων αυτή την προοδευτική τεχνολογία.

Οι μηχανολόγοι και οι τεχνικοί που ασχολούνται με την εξέλιξη νέων κινητήρων βρίσκονται πλέον πάντα αντιμέτωποι με αυξανόμενες απαιτήσεις, ιδίως ως προς

- τον σεβασμό προς το περιβάλλον
- την εκπομπή θορύβου
- την αξιοπιστία
- το χαμηλό κόστος
- τα έξοδα συντήρησης και
- την απόδοση.

Όλες αυτές οι απαιτήσεις επηρεάζουν την διαδικασία τοποθέτησης του συστήματος χρονισμού των βαλβίδων και των στοιχείων τους, και μάλιστα

ανεξάρτητα από το σχεδιασμό του κινητήρα (κινητήρας OHV, OHC). Σημαντικό είναι σε κάθε περίπτωση, να διατηρούνται σταθερές οι χαρακτηριστικές τιμές απόδοσης του κινητήρα καθ' όλη την διάρκεια χρήσης του. Προπάντων μεταβολές του μήκους λόγω θερμότητας και φθορά των εξαρτημάτων στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων μπορούν με μηχανική μετάδοση κίνησης των βαλβίδων να οδηγήσουν σε μεταβολή της ανοχής λειτουργίας. Αυτό έχει ως συνέπεια, να αποκλίνει ο χρονισμός των βαλβίδων από τον βέλτιστο καθορισμό.[1]

Τα υδραυλικά στοιχεία αντιστάθμισης ανοχής της βαλβίδας της RUVILLE είναι προσαρμοσμένα στις προδιαγραφές που τίθενται για τον χρονισμό των βαλβίδων στους σύγχρονους κινητήρες.

Κάνουν κινητήρες:

- **με χαμηλή εκπομπή ρύπων**

Ο κατασκευαστικά προκαθορισμένος εσωτερικός χρονισμός του κινητήρα παραμένει καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης και σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του κινητήρα σχεδόν σταθερός – βασική αρχή για τη διατήρηση των τιμών καυσαερίων.

- **αθόρυβους**

Η στάθμη θορύβου του κινητήρα μειώνεται, επειδή αποφεύγεται το υπερβολικό διάκενο βαλβίδας.

- **με μεγάλη διάρκεια ζωής**

Το στοιχείο HVA αντισταθμίζει τη φθορά που δημιουργείται από την τριβή.

- **χαμηλού κόστους**

Ήδη κατά την πρώτη συναρμολόγηση δεν χρειάζεται ρύθμιση του διάκενου της βαλβίδας.

- **που δεν χρειάζονται συντήρηση**

Επίσης καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης του κινητήρα δεν απαιτείται ρύθμιση του διάκενου της βαλβίδας.

- **να αντέχουν σε υψηλές στροφές**

Η ελαφριά κατασκευή που ανέπτυξε η RUVILLE καθιστά δυνατή τη διαρκή λειτουργία σε υψηλές στροφές.[1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης πρέπει να τροφοδοτείται κυκλικά με φρέσκο αέρα, ενώ το καυσαέριο που παράγει, πρέπει να απάγεται. Σε έναν τετράχρονο κινητήρα χαρακτηρίζει κανείς την αναρρόφηση φρέσκου αέρα και την εξαγωγή καυσαερίων ως εναλλαγή φορτίου. Κατά τη διάρκεια περισσοτέρων εναλλαγών φορτίου ανοίγουν και κλείνουν τα όργανα ενεργοποίησης των κυλίνδρων (τα κανάλια εισαγωγής και εξαγωγής) περιοδικά από τα όργανα φραγής (οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής). Τα όργανα φραγής εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες.[2]

Πρέπει:

- να παρέχουν μία όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διατομή ανοίγματος
- να εκτελούν γρήγορα τις διαδικασίες ανοίγματος και κλεισίματος
- να έχουν αεροδυναμική μορφή, για να διατηρούν την απώλεια πίεσης που προκύπτει σε χαμηλά επίπεδα
- σε κλειστή κατάσταση να έχουν καλό βαθμό στεγανοποίησης και υψηλή ανθεκτικότητα[2]

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Σε κινητήρες εσωτερικής καύσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως όργανα φραγής σχεδόν μόνο βαλβίδες παλινδρόμησης.

Το χρονικό διάστημα και η διαδοχική σειρά της κίνησης των βαλβίδων προκαθορίζονται μέσω του εκκεντροφόρου άξονα, δηλαδή μέσω της κίνησης του εκκεντροφόρου άξονα. Τον μηχανισμό για τη μεταφορά της παλινδρομικής κίνησης του εκκέντρου στις βαλβίδες (συμπεριλαμβάνονται και οι βαλβίδες) χαρακτηρίζει κανείς ως σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων. Το σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων είναι εκτεθειμένο σε υψηλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις. Οι με αυτό συνδεδεμένες δυνάμεις αδράνειας ανεβαίνουν με αυξανόμενες στροφές και καταπονούν σε μεγάλο βαθμό την κατασκευή. Εξάλλου πρέπει οι βαλβίδες εξαγωγής να αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες που προέρχονται από τα καυτά καυσαέρια.[2]

Για να μπορέσουν να λειτουργήσουν σωστά κάτω από αυτές τις συνθήκες, τίθενται στα στοιχεία μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Πρέπει για παράδειγμα

- να είναι υψηλής αντοχής (και μάλιστα πάνω από τη συνολική διάρκεια ζωής του κινητήρα)
- να έχουν μικρή τριβή, για να μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων και
- να εξασφαλίζουν επαρκή απαγωγή θερμότητας από τις βαλβίδες (ιδιαίτερα από τις βαλβίδες εξαγωγής)[3]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

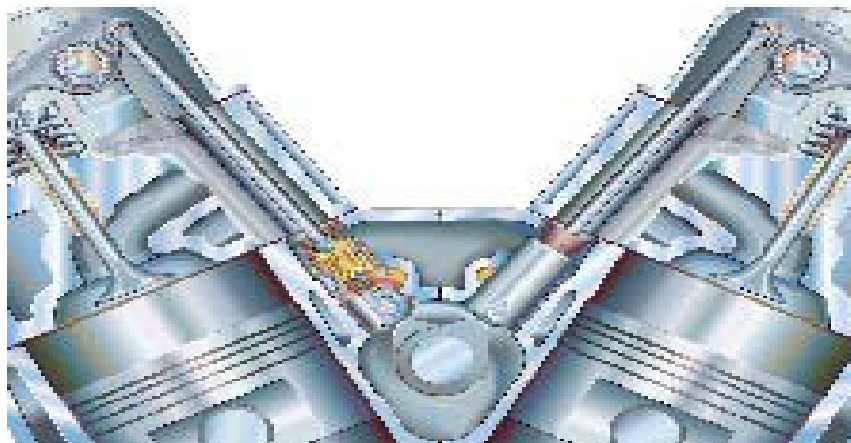
Συστήματα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων υπάρχουν σε διάφορες παραλλαγές. Κοινή σε όλες είναι η μετάδοση κίνησης μέσω του εκκεντροφόρου άξονα.

Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων διακρίνονται σύμφωνα με:

- το πλήθος των βαλβίδων που ενεργοποιούν και
- το πλήθος και τη θέση των εκκεντροφόρων αξόνων, μέσω των οποίων κινούνται

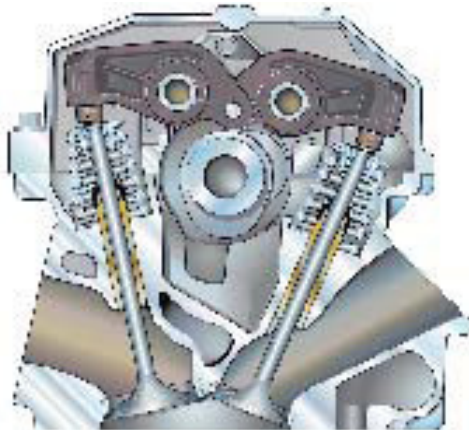
Οι εκκεντροφόροι άξονες μπορούν να τοποθετηθούν σε δύο σημεία στον κινητήρα. Αντίστοιχα χαρακτηρίζονται ως κάτω τοποθετημένοι ή επι κεφαλής εκκεντροφόροι άξονες.

Οι κάτω τοποθετημένοι εκκεντροφόροι άξονες είναι τοποθετημένοι κάτω από την διαχωριστική γραμμή της κυλινδροκεφαλής και του μπλοκ κινητήρα. Το σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων ενός τέτοιου κινητήρα ονομάζει κανείς επίσης **Overhead-Valves** (σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων OHV).[3]



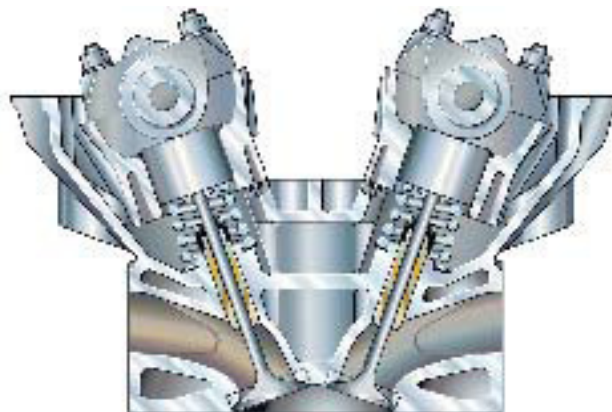
Εικόνα: Σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων OHV (Overhead-Valves)

Οι επικεφαλής εκκεντροφόροι άξονες βρίσκονται πάνω από τη διαχωριστική γραμμή της κυλινδροκεφαλής και του μπλοκ κινητήρα. Αν υπάρχει μόνο ένας εκκεντρο-φόρος άξονας, χαρακτηρίζεται αυτή η κατασκευή ως **Overhead Camshaft** (σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων OHC).



Εικόνα: Σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων OHC(Overhead Camshaft)

Στην περίπτωση δύο εκκεντροφόρων αξόνων μιλάμε για **Double Overhead Camshaft** (σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων DOHC).



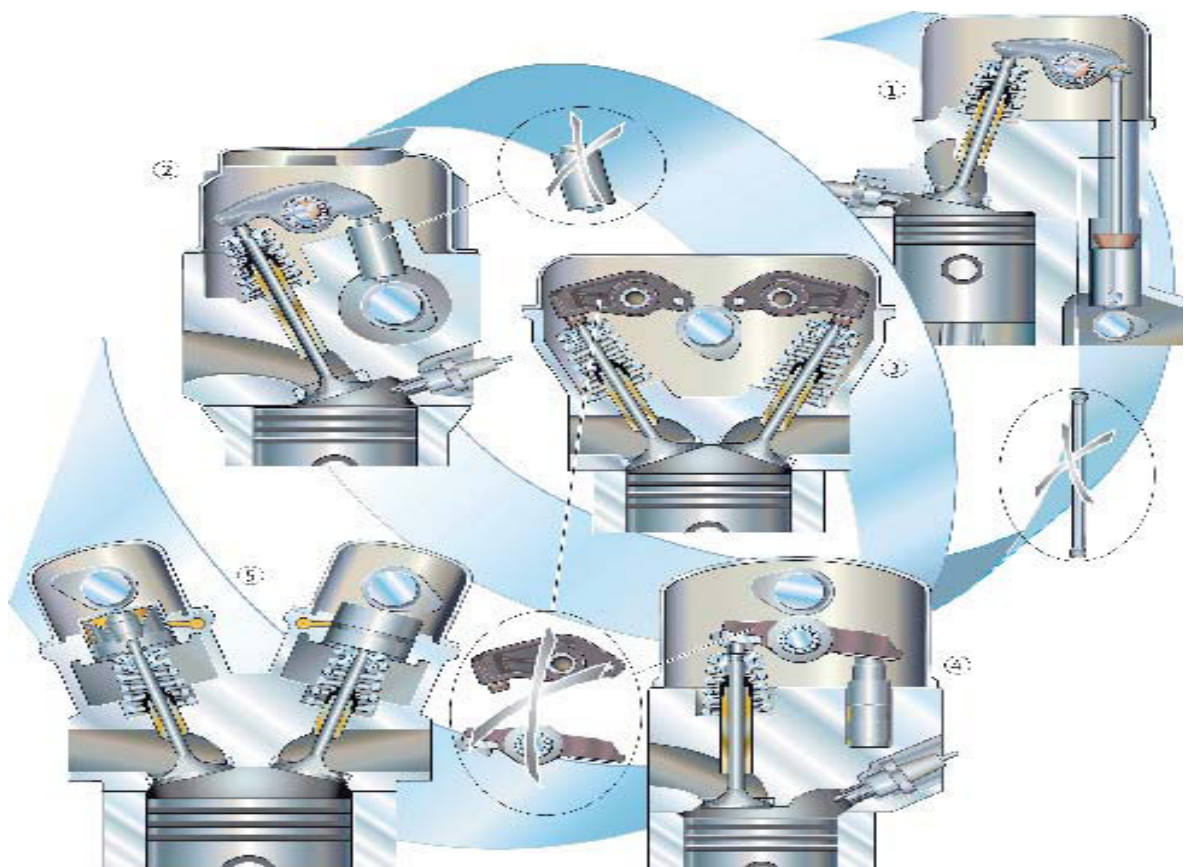
Εικόνα: Σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων DOHC(Double Overhead Camshaft)

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΟΗV

Η **εικόνα 1** δείχνει το αποκαλούμενο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων ΟΗV με ωστική ράβδο και με κάτω τοποθετημένο εκκεντροφόρο άξονα. Με αυτόν τον σχεδιασμό είναι απαραίτητα πολλά στοιχεία μετάδοσης, για να μεταδώσετε την παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου στη βαλβίδα – ωστήριο, ωστική ράβδος, ζυγώθρο, έδραση ζυγώθρου.

Με την συνεχόμενη εξέλιξη των κινητήρων ήταν επίσης συνδεδεμένες πάντα υψηλότερες στροφές, έπρεπε όμως να γίνουν πιο αποδοτικοί, συμπαγείς και ελαφριοί. Εδώ έφτασε το σύστημα μετάδοσης κίνησης με ωστική ράβδο ΟΗV λόγω της ογκώδους συνολικής ακαμψίας του γρήγορα στα όρια στροφών του.

Επομένως έπρεπε να μειωθεί το πλήθος των κινούμενων εξαρτημάτων του συστήματος μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων.[5]



Εικόνα: Σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων ΟΗV

Εικόνα 2: Ο εκκεντροφόρος άξονας μετατοπίστηκε μέσα στην κυλινδροκεφαλή, έτσι ώστε να αποφευχθεί η ωστική ράβδος.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΟΗC/ΔΟΗC

Εικόνα 3: Στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων ΟΗC δεν υπάρχει ωστήριο, ο εκκεντροφόρος άξονας είναι τοποθετημένος πιο ψηλά και η παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου μπορεί να μεταδοθεί απευθείας μέσω του ζυγώθρου.

Εικόνα 4: Αυτή η μετάδοση κίνησης με ζύγωθρο αντιστοιχεί στον πιο άκαμπτο τύπο κατασκευής ενός συστήματος μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων με μοχλό.

Εικόνα 5: Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων ΟΗC, των οποίων οι βαλβίδες λειτουργούν απευθείας μέσω του ωστηρίου, είναι κατάλληλα για πολύ υψηλές στροφές. Εδώ παραλείπονται επίσης τα ζύγωθρα.

Όλοι οι τύποι κατασκευής των συστημάτων μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων (εικόνα 1 έως 5) υπάρχουν σήμερα σε κινητήρες μαζικής παραγωγής. Οι μηχανικοί πρέπει ανάλογα με το βασικό σημείο της κατασκευής τους – απόδοση, ροπή στρέψης, όγκος κυλίνδρου, διάταξη κινητήρα, κόστος κατασκευής κ.λ.π. – να ζυγίσουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα και να επιλέξουν έναν τύπο κατασκευής, με αποτέλεσμα όλα τα συστήματα χρονισμού των βαλβίδων, από την μετάδοση κίνησης με ωστική ράβδο μέχρι το συμπαγές σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων ΟΗC με απευθείας ενεργοποιούμενες βαλβίδες, να έχουν λόγο ύπαρξης.[5]

3 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΩΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

ΔΙΑΚΕΝΟ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Ένα σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων πρέπει με κλειστή βαλβίδα να διαθέτει ένα προκαθορισμένο διάκενο – το διάκενο της βαλβίδας–. Χρησιμεύει για να αντισταθμιστούν μεταβολές μήκους και διαστάσεων των εξαρτημάτων, οι οποίες προέρχονται από φθορά και εναλλασσόμενες θερμοκρασίες, π.χ.

- από διακυμάνσεις θερμοκρασίας στα διάφορα εξαρτήματα στον κινητήρα (π.χ. στην κυλινδροκεφαλή)
- από την χρήση διαφόρων πρώτων υλών με διάφορους συντελεστές θερμικής διαστολής ή
- από φθορά στα σημεία επαφής μεταξύ εκκεντροφόρου άξονα και βαλβίδας.

ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Σε μηχανικά στοιχεία αντιστάθμισης διακένου της βαλβίδας ρυθμίζεται το διάκενο της βαλβίδας μέσω ρυθμιστικών βιδών ή δίσκων κατά την πρώτη συναρμολόγηση του συστήματος μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων και στη συνέχεια σε τακτά διαστήματα συντήρησης.[4]

Σε υδραυλικά στοιχεία αντιστάθμισης διακένου της βαλβίδας αντίθετα δεν απαιτούνται ρυθμιστικές εργασίες, αφού το διάκενο της βαλβίδας εξισορροπείται αυτόματα.

Αυτό σημαίνει μικρότερη μεταβλητότητα διασταύρωσης των καμπυλών παλινδρομικής κίνησης για όλους τους κύκλους λειτουργίας καθ' όλη την διάρκεια ζωής του κινητήρα.[6]

Οι συνέπειες ενός πολύ μικρού ή πολύ μεγάλου διακένου της βαλβίδας φθάνουν από την δημιουργία θορύβου στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των

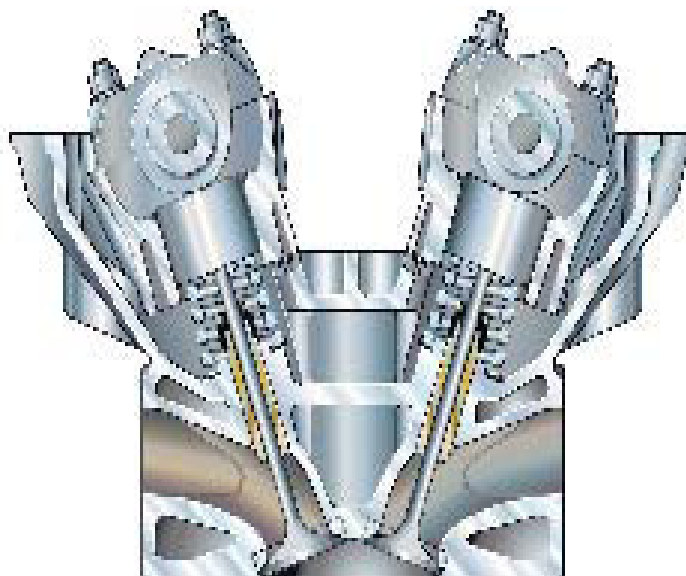
βαλβίδων μέχρι τη βλάβη του κινητήρα. Ένα άλλο, σημαντικό σημείο είναι η μεγαλύτερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την εκπομπή ρύπων.[7]

3.1 ΩΣΤΗΡΙΟ

Το σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων με ωστήριο είναι ένα σύστημα με άμεση μετάδοση κίνησης. Μεταξύ βαλβίδας και εκκεντροφόρου άξονα δεν τοποθετείται κανένα στοιχείο μετάδοσης. Η παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου μεταδίδεται απευθείας από τον πάτο του ωστηρίου στη βαλβίδα.[7]

Οι άμεσοι μηχανισμοί κίνησης ξεχωρίζουν από πολύ καλές τιμές ακαμψίας και ταυτόχρονα μικρές κινούμενες μάζες.

Δείχνουν επομένως καλή συμπεριφορά και σε υψηλές στροφές. Η λήψη από τα ωστήρια εκτελείται μέσω ολίσθησης, δηλαδή μεταξύ πάτου ωστηρίου και έκκεντρου παρουσιάζονται απώλειες τριβής. Μέσω μιας κατάλληλης ένωσης υλικών μπορούν αυτές οι απώλειες να διατηρηθούν σε χαμηλά επίπεδα. Για να μειωθεί κι άλλο η εμφανιζόμενη φθορά τοποθετείται σε μερικές παραλλαγές ωστηρίων το έκκεντρο τροχισμένο λοξά και τοποθετείται μετατοπισμένα προς το πλάι από το ωστήριο, έτσι ώστε το ωστήριο σε κάθε κίνηση να περιστρέφεται με μία συγκεκριμένη γωνία περιστροφής.[8]



3.1.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΩΣΤΗΡΙΟ

Γενικά χαρακτηριστικά του μηχανικού ωστηρίου:

- βασικό σώμα από χάλυβα
- η βαλβίδα δέχεται άμεσα την κίνηση
- το διάκενο της βαλβίδας ρυθμίζεται μηχανικά

Μηχανικό ωστήριο με ρυθμιστική ροδέλα τοποθετημένη επάνω

Ειδικά χαρακτηριστικά

- χαλαρά τοποθετημένο στο βασικό σώμα
- διατίθεται σε διάφορα μεγέθη
- το υλικό και η θερμική κατεργασία μπορεί να επιλεγεί ελεύθερα



Μηχανικό ωστήριο με ρυθμιστική ροδέλα τοποθετημένη κάτω

Ειδικά χαρακτηριστικά

- πολύ μικρό σώμα του ωστηρίου - οι δυνάμεις των ελατήριων της βαλβίδας και συνεπώς και η τριβή μειώνονται-
- μεγάλη περιοχή επαφής με το έκκεντρο



Μηχανικό ωστήριο με κλιμακωτό πάχος πάτου

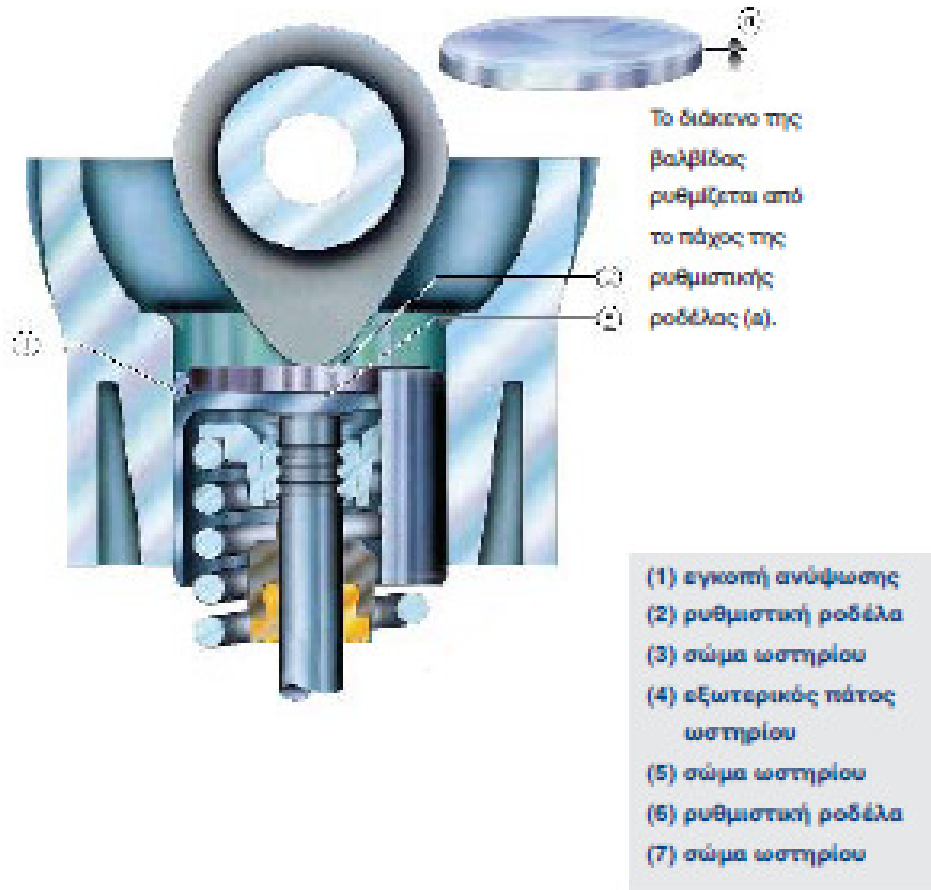
Ειδικά χαρακτηριστικά

- μικρό σώμα του ωστηρίου - οι δυνάμεις των ελατήριων της βαλβίδας και συνεπώς και η τριβή μειώνονται.
- μεγάλη περιοχή επαφής προς το έκκεντρο
- μπορεί να κατασκευαστεί με πολύ χαμηλό κόστος[8]

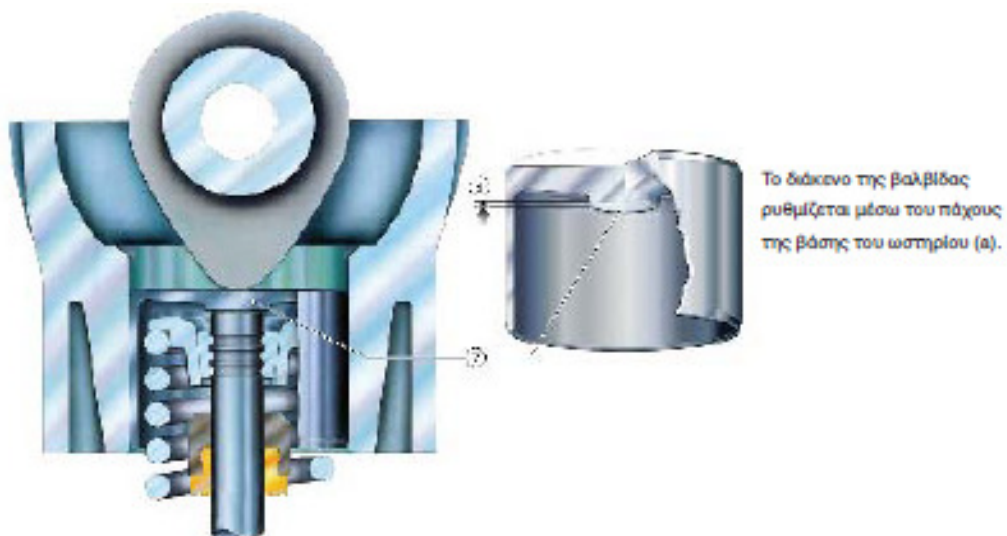


ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

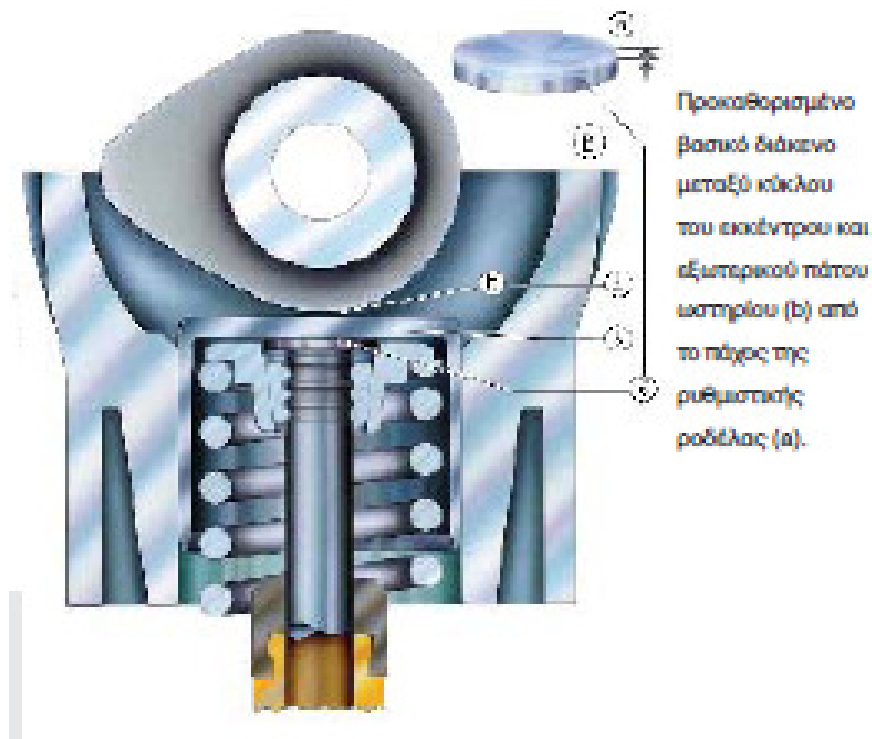
Μηχανικό ωστήριο με ρυθμιστική ροδέλα τοποθετημένη επάνω



Μηχανικό ωστήριο με κλιμακωτό πάχος πάτου



Μηχανικό ωστήριο με ρυθμιστική ροδέλα τοποθετημένη κάτω



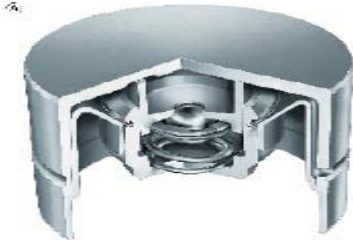
3.1.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΩΣΤΗΡΙΟ

Γενικά χαρακτηριστικά των υδραυλικών ωστηρίων:

- η βαλβίδα δέχεται άμεσα κίνηση
- πολύ μεγάλη ακαμψία του συστήματος μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων
- το διάκενο της βαλβίδας εξισορροπείται αυτόματα
- χωρίς συντήρηση για όλη τη διάρκεια ζωής τους
- σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων σχεδόν αθόρυβο
- αμετάβλητη χαμηλή εκπομπή καυσαερίων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους.[9]

Ωστήριο με προστασία υπερχείλισης

• κατά την φάση μη λειτουργίας του κινητήρα δεν μπορεί να διαρρεύσει λάδι από τον εξωτερικό χώρο αποθεμάτων βελτιωμένη συμπεριφορά κατά της πολλαπλής εκκίνησης.[9]



Ωστήριο με κάτω αναρρόφηση

• ο αποθεματικός όγκος λαδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλύτερα βελτιωμένη συμπεριφορά κατά την πολλαπλή εκκίνηση.[9]



Ωστήριο με λαβύρινθο

• Συνδυασμός προστασίας υπερχείλισης και κάτω αναρρόφησης αρκετά πιο βελτιωμένη συμπεριφορά κατά την πολλαπλή εκκίνηση.[10]



Ωστήριο 3CF (3CF = cylindrical cam contact face)

- με κυλινδρική επιφάνεια επαφής εκκέντρου – ασφάλεια περιστροφής,
- απλή παροχή λαδιού,
- επιτάχυνση ανοίγματος και κλεισίματος,
- 80% μικρότερη διέλευση λαδιού μέσω οδηγού του ωστηρίου,
- χαμηλή πίεση στην επιφάνεια στην επαφή εκκέντρου,
- πιο αποδοτικά χαρακτηριστικά ανύψωσης της βαλβίδας με μικρότερη διάμετρο ωστηρίου – πολύ μικρό σώμα ωστηρίου, πολύ μεγάλη ακαμψία και μειωμένη τριβή.[10]



ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Διαδικασία βύθισης (παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου)

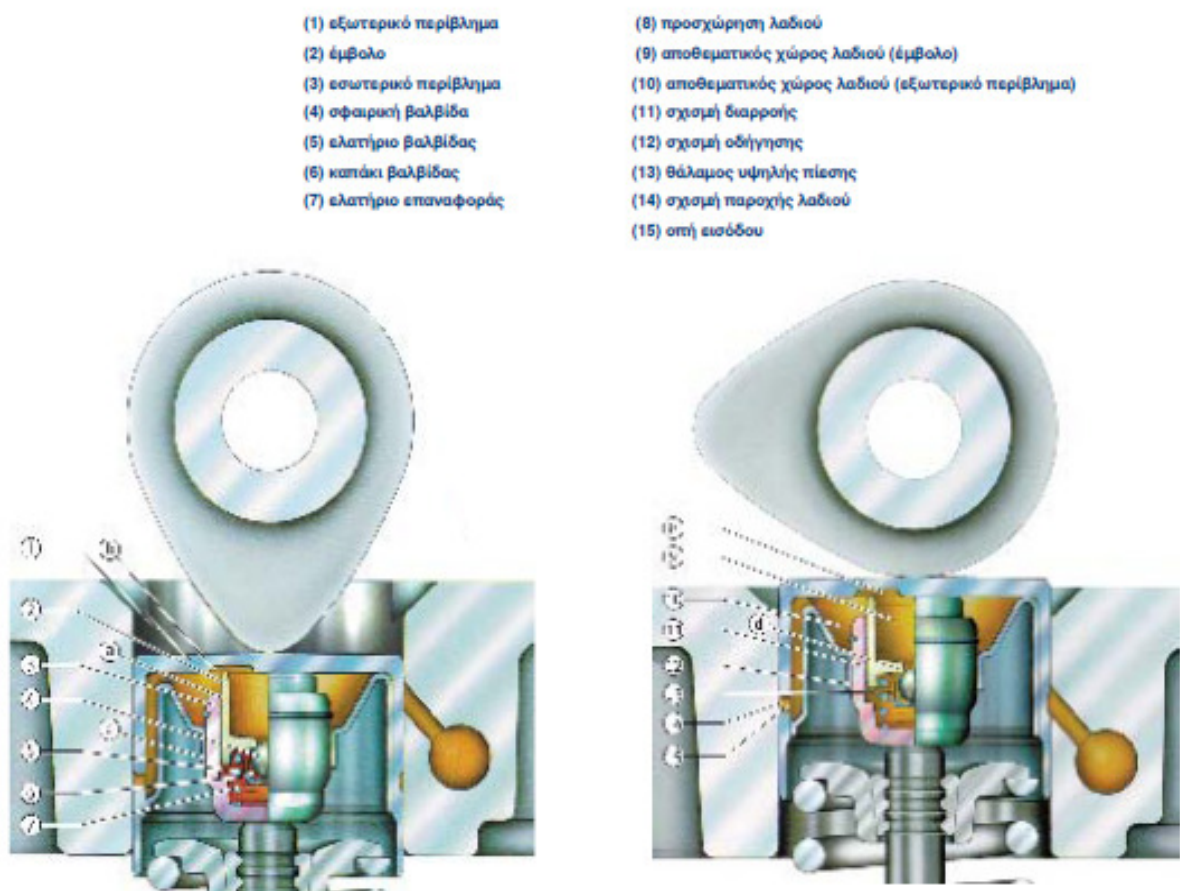
Το υδραυλικό ωστήριο καταπονείται από την δύναμη του ελατηρίου της βαλβίδας και τις δυνάμεις των μαζών, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η απόσταση μεταξύ εμβόλου και περιβλήματος. Μια μικρή ποσότητα λαδιού βγαίνει από το θάλαμο υψηλής πίεσης μέσω μιας σχισμής διαρροής (a) και επιστρέφει στον αποθεματικό χώρο λαδιού (b). Στο τέλος της διαδικασίας βύθισης δημιουργείται ένα μικρό διάκενο στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων. Μια μικρή ποσότητα λαδιού και αέρα βγαίνει μέσω της οπής εισαγωγής και της σχισμής οδήγησης (c).[10]

Διαδικασία αντιστάθμισης (βασική διάμετρος)

Το ελατήριο επαναφοράς πιέζει το έμβολο και το περίβλημα, έως ότου εξισορροπηθεί το διάκενο της βαλβίδας.

Η βαλβίδα αντεπιστροφής ανοίγει από την διαφορά πίεσης μεταξύ θαλάμου υψηλής πίεσης και αποθεματικού χώρου λαδιού.

Λάδι βγαίνει από τον αποθεματικό χώρο λαδιού μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής στο θάλαμο υψηλής πίεσης (d). Η βαλβίδα αντεπιστροφής κλείνει και αποκαθίσταται πάλι η μετάδοση στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων.[11]



Εικόνα : Διαδικασία αντιστάθμισης

3.2 ΖΥΓΩΘΡΟ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τα ζύγωθρα κατασκευάζονται κατά προτίμηση από λαμαρίνα.

Παράλληλα υπάρχουν μερικά που κατασκευάζονται από χυτοχάλυβα με μέθοδο χύτευσης ακριβείας. Την επαφή προς το έκκεντρο δημιουργεί συχνά ένας κύλινδρος με ρουλεμάν (ζύγωθρο με ρουλεμάν). Η ροπή αδράνειας της μάζας και η ακαμψία του ζυγώθρου εξαρτώνται πολύ από τον τύπο κατασκευής. Σε σύγκριση με τα ωστήρια δημιουργούν κοντοί μοχλοί μικρότερες ροπές αδράνειας, και εκτός αυτού μπορούν να πραγματοποιηθούν κατασκευές με μικρότερα σώματα, από την πλευρά της βαλβίδας. Όσον αφορά την ακαμψία τα ζύγωθρα με ρουλεμάν μειονεκτούν σε σχέση με τα ωστήρια.[11]

Οι διάφορες κατασκευές μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων χρειάζονται διαφορετικά μορφοποιημένα έκκεντρα. Αν συγκρίνει κανείς τα έκκεντρα για ένα σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων με ωστήριο με αυτά που χρησιμοποιούνται για συστήματα μετάδοσης με ζύγωθρο με ρουλεμάν, διαθέτουν τα τελευταία μία μεγαλύτερη κορυφή ακτίνας, κοίλες κορυφές και δημιουργούν μία, ανάλογα με τη σχέση μετάδοσης, μικρότερη παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου.[12]

Ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται πάνω από τον κύλινδρο που προτιμάται να τοποθετείται στο κέντρο μεταξύ της βαλβίδας και του στοιχείου στήριξης. Αυτή η διάταξη καθιστά ενδιαφέρον το ζύγωθρο για πετρελαιοκινητήρες με τέσσερις βαλβίδες. Σε αυτούς τους κινητήρες οι βαλβίδες είναι τοποθετημένες είτε παράλληλα είτε υπό μικρή γωνία μεταξύ τους, έτσι ώστε με την χρήση ζυγώθρων να δημιουργείται ένα αρκετά μεγάλο διάκενο μεταξύ των εκκεντροφόρων αξόνων.[12]



Εικόνα: Απεικόνιση γενικών χαρακτηριστικών των ζυγώθρων.

Γενικά χαρακτηριστικά των ζυγώθρων:[14]

- επαφή του ζυγώθρου με το έκκεντρο κυρίως με κυλινδράκι εκκέντρου με βελονοειδές ρουλεμάν
- πολύ μικρή τριβή στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων
- απλή κυλινδροκεφαλή ως προς την τοποθέτηση
- το λάδι παρέχεται απλά στην κυλινδροκεφαλή
- χρειάζεται λίγο μόνο χώρο τοποθέτησης

(A) Ζύγωθρο από λαμαρίνα

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- διαμορφωμένο από ασάλινη λαμαρίνα,
- το ύψος των οδηγών (4) στη βαλβίδα μπορεί να επιλεγεί ελεύθερα,
- προαιρετικά με μπεκ εκτόξευσης λαδιού, (2)
- προαιρετικά με ασφάλεια, (3)
- απλοποιείται η συναρμολόγηση της κυλινδροκεφαλής
- πολύ υψηλά ποσοστά φορτίου στην επιφάνεια στην περιοχή της σφαιρικής επιφάνειας και της επιφάνειας επαφής της βαλβίδας, και
- πολύ οικονομικά[13]



a – πλήκτρο βαλβίδας από λαμαρίνα

c – στοιχείο στήριξης

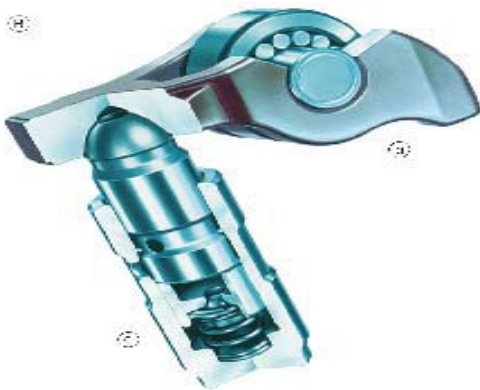
b – χυτό ζύγωθρο

c – στοιχείο στήριξης[15]

(B) Χυτό ζύγωθρο

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- δυνατότητα περίπλοκης γεωμετρίας μοχλού,
- υψηλής αντοχής,
- πολύ άκαμπτο, ανάλογα με την παραλλαγή, και
- χαμηλή ροπή αδράνειας της μάζας, ανάλογα με την παραλλαγή



Χαρακτηριστικά του υδραυλικού στοιχείου στήριξης:

- ασφαλισμένο κατά της αποσυναρμολόγησης με έναν πολυγωνικό δακτύλιο (7)
- αντέχει σε υψηλές εγκάρσιες δυνάμεις[16]

ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Διαδικασία βύθισης (παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου)

Το υδραυλικό στοιχείο στήριξης καταπονείται από τη δύναμη του ελατηρίου της βαλβίδας και τις δυνάμεις των μαζών, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η απόσταση μεταξύ εμβόλου και περιβλήματος.[17]

Μια μικρή ποσότητα λαδιού βγαίνει από το θάλαμο υψηλής πίεσης μέσω μιας σχισμής διαρροής (a) και επιστρέφει στον αποθεματικό χώρο λαδιού (b) μέσω της σχισμής περισυλλογής διαφεύγοντος λαδιού και της οπής εισαγωγής. Στο τέλος της διαδικασίας βύθισης δημιουργείται μία μικρή ανοχή στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων.[17]

Μια μικρή ποσότητα λαδιού και αέρα βγαίνει μέσω της οπής εξαέρωσης και της σχισμής διαρροής (c).

Διαδικασία αντιστάθμισης (βασική διάμετρος)

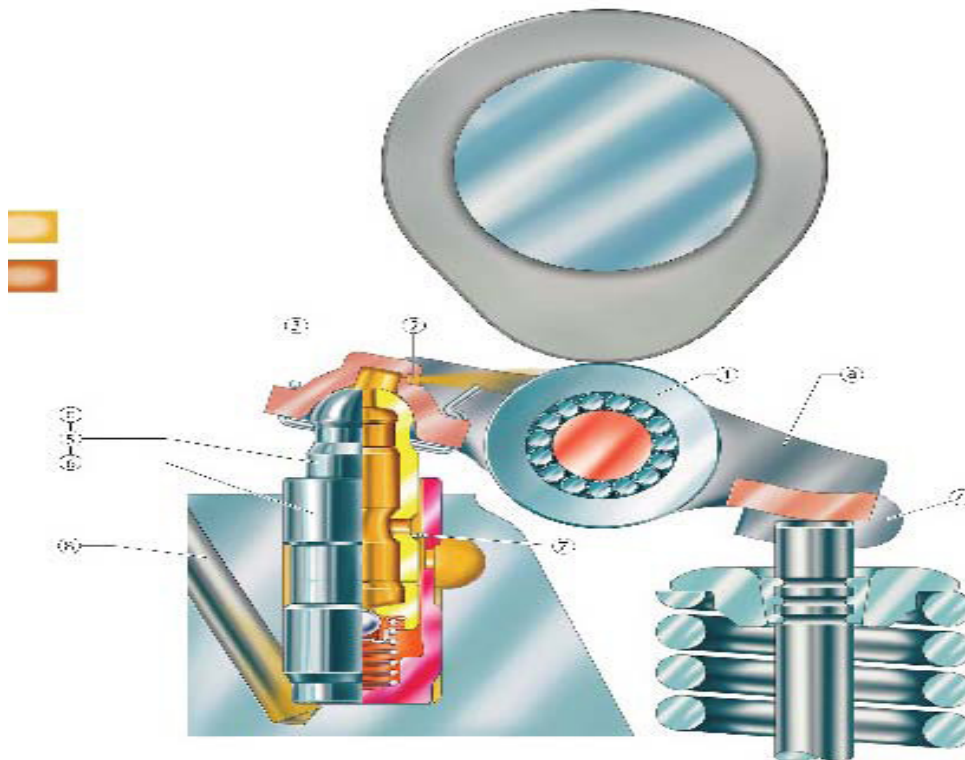
Το ελατήριο επαναφοράς πιέζει το έμβολο και το περίβλημα, έως ότου εξισορροπηθεί το διάκενο της βαλβίδας.

Η βαλβίδα αντεπιστροφής ανοίγει από τη διαφορά πίεσης μεταξύ θαλάμου υψηλής πίεσης και αποθεματικού χώρου λαδιού.

Το λάδι διαρρέει από τον αποθεματικό χώρο λαδιού μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής στο θάλαμο υψηλής πίεσης.

Η βαλβίδα αντεπιστροφής κλείνει και αποκαθίσταται πάλι η μετάδοση στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων.

Εικόνα: Αντιστάθμιση διακένου βαλβίδας.



(1) Κυλινδράκη έκκεντρου

(2) Μπεκ εκτόξευσης λαδιού

(3) Ασφάλεια

(4) Οδηγός

(5) Έμβολο

(6) Περίβλημα υδραυλικού στοιχείου στήριξης

(7) Δακτύλιος συγκράτησης (πολυγωνικός δακτύλιος)

(8) Οπή εξαέρωσης / οπή διαφυγής πίεσης

(9) Ζύγωθρο από λαμαρίνα

(10) Βαλβίδα[17]

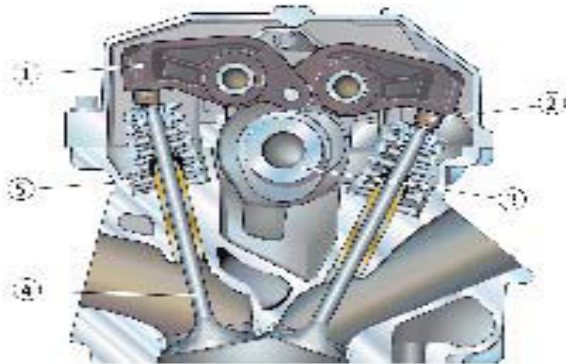
3.3 ΖΥΓΩΘΡΟ ΜΕ ΕΝΘΕΤΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Σε στοιχεία μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων με ζύγωθρο ο εκκεντροφόρος άξονας είναι τοποθετημένος κάτω από μία από τις άκρες του ζυγώθρου. Η παλινδρομική κίνηση του εκκέντρου μεταδίδεται στο μοχλό μέσω ολίσθησης ή ενός κυλίνδρου (ζύγωθρο με τροχίσκο). Για να διατηρηθούν οι απώλειες τριβής σε χαμηλό επίπεδο, χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα ζύγωθρα κυλινδράκια εκκέντρου με βελονοειδές ρουλεμάν. Στο άλλο άκρο του ζυγώθρου βρίσκεται ένα υδραυλικό στοιχείο αντιστάθμισης ανοχής της βαλβίδας (π.χ. ένα υδραυλικό στοιχείο τοποθέτησης) ή μια βίδα ρύθμισης για τη μηχανική ρύθμιση του διάκενου της βαλβίδας.[18]

Μέσω αυτού του άκρου του ζυγώθρου μεταδίδεται κίνηση στη βαλβίδα εισαγωγής ή εξαγωγής.

Το σημείο επαφής μεταξύ του στοιχείου αντιστάθμισης και της βαλβίδας πρέπει να βρίσκεται πάντα στο τέρμα του κορμού της βαλβίδας. Επειδή το ζύγωθρο εκτελεί μια κίνηση περιστροφής, πρέπει η επιφάνεια επαφής του στοιχείου αντιστάθμισης προς το στοιχείο μετάδοσης κίνησης της βαλβίδας να έχει μία ελαφρά κυρτή (σφαιρική) μορφή. Από αυτό προκύπτει μια πολύ μικρή επιφάνεια επαφής που οδηγεί πάλι σε συγκριτικά μεγάλη πίεση στην επιφάνεια στο τέρμα του κορμού της βαλβίδας. Αν πάρει πολύ υψηλές τιμές, χρησιμοποιούνται στοιχεία αντιστάθμισης που έχουν περιστρεφόμενη βάση ή πέδιλο ολίσθησης. Η περιστρεφόμενη βάση ή το πέδιλο ολίσθησης είναι συνδεδεμένο μέσω ενός σφαιρικού συνδέσμου με ένα ένθετο στοιχείο και εφάπτεται επομένως πάντα ομαλά στο τέρμα του κορμού της βαλβίδας.[18]

Δημιουργείται μια μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής και μειώνεται η πίεση στην επιφάνεια στο τέρμα του κορμού της βαλβίδας.



(1) ζύγωθρο

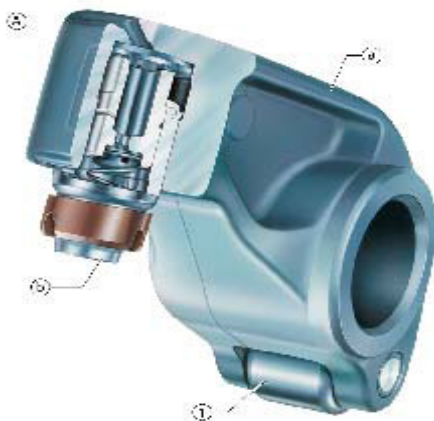
(2) υδραυλικό ένθετο στοιχείο

(3) εκκεντροφόρος άξονας

(4) βαλβίδα

(5) ελατήριο βαλβίδας

Ζύγωθρο



(a) ζύγωθρο

(b) υδραυλικό ένθετο στοιχείο

(c) κυλινδράκι εκκέντρου υδραυλικό ένθετο στοιχείο με πέλδιλο ολίσθησης



1.



2.

Εικόνα: 1) Υδραυλικό ένθετο στοιχείο με πέδιλο ολίσθησης.

2) Υδραυλικό ένθετο στοιχείο χωρίς πέδιλο ολίσθησης.

Η παροχή λαδιού των ένθετων στοιχείων πραγματοποιείται μέσω του άξονα του ζυγώθρου, μέσω του οποίου τρύπες μέσα στο ζύγωθρο οδηγούν στα ένθετα στοιχεία.

Χαρακτηριστικά του ζυγώθρου:

Το βασικό σώμα του ζυγώθρου κατασκευάζεται κυρίως από αλουμίνιο. Σε αυτό έχουν τοποθετηθεί

- ένα κυλινδράκι εκκέντρου με βελονοειδές ρουλεμάν και
- ένα υδραυλικό ένθετο στοιχείο με ή χωρίς πέδιλο ολίσθησης
 - αυτόματη αντιστάθμιση του διάκενου της βαλβίδας
 - χωρίς συντήρηση
 - σχεδόν αθόρυβο
 - αμετάβλητη χαμηλή εκπομπή καυσαερίων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους
- πολύ μικρή τριβή στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων
- απαιτείται λίγος χώρος τοποθέτησης, επειδή όλες οι βαλβίδες μπορούν να ενεργοποιηθούν μέσω ενός μόνο εκκεντροφόρου άξονα.[18]

Χαρακτηριστικά του υδραυλικού ένθετου στοιχείου με πέδιλο ολίσθησης:

- ✚ εδρεύει μέσω μίας σύνδεσης σφαίρας και σφαιρικής υποδοχής στο ένθετο στοιχείο
- ✚ το πέδιλο ολίσθησης είναι κατασκευασμένο από σκληρυμένο χάλυβα
- ✚ οι πιέσεις στην επιφάνεια κατά την επαφή με τη βαλβίδα είναι πολύ χαμηλές

Χαρακτηριστικά του υδραυλικού ένθετου στοιχείου χωρίς πέδιλο ολίσθησης:

- ✚ μικρός χώρος τοποθέτησης
- ✚ μικρό βάρος (μικρό κινούμενο σώμα)
- ✚ πολύ οικονομικά[18]

ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Διαδικασία βύθισης

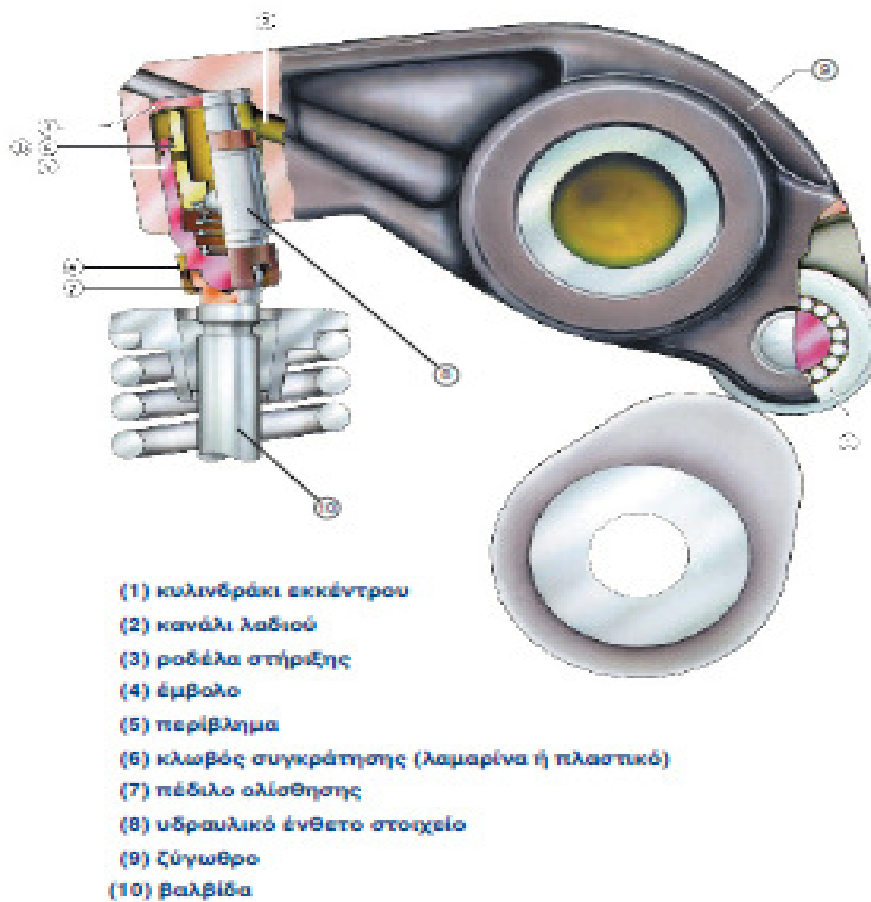
Το υδραυλικό ένθετο στοιχείο καταπονείται από την δύναμη του ελατηρίου της βαλβίδας και τις δυνάμεις των μαζών, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η απόσταση μεταξύ εμβόλου και περιβλήματος.

Μια μικρή ποσότητα λαδιού βγαίνει από τον θάλαμο υψηλής πίεσης μέσω μιας σχισμής διαρροής (a) και επιστρέφει στον αποθεματικό χώρο λαδιού (b) μέσω της σχισμής περισυλλογής διαφεύγοντος λαδιού και της οπής εισαγωγής. Στο τέλος της διαδικασίας βύθισης δημιουργείται ένα μικρό διάκενο στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων.

Μια μικρή ποσότητα λαδιού και αέρα βγαίνει μέσω της οπής εξαέρωσης και της σχισμής διαρροής (c).[19]

Διαδικασία αντιστάθμισης

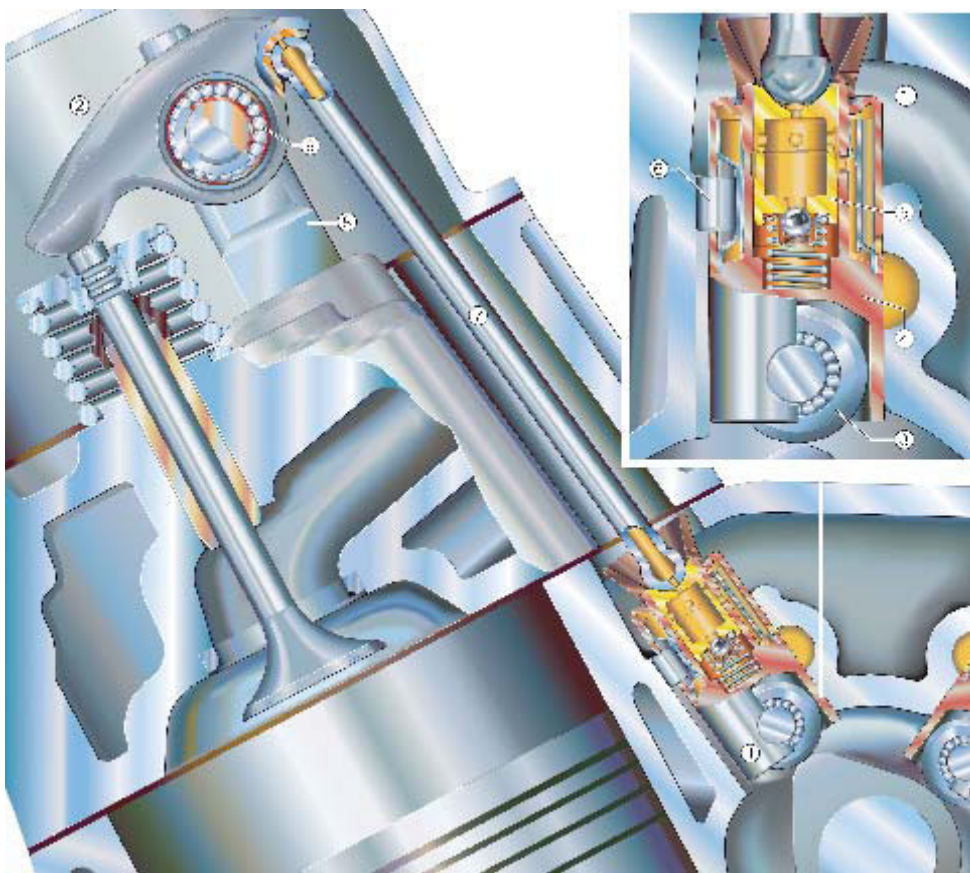
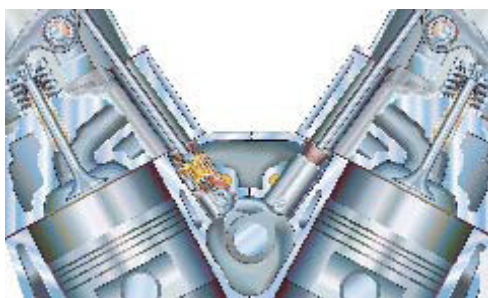
Το ελατήριο επαναφοράς πιέζει το έμβολο και το περίβλημα, έως ότου εξισορροπηθεί το διάκενο της βαλβίδας. Η βαλβίδα αντεπιστροφής με σφαίρα ανοίγει από την διαφορά πίεσης μεταξύ θαλάμου υψηλής πίεσης και αποθεματικού χώρου λαδιού. Το λάδι διαρρέει από τον αποθεματικό χώρο λαδιού μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής με σφαίρα στον θάλαμο υψηλής πίεσης. Η βαλβίδα αντεπιστροφής με σφαίρα κλείνει και η μετάδοση στο σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων αποκαθίσταται πάλι.[19]



Εικόνα:Αντιστάθμιση διακένου βαλβίδας

3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΟΗV

Σε κινητήρες με εκκεντροφόρο άξονα τοποθετημένο κάτω, η απόσταση μεταξύ έκκεντρου και μοχλού είναι σχετικά μεγάλη. Σ' αυτή την περίπτωση προωθεί μια ωστική ράβδος την ανύψωση στο μοχλό. Οι ωστικές ράβδοι χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ειδικές σειρές εκκέντρων ή ωστηρίων. Αυτά εξασφαλίζουν είτε μέσω μιας διολισθητικής επιφάνειας επίπεδης ή τύπου μανιτάρι) είτε μέσω ενός κυλίνδρου (ωστήριο με στοιχείο κύλισης) την επαφή προς το έκκεντρο και έχουν εκτός αυτού το έργο, να καθοδηγήσουν την ωστική ράβδο.[19]



Εικόνα: Σύστημα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων (ΟΗV)

(1) υδραυλικό ωστήριο με στοιχείο κύλισης

(2) πλήκτρο βαλβίδας

(3) κυλινδράκι εκκέντρου

(4) περίβλημα

(5) έμβολο

(6) ασφάλεια κατά της περί στροφής

(7) ωστική ράβδος

(8) βάση ζυγώθρου

(9) βελονοειδές ρουλεμάν

3.4.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΩΣΤΗΡΙΟ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΚΥΛΙΣΗΣ

Χαρακτηριστικά υδραυλικού ωστηρίου με στοιχείο κύλισης:

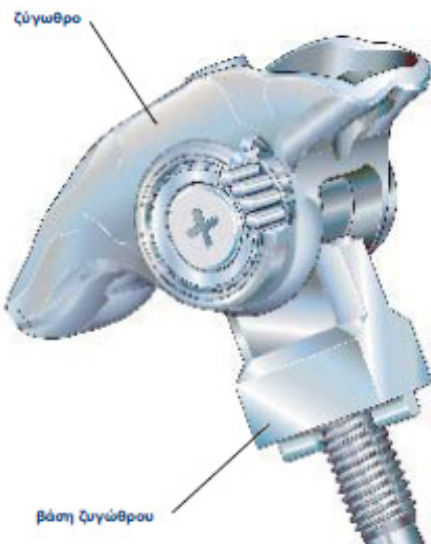
- διαθέτει ένα ειδικό εσωτερικό σύστημα παροχής λαδιού (παραλλαγή λαβύρινθου)
- βελτιώνει τις ιδιότητες λειτουργίας εκτάκτου ανάγκης, ακόμη και όταν η παροχή του υδραυλικού λαδιού δεν είναι η βέλτιστη
- αντισταθμίζει αυτόματα το διάκενο της βαλβίδας



3.4.2 ΖΥΓΩΘΡΟ ΜΕ ΒΑΣΗ

Χαρακτηριστικά του ζυγώθρου και της βάσης του:

- διατίθεται μαζί ως συγκρότημα μοχλού και βάσης
- το ζύγωθρο είναι κινούμενο
- στηρίζεται με βελονοειδές ρουλεμάν στη βάση του ζυγώθρου
- κίνηση με πολύ χαμηλή τριβή[19]



3.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Η επιθυμία των κατασκευαστών κινητήρων και των ειδικών στη θερμοδυναμική, να μεταδίδονται διαφορετικές καμπύλες παλινδρομικής κίνησης σε μια βαλβίδα, υπάρχει ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα – αυτό φαίνεται από το πλήθος διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας.

Οι πολύ αυστηρές προδιαγραφές για την εκπομπή καυσαερίων και η απαίτηση για μικρότερη κατανάλωση καυσίμων με ταυτόχρονα μεγαλύτερη ευχαρίστηση κατά την οδήγηση που εκφράζονται σε μεγέθη όπως ισχύς, ροπή στρέψης και

συμπεριφορά απόκρισης, απαιτούν αυξημένη ευελιξία του συστήματος μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων.[20]

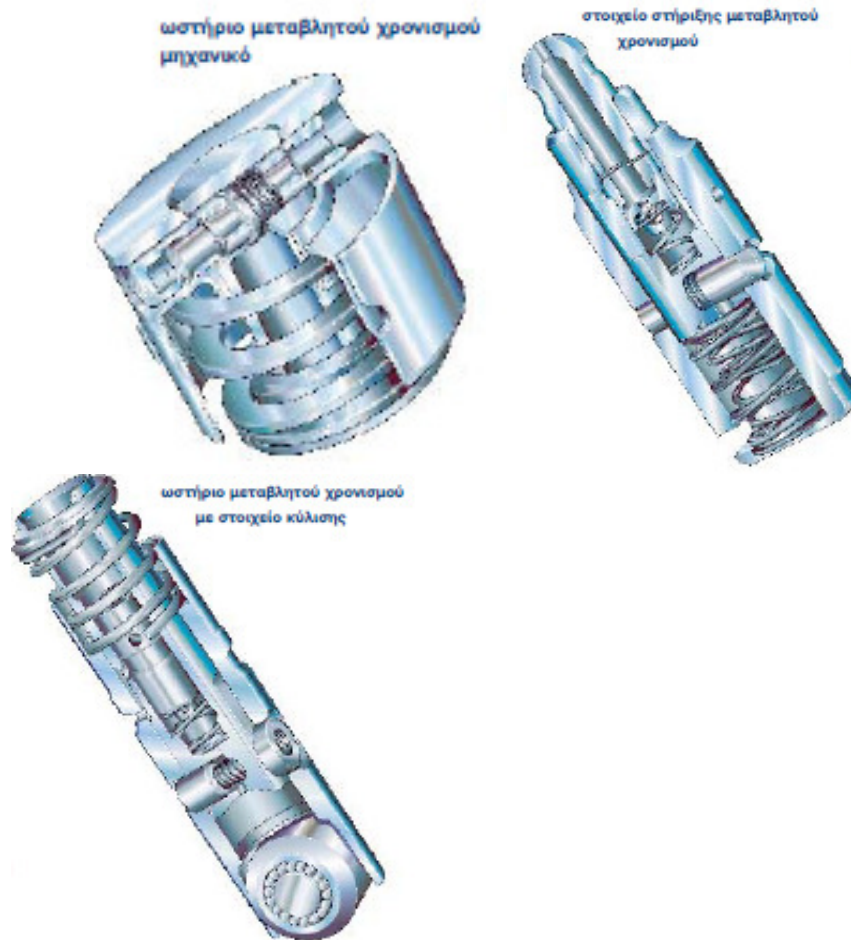
Σε μικρές σειρές τα συστήματα μεταβλητής παλινδρομικής κίνησης με τις αντίστοιχες σειρές εκκέντρων όπως ζύγωθρα μεταβλητού χρονισμού ή ωστήρια υλοποιούνται ήδη. Η μεταβλητή παλινδρομική κίνηση εφαρμόζεται, για να μπορέσετε ανάλογα με το σημείο λειτουργίας να πραγματοποιήσετε διάφορες καμπύλες παλινδρομικής κίνησης των βαλβίδων, να ρυθμίσετε δηλαδή κάθε φορά την βέλτιστη παλινδρομική κίνηση των βαλβίδων. Προϋπόθεση είναι, ότι για κάθε εναλλακτική παλινδρομική κίνηση της βαλβίδας υπάρχει επίσης ένα αντίστοιχο έκκεντρο ως στοιχείο παλινδρομικής κίνησης – εκτός και αν, η εναλλακτική είναι η μηδενική παλινδρομική κίνηση, δηλαδή η ακινητοποίηση της βαλβίδας. Σ' αυτή την περίπτωση το στοιχείο που βρίσκεται σε εμπλοκή με τη βαλβίδα στηρίζεται στον κύκλο του εκκέντρου.[20]

Η διακοπή λειτουργίας κυλίνδρου ή η ακινητοποίηση των βαλβίδων χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλου κυβισμού κινητήρες πολλών κυλίνδρων (με π.χ. 8, 10 ή 12 κυλίνδρους).

Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι, να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες εναλλαγής φορτίου (απώλειες άντλησης ή στραγγαλισμού) καθώς και να μετατοπιστεί το σημείο λειτουργίας. Λόγω των ισαπεχουσών ακολουθιών ανάφλεξης μπορούν κοινά συστήματα μετάδοσης κίνησης V8 και V12 να “αλλάξουν” σε κινητήρες R4 ή R6. Δοκιμές σε έναν κινητήρα V8 σε δοκιμαστήριο δείχνουν, ότι η χρήση μίας διακοπής λειτουργίας κυλίνδρου σε συνηθισμένους κύκλους οδήγησης έχει ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση καυσίμου μεταξύ 8% και 15%.[20]

Για να ακινητοποιηθεί μια βαλβίδα, αποφεύγεται η χρήση ενός δεύτερου εκκέντρου ανά σειρά εκκέντρων. Σ' αυτή την περίπτωση αποσυνδέεται από τη βαλβίδα το στοιχείο που λαμβάνει την παλινδρομική κίνηση από το έκκεντρο. Η κίνηση του στοιχείου λήψης γίνεται στο κενό, μιλάμε επομένως και για παλινδρομική κίνηση “άφορτης λειτουργίας“. Επειδή προς το ελατήριο της βαλβίδας δεν υπάρχει πλέον σύνδεση, πρέπει οι εμφανιζόμενες δυνάμεις αδρανείας των σωμάτων να ληφθούν από ένα άλλο ελατήριο (το αποκαλούμενο ελατήριο “άφορτης λειτουργίας“). Το τμήμα του συστήματος μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων, για το οποίο δεν έχει

προγραμματιστεί κάποια ακινητοποίηση ή διακοπή λειτουργίας του κυλίνδρου, εκτελεί κανονικά την παλινδρομική κίνηση. Στους απενεργοποιημένους κυλίνδρους λειτουργεί ο εκκεντροφόρος άξονας πλέον μόνο αντίθετα στις δυνάμεις των ελατήριων “άφορτης λειτουργίας“, που για το συντελεστή τέσσερα μέχρι πέντε είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες δυνάμεις των ελατηρίων των βαλβίδων. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι απώλειες τριβής.[20]



Χαρακτηριστικά ωστηρίων μεταβλητού χρονισμού, υδραυλικά

- καθιστούν δυνατή την εναλλαγή μεταξύ δύο διαφορετικών καμπυλών παλινδρομικής κίνησης της βαλβίδας:

- διακοπή λειτουργίας βαλβίδας ή κυλίνδρου
- εναλλαγή παλινδρομικής κίνησης της βαλβίδας
- σε διακοπή λειτουργίας βαλβίδας ή κυλίνδρου

- η βαλβίδα παραμένει κλειστή ή
- ανοίγει με πλήρη παλινδρομική κίνηση της βαλβίδας
- σε εναλλαγή παλινδρομικής κίνησης της βαλβίδας δημιουργείται
- μια μικρή έως μέτρια παλινδρομική κίνηση της βαλβίδας ή
- μια πλήρης παλινδρομική κίνηση της βαλβίδας
- πλεονεκτήματα σε διακοπή λειτουργίας βαλβίδας ή κυλίνδρου
- μικρότερη εκπομπή καυσαερίων
- μικρότερη κατανάλωση καυσίμων
- πλεονέκτημα σε εναλλαγή παλινδρομικής κίνησης της βαλβίδας
- κατά πολύ πιο ευνοϊκή καμπύλη ροπής
- αισθητά καλύτερη απόδοση του κινητήρα[19]

Αντιστάθμιση διάκενου βαλβίδας

Δύο κατασκευαστικές παραλλαγές:

- υδραυλική αντιστάθμιση ανοχής βαλβίδας

Το στοιχείο αντιστάθμισης καταπονείται κατά τη διάρκεια της παλινδρομικής κίνησης. Έτσι διαφεύγει μια μικρή ποσότητα λαδιού από τον θάλαμο υψηλής πίεσης μέσω της σχισμής διαρροής και αναρροφείται ξανά κατά την έναρξη της φάσης του βασικού κύκλου.

- μηχανική αντιστάθμιση διάκενου βαλβίδας

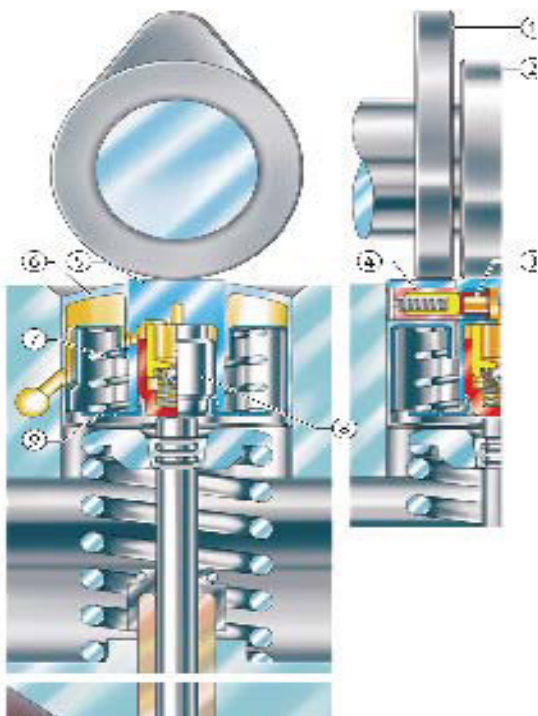
Το διάκενο της βαλβίδας ρυθμίζεται χρησιμοποιώντας κλιμακωτά καπάκια στο εσωτερικό περίβλημα.

Ειδική παραλλαγή:

- Είναι δυνατές δύο διαφορετικές καμπύλες παλινδρομικής κίνησης και μηδενικής παλινδρομικής κίνησης.
- Από τον συνδυασμό δύο ωστηρίων μεταβλητού χρονισμού διαφορετικής καμπύλης παλινδρομικής κίνησης μπορεί να προσεγγιστεί μια πλήρης μεταβλητότητα της μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων (σχετικά χαμηλό κόστος συστήματος).



Φάση του βασικού κύκλου (διαδικασία εναλλαγής)



ωστήριο (5).

- Το ελατήριο στήριξης (7) πιέζει το εξωτερικό ωστήριο (6) προς το τέρμα του εσωτερικού ωστηρίου (5).

- Το εσωτερικό ωστήριο (5) έρχεται σε επαφή με το εσωτερικό εκκέντρο (2), μεταξύ του εξωτερικού εκκέντρου (1) και του εξωτερικού ωστηρίου (6) υπάρχει μικρό διάκενο.

- Με μειωμένη πίεση λαδιού κινητήρα συνδέει το έμβολο ασφάλισης (4) το εξωτερικό ωστήριο (6) με το εσωτερικό

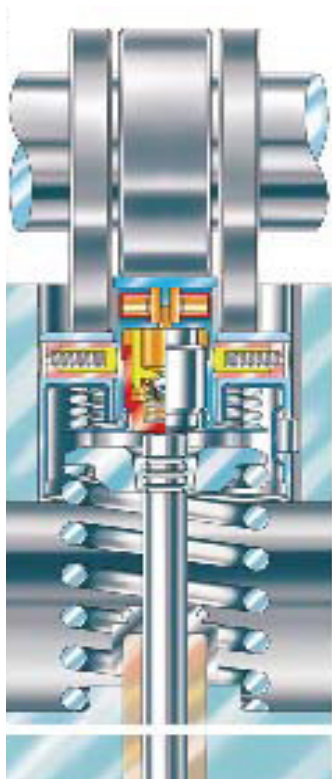
– Το έμβολο ασφάλισης (4) υποστηρίζεται από ένα ελατήριο.

• Εάν η πίεση λαδιού κινητήρα είναι μεγαλύτερη από την πίεση λαδιού ενεργοποίησης, πιέζει το έμβολο ενεργοποίησης (3) το έμβολο ασφάλισης (4) πίσω στο εξωτερικό ωστήριο (6).

– Έτσι αποσυνδέεται το εξωτερικό ωστήριο (6) από το εσωτερικό ωστήριο (5).

• Το υδραυλικό στοιχείο αντιστάθμισης (8) στο εσωτερικό ωστήριο (5) αντισταθμίζει το διάκενο της βαλβίδας.

Φάση παλινδρομικής κίνησης του εκκέντρου απασφαλισμένη (μηδενική ή μερική παλινδρομική κίνηση)



• Το ζεύγος εξωτερικών εκκέντρων (1) κινεί το εξωτερικό ωστήριο (6) προς το ελατήριο στήριξης (ελατήριο “άφορτης λειτουργίας”) (7) προς τα κάτω.

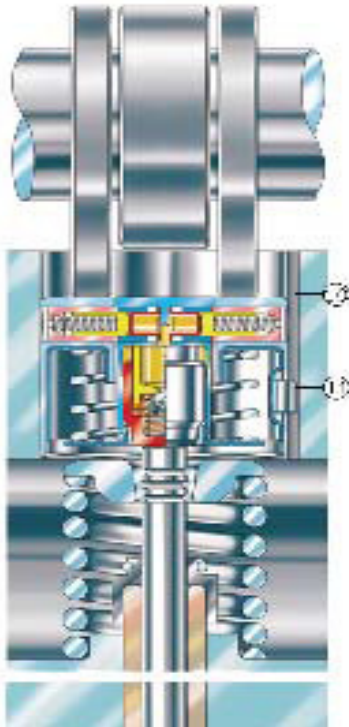
• Η βαλβίδα του κινητήρα ακολουθεί την καμπύλη του εσωτερικού εκκέντρου (2).

– Με κυλινδρική μορφή του εσωτερικού εκκέντρου (2) παραμένει η βαλβίδα κλειστή.

• Εάν απενεργοποιηθούν όλες οι βαλβίδες κινητήρα ενός κυλίνδρου (εξωτερικό ωστήριο (6) απασφαλισμένο), μπορεί να απενεργοποιηθεί ο κύλινδρος.

– Η κατανάλωση καυσίμων μειώνεται αρκετά.

Φάση παλινδρομικής κίνησης του εκκέντρου ασφαλισμένη (πλήρης παλινδρομική κίνηση)



- Το ζεύγος εξωτερικών εκκέντρων (1) κινεί τα μεταξύ τους ασφαλισμένα εξωτερικό (6) και εσωτερικό ωστήριο (5) προς τα κάτω και ανοίγει τη βαλβίδα του κινητήρα.

- Το υδραυλικό στοιχείο αντιστάθμισης (8) καταπονείται.

- Έτσι διαφεύγει μια μικρή ποσότητα λαδιού από τον θάλαμο υψηλής πίεσης μέσω της σχισμής διαρροής.

- Μετά τη συμπλήρωση της φάσης του βασικού κύκλου το διάκενο της βαλβίδας τίθεται στο μηδέν.

* Στα πάνω σχήματα οι αριθμοί υποδηλώνουν τα εξής:

(1) εξωτερικό έκκεντρο

(2) εσωτερικό έκκεντρο

(3) έμβολο ενεργοποίησης

(4) έμβολο ασφάλισης

(5) εσωτερικό ωστήριο

(6) εξωτερικό ωστήριο

(7) ελατήριο στήριξης

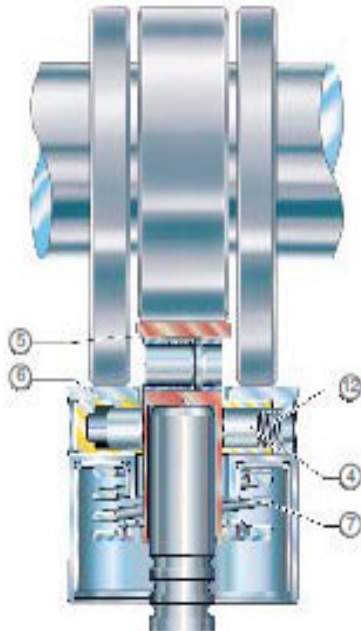
(8) υδραυλικό στοιχείο αντιστάθμισης

(9) λαμαρίνα στήριξης

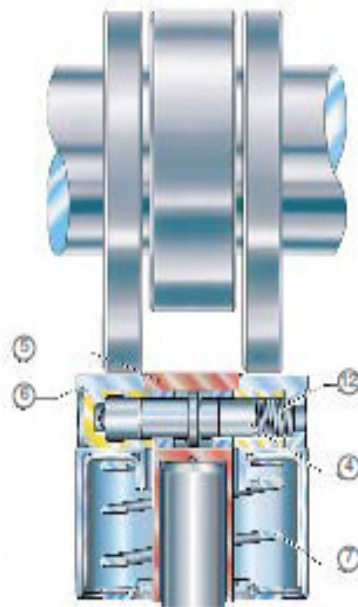
(10) εγκοπή καθοδήγησης

(11) ασφάλεια κατά της περιστροφής

Ωστήριο μεταβλητού χρονισμού, μηχανικό



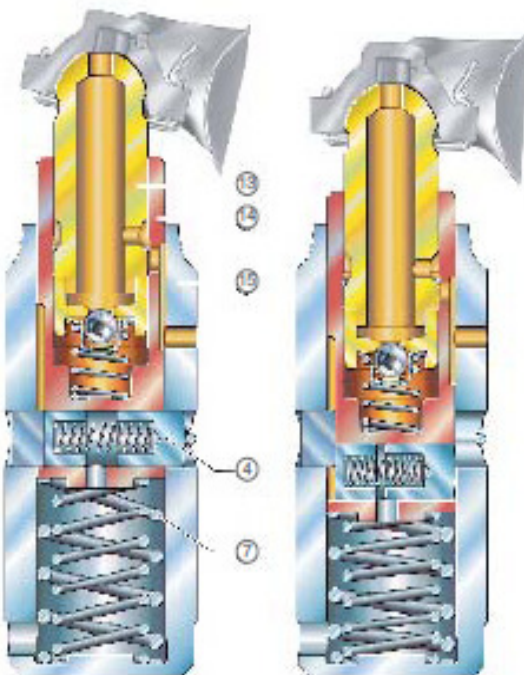
φάση παλινδρομικής κίνησης του εκκέντρου: απασφαλισμένο (μηδενική ή μερική παλινδρομική κίνηση)



φάση παλινδρομικής κίνησης του εκκέντρου: ασφαλισμένο (πλήρης παλινδρομική κίνηση)

- (4) έμβολο ασφάλισης
- (5) εσωτερικό ωστήριο
- (6) εξωτερικό ωστήριο
- (7) ελατήριο στήριξης (ελατήριο "άφορτης λειτουργίας")
- (12) ελατήριο επαναφοράς

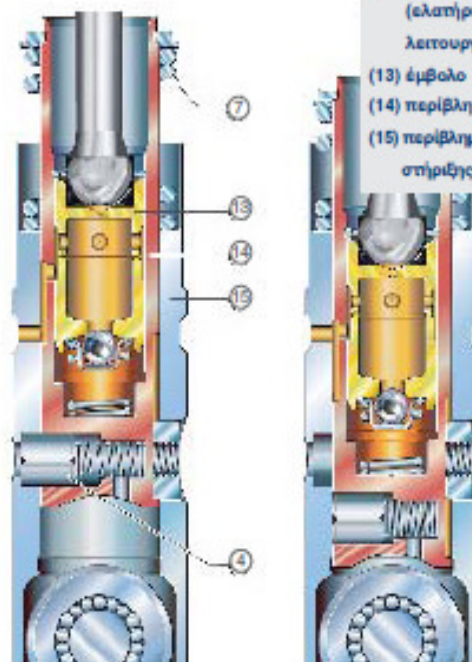
στοιχείο στήριξης μεταβλητού χρονισμού



απασφαλισμένο (μερική παλινδρομική κίνηση)

ασφαλισμένο (πλήρης παλινδρομική κίνηση)

ωστήριο μεταβλητού χρονισμού με στοιχείο κύλισης



απασφαλισμένο (μερική παλινδρομική κίνηση)

ασφαλισμένο (πλήρης παλινδρομική κίνηση)

- (4) έμβολο ασφάλισης
- (7) ελατήριο στήριξης (ελατήριο "άφορτης λειτουργίας")
- (13) έμβολο
- (14) περίβλημα εμβόλου
- (15) περίβλημα στοιχείου στήριξης

4.1. Η λειτουργία των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού

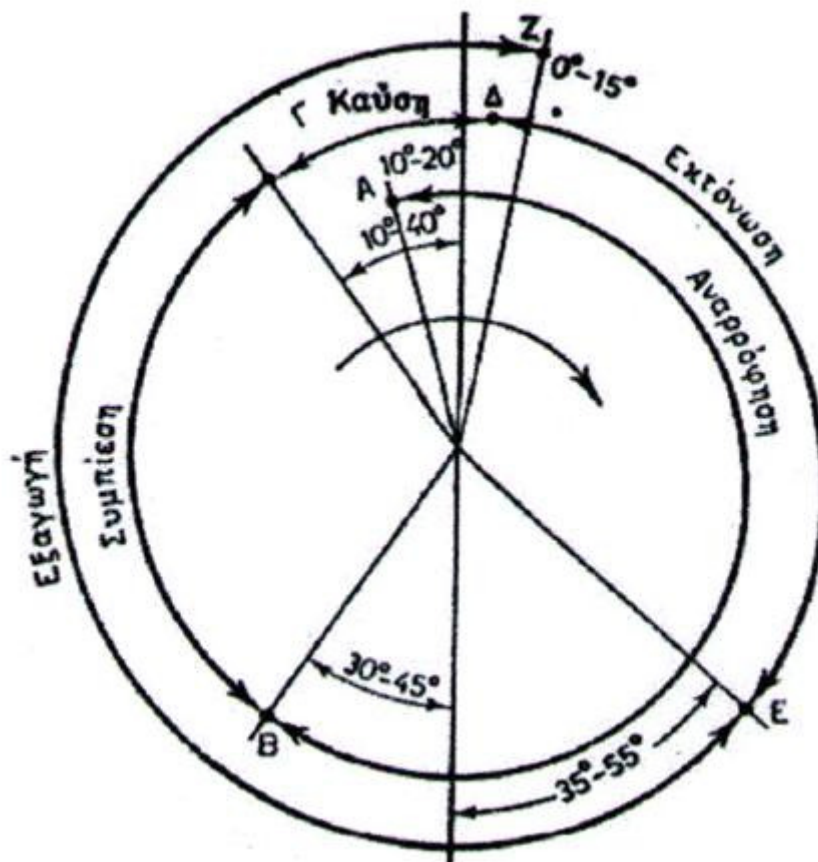
Ο ρόλος των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού γίνεται άμεσα αντιληπτός, αν λάβουμε υπόψη τις μεταβολές στην «αναπνοή» του κινητήρα σε όλο το φάσμα στροφών. Για παράδειγμα, σε υψηλούς ρυθμούς περιστροφής, το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο γίνεται εισαγωγή και εξαγωγή του μίγματος καυσίμου και των καυσαερίων, μειώνεται. Σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας, η ταχύτητα του μίγματος καυσίμου και των καυσαερίων δεν είναι αρκετή για την ικανοποιητική πλήρωση και εκκένωση, αντίστοιχα, του θαλάμου καύσης. Έτσι, το βέλτιστο, σε αυτήν την περίπτωση, είναι το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής και το αργότερο κλείσιμο των βαλβίδων εξαγωγής. Μια τέτοια ρύθμιση στο χρονισμό των βαλβίδων βελτιώνει την απόδοση και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα στις υψηλές στροφές, όμως (επειδή για να διορθώσεις κάτι αναγκάζεσαι να χαλάσεις κάτι άλλο), του χαλάει την ομαλή λειτουργία στις χαμηλές στροφές. Ιδανική περίπτωση θα ήταν αν η υπερκάλυψη του χρονισμού των βαλβίδων (overlapping), δηλαδή το εύρος ανάμεσα στην περίοδο εισαγωγής και εξαγωγής, δεν ήταν σταθερό και δεδομένο, αλλά μεταβαλλόταν ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. [19]

Αυτό ακριβώς είναι που καλούνται να επιτύχουν τα συστήματα VVT, ενεργώντας είτε αποκλειστικά στις βαλβίδες εισαγωγής είτε και σε αυτές της εξαγωγής. Στην ουσία, η μεταβολή του χρονισμού των βαλβίδων επιτυγχάνεται αλλάζοντας με κάποιο μηχανισμό τη φάση (γωνία) των εκκεντροφόρων. Για παράδειγμα, σε υψηλές στροφές, ο εκκεντροφόρος εισόδου θα περιστραφεί εκ των προτέρων κατά 30°, έτσι ώστε να δώσει τη δυνατότητα πρόωρης εισαγωγής καυσίμου στους κυλίνδρους, και το αντίστροφο θα συμβεί στις χαμηλές στροφές. Η κίνηση του εκκεντροφόρου ελέγχεται από το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του κινητήρα και ενεργοποιείται συνήθως μέσω υδραυλικού κυκλώματος. Αξίζει να σημειωθεί πως, σε αυτό το συγκεκριμένο σύστημα, η αλλαγή της γωνίας του εκκεντροφόρου απλώς επιτρέπει το πρόωρο ή καθυστερημένο άνοιγμά τους, δεν μεταβάλλει όμως τη διάρκεια, κατά την οποία οι βαλβίδες είναι ανοιχτές. Επίσης, τα απλά συστήματα VVT δεν έχουν επίδραση στη βύθιση των βαλβίδων, κάτι που είναι

βέβαια δυνατόν με πιο σύνθετα συστήματα με επιπλέον μηχανισμούς (και αντίστοιχο κόστος κατασκευής). [19]

Στην πιο απλή μορφή τους, τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού έχουν μόνο δύο ή τρεις σταθερές προεπιλεγμένες γωνίες λειτουργίας. Τα πιο εξελιγμένα, όμως, έχουν τη δυνατότητα συνεχούς μεταβολής της γωνίας του εκκεντροφόρου, μεταξύ των 0° και της μέγιστης προβλεπόμενης τιμής, σε αναλογία με το ρυθμό περιστροφής, αλλά και τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Όπως είναι προφανές, αυτό παρέχει πιο ακριβή χρονισμό των βαλβίδων σε όλο το εύρος στροφών και συντελεί στην ομοιόμορφη και γραμμική λειτουργία του κινητήρα. [19]

4.2. ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΕΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ



Στην πραγματικότητα ,παρουσιάζονται αρκετές διαφορές κατά τη λειτουργία του τετράχρονου βενζινοκινητήρα από τις θεωρητικές διεργασίες που περιγράφονται στον θεωρητικό κύκλο: η έναρξη και η λήξη τους δεν γίνονται στο Α.Ν.Σ και στο Κ.Ν.Σ, αλλά σε ενδιάμεσες θέσεις τις διαδρομής του εμβόλου. Η διεργασίες αυτές απεικονίζονται σε σπειροειδές διάγραμμα όπου σημειώνονται οι γωνίες του στροφάλου .

Οι πλέον χαρακτηριστικές διαφορές των πραγματικών διεργασιών από τις θεωρητικές είναι οι εξής.Α) Το άνοιγμα τις βαλβίδας εισαγωγής πραγματοποιείται στο σημείο Α, δηλαδή όταν ο άξονας του στροφάλου βρίσκεται σε θέση 10-20 μοιρών πριν το Α.Ν.Σ η βαλβίδα εξαγωγής παραμένει ανοικτή για 0-15 μοίρες μετά το Α.Ν.Σ.Η διάταξη αυτή επιτρέπει τον καλύτερο καθαρισμό του κυλίνδρου από τα καυσαέρια .

Β)Πρακτικά η βαλβίδα εισαγωγής κλίνει σε 30-45 μοίρες μετά την διέλευση του εμβόλου από το Κ.Ν.Σ και όχι στο Κ.Ν.Σ αυτό συμβάλει στην εισροή μεγαλύτερης ποσότητας αέρα στον κύλινδρο. Όπως αναφέρθηκε στην παρούσα φάση τις διεργασίας η πίεση στον κύλινδρο είναι μικρότερη τις ατμοσφαιρικής όταν το εμβολο βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ. έτσι επιτυγχάνεται η περαιτέρω εισροή αέρα.

Γ) Η σπινθηροδότηση και η έναυση πραγματοποιούνται σε θέση 10-40 μοιρών πριν το έμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ σημείο Γ με τον τρόπο αυτό το καύσιμο έχει το χρόνο να καεί σχεδόν τελείως όταν το εμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ η λίγο αργότερα στο σημείο Δ. Τότε επιτυγχάνεται η παραγωγή του μεγίστου έργου από την εκτονώσει τον καυσαερίων.

Δ) Η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει στο σημείο Ε δηλαδή 35-55 μοίρες πριν το Κ.Ν.Σ έτσι ώστε τα καυσαέρια να αρχίσουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα έγκαιρα.

Γενικά λοιπόν στους τετράχρονους βενζινοκινητήρες παρατηρούνται :

- Προπορεία στο άνοιγμα τις βαλβίδας εισαγωγής.
- Αργοπορία στο κλείσιμο τις βαλβίδας εισαγωγής .
- Προπορεία στη σπινθηροδότηση –που συνήθως ονομάζεται προανάφλεξη ή αβανς (advance).
- Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής.
- Αργοπορία στο κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής .[22]

4.3. Ο «ΈΞΥΠΝΟΣ» ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Ο «έξυπνος» μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων της Τογιότα ή κοινώς VVT-i χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα μοντέλα της εταιρείας, από το μικροσκοπικό Γιάρις μέχρι τη Σούπρα. Η λέξη «έξυπνος» δίνει έμφαση στο εξελιγμένο πρόγραμμα διαχείρισης, που μεταβάλλει το χρονισμό των βαλβίδων ανάλογα με τις στροφές λειτουργίας του κινητήρα, συνυπολογίζοντας και άλλες παραμέτρους, όπως την επιτάχυνση ή την κλίση του οδοστρώματος. [21]

Όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα, οι αισθητήρες καταγράφουν τις στροφές του κινητήρα και τη θέση του γκαζιού. Τα δεδομένα έρχονται στην κεντρική μονάδα ελέγχου (ECU) η οποία, με βάση την απαιτούμενη στιγμιαία απόδοση, καθορίζει το βέλτιστο χρονισμό των βαλβίδων και περιστρέφει υδραυλικά τον εκκεντροφόρο εισαγωγής για προπορεία ή καθυστέρηση του ανοίγματος των βαλβίδων. Η υδραυλική πίεση που χρησιμοποιείται καθορίζεται από τη βαλβίδα ελέγχου λαδιού (OCV) που ελέγχεται από την κεντρική μονάδα ελέγχου του κινητήρα. [21]

Σε πολύ χαμηλές στροφές (όταν, για παράδειγμα, ο κινητήρας δουλεύει στο ρελαντί) η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστή λειτουργώντας σαν περιοριστής και δημιουργώντας υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής. Σε αυτήν την κλίμακα στροφών (κάτω από τις 1.000 σ.α.λ.), το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων δεν είναι επιθυμητό γιατί, λόγω της υποπίεσης, μέρος των καυσαερίων βγαίνει από τις βαλβίδες εισαγωγής και αναμιγνύεται με το μίγμα καυσίμου-αέρα. Αυτό επηρεάζει την καύση

και έχει ως αποτέλεσμα την αστάθεια του αριθμού στροφών στις οποίες λειτουργεί ο κινητήρας στο ρελαντί. Σε αυτές τις στροφές, λοιπόν, το VVT-i καθυστερεί το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής. Στη μεσαία κλίμακα στροφών, το φορτίο του κινητήρα δεν είναι μεγάλο και οι απαιτήσεις εστιάζονται, κυρίως, στην οικονομία καυσίμου και τα καθαρά καυσαέρια. Σε αυτήν την περίπτωση, το VVT-i δίνει μια προπορεία στο χρονισμό των βαλβίδων, προκαλώντας ανακύκλωση των καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation), που αποτελεί μια συχνά εφαρμοζόμενη τεχνική για καλύτερη καύση στον κινητήρα και καθαρότερα καυσαέρια. Το όφελος προκύπτει από το γεγονός πως μέρος του άκαυστου καυσίμου που περιέχουν τα καυσαέρια ανακυκλώνεται, μειώνοντας το ποσοστό υδρογονανθράκων που φτάνει εντέλει στο περιβάλλον. Επιπλέον, η μίξη ανενεργών αερίων στο μείγμα καυσίμου-αέρα έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη θερμοκρασία καύσης και, επομένως, τη μείωση των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια. Όταν το φορτίο του κινητήρα είναι μεγάλο, όπως κατά τη διάρκεια πλήρους επιτάχυνσης ή ανάβασης σε δρόμο με μεγάλη κλίση, το ζητούμενο από τον κινητήρα είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποσότητα ισχύος και ροπής. Επομένως, είναι αναγκαίο να αποφευχθούν οι απώλειες στην ποσότητα μίγματος καυσίμου-αέρα που θα εισαχθεί στον κύλινδρο. Έτσι, το VVT-i κανονίζει το πρόωρο άνοιγμα, και, επομένως, το πρόωρο κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής, πριν το έμβολο αρχίσει την άνοδο κατά τη φάση της συμπίεσης. Επιπλέον, σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας, η υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής είναι πολύ μικρή και δεν υπάρχει μίξη του καυσίμου με τα καυσαέρια, επομένως, ο κύλινδρος γεμίζει με καθαρό μίγμα καυσίμου-αέρα που είναι απαραίτητο για τέλεια καύση. [19]

Ωστόσο, το VVT-i, όντας ένα απλό στην κατασκευή και λειτουργία του σύστημα, λογικά παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η υπερκάλυψη του χρονισμού των βαλβίδων στις μεσαίες στροφές έχει θετικές επιδράσεις στην κατανάλωση και την έκλυση καθαρότερων καυσαερίων. Όμως, το φτωχότερο μείγμα με το οποίο λειτουργεί ο κινητήρας προκαλεί απώλειες ισχύος. Για το λόγο αυτόν, όλοι οι κινητήρες που είναι εφοδιασμένοι με το VVT-i έχουν αυλούς εξαγωγής μεταβλητού μήκους, οι οποίοι, δημιουργώντας φαινόμενο αναρρόφησης, διευκολύνουν την έξοδο των καυσαερίων και αποτρέπουν την ανάμιξή τους με το καύσιμο.[19]

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

5.1. VVT-i

Ο «έξυπνος» μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων της Τογιότα ή κοινώς VVT-i χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα μοντέλα της εταιρείας, από το μικροσκοπικό Γιάρις μέχρι το μοντέλο Σούπρα. Η λέξη «έξυπνος» δίνει έμφαση στο εξελιγμένο πρόγραμμα διαχείρισης, που μεταβάλλει το χρονισμό των βαλβίδων ανάλογα με τις στροφές λειτουργίας του κινητήρα, συνυπολογίζοντας και άλλες παραμέτρους, όπως την επιτάχυνση ή την κλίση του οδοστρώματος. [22]

Όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα, οι αισθητήρες καταγράφουν τις στροφές του κινητήρα και τη θέση του γκαζιού. Τα δεδομένα έρχονται στην κεντρική μονάδα ελέγχου (ECU) η οποία, με βάση την απαιτούμενη στιγμιαία απόδοση, καθορίζει το βέλτιστο χρονισμό των βαλβίδων και περιστρέφει υδραυλικά τον εκκεντροφόρο εισαγωγής για προπορεία ή καθυστέρηση του ανοίγματος των βαλβίδων. Η υδραυλική πίεση που χρησιμοποιείται καθορίζεται από τη βαλβίδα ελέγχου λαδιού (OCV) που ελέγχεται από την κεντρική μονάδα ελέγχου του κινητήρα. [22]

Σε πολύ χαμηλές στροφές (όταν, για παράδειγμα, ο κινητήρας δουλεύει στο ρελαντί) η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστή λειτουργώντας σαν περιοριστής και δημιουργώντας υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής. Σε αυτήν την κλίμακα στροφών (κάτω από τις 1.000 σ.α.λ.), το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων δεν είναι επιθυμητό γιατί, λόγω της υποπίεσης, μέρος των καυσαερίων βγαίνει από τις βαλβίδες εισαγωγής και αναμιγνύεται με το μίγμα καυσίμου-αέρα. Αυτό επηρεάζει την καύση και έχει ως αποτέλεσμα την αστάθεια του αριθμού στροφών στις οποίες λειτουργεί ο κινητήρας στο ρελαντί. Σε αυτές τις στροφές, λοιπόν, το VVT-i καθυστερεί το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής. Στη μεσαία κλίμακα στροφών, το φορτίο του κινητήρα δεν είναι μεγάλο και οι απαιτήσεις εστιάζονται, κυρίως, στην οικονομία καυσίμου και τα καθαρά καυσαέρια. Σε αυτήν την περίπτωση, το VVT-i δίνει μια προπορεία στο χρονισμό των βαλβίδων, προκαλώντας ανακύκλωση των καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation), που αποτελεί μια συχνά εφαρμοζόμενη τεχνική για καλύτερη καύση στον κινητήρα και καθαρότερα καυσαέρια. Το όφελος

προκύπτει από το γεγονός πως μέρος του άκαυστου καυσίμου που περιέχουν τα καυσαέρια ανακυκλώνεται, μειώνοντας το ποσοστό υδρογονανθράκων που φτάνει εντέλει στο περιβάλλον. Επιπλέον, η μίξη ανενεργών αερίων στο μείγμα καυσίμου-αέρα έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη θερμοκρασία καύσης και, επομένως, τη μείωση των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια. Όταν το φορτίο του κινητήρα είναι μεγάλο, όπως κατά τη διάρκεια πλήρους επιτάχυνσης ή ανάβασης σε δρόμο με μεγάλη κλίση, το ζητούμενο από τον κινητήρα είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποσότητα ισχύος και ροπής. [22]

Επομένως, είναι αναγκαίο να αποφευχθούν οι απώλειες στην ποσότητα μίγματος καυσίμου-αέρα που θα εισαχθεί στον κύλινδρο. Έτσι, το VVT-ι κανονίζει το πρόωρο άνοιγμα, και, επομένως, το πρόωρο κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής, πριν το έμβολο αρχίσει την άνοδο κατά τη φάση της συμπίεσης. Επιπλέον, σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας, η υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής είναι πολύ μικρή και δεν υπάρχει μίξη του καυσίμου με τα καυσαέρια, επομένως, ο κύλινδρος γεμίζει με καθαρό μίγμα καυσίμου-αέρα που είναι απαραίτητο για τέλεια καύση. [22]

Ωστόσο, το VVT-ι, όντας ένα απλό στην κατασκευή και λειτουργία του σύστημα, λογικά παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η υπερκάλυψη του χρονισμού των βαλβίδων στις μεσαίες στροφές έχει θετικές επιδράσεις στην κατανάλωση και την έκλυση καθαρότερων καυσαερίων. Όμως, το φτωχότερο μείγμα με το οποίο λειτουργεί ο κινητήρας προκαλεί απώλειες ισχύος. Για το λόγο αυτόν, όλοι οι κινητήρες που είναι εφοδιασμένοι με το VVT-ι έχουν αυλούς εξαγωγής μεταβλητού μήκους, οι οποίοι, δημιουργώντας φαινόμενο αναρρόφησης, διευκολύνουν την έξοδο των καυσαερίων και αποτρέπουν την ανάμιξή τους με το καύσιμο. [22]



Σχήμα VVTLi

VVTL-i

H εξέλιξη του VVT-i

Το VVTL-i θεωρείται ένα από τα πιο εξελιγμένα συστήματα μεταβλητού χρονισμού που υπάρχουν σήμερα. Η λειτουργία του περιλαμβάνει συνεχόμενο μεταβλητό χρονισμό, μεταβλητή βύθιση σε δύο στάδια, μαζί με μεταβλητή διάρκεια βύθισης των βαλβίδων, ενώ επιπλέον είναι τοποθετημένο στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής. [21]

Θα μπορούσε να θεωρηθεί συνδυασμός του υπάρχοντος VVT-i και του VTEC της Χόντα, παρότι ο μηχανισμός για τη βύθιση των βαλβίδων διαφέρει από αυτόν της Χόντα. Όπως και στο VVT-i, ο χρονισμός επιτυγχάνεται αλλάζοντας τη γωνία του εκκεντροφόρου μέσω υδραυλικού μηχανισμού.[21]

Το σημαντικότερο είναι όμως το ευρύ φάσμα μεταβολής της φάσης του εκκεντροφόρου, που φτάνει τις 60° και το καθιστά ένα από τα πιο αποτελεσματικά συστήματα. Αυτό που κάνει τη διαφορά μεταξύ του VVTL-i και του VVT-i είναι το γράμμα L (Lift) για τη μεταβλητή βύθιση των βαλβίδων. Όπως και το VTEC της Χόντα, το σύστημα της Τογιάτα χρησιμοποιεί ένα μονό ζύγωθρο, για την κίνηση και των δύο βαλβίδων εισαγωγής (ή εξαγωγής). Επίσης, ο εκκεντροφόρος σε κάθε θέση έχει δύο έκκεντρα με διαφορετική διατομή: ένα με μεγάλη διατομή για μεγαλύτερη διάρκεια και βύθιση βαλβίδων, που ενεργεί στις υψηλές στροφές και ένα με μικρή διατομή για τις χαμηλές στροφές. Στις χαμηλές στροφές, το «αργό» έκκεντρο θέτει

σε κίνηση το ζύγωθρο, ενώ το μεγάλο έκκεντρο δεν έχει καμία επίδραση, καθώς υπάρχει κενό κάτω από το έμβολο στο οποίο ενεργεί. Όταν, όμως, οι στροφές του κινητήρα ξεπεράσουν ένα συγκεκριμένο όριο, ένας πύρος μετακινείται με υδραυλική πίεση και καλύπτει το κενό, ενεργοποιώντας το «γρήγορο» έκκεντρο που αυξάνει τη βύθιση, ενώ η μεγαλύτερη επιφάνεια του εμβόλου που ενεργεί αυξάνει τη διάρκεια. [21]

Η πρακτική εφαρμογή της θεωρίας

Πολλές φορές, η έρευνα σε θεωρητικό επίπεδο μπορεί να οδηγεί σε ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα που όμως δεν επιβεβαιώνονται στην πράξη. Μπορεί, για παράδειγμα, η λειτουργία κάποιας διάταξης ή μηχανισμού να προσφέρει καλύτερες τιμές απόδοσης που όμως δεν συνοδεύονται από αντίστοιχη βελτίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του. Άλλωστε, τί νόημα έχει η επίτευξη μεγαλύτερης τιμής ροπής, εάν αυτή αποδίδεται σε πολύ υψηλές στροφές και σε πολύ μικρό φάσμα στροφών; [20]

Προκειμένου να επαληθεύσουμε την αποτελεσματικότητα του VVT-i και στην πράξη, θα δούμε τα συμπεράσματα του μοντέλου της Toyota, Σέλικα από το δυναμόμετρο. Τα αποτελέσματα, αποδεικνύουν πως το VVT-i συνεισφέρει ουσιαστικά στη βελτίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του κινητήρα. Όσο αφορά την ισχύ, παρατηρούμε τη γραμμική αύξηση της ισχύος από τις χαμηλές στροφές μέχρι και τις 6.100 σ.α.λ., όπου και αποδίδεται η μέγιστη τιμή της ιπποδύναμης, η οποία παραμένει σχεδόν αμετάβλητη μέχρι το όριο περιστροφής στις 6.800 σ.α.λ. Αξίζει να σημειώσουμε πως η ισχύς που φτάνει στους τροχούς αγγίζει τους 130,7 ίππους και, συνυπολογίζοντας τις απώλειες των 10,4 ίππων από το σύστημα μετάδοσης, βλέπουμε πως η απόδοση του κινητήρα στο στρόφαλο φτάνει τους 141,1 ίππους, επαληθεύοντας την τιμή των 144 ίππων της Τογιότα. Όσο αφορά και τη ροπή, αυτή φτάνει τη μέγιστη τιμή των 16,1 χιλιογραμμόμετρων στις 4.200 σ.α.λ. Το σημαντικότερο, όμως, είναι πως η καμπύλη της ροπής είναι σχεδόν επίπεδη και κοντά στη μέγιστη τιμή από τις 2.500-6.000 σ.α.λ. Στην πράξη, το δεδομένο είναι πως ο οδηγός έχει στη διάθεσή του έναν κινητήρα με ομοιόμορφη και χωρίς ξεσπάσματα απόκριση σε όλο το φάσμα στροφών, ακόμα και κοντά στο όριο περιστροφής του.[20]

5.2. ΒΥΘΙΣΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

VVA - VARIABLE VALVE ACTUATION

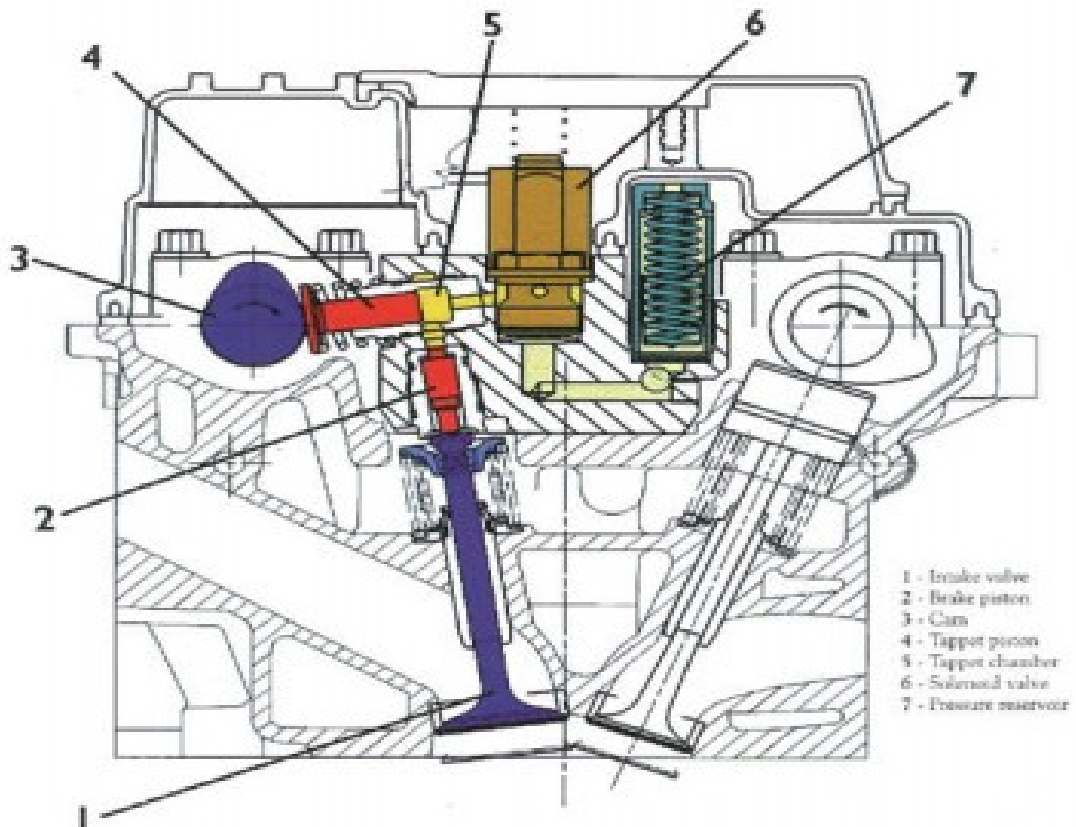
Sistema di controllo delle valvole mediante attuatore elettroidraulico

An electro-hydraulic actuator-based valve control system

Système de commande des soupapes par actuateur électro-hydraulique

Ein elektrohydraulisch betätigtes Ventilsteuerungssystem

Un dispositivo de control de válvulas mediante actuador electrohidráulico

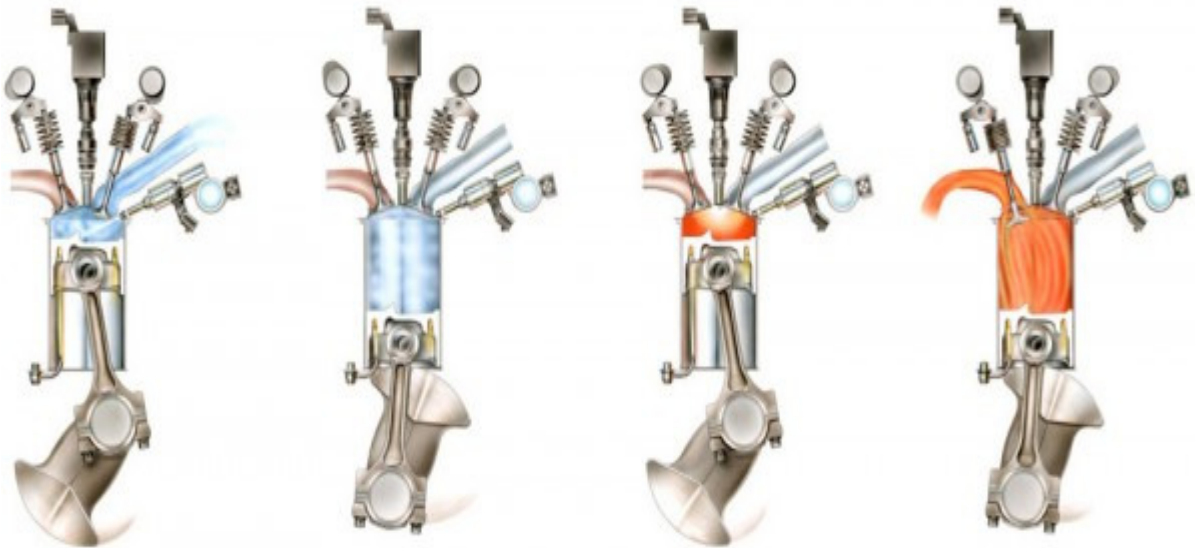


Στα τέλη της δεκαετίας του '60 ο Giovanni Torazza επινοεί για την Fiat ένα υδραυλικό σύστημα που μεταβάλλει τον χρονισμό και την βύθιση των βαλβίδων. Το 1975 η GM παρουσιάζει ένα παρόμοιο σύστημα για τις βαλβίδες εισαγωγής, στις χαμηλές στροφές, με στόχο την μείωση των εκπομπών ρύπων. Το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με μηχανικό VVT σύστημα ήταν η Alfa Romeo Spider του 1980 με ψεκασμό SPICA. Για να φέρει την επανάσταση η Honda με το CBR400F του 1983 και το περίφημο VTEC που αργότερα πέρασε στα Civic και CRX...[20]

Όπως είναι λογικό, όσο αυξάνονται οι στροφές ενός κινητήρα τόσο η διάρκεια μεταξύ των χρόνων μικραίνει με αποτέλεσμα να μπαίνει όλο και λιγότερο φρέσκος αέρας στους θαλάμους καύσης και να ξεμένουν όλο και περισσότερα καυσάερια. Μία

λύση είναι το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής και το πρόωρο κλείσιμο των βαλβίδων εξαγωγής. [20]

Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι το πώς μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση του κινητήρα όσο ανεβάζει στροφές ο κινητήρας. Με επικαλύψεις των βαλβίδων (επικάλυψη ή overlap: όταν και οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής μένουν ταυτόχρονα ανοιχτές). Στους παλιότερης τεχνολογίας κινητήρες οι μηχανικοί προσάρμοζαν την επικάλυψη ανάλογα με τις προδιαγραφές του οχήματος. Για παράδειγμα, σε ένα φορτηγάκι το overlap είναι μικρότερο για περισσότερη ροπή χαμηλά και ας δυσκολεύεται σε πολλές στροφές ο κινητήρας. Αντίθετα, σε μοντέλα υψηλών επιδόσεων έχουμε μεγαλύτερη επικάλυψη στις υψηλές στροφές με τίμημα την ροπή στις χαμηλές.[20]

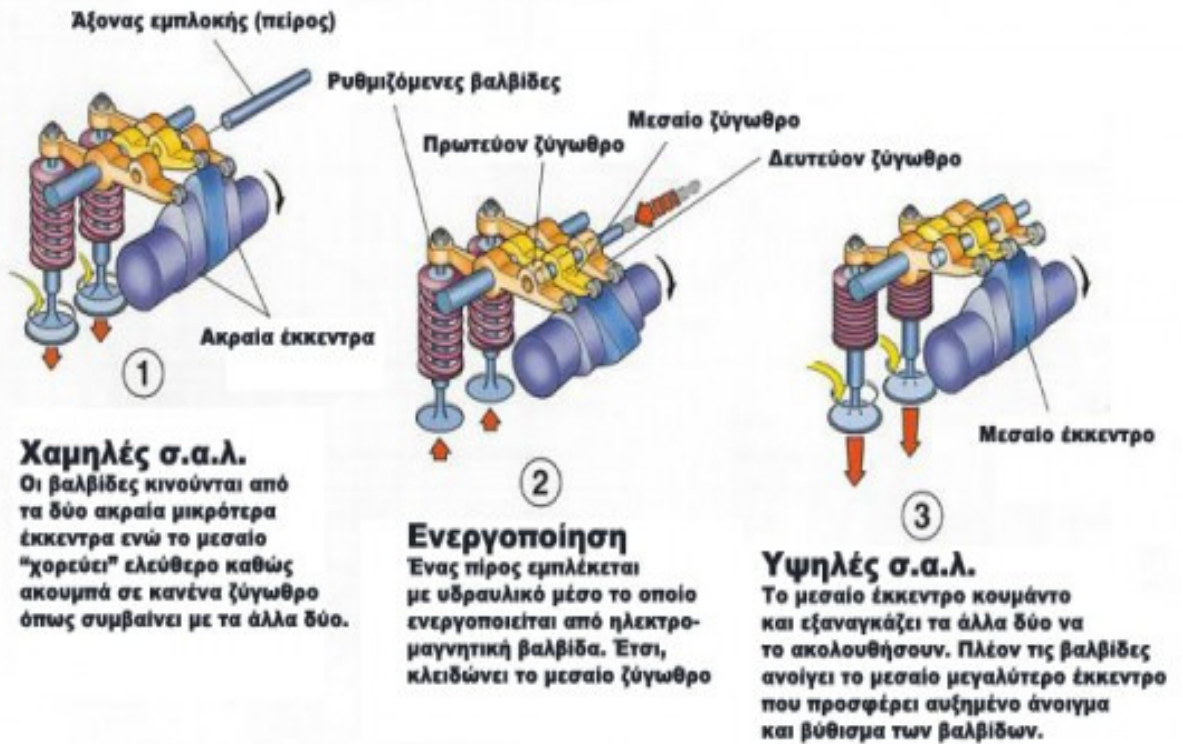


Εικόνα:Κύκλος καύσης μεταβλητού χρονισμού.

Ωστόσο, δεν μπορούν να υπάρξουν οι ίδιοι βαθμοί επικάλυψης στο ίδιο φάσμα στροφών αφού π.χ. μπορεί να παρουσιαστεί εισροή καυσαερίων προς τη πολλαπλή εισαγωγής ή διαφυγή μίγματος από την βαλβίδα εξαγωγής. Εδώ, πολύ χρήσιμα είναι τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού (**Variable Valve Timing**) που επιτρέπουν την διαφοροποίηση των επικαλύψεων σε διαφορετικές στροφές λειτουργίας του κινητήρα αυξάνοντας την ισχύ και βελτιώνοντας θεαματικά την ροπή. Έτσι, το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων μπορεί να μεταβάλλεται καθώς και η μείωση ή η αύξηση της επικάλυψης.[20]

5.3. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΒΑΣΕΙ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

VTEC (Variable Timing Electronic Control) System

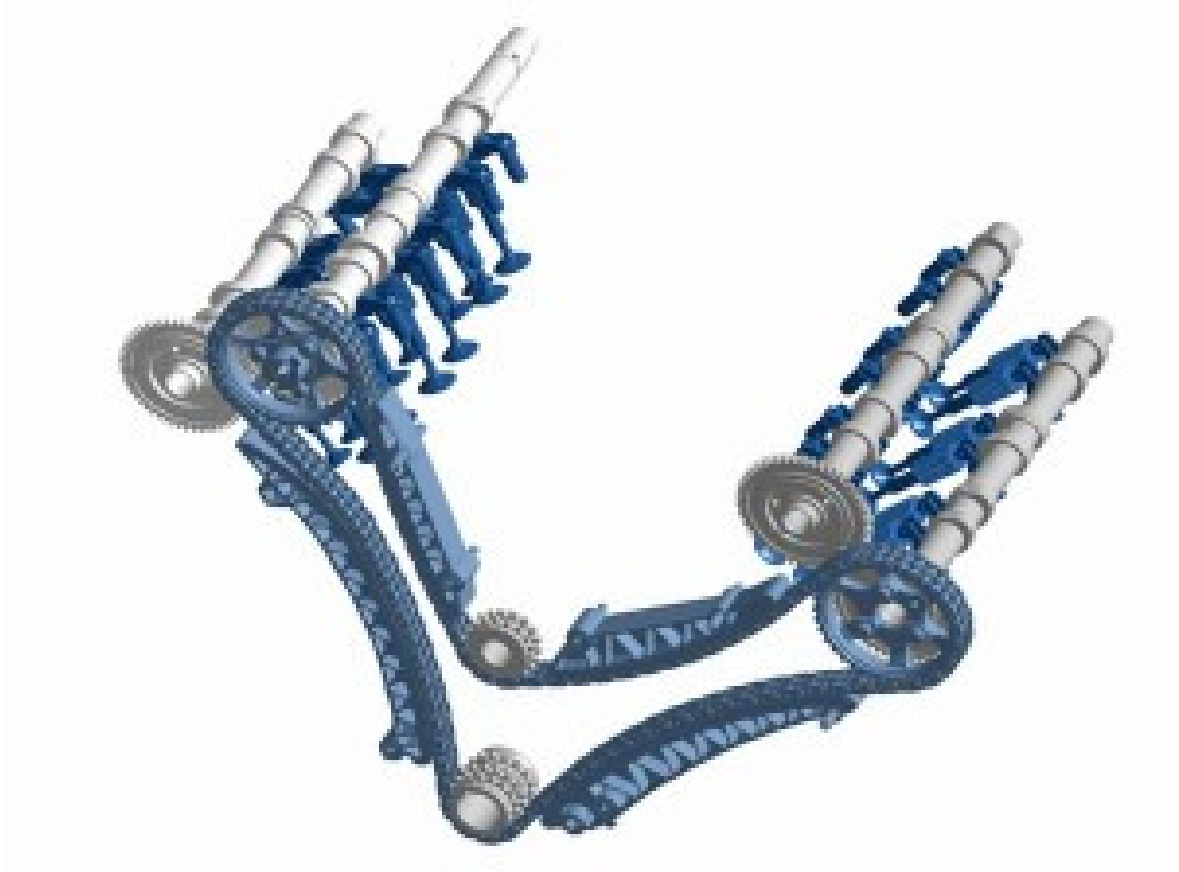


Στο VTEC της Honda υπάρχει ένας μηχανισμός από έκκεντρα που μεταβάλλουν τον χρονισμό χωρίς να απαιτείται μεταβολή φάσης του εκκεντροφόρου



Εικόνα: Σύστημα μεταβλητού χρονισμού με διπλό μεταβλητό έλεγχο εκκεντροφόρων.(Double Vanos)

Είναι ένα σύστημα το οποίο μεταβάλλει τον χρονισμό των βαλβίδων εισαγωγής. Όταν το εν λόγω σύστημα της BMW υπάρχει και στον εκκεντροφόρο της εξαγωγής τότε μιλάμε για Double Vanos. Το πρώτο διπλό VANOS εμφανίστηκε το 1995 στην BMW M3. Η μεταβολή του χρονισμού επιτυγχάνεται με την μετατόπιση μίας συναρμογής γραναζιών που βρίσκεται από την μεριά που παίρνουν κίνηση οι εκκεντροφόροι.



Εικόνα: Σύστημα μεταβλητού χρονισμού της Mercedes-Benz

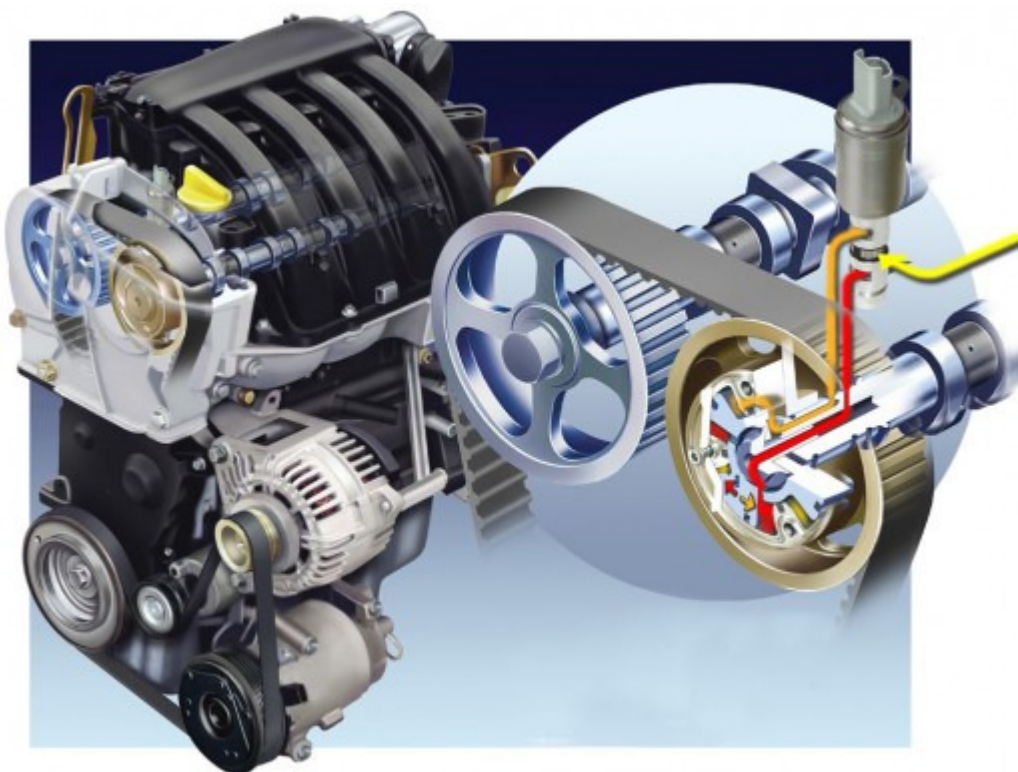
Το σύστημα μεταβλητού χρονισμού της Mercedes-Benz παραπέμπει ευθέως στο VVT-i της Toyota και βασίζεται σε υδραυλικούς μηχανισμούς τάνυσης των καδένων.

Ο απλούστερος και φτηνότερος κατασκευαστικά τρόπος αφορά στην μεταβολή της φάσης (γωνίας) του εκκεντροφόρου εισαγωγής ως προς τον εισαγωγής κατά μερικές δεκάδες μοίρες, όπως συμβαίνει στο απλό Variocam της Porsche, όπου ένας υδραυλικός μηχανισμός μεταβάλλει τον τεντωτήρα της καδένας.

Παρόμοιο χρονισμό με γρανάζια χρησιμοποιεί και η Mercedes-Benz όπως και η **Toyota με το γνωστό VVT-i**. Σημειώστε όμως πως ο χρονισμός με μεταβολή της γωνίας του εκκεντροφόρου απλά επιτρέπει το πρόωρο ή το καθυστερημένο άνοιγμα των βαλβίδων αλλά δεν μπορεί να μεταβάλλει και την διάρκεια του ανοίγματος/κλεισίματος. Δηλαδή αν έχουμε πρόωρο άνοιγμα θα έχουμε και πρόωρο κλείσιμο. Ωστόσο, παραμένει ο φτηνότερος κατασκευαστικά τρόπος VVT.

Ένας άλλος τρόπος, πιο πολύπλοκος και πιο ακριβός, αφορά σε ένα μηχανισμό που αλλάζει απευθείας τον χρονισμό των βαλβίδων, όπως συμβαίνει στο **VTEC της Honda**. Σε κάθε εκκεντροφόρο υπάρχουν δύο σειτ από έκκεντρα με διαφορετικό προφίλ που κινούν ζύγωθρα για να μεταβάλλουν τον χρονισμό των βαλβίδων.

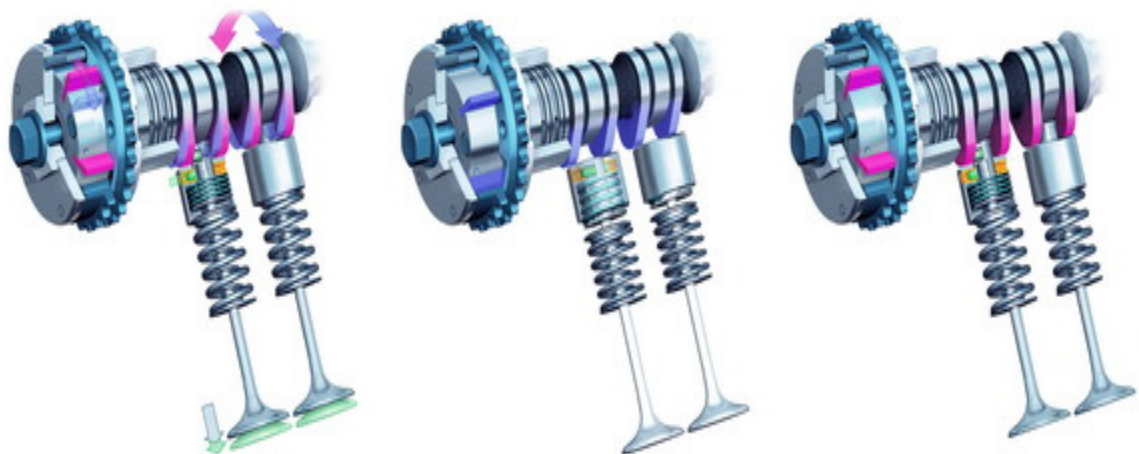
Παρόμοιο σύστημα έχει υιοθετήσει και η Mitsubishi με το MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve and Lift Electronic Control System). Στο MIVEC υπάρχει ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα εναλλαγή δύο έκκεντρων με διαφορετικό προφίλ.



Εικόνα: Κινητήρας 1.6 K4M του Renault Megane II με τροχαλία με Delphi.

Στον κινητήρα 1.6 K4M του Renault Megane II μία τροχαλία της Delphi αναλαμβάνει να μεταβάλλει τον χρονισμό των βαλβίδων εισαγωγής. Όπως είπαμε, για αλλαγή φάσης του εκκεντροφόρου (εδώ 22,5 μοίρες) μεταβάλλεται μόνο το πότε θα ανοίξουν ή θα κλείσουν οι βαλβίδες αλλά όχι και η διάρκειά τους που παραμένει σταθερή.

5.4.ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΒΥΘΙΣΗΣ

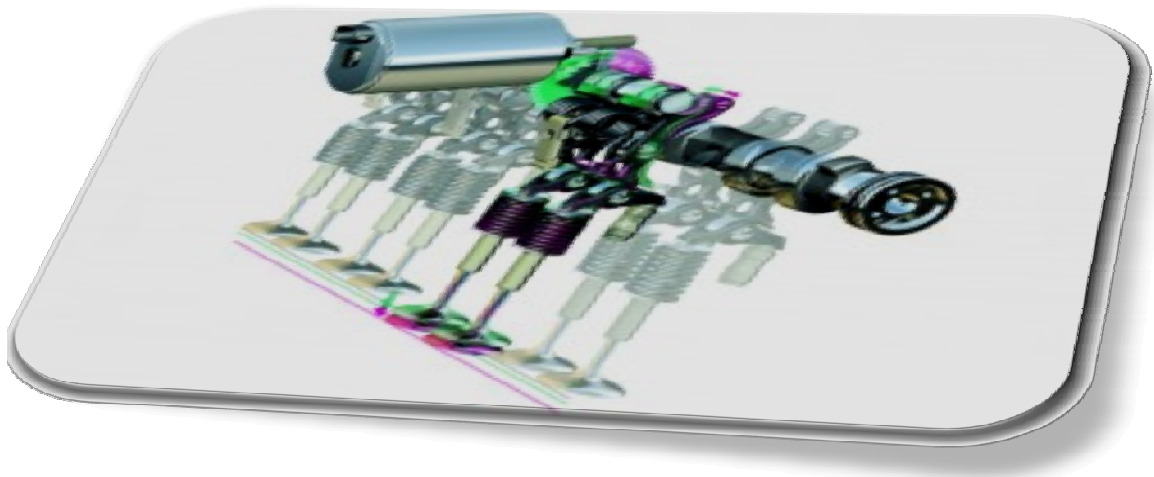


Εικόνα: Σύστημα VarioCam Plus της Porsche.

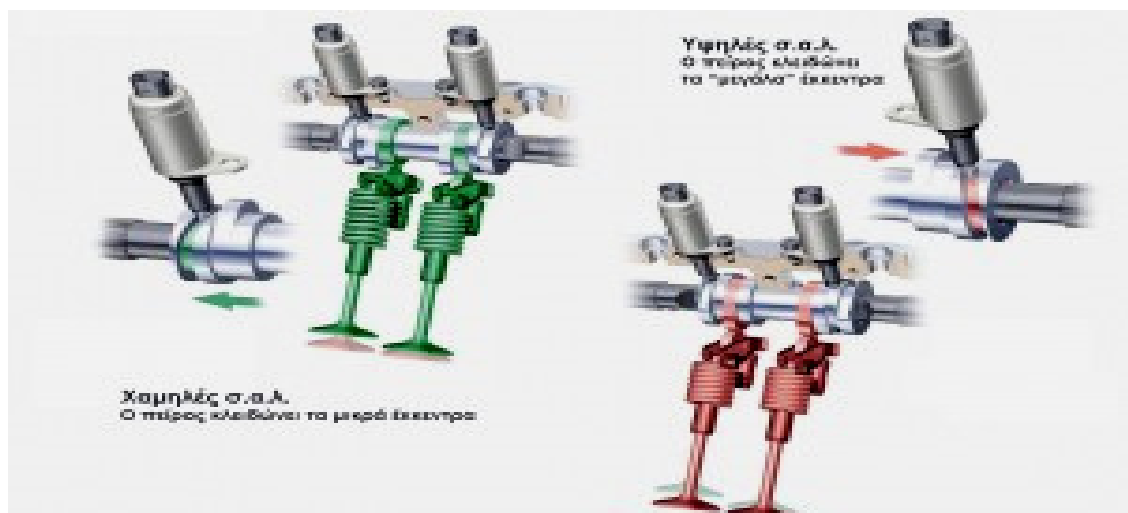
Στο VarioCam Plus της Porsche περιλαμβάνονται δύο διαφορετικού προφίλ έκκεντρα που καθορίζουν την βύθιση των βαλβίδων. Υπάρχει ένα μικρό στη μέση και δύο μεγαλύτερα στις άκρες. Στο ρελαντί το μεγάλο έκκεντρο απομονώνεται και το μικρό έκκεντρο καθορίζει την βύθιση των βαλβίδων (περίπου στα 3 mm).

Στις υψηλές στροφές η μεγαλύτερη βύθιση των βαλβίδων επιτρέπει την γρήγορη εισροή φρέσκου αέρα και την ταχύτερη απαγωγή των καυσαερίων από τους θαλάμους καύσης. Στις χαμηλές στροφές κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό καθώς οι βαλβίδες αργούν να κλείσουν και τα κατάλοιπα της καύσης ανακατεύονται με το

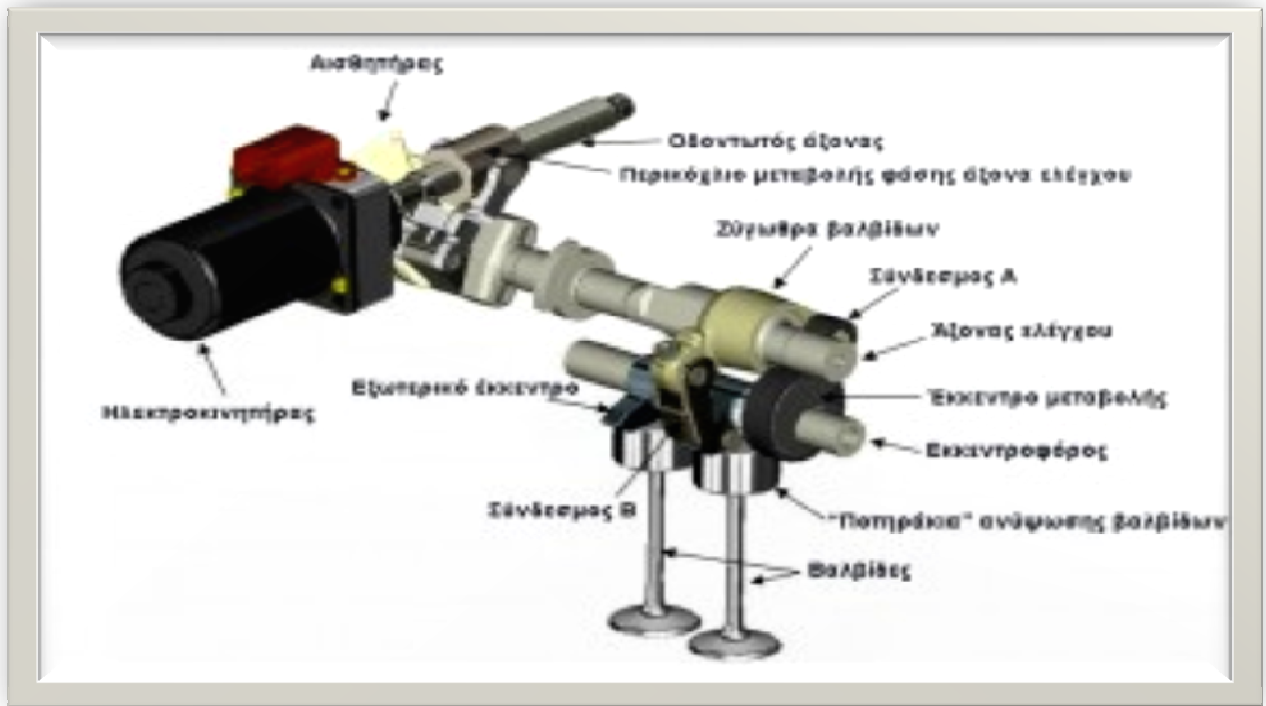
μίγμα (σ.σ. ελάχιστο μέρος των καυσαερίων είναι επιθυμητό να παραμένει στον θάλαμο καθώς ψεκάζεται λιγότερο καύσιμο μίγμα προς όφελος της κατανάλωσης). Για αυτό και το αυξημένο βύθισμα εμφανίζεται κατά κύριο λόγο μόνο ψηλά με τον μεταβλητό χρονισμό να κάνει όλη την δουλειά χαμηλά. Εξαίρεση από τον κανόνα αποτελούν τα συστήματα συνεχούς μεταβαλλόμενης βύθισης όπως τα Valvetronic, VVEL και Valvematic.



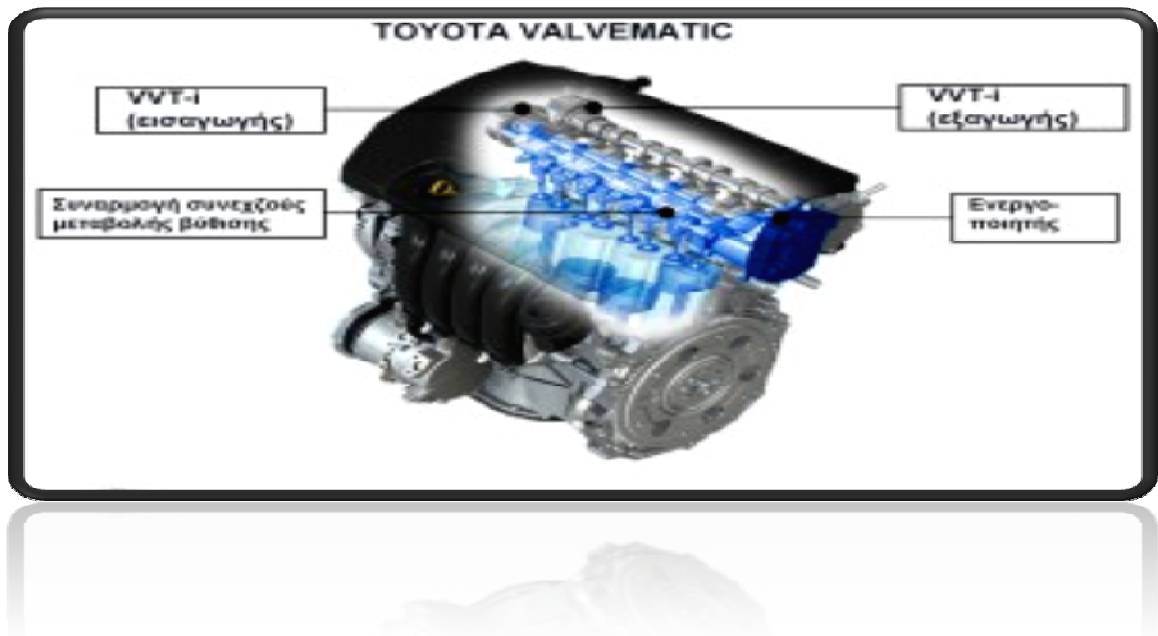
Το Valvetronic της BMW προσφέρει συνεχώς μεταβαλλόμενο βύθισμα αλλά είναι και ένα από τα πιο πολύπλοκα συστήματα με μεγάλο αριθμό εξαρτημάτων.



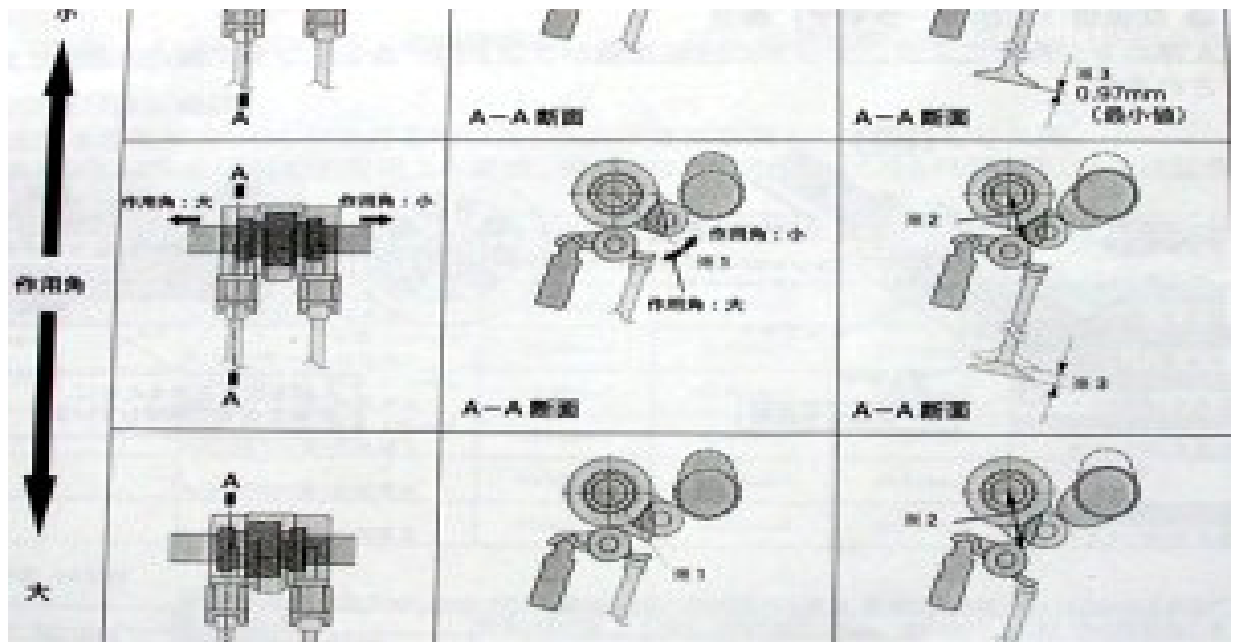
Για να μεταβάλλει το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής η Audi χρησιμοποιεί το σύστημα **Valvelift**



Εξαιρετικό στην σύλληψή του είναι το VVEL της Nissan/Infinity που ουσιαστικά καταργεί την πεταλούδα.



Ένα από τα πιο έξυπνα και απλά συστήματα μεταβολής του βυθίσματος των βαλβίδων είναι το Valvetronic της Toyota που συνδυάζεται και με VVT-i.



Ένα από τα ελάχιστα σχεδιαγράμματα που κυκλοφορούν στο διαδίκτυο με το Valvematic.

Η φυσική εξέλιξη των συστημάτων VVT ήταν η μεταβολή του βυθίσματος των βαλβίδων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Variocam Plus της Porsche που εμφανίστηκε το 1991 στην 968. Στην Honda μερικές σχεδιαστικές αλλαγές στην γεωμετρία των έκκεντρων σε συνδυασμό με την αλλαγή φάσης του εκκεντροφόρου μας δίνουν το i-VTEC.

Στο σύστημα VVTL-i της Toyota μία σφήνα κλειδώνει το κοκοράκι που αφήνει την βαλβίδα να βυθιστεί πιο ψηλά στις υψηλές στροφές λειτουργίας. Το σκαλοπάτι ισχύος γίνεται άμεσα αντιληπτό από τον οδηγό στις 6.000 σ.α.λ. ακόμη και από τον ήχο που βγάζει το μοτέρ της Celica με τους 190 ίππους. Ένα σχετικά νεώτερο σύστημα VVT με βύθιση είναι το Valvelift της Audi που είναι απλούστερο από το i-VTEC και από το VVTL-i καθώς δεν χρησιμοποιεί υδραυλικά κόλπα ή σειτ με έκκεντρα. Μεταλλικοί πείροι κατά μία έννοια «κλειδώνουν» τη διαδρομή των ειδικά διαμορφωμένων έκκεντρων και τα υποχρεώνουν να διαγράψουν μεγαλύτερη ή μικρότερη τροχιά, μεταβάλλοντας με αυτό τον τρόπο τη βύθιση των βαλβίδων.

Συνεχίζοντας φτάνουμε στα συστήματα CVVL (Continuous Variable Valve Lift (CVVL) που προσφέρουν συνεχώς μεταβαλλόμενη βύθιση των βαλβίδων (και όχι σε ορισμένες στροφές λειτουργίας) προσφέροντας μικρή αύξηση της ισχύος στις υψηλές στροφές αλλά σημαντική μείωση της κατανάλωσης στο μεγαλύτερο εύρος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Valvetronic της BMW (βελτίωση της κατανάλωσης) αλλά και το VVEL της Nissan που ταιριάζει γάντι σε κινητήρες спор μοντέλων όπως είναι το Infinity G37 ή το Nissan 370Z (βελτίωση της απόδοσης ψηλά).[22]

Ακόμη καλύτερο όμως φαίνεται να είναι το Valvematic της Toyota που προσφέρει αύξηση της ισχύος (έως 10%), μείωση της κατανάλωσης (5-10%) αλλά είναι πιο κόμπακτ και απλό δομικά από ότι τα Valvetronic και VVEL. Στο σύνολο του το Valvematic απαρτίζεται έναν πρόσθετο άξονα που βρίσκεται ανάμεσα στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής, τον μηχανισμό που υποβοηθά στην μεταβολή της βύθισης και βρίσκεται από την μεριά του βολάν καθώς και το διπλό VVTi που «καθαρίζει» κυρίως στις χαμηλές στροφές.[22]

Όπως φαίνεται και στο σχήμα με την γαλάζια απόχρωση τονίζεται ο πρόσθετος άξονας με τον εκκεντροφόρο εισαγωγής. Ο ενδιάμεσος άξονας φέρει σετ όσα είναι και οι κύλινδροι. Οι βαλβίδες εισαγωγής κινούνται από τα έκκεντρα που παίρνουν κίνηση από τον ενδιάμεσο άξονα. Κάθε μηχανισμός αποτελείται από δύο δακτυλίους που ανάμεσα στους παρεμβάλλεται ένα ρόλερ. Οι δακτύλιοι και το ρόλερ στρέφονται πάνω στις οδοντώσεις του άξονα και την κίνησή τους την κανονίζει ένας ηλεκτροκινητήρας που βρίσκεται στην μεριά του βολάν. Οι οδοντώσεις και στα τρία στοιχεία είναι λοξές αλλά εκείνες του ρόλερ έχουν αντίθετη φορά και κάθε φορά που ο άξονας περιστρέφεται έχει ως αποτέλεσμα οι δακτύλιοι να κινούνται αντίθετα και να απομακρύνονται ή να πλησιάζουν από το ρόλερ. Έτσι, μπορεί να μεταβληθεί η γωνία του άξονα άρα και η βύθιση των βαλβίδων στον δίλιτρο κινητήρα με τους 158 ίππους μπορεί να αλλάξει από 0.97 χιλιοστά μέχρι 11 χιλιοστά.[22]

Ένα από τα πιο πρόσφατα συστήματα ηλεκτροϋδραυλικού ελέγχου της βύθισης και του ανοίγματος των βαλβίδων είναι το Multiair της Fiat. Μία ιδιαίτερα ευέλικτη πατέντα με πολλά πλεονεκτήματα και το μόνο που μένει είναι να αποδείξει την αξιοπιστία της.[21]

8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας με την παραπάνω εργασία γίνεται εκτενή αναφορά τον επιμέρους εξαρτημάτων που συγκροτείται ένα κινητήρας με σύστημα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων βενζινοκινητήρων και τον τρόπο λειτουργίας τους και στον σκοπό που επενεργούν στο μεταβλητό χρονισμό.

Στην συνέχεια αναφέρονται τα διάφορα συστήματα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων κατανοώντας τον τρόπο λειτουργία τους και εκτενή αναφορά σε παραδείγματα κινητήρων διαφόρων εταιριών τις αυτοκινητοβιομηχανίας και την εξέλιξη τους από την δεκαετία του 80 έως και σήμερα.

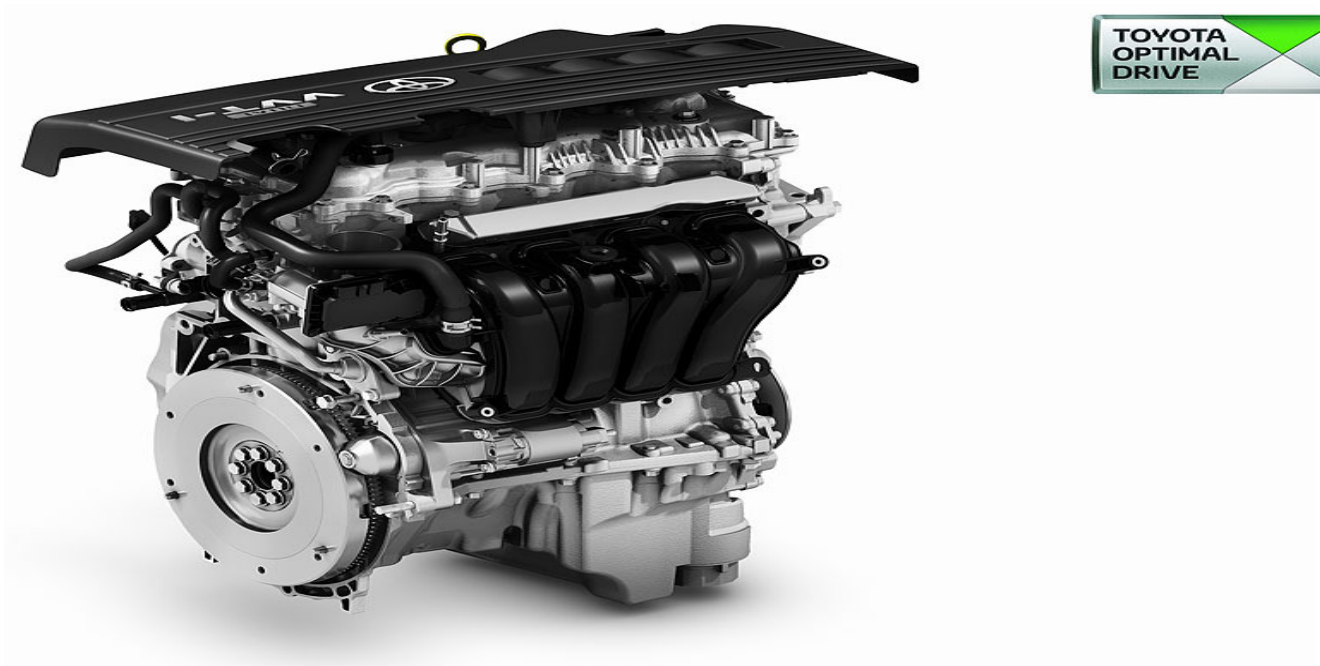
Επίσης αναφέρεται διαγραμματικά ο πραγματικός κύκλος λειτουργίας στον οποίο κατανοούνται επ ακριβώς η διεργασίες που πραγματοποιούνται η κίνηση των βαλβίδων.

Η ανάπτυξη τις τεχνολογίας των κινητήρων ευρείας χρήσης την τελευταία δεκαετία είναι κάτι παραπάνω από εντυπωσιακή. Αρχής γενομένης από τους πολυβάλβιδους κινητήρες, η ειδική απόδοση (ιπποδύναμη ανά λίτρο) έφτασε σε πολύ υψηλά επίπεδα, με τη χρησιμοποίηση συστημάτων μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων. Πολλές φορές, η έρευνα σε θεωρητικό επίπεδο μπορεί να οδηγή σε ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα που όμως δεν επιβεβαιώνονται στην πράξη. Μπορεί, για παράδειγμα, η λειτουργία κάποιας διάταξης ή μηχανισμού να προσφέρει καλύτερες τιμές απόδοσης που όμως δεν συνοδεύονται από αντίστοιχη βελτίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του.

Ο ρόλος των συστημάτων μεταβλητού χρονισμού γίνεται άμεσα αντιληπτός, αν λάβουμε υπόψη τις μεταβολές στην «αναπνοή» του κινητήρα σε όλο το φάσμα στροφών. Για παράδειγμα, σε υψηλούς ρυθμούς περιστροφής, το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο γίνεται εισαγωγή και εξαγωγή του μίγματος καυσίμου και των καυσαερίων, μειώνεται. Σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας, η ταχύτητα του μίγματος καυσίμου και των καυσαερίων δεν είναι αρκετή για την ικανοποιητική πλήρωση και εκκένωση, αντίστοιχα, του θαλάμου καύσης. Έτσι, το βέλτιστο, σε αυτήν την περίπτωση, είναι το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής και το αργότερο κλείσιμο των βαλβίδων εξαγωγής. Μία τέτοια ρύθμιση στο χρονισμό των βαλβίδων

βελτιώνει την απόδοση και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα στις υψηλές στροφές, όμως (επειδή για να διορθώσεις κάτι αναγκάζεσαι να χαλάσεις κάτι άλλο), του χαλάει την ομαλή λειτουργία στις χαμηλές στροφές. Ιδανική περίπτωση θα ήταν αν η υπερκάλυψη του χρονισμού των βαλβίδων (overlapping), δηλαδή το εύρος ανάμεσα στην περίοδο εισαγωγής και εξαγωγής, δεν ήταν σταθερό και δεδομένο, αλλά μεταβαλλόταν ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Αυτό ακριβώς είναι που καλούνται να επιτύχουν τα συστήματα VVT, ενεργώντας είτε αποκλειστικά στις βαλβίδες εισαγωγής είτε και σε αυτές της εξαγωγής.

9.ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΙΣΗ



Εικόνα: Κινητήρας VVT-i TOYOTA OPTIMAL DRIVE



Εικόνα: Κινητήρας HONDA VTEC



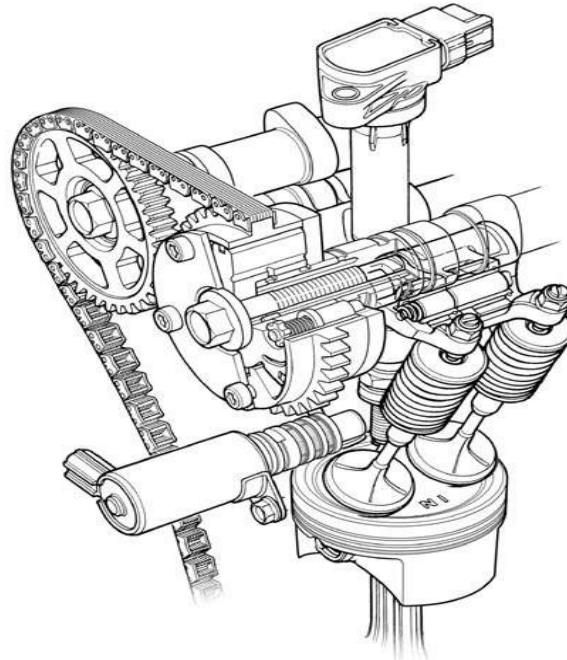
Εικόνα: Κινητήρας NISSAN SKYLINE



Εικόνα: Κινητήρας BMW M5 (Doyle Vanos)

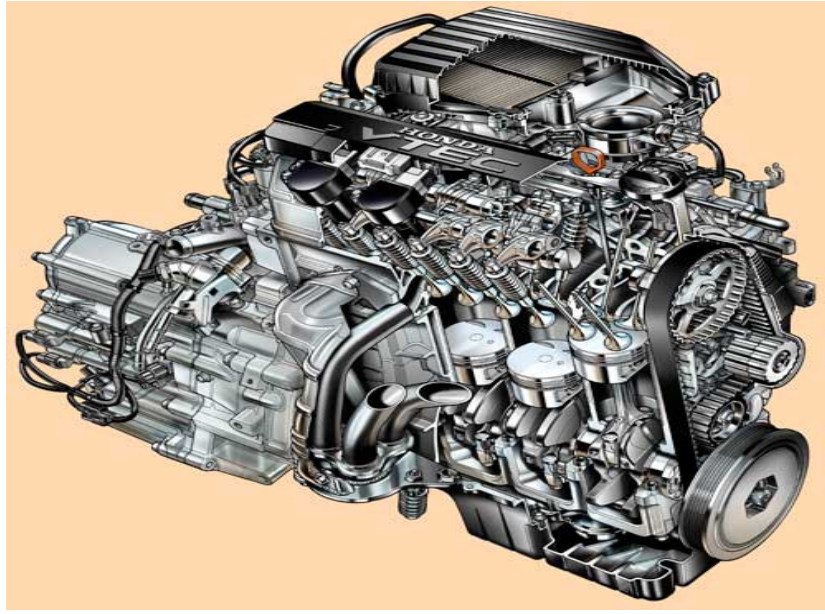


Εικόνα: Κινητήρας Mitsubishi Colt

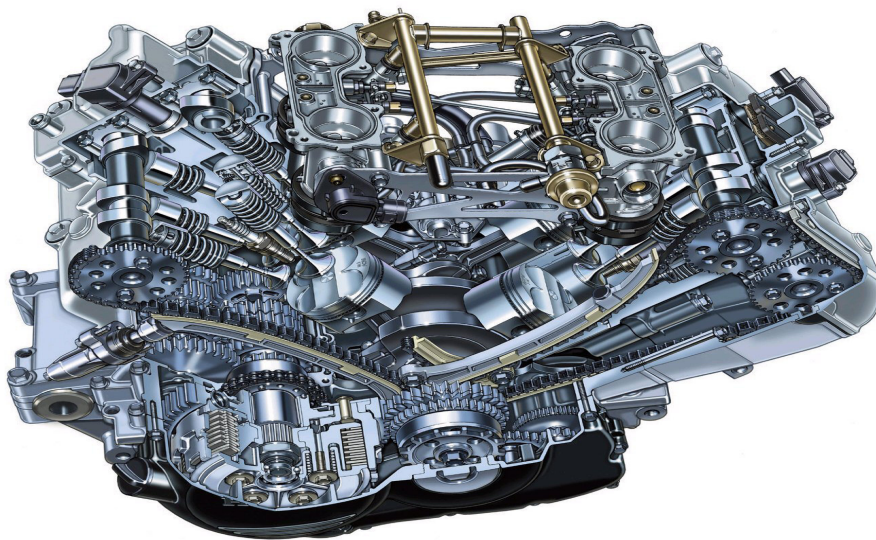


2002 CR-V - i-VTEC SYSTEM

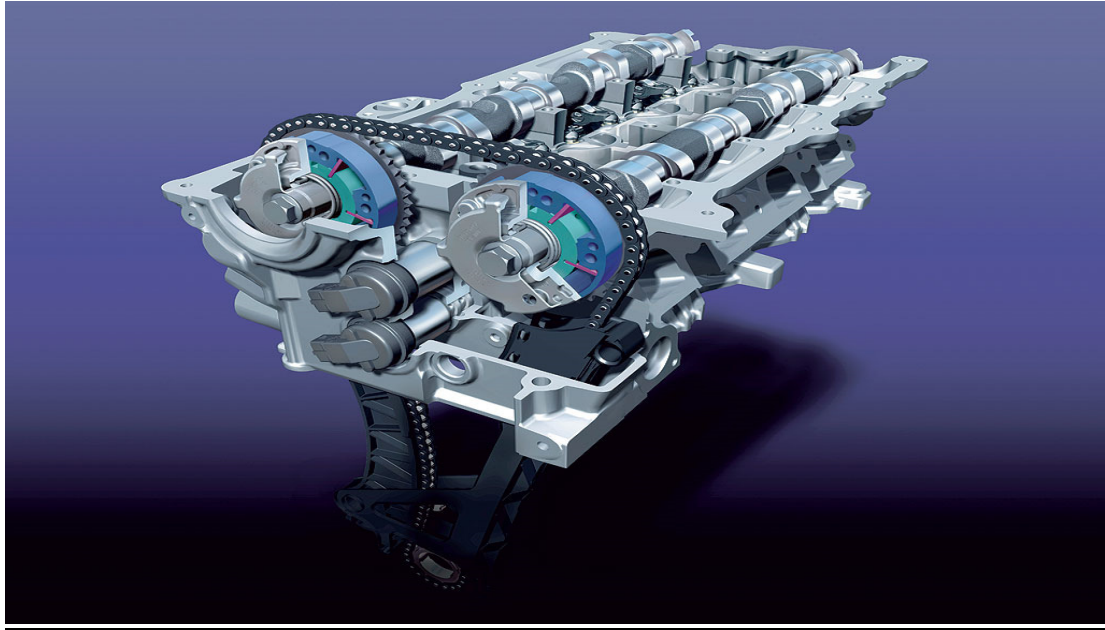
Εικόνα: Κινητήρας Honda CR-V i-VTEC SYSTEM



Εικόνα: Κινητήρας Honda CRX VTEC

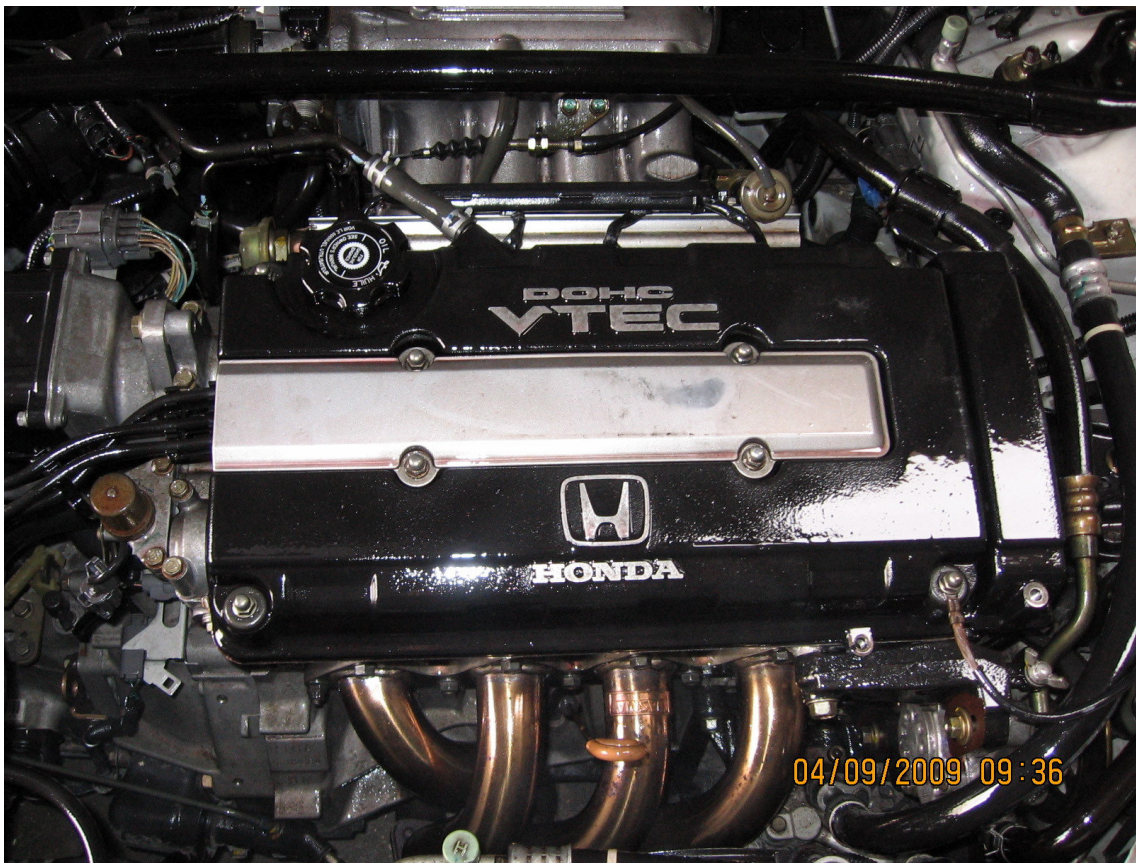


Εικόνα: Κινητήρας MERCEDES-BENZ



Εικόνα: Κινητήρας με σύστημα μεταβλητού χρονισμού (VVTL-i)







BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. K. ZINNER “**Supercharging of Internal Combustion Engines**”, Springer-Verlag, Berlin, 1978.
2. N. WATSON and M. S. JANOTA “**Turbocharging the Internal Combustion Engine**”, Macmillan Press, London, 1982.
3. J. B. HEYWOOD “**Internal Combustion Engine Fundamentals**”, McGraw-Hill, New York, 1988.
4. C. R. STONE “**Introduction to Internal Combustion Engines**”, 3rd edition, Macmillan Press, London, 1999.
5. A. KOWALEVICZ “**Combustion Systems of High-Speed Piston I.C. Engines**”, Elsevier, Amsterdam, 1984.
6. V. L. MALEEV “**Internal-Combustion Engines**”, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1985.
7. R. S. BENSON and N. D. WHITEHOUSE “**Internal Combustion Engines**”, Pergamon Press, 1979.
8. C. R. FERGUSON “**Internal Combustion Engines**”, John Wiley and Sons, New York, 1986.
9. C. F. TAYLOR “**The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, Vol. I & II**”, MIT Press, Cambridge MA, 1966 & 1968
10. E. F. OBERT “**Internal Combustion Engines and Air Pollution**”, Intext Educational Publ., Michigan, 1972.
11. L. R. C. LILLY “**Diesel Engine Reference Book**”, Butterworths, London, 1984.

12. J. B. HEYWOOD and E. SHER” **The Two-Stroke Cycle Engine: Its Development, Operation, and Design**”, Taylor and Francis, 1999.
13. Κ. Δ. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ «**Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως**», Εκδόσεις “Γρηγ. Φούντας”, Αθήνα, 1988.
14. Κ. Δ. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ «**Μ.Ε.Κ. ΙΙ - Εμβάθυνση στην Κατασκευή και Λειτουργία**», Εκδόσεις “Γρηγ. Φούντας”, Αθήνα, 2000.
15. C.D. RAKOPOULOS, E.G. GIAKOUMIS “**Diesel Engine Transient Operation**”, Springer-Verlag, London, 2009
16. Ε. Γ. ΓΙΑΚΟΥΜΗΣ «**Μεταβατική Κατάσταση Λειτουργίας Κινητήρων Diesel**», Διδακτορική Διατριβή (Επιβλέπων Καθηγητής: Κ.Δ. Ρακόπουλος), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, 1997.
17. C. D. RAKOPOULOS and E. G. GIAKOUMIS “**Review of Thermodynamic Diesel Engine Simulations under Transient Operating Conditions**”, Society of Automotive Engineers (American), SAE Paper No. 2006-01-0884, SAE Transactions, Journal of Engines, Vol. 115, Section 3, pp. 467-504, 2006.
18. Γ. ΚΟΣΜΑΔΑΚΗΣ «**Μελέτη ροής αερίων διαμέσου των βαλβίδων και θυρίδων εισαγωγής και εξαγωγής σε εμβολοφόρες ΜΕΚ**», Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Επιβλέπων Καθηγητής: Κ.Δ.Ρακόπουλος), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Οκτώβριος 2004.
19. Θ. ΔΗΜΑΡΑΤΟΣ «**Παραμετρική ανάλυση κύκλου Otto με ροή αερίων και υπερπλήρωση**», Διπλωματική Εργασία (Επιβλέπων Καθηγητής: Κ.Δ.Ρακόπουλος), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ιούνιος 2005.
20. Κ. Δ. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ «**Αρχές Βιομηχανικών Αεριοστροβίλων**», Εκδόσεις “Γρηγ. Φούντας”, Αθήνα, 1990.
21. Κ. Δ. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ και Δ. Θ. ΧΟΥΝΤΑΛΑΣ «**Καύση – Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ.**», Αθήνα, 1998.

22. Κ. Δ. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ» **Εργαστηριακές Δοκιμές και Μετρήσεις Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ.**», Εκδόσεις “Γρηγ. Φούντας”, Αθήνα, 1994.

23.Κ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ>>**Συγχρονες εξελίξεις και μελλοντικές τάσεις κινητήρων Otto οχημάτων>>**. Διπλωματική εργασία (Επιβλέπων Καθηγητής: Ε.Γ. Γιακουμής Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π. Αθήνα,2006)

24. Διάφοροι διαδικτυακοί τόποι, όπως:

www.borgwarner.com,

www.abb.com,

www.manbw.com,

www.honeywell.com.