



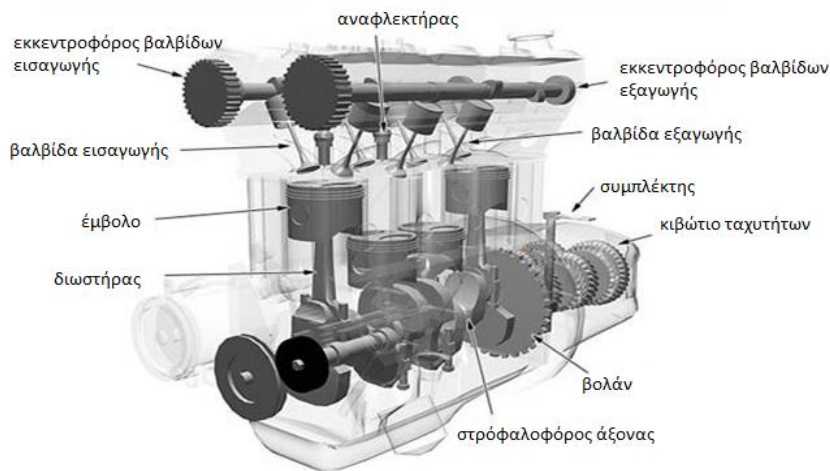
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

## Τίτλος πτυχιακής εργασίας: Μεταβλητός Χρονισμός VANOS της BMW



Φοιτητές: Αλβανόπουλος Ιωάννης

Τζιοβάρας Γιώργος

Επιβλέπων Καθηγητής: Μίχος Φώτιος

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	2
Πίνακας Εικόνων .....	5
Ευχαριστίες .....	8
Περίληψη .....	9
Abstract .....	9
1. Εισαγωγή .....	1
1.1. Ιστορική εξέλιξη ΜΕΚ.....	2
1.2. Χρόνοι λειτουργίας μιας τετράχρονης ΜΕΚ .....	4
1.3. Παραγωγή και μετατροπή κίνησης .....	5
1.4. Σύστημα διανομής αέρα .....	8
2. Χρονισμός.....	13
2.1. Είδη συστημάτων χρονισμού .....	13
3. Μεταβλητός χρονισμός .....	16
3.1. Λειτουργία VVT.....	17
3.2. VVT-i Controller .....	19
3.3. Βαλβίδα ελέγχου πίεσης λαδιού.....	20
3.4. Κατασκευαστικές λύσεις Μεταβλητού Χρονισμού .....	21
4. Βυθισμένες μεταβολές.....	26
4.1. Συστήματα Valvetronic .....	26
4.2. Σύστημα Multiair.....	27
4.3. Variocam σύστημα .....	27
4.4. VVTL-i της Toyota .....	28
4.5. Valvelift της Audi.....	29

5.	Λειτουργία μεταβλητού χρονισμού Vanos.....	31
5.1.	Μεταβλητός χρονισμός εκκεντροφόρου .....	31
5.2.	Μεταβλητός χρονισμός .....	31
5.3.	Χρονισμός βαλβίδων σε βενζινοκινητήρες της BMW.....	32
5.4.	Λειτουργία χρονισμού Βαλβίδων.....	36
6.	Συστήματα Vanos σε κινητήρες BMW .....	37
6.1.	Γενική περιγραφή .....	37
6.2.	Θεμελιώδης αρχή ενός υδραυλικού συστήματος VANOS .....	40
6.3.	Ηλεκτρική λειτουργία.....	41
6.4.	Βαλβίδα αντεπιστροφής .....	42
6.5.	Λίπανση του VANOS όπως απεικονίζεται στο Κινητήρα M52 .....	43
7.	Ανάλυση κινητήρων μεταβλητού χρονισμού VANOS .....	45
7.1.	Δύο θέσεις λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής VANOS.....	45
	Κινητήρας M50TU .....	45
7.2.	Απείρως Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής VANOS .....	50
	Κινητήρας M62TU .....	50
7.3.	Απείρως Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής Double VANOS	
	55	
	Κινητήρας M52TU .....	55
	Κινητήρας N42/N52 .....	61
	Κινητήρες N62/N73.....	70
7.4.	Απείρως Μεταβλητός χρονισμός υψηλής πίεσης εισόδου VANOS ...	75
	Κινητήρας S50B30 .....	75
7.5.	Απείρως Μεταβλητός χρονισμός υψηλής πίεσης Double VANOS ....	82
	S50B32 .....	82

Κινητήρας S54.....	88
Κινητήρας S62.....	91
8. Επίλογος .....	96
9. Βιβλιογραφία .....	97
9.1. Βιβλία .....	97
9.2. Ηλεκτρονικές πηγές.....	97
9.3. Προπτυχιακές-Μεταπτυχιακές-Διδακτορικές Διατριβές .....	98
9.4. Άρθρα (pdf) .....	98

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Πρώτος κινητήρας εσωτερικής καύσης.....	3
Εικόνα 2 Βενζινοκινητήρας με αναφλεκτήρα .....	4
Εικόνα 3 Ο κύκλος του Otto( 4 χρόνοι ΜΕΚ).....	5
Εικόνα 4 Μέρη εμβόλου .....	6
Εικόνα 5 Κίνηση εμβόλου .....	6
Εικόνα 6 Μέρη ενός διωστήρα .....	6
Εικόνα 7 Εξαρτήματα ενός στροφαλοφόρου άξονα.....	7
Εικόνα 8 Έμβολο – Διωστήρας – Στροφαλοφόρος .....	8
Εικόνα 9 Ανατομία εκκεντροφόρου άξονα.....	9
Εικόνα 10 Μέρη βαλβίδας .....	9
Εικόνα 11 Σύστημα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων I.....	18
Εικόνα 12 Σύστημα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων II .....	18
Εικόνα 13 Τμήματα VVT-i controller .....	20
Εικόνα 14 Βαλβίδα ελέγχου λαδιού (OCV) .....	21
Εικόνα 15 VTEC Σύστημα .....	23
Εικόνα 16 Σύστημα VVT- i .....	25
Εικόνα 17 Σύστημα Variocam .....	28
Εικόνα 18 Σύστημα VVT-i .....	29
Εικόνα 19 Σύστημα Valvelift.....	30
Εικόνα 20 Timing chains, M50 engine .....	36
Εικόνα 21 Εξάρτημα VANOS .....	37
Εικόνα 22 Θεμελιώδης αρχή ενός υδραυλικού συστήματος VANOS .....	40

Εικόνα 23 Βαλβίδα αντεπιστροφής .....	42
Εικόνα 24 Εκκεντροφόρος άξονας M52 κινητήρα .....	43
Εικόνα 25 Κινητήρας M50TU .....	45
Εικόνα 26 Διάγραμμα υδραυλικού συστήματος για M50TU και M52 κινητήρες .....	47
Εικόνα 27 Σχεδιασμός συστήματος VANOS .....	48
Εικόνα 28 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρα M62TU .....	51
Εικόνα 29 Κινητήρας M62TU .....	53
Εικόνα 30 Μονάδα VANOS .....	54
Εικόνα 31 Μονάδα VANOS – πείρος επαφής.....	55
Εικόνα 32 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος M52TU and M54 κινητήρων. .....	57
Εικόνα 33 M52TU κινητήρας.....	59
Εικόνα 34 Κάτοψη VANOS .....	60
Εικόνα 35 Σύστημα μετάδοσης κίνησης εκκεντροφόρου μέσω αλυσίδας του N42 κινητήρα .....	62
Εικόνα 36 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος των N40, N42, N45 και N46 κινητήρων.....	63
Εικόνα 37 Θέση ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων και αισθητήρων εκκεντροφόρου.....	65
Εικόνα 38 Εξάρτημα VANOS με ευδιάκριτα αναγνωριστικά .....	66
Εικόνα 39 Υδραυλικός κινητήρας πτερυγίων.....	67
Εικόνα 40 Υδραυλικός κινητήρας πτερυγίων.....	68
Εικόνα 41 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρων N62, N62TU και N73.....	70
Εικόνα 42 Κινητήρας N62 .....	72

Εικόνα 43 Κινητήρας N73 .....	73
Εικόνα 44 Χρονισμός κινητήρα N73 .....	74
Εικόνα 45 Κινητήρας S50B30 .....	75
Εικόνα 46 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος S50B30 κινητήρα .....	77
Εικόνα 47 Σύστημα VANOS στον κινητήρα S50B30.....	79
Εικόνα 48 Βαλβίδα εισαγωγής κινητήρας S54.....	80
Εικόνα 49 Βαλβίδα περιορισμού πίεσης κινητήρα S50B30.....	81
Εικόνα 50 Κινητήρας S50B32 .....	83
Εικόνα 51 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρα S50B32 .....	84
Εικόνα 52 Κινητήρας S50B32 , σύστημα VANOS .....	87
Εικόνα 53 Σύστημα VANOS σε κινητήρα S54B32 .....	90
Εικόνα 54 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρα S62B50 .....	92
Εικόνα 55 Κινητήρας S62.....	95

## Ευχαριστίες

Πρώτα απ'όλα, θα θέλαμε να εκφράσουμε, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον Κ. Μίχο Φώτιο, εργαστηριακό καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Οχημάτων του Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης για το ενδιαφέρον και τις γνώσεις που όλα αυτά τα χρόνια πρόσφερε κατά την διάρκεια διεκπεραίωσης της πτυχιακής εργασίας. Ακόμη ένα μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές του τμήματος, οι οποίοι με τις γνώσεις και την προθυμία τους, βοήθησαν όλους εμάς τους φοιτητές του τμήματος να κατανοήσουμε παρά πολλά πράγματα περί της Μηχανολογίας οχημάτων. Ήταν η βάση στο ξεκίνημα μας αυτό. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας οι οποίες μας στάθηκαν παρά πολύ στην διάρκεια της φοίτησης μας στο τμήμα Μηχανολόγων Οχημάτων με ηθική υλική και ολόκληρη στάση.



## Περίληψη

Παρατηρώντας τη λειτουργία ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης διαπιστώνεται η συγχρονισμένη κίνηση των μηχανικών μερών του. Ο κινητήρας χωρίζεται σε δύο βασικές ομάδες άμεσα συνδεδεμένων εξαρτημάτων, με την πρώτη ομάδα να αποτελείται από τον στροφαλοφόρο άξονα και τα έμβολα και τη δεύτερη από τους εκκεντροφόρους και τις βαλβίδες. Η κάθε ομάδα ξεχωριστά λειτουργεί συγχρονισμένα. Το μυστικό για την ομαλή λειτουργία του κινητήρα είναι να κινούνται συγχρονισμένα και οι δύο ομάδες. Αυτός είναι ο λεγόμενος χρονισμός του κινητήρα είτε με μάντα, είτε με καδένα πετυχαίνουμε την αρμονική κίνηση των μηχανικών μερών.

Καθώς οι στροφές λειτουργίας αυξάνονται, οι ανάγκες του κινητήρα μεταβάλλονται δημιουργώντας προβλήματα. Η λύση δόθηκε με τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού.

### **Abstract**

Observing the operation of an internal combustion engine, the synchronized movement of its mechanical parts is observed. The engine is divided into two basic groups of directly connected components, the first consisting of the crankshaft and the pistons and the second of the camshafts and valves. Each group individually works in sync. The secret to smooth engine operation is to move both groups synchronously. This called engine timing, either with a belt or with a chain, we achieve the harmonious movement of the mechanical parts.

As engine speeds increase engine needs change as they cause problems. The solution was provided with Variable Valve Timing systems (VVT)

# 1. Εισαγωγή

Το αυτοκίνητο είναι σήμερα ένα από τα πλέον διαδεδομένα μέσα μεταφοράς. Ενώ παλαιότερα ήταν είδος πολυτελείας, σήμερα αποτελεί είδος βασικής ανάγκης μεταφορών. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει βρει πάρα πολλές εφαρμογές σήμερα στο αυτοκίνητο. Η εφαρμογή της ηλεκτρονικής στο αυτοκίνητο, η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, στην σχεδίαση, τον υπολογισμό, την κατασκευή αλλά και την βελτίωση των λειτουργιών του ίδιου του αυτοκινήτου έχουν αναβαθμίσει σημαντικά το αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο είναι ένα σύνολο μηχανισμών και συστημάτων που πρέπει να συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους. Πινοή του αποτελεί ο κινητήρας.

Κινητήρας είναι ένα σύνολο μηχανισμών που παράγουν την απαραίτητη κινητική ενέργεια για την λειτουργία του αυτοκινήτου. Οι κινητήρες κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα:

- Με τον τρόπο παραγωγής της κινητικής ενέργειας
  - Εμβολοφόροι κινητήρες
  - Περιστροφικοί κινητήρες ή WANKEL κινητήρες
- Με το χρόνο λειτουργίας τους (ο χρόνος που χρειάζεται το έμβολο για να πραγματοποιήσει μία διαδρομή, μέσα στο κύλινδρο, από το Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) μέχρι το Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ))
  - Δίχρονοι κινητήρες
  - Τετράχρονοι κινητήρες
- Με τη χρήση καυσίμου
  - Βενζινοκινητήρες
  - Πετρελαιοκινητήρες
  - Κινητήρες οιοπνεύματος
  - Ηλεκτρικοί κινητήρες
  - Κινητήρες υβριδικών οχημάτων (Υπάρχει ένας ηλεκτροκινητήρας και ένας δίχρονος ή τετράχρονος)
- Με το σχήμα και την διάταξη των κυλίνδρων τους

- Κινητήρας με διάταξη κυλίνδρων σε σειρά
- Κινητήρας με διάταξη κυλίνδρων σε γωνία V
- Κινητήρας με αντίθετα έμβολα

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με εμβολοφόρες Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) 2 και 4 χρόνων ή όπως ονομάζονται με δίχρονους και τετράχρονους κινητήρες.

### **1.1. Ιστορική εξέλιξη ΜΕΚ**

Η εξέλιξη των κινητήρων πραγματοποιήθηκε με πολύ αργούς ρυθμούς. Το πρώτο αυτόνομο ατμοκίνητο όχημα ανήκει στον Γάλλο μηχανικό Νικολά Κινιό το 1769. Ο πρώτος κινητήρας που χρησιμοποίησε υγρό καύσιμο κατασκευάστηκε το 1794 από τον Robert Street. Δυστυχώς δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία για τη συγκεκριμένη κατασκευή. Την ίδια χρονιά ο Thomas Mead χρησιμοποιεί φωτιστικό αέριο ως καύσιμο και του αποδίδεται δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης με συμπίεση ατμού κατασκευάστηκε στην Αμερική από τον John Stevens το 1798. Το 1807 ο Rivaz δημιουργεί έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιεί ένα μίγμα υδρογόνου – οξυγόνου και η ανάφλεξη γίνεται από ηλεκτρικό σπινθήρα.

Ο πρώτος κινητήρας εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, ήταν ο Samuel Brown το 1823. 15 χρόνια αργότερα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας χορηγείται στον William Barnett για την εφαρμογή συμπίεσης σε κύλινδρο. Το 1857 οι Eugenio Barsanti και ο Felice Matteucci εφηύραν μια μηχανή που χρησιμοποιούσε έμβολα και ήταν η πρώτη μηχανή 4 χρόνων. Περιέγραψαν τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής με έμβολο. Ο Otto και ο Langen ήταν οι πρώτοι που κατασκεύασαν ένα κινητήρα βασιζόμενοι σε αυτές τις αρχές.

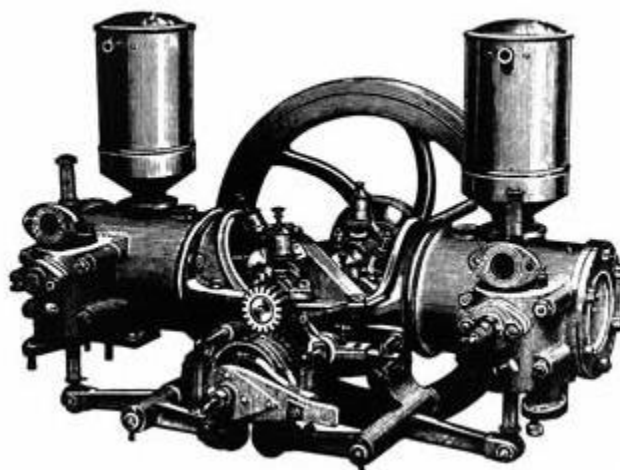


*Εικόνα 1 Πρώτος κινητήρας εσωτερικής καύσης*

*(πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Eugenio\\_Barsanti](https://en.wikipedia.org/wiki/Eugenio_Barsanti))*

1860 χρονιά σταθμός για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Ο Lenoir κατασκευάζει ένα κινητήρα με έμβολα, κυλίνδρους, διωστήρες και αντικαθιστά τον ατμό με αέριο. Η μηχανή αυτή μπήκε στην παραγωγή. Επτά χρόνια αργότερα το 1867 ο Otto και ο Langen παρουσιάζουν τον εμβολοφόρο κινητήρα τους ο οποίος ήταν οικονομικότερος από όσους είχαν προηγηθεί. Σχεδόν μια δεκαετία αργότερα, το 1876, ο Otto κατασκεύασε μια τετράχρονη μηχανή, με βελτιωμένη αλλά όχι ικανοποιητική απόδοση. Η σχεδίαση και η φιλοσοφία του κινητήρα Otto αποτέλεσαν τη βάση των σημερινών ΜΕΚ. Ο Karl Benz, το 1879, κατασκεύασε ένα δίχρονο κινητήρα αερίου. Αργότερα κατασκεύασε το δικό του τετράχρονο κινητήρα τον οποίο χρησιμοποιούσε στα δικά του αυτοκίνητα και το 1885 έγινε ο πρώτος παραγωγός αυτοκινήτων.

Ο πρώτος βενζινοκινητήρας κατασκευάστηκε από τον Βρετανό Edward Butler, ο οποίος εφηύρε το μπουζί (αναφλεκτήρα) τον διανομέα τον πολλαπλασιαστή και τον ψεκασμό με καρμπυρατέρ. Το 1896 ο Karl Benz εφηύρε τον κινητήρα μποξερ, όπου τα έμβολα έφταναν ταυτόχρονα στο ΑΝΣ επιτυγχάνοντας εξισορρόπηση της ορμής.



*Εικόνα 2 Βενζινοκινητήρας με αναφλεκτήρα*

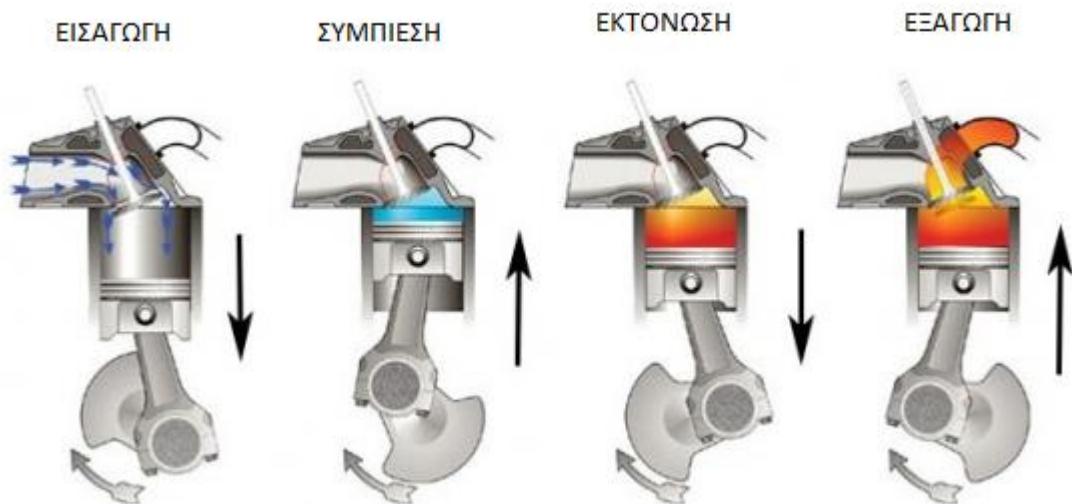
*(πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gottlieb\\_Barsanti](https://en.wikipedia.org/wiki/Gottlieb_Barsanti))*

## **1.2. Χρόνοι λειτουργίας μιας τετράχρονης ΜΕΚ**

Ο κύκλος λειτουργίας ενός τετράχρονου κινητήρα πραγματοποιείται σε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου (μεταξύ Α.Ν.Σ. και Κ.Ν.Σ.), δηλαδή δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα. Ο κινητήρας έχει τουλάχιστον δύο βαλβίδες, μιας εισαγωγής και μία εξαγωγής, οι οποίες είναι συγχρονισμένες με τον στρόφαλο από όπου και παίρνουν εντολή να ανοίξουν ή να κλείσουν.

- Εισαγωγή (Χρόνος 1<sup>ος</sup>): Ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής και καθώς το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ δημιουργεί μια διαφορά πίεσης μέσα στο χώρο του κυλίνδρου και το καύσιμο εισέρχεται στον κύλινδρο. Όταν το έμβολο φτάσει το ΚΝΣ κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής.
- Συμπύεση (Χρόνος 2<sup>ος</sup>): Το έμβολο από το ΚΝΣ αρχίζει να κινείται προς το ΑΝΣ, με τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής να είναι κλειστές, με αποτέλεσμα το καύσιμο να συμπιέζεται.
- Εκτόνωση (Χρόνος 3<sup>ος</sup>): Είναι η φάση παραγωγής έργου. Το μίγμα αναφλέγεται με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας μέσα στον κύλινδρο. Οι βαλβίδες συνεχίζουν να είναι κλειστές και τα αέρια που παράγονται εκτονώνονται και σπρώχνουν το έμβολο προς το ΚΝΣ.

- Εξαγωγή (Χρόνος  $4^{ος}$ ): Το έμβολο εξαιτίας της πίεσης αρχίζει να ανεβαίνει από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, με αποτέλεσμα να ωθεί τα αέρια που προκλήθηκαν εκτός του κυλίνδρου μέσω της βαλβίδας εξαγωγής (η βαλβίδα εισαγωγής είναι κλειστή). Φτάνοντας το έμβολο στο ΑΝΣ η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει.

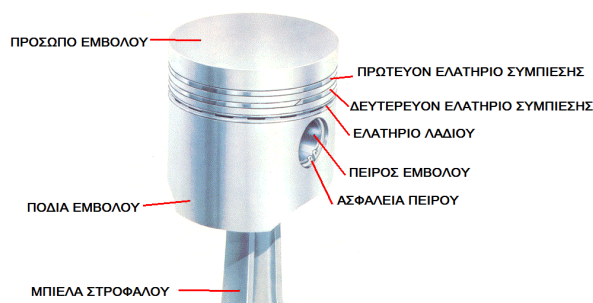


Εικόνα 3 Ο κύκλος του Otto( 4 χρόνοι ΜΕΚ)

### 1.3. Παραγωγή και μετατροπή κίνησης

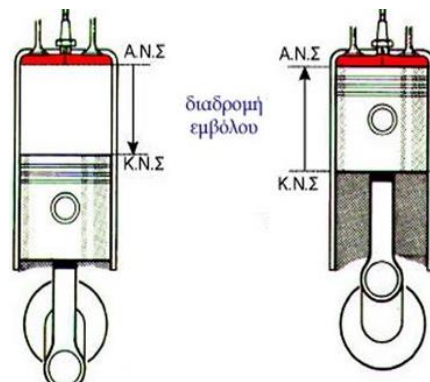
Το σύστημα το οποίο παράγει κίνηση και μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική αποτελείται από:

- το έμβολο (πιστόνι), το οποίο δέχεται ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ενέργειας, που παράγεται από την καύση καυσίμου, και την μετατρέπει σε κινητική. Εργάζεται κάτω από πού δύσκολες συνθήκες σε θερμοκρασίες που φτάνουν συνήθως από  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$  έως  $2500^{\circ}\text{C}$  και δέχεται μεγάλες καταπονήσεις.



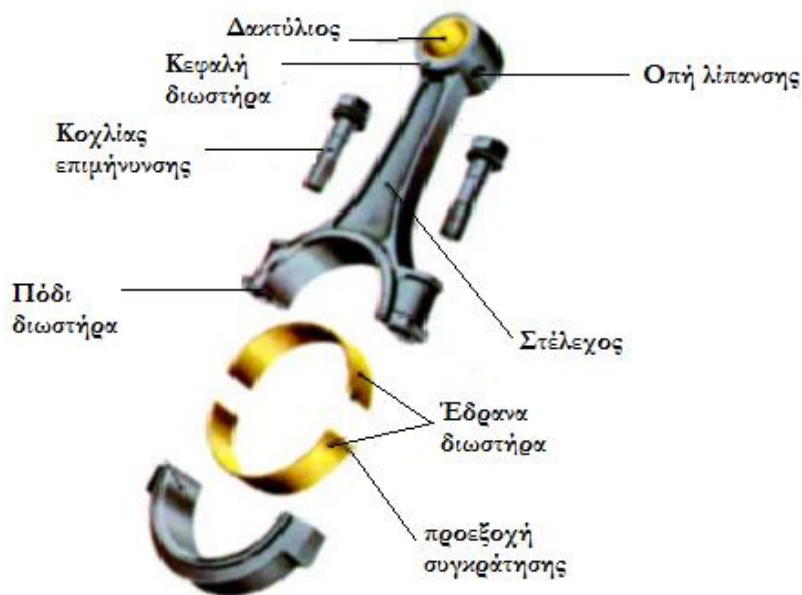
Εικόνα 4 Μέρη εμβόλου

(Πηγή: <https://valadis-kotorlos.blogspot.com/2016/09/blog-post.html>)



Εικόνα 5 Κίνηση εμβόλου

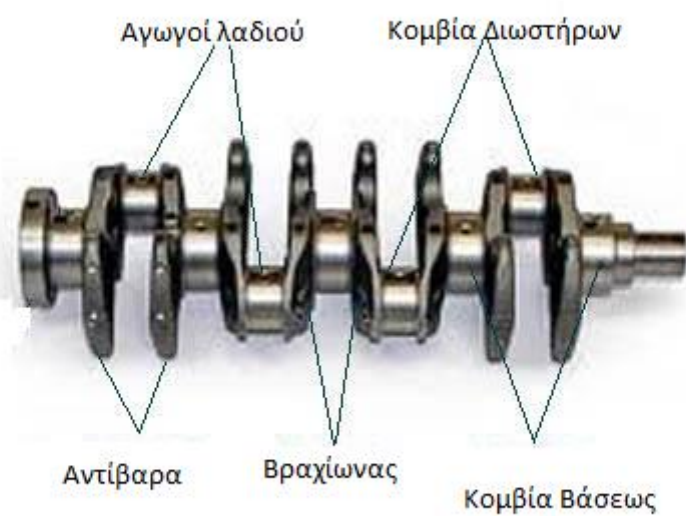
- τον διωστήρα (μπιέλα). Προορισμός του είναι η μεταφορά της κίνησης από το έμβολο στον στροφαλοφόρο άξονα και η μεταφορά από τον στροφαλοφόρο άξονα της δύναμης που απαιτείται στο έμβολο κατά την φάση της συμπίεσης και της εξαγωγής.



Εικόνα 6 Μέρη ενός διωστήρα

(Πηγή: Εργαστήριο εμβολοφόρων Μηχανών Ι, ΤΕΙ Χαλκίδας, pdf)

- τον στροφαλοφόρο άξονα: Σκοπός του είναι η μετατροπή της παλινδρομικής κίνησης σε περιστροφική. Τα κύρια μέρη του είναι:
  - Κομβία βάσης
  - Κομβία διωστήρων
  - Βραχίονες
  - Αγωγοί λαδιού
  - Αντίβαρα



*Εικόνα 7 Εξαρτήματα ενός στροφαλοφόρου άξονα*

Τα έμβολα παράγουν την κίνηση που με την βοήθεια των διωστήρων μεταφέρεται στον στροφαλοφόρο άξονα.





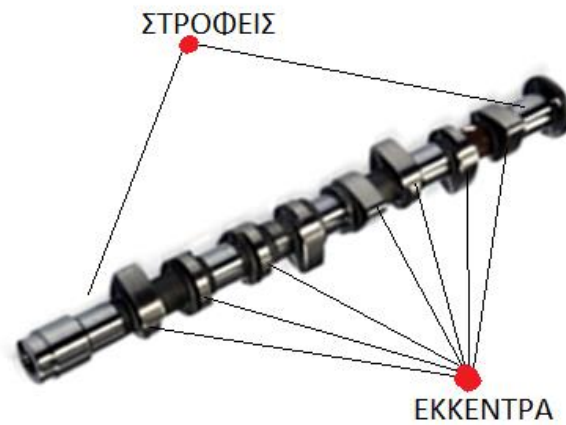
*Εικόνα 8 Έμβολο – Διωστήρας – Στροφαλοφόρος*

*(Πηγή: <http://caffeineabuse.blogspot.com/2010/05/rigging-piston-engine.html>)*

#### **1.4. Σύστημα διανομής αέρα**

Στις ΜΕΚ το εργαζόμενο μέσο είναι ο αέρας (με το καύσιμο), με εξαίρεση τους πυραυλοκινητήρες όπου το εργαζόμενο μέσο είναι οι προωθητικές ουσίες. Σε όλες τις ΜΕΚ το εργαζόμενο μέσο (αέρας ή αέρας και καύσιμο) αναρροφάται από τη μηχανή και συμπιέζεται πρώτα μέχρι μιας ορισμένης πίεσεως, οπότε αυξάνεται και η θερμοκρασία του, στη συνέχεια δε προσδίδεται σε αυτό η θερμική ενέργεια που προέρχεται από την καύση του καυσίμου, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του, της πίεσεως ή και του όγκου του. Κατά την αποτόνωση που ακολουθεί παρέχεται, κατά κύριο λόγο το κινητήριο έργο, ένα τμήμα του οποίου καταναλώνεται για τις ανάγκες της συμπίεσης που προηγήθηκε, ενώ το υπόλοιπο αποτελεί το ωφέλιμο έργο της μηχανής. Τα βασικά μέρη του συστήματος είναι:

- Εκκεντροφόρος άξονας: Είναι μια μεταλλική ράβδος, η οποία φέρει λοβούς (έκκεντρα) και ο αριθμός τους είναι ίδιος με τον αριθμό των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής. Σκοπός του είναι να «ανοίγει» τις βαλβίδες την κατάλληλη στιγμή



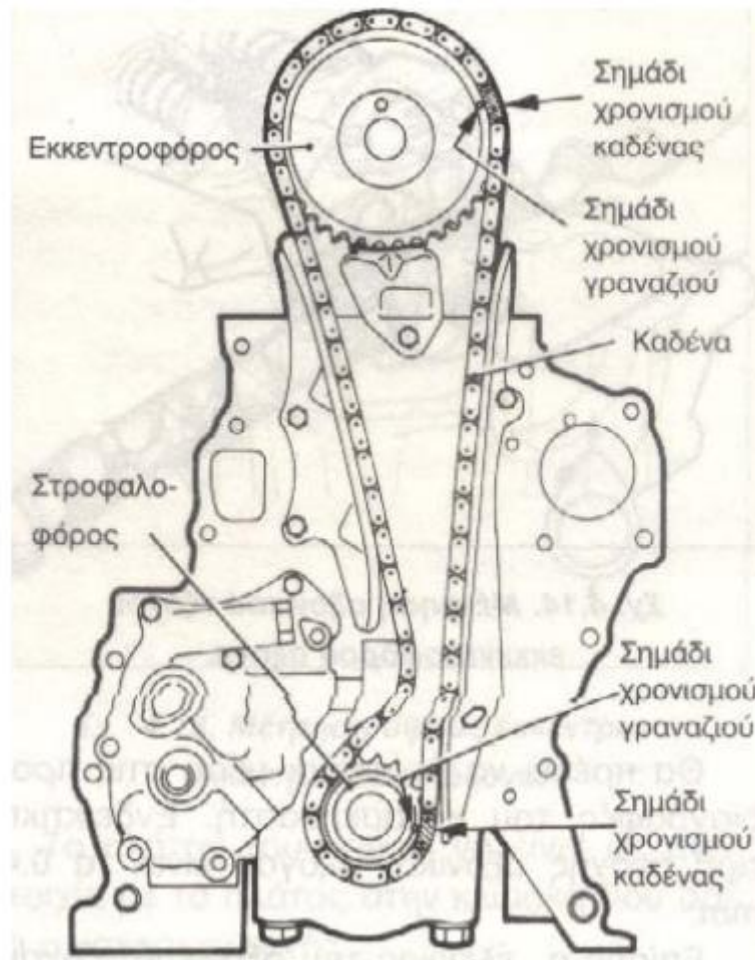
Εικόνα 9 Ανατομία εκκεντροφόρου άξονα

- Βαλβίδες: Σκοπός τους είναι να ανοίγουν και να κλείνουν την κατάλληλη στιγμή, ώστε να πραγματοποιούνται οι τέσσερις χρόνοι λειτουργίας για τετράχρονους πάντα κινητήρες.



Εικόνα 10 Μέρη βαλβίδας

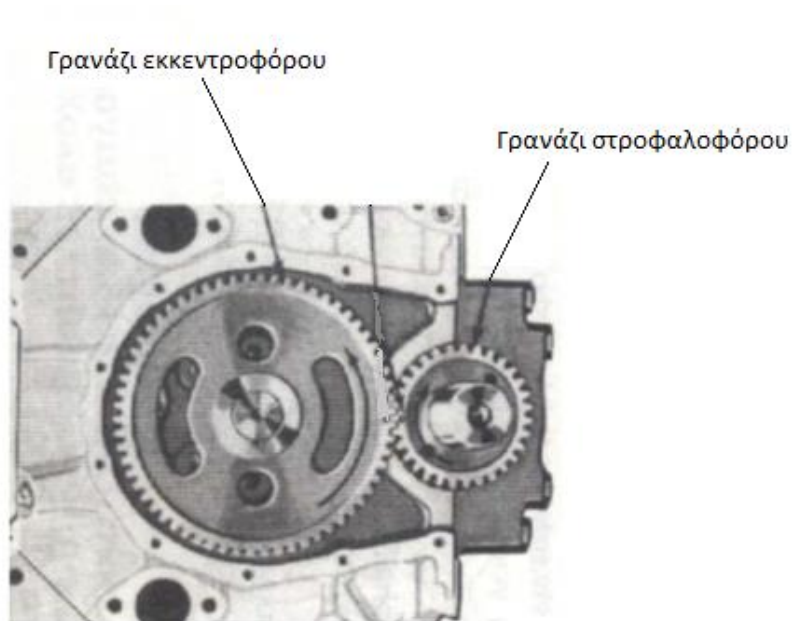
- Μηχανισμοί κίνησης του εκκεντροφόρου. Η κίνηση στον εκκεντροφόρο άξονα μεταδίδεται από τον στροφαλοφόρο άξονα, με 2:1 για τους τετράχρονους κινητήρες (2 στροφές στροφαλοφόρος, 1 στροφή εκκεντροφόρος). Οι τρόποι μετάδοσης από τον έναν άξονα στον άλλο είναι τρεις:
  - Μετάδοση με αλυσίδα (ο εκκεντροφόρος βρίσκεται είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής. Υψηλό κόστος κατασκευής)



(Πηγή:

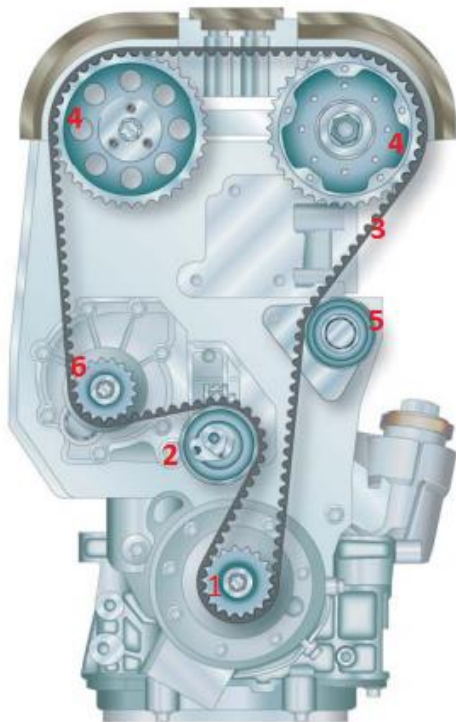
<https://eclass.gunet.gr/modules/document/file.php/LABGU291/%CE%95%CE%9A%CE%9A%CE%95%CE%9D%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%9F%CE%A1%CE%9F%CE%99.pdf>)

- ο Μετάδοση με γρανάζια (ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος στα πλάγια του κινητήρα. Υψηλό κόστος κατασκευής)



(Πηγή: <https://slideplayer.gr/slide/11759462/>)

- ο Μετάδοση με ιμάντα (ο εκκεντροφόρος βρίσκεται είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής. Χαμηλό κόστος κατασκευής)



1. Γρανάζι στροφαλοφόρου άξονα
2. Τεντωτήρας ιμάντα
3. Οδοντωτός ιμάντας
4. Γρανάζι εκκεντροφόρου
5. Τροχαλία παρέκκλισης
6. Αντλία νερού

(Πηγή:

<https://eclass.gunet.gr/modules/document/file.php/LABGU291/%CE%95%CE%9A%CE%9A%CE%95%CE%9D%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%9F%CE%A1%CE%9F%CE%99.pdf>)

Τα έκκεντρα που διαθέτει ο εκκεντροφόρος θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρουν στην βαλβίδα μεγαλύτερο βύθισμα αλλά και διάρκεια. Το αποτέλεσμα είναι η σημαντική βελτίωση της εισαγωγής και της εξαγωγής του κινητήρα. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει φυσικά ο χρονισμός των εκκεντροφόρων.

## 2. Χρονισμός

Ως χρονισμός ορίζεται η δυνατότητα συντονισμού της κίνησης του εμβόλου με την κίνηση των βαλβίδων. Ουσιαστικά απαιτείται ο συντονισμός του στροφαλοφόρου άξονα και του εκκεντροφόρου άξονα ώστε το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων να γίνεται στη σωστή χρονική στιγμή και η διάρκεια τους να είναι επαρκής.

Αναφέροντας την έννοια Σύστημα Χρονισμού ορίζεται ένα σύνολο λειτουργιών κάποιων στοιχείων του κινητήρα αποσκοπώντας στην αποδοτικότερη και οικονομικότερη λειτουργία του, όπως την ομοιόμορφη κατανομή των περιόδων καύσης, στην αύξηση της ισχύος, τη μείωση των κραδασμών και του θορύβου και άλλα.

Στους κινητήρες τεσσάρων χρόνων η διαδικασία αυτή δεν είναι εύκολη εξαιτίας του εσωτερικού χρονισμού, δηλαδή την ρύθμιση της κίνησης του στροφαλοφόρου άξονα. Στους κινητήρες δύο χρόνων το μόνο που απαιτείται είναι ο καθορισμός της σειράς καύσης με βάση τη γωνία των στροφάλων.

### 2.1. Είδη συστημάτων χρονισμού

Συστήματα μετάδοσης κίνησης στις βαλβίδων (χρονισμού) υπάρχουν σε διάφορες παραλλαγές Σ' όλες η μετάδοση κίνησης γίνεται μέσω του εκκεντροφόρου άξονα.

Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης των βαλβίδων διακρίνονται σύμφωνα με:

- το πλήθος των βαλβίδων που ενεργοποιούν
  - το πλήθος και τη θέση των εκκεντροφόρων αξόνων μέσω των οποίων κινούνται
1. Ανάλογα με τη διάταξη των βαλβίδων
    - **Κινητήρες ελεγχόμενοι από πάνω.**
    - **Κινητήρες ελεγχόμενοι από κάτω**
  2. Ανάλογα με τη διάταξη του εκκεντροφόρου άξονα

- **OverHead Valves:** Οι βαλβίδες είναι κρεμμαστές και βρίσκονται στην κυλινδροκεφαλή. Ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος στον κορμό του κινητήρα.

Τα εξαρτήματα του κινητήρα που συμμετέχουν σε αυτή τη διάταξη συμβατικού χρονισμού είναι :

- Στροφαλοφόρος άξονας
- Πληκτροφορέας
- Πλήκτρα
- Ελατήρια
- Βαλβίδες
- Μετάδοση κίνησης
- Εκκεντροφόρος Άξονας
- Ωστήρια
- Ωστικές ράβδοι

Ανάλογα με τη θέση του εκκεντροφόρου άξονα ως προς τον κινητήρα, ποικίλουν τα εξαρτήματα και ο τρόπος συνεργασίας τους για να ολοκληρωθεί ο εσωτερικός χρονισμός.

Ο μεταβλητός χρονισμός των βαλβίδων είναι μια μεγάλη πρόοδος εφόσον γνωρίζουμε τον τρόπο λειτουργίας του.

- **OverHead Camshaft:** Ο εκκεντροφόρος βρίσκεται στο πάνω μέρος της κεφαλής. Τα εξαρτήματα σε αυτού του είδους τη διατάξη του συστήματος εσωτερικού χρονισμού είναι:
  - Στροφαλοφόρος
  - Μετάδοση κίνησης
  - Εκκεντροφόρος
  - Ζύγωθρα
  - Άξονας ζυγώθρων
  - Ελατήρια
  - Βαλβίδες

- **Double OverHead Camshaft:** Στη διάταξη αυτή υπάρχουν δύο εκκεντροφόροι, στο πάνω μέρος της κεφαλής και τα εξαρτήματά της συγκεκριμένης διάταξης είναι:
  - Στροφαλοφόρος
  - Μετάδοση κίνησης
  - Εκκεντροφόρος
  - Ελατήρια
  - Βαλβίδες
- **Camshaft in Head:** Ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος μέσα στον κύλινδρο



### 3. Μεταβλητός χρονισμός

Ο όρος Μεταβλητός Χρονισμός Βαλβίδας (Variable Valve Timing) αναφέρεται στους τρόπους που επιτρέπουν την αλλαγή της προώθησης, της επικάλυψης ακόμη και της διάρκειας και της ανύψωσης των τεσσάρων διαφορικών βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής του κινητήρα εσωτερικής καύσης, ενώ ο κινητήρας λειτουργεί.

Ένας σημαντικός στόχος των κατασκευαστών κινητήρων είναι να ελαχιστοποιήσουν την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων από τους κινητήρες καθώς και να βελτιώσουν την ισχύ και λειτουργία του κινητήρα όχι όμως εις βάρος της κατανάλωσης καυσίμου. Ένα από τα κλασικά προβλήματα αντιφάσεων που αντιμετώπιζαν και εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν οι σχεδιαστές κινητήρων αυτοκινήτων, είναι το πρόβλημα της ρύθμισης των βαλβίδων (και πιο συγκεκριμένα του χρονισμού τους) για βέλτιστη απόδοση του κινητήρα. Άλλη ρύθμιση χρειάζεται στις χαμηλές στροφές και άλλη στις υψηλές.

Μια λύση είναι η ανεξάρτητη ενεργοποίηση των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής σε οποιαδήποτε θέση του εμβόλου. , δηλαδή το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής νωρίτερα και το κλείσιμο των βαλβίδων εξαγωγής αργότερα. Κατά συνέπεια , οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής παραμένουν ανοιχτές την ίδια χρονική στιγμή για κάποιο συγκεκριμένο χρόνο. Αυτή η λειτουργία είναι γνωστή σαν επικάλυψη των βαλβίδων. Ο χρονισμός της βαλβίδας εισόδου είναι η πιο σημαντική παράμετρος για τη βελτιστοποίηση της ογκομετρικής απόδοσης του κινητήρα, ενώ ο χρονισμός της βαλβίδας εξαγωγής ελέγχει τη μείωση των απωλειών άντλησης.

Με την αύξηση του αριθμού των βαλβίδων οι κατασκευαστές βελτίωσαν τους κινητήρες ως προς την καλύτερη πλήρωση των κυλίνδρων με καύσιμο μίγμα, ενώ με τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων βελτίωσαν το πρόβλημα ρύθμισης της γωνίας ανοίγματος - κλεισίματος των βαλβίδων. Ανάλογα με την χρήση του αυτοκινήτου οι κατασκευαστές φρόντισαν

αντίστοιχα για τον σχεδιασμό του εκκεντροφόρου. Σε κινητήρες αυτοκινήτων με ζητούμενο τη μέγιστη απόδοση και μείωση των εκπομπών στις υψηλές στροφές χρησιμοποιήθηκαν εκκεντροφόροι με μεγαλύτερη διάρκεια (σε μοίρες) ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων εισαγωγής ή εξαγωγής, με μεγαλύτερο βύθισμα (σε χιλιοστά) των βαλβίδων και μεγαλύτερη επικάλυψη των γωνιών ανοίγματος - κλεισίματος των αντίστοιχων βαλβίδων εισαγωγής - εξαγωγής. Με τον τρόπο αυτό ο κινητήρας στις υψηλές στροφές έχει ταχύτερη και περισσότερη εισαγωγή μίγματος ανά κύλινδρο και αντίστοιχα ταχύτερη εξαγωγή των καυσαερίων. Ένα μικρό ποσοστό μίγματος που αναμιγνύεται με τα καυσαέρια στο μεγαλύτερο σχετικά χρόνο επικάλυψης των βαλβίδων δεν επηρεάζει τη λειτουργία, αλλά αντίθετα αποτελεί ένα φυσικό σύστημα επανακυκλοφορίας των προϊόντων της καύσης που βελτιώνει την οικονομία και μειώνει τους ρύπους. Όμως τα πλεονεκτήματα αυτά ενός τέτοιου εκκεντροφόρου, όταν το αυτοκίνητο εργάζεται στις χαμηλές στροφές, γίνονται μειονεκτήματα. Υπάρχει απώλεια μίγματος και συμπίεσης κατά τη διάρκεια επικάλυψης των βαλβίδων, αυξημένη εκπομπή ρύπων, κατανάλωση καυσίμου και μειωμένη απόδοση του κινητήρα. Για τα συμβατικά αυτοκίνητα οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν μία μέση λύση εκκεντροφόρου, ώστε ο κινητήρας να εργάζεται ικανοποιητικά τόσο στις χαμηλές όσο και στις υψηλές στροφές. Σε εξελιγμένα μοντέλα αυτοκινήτων οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν σήμερα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα μεταβλητού χρονισμού. όπως η BMW και η Honda

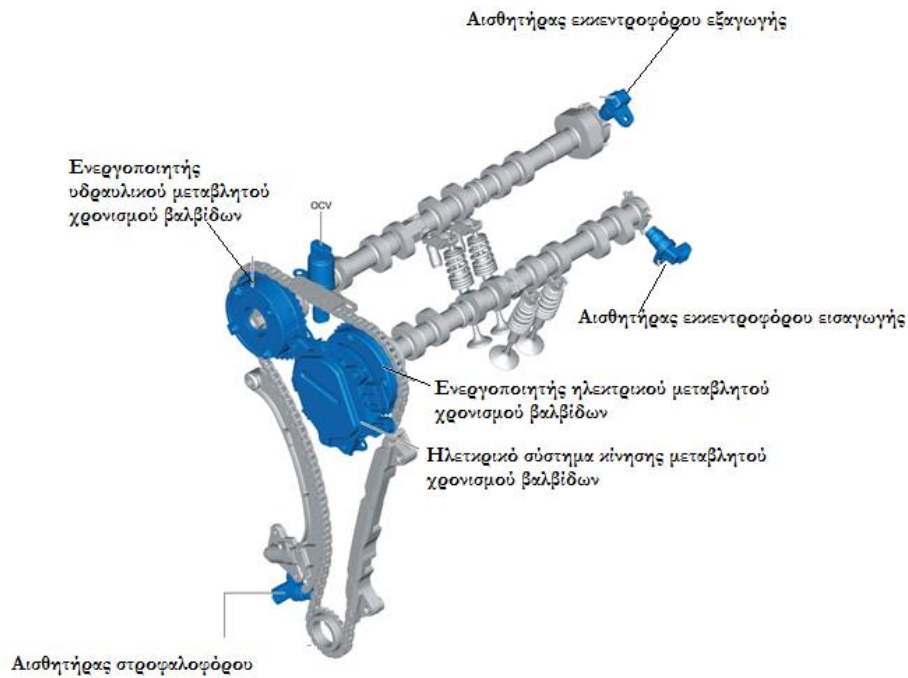
Τα πλεονεκτήματα του Μεταβλητού Χρονισμού είναι:

1. Βελτιώσεις στη ροπή
2. Ήρεμη λειτουργία του κινητήρα στις χαμηλές στροφές
3. Χαμηλή παραγωγή ρύπων
4. Οικονομία καύσιμης ύλης

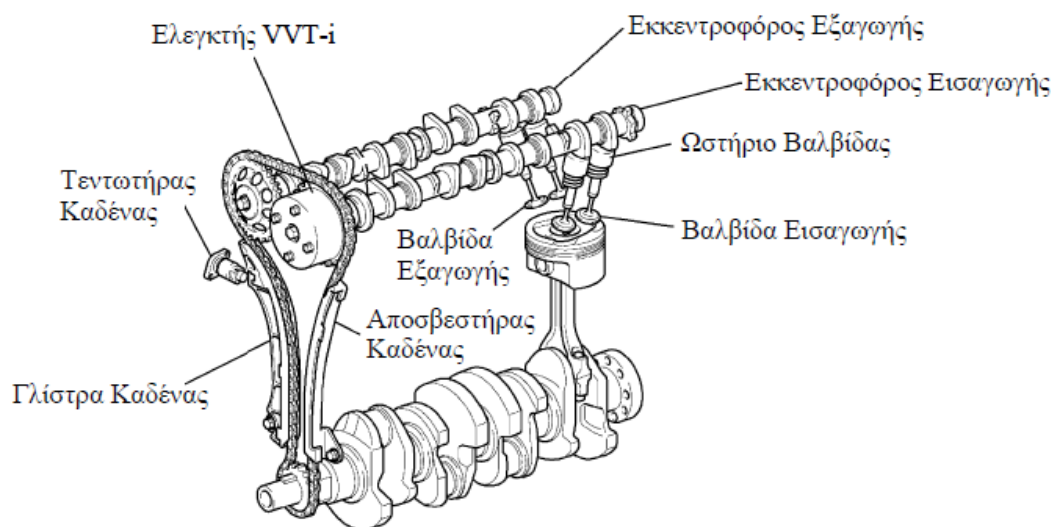
### **3.1. Λειτουργία VVT**

Το σύστημα Μεταβλητού Χρονισμού Βαλβίδας περιλαμβάνει

- Την Ηλεκτρονική μονάδα που ελέγχει την τροφοδοσία, την ανάφλεξη και την υπερσυμπίεση του κινητήρα (ECM)
- Τη βαλβίδα ελέγχου λαδιού (OCV)
- Τον ελεγκτή μεταβλητού χρονισμού (VVT –i controller)



Εικόνα 11 Σύστημα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων I



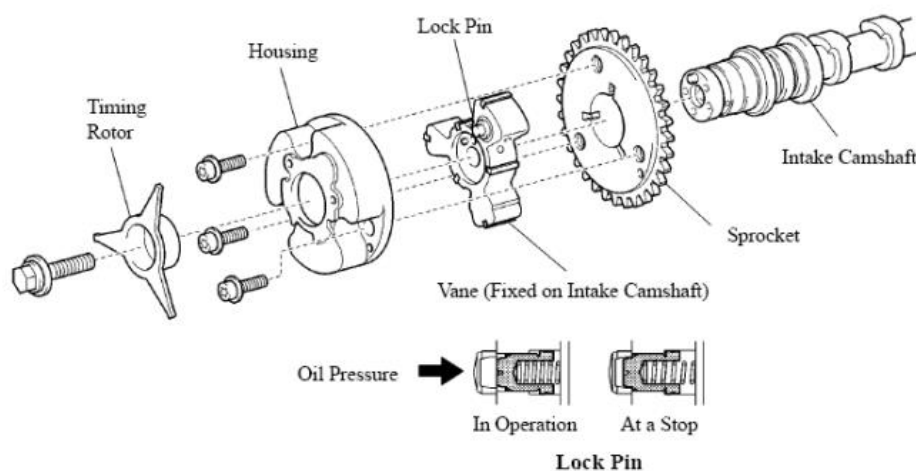
Εικόνα 12 Σύστημα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων II

(Πηγή: <http://www.billzilla.org/vvtitec3.htm>)

Η ECM αποστέλλει σήμα ελέγχου κύκλου λειτουργίας στη βαλβίδα ελέγχου λαδιού. Αυτό το σήμα ρυθμίζει την πίεση λαδιού που παρέχεται στον ελεγκτή χρονισμού μεταβλητής βαλβίδας. Ο έλεγχος χρονισμού του εκκεντροφόρου εκτελείται σύμφωνα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, όπως ο όγκος αέρα εισαγωγής, η θέση της βαλβίδας πεταλούδας και η θερμοκρασία του ψυκτικού κινητήρα. Η ECM ελέγχει τον OCV, με βάση τα σήματα που μεταδίδονται από διάφορους αισθητήρες. Ο VVT controller ρυθμίζει τη γωνία εκκεντροφόρου εισαγωγής χρησιμοποιώντας την πίεση λαδιού μέσω της βαλβίδας ελέγχου λαδιού. Ως αποτέλεσμα, οι σχετικές θέσεις του εκκεντροφόρου και του στροφαλοφόρου άξονα βελτιστοποιούνται, η ροπή του κινητήρα και η οικονομία καυσίμου βελτιώνονται και οι εκπομπές καυσαερίων μειώνονται κάτω από τις συνολικές συνθήκες οδήγησης. Η μονάδα ελέγχου κινητήρα ανιχνεύει το πραγματικό χρονισμό της βαλβίδας εισαγωγής χρησιμοποιώντας σήματα από τους αισθητήρες θέσης εκκεντροφόρου και στροφαλοφόρου άξονα και εκτελεί έλεγχο ανάδρασης. Με τον τρόπο αυτό επαληθεύεται ο χρονισμός της βαλβίδας εισαγωγής στόχου από τη μονάδα ελέγχου κινητήρα

### **3.2. VVT-i Controller**

Η πίεση λαδιού διέρχεται στον εκκεντροφόρο εισαγωγής μέσω μιας διαδρομής προπορίας ή βραδυπορίας και προκαλεί περιστροφή στο μεταβλητό



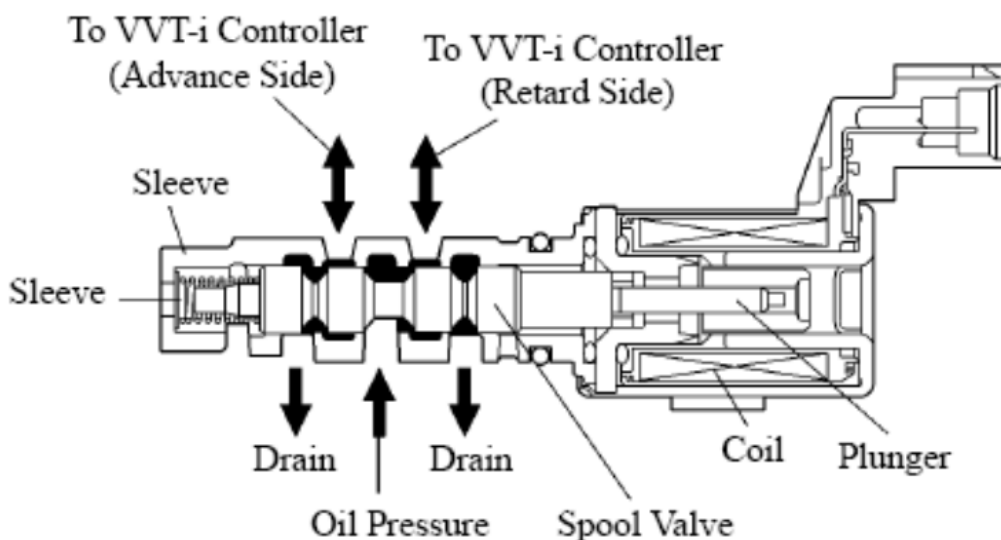
Εικόνα 13 Τμήματα VVT-i controller

(Πηγή: <http://www.billzilla.org/vvtvttec3.htm>)

### 3.3. Βαλβίδα ελέγχου πίεσης λαδιού

Όταν δεν εφαρμόζεται υδραυλική πίεση στο VVT-i μόλις ξεκινήσει ο κινητήρας, ο οδηγός σύμπλεξης συμπλέκει την κίνηση του ελεγκτή για να εμποδίσει το θόρυβο. Ο OCV ελέγχει τη θέση της βαλβίδας σε σχέση με τον κύκλο λειτουργίας του κινητήρα ο οποίος με τη σειρά του ελέγχεται από την ECU. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπεται στην υδραυλική πίεση να ρυθμίζει το βύθισμα των βαλβίδων όταν απαιτείται.

Τα πλεονεκτήματα είναι η βελτιωμένη ροπή, η εξοικονόμηση καυσίμου και η μειωμένη εκπομπή ρύπων.



Εικόνα 14 Βαλβίδα ελέγχου λαδιού (OCV)

( Πηγή: <https://www.faiauto.com/parts/oil-control-valves/>)

### 3.4. Κατασκευαστικές λύσεις Μεταβλητού Χρονισμού

Σύστημα Μεταβλητού Χρονισμού για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε σε μοντέλο της Alfa Romeo. Έπειτα όλες οι αυτοβιομηχανίες δημιούργησαν ένα δικό τους μοντέλο μεταβλητού χρονισμού ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες λειτουργίας. Όπως είναι λογικό όσο αυξάνονται οι στροφές ενός κινητήρα τόσο η διάρκεια μεταξύ των χρόνων μικραίνει με αποτέλεσμα να μπαίνει όλο και λιγότερο αέρας στον κύλινδρο και να ξεμένουν περισσότερα καυσαέρια. Μία λύση είναι το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής και το πρόωρο κλείσιμο των βαλβίδων εξαγωγής (επικάλυψη βαλβίδων – overlap). Ωστόσο δεν μπορούν να υπάρξουν οι ίδιοι βαθμοί επικάλυψης στο ίδιο φάσμα στροφών επομένως απαιτείται η μεταβολή του ανοίγματος και του κλεισίματος των βαλβίδων καθώς και η αύξηση ή η μείωση της επικάλυψης. Παρακάτω θα γίνει μια αναφορά στα πιο διαδεδομένα συστήματα μεταβλητού χρονισμού τα οποία προσπάθησαν και κατάφεραν να λύσουν κάποιο ή κάποια από τα παραπάνω προβλήματα.

- Σύστημα γωνιακής μετατόπισης του εκκεντροφόρου εισαγωγής : σύστημα ρυθμιζόμενου τεντωτήρα αλυσίδας ( Vario Cam )

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

- Σύστημα γωνιακής μετατόπισης του εκκεντροφόρου εισαγωγής: σύστημα μεταβολής προπορείας εκκεντροφόρου ( Vanos )

Το VANOS της BMW πρωτοπαρουσιάστηκε το 1992 με έναν εκκεντροφόρο εισαγωγής, ενώ το διπλό και εξελιγμένο -σε λειτουργία- σύστημα εμφανίστηκε στην παραγωγή το 1997. Χρησιμοποιεί μια μαγνητική βαλβίδα που ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα μεταβάλλει την πίεση του λαδιού και μετατοπίζει ένα υδραυλικό έμβολο. Κατά τη διάρκεια των χαμηλών στροφών του κινητήρα, ο εκκεντροφόρος άξονας μετακινείται, ώστε να ανοίγουν αργότερα οι βαλβίδες εισαγωγής, για καλύτερο ρελαντί και ομαλή πρόοδο στο δρόμο. Με την άνοδο των στροφών, επιταχύνεται το άνοιγμα των βαλβίδων αυξάνοντας τη ροπή και μειώνοντας την κατανάλωση και τους ρύπους. Στις μεγάλες στροφές και έχοντας φορτίο, οι βαλβίδες αργοπορούν πάλι ώστε να γίνει εκμετάλλευση των φαινομένων αδράνειας.

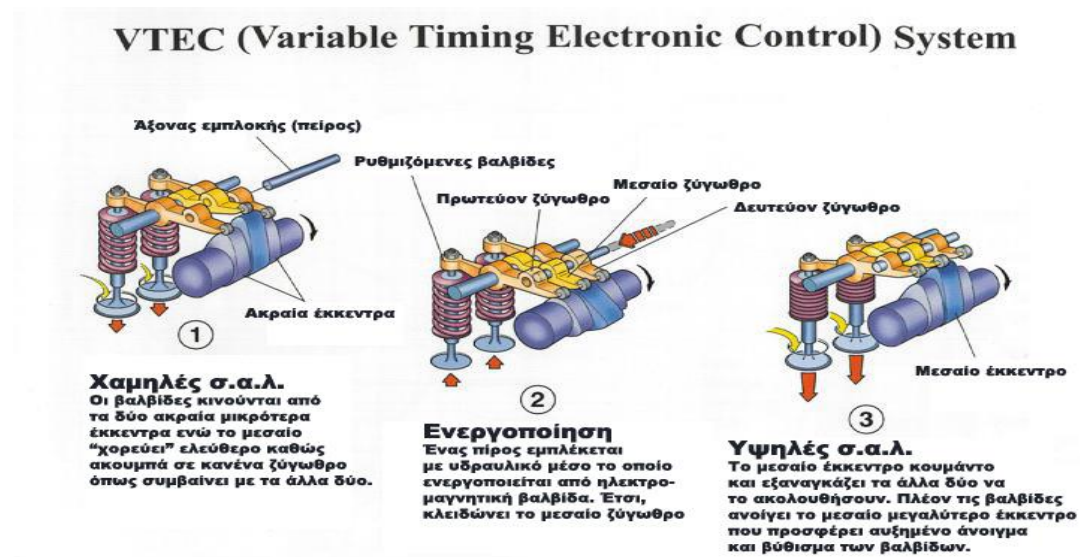
- Σύστημα μεταβολής της κίνησης των βαλβίδων ( V-TEC Honda )

Το 1983 πρωτοεμφανίστηκε από τη Honda και εφαρμόστηκε σε δίκυκλα, ένα σύστημα βαλβίδων που σκοπό είχε τη λύση του προβλήματος της απόδοσης στις χαμηλές στροφές. Αργότερα, και εξελίσσοντας το συγκεκριμένο μηχανισμό, εφάρμοσε στα μοντέλα της ένα σχετικά απλό σύστημα μεταβλητού χρονισμού και μεταβλητής βύθισης των βαλβίδων. Το αποτέλεσμα είναι μία θεαματική αύξηση της μέγιστης ιπποδύναμης και ροπής. Θέλοντας οι κατασκευαστές:

- Να βελτιώσουν την εισαγωγή μίγματος αέρα – βενζίνης
- Να προκαλέσουν ομοιογενή καύση, με τη μείωση του χρόνου ανάφλεξης

- Να μειώσουν τις μηχανικές τριβές που προκαλούν τα κινητά μέρη του κινητήρα
- Να βελτιώσουν την απόδοση του κινητήρα στις χαμηλές στροφές

επικεντρώθηκαν σε ένα μηχανισμό, που αργότερα μεταβλήθηκε σε ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα βύθισης και χρονισμού των βαλβίδων, που κάνει χρήση ενός μικρού υδραυλικού εμβόλου (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα). Το σύστημα αυτό επιτυγχάνει σύμπλεξη ενός μεσαίου ζυγώθρου που ενεργοποιείται από ένα ειδικό έκκεντρο (με άγριο προφίλ) που ανοίγει τις βαλβίδες για μεγαλύτερη διάρκεια και μεγαλύτερο βύθισμα. Το έκκεντρο έχει μεγαλύτερο ύψος για μεγαλύτερο βύθισμα της βαλβίδας και άλλη γωνία λειτουργία για μεγαλύτερη διάρκεια ανοίγματος της βαλβίδας.



Εικόνα 15 VTEC Σύστημα

(Πηγή:

<https://www.caroto.gr/2009/04/20/vvt->

[%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%8D-%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D/](https://www.caroto.gr/2009/04/20/vvt-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%8D-%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D/))

- Σύστημα με συνεχή μεταβολή χρονισμού( κωνικά έκκεντρα – αξονική μετακίνηση )



Σε αυτό το σύστημα ο χρονισμός των βαλβίδων πραγματοποιείται με εκκεντροφόρους οι οποίοι έχουν κωνικά έκκεντρα και αξονική μετακίνησή τους. Το δεύτερο χρησιμεύει στη μεταβολή του βυθίσματος και τον χρονισμό των βαλβίδων.

- Ηλεκτρομαγνητική κίνηση των βαλβίδων

Είναι η μία μέθοδος την οποία παρουσίασε η Renault. Πρόκειται για έναν κινητήρα χωρίς εκκεντροφόρο άξονα όπου χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικά στοιχεία σε συνδυασμό με ελατήρια για το άνοιγμα των βαλβίδων. Η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ρυθμίζει το χρονισμό των βαλβίδων ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα και άλλες παραμέτρους αυξάνοντας τη ροπή του στις χαμηλές στροφές. Με την τεχνολογία αυτή έχουν καταφέρει να απαιτείται λιγότερη ισχύ για την κίνηση των βαλβίδων, να μην είναι απαραίτητα πλέον οι εκκεντροφόροι άξονες και τα γρανάζια χρονισμού και να πετυχαίνουν μέγιστη ακρίβεια στην επικάλυψη του ανοίγματος των βαλβίδων ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα.

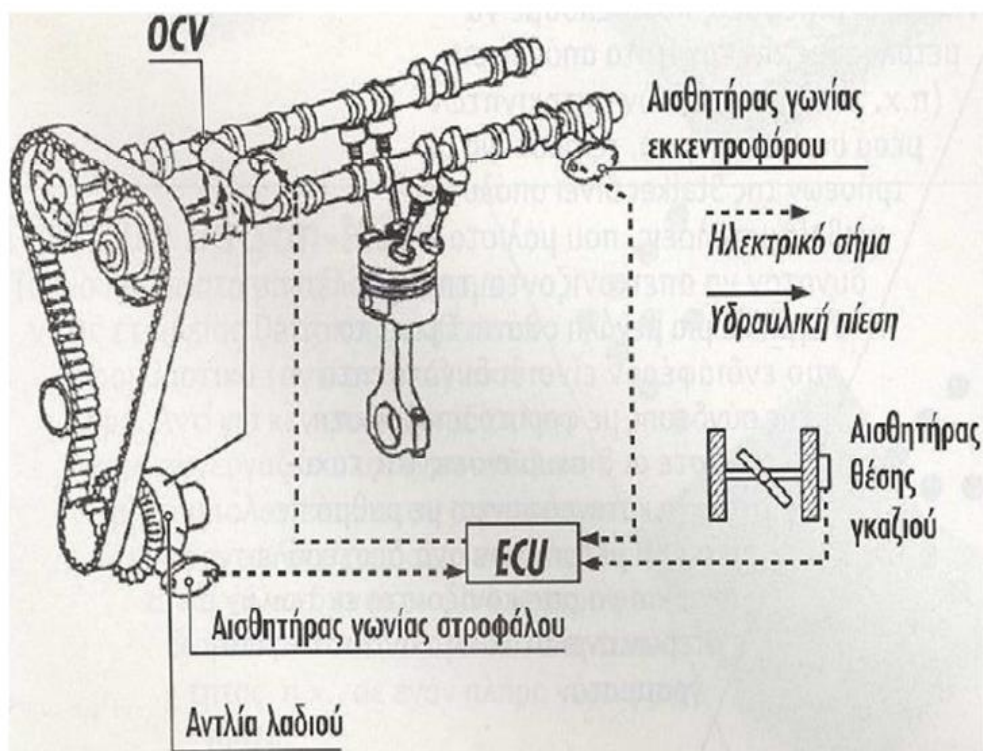
- Υδραυλική κίνηση των βαλβίδων

Ένα υδραυλικό έμβολο ρυθμίζει τη μεταβολή του χρονισμού των βαλβίδων, όπου με τα κατάλληλα ρυθμιστικά στοιχεία μπορεί να ενεργοποιηθεί από τον εγκέφαλο μέσω μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Η πρώτη χρήση αυτής της τεχνολογίας πραγματοποιήθηκε σε δίκυκλα οχήματα και τα πλεονεκτήματά της συνίστανται στην επικάλυψη των βαλβίδων, το βύθισμά τους καθώς και στην ταχύτητα ανοίγματός τους.

- VVT-i (Variable Valve Timing with intelligence)

Η συγκεκριμένη τεχνολογία ανήκει στην TOYOTA η οποία ονόμασε «έξυπνο» το μεταβλητό χρονισμό των βαλβίδων κάνοντας εντύπωση. Ένα εξελιγμένο πρόγραμμα διαχείρισης μεταβάλλει τον χρονισμό των βαλβίδων ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα, συνυπολογίζοντας και άλλες παραμέτρους όπως την επιτάχυνση ή την κλίση του δρόμου. Υπάρχουν αισθητήρες συνδεδεμένοι στην κεντρική ηλεκτρονική μονάδα (ECU) οι οποίοι καταγράφουν τη θέση του

γκαζιού και τις στροφές του κινητήρα. Με βάση τα δεδομένα της η ECU καθορίζει τον χρονισμό των βαλβίδων και περιστρέφει υδραυλικά τον εκκεντροφόρο εισαγωγής και προπορεία ή καθυστέρηση του ανοίγματος βαλβίδων.



Εικόνα 16 Σύστημα VVT- i

(Πηγή: <https://www.shoarmateam.nl/content/2jz-gte-vvti-information/>)

Εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής αποτελεί το VVTL-i από τον ίδιο κατασκευαστή η οποία η λειτουργία της στηρίζεται στο συνεχόμενο μεταβλητό χρονισμό, μεταβλητή ρύθμιση σε δύο στάδια, μαζί με τη μεταβλητή διάρκεια βύθισης των βαλβίδων, ενώ είναι τοποθετημένο στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής.

## 4. Βυθισμένες μεταβολές

### 4.1. Συστήματα Valvetronic

Καθώς συνεχίζεται η προσπάθεια να αυξηθεί η ογκομετρική απόδοση και να μειωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι των αυτοκινήτων, η BMW παρουσίασε το το Valvetronic και το Valvematic η Toyota, Valvelift η Audi κλπ.

Η καινοτομία του συστήματος της BMW είναι η κατάργηση της πεταλούδας από το σύστημα γκαζιού. Στην ουσία πρόκειται για ένα σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων εισαγωγής με μεταβλητή διάρκεια και βύθισμα. Θεωρείται εξέλιξη του συστήματος Vanos. Αυτό που κατάφεραν οι μηχανικοί της συγκεκριμένης εταιρίας είναι να αντικαταστήσουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η πεταλούδα εξαλείφοντας το βασικό της μειονέκτημα (απώλεια ισχύος και αύξηση ρύπων). Η αντικατάσταση αυτή δεν θα ήταν εφικτή, αν δεν είχε βρεθεί ο τρόπος ώστε να μεταβάλλεται συνεχώς η ρύθμιση του χρονισμού και του ανοίγματος των βαλβίδων εισαγωγής του κινητήρα. Αυτό κατέστη δυνατό με την προσθήκη της μεταβολής του βυθίσματος της βαλβίδας που ρυθμίζει ανάλογα την ενεργή κίνηση του εκκεντροφόρου και στη διάρκεια του ανοίγματος αλλά και στο βύθισμα, σε συνάρτηση με τις συνθήκες.

Συγκεντρωτικά λοιπόν αναφέρουμε ότι:

- Μεταβάλλει το χρονικό διάστημα που μένουν ανοιχτές οι βαλβίδες άλλα και το βύθισμά τους
- Ο χρονισμός και το βύθισμα μεταβάλλονται σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα
- Δεν έχει πεταλούδα
- Δεν υπήρχε δυνατότητα περαιτέρω μείωσης της κατανάλωσης ( 10% χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου σε σύγκριση με πετρελαιοκινητήρα)
- Δεν επηρεάζεται από την ποιότητα του καυσίμου ( υπερέρχει των συστημάτων άμεσου ψεκασμού βενζίνης)
- δεν χρειάζεται υψηλές πιέσεις για τον ψεκασμό

## **4.2. Σύστημα Multiair**

Η Fiat παρουσίασε μία νέα τεχνολογία χρονισμού των βαλβίδων στη Γευνεύη το 2009. Πρόκειται για μια τεχνολογία άμεσου ψεκασμού και ουσιαστικά καταργεί τον εκκεντροφόρο που ρυθμίζει τις βαλβίδες εισαγωγής και τις ελέγχει με ηλεκτροϋδραυλικό τρόπο επιτυγχάνοντας ανεξάρτητη ρύθμιση για κάθε κύλινδρο.

Η αρχή λειτουργίας του συγκεκριμένου συστήματος βασίζεται σε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από ένα μικρό έμβολο ανά κύλινδρο, το οποίο ενεργοποιείται από ένα μηχανικό ζύγωθρο το οποίο βρίσκεται στον εκκεντροφόρο εξαγωγής. Το έμβολο φέρει ένα ελατήριο επαναφοράς και βρίσκεται συνδεδεμένο με της βαλβίδες εισαγωγής (ανά δύο). Ανάμεσα στο έμβολο και στις βαλβίδες παρεμβάλλεται ένας υδραυλικός θάλαμος με λάδι του οποίου η πίεση ρυθμίζεται από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα.

Όταν η ηλεκτροβαλβίδα είναι κλειστή, το ασυμπίεστο υγρό μεταφέρει την κίνηση του έκκεντρο στην βαλβίδα ως έχει, δηλαδή, άμεσα. Όταν ανοίξει η ηλεκτροβαλβίδα, τότε οι βαλβίδες εισαγωγής παύουν να ρυθμίζονται από το μηχανικό έκκεντρο και κλείνουν από το ελατήριο. Στο διάστημα που ανοιγοκλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα μπορεί να μεταβληθεί το βύθισμα των βαλβίδων εισαγωγής εγκαταλείποντας την πεταλούδα. Το πρόγραμμα ενεργοποίησης της ηλεκτροβαλβίδας έχει σαν αποτέλεσμα το έκκεντρο αυτό να «χρησιμοποιείται» σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα με τις απαιτήσεις του μοτέρ.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι αρκετά όπως η αύξηση ισχύος έως 10%, μείωση μηχανικών τριβών επομένως λιγότερη κατανάλωση και λιγότεροι ρύποι, βελτίωση της ροπής στις χαμηλές στροφές εξαιτίας το γρήγορο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής και άλλα.

## **4.3. Variocam σύστημα**

Εμφανίστηκε το 1991 σε αυτοκίνητο της Porsche. Πρόκειται για μία τεχνολογία μεταβολής βυθίσματος των βαλβίδων εισαγωγής με τη βοήθεια δύο

διαφορετικού προφίλ έκκεντρα αλλά και τον χρονισμό των βαλβίδων αλλάζοντας τη φάση του εκκεντροφόρου. Στο ρελαντί το μεγάλο έκκεντρο απομονώνεται και το μικρό έκκεντρο καθορίζει την βύθιση των βαλβίδων. 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. Το αποτέλεσμα είναι η μεγαλύτερη απόδοση του κινητήρα στις υψηλές στροφές με μεγαλύτερο βύθισμα των βαλβίδων.



Εικόνα 17 Σύστημα Variocam

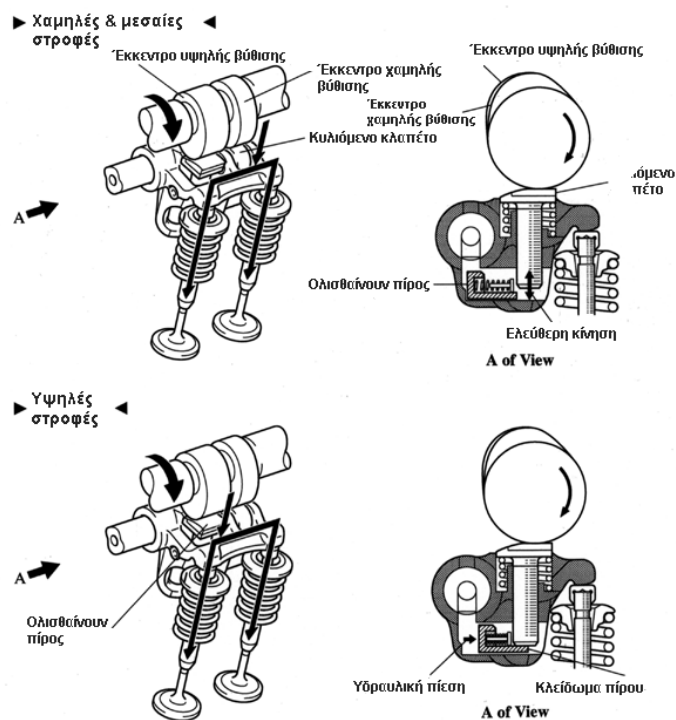
(Πηγή: <https://www.caroto.gr/2009/02/11/%CE%B2%CE%AC%CF%81%CE%B9%CE%BF-%CE%BA%CE%B1%CE%BC-vario-cam/>)

#### 4.4. VVTL-i της Toyota

Με το σύστημα VVL-i η Toyota συνδύασε το έξυπνο μεταβλητό χρονισμό των βαλβίδων (VVT-i) με ένα σύστημα που μεταβάλλει το ύψος και τη βύθιση τους. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί ένα ζύγωθρο που κινεί το ζεύγος βαλβίδων καθώς στην περιφέρεια του εκκεντροφόρου υπάρχουν δύο διαφορετικού μεγέθους έκκεντρα.

Στις χαμηλές στροφές το έκκεντρο χαμηλής βύθισης κινεί το κλαπέτο που ενεργοποιεί τις βαλβίδες, ενώ το έκκεντρο υψηλής βύθισης περιστρέφεται ελεύθερο χωρίς να επηρεάζει την κίνηση των βαλβίδων. Στις υψηλές στροφές ένας αισθητήρας (ολισθαίνων πύρος) που είναι τοποθετημένος στον εκκεντροφόρο υψηλών στροφών δίνει εντολή στην ηλεκτρονική μονάδα να

αυξήσει την υδραυλική πίεση ωθώντας ένα ωστήριο να κλειδώσει το κλαπέτο που κινεί τις βαλβίδες.



Εικόνα 18 Σύστημα VVT-i

(Πηγή: <https://www.caroto.gr/2009/01/31/to-vvtl-i-%CF%84%CE%B7%CF%82-toyota-celica/>)

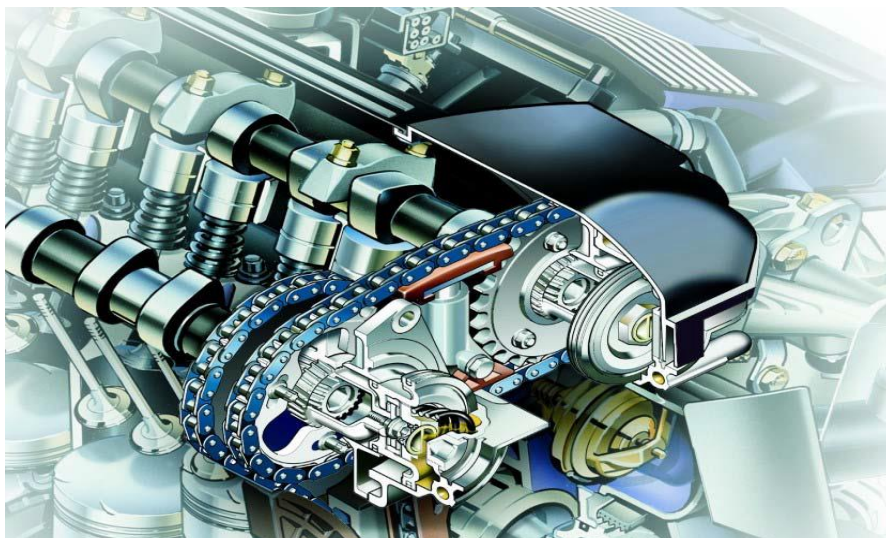
#### 4.5. Valvelift της Audi

Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι απλούστερη από το i-VTEC και από το VVTL-i καθώς δεν χρησιμοποιεί υδραυλικά 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.



*Εικόνα 19 Σύστημα Valvelift*

## 5. Λειτουργία μεταβλητού χρονισμού Vanos



Το σύστημα αυτό ήταν ο πρόδρομος των σύγχρονων συστημάτων μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων. Τα περισσότερα από αυτά μεταβάλλουν απλά το χρόνο επικάλυψης του ανοίγματος των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής. Τέτοιο είναι το σύστημα VANOS της BMW. Το σύστημα αυτό μεταβάλλει τη γωνία προπορείας του εκκεντροφόρου άξονα που κινεί τις βαλβίδες εισαγωγής, μεταβάλλοντας έτσι το χρόνο που αυτές οι βαλβίδες ανοίγουν ταυτόχρονα με τις βαλβίδες εξαγωγής.

### 5.1. Μεταβλητός χρονισμός εκκεντροφόρου

Εκτός από την χρήση της πεταλούδας για τον έλεγχο των καυσίμων που εισάγονται στον κινητήρα υπάρχουν και άλλοι τρόποι τροποποίησης του καθαρού μίγματος και της ποσότητας των καυσαερίων που εξάγονται από τον κύλινδρο όπως ο μεταβλητός χρονισμός των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, το δυναμικό γέμισμα του κυλίνδρου, ανακύκλωση των καυσαερίων και άλλα.

### 5.2. Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων

Κατά τη ρύθμιση του χρονισμού των βαλβίδων, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι η ποσότητα των εισερχόμενων και παραγόμενων καυσαερίων στον κύλινδρο εξαρτάται από την ταχύτητα του κινητήρα ή τη θέση της



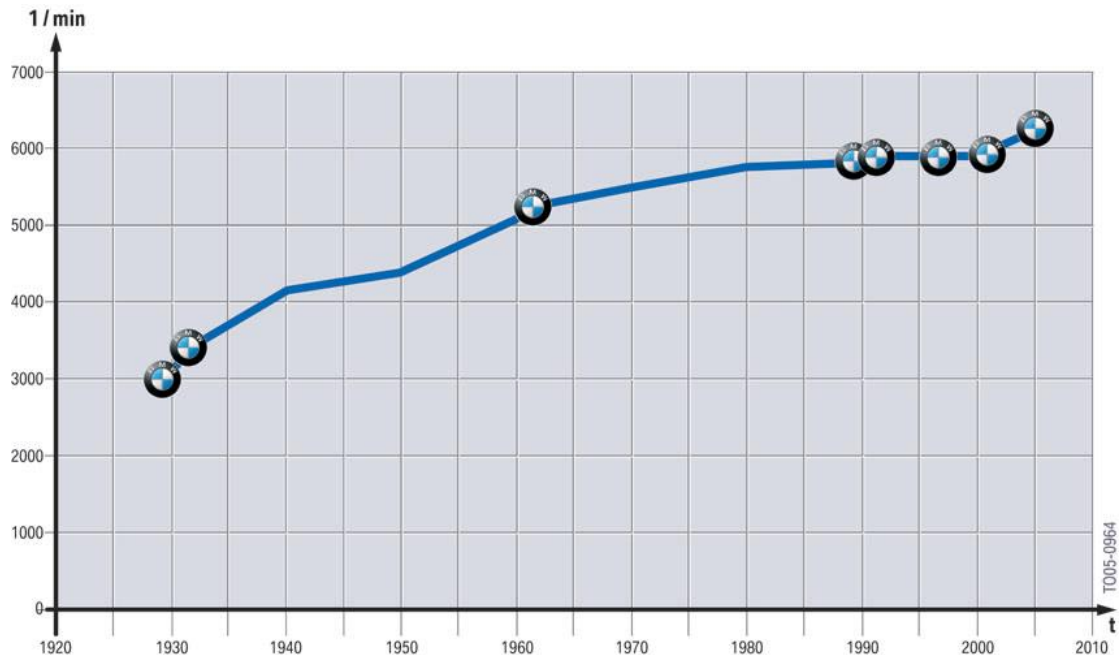
πεταλούδας. Για τον λόγο αυτό , εάν χρησιμοποιείται σταθερός χρονισμός, τότε θα είναι αποδοτικός μόνο για συγκεκριμένο εύρος στροφών. Ο μεταβλητός χρονισμός βοηθάει στο να προσαρμοστεί ο κύκλος λειτουργίας του κινητήρα σε διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας και ταχύτητες του κινητήρα.

### **5.3. Χρονισμός βαλβίδων σε βενζινοκινητήρες της BMW**

Η εξέλιξη και η ανάπτυξη της τεχνολογίας χρονισμού των βαλβίδων εξελίσσεται με σταθερή ταχύτητα φτάνοντας στον μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων.

Μεταξύ του 1929, όταν η παραγωγή μηχανοκίνητων οχημάτων της BMW μόλις είχε ξεκινήσει, και του 1989, όταν παρήχθη ο τετράχρονο κινητήρας BMW M50B20, η ονομαστική ταχύτητα αυξήθηκε από 3000 στροφές ανα λεπτό στις 5900 στροφές ανα λεπτό. Το 1992 ο πρώτος εν μέρει μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων, χρησιμοποιήθηκε σε παραγόμενα αυτοκίνητα με τη μορφή μεταβλητού χρονισμού εκκεντροφόρου. Το σύστημα VANOS άρχισε σταθερά να εξελίσσεται φτάνοντας στο σύστημα Double VANOS, όπου υπάρχει σύστημα VANOS και στον εκκεντροφόρο εξαγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα βελτιώσεις στη λειτουργία κατορθώνοντας να επιτύχει τη μέγιστη απόδοση τόσο στις υψηλές στροφές όσο και στο ρελαντί καθώς και μειωμένη παραγωγή καυσαερίων μέσα στον κύλινδρο.

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση σε αυτή τη συνδεσμολογία είναι η αύξηση της μέγιστης ονομαστικής ταχύτητας όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα



Γράφημα 1 (Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen))

Η μέγιστη ταχύτητα πραγματοποιήθηκε μόνο από αγωνιστικές μηχανές:

1992, 7000 στροφές/ λεπτό μοντέλο:S50B30

2000, 7400 στροφές/λεπτό μοντέλο S50B32

2005, 7900 στροφές/λεπτό μοντέλο S54B32

Το παραπάνω γράφημα δείχνει την ιστορική εξέλιξη των ονομαστικών ταχυτήτων και τις χρονολογίες κατά τις οποίες οι νέες τεχνολογίες χρονισμού κατασκευάστηκαν από τους μηχανικούς της εταιρία.

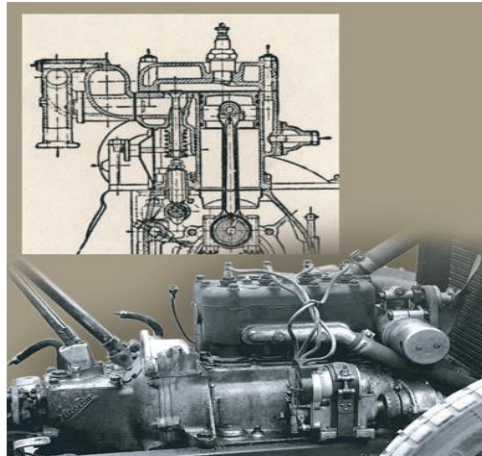
---

1929

2 πλευρικές βαλβίδες ανά  
κύλινδρο – μπλοκαρισμένος  
εκκεντροφόρος άξονας

*BMW 3/15*

---



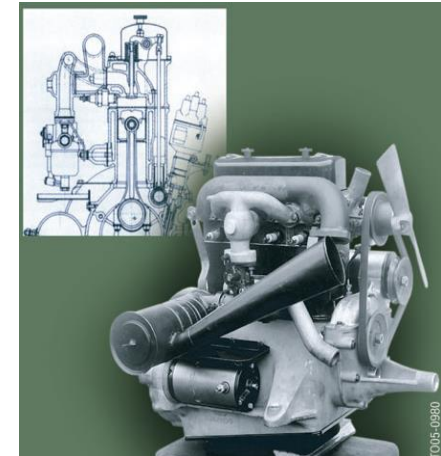
---

1932

2 βαλβίδες επικεφαλής ανά  
κύλινδρο – μπλοκαρισμένος  
εκκεντροφόρος άξονας

*BMW 3/20 with M68a*

---



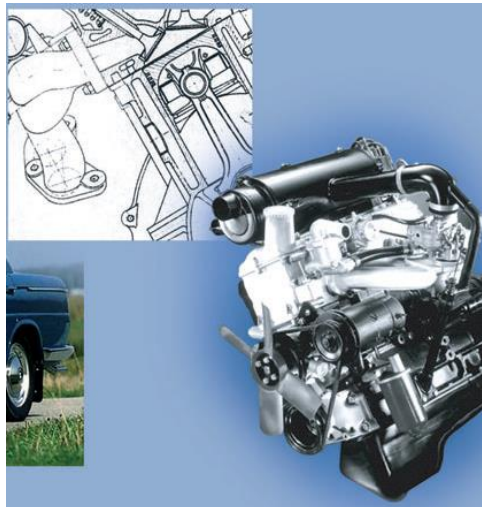
---

1962

2 βαλβίδες επικεφαλής ανά  
κύλινδρο – εκκεντροφόρος  
επικεφαλής (ohc)

*BMW 1500 with M115*

---



---

1989

4 βαλβίδες επικεφαλής ανά  
κύλινδρο – διπλός εκκεντροφόρος  
επικεφαλής (dohc)

*BMW 520i with M50B20*

---



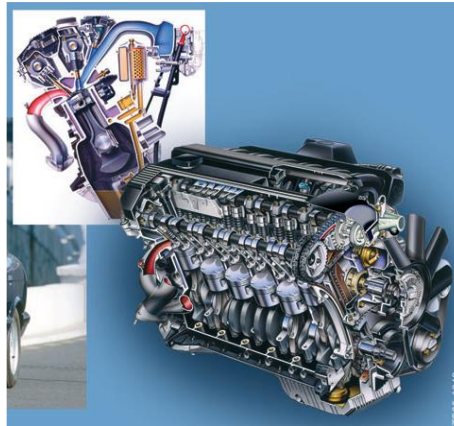
---

1992

4 βαλβίδες επικεφαλής ανά κύλινδρο – διπλός εκκεντροφόρος επικεφαλής (dohc) – χρήση τεχνολογίας Vanos

BMW 520i with M50B20TU

---



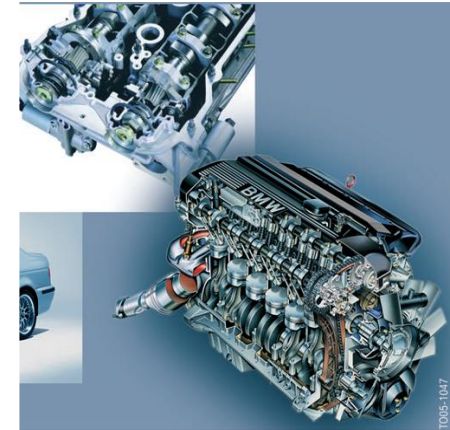
---

1997

4 βαλβίδες επικεφαλής ανά κύλινδρο – διπλός εκκεντροφόρος επικεφαλής (dohc) – χρήση τεχνολογίας Double Vanos

BMW 528i with M52B28TU

---



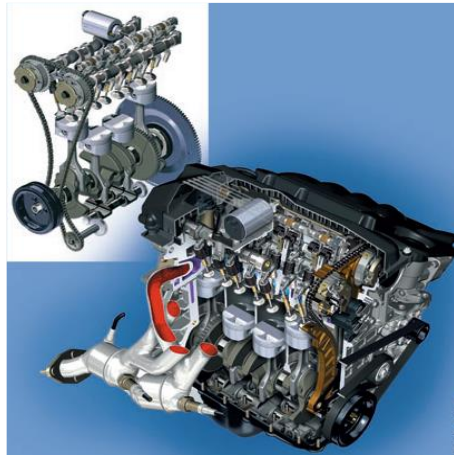
---

2001

4 βαλβίδες επικεφαλής ανά κύλινδρο – διπλός εκκεντροφόρος επικεφαλής (dohc) – χρήση τεχνολογίας Valvetronic (Double Vanos + Σύστημα μεταβλητού χρονισμού και βύθισης βαλβίδων)

BMW 316ti with N42B18

---



---

2005

4 βαλβίδες επικεφαλής ανά κύλινδρο – διπλός εκκεντροφόρος επικεφαλής (dohc) – χρήση τεχνολογίας Valvetronic II (Double Vanos + Σύστημα μεταβλητού χρονισμού και βύθισης βαλβίδων)

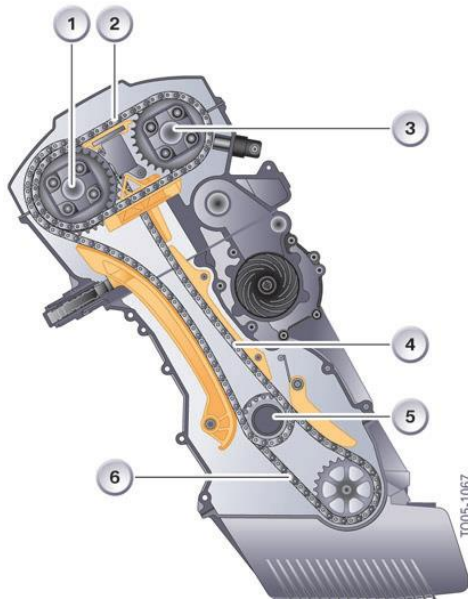
BMW 630ti with N52B30OL

---



## 5.4. Λειτουργία χρονισμού Βαλβίδων

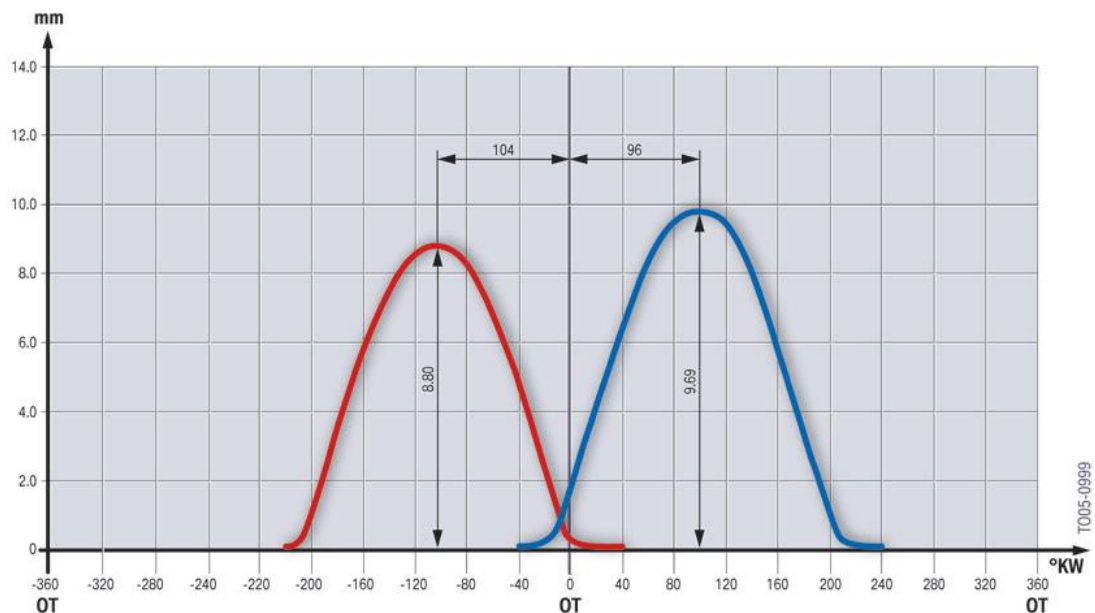
Σε ένα συμβατικό κινητήρα, εκκεντροφόρος άξονας και ο στροφαλοφόρος άξονας συνδέονται μηχανικά είτε με μάντα χρονισμού είτε με καδένα. Σε αυτή την περίπτωση, ο χρονισμός των βαλβίδων είναι σταθερός.



1. Εκκεντροφόρος άξονας εξαγωγής
2. Δευτερεύουσα καδένα χρονισμού
3. Εκκεντροφόρος άξονας εισαγωγής
4. Κύρια καδένα χρονισμού
5. Στροφαλοφόρος άξονας
6. Καδένα κίνησης αντλίας λαδιού

Εικόνα 20 Timing chains, M50 engine

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen))



Γράφημα 2 Χρονισμός βαλβίδων στον κινητήρα, M50B20

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen))



## 6. Συστήματα Vanos σε κινητήρες BMW

### 6.1. Γενική περιγραφή



Εικόνα 21 Εξάρτημα VANOS

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Σε κινητήρες με μεταβλητό χρονισμό εκκεντροφόρου, ο συγχρονισμός σχετίζεται με τον στροφαλοφόρο άξονα και είτε μόνο με τον εκκεντροφόρο εισαγωγής, είτε, σε πιο νέες τεχνολογίες, με τους στροφαλοφόρους εισαγωγής και εξαγωγής. Η ρύθμιση πραγματοποιείται μέσω της πίεσης λαδιού, η οποία ελέγχεται από ηλεκτροκίνητους ενεργοποιητές. Για να βελτιωθεί ο χρονισμός, τα συστήματα VANOS εξελίχθηκαν στην πορεία του χρόνου. Παρακάτω θα παρουσιασθούν τα συστήματα που χρησιμοποιούνται συνήθως από την BMW καθώς και την εξέλιξή τους στο χρονισμό των βαλβίδων.

Ρυθμίζοντας το χρονισμό του εκκεντροφόρου στην πλευρά εισόδου, μπορεί να αυξηθεί σημαντικά είτε η μέγιστη ροπή είτε η μέγιστη απόδοση, ανάλογα με τον τρόπο που είναι κατασκευασμένο το προφίλ του έκκεντρου.

Καθοριστικός παράγοντας για τη μέγιστη απόδοση είναι το σημείο στο οποίο η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει. Όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα ο συγχρονισμός του σημείου στο οποίο η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει καθυστερεί. Επιλέγεται επομένως ο χρονισμός κατά τον οποίο θα υπάρχει ικανοποιητικό

γέμισμα του κυλίνδρου με αποτέλεσμα να εξασφαλιστεί υψηλή απόδοση. Η πιθανότητα επιστροφής καυσίμου μέσω της βαλβίδας εισαγωγής πριν την ανάφλεξη, ελέγχεται με το χρονισμό της βαλβίδας εισαγωγής να κλείνει στο σωστό χρόνο ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα.

Με το μεταβλητό χρονισμό του εκκεντροφόρου, το βύθισμα της βαλβίδας μπορεί να μεταβάλλεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα επίπεδα των υπολειπόμενων καυσαερίων στον κύλινδρο να ελέγχονται. Η παραμονή μιας ποσότητας αερίων στον κύλινδρο μειώνει την θερμοκρασία καύσης και κατά συνέπεια την εκπομπή NOx.

Με τη χρήση ενός συνεχώς μεταβαλλόμενου συστήματος VANOS το βύθισμα της βαλβίδας επηρεάζει την ανακύκλωση των καυσαερίων, γεγονός που σημαίνει ότι κατά το βύθισμα υπάρχει επιστροφή καυσαερίων από την βαλβίδα εξαγωγής στην βαλβίδα εισαγωγής.

Ο χρονισμός του εκκεντροφόρου εισαγωγής, στις χαμηλές και μεσαίες στροφές, χρησιμοποιείται κυρίως για την αύξηση της ροπής του κινητήρα και την επίτευξη εσωτερικής ανακύκλωσης των καυσαερίων. Στις υψηλές στροφές, πρωταρχικός στόχος είναι η αυξημένη παραγωγή ισχύος.

Ο χρονισμός του εκκεντροφόρου εξαγωγής χρησιμοποιείται για την βελτίωση του ρελαντί ή για την επίτευξη υψηλών ποσοστών ανακυκλώσιμων καυσαερίων. Το ποσοστό κέρδους στα καύσιμα, σε σύγκριση με κινητήρες δίχως Double VANOS, μπορεί να φτάσει μέχρι και το 10%.

Μέχρι σήμερα πέντε διαφορετικά συστήματα VANOS έχουν αναπτυχθεί από την BMW:

1. Δύο θέσεις λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής VANOS

M50TU

M52

2. Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής VANOS

M62TU

3. Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής Double VANOS

M52TU

M54

N40, N42, N45, N46, N52,

N62, N62TU, N73

4. Μεταβλητός χρονισμός υψηλής πίεσης εισόδου VANOS

S50, S50TU

5. Μεταβλητός χρονισμός υψηλής πίεσης Double VANOS

S50B32, S52, S54

S62

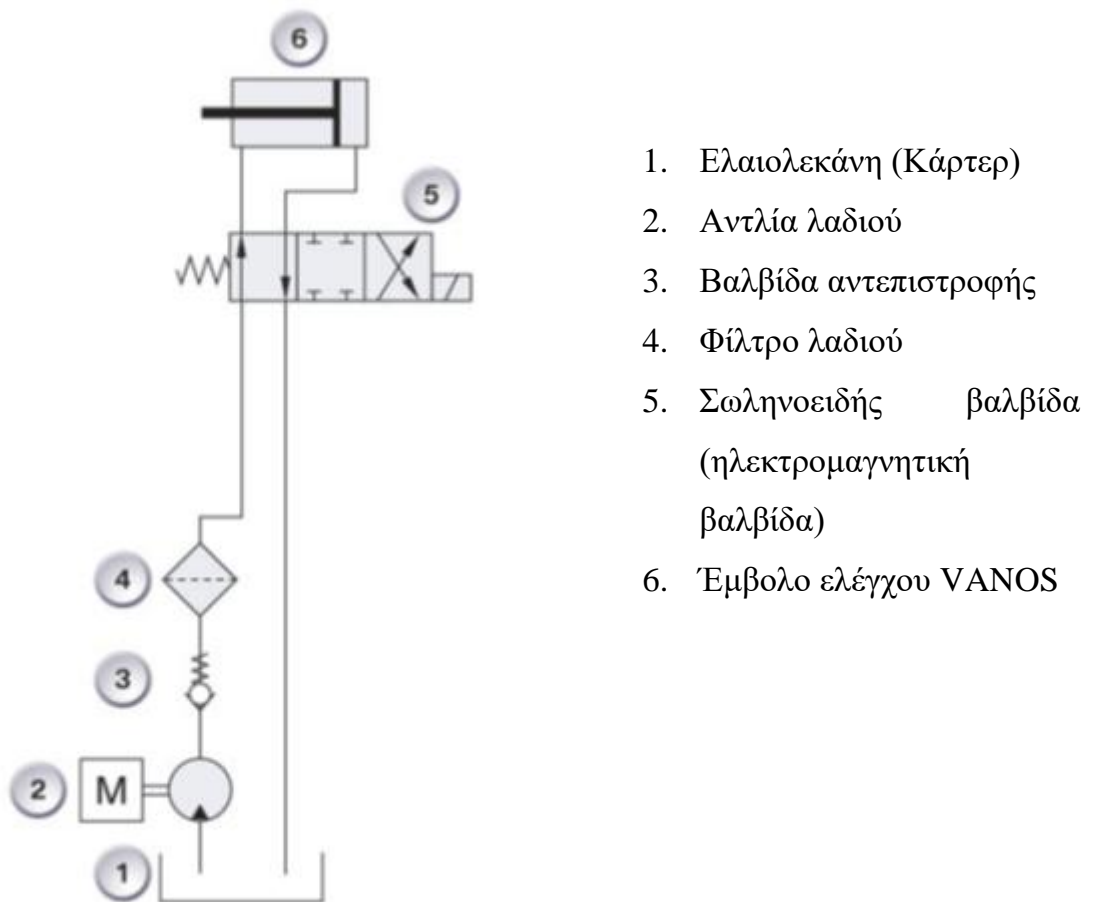
S85

Κύριες λειτουργίες του VANOS είναι

- Ενίσχυση ισχύος
- Βελτίωση ροπής
- Εσωτερική ανακύκλωση καυσαερίων
- Μείωση της εκπομπής ρύπων
- Μείωση κατανάλωσης καυσίμου



## 6.2. Θεμελιώδης αρχή ενός υδραυλικού συστήματος VANOS



Εικόνα 22 Θεμελιώδης αρχή ενός υδραυλικού συστήματος VANOS

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Το υπάρχον σύστημα κυκλοφορίας λαδιού από το κάρτερ (1), μέσω της αντλίας λαδιού (2), μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής (3) που είναι ενσωματωμένη στο φίλτρο λαδιού, μέχρι το φίλτρο λαδιού επεκτείνεται με επιπλέον εξαρτήματα. Έπειτα το λάδι μέσω του φίλτρου λαδιού (4) περνάει μέσα από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (5), η οποία κατευθύνει τη ροή λαδιού στο έμβολο ελέγχου VANOS (6) (το οποίο ελέγχεται υδραυλικά από δύο βαλβίδες) έτσι ώστε να ασκηθεί πίεση.

Ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος η ρύθμιση της θέσης του εκκεντροφόρου άξονα πραγματοποιείται είτε με ελικοειδές γρανάτζι, είτε με κινητήρα πτερυγίων, είτε με κινητήρα ταλαντευόμενου τύπου. Η λειτουργία των παραπάνω αναπτύσσεται σε επόμενες ενότητες.

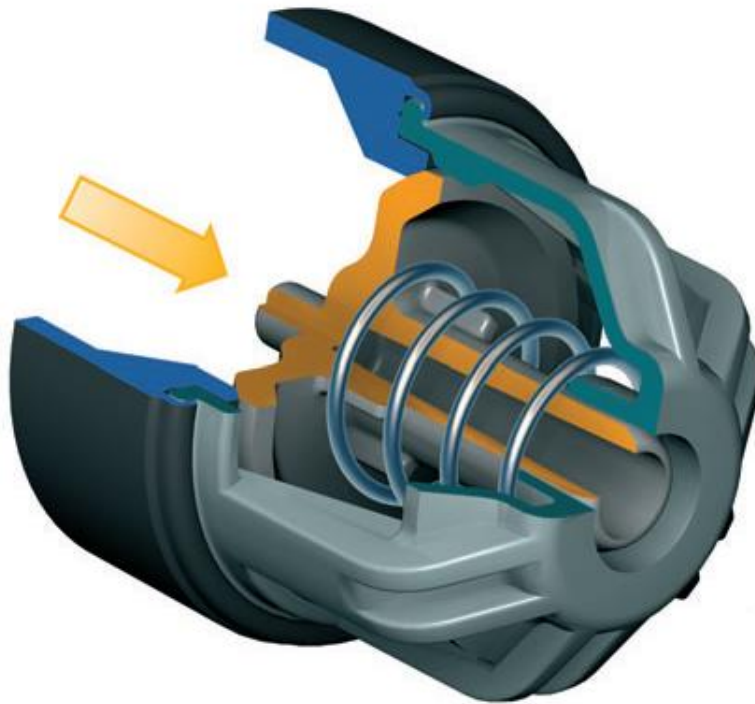
### 6.3. Ηλεκτρική λειτουργία

Ο έλεγχος και η λειτουργία των εξαρτημάτων του VANOS πραγματοποιείται από ένα ψηφιακό ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης του κινητήρα (DME – Digital Management Engine). Το DME γνωρίζει τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα εξαιτίας των σημάτων που δέχεται από τον αισθητήρα του στροφαλοφόρου. Από τις πληροφορίες που του παρέχονται από τους αισθητήρες εκκεντροφόρου οι σχετικές θέσεις των εκκεντροφόρων προς τον στροφαλοφόρο άξονα είναι αναγνωρίσιμες. Επομένως, έχοντας τις πληροφορίες αυτές, το DME μπορεί και διαμορφώνει τις σχετικές θέσεις των εκκεντροφόρων με τον στροφαλοφόρο άξονα ελέγχοντας τις αντίστοιχες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

Το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα (DME) έχει αποθηκευμένα μια σειρά θέσεων των εκκεντροφόρων αξόνων σε σχέση με το στροφαλοφόρο άξονα. Αυτά τα αποθηκευμένα δεδομένα ουσιαστικά λαμβάνουν υπ όψη τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Ταχύτητα του κινητήρα (στροφές κινητήρα)
- Θέση βαλβίδας πεταλούδας
- Θερμοκρασία ψυκτικού υγρού

#### 6.4. Βαλβίδα αντεπιστροφής

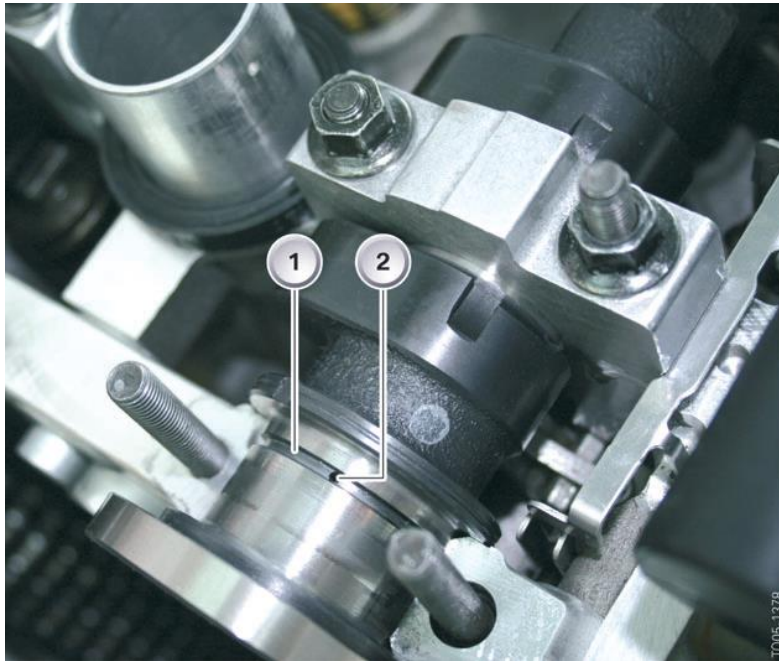


Εικόνα 23 Βαλβίδα αντεπιστροφής

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Δουλειά της βαλβίδας αντεπιστροφής είναι να σιγουρεύει ότι κανάλια εξαέρωσης δεν είναι κενά όταν ο κινητήρας δεν είναι σε λειτουργία. Αυτό επιτυγχάνεται επιτρέποντας στο λάδι να ρέει μόνο προς μία κατεύθυνση και να το μπλοκάρει στην αντίθετη κατεύθυνση.

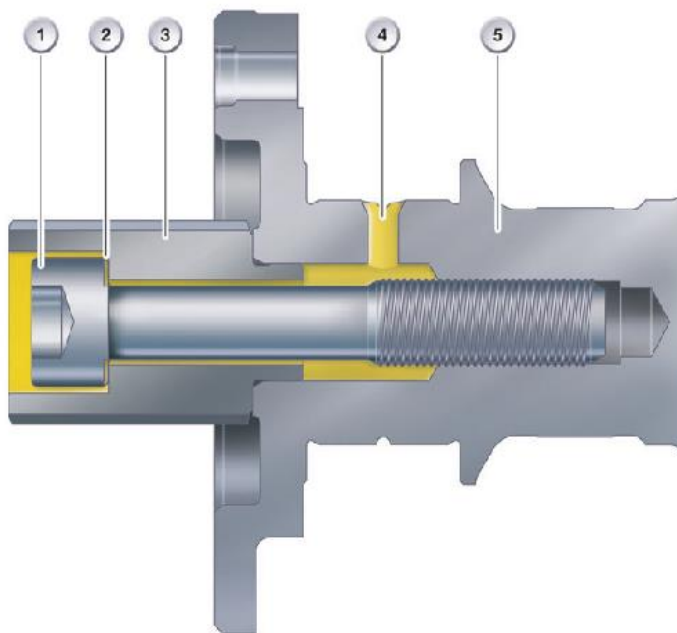
## 6.5. Λίπανση του VANOS όπως απεικονίζεται στο Κινητήρα M52



1. Αυλάκι
2. Οπή

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Για να λειτουργεί το γρανάτζι VANOS ήσυχα και με λιγότερη φθορά λιπαίνεται με λάδι από το σύστημα παροχής λαδιού. Το λάδι περνά από την παροχή στον πρώτο εκκεντροφόρο μέσω μιας αυλάκωσης (1) στον εκκεντροφόρο άξονα σε μία οπή (2) στον εκκεντροφόρο.



1. Μπουλόνι
2. Αυλάκι
3. Αυλακωτός άξονας
4. Οπή
5. Εκκεντροφόρος

Εικόνα 24 Εκκεντροφόρος άξονας M52 κινητήρα

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Από την οπή (4) του εκκεντροφόρου άξονα (5) το λάδι περνάει μεταξύ του μπουλονιού (1) και του αυλακωτού άξονα (2) μέσω δύο αυλακώσεων στην επιφάνεια του μπουλονιού στο μηχανισμό VANOS.

## 7. Ανάλυση κινητήρων μεταβλητού χρονισμού VANOS

### 7.1. Δύο θέσεις λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής VANOS.

Κινητήρας M50TU

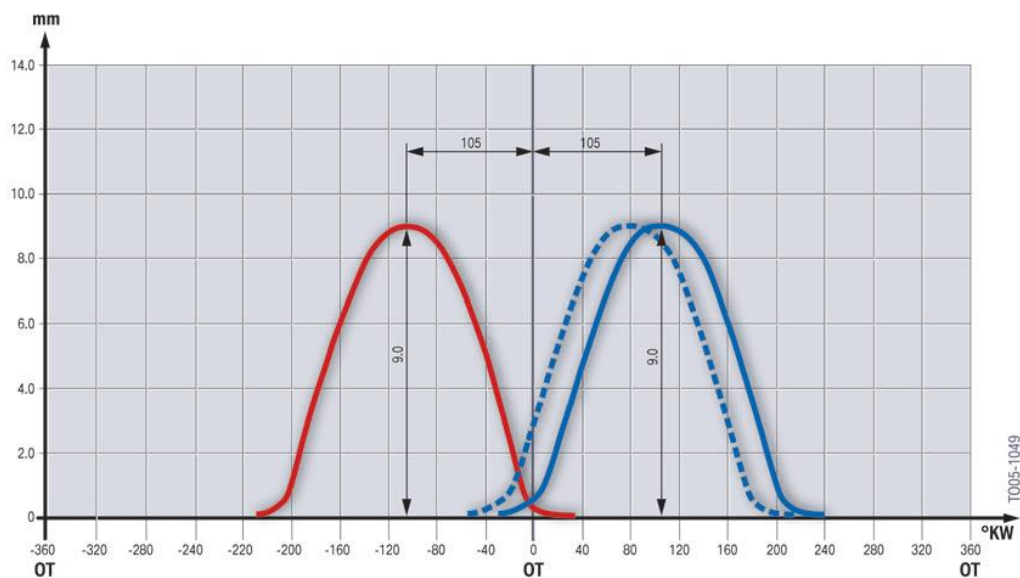
Το σύστημα δύο θέσεων λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής VANOS, επιτρέπει μόνο δύο θέσεις στον εκκεντροφόρο εισαγωγής. Έτσι υπάρχει μια επιλογή μεταξύ μιας επιβραδυνμένης ή μιας προηγμένης ρύθμισης.



*Εικόνα 25 Κινητήρας M50TU*

*(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)*

Αυτός ο τύπος χρονισμού χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στον κινητήρα M50TU. Το παρακάτω γράφημα δείχνει το χρονισμό βαλβίδων του κινητήρα M50B20TU.



Γράφημα 3 Γράφημα χρονισμού βαλβίδων στον M50B20TU κινητήρα

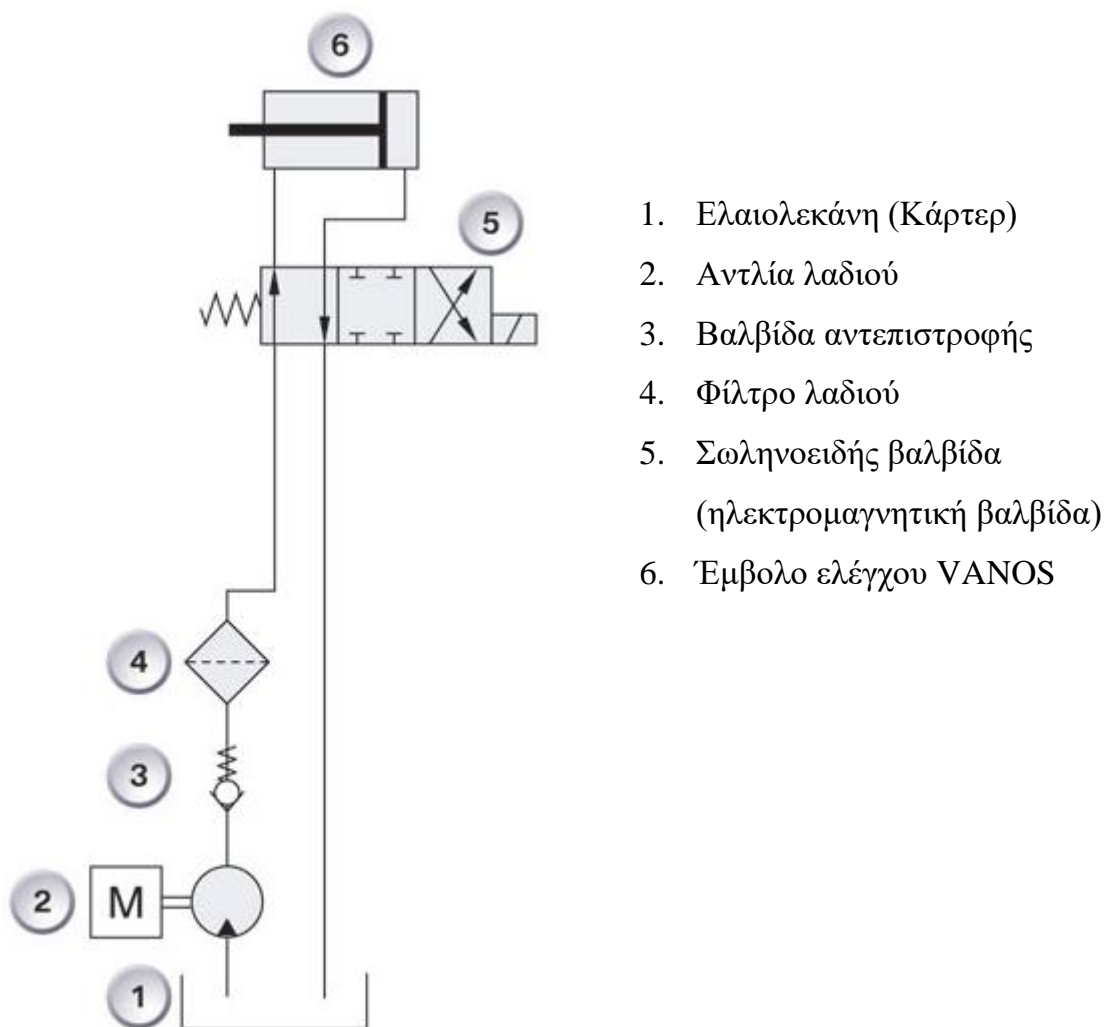
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Δύο διαφορετικές μονάδες διαχείρισης κινητήρα (ECU) χρησιμοποιήθηκαν στον M50TU. Ο κινητήρας M50B20TU χρησιμοποίησε τον Siemens MS40.1 ενώ στον M50B25TU χρησιμοποιήθηκε ο Bosch ME3.3.1. Οι δύο αυτές μονάδες είχαν διαφορετικές λειτουργίες καθώς και τεχνολογία. Διαχειρίζονταν διαφορετικούς τύπους αισθητήρων εκκεντροφόρου. Ο MS40.1 χρησιμοποιούσε αισθητήρα μέτρησης μεγέθους μαγνητικού πεδίου (Hall-effect sensor) ενώ ο ME3.3.1.χρησιμοποιούσε έναν μαγνητοανθεκτικό αισθητήρα αναγνώρισης γωνιακής θέσης.

Η μονάδα ελέγχου εναλλάσσει την κατάσταση λειτουργίας σύμφωνα με της παραμέτρους ελέγχου όπως η θερμοκρασία ψυκτικού υγρού, την ταχύτητα κινητήρα και τις στροφές του. Τη στιγμή της προσαρμογής του εκκεντροφόρου στην εκάστοτε κατάσταση πραγματοποιούνται επίσης προσαρμογές στο χρονοδιάγραμμα έγχυσης καθώς και στο χρονισμό ανάφλεξης, με αποτέλεσμα η αλλαγή λειτουργίας του εκκεντροφόρου να μην γίνεται αντιληπτή από τον οδηγό.

Για να αποτραπούν επαναλαμβανόμενες προσαρμογές του VANOS στην ίδια ταχύτητα κινητήρα (ταλαντευόμενη ρύθμιση), VANOS ενεργοποιείται σε μια ορισμένη ταχύτητα του κινητήρα και αλλάζει ρύθμιση σε διαφορετική

ταχύτητα. Αυτό προστατεύει από την πιθανότητα της ταλαντευόμενης ρύθμισης στην ίδια ταχύτητα του κινητήρα. Αυτή η μέθοδος ελέγχου αναφέρεται ως υστέρηση.



Εικόνα 26 Διάγραμμα υδραυλικού συστήματος για M50TU και M52 κινητήρες

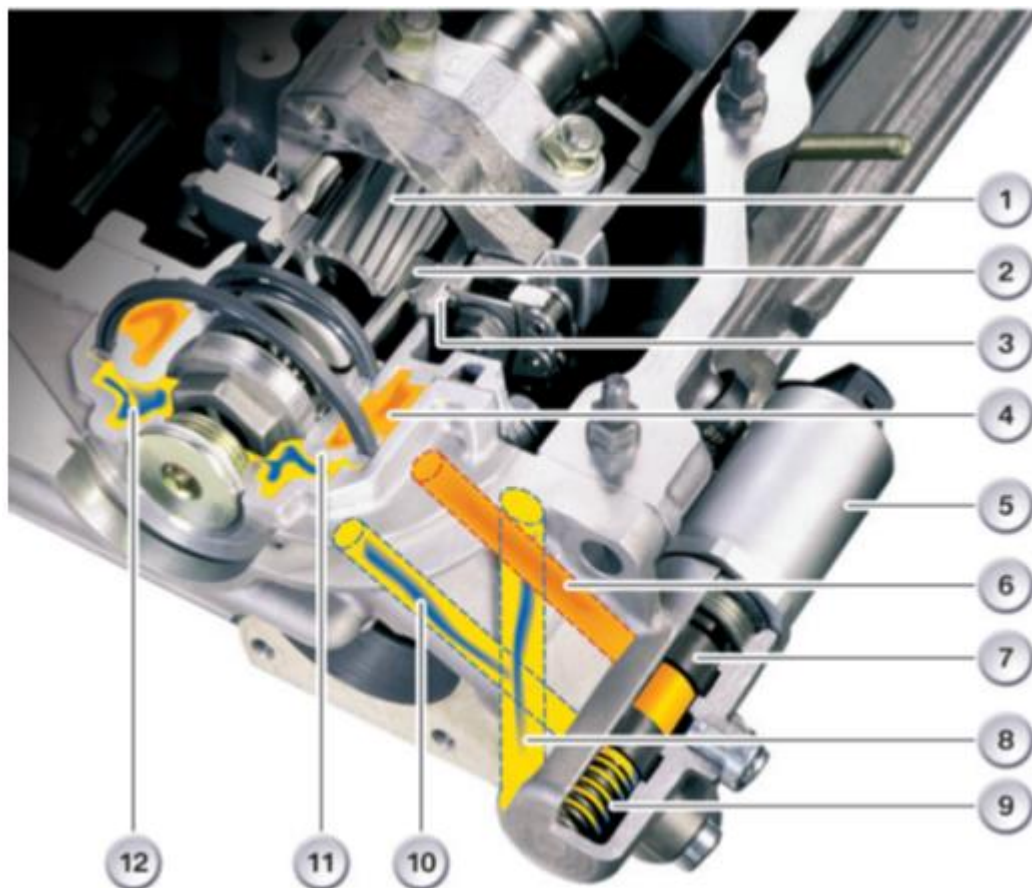
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Το υπάρχον σύστημα κυκλοφορίας λαδιού από το κάρτερ (1), μέσω της αντλίας λαδιού (2), μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής (3) που είναι ενσωματωμένη στο φίλτρο λαδιού, μέχρι το φίλτρο λαδιού επεκτείνεται με επιπλέον εξαρτήματα. Έπειτα το λάδι μέσω του φίλτρου λαδιού (4) περνάει μέσα από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (5), η οποία κατευθύνει τη ροή λαδιού στο έμβολο ελέγχου VANOS (6) (το οποίο ελέγχεται υδραυλικά από δύο βαλβίδες) έτσι ώστε να ασκηθεί πίεση.



Η θέση του εκκεντροφόρου άξονα προσαρμόζεται στην ανάλογη θέση με τη βοήθεια ενός ελικοειδούς γραναζιού VANOS

### Σχεδιασμός και λειτουργία



Εικόνα 27 Σχεδιασμός συστήματος VANOS

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Ελικοειδές γρανάτζι	7	Έμβολο ελέγχου
2	Δακτύλιος ελέγχου	8	Δίαυλος λαδιού
3	Οδοντωτή αλυσίδα	9	Ελατήριο επαναφοράς
4	Θάλαμος πίεσης για επιβράδυνση	10	Δίαυλος λαδιού
5	Σωληνοειδής βαλβίδα	11	Έμβολο ελέγχου VANOS

	(ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)		
<b>6</b>	Δίαυλος λαδιού	<b>12</b>	Θάλαμος πίεσης για προώθηση

Ο εκκεντροφόρος άξονας είναι εφοδιασμένος με ένα ελικοειδές γρανάζι (1). Η οδοντωτή αλυσίδα (3) μπορεί να περιστραφεί σε σχέση με τον εκκεντροφόρο άξονα και έχει ένα εσωτερικό ελικοειδές γρανάζι. Μεταξύ αυτών των δύο ελικοειδών γραναζιών υπάρχει ένας δακτύλιος ελέγχου με ελικοειδή μηχανικά γρανάζια στις εσωτερικές και στις εξωτερικές του επιφάνειες. Εάν ο δακτύλιος αυτός κινείται κατά μήκος του άξονα τους, η οδοντωτή αλυσίδα περιστρέφεται σε σχέση με τον εκκεντροφόρο.

Η θέση του εμβόλου ελέγχου VANOS (11) μεταβάλλεται από την πίεση λαδιού που ελέγχεται από το ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (5). Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (5) πιέζει το έμβολο ελέγχου (7) αντίθετα της κίνησης του ελατήριου επαναφοράς (9). Ανάλογα με τη θέση της βαλβίδας, το πεπιεσμένο λάδι επιτρέπεται να περάσει μέσα στο ένα ή το άλλο από τα κανάλια λαδιού (6 και 10). Το άλλο κανάλι σε κάθε περίπτωση (6 και 10), βραχυκυκλώνεται σε ένα άλλο κανάλι λαδιού (8) το οποίο μεταφέρει το λάδι που επιστρέφει από τους θαλάμους πίεσης προώθησης (12) ή επιβράδυνσης (4). Ανάλογα με το ποιος θάλαμος πιέζεται, το VANOS είτε καθυστερεί είτε προωθεί τη ρύθμιση εκκεντροφόρου.

Μία βαλβίδα αντεπιστροφής, εμπορίζει το σύστημα VANOS ή τα κανάλια λαδιού να αδειάσουν. Η ταχύτητα προσαρμογής εξαρτάται από το την πίεση λαδιού κινητήρα, τη θερμοκρασία λαδιού κινητήρα και την ταχύτητα του κινητήρα. Τα παρακάτω σφάλματα διαγνώστηκαν από τον MS40.1:

- Ανατροφοδότηση θέσης από εκκεντροφόρο εισαγωγής
- Βλάβη στο στάδιο εξόδου
- Βραχυκύκλωμα σε θετικό ή αρνητικό
- Διακοπή κυκλώματος

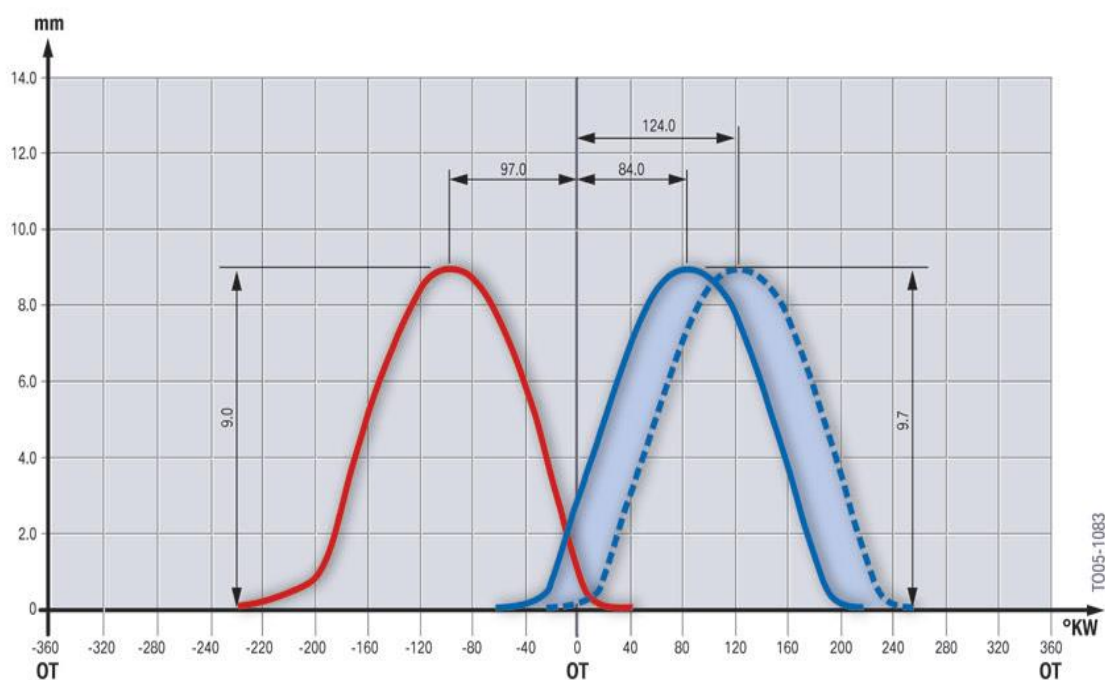
## 7.2. Απείρως Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής VANOS

Κινητήρας M62TU

Ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων VANOS αποτέλεσε την εξέλιξη του δύο θέσεων λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής VANOS. Εισήχθη για πρώτη φορά στον κινητήρα M62TU και ήταν το πρώτο σύστημα VANOS που επιτρέπει πλήρως μεταβλητό χρονισμό βαλβίδας εισαγωγής.

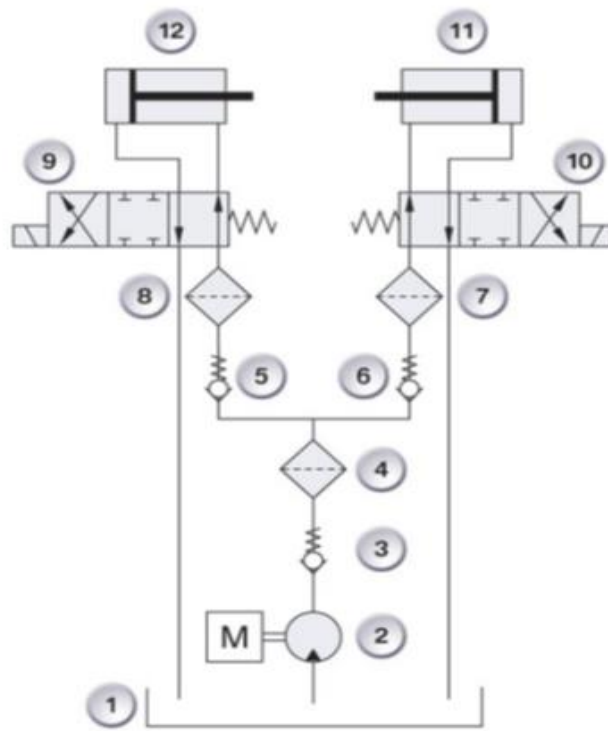
Με το σύστημα αυτό, το VANOS ήρθε ένα βήμα πιο κοντά στο μεταβλητό χρονισμό του εκκεντροφόρου εισαγωγής. Βελτιώθηκε το ρελαντί του κινητήρα και οι εκπομπές ρύπων πέφτουν χαμηλότερα από τα όρια που ίσχυαν εκείνη την εποχή. Το σύστημα παρουσιάστηκε ως συμπαγές σύστημα VANOS και όχι αποσυναρμολογημένο.

Το σύστημα επιτρέπει άπειρες αλλαγές του χρονισμού σύμφωνα με τις εντολές ελέγχου της ECU. Στο γράφημα που αναπαριστάτε παρακάτω το εύρος ρύθμισης του μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων εισαγωγής VANOS αναπαριστάτε με το μπλε χρώμα



Γράφημα 4 Μεταβλητός χρονισμός κινητήρα M62TU

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)



Εικόνα 28 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρα M62TU

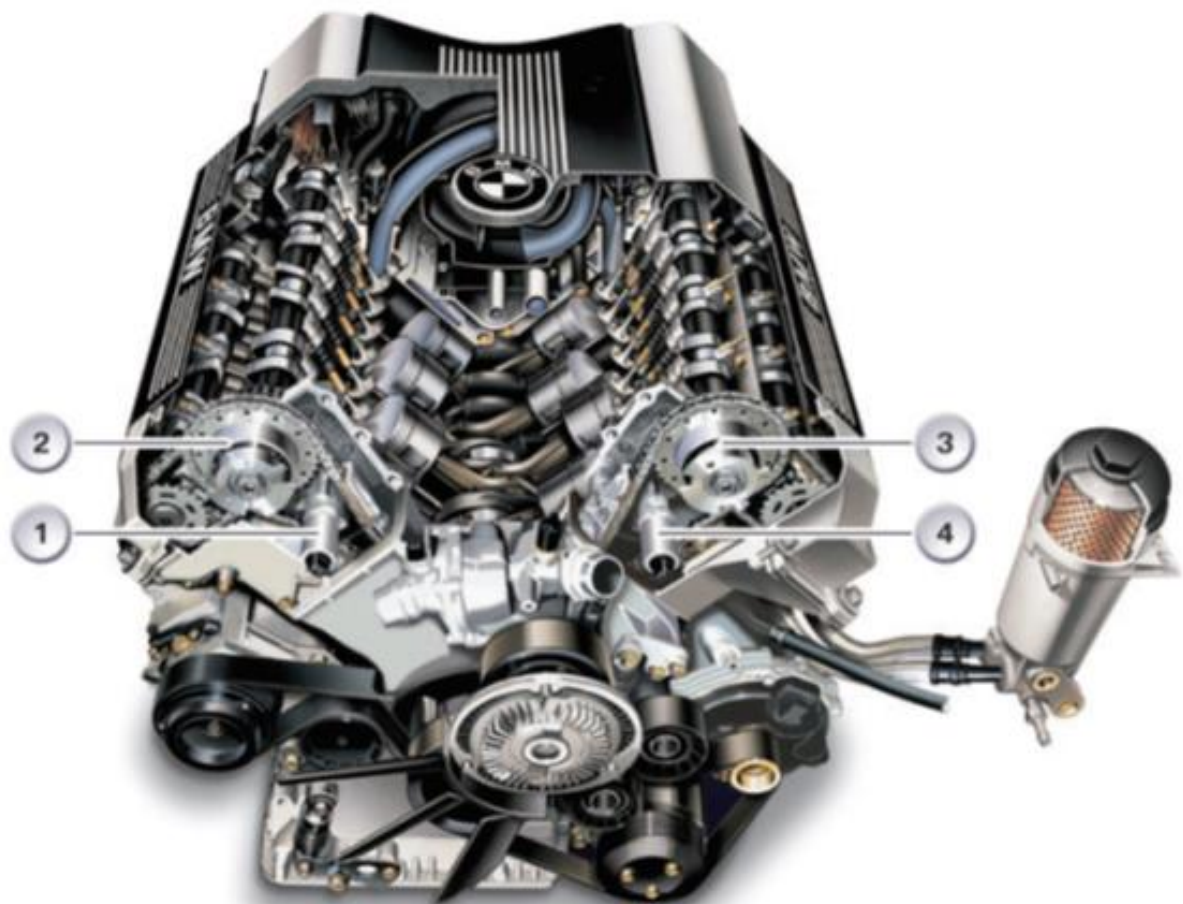
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Ελαιολεκάνη (Κάρτερ)	7	Φίλτρο
2	Αντλία λαδιού	8	Φίλτρο
3	Βαλβίδα αντεπιστροφής	9	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
4	Φίλτρο λαδιού	10	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
5	Βαλβίδα αντεπιστροφής	11	Έμβολο ελέγχου VANOS
6	Βαλβίδα αντεπιστροφής	12	Έμβολο ελέγχου VANOS

Η κυκλοφορία λαδιού για το σύστημα VANOS περνάει από το καρτερ (1) μέσω της αντλίας λαδιού (2) , μέσω μιας βαλβίδας αντεπιστροφής (3) ενσωματωμένης στο φίλτρο λαδιού, στο φίλτρο λαδιού (4). Έπειτα διέρχεται ξεχωριστά σε κάθε κυλινδροκεφαλή μέσω μιας βαλβίδας αντεπιστροφής (5-6), από ένα λεπτό φίλτρο (7) ενσωματωμένο στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και καταλήγει στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (10). Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα κατευθύνει τη ροή λαδιού στο σχετικό έμβολο ελέγχου VANOS (11 - 12) ασκώντας πίεση στην μία ή στην άλλη πλευρά του.

Η θέση του εκκεντροφόρου ρυθμίζεται από τον ελικοειδή μηχανισμό VANOS.

## Σχεδιασμός και λειτουργία

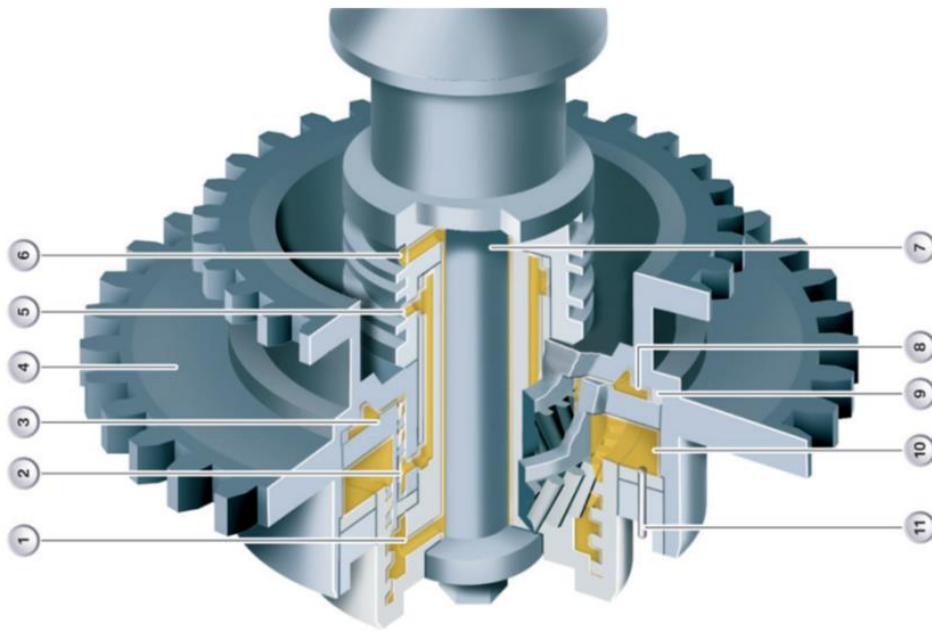


Εικόνα 29 Κινητήρας M62TU

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα Κύλινδροι 1 – 4	3	Μονάδα VANOS με κυλινδρικό αισθητήρα Κύλινδροι 5 – 8
2	Μονάδα VANOS με κυλινδρικό αισθητήρα Κύλινδροι 1 – 4	4	Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα Κύλινδροι 5 – 8





Εικόνα 30 Μονάδα VANOS

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Κανάλι λαδιού	7	Μπουλόνι στερέωσης
2	Κολάρο ελικοειδούς εμβόλου	8	Θάλαμος πίεσης για καθυστέρηση
	Έμβολο	9	Δακτύλιος πάσης
4	Οδοντωτή αλυσίδα και πλαίσιο	10	Θάλαμος πίεσης για προώθηση
5	Κανάλι λαδιού	11	ακίδα επαφής (χ3)
6	Κανάλι λαδιού		

Προκειμένου να ανιχνευτούν οι ρυθμίσεις της μονάδας VANOS, έχουν τοποθετηθεί 3 ακίδες επαφής. Ρυθμίζοντας τα όρια του εκκεντροφόρου άξονα (μέγιστη καθυστέρηση) οι ακίδες αυτές έρχονται σε επαφή με το έμβολο θέσης. Με τη χρήση ενός ΩΜΟμετρου η θέση αυτή μπορεί αξιόπιστα να ανιχνευθεί (Μέτρηση της αντίστασης σε όλο το μήκος του πείρου και του κινητήρα).

Μια βαλβίδα αντεπιστροφής τοποθετημένη πριν την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, εξασφαλίζει ότι τα κανάλια λαδιού του συστήματος VANOS δεν αδειάζουν. Αυτό εμποδίζει τη μονάδα από τη δημιουργία θορύβου κατά την εκκίνηση του κινητήρα.

Το μπουλόνι που στερεώνει την μονάδα VANOS στον εκκεντροφόρο έχει αριστερό σπείρωμα. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι απενεργοποιημένες και οι εκκεντροφόροι εισόδου βρίσκονται σε θέση καθυστέρησης.



*Εικόνα 31 Μονάδα VANOS – πείρος επαφής*

*(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)*

### **7.3. Απείρως Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής Double VANOS**

#### **Κινητήρας M52TU**

Ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εισαγωγής Double VANOS για πρώτη φορά εφαρμόστηκε στον κινητήρα M52TU. Ο σχεδιασμός είναι παρόμοιος με αυτόν των δύο θέσεων λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής VANOS. Το καινούργιο χαρακτηριστικό είναι ότι επιπρόσθετα από τον χρονισμό του εκκεντροφόρου εισαγωγής, μπορεί να ποικίλει και ο χρονισμός του

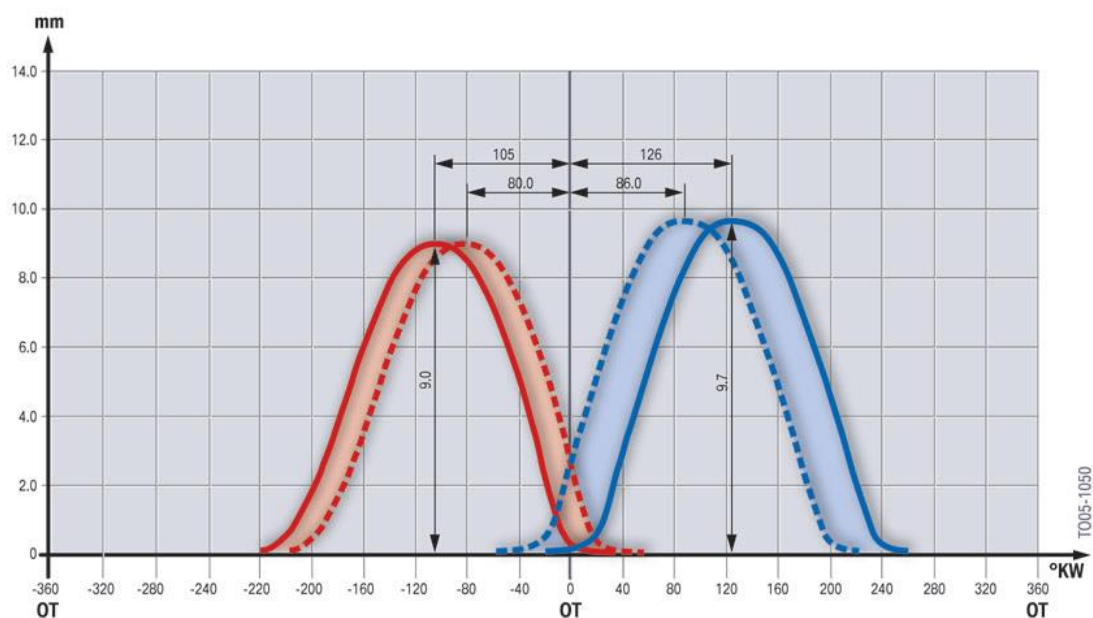


εκκεντροφόρου εξαγωγής. Το σύστημα επιτρέπει την άπειρη διακύμανση του χρονισμού και στους δύο εκκεντροφόρους σύμφωνα πάντα με τις εντολές ελέγχου από την ECU.

Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου χρονισμού είναι:

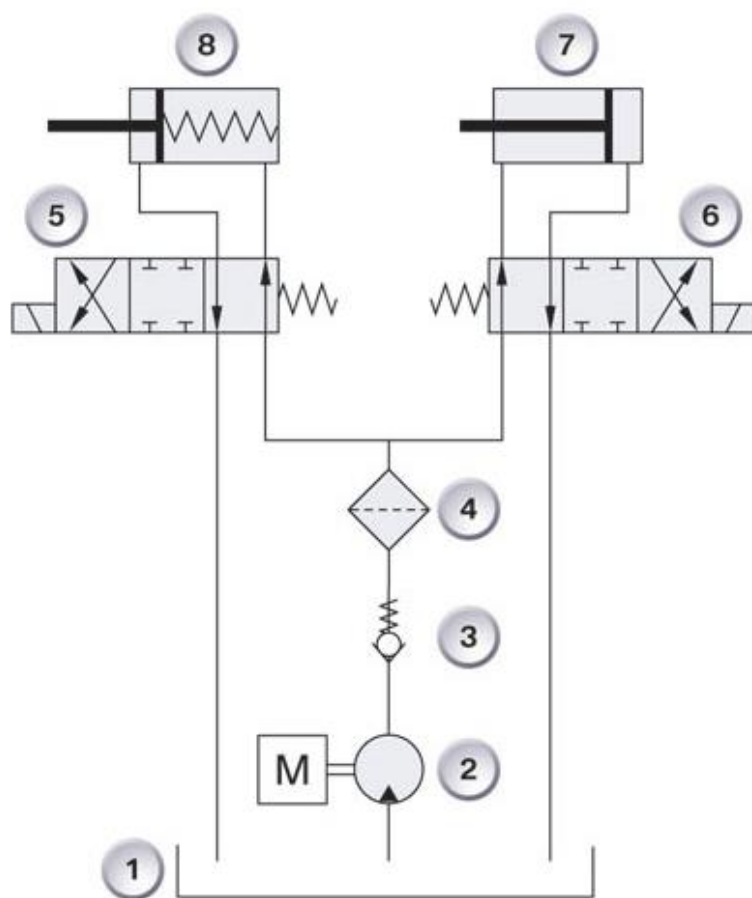
- Βελτίωση των επιπέδων ροπής στις χαμηλές και μεσαίες στροφές του κινητήρα
- Μικρότερη ποσότητα υπολειμματικών καυσαερίων στο ρελαντί λόγω της μικρότερης επικάλυψης βαλβίδων, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα και τη βελτίωση της λειτουργίας του ρελαντί
- Εσωτερική ανακύκλωση καυσαερίων στις μεσαίες στροφές ώστε να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων
- Ταχύτερη προθέρμανση των καταλυτικών μετατροπέων και χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών μετά την εκκίνηση με ψυχρό κινητήρα
- Μείωση κατανάλωσης καυσίμου

Το θεωρητικό εύρος τιμών που μπορεί να αποδώσει το σύστημα Double VANOS παρουσιάζονται στο επόμενο γράφημα



Γράφημα 5 Γράφημα χρονισμού βαλβίδων κινητήρα M52TU

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)



Εικόνα 32 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος M52TU and M54 κινητήρων.

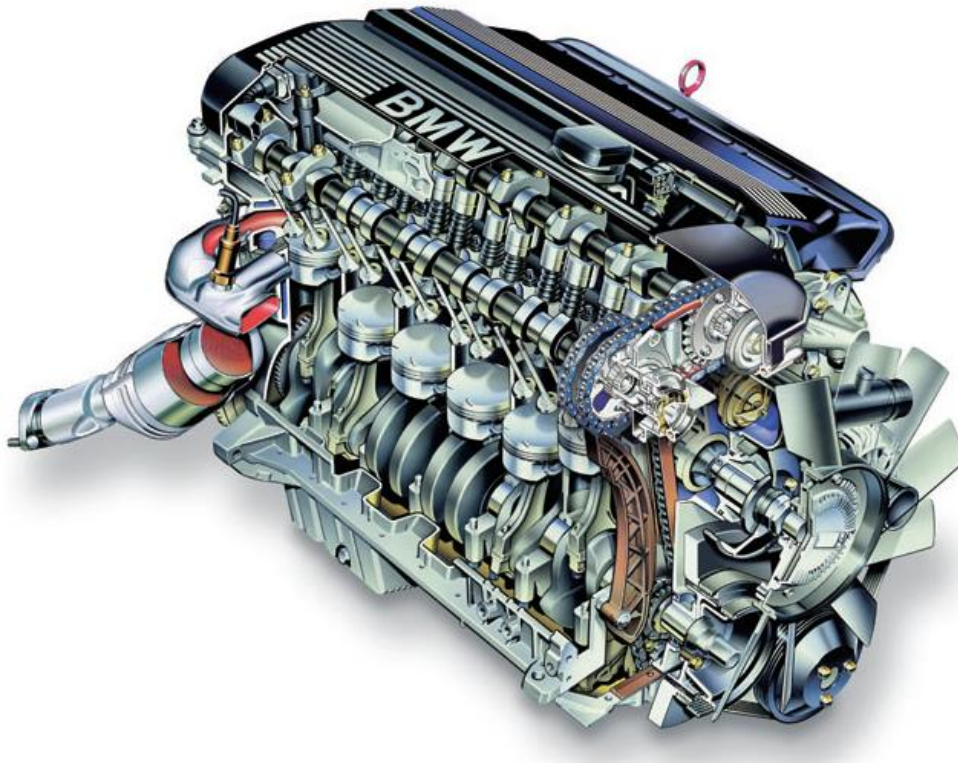
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Ελαιολεκάνη (Κάρτερ)	5	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
2	Αντλία λαδιού	6	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
3	Βαλβίδα αντεπιστροφής	7	Έμβολο ελέγχου VANOS
4	Φίλτρο λαδιού	8	Έμβολο ελέγχου VANOS

Η κυκλοφορία λαδιού για το συγκεκριμένο VANOS σύστημα περνάει από το καρτερ (1) μέσω της αντλίας λαδιού (2) , μέσω μιας βαλβίδας αντεπιστροφής (3) ενσωματωμένης στο φίλτρο λαδιού, στο φίλτρο λαδιού (4). Έπειτα διέρχεται ξεχωριστά σε κάθε εκκεντροφόρο άξονα εντός της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας (5 – 6) η οποία κατευθύνει τη ροή του λαδιού στο εκάστοτε έμβολο ελέγχου VANOS (7 – 8) ώστε να προκαλέσει πίεση στην μία ή στην άλλη πλευρά του. Το ένα από τα δύο έμβολα ελέγχου έχει είναι εφοδιασμένο με ένα ελατήριο (8) το οποίο όταν είναι αποσυμπιεσμένο κρατείτε στη θέση καθυστέρησης όταν ο κινητήρας ξεκινάει. Αυτό το έμβολο βρίσκεται στον εκκεντροφόρο εξαγωγής.

Η θέση του εκκεντροφόρου ρυθμίζεται από τον ελικοειδή μηχανισμό VANOS.

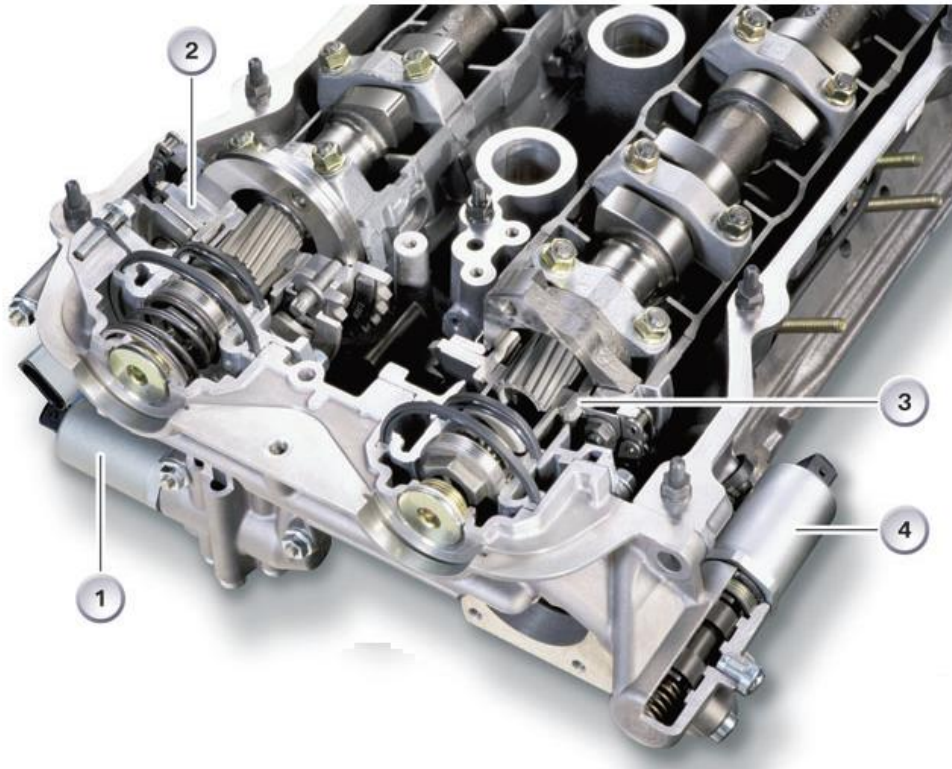
## Σχεδιασμός και Λειτουργία



Εικόνα 33 M52TU κινητήρας

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Τα τμήματα του VANOS για τους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής έχουν παρόμοιο σχεδιασμό. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (1) για τον χρονισμό του εκκεντροφόρου εξαγωγής βρίσκεται τοποθετημένη στην εξωτερική πλευρά της κυλινδροκεφαλής.



Εικόνα 34 Κάτοψη VANOS

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)	3	Τμήμα VANOS
2	Τμήμα VANOS	4	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)

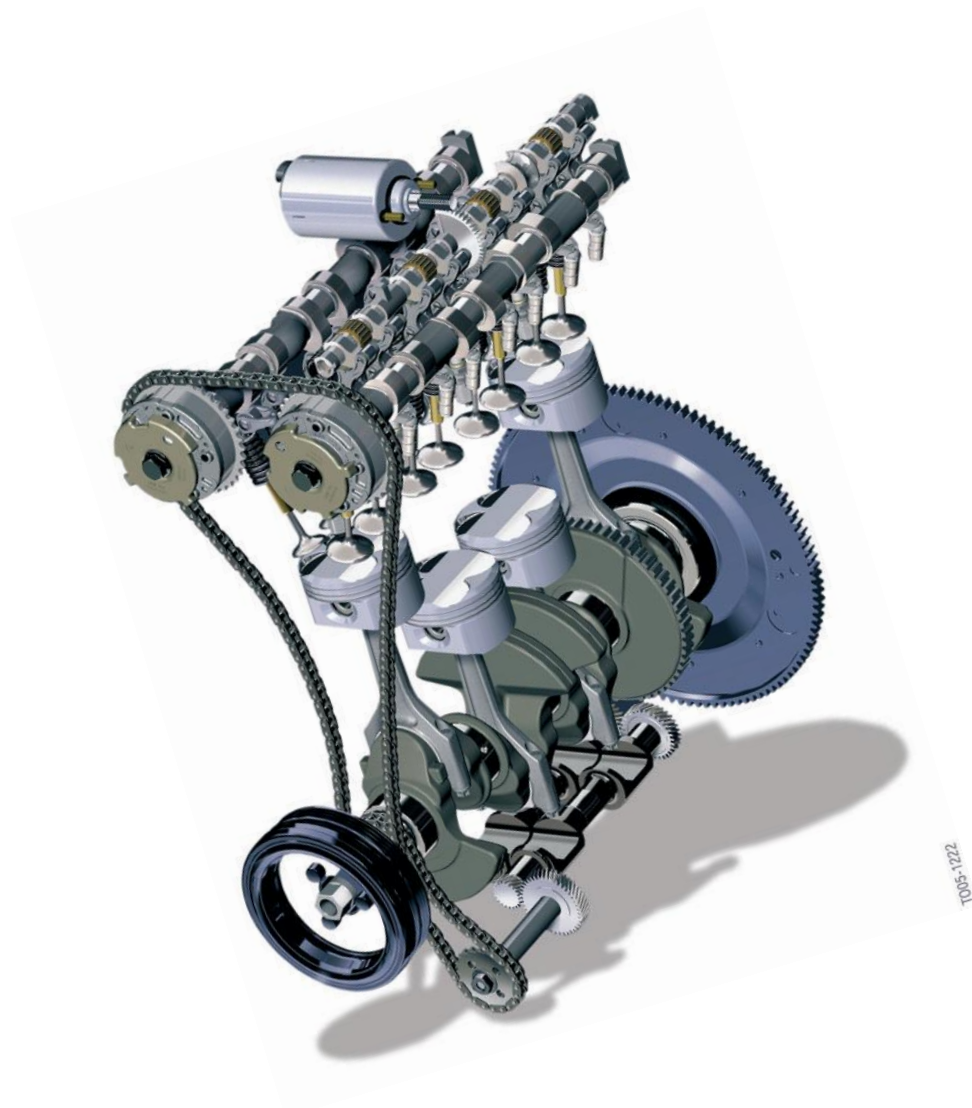
Όταν ο κινητήρας τίθεται σε λειτουργία, ο εκκεντροφόρος εισαγωγής βρίσκεται πλήρως σε θέση καθυστέρησης. Ο εκκεντροφόρος εισαγωγής κρατείται στην προωθημένη θέση εξαιτίας του ελατηρίου στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Όταν οι ηλεκτρονικές βαλβίδες είναι απενεργοποιημένες, οι εκκεντροφόροι βρίσκονται στις οριακές θέσεις τους εξαιτίας της πίεσης του λαδιού.

Περίπου 50 στροφές ή 2 – 5 δευτερόλεπτα έπειτα από την εκκίνηση του κινητήρα η ECU ανιχνεύει την τρέχουσα θέση των εκκεντροφόρων μέσω των αισθητήρων τους. Από τον αισθητήρα του στροφαλοφόρου άξονα παίρνει σήμα για τις στροφές του κινητήρα και καθορίζει την απαιτούμενη θέση των εκκεντροφόρων εισαγωγής και εξαγωγής συνεκτιμώντας τη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα και τη θερμοκρασία του ψυκτικού του κινητήρα.

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι απενεργοποιημένες, ο εκκεντροφόρος εισαγωγής τοποθετείται στην θέση καθυστέρησης και ο εκκεντροφόρος εξαγωγής στη προωθημένη θέση.

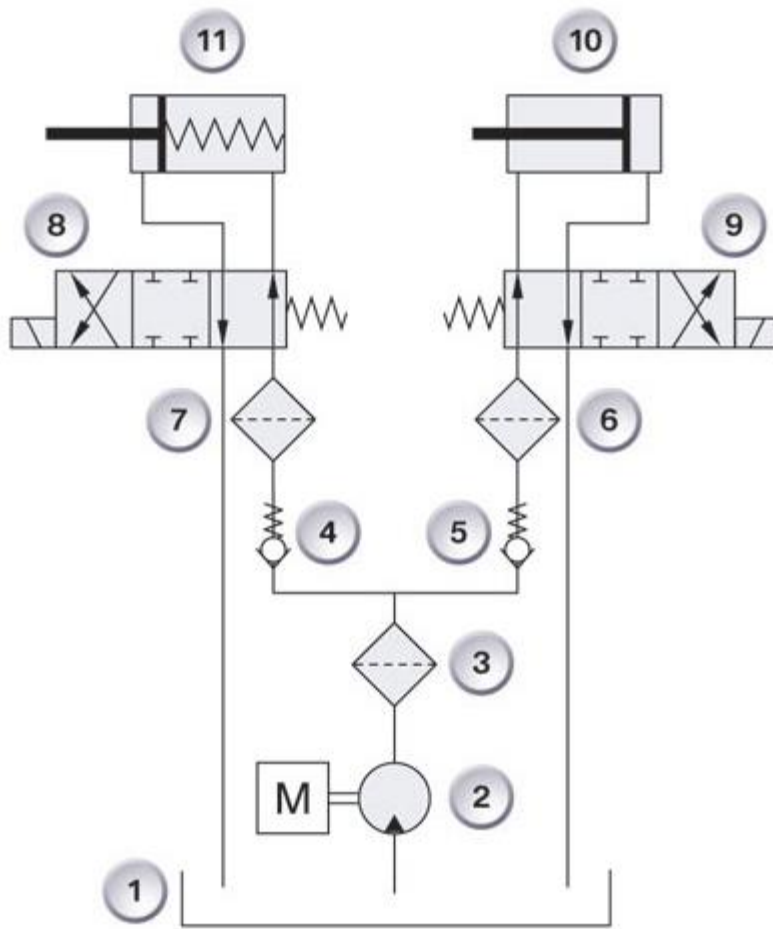
#### Κινητήρας N42/N52

Ο κινητήρας N42 εισήγαγε ένα νέο συμπαγές υδραυλικό κινητήρα πτερυγίων. Η τεχνολογία αυτή διακρίνεται για την εύκολη τοποθέτησή της. Έχει σχεδιαστεί ως αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος μετάδοσης κίνησης του εκκεντροφόρου μέσω αλυσίδας και στερεώνεται στον σχετικό εκκεντροφόρο άξονα με ένα κεντρικό μπουλόνι.



*Εικόνα 35 Σύστημα μετάδοσης κίνησης εκκεντροφόρου μέσω αλυσίδας του N42 κινητήρα  
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)*





Εικόνα 36 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος των N40, N42, N45 και N46 κινητήρων  
 (Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Ελαιολεκάνη (Κάρτερ)	7	Φίλτρο
2	Αντλία λαδιού	8	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
3	Φίλτρο λαδιού	9	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)



<b>4</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>10</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περρυγίων</i>
<b>5</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>11</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περρυγίων</i>
<b>6</b>	<i>Φίλτρο</i>		

Ο τρόπος κυκλοφορία του λαδιού στη συγκεκριμένη συνδεσμολογία για το σύστημα VANOS περνάει από το καρτερ (1) στην αντλία λαδιού (2) έπειτα στο φίλτρο λαδιού (3) και από εκεί ξεχωριστά στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής μέσω μιας βαλβίδας αντεπιστροφής (4 – 5), η οποία είναι τοποθετημένη μεταξύ της κυλινδροκεφαλής και του στροφαλοθαλάμου, μέσα σε ένα φίλτρο (6 – 7) στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και μέσα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (8 – 9). Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα κατευθύνει τη ροή του λαδιού με τέτοιο τρόπο ώστε να ασκεί πίεση στον ένα ή στον άλλο υδραυλικό κινητήρα περρυγίου (10 – 11).

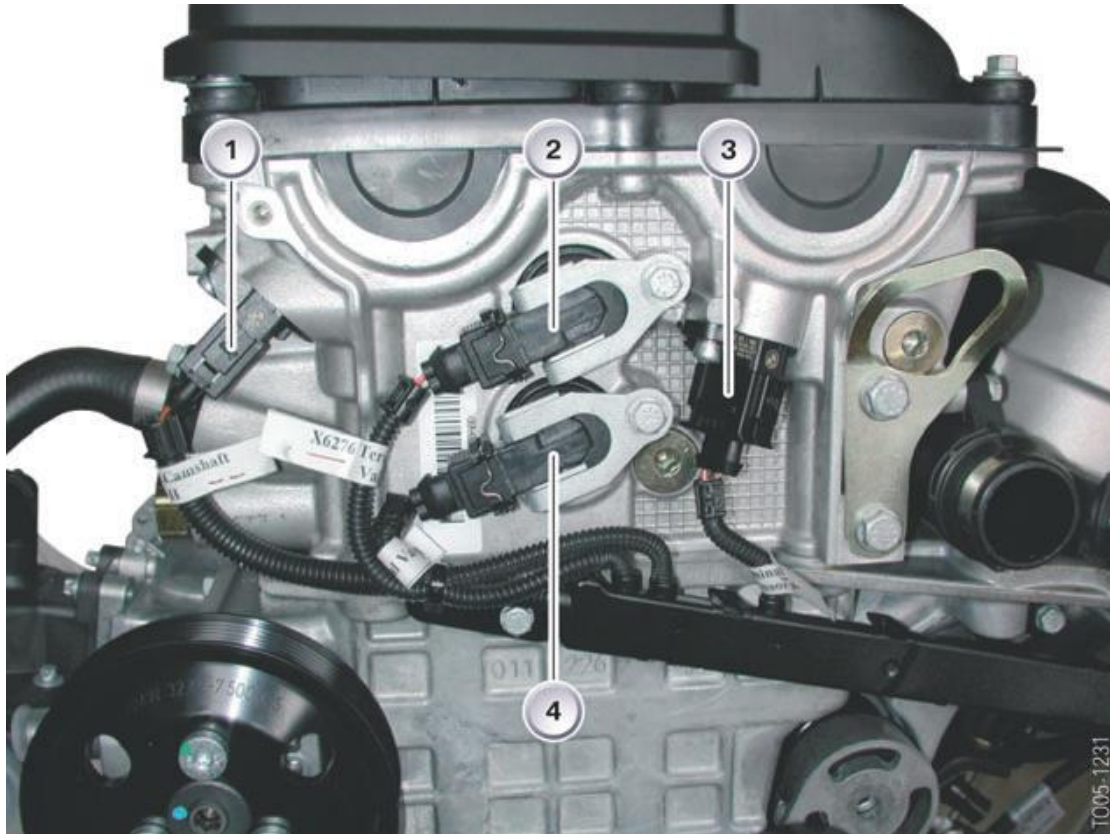
Η θέση των εκκεντροφόρων εισαγωγής και εξαγωγής ρυθμίζονται από το υδραυλικό αυτό σύστημα σε κάθε εκκεντροφόρο. Τα δύο **φράγματα** μεταξύ του εκκεντροφόρου άξονα και των εδράνων εκκεντροφόρου είναι απαραίτητα για να διασφαλιστεί η απαιτούμενη ποσότητα λαδιού. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι στερεωμένες στην κυλινδροκεφαλή με βάσης στήριξης.

Προσοχή!!!! Οι βάσεις στήριξης δεν πρέπει να στραβώσουν.

Ο χρόνος ρύθμισης για τις 60° περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα είναι περίπου 300 ms. Ο χρόνος αυτός ισχύει για όλα τα συστήματα VANOS με υδραυλικό κινητήρα περρυγίου ή κινητήρα ταλάντωσης.

### **Σχεδιασμός και λειτουργία**

Παρακάτω παρουσιάζεται η θέση των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων και τον αισθητήρων εκκεντροφόρων στον κινητήρα N42.



Εικόνα 37 Θέση ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων και αισθητήρων εκκεντροφόρου  
 (Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>
<b>1</b>	<i>Αισθητήρας εκκεντροφόρου εξαγωγής</i>	<b>3</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>2</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>	<b>4</b>	<i>Αισθητήρας εκκεντροφόρου εισαγωγής.</i>

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα στοιχείο του υδραυλικού κινητήρα περυγίου. Το αναγνωριστικό “EIN IN” φαίνεται ξεκάθαρα στην άκρη του εξαρτήματος. Τα εξαρτήματα VANOS για τους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής είναι διαφορετικά και για το λόγο αυτό υπάρχουν αναγνωριστικά σημάδια.

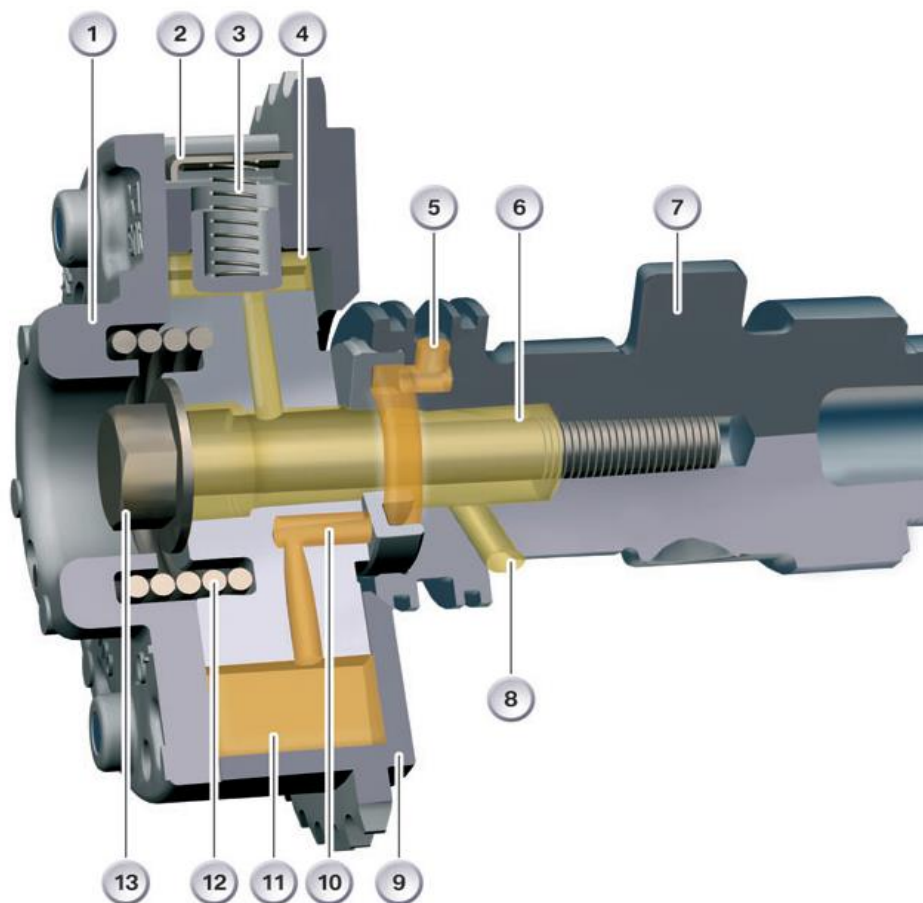
Τα εξαρτήματα του εκκεντροφόρου εξαγωγής φέρουν το αναγνωριστικό "AUS OUT". Μια μεγάλη ποικιλία από αυτά τα εξαρτήματα χρησιμοποιούνται σε

διάφορους κινητήρες. Μέχρι τη στιγμή που μπορούσαν οι μηχανικοί να διακρίνουν οπτικά τα εξαρτήματα, έπρεπε να ελέγχεται ο αριθμός πλαισίου, διότι η τοποθέτηση ενός εξαρτήματος σε λάθος θέση μπορούσε να οδηγήσει σε σοβαρή βλάβη του κινητήρα.



*Εικόνα 38 Εξάρτημα VANOS με ευδιάκριτα αναγνωριστικά*

*(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)*



Εικόνα 39 Υδραυλικός κινητήρας περυσγίων

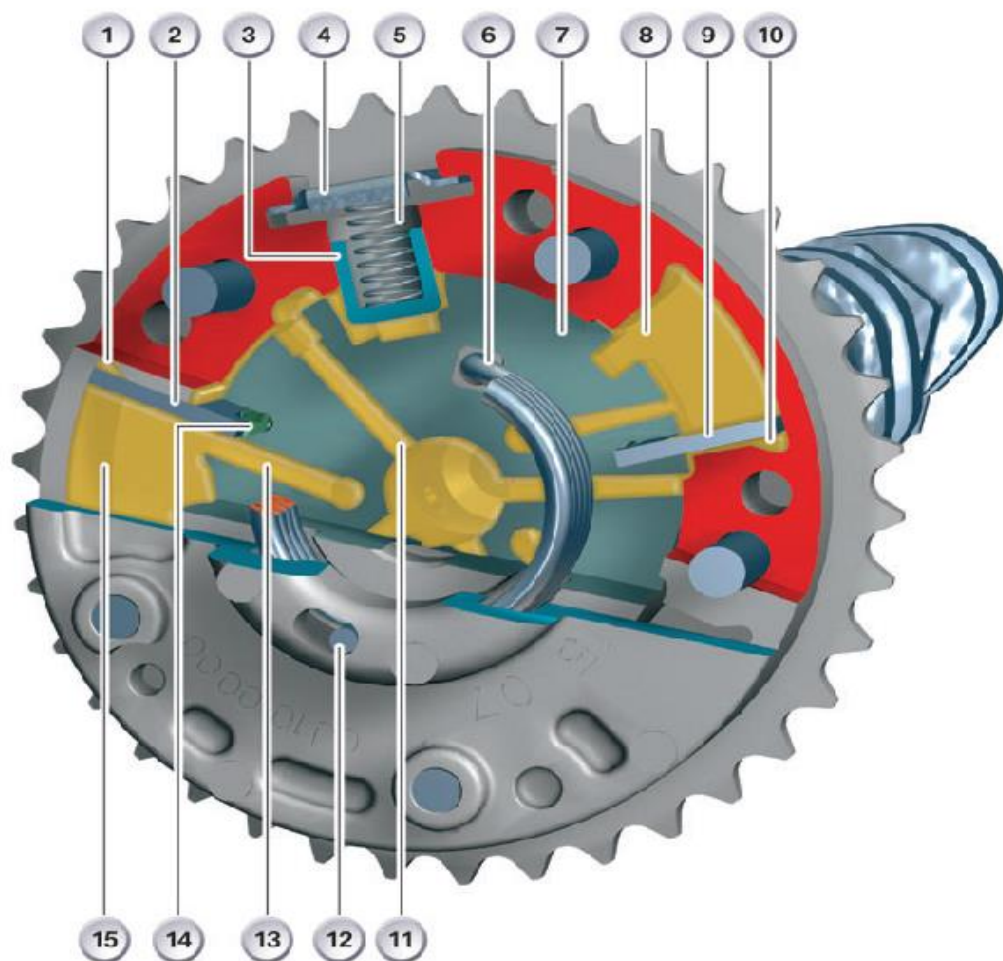
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Μπροστινή πλάκα	8	Κανάλι λαδιού
2	Πλάκα συγκράτησης	9	Περίβλημα γραναζιού
3	Ελατήριο κλειδώματος	10	Κανάλι λαδιού
4	Θάλαμος πίεσης προώθησης	11	Θάλαμος πίεσης για επιβράδυνση
5	Κανάλι λαδιού	12	Στροφικό ελατήριο
6	Κανάλι λαδιού	13	Μπουλόνι στερέωσης
7	Εκκεντροφόρος άξονας		

Ένα βασικό πλεονέκτημα του κινητήρα περυγίων είναι ο απλός χρονισμός του εκκεντροφόρου. Μπορεί να συγκριθεί με τους κινητήρες χωρίς VANOS.

Ο χρονισμός είναι εύκολος και εφικτός με την χρήση του πείρου κλειδώματος (3) στο εξάρτημα VANOS. Αυτός ο πείρος ενεργοποιείται μόλις η μονάδα VANOS αποσυμπιέζεται και αναγκάζεται να εισέλθει σε θέση ασφάλισης από το στροφικό ελατήριο (12).

Το λάδι περνά μέσα από την σχετική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, μέσω της κυλινδροκεφαλής και του καναλιού λαδιού (5 ή 8) στον εκκεντροφόρο άξονα του συστήματος VANOS. Υπάρχουν ειδικές τσιμούχες λαδιού μεταξύ του εκκεντροφόρου και της κυλινδροκεφαλής οι οποίες δεν επιτρέπουν την εισαγωγή/εξαγωγή λαδιού στα κανάλια λαδιού και από τον εκκεντροφόρο.



Εικόνα 40 Υδραυλικός κινητήρας περυγίων

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

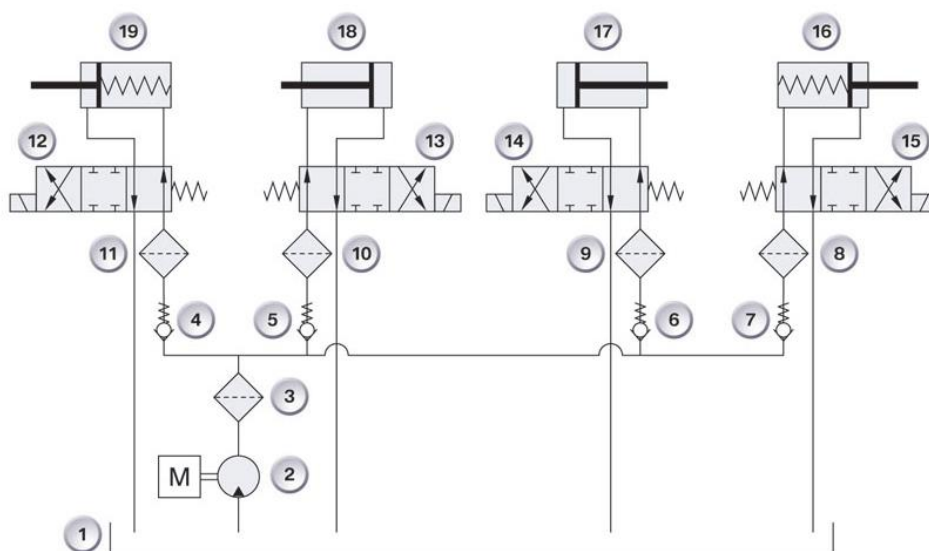
<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>
<b>1</b>	<i>Θάλαμος πίεσης προώθησης</i>	<b>9</b>	<i>Πτερύγιο</i>
<b>2</b>	<i>Πτερύγιο</i>	<b>10</b>	<i>Θάλαμος πίεσης προώθησης</i>
<b>3</b>	<i>Πείρος κλειδώματος</i>	<b>11</b>	<i>Κανάλι λαδιού</i>
<b>4</b>	<i>Πλάκα συγκράτησης</i>	<b>12</b>	<i>Γάντζος ελατηρίου</i>
<b>5</b>	<i>Ελατήριο κλειδώματος</i>	<b>13</b>	<i>Κανάλι λαδιού</i>
<b>6</b>	<i>Γάντζος ελατηρίου</i>	<b>14</b>	<i>Ελατήριο</i>
<b>7</b>	<i>ρότορας</i>	<b>15</b>	<i>Θάλαμος πίεσης για επιβράδυνση</i>
<b>8</b>	<i>Θάλαμος πίεσης για επιβράδυνση</i>		

Για να ρυθμιστεί το VANOS κατά την εκκίνηση του κινητήρα, το λάδι πιέζεται μέσω του καναλιού λαδιού (11) στο θάλαμο πίεσης για προώθηση (1 και 10). Η πίεση του λαδιού ωθεί τον πείρο κλειδώματος (3) προς τα έξω ενάντια στη δύναμη που ασκεί το ελατήριο κλειδώματος (5). Η πράξη αυτή απελευθερώνει το ρότορα με αποτέλεσμα η θέση του να εναλλάσσετε ανάλογα με την πίεση του λαδιού. Το λάδι από τον θάλαμο πίεση για την επιβράδυνση (8 και 15) περνάει μέσα από το κανάλι λαδιού (13), τον εκκεντροφόρο άξονα και την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα μέσα στην κυλινδροκεφαλή και στη θήκη εκκεντροφόρου. Το λάδι συμπληρώνεται μέσα στη θήκη εκκεντροφόρου επειδή το κανάλι λαδιού βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο του συστήματος λαδιού VANOS και δεν μπορεί να παραμείνει άδειο.



## Κινητήρες N62/N73

Οι κινητήρες N62 /N73 είναι επίσης εξοπλισμένοι με έναν κινητήρα με περύγια τύπου VANOS. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία τους είναι πανομοιότυπα με του κινητήρα N42. Για την μείωση της τριβής, ένα ελατήριο είναι τοποθετημένο μεταξύ του VANOS και της κίνησης αντλίας κενού.



Εικόνα 41 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρων N62, N62TU και N73

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
<b>1</b>	Κάρτερ	<b>11</b>	Φίλτρο
<b>2</b>	Αντλία λαδιού	<b>12</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
<b>3</b>	Φίλτρο λαδιού	<b>13</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
<b>4</b>	Βαλβίδα αντεπιστροφής	<b>14</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική

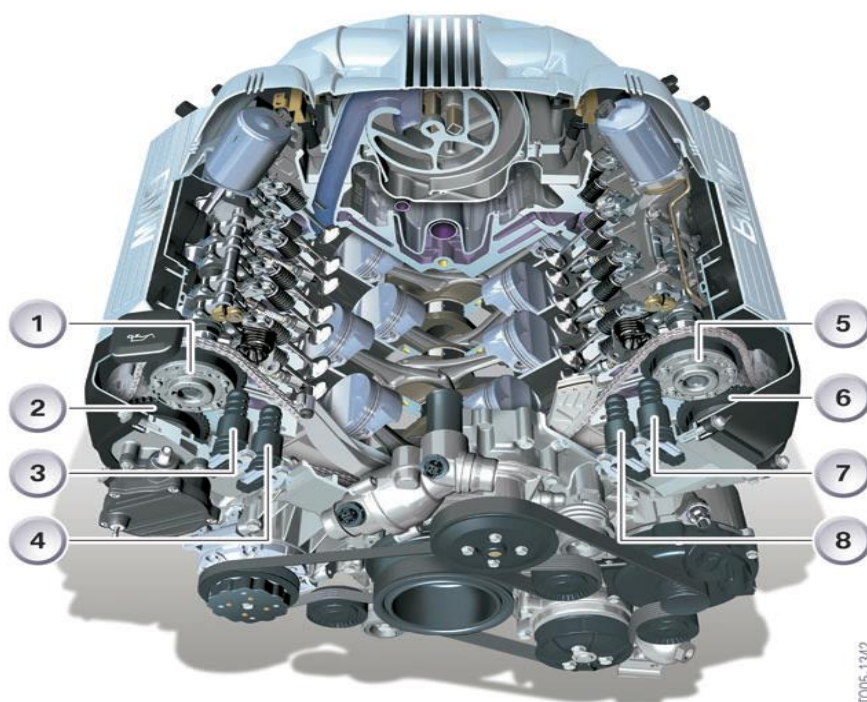
			<i>βαλβίδα)</i>
<b>5</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>15</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>6</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>16</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυγίων</i>
<b>7</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>17</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυγίων</i>
<b>8</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>18</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυγίων</i>
<b>9</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>19</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυγίων</i>
<b>10</b>	<i>Φίλτρο</i>		

Η κυκλοφορία λαδιού για το σύστημα VANOS διέρχεται από το κάρτερ (1) στην αντλία λαδιού (2), στο φίλτρο λαδιού (3) και από εκεί ξεχωριστά για κάθε κυλινδροκεφαλή και για τους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής μέσω μιας βαλβίδας αντεπιστροφής (6) στερεωμένη στην κυλινδροκεφαλή, μέσω ενός φίλτρου (9) πάνω στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, και καταλήγει μέσα στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (14).

Η θέση των εκκεντροφόρων εισαγωγής και εξαγωγής ρυθμίζεται από έναν υδραυλικό κινητήρα περυγίων που υπάρχει σε κάθε εκκεντροφόρο.



## Σχεδιασμός και λειτουργία



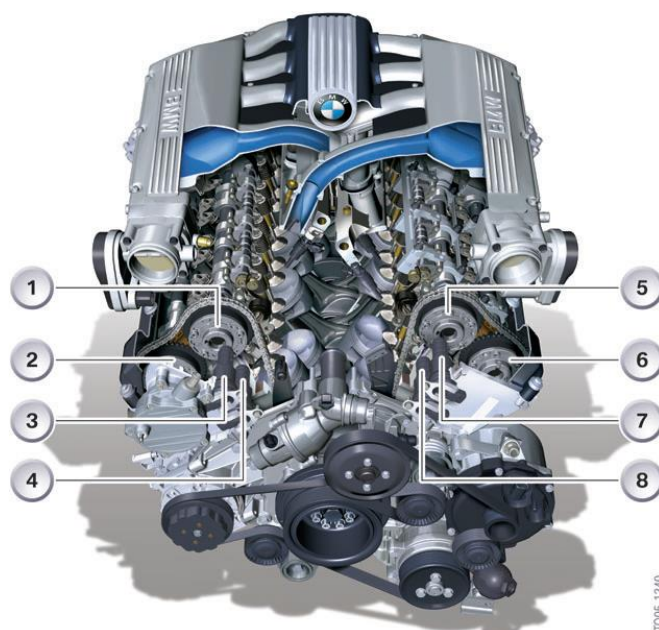
Εικόνα 42 Κινητήρας N62

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του VANOS στο συγκεκριμένο κινητήρα είναι ίδιος με των N62TU και N73 κινητήρες.

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
<b>1</b>	Υδραυλικός κινητήρας πτερυγίων	<b>5</b>	Υδραυλικός κινητήρας πτερυγίων
<b>2</b>	Υδραυλικός κινητήρας πτερυγίων	<b>6</b>	Υδραυλικός κινητήρας πτερυγίων
<b>3</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)	<b>7</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
<b>4</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)	<b>8</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)

Οι αλυσίδες χρονισμού στον κινητήρα N62 είναι αθόρυβες.



Εικόνα 43 Κινητήρας N73

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>
<b>1</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυσίων</i>	<b>5</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυσίων</i>
<b>2</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυσίων</i>	<b>6</b>	<i>Υδραυλικός κινητήρας περυσίων</i>
<b>3</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>	<b>7</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>4</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>	<b>8</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>



Εικόνα 44 Χρονισμός κινητήρα N73

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>
<b>1</b>	<i>Μονάδα VANOS για εκκεντροφόρο εξαγωγής, κύλινδρος 1</i>	<b>3</b>	<i>Μονάδα VANOS για εκκεντροφόρο εισαγωγής, κύλινδρος 2</i>
<b>2</b>	<i>Μονάδα VANOS για εκκεντροφόρο εισαγωγής, κύλινδρος 1</i>	<b>4</b>	<i>Μονάδα VANOS για εκκεντροφόρο εξαγωγής, κύλινδρος 2</i>

#### 7.4. Απείρως Μεταβλητός χρονισμός υψηλής πίεσης εισόδου VANOS

##### Κινητήρας S50B30

Περίπου την ίδια περίοδο που το σύστημα VANOS δύο θέσεων λειτουργίας εκκεντροφόρου εισαγωγής παρουσιάστηκε, οι κινητήρες M ήταν εφοδιασμένοι με μεταβλητό χρονισμό εισόδου υψηλής πίεσης VANOS. Πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελεί ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για τον χρονισμό. Αυτό σημαίνει ότι είναι ο καλύτερος και ακριβέστερος έλεγχος σε σύγκριση με το πρότυπο VANOS. Με τη χρήση του μεταβλητού χρονισμού υψηλής πίεσης εισόδου, το σύστημα VANOS καθορίζει τη λειτουργία της ταχύτητας του κινητήρα.

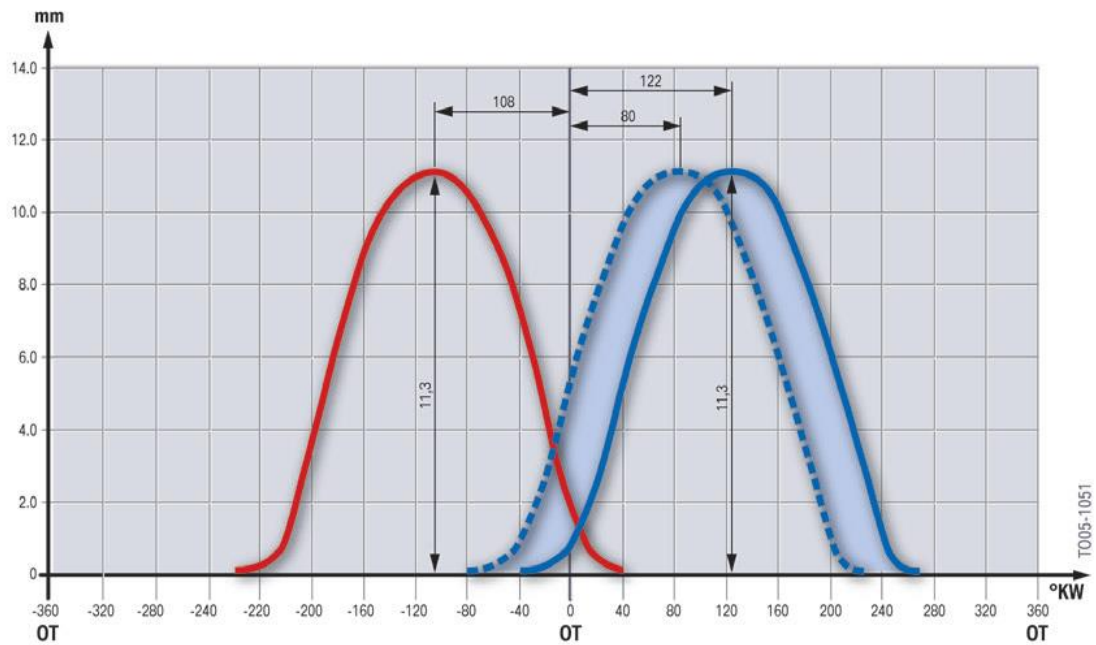


Εικόνα 45 Κινητήρας S50B30

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

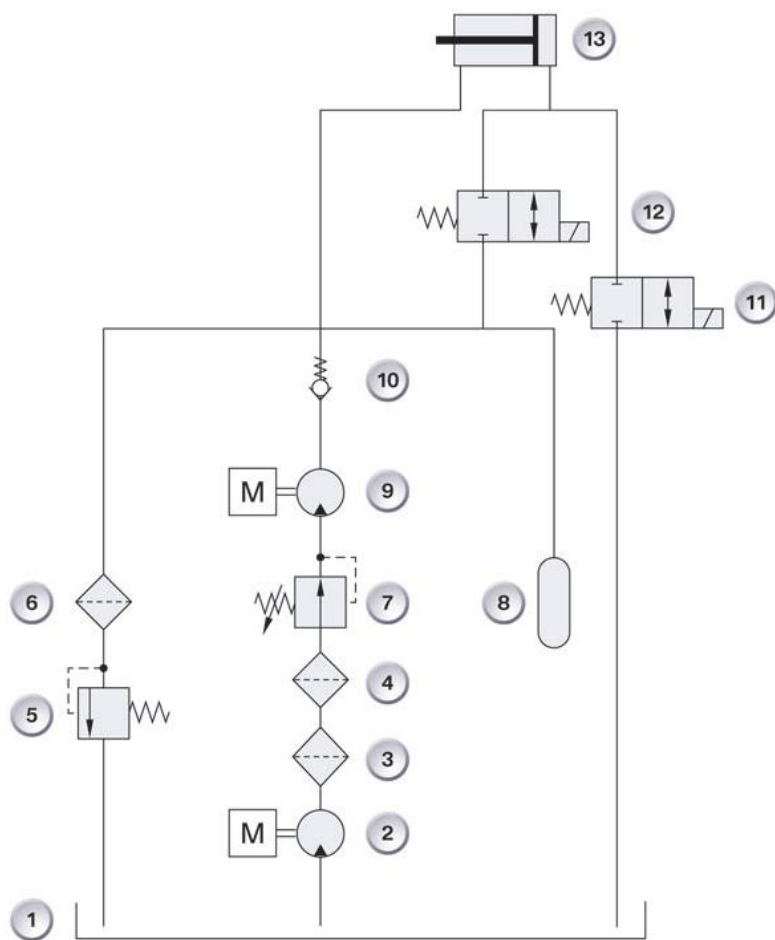
Με την εισαγωγή του E63 M3 μια νέα γενιά συστημάτων VANOS παρουσιάστηκε. Το ειδικό χαρακτηριστικό της γενιάς αυτής είναι ότι εξαιτίας της διαχείρισης των υπολογισμών από την ECU, η εφαρμογή των ρυθμίσεων στον κινητήρα είναι ταχύτερη. Ένας συνεισφέρων παράγοντας σε αυτή τη ταχύτητα του VANOS είναι η υψηλή πίεση λαδιού στα 100 bar. Η λειτουργία περιορισμού της ταχύτητας πραγματοποιείται από το σύστημα VANOS. Σε ένα τυπικό VANOS ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται 200° το δευτερόλεπτο. Με το σύστημα υψηλής πίεσης εισαγωγής το ποσοστό είναι περίπου 1000° το δευτερόλεπτο και η θερμοκρασία λαδιού μεταξύ 20° C και

80° C. Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζει το εύρος ρύθμισης της εισόδου VANOS. Το πλεονέκτημα του ταχύτερου χρόνου απόκρισης δεν μπορεί να αναπαρασταθεί στο γράφημα.



Γράφημα 6 Γράφημα χρονισμού βαλβίδων κινητήρα S50B30

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)



Εικόνα 46 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος S50B30 κινητήρα

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Ελαιολεκάνη (Κάρτερ)	8	Συσσωρευτής πίεσης
2	Αντλία λαδιού	9	Αντλία υψηλής πίεσης
3	Φίλτρο λαδιού	10	Βαλβίδα αντεπιστροφής
4	Φίλτρο	11	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
5	Βαλβίδα περιορισμού πίεσης	12	Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)



			<i>βαλβίδα)</i>
<b>6</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>13</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>
<b>7</b>	<i>Βαλβίδα εισαγωγής</i>		

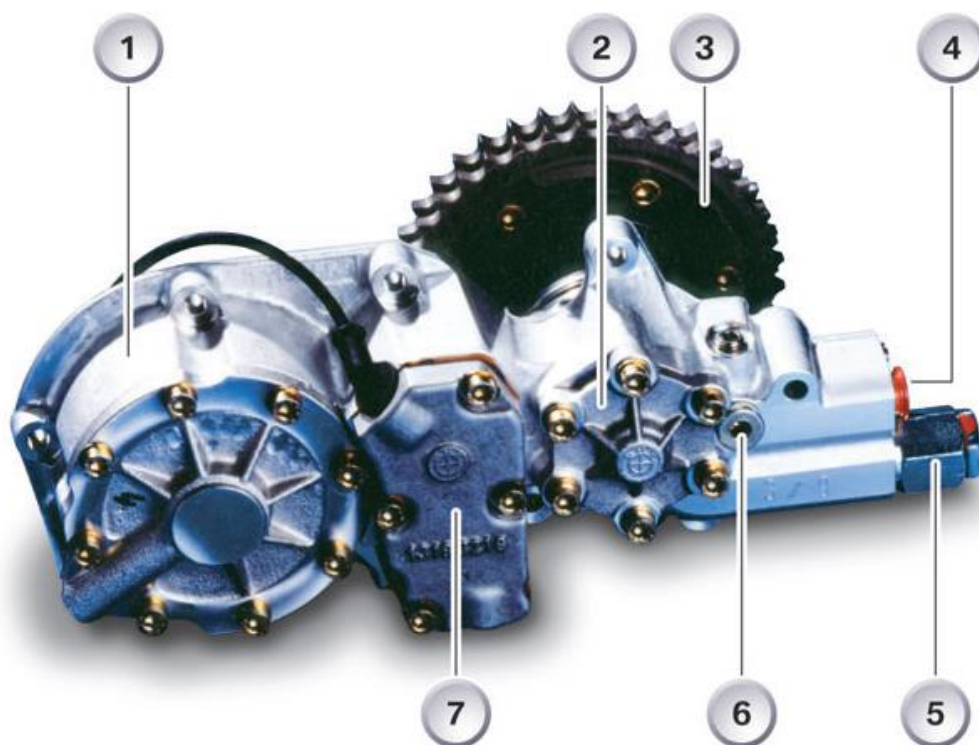
Η κυκλοφορία λαδιού στο σύστημα VANOS ξεκινάει από το κάρτερ (1), διέρχεται στην αντλία λαδιού (2), στο φίλτρο λαδιού (3) και από εκεί, μέσω ενός φίλτρου (4) ενσωματωμένου στη βαλβίδα εισαγωγής (7), στην αντλία υψηλής πίεσης (9) μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής (10).

Όταν η πίεση φτάνει περίπου 100 bar, το λάδι περνάει μέσα από το συσσωρευτή πίεσης (8). Το πλεόνασμά του διοχετεύεται μέσω ενός φίλτρου (6) στην βαλβίδα περιορισμού πίεσης (5), η οποία περιορίζει τη πίεση στα 100 bar και διοχετεύει το πλεόνασμα στο κάρτερ.

Το λάδι από την αντλία υψηλής πίεσης (9) πηγαίνει προς το έμβολο ελέγχου VANOS (13) καθώς και στις δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. (12 και 11). Το έμβολο ελέγχου VANOS (13) κινείται προς τα έξω μόλις τεθεί σε λειτουργία η πρώτη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (12) και στέλνει το 100 bar πιεσμένο λάδι στην άλλη πλευρά του εμβόλου ελέγχου VANOS.

Καθώς η ίδια πίεση εφαρμόζεται και στις δύο πλευρές του εμβόλου ελέγχου VANOS (13), το έμβολο κινείται μόνο στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαφορά πίεσης στις δύο πλευρές του. Το λάδι, από το μικρότερο θάλαμο εμβόλου επιστρέφει στο κύκλωμα υψηλής πίεσης. Κατά το κλείσιμο της πρώτης ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας (12) το έμβολο σταθεροποιείται σε μία θέση. Για να ανασυρθεί, ανοίγει η δεύτερη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (11), απελευθερώνοντας την πίεση επιτρέποντας το λάδι να επιστρέψει στο κάρτερ.

## Σχεδιασμός και λειτουργία



Εικόνα 47 Σύστημα VANOS στον κινητήρα S50B30

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

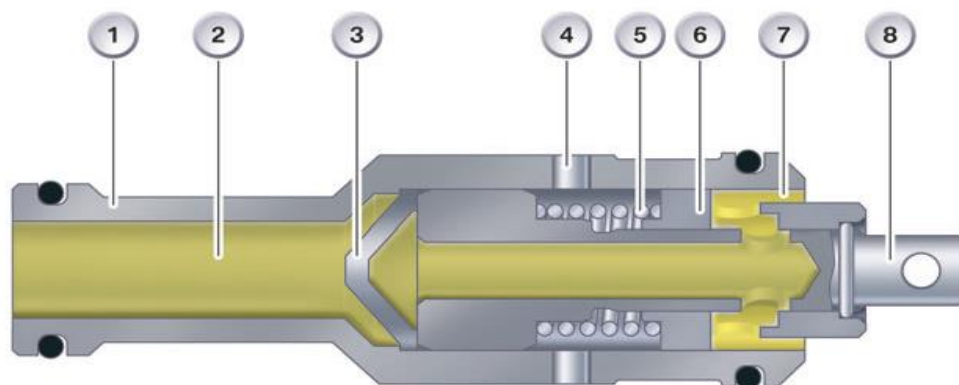
Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
<b>1</b>	Αντλία υψηλής πίεσης	<b>5</b>	Βαλβίδα περιορισμού πίεσης
<b>2</b>	Μηχανισμός VANOS	<b>6</b>	Φίλτρο
<b>3</b>	Οδοντωτή αλυσίδα εκκεντροφόρου εισαγωγής	<b>7</b>	Σύστημα ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας
<b>4</b>	Σύνδεση με συσσωρευτή πίεσης		



Η αντλία υψηλής πίεσης (1) για να παράγει πίεση 100 bar οδηγείται από τον εκκεντροφόρο εξαγωγής. Η αντλία υψηλής πίεσης είναι μια αντλία με ακτινωτά έμβολα. Μια βαλβίδα αντεπιστροφής είναι συνδεδεμένη κάτω από την αντλία υψηλής πίεσης ώστε να εμποδίζει τη ροή λαδιού από το θάλαμο υψηλής πίεσης στο θάλαμο εμβόλου όταν αυτός δεν είναι γεμάτος. Μια βλάβη της βαλβίδας αντεπιστροφής θα οδηγήσει σε αύξηση της πίεσης και θα υπάρξει μείωση της απαιτούμενης ισχύς για την αντλία υψηλής πίεσης εξαιτίας της τριβής.

Η βαλβίδα εισαγωγής εξασφαλίζει ότι ο ρυθμός εισαγωγής λαδιού καθώς και η παρεχόμενη πίεση παραμένουν σταθερά σε όλο το κύκλο του λαδιού στον κινητήρα.

Στον S50 κινητήρα, η βαλβίδα τοποθετείται κάτω από την κυλινδροκεφαλή. Στον κινητήρα S54, είναι τοποθετημένη μεταξύ του συστήματος VANOS και της κυλινδροκεφαλής.



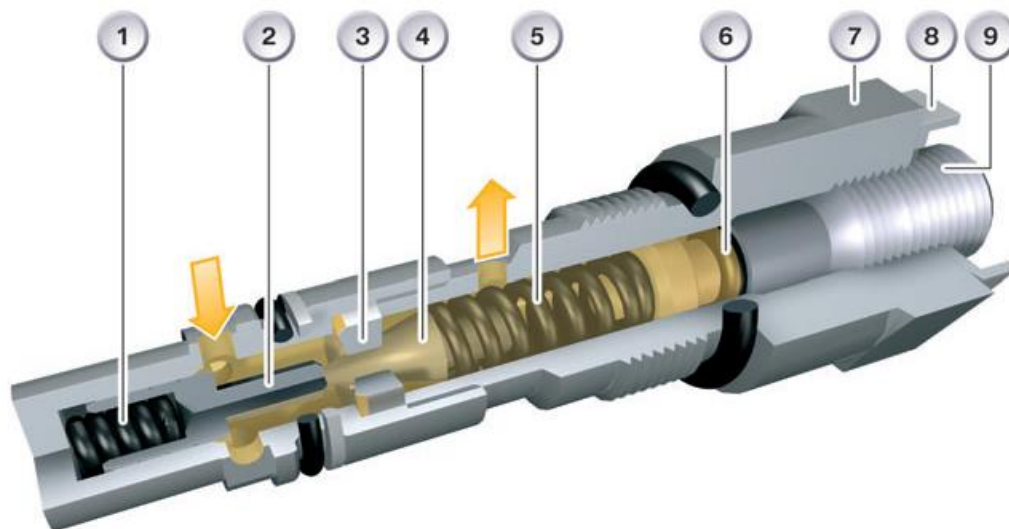
Εικόνα 48 Βαλβίδα εισαγωγής κινητήρας S54

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
<b>1</b>	Υποδοχή βαλβίδας	<b>5</b>	Ελατήριο συμπίεσης
<b>2</b>	Λάδι από το φίλτρο λαδιού του κινητήρα	<b>6</b>	Ολισθητής

3	Φίλτρο	7	Λάδι στην αντλία υψηλής πίεσης
4	Οπή	8	Έμβολο

Το λάδι από το φίλτρο λαδιού του κινητήρα (2) διέρχεται μέσω της υποδοχής βαλβίδας (1) στο φίλτρο (3). Δουλειά του φίλτρου είναι να προστατεύει την βαλβίδα εισαγωγής, την αντλία υψηλής πίεσης και το σύστημα VANOS από σωματίδια σκόνης μεγαλύτερα των 80 μm. Το αριστερό άκρο της βαλβίδας εισαγωγής τοποθετείται στην κυλινδροκεφαλή και το δεξί άκρο στο σύστημα VANOS. Το έμβολο (8) έρχεται σε επαφή με το σύστημα VANOS. Μόνο εάν μια μικρή ποσότητα λαδιού απαιτείται, η πίεση του λαδιού (7) μεταξύ της βαλβίδας και της αντλίας υψηλής πίεσης αυξάνεται έτσι ώστε ο ολισθητήρας (6) να ωθείται στα αριστερά στο ελατήριο συμπίεσης (5), μειώνοντας έτσι το χώρο μεταξύ του εμβόλου (8) και του ολισθητήρα (6). Μόνο μια μικρή ποσότητα λαδιού μπορεί να συνεχίσει να ρέει μέσω της βαλβίδας εισαγωγής. Η οπή είναι απαραίτητη έτσι ώστε η πίεση του περιβάλλοντος να εξισώνεται με την πίεση από την κίνηση του ολισθητήρα.



Εικόνα 49 Βαλβίδα περιορισμού πίεσης κινητήρα S50B30

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>
<b>1</b>	<i>Ελατήριο συμπίεσης</i>	<b>6</b>	<i>Δακτύλιος στεγανοποίησης</i>
<b>2</b>	<i>Έμβολο αποσβεστήρα</i>	<b>7</b>	<i>Συγκρατητής</i>
<b>3</b>	<i>Πλακέτα στεγανοποίησης</i>	<b>8</b>	<i>Κόντρα παξιμάδι</i>
<b>4</b>	<i>Κώνος στεγανοποίησης</i>	<b>9</b>	<i>Έμβολο ρύθμισης</i>
<b>5</b>	<i>Ελατήριο συμπίεσης</i>		

Η βαλβίδα περιορισμού πίεσης διασφαλίζει ότι μέσα στο σύστημα υπάρχει λάδι πίεσης 100 bar. Σε υψηλότερη πίεση λαδιού, το πλεόνασμα που κυκλοφορεί, επιστρέφει στον κύκλωμα λαδιού του κινητήρα μέσω του κάρτερ.

Το λάδι το οποίο διοχετεύεται από την αντλία υψηλής πίεσης διέρχεται μέσα από ένα φίλτρο το οποίο είναι τοποθετημένο στη βαλβίδα ρύθμισης πίεσης. Η πίεση εφαρμόζεται κάτω από την πλακέτα στεγανοποίησης (3) και του κώνου στεγανοποίησης (4). Εάν η πίεση ανέβει πάνω από τα όρια της πίεσης του κώνου, ο κώνος πιέζει το ελατήριο συμπίεσης και το λάδι μπορεί να διαφύγει, εξαιτίας του κενού που δημιουργείται μεταξύ της πλάκας στεγανοποίησης και του κώνου στεγανοποίησης, στο κάρτερ.

Εργοστασιακά η πίεση ανοίγματος ρυθμίζεται με τη χρήση του εμβόλου ρύθμισης (9) και παραμένει σταθερή εξαιτίας του κόντρα παξιμαδιού (8)

### **7.5. Απείρως Μεταβλητός χρονισμός υψηλής πίεσης Double VANOS**

#### **S50B32**

Η εμφάνιση του S50B32 κινητήρα έγινε τη στιγμή που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το σύστημα διπλού VANOS (Double VANOS) σε κινητήρα της BMW. Αυτό το σύστημα διπλού VANOS συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε κινητήρες M σε μια τροποποιημένη μορφή. Για τους κινητήρες αυτούς η έννοια της υψηλής πίεσης VANOS διατηρήθηκε και χρησιμοποιήθηκε μέχρι τώρα. Όλοι οι υπάρχοντες M κινητήρες είναι εφοδιασμένοι με ένα σύστημα

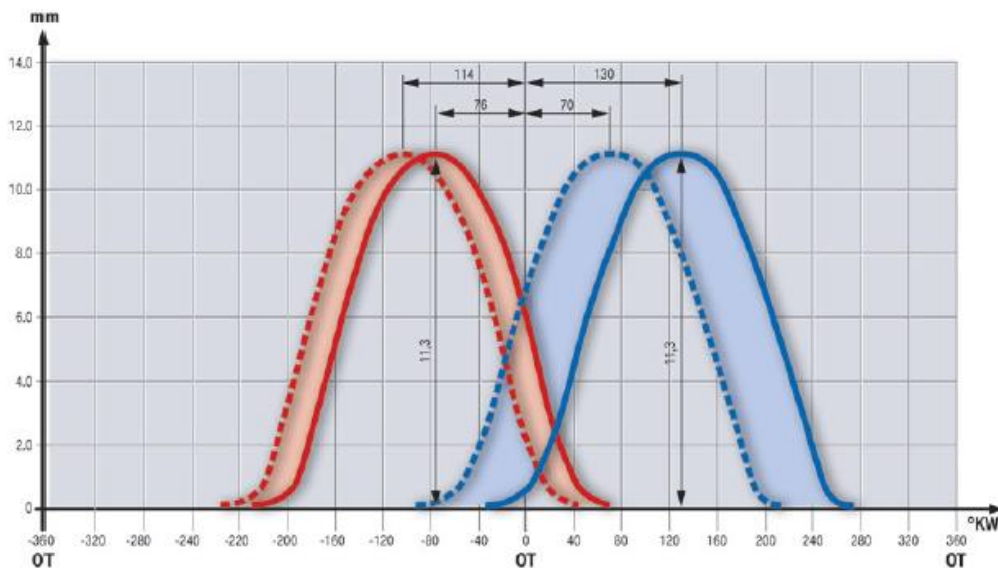
υψηλής πίεσης διπλού VANOS απείρως μεταβλητού χρονισμού. Ο χρονισμός της βαλβίδας στρέφεται προς την κατανάλωση των καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων.



Εικόνα 50 Κινητήρας S50B32

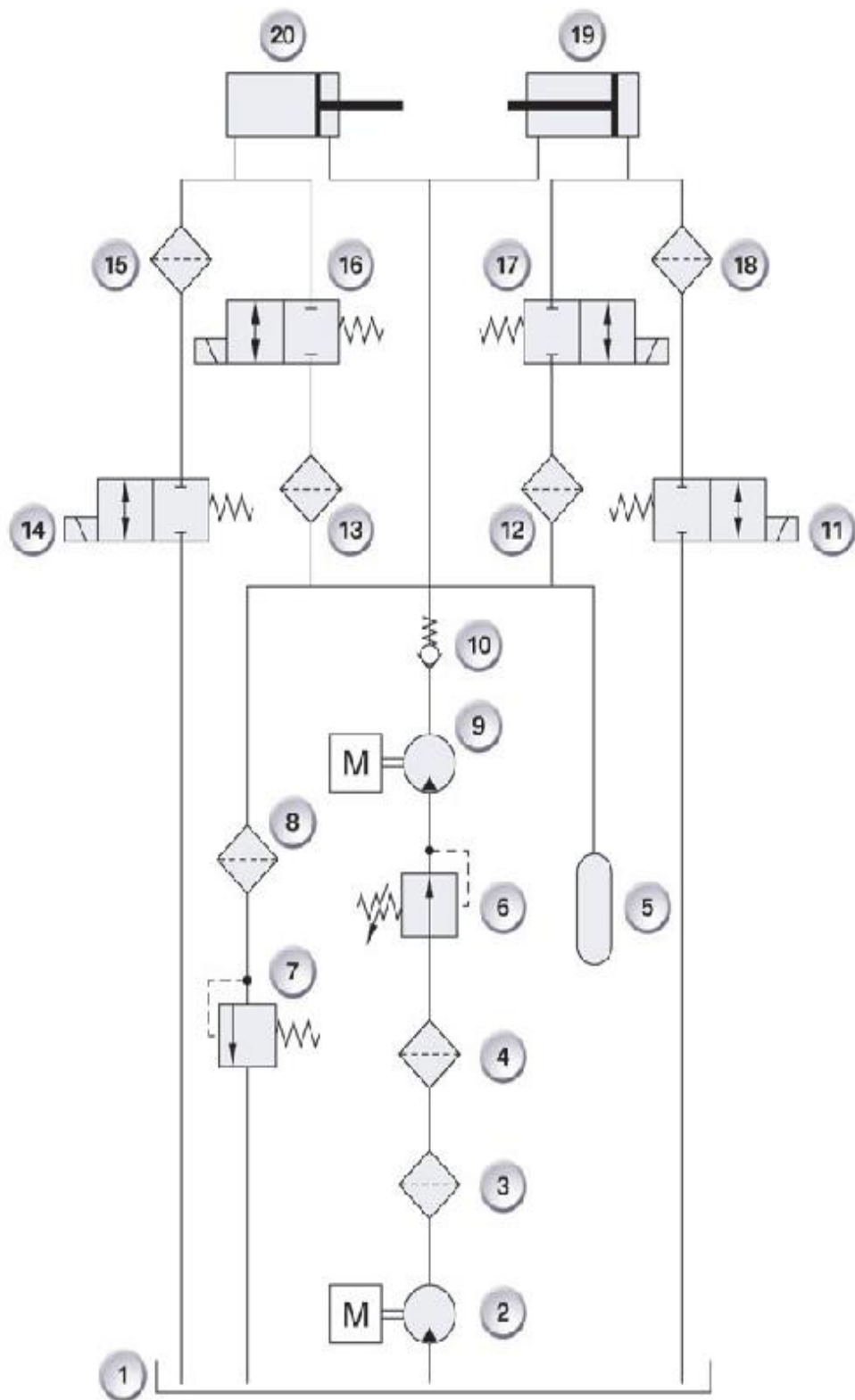
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Ως απείρως μεταβλητός χρονισμός το σύστημα υψηλής πίεσης διπλού VANOS, επέκτεινε τα οφέλη του από την απείρως μεταβλητή υψηλή πίεση εισόδου VANOS στον εκκεντροφόρο εξαγωγής.



Γράφημα 7 Γράφημα χρονισμού βαλβίδων κινητήρα S50B32

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)



Εικόνα 51 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρα S50B32

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Αρίθμηση</i>	<i>Περιγραφή</i>
<b>1</b>	<i>Ελαιολεκάνη (Κάρτερ)</i>	<b>11</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>2</b>	<i>Αντλία λαδιού</i>	<b>12</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>3</b>	<i>Φίλτρο λαδιού</i>	<b>13</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>4</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>14</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>5</b>	<i>Συσσωρευτής πίεσης</i>	<b>15</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>6</b>	<i>Βαλβίδα εισαγωγής</i>	<b>16</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>7</b>	<i>Βαλβίδα περιορισμού πίεσης</i>	<b>17</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>8</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>18</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>9</b>	<i>Αντλία υψηλής πίεσης</i>	<b>19</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>
<b>10</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>20</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>

Το κύκλωμα λαδιού για το σύστημα VANOS που εξετάζουμε έχει ως εξής: το λάδι ξεκινάει από το καρτερ (1), διέρχεται στην αντλία λαδιού (2), στο φίλτρο λαδιού (3) και από εκεί, μέσω ένος φίλτρου (4) ενσωματωμένου στη βαλβίδα εισαγωγής (6), στην αντλία υψηλής πίεσης (9) και μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής (10).

Στον κινητήρα S50B32 η βαλβίδα εισαγωγής (6) είναι βιδωμένη κάτω από την κυλινδροκεφαλή. Σε πίεση περίπου 100 bar το λάδι περνάει στον συσσωρευτή πίεσης (5). Οποιοδήποτε πλεόνασμα λαδιού διανέμεται μέσω ενός φίλτρου (8) στην βαλβίδα περιορισμού πίεσης (7), η οποία περιορίζει την πίεση λαδιού στα 100 bar και επιστρέφει το πλεόνασμα στο καρτερ. Το λάδι από την αντλία υψηλής πίεσης, πηγαίνει στα έμβολα ελέγχου VANOS (19 και 20) καθώς και στην πρώτη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (16 και 17) κάθε ζεύγους βαλβίδων μέσω φίλτρων (12 και 13).

Το έμβολο ελέγχου VANOS (19) για τον έναν εκκεντροφόρο ανεβαίνει προς τα επάνω μόλις η πρώτη του ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (17) τεθεί σε λειτουργία και ελέγχει την πίεση λαδιού να βρίσκεται στα 100 bar μέχρι την άλλη πλευρά του εμβόλου ελέγχου VANOS.

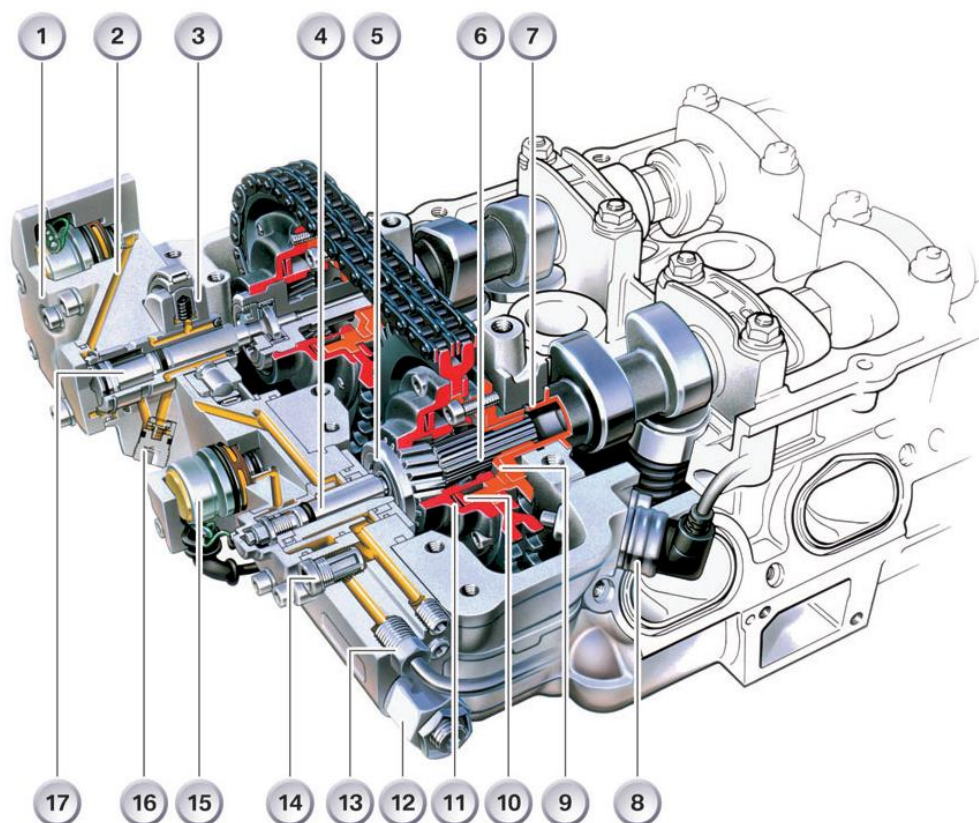
Το έμβολο ελέγχου VANOS (20) για τον άλλο εκκεντροφόρο ανεβαίνει προς τα επάνω μόλις η πρώτη του ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (16) τεθεί σε λειτουργία και ελέγχει την πίεση λαδιού να βρίσκεται στα 100 bar μέχρι την άλλη πλευρά του εμβόλου ελέγχου VANOS.

Δεδομένου ότι σε αυτές τις καταστάσεις, η ίδια πίεση λαδιού εφαρμόζεται και στις δύο πλευρές των εμβόλων ελέγχου VANOS, τα έμβολα κινούνται μόνο στην περίπτωση που υπάρξει διαφορά πίεσης στις δύο πλευρές τους. Το λάδι από το μικρότερο θάλαμο εμβόλου επιστρέφει στο κύκλωμα υψηλής πίεσης. Η θέση του εμβόλου διατηρείται κλείνοντας σε κάθε περίπτωση την πρώτη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (17 ή 16). Κατά την επαναφορά του εμβόλου σε κάθε περίπτωση, το λάδι γυρίζει πίσω στο καρτερ μέσω του φίλτρου (15 ή 18) ανοίγοντας τη δεύτερη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (11 ή 14).

Η θέση του εκκεντροφόρου ρυθμίζεται από τον ελικοειδή μηχανισμό VANOS.



## Σχεδιασμός και λειτουργία



Εικόνα 52 Κινητήρας S50B32 , σύστημα VANOS

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Τμήμα ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας εξαγωγής VANOS	10	Προφυλακτήρας
2	Κανάλι λαδιού	11	Μεταλλική πλάκα ελατηρίου
3	Αντλία υψηλής πίεσης	12	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης
4	Θάλαμος πίεσης για επιβράδυνση	13	Σύνδεσμος με συσσωρευτή πίεσης
5	Έμβολο ελέγχου VANOS	14	Φίλτρο



<b>6</b>	<i>Αυλακωτός άξονας</i>	<i>15</i>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>7</b>	<i>Οπή</i>	<i>16</i>	<i>Βαλβίδα πίεσης</i>
<b>8</b>	<i>Αισθητήρας εκκεντροφόρου εισαγωγής</i>	<i>17</i>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>
<b>9</b>	<i>Ελικοειδής δακτύλιος</i>		

Το σύστημα απείρως μεταβλητού χρονισμού υψηλής πίεσης διπλού VANOS αποτελεί μία βελτίωση του συστήματος απείρως μεταβλητού χρονισμού υψηλής πίεσης εισόδου VANOS. Η γραφική παράσταση δείχνει καθαρά ότι ο εκκεντροφόρος εξαγωγής έχει την ίδια ταχύτητα με τον εκκεντροφόρο εισαγωγής. Η μέθοδος λίπανσης του συστήματος VANOS είναι ίδια με τον κινητήρα S54B32.

Προσοχή!!!! Το φίλτρο για την βαλβίδα ελέγχου πίεσης είναι τοποθετημένο χωριστά και πρέπει να συντηρείται σύμφωνα με τις οδηγίες κατασκευαστή.

#### Κινητήρας S54

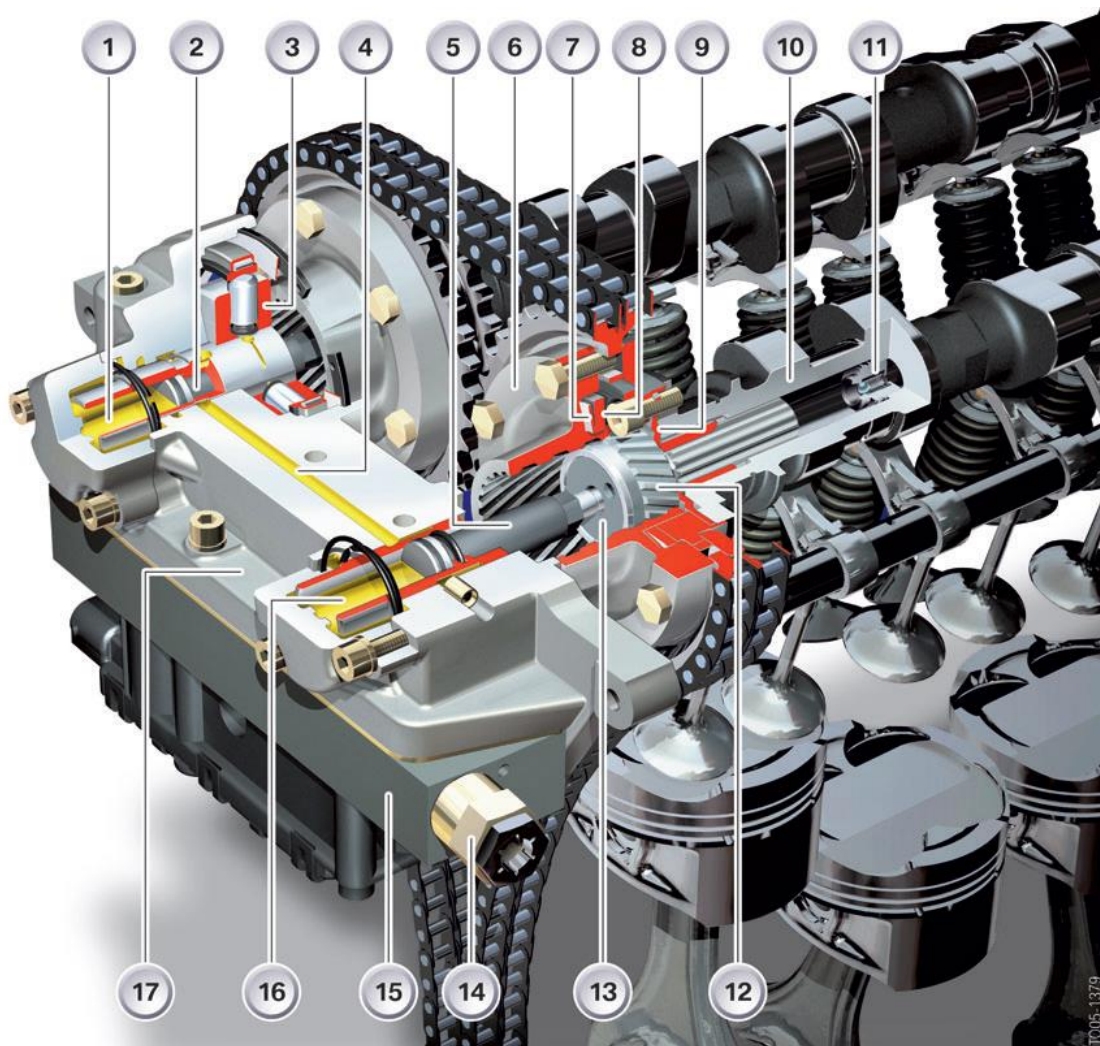
Το σύστημα VANOS στον κινητήρα M54 βετλιτώθηκε. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες βρίσκονται ομαδοποιημένες σε ένα συγκρότημα πολλαπλών βαλβίδων και κατασκευάζονται ως αναπόσπαστα τμήματα του. Τα ηλεκτρικά εξαρτήματα των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων είναι κι αυτά ομαδοποιημένα σε ένα ενιαίο τμήμα και είναι τοποθετημένα στο συγκρότημα πολλαπλών βαλβίδων με τέσσερα μπουλόνια. Οι δύο αυτές μονάδες μαζί σχηματίζουν το συγκρότημα ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων, το οποίο κι αυτό στερεώνεται με τέσσερα μπουλόνια. Η πίεση του λαδιού στο συγκεκριμένο σύστημα αυξήθηκε από 100 σε 115 bar.

### **Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος**

Το διάγραμμα του υδραυλικού κυκλώματος του κινητήρα S54B32 είναι παρόμοιο με του S50B32 κινητήρα. Η μοναδική διαφορά είναι ότι δεν υπάρχει η βαλβίδα αντεπιστροφής κάτω από την αντλία υψηλής πίεσης. Το φίλτρο για την βαλβίδα ελέγχου πίεσης σε αυτό το σύστημα είναι τοποθετημένο απευθείας στη βαλβίδα και δεν χρειάζεται αλλαγή. Η βαλβίδα εισαγωγή στον S54B32 κινητήρα είναι τοποθετημένη ανάμεσα στο σύστημα VANOS και στην κυλινδροκεφαλή. Συνδυάζεται με ένα φίλτρο το οποίο συγκρατεί τα σκουπίδια έξω από το κύκλωμα υψηλής πίεσης.

### **Λίπανση του συστήματος VANOS στον κινητήρα S54**

Για την αθόρυβη λειτουργία του συστήματος VANOS και τη λειτουργία του με όσο το δυνατό λιγότερη φθορά, απαιτείται η λίπανσή του με λάδι από το σύστημα κυκλοφορίας λαδιού. Το λάδι περνά μέσα από μια οπή του πρώτου εδράνου του εκκεντροφόρου άξονα στον εκκεντροφόρο και στον σύστημα VANOS. Όταν η ρύθμιση του VANOS προσαρμόζεται από το κύκλωμα υψηλής πίεσης, το λάδι λίπανσης στον εκκεντροφόρο αποτελεί εμπόδιο στην κίνηση του εμβόλου. Για την αποφυγή αυτού το προβλήματος υπάρχει μία βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης τοποθετημένη στον εκκεντροφόρο η οποία ενεργοποιείται σε πίεση λαδιού 4,5 bar και το λάδι διαφεύγει στο πίσω τμήμα του εκκεντροφόρου. Εξαιτίας του ότι ο εκκεντροφόρος έχει ένα ανοιχτό άκρο και ανοιχτές οπές ελέγχου το λάδι μπορεί να επιστρέψει στο σύστημα κυκλοφορίας λαδιού.



Εικόνα 53 Σύστημα VANOS σε κινητήρα S54B32

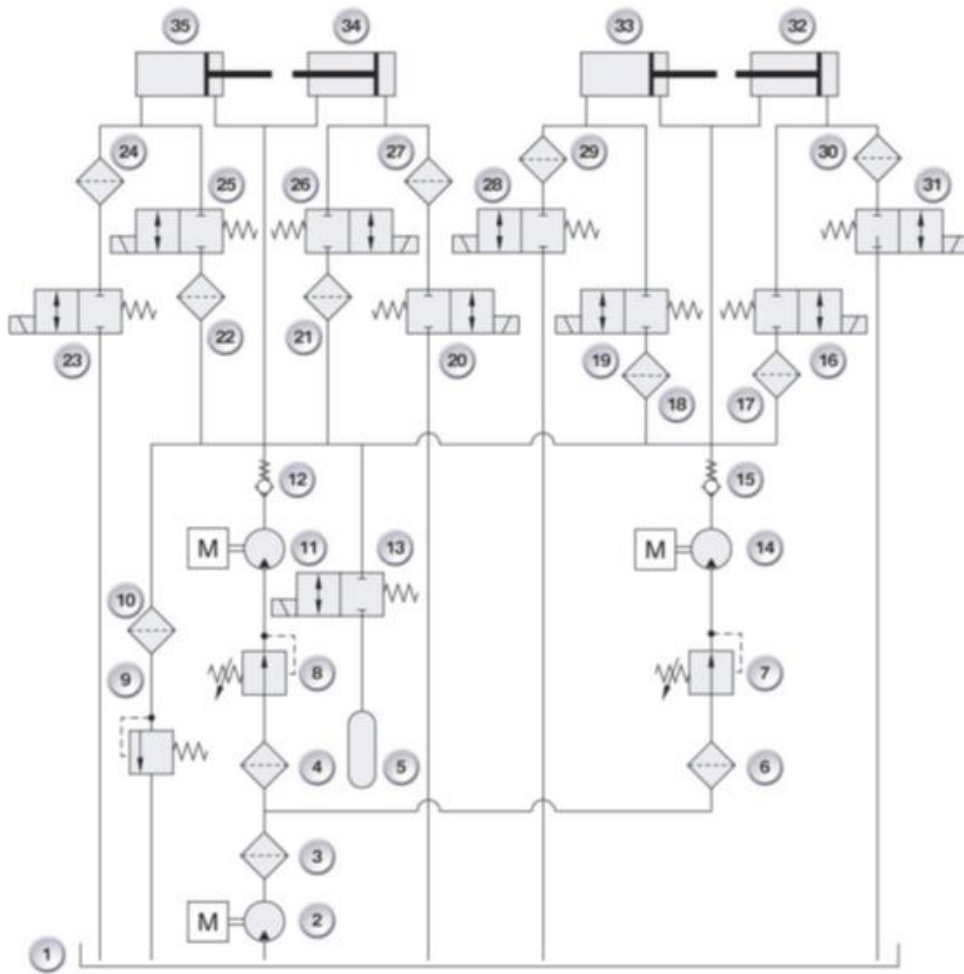
(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
1	Θάλαμος πίεσης για επιβράδυνση	10	Εκκεντροφόρος εισαγωγής
2	Έμβολο ελέγχου VANOS	11	Βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης
3	Αντλία υψηλής πίεσης	12	Αυλακωτός άξονας
4	Κανάλι λαδιού	13	Μυτερός άξονας στήριξης
5	Έμβολο ελέγχου VANOS	14	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης

<b>6</b>	<i>Σύστημα VANOS</i>	<b>15</b>	<i>Συγκρότημα βαλβίδων</i>
<b>7</b>	<i>Μεταλλική πλάκα ελατηρίου</i>	<b>16</b>	<i>Θάλαμος πίεσης προώθησης</i>
<b>8</b>	<i>Προφυλακτήρα δίσκου</i>	<b>17</b>	<i>Μονάδα ρύθμισης</i>
<b>9</b>	<i>Ελικοειδής δακτύλιος</i>		

### Κινητήρας S62

Εξαιτίας του V σχήματός του, ο κινητήρας S62 απαιτεί δύο συστήματα απείρως μεταβλητού χρονισμού υψηλής πίεσης διπλού VANOS. Η λειτουργία του είναι ίδια με του κινητήρα S50 καθώς τα συστήματα VANOS είναι παρόμοια. Το μόνο που έχει ξανα σχεδιαστεί είναι η υδραυλική μονάδα VANOS, η οποία έχει μία κεντρική μονάδα βαλβίδων με 4 ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες στο κέντρο. Η αντλία υψηλής πίεσης στο συγκεκριμένο κινητήρα οδηγείται από τον εκκεντροφόρο εξαγωγής. Ο περιορισμός της ταχύτητας πραγματοποιείται από βαλβίδες γκαζιού αντί από το σύστημα VANOS και η πίεση του λαδιού φτάνει περίπου τα 115 bar.



Εικόνα 54 Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος κινητήρα S62B50

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
<b>1</b>	Ελαιολεκάνη (Κάρτερ)	<b>19</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
<b>2</b>	Αντλία λαδιού	<b>20</b>	Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)
<b>3</b>	Φίλτρο λαδιού	<b>21</b>	Φίλτρο
<b>4</b>	Φίλτρο	<b>22</b>	Φίλτρο

<b>5</b>	<i>Συσσωρευτής πίεσης</i>	<b>23</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>6</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>24</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>7</b>	<i>Βαλβίδα εισαγωγής</i>	<b>25</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>8</b>	<i>Βαλβίδα εισαγωγής</i>	<b>26</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>9</b>	<i>Βαλβίδα ελέγχου πίεσης</i>	<b>27</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>10</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>28</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>11</b>	<i>Αντλία υψηλής πίεσης</i>	<b>29</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>12</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>30</b>	<i>Φίλτρο</i>
<b>13</b>	<i>Βαλβίδα διακοπής συσσωρευτή πίεσης</i>	<b>31</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>
<b>14</b>	<i>Αντλία υψηλής πίεσης</i>	<b>32</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>
<b>15</b>	<i>Βαλβίδα αντεπιστροφής</i>	<b>33</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>
<b>16</b>	<i>Σωληνοειδής βαλβίδα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα)</i>	<b>34</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>

<b>17</b>	<i>Φίλτρο</i>	<b>35</b>	<i>Έμβολο ελέγχου VANOS</i>
<b>18</b>	<i>Φίλτρο</i>		

Η λίπανση του συστήματος VANOS διέρχεται από το κάρτερ (1) στην αντλία λαδιού (2), στο φίλτρο λαδιού (3) κι από εκεί ξεχωριστά για κάθε τράπεζα κύλινδρου, μέσω ενός φίλτρου (4/6) τοποθετημένου στη βαλβίδα εισαγωγής, και στην βαλβίδα εισαγωγής (8/7). Στην αριστερή τράπεζα κυλίνδρων, το υπό πίεση λάδι περνά από την αντλία υψηλής πίεσης (11) μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής (12) και της βαλβίδας διακοπής συσσωρευτή πίεσης (13) στον συσσωρευτή πίεσης (5), καθώς και απευθείας στα δύο έμβολα ελέγχου VANOS (35) και μέσω φίλτρων (22 και 21) στην πρώτη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (25 και 26) σε κάθε ζεύγος βαλβίδων. Το περισσευούμενο λάδι επιστρέφει στο κάρτερ μέσω φίλτρου (10) και της βαλβίδας ελέγχου πίεσης (9).

Το έμβολο ελέγχου VANOS (35/34) για κάθε έναν εκκεντροφόρο ανεβαίνει προς τα επάνω μόλις η πρώτη του ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (25/26) τεθεί σε λειτουργία και ελέγχει την πίεση λαδιού να βρίσκεται στα 115 bar μέχρι την άλλη πλευρά του εμβόλου ελέγχου VANOS.

Δεδομένου ότι σε αυτές τις καταστάσεις, η ίδια πίεση λαδιού εφαρμόζεται και στις δύο πλευρές των εμβόλων ελέγχου VANOS, τα έμβολα κινούνται μόνο στην περίπτωση που υπάρξει διαφορά πίεσης στις δύο πλευρές τους. Το λάδι από το μικρότερο θάλαμο εμβόλου επιστρέφει στο κύκλωμα υψηλής πίεσης. Η θέση του εμβόλου διατηρείται κλείνοντας σε κάθε περίπτωση την πρώτη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (25/26). Κατά την επαναφορά του εμβόλου σε κάθε περίπτωση, το λάδι γυρίζει πίσω στο κάρτερ μέσω του φίλτρου (24 ή 27) ανοίγοντας τη δεύτερη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (23 ή 20).

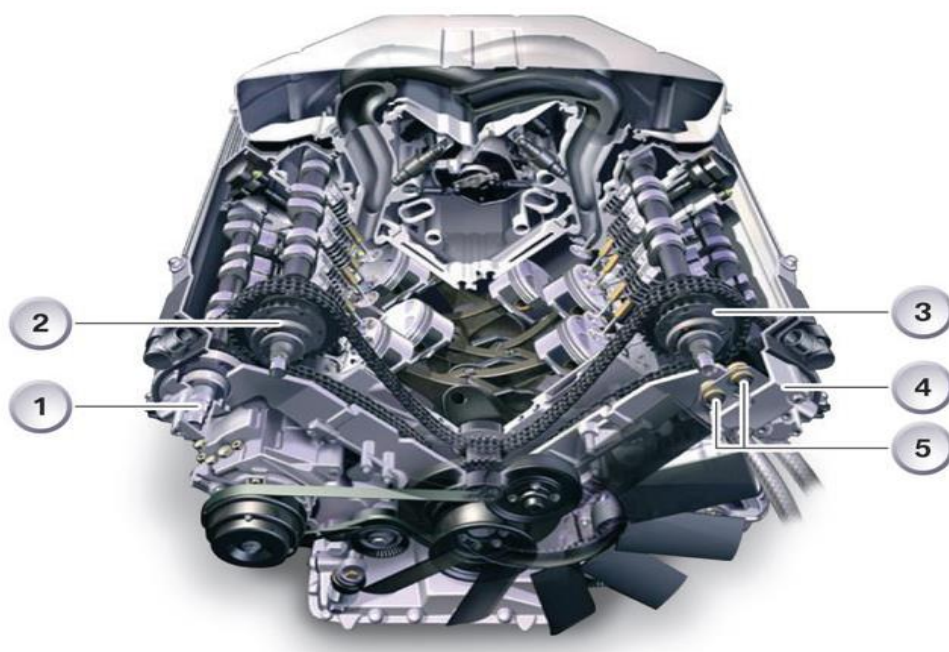
Η θέση του εκκεντροφόρου ρυθμίζεται από τον ελικοειδή μηχανισμό VANOS.



## Σχεδιασμός και λειτουργία

Ο σκοπός της βαλβίδας διακοπής του συσσωρευτή πίεσης είναι η διατήρηση της πίεσης στο συσσωρευτή όταν ο κινητήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο κινητήρας τεθεί σε λειτουργία, η βαλβίδα θα ανοίξει, με αποτέλεσμα η πίεση να είναι διαθέσιμη στο σύστημα. Χωρίς τη συγκεκριμένη βαλβίδα, το σύστημα VANOS θα δημιουργούσε θόρυβο στα πρώτα 3-7 δευτερόλεπτα λειτουργίας του κινητήρα εξαιτίας της έλλειψης πίεσης του συστήματος.

Παρακάτω φαίνεται ένα σύστημα VANOS του κινητήρα S62.



Εικόνα 55 Κινητήρας S62

(Πηγή: BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen)

Αρίθμηση	Περιγραφή	Αρίθμηση	Περιγραφή
<b>1</b>	Έμβολο ελέγχου VANOS	<b>4</b>	Μονάδα VANOS
<b>2</b>	Σύστημα VANOS	<b>5</b>	Σωληνοειδής βαλβίδες (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδες)
<b>3</b>	Σύστημα VANOS		



## 8. Επίλογος

Η απόδοση, η ροπή, τα χαρακτηριστικά του ρελαντί και οι μείωση εκπομπών ρύπων ήταν οι λόγοι για τους οποίους δημιουργήθηκε και εξελίχθηκε ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων. Το VVT είναι ένας γενικός όρος που περιέχει διάφορες πρακτικές οι οποίες επιτρέπουν την αλλαγή της προώθησης, την επικάλυψη και σε μερικές περιπτώσεις, ακόμη και τη διάρκεια και την βύθιση των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής ενός τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης κατά την λειτουργία του. Η τεχνολογία αυτή αναπτύσσεται για περισσότερο από έναν αιώνα όμως μόνο τα τελευταία 20 χρόνια, με την εμφάνιση των εξελιγμένων ηλεκτρονικών αισθητήρων και τα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης, κατέστη αποτελεσματική.

Όλες οι γενιές του VANOS συνέφεραν στην ανώτερη απόδοση των χαρακτηριστικών των κινητήρων των οχημάτων της BMW. Όμως καθώς περνά ο καιρός, και όπως συμβαίνει στις αυτοβιομηχανίες, διαπιστώνονται κάποια ελαττώματα τα οποία φροντίζουν ώστε να λύνονται γρήγορα με αποτέλεσμα να ευνοείται ο καταναλωτής. Οι μονάδες VANOS είναι τοποθετημένες απευθείας στο μπροστινό μέρος των εκκεντροφόρων και ρυθμίζουν τον χρονισμό των εκκεντροφόρων εισαγωγής και εξαγωγής σε όλο το εύρος διάδοσης από την επιβράδυνση στην προώθηση.

Η μονάδα ECM ελέγχει τη λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων VANOS οι οποίες ρυθμίζουν την πίεση του λαδιού που απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων VANOS. Θερμοκρασία, στροφές του κινητήρα και φορτίο χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση της λειτουργίας του VANOS.

## 9. Βιβλιογραφία

### 9.1. Βιβλία

Αγερίδης Γ., Ρώσσης Κ. και Καραμπίλας Π.: Μηχανές εσωτερικής καύσης I (2019), εκδόσεις: ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ

Κλιάνης Α., Νικολάου Κ. και Σιδέρη Ι.: Μηχανές εσωτερικής καύσεως τόμος πρώτος (2017), εκδόσεις: «ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ»

Χασιώτης Π.: Μηχανές εσωτερικής Καύσης II (2008), εκδόσεις: «Ιων»

Κυριάκης Ν.: Μηχανές εσωτερικής καύσης – εισαγωγή στη λειτουργία και στη χρήση (2011), εκδόσεις: «ΣΟΦΙΑ»

### 9.2. Ηλεκτρονικές πηγές

[https://www.tosynergeio.gr/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=133:2010-05-21-10-58-31](https://www.tosynergeio.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=133:2010-05-21-10-58-31)

[https://www.mototriti.gr/motoaccessories/news/data/synthrhsh-motosikletas/Ti-einai-o-metablhtos-xronismos-balbidwn\\_123639.asp](https://www.mototriti.gr/motoaccessories/news/data/synthrhsh-motosikletas/Ti-einai-o-metablhtos-xronismos-balbidwn_123639.asp)

<https://www.powermag.gr/el/tune%20it-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%82-%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82.html>

[https://www.autotriti.gr/autoaccessories/news/data/accessories/Ksereis-ti-einai-o-metablhtos-xronismos\\_174225.asp](https://www.autotriti.gr/autoaccessories/news/data/accessories/Ksereis-ti-einai-o-metablhtos-xronismos_174225.asp)

<https://www.caroto.gr/2009/04/20/vvt-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%8D->

*%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D/*

### **9.3. Προπτυχιακές-Μεταπτυχιακές-Διδακτορικές Διατριβές**

*Παλιούρας Χρήστος: Σύγχρονες τάσεις αυτοκίνησης και μεταβλητός χρονισμός (2014), TEI AMΘ*

*Καλοειδάς Γεώργιος: Κατασκευή μοντέλου συστήματος μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων μηχανών εσωτερικής καύσης (2012), TEI ΚΡΗΤΗΣ*

*Γιαννακόπουλος Δ.: Συστήματα υπερπλήρωσης στις ΜΕΚ (2014), TEI Κρήτης*

*Στελλας Ν.: Κατασκευή εκπαιδευτικών μοντέλων διδασκαλίας ΜΕΚ (2016), ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ.*

### **9.4. Άρθρα (pdf)**

*Chehroudi B.: Variable Valve Timing and Lift: The Rationale (1196), ResearchGate*

*BMW Service: VANOS – Product information (2005), BMW Group, Munchen*

*Hong H., Parvate-Patil G. and Gordon B.: Review and analysis of variable valve timing strategies – eight ways to approach*

*Shelton P.: A review of Variable Valve Timing Devices (2008), Universal of Arkansas*

*Davis M.: Variable Valve Timing – The next phase*

*Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG: Valve Train Components Technology and Failure Diagnosis (2012)*

*Sabaruddin A., Wiriadidjaja S., Rafie A., Romli F. and Djojodihardjo H.: Engine optimization by using Variable Valve Timing System at low engine revolution (2015), ARPN vol. 10, No 20, 2015*