

Moduł 4

Układ rozrządu

- 1. Konstrukcja układu rozrządu**
 - 1.1. Zasada działania**
 - 1.2. Nowoczesne rozwiązania**
 - 1.3. Układ rozrządu**
 - 1.4. Wałki rozrządu**
 - 1.5. Zawory**
 - 1.6. Sprężyny zaworowe**
 - 1.7. Popychacze**
 - 1.8. Dźwigienki zaworowe**
 - 1.9. Układ zmiennych faz rozrządu**
 - 1.10. Po co w silniku zmienne fazy rozrządu?**
 - 1.11. System zmiennych faz rozrządu VTEC**

1. Konstrukcja układu rozrządu

W tym module zostaną przedstawione zagadnienia dotyczące konstrukcji układu rozrządu. Ponadto zostanie omówiona budowa i funkcje takich podzespołów jak:

- zawory,
- popychacze,
- wałki rozrządu

oraz rozwiązania techniczne stosowane w układach rozrządu.

Układy rozrządu możemy podzielić na:

- zaworowy w silnikach czterosuwowych,
- szczelinowy w silnikach dwusuwowych.

Ponadto można zastosować podział ze względu na umieszczenie wałka rozrządu:

- OHV – układ rozrządu, w którym wałek rozrządu umieszczony jest w bloku silnika. Jest to układ górnozaworowy. „Napęd” do zaworów przekazywany jest za pomocą lasek popychacza oraz krzywki.
- OHC lub SOHC – jeden wałek rozrządu umieszczony w głowicy silnika. Popychacze poruszane są bezpośrednio przez krzywki wałka.
- DOHC – dwa wałki rozrządu umieszczone w głowicy, z których jeden steruje zaworami ssącymi, a drugi wydechowymi.

1.1. Zasada działania

Układ rozrządu uzyskuje napęd od wału korbowego. Napęd może być przenoszony poprzez pasek zębaty (powszechnie stosowane rozwiązanie w samochodach osobowych), łańcuszek rozrządu (lepsze rozwiązanie niż pasek zębaty, ale droższe i wymaga smarowania), koła zębate (stosowane w samochodach ciężarowych oraz w niektórych samochodach osobowych) lub tzw. wałek królewski.

Podczas jednego pełnego obrotu wałka rozrządu wał korbowy obraca się dwukrotnie, dzięki czemu możliwe jest sterowanie zaworami. Podczas pierwszego obrotu wału korbowego, w czasie gdy w silniku odbywa się proces zasysania mieszanki lub powietrza, otwarte są zawory ssące. Po procesie spalania następuje otwarcie zaworów wydechowych, co umożliwi szybkie i płynne odprowadzenie spalin.

W podstawowych układach, w których przypadają 2 zawory na jeden cylinder, z czego jeden z nich jest ssący i służy do zasysania mieszanki lub powietrza, a drugi wylotowy, czyli służący do odprowadzania spalin. W nowoczesnych silnikach stosowane są zwykle więcej niż 2 zawory na jeden cylinder. Poprzez zwiększenie ilości zaworów uzyskujemy lepsze doprowadzenie mieszanki lub powietrza oraz znacznie szybsze odprowadzenie spalin, co w efekcie prowadzi do poprawienia osiągnięć silnika i zmniejszenia zużycia paliwa.

1.2. Nowoczesne rozwiązania

W nowoczesnych samochodach osobowych coraz częściej stosowane są silniki z tzw. zmiennymi fazami rozrządu. Oznacza to, że zawory mogą być otwierane bardziej lub mniej oraz w zmiennym czasie, zależnie od obciążenia silnika. Rozwiązanie to osiągnięto dzięki np. zastosowaniu ruchomych krzywek popychaczy lub przez możliwość obrotu wałka rozrządu w stosunku do napędzającego go koła pasowego.

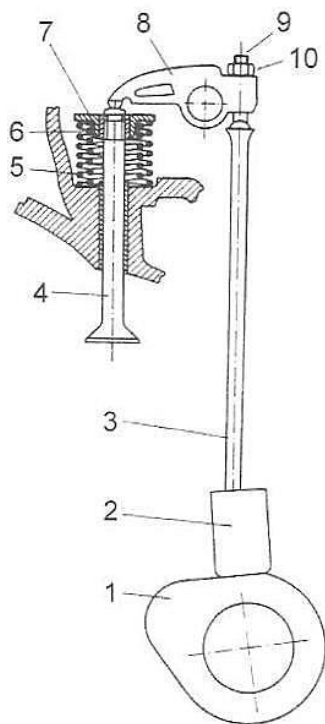
Zmienne fazy rozrządu szczegółowo opisane są w tekście poniżej

1.3. Układ rozrządu

W czterosurowych silnikach samochodowych stosuje się zaworowy układ rozrządu. Obecnie w nowych konstrukcjach silników występują jedynie układy górnozaworowe (zawory umieszczone w głowicy). Układy dolnozaworowe, ze względu na niekorzystny kształt komory spalania, wychodzą całkowicie z użycia. Najczęściej stosowany jest układ z wałkiem rozrządu umieszczonym w kadłubie silnika. Dla silników o większej prędkości obrotowej wałek rozrządu umieszcza się możliwie blisko głowicy, co daje zmniejszenie mas układu rozrządu.

Zadaniem mechanizmu rozrządu jest sterowanie napływem do cylindrów świeżej mieszanki oraz sterowanie usuwaniem z nich spalin. Mechanizm ten stosuje się we wszystkich silnikach czterosurowych. W silnikach dwusurowych okna dolotowe i wylotowe przesłania i odsłania tłok, jest to tzw. rozrząd tłokowy. Jednakże w dużych silnikach dwusurowych można także niekiedy spotkać mechanizm rozrządu.

Rys. 4.1. Budowa układu rozrządu.



- 1 – wałek rozrządu, 2 – popychacz, 3 – drążek popychacza, 4 – zawór,
5 – sprężyna zewnętrzna, 6 – sprężyna wewnętrzna, 7 – miseczka,
8 – dźwignia zaworu, 9 – śruba regulacyjna, 10 – nakrętka

Źródło: Zajac P., *Silniki pojazdów samochodowych cz.1*. WKŁ, Warszawa 2009.

1.4. Wałki rozrządu

Wałki rozrządu są przeważnie kute lub odlewane ze stali niskostopowych, a z węglowych wałki są odkuwane, a następnie ich powierzchnie robocze krzywek, czopów i mimośrodków podlegają procesowi nawęglania i hartowania. W przypadku zastosowania żeliwa sferoidalnego lub stopowego wałki są odlewane, a później hartowane. Krzywki i mimośrodky są hartowane powierzchniowo do głębokości ok. 2-7 mm. Wałki rozrządu mogą być także wykonywane z rury ciągnionej na zimno – powierzchnie pod czopy są utwardzane i szlifowane, a kute krzywki umieszcza się na wale poprzez wprasowanie.

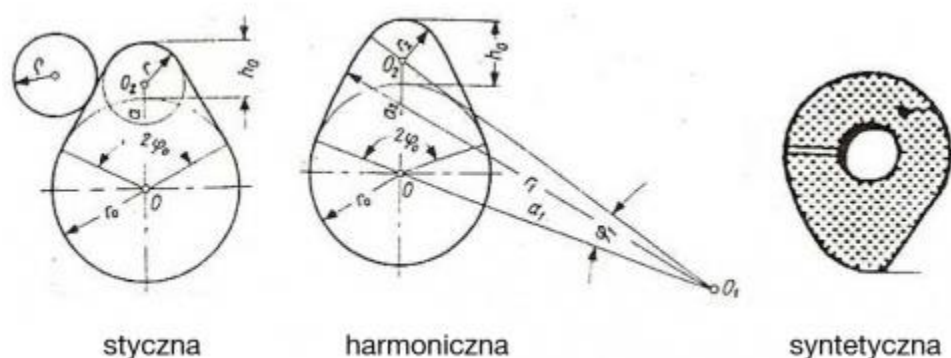
Rys. 4.2. Budowa wałka rozrządu.



Źródło: <http://autokult.pl/2011/01/24/walki-rozrzadu-budowa-i-dzialanie>.

Zarys krzywek ma bardzo istotny wpływ na pracę rozrządu. Decyduje on o szybkości i czasie otwierania oraz zamykania zaworów, ich przyspieszeniu, a co za tym idzie – także o siłach bezwładności działających na składowe elementy rozrządu. Można wyróżnić **trzy główne rodzaje zarysu krzywek: styczna, harmoniczna i syntetyczna**. Wszystkie zostały przedstawione na poniższym rysunku.

Rys. 4.3. Rodzaje krzywek wałka rozrządu.



Źródło: <http://autokult.pl/2011/01/24/walki-rozrzadu-budowa-i-dzialanie>.

Wznios zaworu jest przeważnie podawany w milimetrach. To wysokość, na jaką nos krzywki unosi szklanę popychacza, co odpowiada odległości od czubka nosa do teoretycznej podstawy okręgu, na którym opiera się profil krzywki. Wznios krzywki nie zawsze odpowiada skokowi zaworu.

W układzie z wałkiem rozrządu umieszczonym w kadłubie stosuje się z zasady jeden wałek. Jedynie w niektórych silnikach widlastych stosowane są dwa wałki rozrządu po obu stronach wideł. Wałek rozrządu może też być umieszczony nad głowicą, co daje najmniejsze masy układu. Układ ten jest stosowany przede wszystkim w silnikach o zapłonie iskrowym i o największych prędkościach obrotowych. Każdemu zaworowi odpowiada oddzielna krzywka wałka rozrządu. Krzywki są wykonane na wałku rozrządu, który obracając się, wznosi i opuszcza zawory w odpowiedniej kolejności, co wynika z kąтового ustawienia krzywek. Wałek rozrządu jest napędzany od wału korbowego na kilka sposobów:

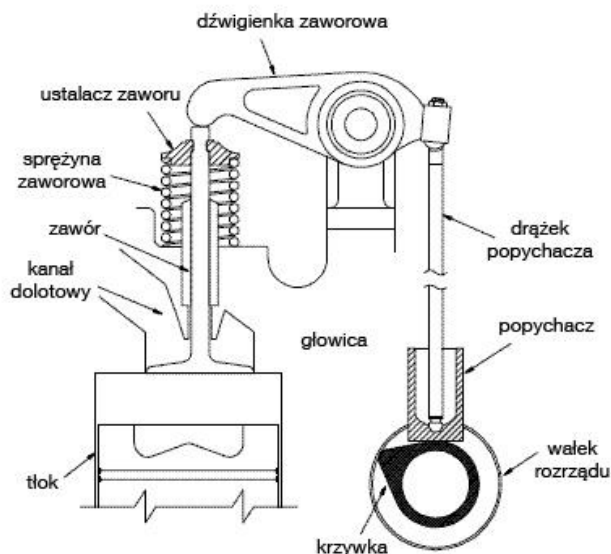
- za pomocą kół zębatach,
- za pomocą łańcucha,
- za pomocą elastycznego paska zębatego.

W silnikach czterosuwowych prędkość obrotowa wałka rozrządu jest zawsze dwukrotnie mniejsza od prędkości obrotowej wału korbowego silnika, a więc przekładnia napędu wałka rozrządu ma przełożenie równe 2.

W silnikach z wałkiem rozrządu umieszczonym w kadłubie silnika zawory znajdują się w głowicy cylindra i przebiegają przez prowadnice zaworów. Każdy zawór jest popychany przez wałek rozrządu za pośrednictwem popychacza zaworu i dźwigienki zaworowej.

Krzywki wałka rozrządu podnoszą popychacze, które przesuwają równocześnie do góry osadzone w nich drążki popychaczy. Drążki popychaczy przenoszą ruch na końce dźwigienek zaworowych, które z kolei obracają się na osi dźwigienek i w ten sposób zamieniają ruch popychaczy z kierunku do góry na ruch końcówek dźwigienek zaworowych do dołu. Jeśli krzywka wałka rozrządu pozwoli opaść popychaczowi, sprężyna zamyka zawór.

Rys. 4.4. Układ rozrządu z wałkiem umieszczonym w kadłubie silnika.



Źródło: Materiały własne.

1. 5. Zawory

Zawory silnikowe składają się z dwóch głównych części – grzybka oraz trzonka. Przeciętnie w ciągu minuty każdy zawór otwiera się i zamyka ok. tysiąc razy, a w chwilach intensywnego przyspieszania nawet dwukrotnie częściej. Grzybki zaworów ssących rozgrzewają się do temperatury ok. 300–600°C, a wylotowych nawet do ok. 1000°C.

Grzybek posiadający przyłgnie pod kątem 30° lub 45°, czasami pokrytą warstwą aluminium, która (gdy zawór jest zamknięty) szczelnie przylega do stożkowej powierzchni gniazda zaworowego – uszczelniając komorę spalania.

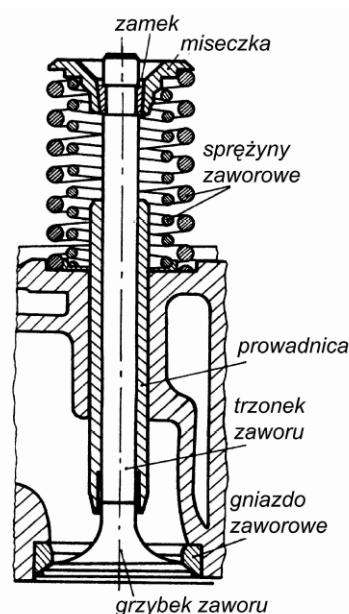
Trzonek, który prowadzi zawór i odprowadza ciepło z grzybka (niekiedy trzonki są drążone i wypełnione metalicznym sodem, którego temperatura topnienia wynosi 96°C, co daje dobre odprowadzanie ciepła). Trzonek zaworu porusza się w prowadnicy zaworo-

wej. Zawór jest dociskany do gniazda zaworowego sprężyną zaworową, umocowaną do końca trzonka zaworu za pomocą zamka.

Zadaniem grzybków jest uszczelnianie komory spalania w suwie pracy i kierowaniem przepływu gazów w suwach pozostałych. Trzonek zaworowy prowadzi zawór i odbiera ciepło z grzybka zaworowego. W tak trudnych warunkach zawory muszą utrzymywać określone parametry geometryczne, a ich rozszerzalność cieplna musi być zgodna z tym, na co pozwala prowadnica zaworowa i gniazdo.

Zawory ssące są wykonane z wysokogatunkowej stali węglowej, chromowej lub innych nowszych stopów. Zawory wylotowe wykonywane są ze stali żaroodpornych, zazwyczaj chromowo-krzemowych. W wybranych modelach zaworów w trzonkach znajdują się czasem wkładki z sodu, by skuteczniej odprowadzać ciepło.

Rys. 4.5. Zawór umieszczony w głowicy.



Źródło: Materiały własne.

1.6. Sprężyny zaworowe

Sprężyny zaworowe wykonane w kształcie linii śrubowej z drutu stalowego sprężynowego. Niekiedy stosuje się po dwie sprężyny na każdy zawór.

Sprężyny spełniają dwa zadania:

- zapewniają szczelność,
- nie powodują odrywania się popychacza od krzywki wałka rozrządu pod wpływem siły bezwładności.

1.7. Popychacze

Popychacze w silnikach samochodowych można podzielić, w zależności od przyjętego kryterium, na kilka rodzajów. Jako element lub zespół bezpośrednio współpracujący z krzywką wałka rozrządu, można podzielić je na popychacze rolkowe i ślizgowe. Te pierwsze w zasadzie stosują w USA, natomiast te drugie o powierzchni czołowej płaskiej, rzadziej lekko wypukłej, stosowane są w ogromnej większości w Europie. Drugi rodzaj popychaczy stosowany jest w silnikach z wałkiem rozrządu w kadłubie.

Popychacze można podzielić na bezobsługowe – hydrauliczne – i na zwykłe, mechaniczne, wymagające okresowego kasowania luzu w układzie. Co prawda, jedna z japońskich firm uważa, że jej płytki regulacyjne luzu, umieszczone w popychaczach, wytrzymują bez regulacji pełny okres między naprawami silnika, to jednak powszechnie stosowane są popychacze hydrauliczne.

Trzeci podział uwzględnia średnicę popychaczy. Popychacze płaskie współpracują z krzywką na dużej powierzchni i dlatego w wersji „kadłubowej” mają powiększoną średnicę w części dolnej, natomiast hydrauliczne popychacze umieszczone w głowicy na całej długości mają dużą średnicę i często nazywane są popychaczami szklankowymi.

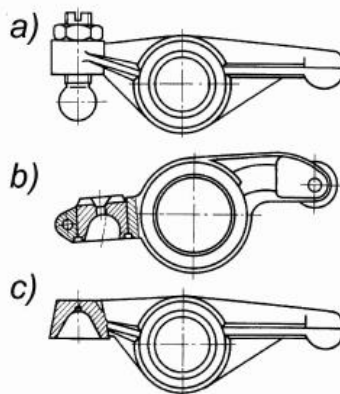
1.8. Dźwigniki zaworowe

Tylko w przypadku górnego wałka rozrządu, umieszczonego bezpośrednio nad zaworami, popychacze, na które działają krzywki wałka, naciskają bezpośrednio na czoło trzonka zaworu.

Najczęściej ruch popychaczy przekazywany jest zaworom za pośrednictwem dźwigni zaworowych, które przeważnie są dźwigniami dwustronnymi.

Kształt dźwigni zaworu zaprojektowany jest w ten sposób, aby przy odpowiedniej wytrzymałości miała ona możliwie mały moment bezwładności. Koniec dźwigni, naciskający na stopkę trzonka zaworu wykonany jest z zasady w formie bieguna o powierzchni walcowej. Koniec dźwigni od strony popychacza współpracuje przeważnie z drążkiem popychacza. Dźwignie zaworowe są odlewane ze stali węglowej lub żeliwa i staliwa posiadające otwór z tulejką z brązu

Rys. 4.6. Dźwignie zaworowe: a) – z próbą regulacyjną, b) – z rolką, c) – z gniazdem dla popychacza.



Źródło: Materiały własne.

1.9. Układ zmiennych faz rozrządu

Zmienne fazy rozrządu pozwalają na uzyskanie lepszych parametrów spalania, uzależniając kąt otwarcia zaworu od wielkości aktualnych obrotów silnika czy sposobu, w jaki został naciśnięty pedał przyspieszenia. Dzięki zmiennym fazom rozrządu silnik ma zwiększyć dynamikę naszego samochodu, a jednocześnie obniżyć apetyt na paliwo

Fazy rozrządu są to momenty otwarcia i zamknięcia zaworów w stosunku do położenia wału korbowego. Moment otwarcia (lub zamknięcia) zaworu jest określany kątem położenia wału korbowego przed górnym martwym lub dolnym martwym położeniem tłoka. Zadane kąty otwarcia i zamknięcia zaworów mają wpływ na ilość zassanej mieszanki do cylindra, poprawną kompresję, a następnie sprawne opróżnienie cylindra ze

spalin. Oznacza to, że gdy tłok zbliża się do górnego martwego położenia (czyli wał jest na kilka stopni przed GMP danego tłoka), zawór ssący jest otwierany. Kiedy tłok rozpoczął już ruch w dół cylindra, następuje zamknięcie zaworu wydechowego (następuje to kilka stopni po GMP tłoka). Kiedy tłok zassie mieszankę, znajdzie się w dolnym martwym położeniu (DMP) i rozpoczyna ruch w górę.

Wtedy następuje zamknięcie zaworu ssącego. Wykorbowanie wału korbowego jest wtedy w pozycji np. 35 stopni od dolnego martwego położenia danego tłoka. Mieszanka jest sprężana. Później następuje zapłon i suw pracy, a zanim tłok osiągnie DMP (czyli wał jest na pewien kąt przed dolnym martwym położeniem tego tłoka), zawór wylotowy jest otwierany i już przygotowany do opróżnienia cylindra ze spalin. To oczywiście opis standardowego silnika benzynowego, w którym wtrysk paliwa jest realizowany przed cylindrem, a wałek rozrządu napędzany paskiem zębatym lub łańcuchem z wału korbowego w stosunku: na jeden obrót wałka rozrządu przypadają dwa obroty wału korbowego. Wpływ na kąty otwarcia i zamknięcia poszczególnych zaworów ma jedynie profil krzywek wałka rozrządu oraz poprawnie zamontowany pasek (łańcuch) rozrządu.

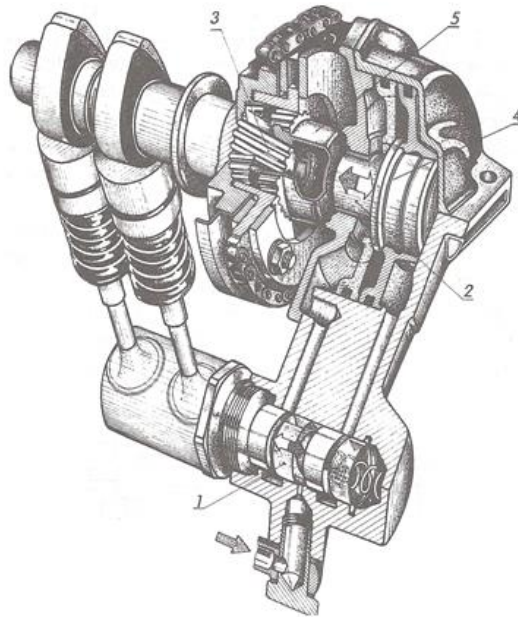
1.10. Po co w silniku zmienne fazy rozrządu?

W powyższym opisie można zauważyć, że czasem zarówno zawór dolotowy, jak i wylotowy jest otwarty. To tak zwany moment przekrycia. Takie ustawienie zaworów polepsza parametry pracy silnika przy wysokich obrotach, jednak powoduje straty w zakresie niższych obrotów. Dlatego producenci samochodów szukali możliwości rozdzielenia bezpośredniej zależności faz rozrządu od położenia wału korbowego i kształtu krzywek wałka rozrządu. W układzie rozrządu pojawiły się działające na kilka sposobów regulatory. Dzięki możliwości regulacji faz rozrządu podniesiono moment obrotowy silnika, uzyskiwano bardziej płaski przebieg momentu, czym **obniżano zużycie paliwa**. Zmienne fazy rozrządu przyczyniły się wstępnie także do obniżenia ilości tlenków azotu w spalinach. Dzięki dłuższemu otwarciu zaworu wydechowego w zakresie niskich obrotów, pewna ilość spalin wraca do cylindra, co powoduje dopalenie NO_x (to tak zwana wewnętrzna recyrkulacja spalin).

Pierwszy układ zmiennych faz rozrządu w seryjnie produkowanych silnikach zastosowano w silniku Alfa Romeo w 1983 roku. Regulacja faz rozrządu może odbywać się jako dwu-, trzystopniowa lub jako regulacja ciągła. W trakcie regulacji niezmienna pozostaje wartość kąta otwarcia zaworu oraz zwykle jego skok. Regulacja faz rozrządu odbywa się w zależności od obciążenia i prędkości obrotowej silnika.

Jednym z pierwszych sposobów był system dwustopniowej regulacji Vanos (rys. 4.7) stosowany w silnikach samochodów BMW. Elektroniczne urządzenie sterujące, wykorzystując sygnały z czujników obciążenia i prędkości obrotowej silnika, określa sygnał sterujący wykonawczego układu hydraulicznego. Sygnał sterujący ustala położenie zaworu elektromagnetycznego 1 umożliwiające przepływ oleju do układu uruchamiającego 4. Siła pochodząca od ciśnienia oleju powoduje przesunięcie wałka 2 połączonego z elementem regulacyjnym 5, który znajduje się w piaście koła łańcuchowego napędu wałka rozrządu. Wałek rozrządu zmienia swoje położenie katowe, powodując zmianę faz rozrządu (w tym przypadku dolotowych). W zakresie niskich prędkości element regulacyjny obraca wałkiem rozrządu, zmniejszając kąt początku otwarcia zaworów dolotowych. W średnim zakresie prędkości obrotowych, powyżej określonej wartości, element regulacyjny obraca wałek rozrządu w kierunku wcześniejszego otwarcia zaworów dolotowych. Po przekroczeniu pewnej prędkości obrotowej element regulacyjny ustawia wałek rozrządu ponownie w położeniu późniejszego otwarcia zaworów dolotowych.

Rys. 4.7. Mechanizm zmian faz rozrządu Vanos firmy BMW.
 1 – zawór elektromagnetyczny, 2 – wałek przesuwny, 3 – skośne koło zębate powodujące obrót wałka rozrządu, 4 – układ uruchamiający, 5 – element regulacyjny

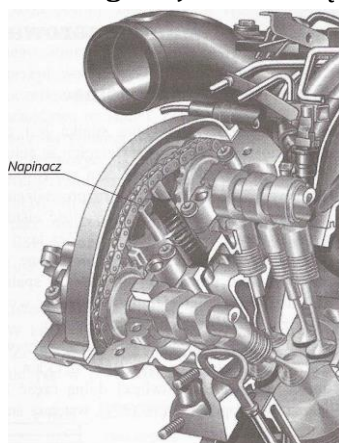


Źródło: Materiały własne.

W silniku Audi V6 zmianę faz rozrządu (rys. 4.8) rozwiązano, stosując napinacz łańcucha regulacji faz rozrządu. Do zmiany położenia wałka rozrządu sterującego zaworami dolotowymi służy napinacz łańcucha przenoszącego napęd między wałkami rozrządu zaworów dolotowych i wylotowych. Napinacz obraca wałkiem rozrządu zaworów dolotowych w taki sposób, że początek ich otwarcia zmienia się o kąt 22° od położenia wyjściowego ustalonego względem GM.

W tym celu napinacz przesuwa do góry lub odpycha do dołu ciągnącą część łańcucha o 8 mm. W prawej głowicy silnika należy odpychać ku dołowi dolną część łańcucha, w lewej zaś unosić górną część łańcucha znajdującego się między kołami łańcuchowymi. Regulacja działania napinacza jest elektroniczna i zależy od prędkości obrotowej, obciążenia i temperatury silnika. Napinacz jest poruszany za pomocą siłownika hydraulicznego, napełnianego olejem silnikowym.

Rys. 4.8. Napinacz łańcucha regulacji faz rozrządu Audi A6.



Źródło: Materiały własne.

Podane przykłady realizacji zmian faz rozrządu umożliwiają zmianę momentu otwarcia i zamknięcia zaworu, pozostawiając bez zmian czas otwarcia zaworu i jego skok. Realizacja wszystkich zadań możliwa jest dzięki elektromagnetycznemu napędowi zaworów. Ponadto ten sposób napędu umożliwia czasowe wyłączenie z pracy cylindrów. W silniku z elektromagnetycznym napędem zaworów nie ma wałka rozrządu. Do otwierania i zamykania zaworu służą dwa elektromagnesy. Zawory są sterowane całkowicie niezależnie jeden od drugiego przez układ elektroniczny silnika. W położeniu całkowitego otwarcia lub zamknięcia zawór jest wyhamowywany sprężyną, która po włączeniu elektromagnesu przyspiesza jego ruch w kierunku przeciwnym. Przy elektromagnetycznym napędzie zaworów są one otwierane bardzo szybko w momencie optymalnym do panujących warunków pracy. Zmianie mogą ulegać dowolne fazy rozrządu oraz czas ich otwarcia. Jest to sposób uruchamiania zaworów, który może w przyszłości stać się systemem powszechnie stosowanym.

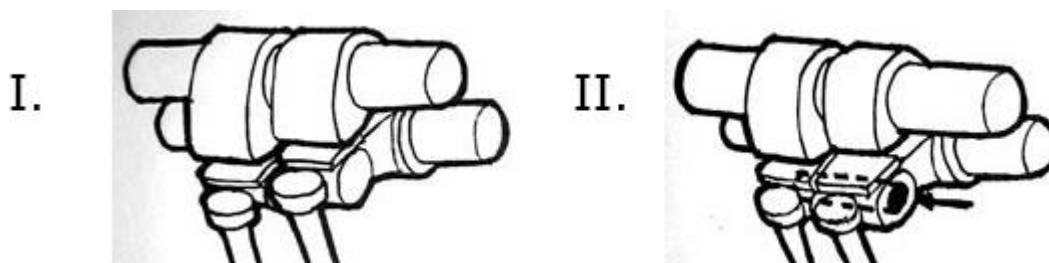
Układy regulacji faz rozrządu są konstrukcjami skomplikowanymi i drogimi. Korzyści zmian faz rozrządu w postaci lepszego kształtowania charakterystyki momentu obrotowego, szczególnie w zakresie niskich prędkości obrotowych, powodują, że coraz więcej firm decyduje się na stosowanie tego układu w swoich silnikach.

1.11. System zmiennych faz rozrządu VTEC

VTEC – Variable Valve Timing and Lift Electronic Control. W języku polskim VTEC oznacza zmienny czas oraz wznios zaworów sterowany elektronicznie.

Honda wprowadziła system VTEC w 1988 roku. Od tego czasu powstało wiele jego odmian, w których zmiany były czasem jedynie kosmetyczne. Mimo wszystko można wyróżnić kilka głównych wersji. **Podstawowy mechanizm VTEC**, tak jak i jego bardziej rozbudowane wersje, wykorzystuje **hydraulicznie sterowany sworznię**, który służy do spięcia pracy poszczególnych dźwigni zaworowych. W 16-zaworowym silniku na każdy cylinder przypadają 2 zawory dolotowe i wylotowe. Przy zastosowaniu systemu VTEC, pracą 2 zaworów dolotowych sterują dwie krzywki o odmiennym kształcie za pośrednictwem dźwigni zaworowych. **Jedna z krzywek ma bardziej „sportowy” kształt i** wymusza dłuższy czas otwarcia zaworów oraz większy wznios. W normalnych warunkach dźwignie zaworowe poruszane przez krzywki pracują niezależnie. Powyżej pewnych obrotów następuje spięcie ich za pomocą wspomnianego sworznia i obie dźwignie pracują według zarysu kształtu ostrzejszej krzywki.

Rys. 4.9. System VTEC.



Źródło: <http://www.wykop.pl/ramka/776673/zmienne-fazy-rozrządu-po-japonsku-czyli-jak-działa-vtec/>

DOHC VTEC

System zmiennych faz rozrzędu oparty na działaniu dwóch wałków rozrzędu (DOHC) był pierwszą z zaprezentowanych przez Hondę konfiguracji. Zmienny czas oraz wznios zaworów dotyczy w tym przypadków **zarówno zaworów dolotowych, jak i wydechowych**. Budowa wałka i dźwigni zaworowych jest również bardziej rozbudowana w stosunku do podstawowego mechanizmu.

Pomiędzy każde dwie pary mechanizmu krzywka-dźwignia zaworowa, jakie przypadają na dwa zawory wylotowe bądź dolotowe poszczególnego cylindra, inżynierowie Hondy wstawili kolejną. **Krzywka na wałku, odpowiadająca za poruszanie trzecią dźwignią zaworową, jest ostrzejsza**. Jej kształt zapewnia wyraźnie dłuższe czasy otwarcia zaworów oraz większy wznios. Każda para zaworów posiada więc dwie krzywki niskobrotowe oraz jedną wysokoobrotową. Jak sama nazwa wskazuje, praca tej ostatniej uaktywnia się na wyższych obrotach silnika.

Rys. 4.10. System DOHC VTEC.



Źródło: <http://www.wykop.pl/ramka/776673/zmienne-fazy-rozrzadu-po-japonsku-czyli-jak-dziala-vtec/>

Włączany jest wówczas elektrozawór, który powoduje wzrost ciśnienia w kanale, w którym umieszczony jest sworzeń. Po przesunięciu poziomym **łączy on wszystkie trzy dźwignie zaworowe w jedną**, a praca zaworów sterowana jest środkową krzywką, dzięki czemu silnik otrzymuje większą ilość powietrza oraz paliwa, za co odpowiada komputer sterujący.

SOHC VTEC

Po sukcesach związanych z systemem VTEC Honda zastosowała układ zmiennych faz rozrzędu do silników z pojedynczym wałkiem. Działanie systemu jest identyczne jak w przypadku DOHC. Różnica polega na tym, że trzecia krzywka wstawiana jest pomiędzy dwie dźwignie **tylko zaworów dolotowych**. W przypadku zaworów wylotowych nie ma na to miejsca m.in. przez przewody świec zapłonowych. Trzecia krzywka steruje ruchem elementu na kształt dźwigni zaworowej, która służy tylko do połączenia przesuwным sworzniem **dwóch pozostałych dźwigni zaworowych**.

W kolejnym module zostaną szczegółowo omówione zagadnienia dotyczące układów zasilania silników z zapłonem samoczynnym.