



## **POHONY AUTOMOBILOV A ICH KOMPONENTY**

### **Montáž pohonovej jednotky**

ISBN 978-80-8073-833-4

*TEXTOVÁ ČASŤ VIZUÁLNEHO VZDELÁVACIEHO MODULU*

Ing. Rudy Vladimír, PhD.

Ing. Senderská Katarína, PhD.

Výukový materiál je prioritne určený pre študentov v zameraní výrobné technológie - automobilová výroba ako doplnkový, interný výučbový materiál, rozširujúci znalosti z konštrukcie, prevádzky a údržby automobilov a ďalších súvisiacich predmetov.

Textová časť je metodickým doplnkom modulu vizualizácie postupnosti montážnych činností pri výrobe pohonu automobilu. Obsahuje popis a funkčné charakteristiky jeho hlavných konštrukčných komponentov.

## **Predhovor**

Oblasť montáže sa v súčasnosti v slovenských podmienkach veľmi rýchlo rozvíja. Svojou aktuálnosťou si táto oblasť vyžaduje veľkú pozornosť a moderné vyučovacie metódy aplikované vo všetkých formách prípravy absolventov pre prax.

Inovovaciám výučbových procesov a moderným metódam spracovania podkladov a materiálov pre výučbu v rozličných zameraniach a predmetových špecializáciách je potrebné venovať dôraz. Zvlášť po prechode na novú trojstupňovú koncepciu štúdia.

Spracovanie učebných textov, podkladov, prednášok ako aj iných materiálov modernou formou závisí v mnohom od spracovávaného obsahu. Niektoré témy vyžadujú používanie fotografií a video ukážok. Takého témy sa ťažko spracovávajú konvenčným spôsobom.

Montáž spaľovacích motorov je aktuálna téma v súvislosti s predmetovou orientáciou v študijnom odbore tak bakalárskeho ako aj inžinierskeho štúdia – výrobné technológie - automobilová výroba.

V súčasnosti je k dispozícii mnoho techník vzdelávania začínajúc tradičnými prednáškami až po interaktívne počítačové systémy. Existuje všeobecný trend prechodu od pasívnych metód výučby k aktívnym. Tendenciou je vzájomne kombinovať tieto výukové metódy. Spoločnou črtou nových prístupov je, že sú spojené s presunom dominantného postavenia subjektov vo vzdelávacom procese: od dominantnej roly učiteľa v klasickom vzdelávaní k dominantnej role študujúceho v pružnom vzdelávaní, od centralistického pedagogického prístupu k poskytovaniu služieb, od hierarchických vzťahov k rovnoprávnym vzťahom demokratickej občianskej spoločnosti.

Techniky vizuálneho vzdelávania používajú študenti pre riešenie problémov, analýzu informácií a prezentáciu ideí vo všetkých oblastiach. Techniky vizuálneho vzdelávania sú možnosťou pre prácu s myšlienkami a prezentovaním informácií – učia študentov využívať ich myslenie a spracovávať, organizovať a stanovovať priority nových informácií. Vizualne diagramy objasňujú vzory, vnútorné vzťahy a vnútorné závislosti. Taktiež podporujú kreatívne myslenie.

## 1. Montáž - všeobecná charakteristika

Ako je známe, montážou sa nazýva súbor činností človeka, ktorý prostredníctvom pomocných materiálov, náradia, prípravkov, strojov a zariadení, v definovanom poradí a čase realizuje spájanie súčiastok do montážnych celkov hotový výrobok, s využitím rôznych technologických metód.

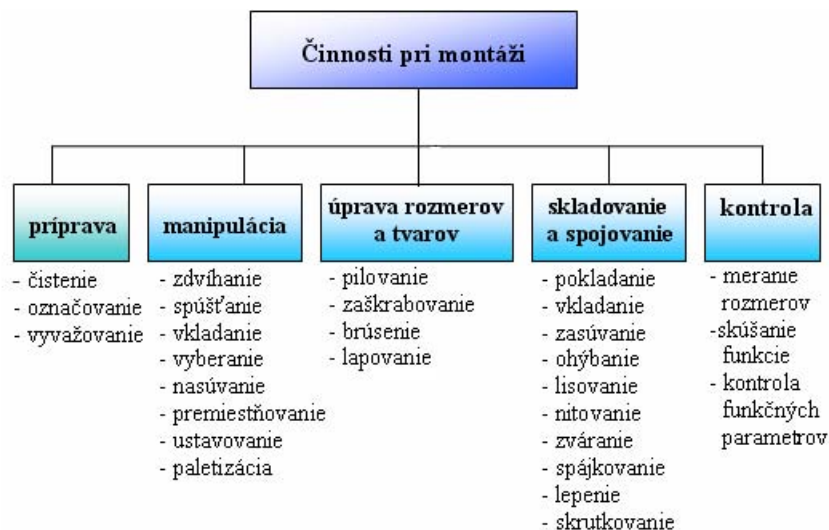
V montážnom procese sa však nevykonáva len skladovanie prípadne spojovanie, ale i činnosti, ktoré bezprostredne súvisia s montážou a ktoré by nebolo hospodárne vyčleňovať príliš ďaleko mimo proces montáže. Sú to práce prípravné a predovšetkým práce spojené s úpravou povrchu, tvaru a rozmerov súčiastok. Potreba úpravy tvaru a rozmerov pri montáži vzniká hlavne u menej presných výrob alebo pri zlej príprave a organizácii výroby. Okrem týchto "nevýrobných" činností sa musia pri montáži vykonávať i práce kontrolné a manipulácia so súčiastkami a montážnymi celkami. Rozsah týchto činností je daný typom výroby, napr. v kusovej a malosériovej je vysoký, vo veľkosériovej a hromadnej výrobe bývajú naopak tieto činnosti mechanizované a automatizované.

V relácií na technologické procesy strojárkej výroby je potrebné vyzdvihnúť niektoré špecifické znaky montážnych procesov:

- Základným znakom montážnych procesov vo vzťahu k montovaným výrobkom je, že sa realizuje ich kompletná zmena (nie len zmena vlastností). Nové vlastnosti sú syntézou vlastností montovaných súčiastok.
- Charakteristickým znakom montážnych procesov je, že sa v nich realizuje spájanie minimálne dvoch, zväčša však viacerých súčiastok, montážnych uzlov, resp. celkov.
- Montážne procesy sú organizované a synchronizované vo väzbe na súčiastky, ktorých výroba sa realizuje v rôznom čase na rôznych výrobných miestach.
- Efektívnu realizáciu montážnych procesov podmieňuje aj montáži prispôbená konštrukcia výrobku.
- Montážne procesy sa realizujú podľa určených pravidiel, ktoré vyplývajú z danej štruktúry výrobkov.
- Montáž predstavuje profesijnú oblasť, v ktorej niektoré ručné úkony majú svoje významné miesto a ťažko sa nahrádzujú strojovou prácou.

- V montážnych procesoch sa integrujú všetky stránky zabezpečovanie kvality. Otvplyvňujú ju predchádzajúce technologické operácie, procesy a vlastné montážne úkony.
- Montáž koncentruje aj výsledky z prípravy, z plánovania výroby, z technických, technologických a organizačných opatrení vo výrobe súčiastok.
- Pri organizovaní montážnych procesov sa objavuje rozporné pôsobenie princípů diferenciácie a koncentrácie operácií. Automatizácia montážnych operácií si vyžaduje uplatňovanie princípů koncentrácie. Zvyšovanie produktivity založené na racionalizácii ručných úkonov si vyžaduje aplikáciu princípů diferenciácie. Vysoká úroveň spôsobuje problémy v zabezpečovaní kvality.
- Montáž je záverečnou a v rade prípadov aj najzložitejšou etapou výrobného procesu.

Podľa charakteru možno činnosti pri montáži rozdeliť do niekoľkých skupín, ako to znázorňuje obr.1.



**Obr. 1 Rozdelenie činností pri montáži**

Montážne procesy v strojárskzej výrobe môžu mať charakter:

- kusový,
- sériový,
- veľkosériový,
- hromadný.

Charakter výroby má vplyv na organizáciu montážneho procesu. Organizácia montážneho procesu má vplyv na jeho realizáciu. Jej úlohou je zabezpečiť racionálny



časový, priestorový a hmotný priebeh montážneho procesu. Cieľom je zabezpečiť aj efektívne využitie jednotlivých prvkov a systému ako celku. Organizácia montážneho procesu sa preto chápe nie ako statická, predstavovaná stabilizovaným počtom prvkov a ich väzieb, ale ako dynamický proces. V ňom sa zabezpečuje priebeh činností, dejov a procesov, ktoré je možné zlepšiť.

Montážne systémy sú vždy zamerané len na určité druhy výrobkov a ich funkcia je zabezpečená komplexnou súhrou zložiek :

- materiálnych (montovaný výrobok a montážne prostriedky),
- dispozičných (rozvrhnutie, plánovanie a riadenie montáže),
- operatívnych (montážni pracovníci, vlastné rozčlenenie a poradie montážnych operácií a informácie vyplývajúce z výrobných objednávok, technické výkresy, montážne postupy a programy, systémové a prevádzkové údaje).

Do montážneho procesu neodmysliteľne patrí rovnako doprava a skladovanie najrôznejšieho druhu. Základné rozdelenie montážnych systémov je nasledovné:

- ručné montážne systémy,
- strojné montážne systémy.

Podobne ako iné druhy výrobných činností, je aj montáž možné triediť a rozdeľovať podľa ďalších hľadísk:

- miesto vykonávania montáže,
- pohyb montovaného výrobku v priebehu montáže,
- kumulácia montážnych činností,
- stupeň mechanizácie a automatizácie,
- pružnosť zmeny montážneho programu.

Podľa miesta vykonávania montáže členíme montáž na:

- externú montáž,
- internú montáž.

➤ **Externá montáž** sa uskutočňuje mimo výrobných závodov a týka sa predovšetkým veľkých výrobkov a technologických celkov, ako sú napr.:

- výrobné stroje a zariadenia,

- dopravné a manipulačné stroje a zariadenia,
- technologické stavebné celky a konštrukcie.

➤ **Interná montáž** sa vykonáva vo výrobnom závode a výrobok ho opúšťa obvykle v stave spôsobilom k priamemu použitiu (napr. automobily, rôzny spotrebný tovar a pod.). V prípade rozmerných výrobkov sa však musia rešpektovať možnosti dopravy k zákazníkovi a nastávajú dva varianty konečnej internej montáže:

- Vykoná sa konečná montáž celého zariadenia vo výrobnom závode za účelom odskúšania jeho funkčnosti, presnosti a pod. Potom nasleduje demontáž pre dopravu a externú montáž u zákazníka, späť spojená s odskúšaním.
- Vykoná sa konečná montáž iba podskupín a konečná montáž celého výrobku spolu s jeho odskúšaním prebehne až u zákazníka. Tento postup môže montáž predražiť, pretože prípadné problémy s montážou alebo s funkciou výrobku sa riešia mimo výrobný závod obvykle obťažnejšie, prípadne je nutné vykonať transport z miesta stavby späť do výrobného závodu.

Ako pre externú tak aj pre internú montáž je dôležitý časový faktor montáže. K zabezpečeniu bezporuchového a hospodárneho priebehu montáže je potrebné dodávať jednotlivé časti montovaného výrobku nielen v predpísanom poradí, ale i v požadovanom čase. Pretože však vo výrobe, čiastkovej montáži alebo pri transporte môžu vzniknúť vplyvom nedokonalnej synchronizácie časové zdržania, zriaďujú sa v určitých miestach montážneho procesu medzisklady. Tie pomáhajú vyrovnávať prípadné nerovnomernosti dodávok, alebo môžu slúžiť k dočasnej úprave taktu montáže.

Z hľadiska pohybu montovaného výrobku pri internej montáži rozoznávame (ako to ukazuje obr.2.

- stacionárnu montáž alebo tiež tzv. nepohyblivú montáž,
- nestacionárnu montáž alebo tiež tzv. pohyblivú montáž.

➤ **Stacionárna montáž** je, keď sa montovaný výrobok nepohybuje, montážni pracovníci k nemu prichádzajú, súčiastky sú podľa požiadaviek montáže postupne privázané na montážne pracovisko. Pri menej rozsiahlej a menej komplikovanej montáži ju vykonáva len jedna skupina robotníkov, pri zložitejšej montáži postupne prichádzajú špecializované skupiny montážnych pracovníkov k vykonaniu špecifickej činnosti. Je to tzv. sústredená montáž. Keď sa montuje viac výrobkov v jednej montážnej hale, skupiny montážnych pracovníkov postupne prechádzajú od jedného celku k druhému, montáž prebieha v jednotlivých fázach. Je to tzv. montáž rozčlenená. Stacionárna montáž je typická pre kusovú a malosériovú výrobu.

➤ **Nestacionárna montáž** je, keď sa pohybuje montovaný objekt na linke a pracovníci do neho vmontujú príslušné súčiastky alebo montážne celky na jej určitom úseku. Prechádzanie montážnych pracovníkov okolo výrobku je minimálne. Pohyb montovaných výrobkov medzi jednotlivými montážnymi pracoviskami môže byť:

- voľný (t.j. bez taktu, pohyb určujú a často i vykonávajú montážni pracovníci),
- nútený (buď pomalý plynulý pohyb alebo prerušovaný pohyb v určitom takte).

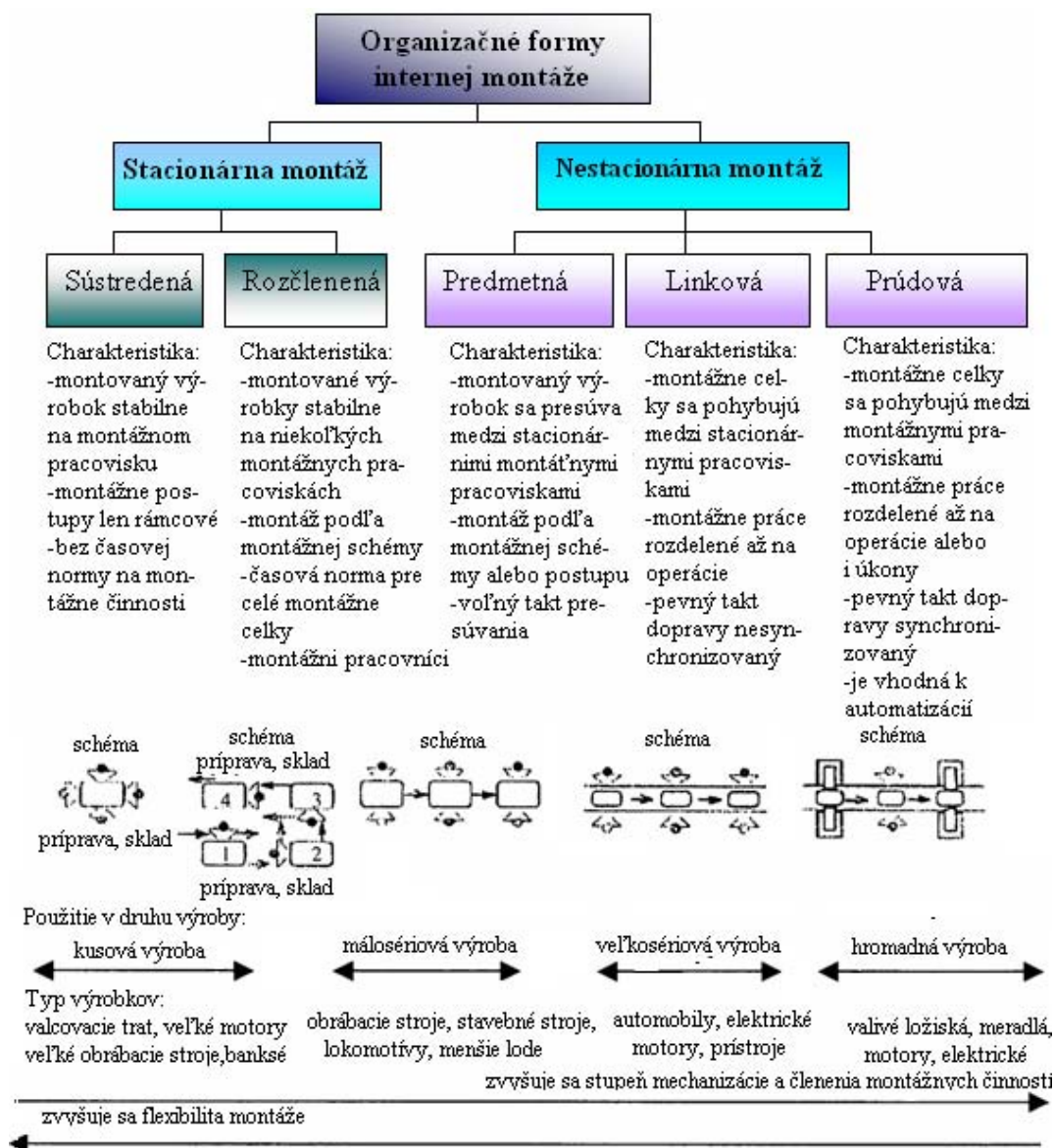
Z hľadiska kumulácie montážnych činností na jednom pracovisku rozlišujeme:

- fázovú montáž,
- skupinovú montáž,
- prúdovú montáž.

➤ **Fázová montáž** je charakterizovaná nepravidelnosťou montážneho taktu, montáž je kumulovaná spravidla do jedného pracoviska (stacionárna montáž), ktoré je univerzálne vybavené. Práce prebiehajú vo fázach, t.j. napr. montáž mechanických súčiastok, potom montáž hydraulických súčiastok, montáž elektronických rozvodov a zariadení a pod.

➤ **U skupinovej montáži** sú montážne pracoviská už menej univerzálne, vykonáva sa v nich niekoľko montážnych činností predmetne zameraných, ktoré nemusia byť prísne synchronizované, celkový čas montáže je dlhší. Patrí tu montáž rozčlenená a montáž predmetná.

➤ **Pri prúdovej montáži** je základným montážnym pracoviskom montážna linka špecializovaná na určitý druh výrobkov. Linka pracuje buď plynulo alebo v pravidelnom, prípadne nepravidelnom takte, v ktorom odchádzajú z montáže i hotové výrobky. Čas montáže celého výrobku je pomerne krátky .

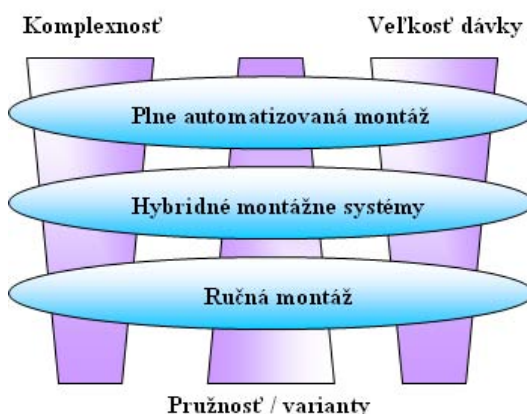


**Obr. 2 Rozdelenie montáže podľa pohybu montovaného výrobku (schéma montážnych pracovísk, použitie v druhoch výroby a príklady výrobkov, stupeň mechanizácie, členenie montážnych činností a flexibilita montáže)**

Za montovaný výrobok sa považuje napr. finálny výrobok, alebo jeho časť (montážna podskupina, celok), ktorého montáž je predmetom riešenia. Montážnym výrobkom môže byť napr. automobil, spojka, motor, atď. Montovaný výrobok disponuje niekoľkými charakteristickými vlastnosťami, ktoré svojim spôsobom ovplyvňuje všetky etapy projektovania, výroby a prevádzkovania montážneho pracoviska. Montáž výrobku prebieha v konkrétnych technických, technologických, organizačných a ekonomických podmienkach. Sú určované:

- druhom,
- objemom,
  - $\leq 31$  súčiastok - jednoduché výrobky
  - 31 – 500 súčiastok - stredne zložité výrobky
  - $\geq 500$  súčiastok - zložité výrobky
- variantnosťou,
- používanou montážnou technológiou,
- úrovňou používania montážnej techniky a systému,
- systémom plánovania a organizácie,
- pracovným prostredím.

Na obr.3 je uvedená základná závislosť typu montážneho systému od uvedených parametrov výrobku.



**Obr. 3 Závislosť typu montážneho systému od vlastností montovaného výrobku**

Podstatný vplyv na realizáciu montážnych procesov má automatizácia. Podľa stupňa automatizácie je možné rozlišovať :

- ručná montáž,

- 
- čiastočne automatizovanú (mechanizovanú) montáž,
  - automatizovanú montáž,
  - automatickú montáž.

➤ **Ručná montáž** je v niektorých prípadoch z technického a ekonomického hľadiska nevyhnutný spôsob spájania súčiastok, uzlov a celkov. Využíva sa pritom prevažne energia rúk pracovníkov. Za ručnú montáž sa považujú aj také činnosti, pri ktorých sa používa mechanizované náradie.

➤ **Mechanizovaná montáž** využíva nemotorické a motorické náradie, prípravky a montážne jednotky. Jednotlivé montážne pracoviská sú spojené dopravným systémom.

➤ **Pri automatizovanej montáži** sa jednotlivé základné a pomocné činnosti realizujú automatizovanými montážnymi zariadeniami. Montážne zariadenia sú ovládané a riadené.

➤ **Pre automatickú montáž** je charakteristická pre skladanie špecifikovaného počtu súčiastok do skupiny alebo výrobku. Súčiastky sú v danom prípade špeciálne projektované tak, aby ich technologickosť vyhovovala montážnym technológiám.

Každá oblasť, v ktorej sa vykonáva ručná, alebo automatizovaná práca (pracovný stôl, lis, montážny stroj) sa nazýva montážne pracovisko. Každé montážne pracovisko je špecializované na vykonávanie jednej, resp. skupiny montážnych operácií. Montážny systém pozostáva podobne ako celý výrobný systém z rôznych podsystémov ako sú montážne pracoviská, montážne stroje, základné konštrukčné jednotky a prepojovacie zariadenia, s ktorými súvisí tok materiálu a informácií.

---

## 2. SPAĽOVACIE POHONY A ICH SKLADBY

### 2.1 Piestový spaľovací motor

Piestové spaľovacie motory sú dnes nevyhnutným prostriedkom pri doprave, mechanizácií namáhavých zemných a stavebných prác, v poľnohospodárstve a v iných oblastiach (obr.4). Uplatnenie nachádzajú v osobných a nákladných automobiloch, čerpadlách, strojoch na nakládku a vykládku materiálu, kombajnoch, čerpacích staniciach, kompresorovniach a pod.

Použitie PSM predurčujú hlavne také vlastnosti ako je nezávislosť od spojenia so zdrojom, malý objem, pohotovosť, jednoduché skladovanie, vhodné rozmery, úroveň vývoja a technológie výroby, účinnosť, hospodárnosť.

Spaľovacie motory majú svoj názov podľa toho, že v nich dochádza k spaľovaniu palivovej zmesi. Princíp práce spaľovacích motorov predstavuje technicky realizovaný poznatok druhej termodynamickej vety. Podľa nej sa premena tepelnej energie na mechanickú prácu dá uskutočniť uzatvorenými pracovnými obehmi s určitou účinnosťou. Pracovné obehly charakterizuje prívod a odvod tepla, kompresia a expanzia pracovnej látky. K spaľovaniu palivovej zmesi môže dochádzať v motore, ale aj mimo motora.

Bez motora považovaného za srdce automobilu by vlastne automobil nebol tým čím je. Prví nadšenci automobilizmu boli radi, keď pod kapotou niečo rachotilo, dymilo a dalo do pohybu celé vozidlo. Nároky zákazníka na motor stúpali priamo úmerne s vývojom, pretože ako náhle niekto vynášiel elektrický štartér, nikto nechcel točiť kľukou. Postupne mizol hluk, znižovala sa spotreba a rástol výkon. Kým v medzivojnovom období mal trojlitrový šesťvalec výkon okolo 85 k, dnes má motor rovnakého objemu vyše dvesto konských síl. Napriek stále dokonalejším motorom je jasné, že ich pôsobenie je obmedzené. Za niekoľko desaťročí a možno storočie vyčerpáme zásoby ropy a budúcnosť bude v motoroch na alternatívny pohon. Súčasnú benzínové aj naftové motory si však zaslúžia obdiv a pozornosť pre svoju technickú vyspelosť.



Obr. 4 Piestový 12 valcový spaľovací motor BMW

## 2.2 Rozdelenie spaľovacích motorov

Spaľovacie motory sa rozdeľujú podľa niekoľkých hľadísk. Jednotlivé hľadiská sú vzájomne nezávislé, preto sa nedá v tomto prípade vytvoriť jednoduchá stromová štruktúra.

Rozdelenie SM podľa spôsobu spaľovania:

- **S vnútorným diskontinuálnym spaľovaním**
  - s priamočiarym pohybom piesta,
  - s krúživým a iným pohybom piesta.
- **S vonkajším kontinuálnym spaľovaním**
  - s priamočiarym vratným pohybom piesta,
  - turbínové,
  - reaktívne.

Piestové SM rozdeľujem podľa zvolených kritérií, najčastejšie využívané sú:

- **Podľa spôsobu zapálenia palivovej zmesi:**
  - vznetové,
  - žiarové,
  - zážihové,
  - prestaviteľné,
  - so zapaľovaním vstrekom.
- **Podľa typu používaného paliva:**
  - na kvapalné palivá,
  - na plynné palivá,
  - viacpalivové motory.

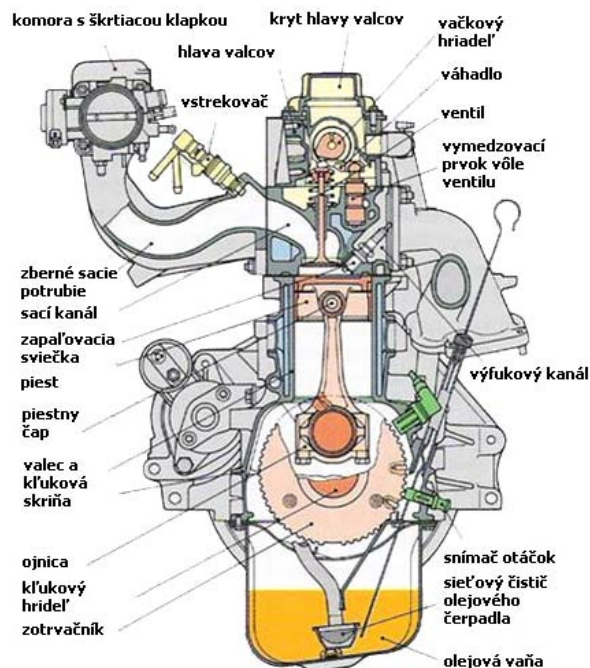


- **Podľa spôsobu chladenia:**
  - chladené kvapalinou,
  - chladené vzduchom,
  - so zmiešaným chladením.
  
- **Podľa pracovného cyklu:**
  - dvojtaktné,
  - štvortaktné.
  
- **Podľa výmeny obsahu valcov:**
  - atmosférické,
  - preplňované.
  
- **Podľa spaľovacieho priestoru sú motory s:**
  - nedeleným – otvoreným spaľovacím priestorom,
  - deleným – komôrkovým spaľovacím priestorom.
  
- **Podľa usporiadania a počtu valcov rozdeľujeme SM na:**
  - radové,
  - viacradové,
  - stojaté,
  - šikmé,
  - ležaté,
  - jednovalcové,
  - viacvalcové.
  
- **Podľa rozvodového mechanizmu:**
  - s ventilovým rozvodom,
  - s kanálovým rozvodom,
  - s posúvačovým rozvodom,
  - s kombinovaným rozvodom.

## 2.3 Motory s vnútorným spaľovaním s priamočiarym pohybom piesta

Tieto motory sú najpočetnejším zástupcom spaľovacích motorov v technických zariadeniach. Takmer výhradne sa používajú pre pohon motorových vozidiel. Do tejto skupiny motorov patria:

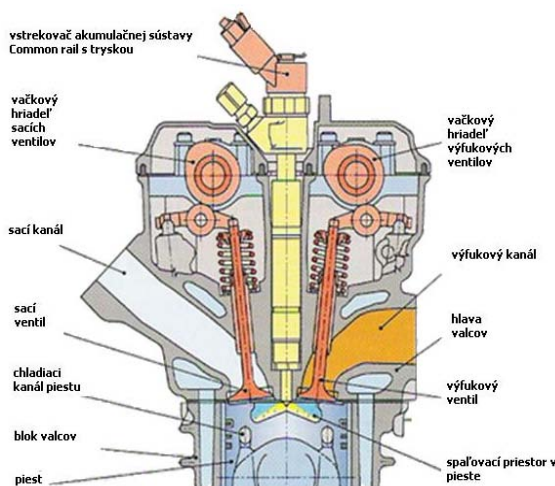
- **dvojtaktné zážihové** – malé motory napr. pre motocykle,
  - **štvortaktné zážihové** – automobilové motory pre osobnú dopravu (laicky benzínové),
  - **dvojtaktné vznetrové**
  - **štvortaktné vznetrové** – automobilové motory pre osobnú a hlavne nákladnú dopravu (dieselové, naftové).
- **Zážihový spaľovací motor** - je piestový spaľovací motor (obr.5) , v ktorom sa cudzím zdrojom tepla (spravidla zapalovacou sviečkou) zapaluje stlačená zápalná zmes plynného alebo ľahkého kvapalného paliva a vzduchu.



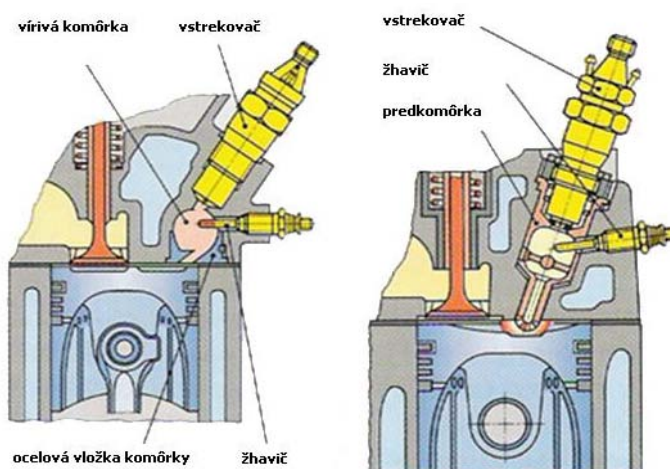
Obr. 5 Štvordobý benzínový motor

➤ **Vznetový spaľovací motor** - je piestový spaľovací motor, v ktorom sa zmes paliva a vzduchu zapaluje pôsobením vysokej teploty vzduchu stlačeného v pracovnom priestore motora. Najčastejšie ide o naftový motor (palivom je nafta) a najbežnejší typ je dieselový motor. Ku kontaktu paliva so vzduchom dochádza po jeho vstreknutí do spaľovacieho priestoru. Podľa konštrukcie spaľovacieho priestoru a miesta vstrekú rozoznávame vznetové motory:

- **s priamym vstrekaním** – kde vstreknutie a celé horenie prebehne v jednom, hlavnom spaľovacom priestore (obr.6).
- **s nepriamym vstrekaním** – kde vstreknutie a počiatočná fáza horenia prebieha v osobitnom priestore (komôrke) a až následne sa proces prenesie do hlavného spaľovacieho priestoru (obr.7).



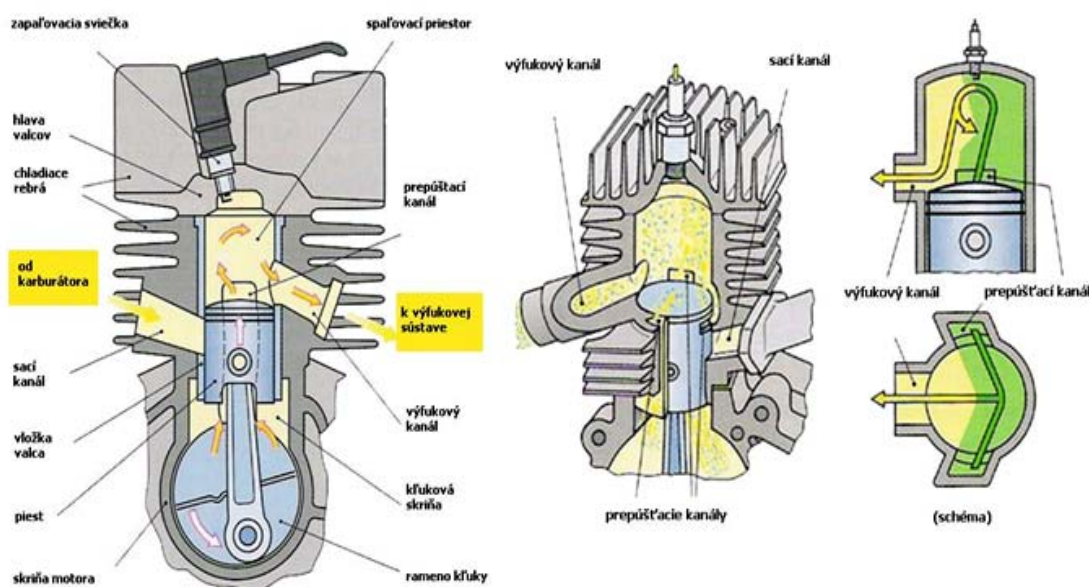
Obr. 6 Vznetový motor s priamym vstrekaním



Obr. 7 Nepriame vstrekovanie paliva do komôrky a do predkomôrky

### 2.3.1 Princíp činnosti dvojtaktného motora

Dvojtaktný motor (obr.8) pracuje na dva takty (doby): nasávanie + kompresia, expanzia + výfuk (výplach). V dvojtaktnom motore prebiehajú pracovné procesy nielen nad, ale aj pod piestom v kľukovej skrini. Toto je veľmi dôležitý fakt. V kľukovej skrini sa nachádza kľukový hriadeľ, ojnica a piest. Z hornej strany je spaľovací priestor uzavretý hlavou valcov. Tá je však veľmi jednoduchá, pretože okrem zapalovacej sviečky neobsahuje žiadne ventily, resp. ventilový rozvod ako je to u štvortaktného motora. Riadenie prívodu čerstvej zmesi, resp. odvod spalín zabezpečuje u dvojtaktného motora pohyb samotného piestu.

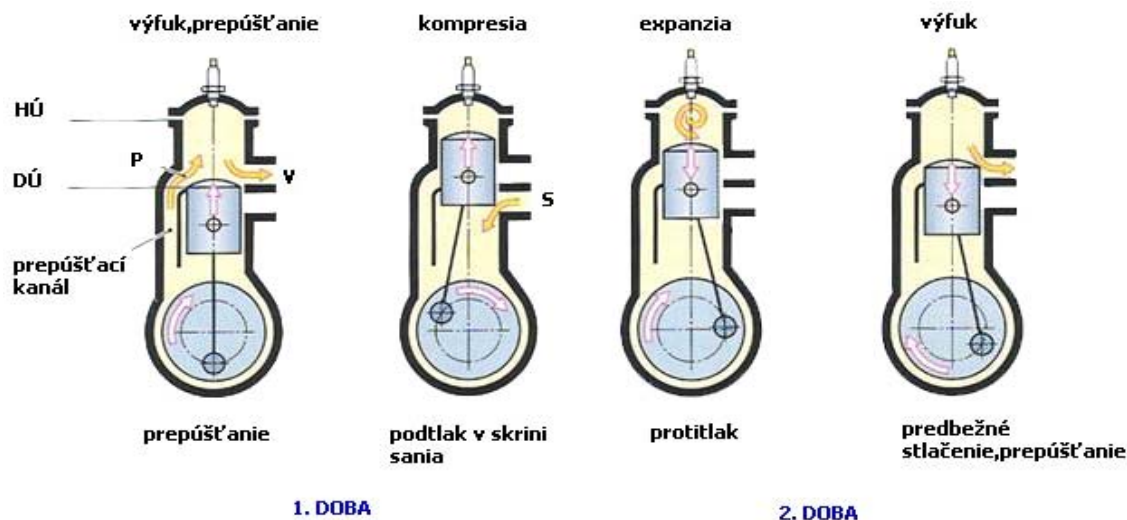


Obr. 8 Dvojdobý zážihový motor s vratným vyplachovaním

**1. Doba (nasávanie + kompresia)** – piest sa pohybuje smerom hore a priestor pod ním sa zväčšuje. Tým vzniká podtlak (kľuková skriňa musí byť u dvojtaktného motora plynotesná). Dolná hrana piestu pri pohybe nahor uvoľní sací kanál, čím sa z kľukovej skrine nasaje čerstvá palivová zmes z karburátora. Súčasne sa nad stúpajúcim piestom stláča palivová zmes.

**2. Doba (expanzia + výfuk)** – tesne pred tým ako piest dosiahne hornú úvrať, zapalovacia sviečka zapáli stlačenú zmes. Rozpínajúce plyny konajú prácu a tlačia piest dole. Tým sa v kľukovej skrini stláča čerstvá zmes nasatá pri prvom takte. Krátko pred dolnou úvraťou uvoľní horná hrana piestu výfukový kanál, ktorým môžu prúdiť spaliny do výfuku. Tesne potom horná hrana piestu uvoľní aj prepúšťací kanál (spája priestor pod a nad piestom). Tým môže stlačená čerstvá zmes z kľukovej skrine prúdiť do

spalovacieho priestoru. Určitý čas je pritom otvorený výfukový aj prepúšťací kanál súčasne (pokiaľ sa piest neprehupne cez dolnú úvrať a neuzavrie svojou hornou hranou výfukový kanál), čo má za následok to, že so spalinami uniká do výfuku aj časť čerstvej zmesi. Celý cyklus sa takto opakuje.



Obr. 9 Pracovný obeh dvojtakného motora

- Príčinou neekologickosti a neekonomickosti dvojtaktných motorov je práve únik nespálenej zmesi do výfuku. Ďalším problémom je mazanie pohybujúcich sa častí motora. Keďže v kľukovej skriní prebiehajú pracovné procesy, nemôže byť využitá ako zásobárňa oleja ako je tomu pri štvortaktných motoroch. Preto sa musí olej pridávať priamo do paliva, čo spôsobuje namodro zafarbený dym a charakteristický zápach dvojtaktných motorov.

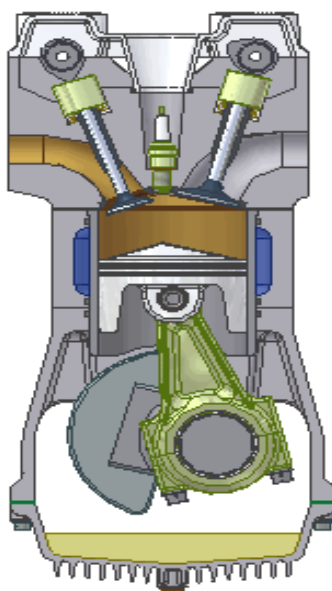
### 2.3.2 Výhody a nevýhody dvojtaktného motora

- **Výhody dvojtaktného motora:**
  - na jeden pracovný takt pripadá jedna otáčka kľukového hriadeľa (Na rozdiel od štvortaktného motora, kde 1. prac. takt = 2. ot. kľukového hriadeľa),
  - relatívne vyšší výkon. (oproti štvortaktu s rovnakým zdvihovým objemom),
  - nižšia hmotnosť,
- konštrukčná jednoduchosť a tým pádom aj jednoduchšia údržba a opravy.

- **Nevýhody dvojtaktného motora:**
  - vyššia spotreba paliva (oproti štvortaktným motorom),
  - neekologická prevádzka,
  - nekludný chod (hlavne pri voľnobežných otáčkach),
  - nedostatočný výkon pri nižších otáčkach,
- relatívne vysoká spotreba oleja (závisí od pomeru miešania oleja s benzínom a spotreby benzínu motora).

### 2.3.3 Princíp činnosti zážihového štvortaktného motora

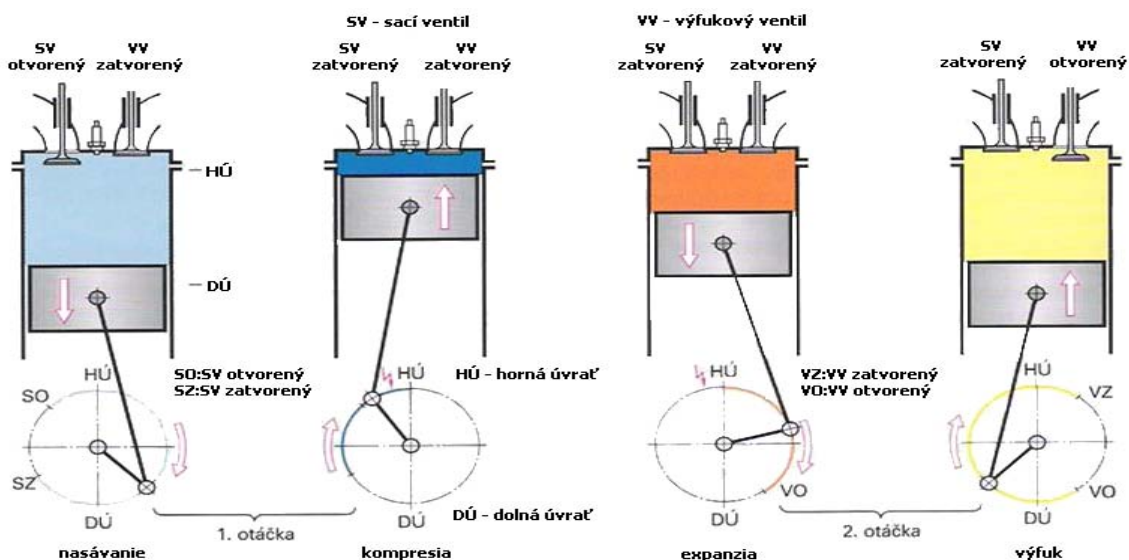
Ako vyplýva z názvu, štvortaktný motor (obr.10) pracuje na štyri takty (doby): nasávanie, kompresia, expanzia, výfuk (obr.11). Začnime teda po poriadku a popíšme si jeho základné časti. Ako každý piestový motor, má piest, ojnicu a kľukový hriadeľ. Zospodu je motor uzavretý olejovou vaňou, ktorá zároveň slúži aj ako zásobárňa oleja pre celý motor. Z hornej strany je spaľovací priestor uzavretý hlavou valcov, v ktorej sa nachádza nasávacie a výfukové potrubie. Každé z nich je uzavreté ventilom, ktorý slúži na riadenie prívodu čerstvej zmesi, resp. odvod spalín. Súčasťou štvortaktného motora je aj ventilový rozvod, ktorý ma na starosti otváranie, resp. zatváranie všetkých ventilov a zapalovacia sviečka s celým zapalovacím systémom.



- Obr.10 Štvordobý zážihový motor



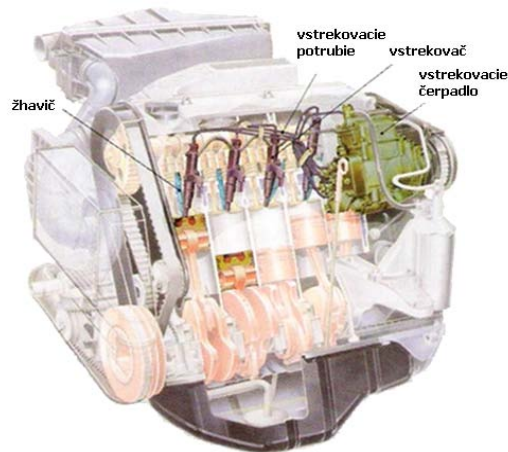
- **1. Doba (nasávanie)** – nasávací ventil je otvorený, ale výfukový je zatvorený. Piest sa pohybuje z hornej úvrate (HÚ) do dolnej úvrate (DÚ). V priestore nad piestom vzniká podtlak. Ten spôsobuje, že do valca sa cez sacie potrubie a karburátor nasáva čerstvá palivová zmes. Nasávací takt končí, keď piest dosiahne DÚ.
- **2. Doba (kompresia)** – oba ventily sú zavreté. Piest sa pohybuje z DÚ do HÚ. Tým stláča nasatú palivovú zmes na zlomok jej pôvodného objemu (toto udáva kompresný pomer motora). Keď piest dosiahne HÚ, zmes paliva a vzduchu je natoľko stlačená, že dosahuje teplotu až 400 °C a kompresný takt týmto končí.
- **3. Doba (expanzia)** – oba ventily sú zavreté, ale zapalovacia sviečka vytvorí zapalovaciu iskru. Tá spôsobí zapálenie pripravenej stlačenej palivovej zmesi a nastáva expanzia (výbuch). Toto je práve takt, ktorý dodáva dlho požadovaný výkon. Spaliny v motore dosahujú teplotu až 2500 °C a rozpínajú sa čím pôsobia na piest a tlačia ho z HÚ do DÚ.
- 4. Doba (výfuk)** – nasávací ventil je zatvorený, ale výfukový je otvorený. Piest sa pohybuje z DÚ do HÚ. Cez otvorený výfukový ventil unikajú spaliny. Piest nemá proti pohybu skoro žiadny odpor, pretože spaliny sú ešte pod tlakom. Po dosiahnutí HÚ sa cyklus znovu opakuje a nastáva ďalšie nasávanie čerstvej zmesi.



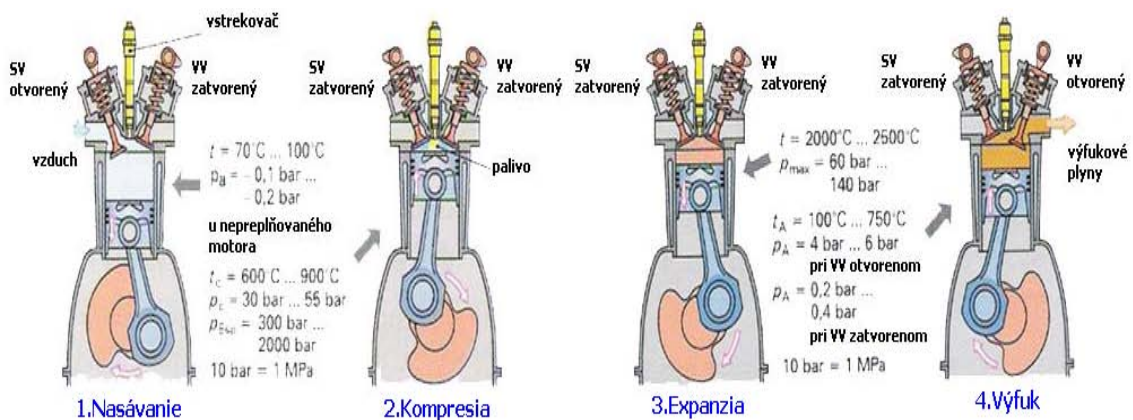
Obr. 11 Pracovný obeh štvordobého zážihového motora

### 2.3.4 Princíp činnosti vznetrového štvortaktného motora

Pracovný obeh štvordobého vznetrového motora je rovnaký ako u benzínového motora, ale s určitými rozdielmi. Pri prvom zdvihu sa nasáva čistý vzduch, čo platí aj u benzínového motora, ktorý má vstrekovanie paliva. Vzduch sa pri druhom zdvihu stláča v dôsledku čoho sa vzduch zohreje na 550 – 800 °C. Tesne pred koncom kompresného zdvihu sa do stlačeného vzduchu začína vstrekovat' palivo, ktoré so vzduchom vytvorí zápalnú zmes. Táto sa pod vplyvom teploty zapáľuje. Časť zhorí v okamihu, keď piest je v HÚ, t.j. pri stálom objeme, a časť zhorí na začiatku expanzného zdvihu pri stálom tlaku v pracovnom priestore, keď sa piest pohybuje z HÚ do DÚ. Ostatná časť expanzného zdvihu a celý výfukový zdvih prebieha rovnako ako u benzínového motora.



Obr. 12 Vznetrový štvordobý motor pre osobné a ľahké úžitkové automobily



Obr.13 Pracovný obeh štvordobého vznetrového motora



### 2.3.5 Výhody a nevýhody štvortaktného motora

- **Výhody štvortaktného motora:**
  - nižšia spotreba paliva (oproti dvojtaktným motorom),
  - ekologickejšia prevádzka,
  - kludnejší kultivovanejší chod,
  - dostatočný výkon aj pri nižších otáčkach,
  - dokonalejší systém mazania (oproti dvojtaktným motorom),
  - relatívne nízka spotreba oleja (ak je motor v dobrom technickom stave),
  - lepšie chladenie motora, pretože olej prečerpávaný motorom zároveň aj chladí namáhané súčiastky.
  
- **Nevýhody štvortaktného motora:**
  - na jeden pracovný takt pripadajú dve otáčky kľukového hriadeľa (Na rozdiel od dvojtaktného motora, kde 1. prac. takt = 1. otáčka kľukového hriadeľa),
  - vyššia hmotnosť,
  - konštrukčná komplikovanosť a tým pádom aj zložitejšia údržba a opravy.

## 2.4 Motory s vnútorným spaľovaním s rotačným pohybom piesta: (Wankelov motor)

Tento motor má piest v tvare trojbokého hranola (obr.14), ktorý rotuje v excentricky uloženom valci, ktorého vnútorný priestor má tvar elipsy. Tým, že piest rotuje, vytvára tri pracovné priestory, ktorých veľkosť sa pohybom piesta mení. Odbúravajú sa tak nepríjemné vibrácie, ktoré sú typické pre motory s posuvným pohybom piestov. Konceptia nevyžaduje ani klasické ventily, ktoré poznáme zo štvortaktných motorov a ani nedochádza k premiešaniu čerstvej a spálenej zmesi ako u klasického dvojtaktného motora. Motor vynášiel Dr. Felix Wankel a spolu s vývojovým

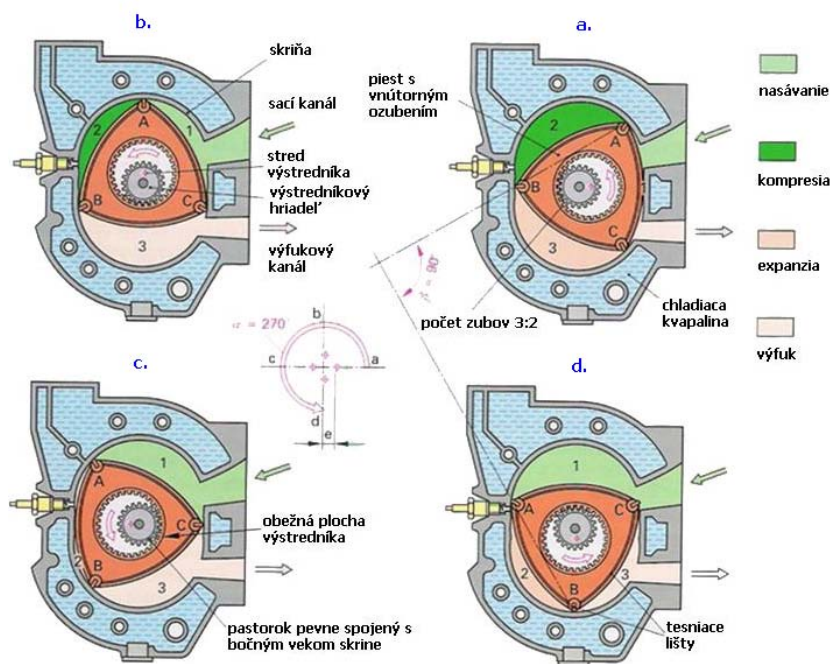
oddelením automobilky NSU postavil v r. 1957 svoj prototyp. Predurčil ho na pohon automobilu.



Obr. 14 Wankelov motor

### Princíp činnosti Wankelovho motora

- **1. Doba (a - nasávanie)** – prvá komora sa zväčšuje a nasáva zmes paliva a vzduchu (obr.15 a).
- **2. Doba (b - kompresia)** – tá istá komora otáčaním piesta tlačí nasatú zmes do spaľovacieho priestoru, excentrickým pohybom piesta komora znižuje svoj objem, a stláča zmes (obr.15 b).
- **3. Doba (c - expanzia)** – iskra sviečky zapáli stlačenú zmes, tlak horúcich plynov tlačí piest ďalej v jeho krúživom pohybe, čo je pracovná poloha (obr.15 c).
- **4. Doba (d - výfuk)** – piest svojou hornou hranou otvorí výfukový kanál a tlačí výfukové plyny cez výfukový systém do ovzdušia (obr.15 d).



Obr.15 Činnosť rotačného piestového spaľovacieho motora

- **Výhody Wankelovho motora:**

- zníženie hmotnosti a zmenšenie rozmerov motora. Wankelov motor zaberá zhruba dve tretiny celkového priestoru výkonovo porovnateľného recipročného motora. Jeho hmotnosť je taktiež na úrovni približne dvoch tretín hmotnosti výkonovo porovnateľného recipročného motora,
  - kľudnejší chod motora. Kultivovanosť chodu dvojrotorového Wankelovho motora je ekvivalentná súčasným radovým šesťvalcovým recipročným piestovým motorom,
  - plochý priebeh krútiaceho momentu v celej otáčkovej oblasti,
  - menšie vibrácie a nižšia hladina akustických emisií. V recipročnom motore je zdrojom vibrácií pohyb kľukového a ventilového mechanizmu. Absencia ventilového rozvodu Wankelovho motora a jeho kľudný chod je prejavom lepšej kinematickej koncepcie motora,
- jednoduchšia kinematika. Wankelov motor konvertuje expanzný tlak priamo do tangenciálnej sily, ktorá vyvoláva rotačný pohyb triangularného rotora a hriadeľa s excentrom bez ďalšieho kinematického článku ojnice. Sacie a výfukové kanály sú otvárané podobne ako v dvojtaktných motoroch samotným pohybom rotora. Preto odpadá ďalší

kinematický článok - ventilový mechanizmus (rozvodový remeň, reťaz, ventily, vahadlá, ventilové pružiny, vačkový hriadeľ a pod.),

vyššia spoľahlivosť a dlhší technický život. Wankelov motor pri otáčkach  $7\,000 + 8\,000 \text{ min}^{-1}$  vykonáva len jednu tretinu otáčok motora (výstupného hriadeľa), čo predlžuje technický život tesnenia rotora, a tým aj celého motora. Keďže Wankelov motor má menej kinematických článkov ako recipročný piestový motor, má aj vyššiu odolnosť v oblasti vyšších otáčok a zaťaženia.

#### **Nevýhody Wankelovho motora:**

- nízka životnosť tesniacich líšt a všeobecne problémy s utesnením spaľovacích komôr,
- veľké kĺzne rýchlosti radiálnych tesniacich líšt vedúce k obmedzeniu otáčok hriadeľa motora na  $5\,000 + 8\,000 \text{ min}^{-1}$ ,
- tvar spaľovacieho priestoru v čase zapálenia a spálenia hlavnej časti paliva má veľký merný povrch, čo vedie k veľkým stratám tepla a k zníženiu tepelnej účinnosti obehu,
- dosiahnuteľná hodnota kompresného pomeru je malá, príčinou je tvar spaľovacieho priestoru a geometria pohybu piesta vo valci, čím dochádza k zdĺhavému horeniu a k nebezpečenstvu vzniku detonačného spaľovania,
- veľká merná spotreba paliva ako dôsledok malej tepelnej účinnosti a nízkeho kompresného pomeru,
- veľká spotreba motorového oleja spôsobená požiadavkami na mazanie tesniacich líšt, ktorá dosahuje dvojnásobok v porovnaní s klasickým recipročným štvordobovým motorom.

## **2.5 Rozvody spaľovacích motorov**

Pod rozvodom spaľovacieho motora rozumieme zariadenie, ktoré reguluje v presne definovanom časovom okamihu vo vzťahu k polohe piesta vstup zmesi, alebo vzduchu a výstup spalín zo spaľovacieho priestoru. Vlastným uzatváracím členom môže byť ventil, posúvač alebo piest motora, ktorých pohon je viazaný na pohyb kľukového

hriadeľa. Každý rozvod musí zabezpečiť maximálne a čo najhospodárnejšie využitie spaľovacieho priestoru pri vysokej prevádzkovej spoľahlivosti, čo najnižšej hlučnosti a minimálnej údržbe.

Podľa konštrukcie rozoznávame rozvody:

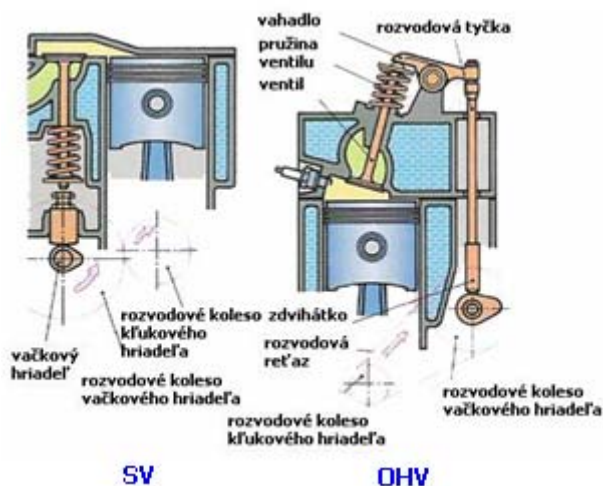
- mechanické – ventilové, kanálové, posúvačové, kombinované,
- hydraulické,
- pneumatické,
- elektrické.

### **Mechanické rozvody**

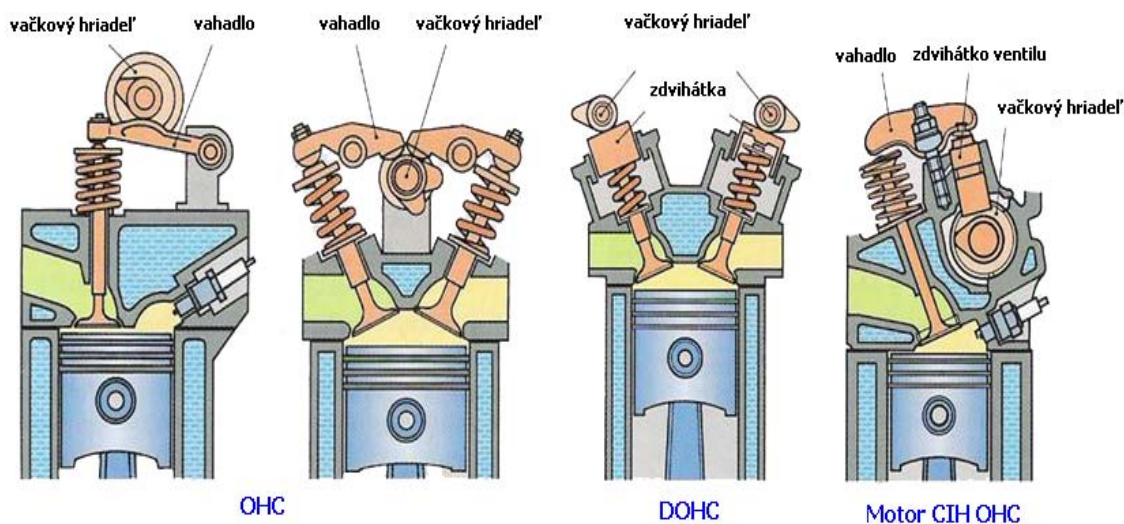
Štvortaktné PSM využívajú vo väčšine prípadov ventilové a zriedka posúvačové rozvody, ktoré sa používali pre svoj tichý chod a väčšiu prietokovú plochu, no v prevádzke boli citlivé a mali krátku životnosť. Dvojtaktné motory využívajú zväčša kanálové rozvody a motory s väčším vŕtaním kombinované rozvody.

#### **Mechanické rozvody:**

- kanálový rozvod (väčšinou dvojtaktné),
- posúvačový rozvod (systémy Knight, Mustad et Fils, Burt-McCollum, Bristol, Baeer, Minerva, Cross, Aspin a iné ),
- ventilový rozvod,
- F - s jedným ventilom na boku valca s druhým v hlave (zastaralá konštrukcia),
- SV (side valve) - s ventilom na boku valca (zastaralá konštrukcia),
- OHV (over head valve) - s ventilmi v hlave valca,
- OHC (over head camshaft) - s ventilmi aj vačkovým hriadeľom v hlave valca,
- DOHC alebo 2xOHC - s dvoma vačkovými hriadeľmi v hlave valca,
- s kombinovaným rozvodom - vstup zmesi je väčšinou riešený kanálom, výstup ventilom.



Obr. 16 Motor s postranným ventilom (SV) a ventilom zhora (OHV)



Obr. 17 Motor s vačkovým hriadeľom v hlave valcov (OHC) a dvojicou vačkových hriadeľov (DOHC) [15]

### Variabilné rozvody

Tieto rozvody zlepšujú plnenie valcov vo veľkom rozsahu otáčok. Okrem toho sa zvyšuje výkon motora, zlepšuje sa priebeh točivého momentu, znižuje sa jednak obsah škodlivín vo výfukových plynch, jednak spotreba paliva vzhľadom na tvorbu zmesi a znižuje sa hlučnosť. Variabilné systémy môžu mať:

- premenlivé časovanie ventilov,
- variabilné ovládanie vačkového hriadeľa,

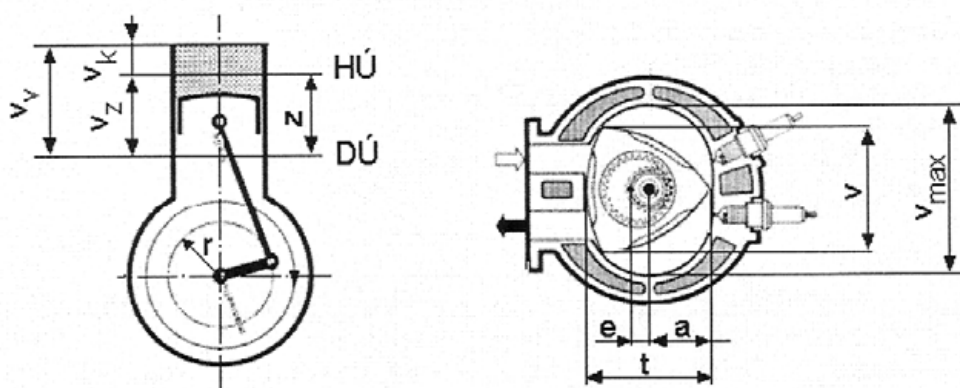
- úplne variabilné rozvody, ktoré môžu byť – mechanické, hydraulické, elektromechanické.



Obr. 18 Mechanicky plne variabilný systém rozvodu Valvetronic, BMW

## 2.6 Charakteristické rozmery motorov

Charakteristické rozmery piestového spaľovacieho motora s priamočiarym vratným a krúživým pohybom piesta sú:



Obr. 19 Charakteristické rozmery motorov s priamočiarym a krúživým pohybom piesta

- zdvih ( $z$ ) - vzdialenosť medzi úvraťami piesta,
- vŕtanie ( $D$ ) - priemer valca alebo piesta,
- zdvihový objem ( $V_z$ ) - rozdiel objemov spaľovacieho priestoru medzi dolnou a hornou úvraťou,



- objem kompresného priestoru (**V<sub>k</sub>**) - objem, ktorý ostane vo valci, keď je piest v hornej úvrati,
- dolná úvrat' piestu (**DÚ**),
- horná úvrat' piestu (**HÚ**),
- excentricita (**e**),
- polomer kružnice opísanej piestom (**a**),
- šírka valca (**t**),
- výška valca (**v<sub>max</sub>**),
- veľkosť piestu (**v**).

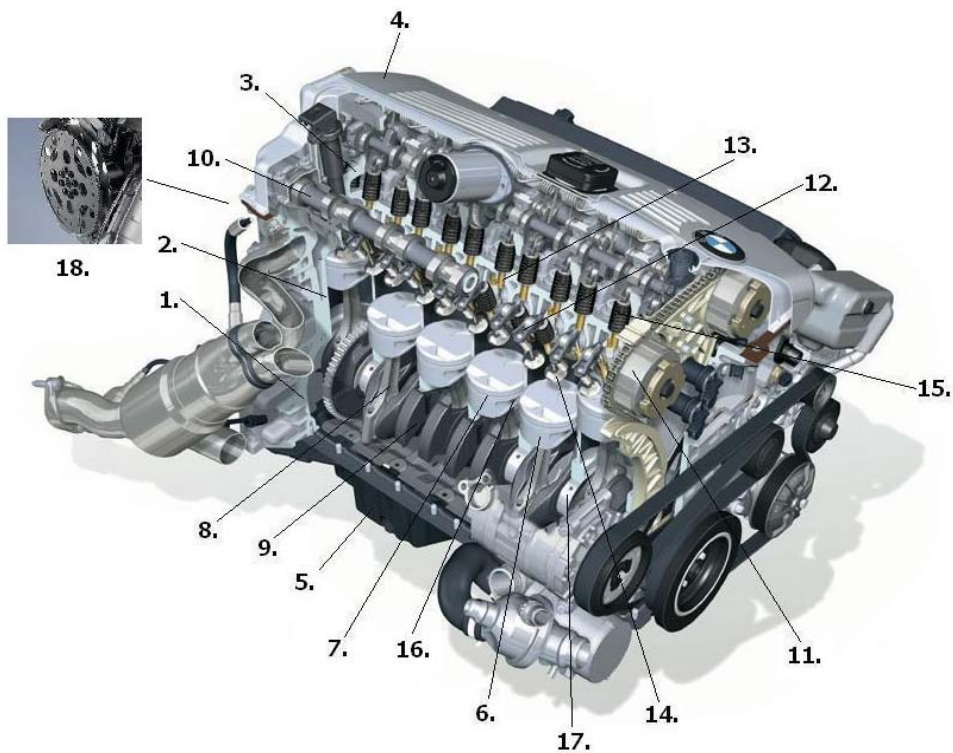
## 2.7 Výhody a nevýhody spaľovacích motorov

Každý typ spaľovacieho motora má svoje výhody a nevýhody a preto sa viac alebo menej hodí pre pohon jednotlivých zariadení.

- **Hlavné výhody spaľovacích motorov sú:**
  - v piestovom vyhotovení dosahujú vysoké účinnosti premeny energie. Spaľovacie turbíny dosahujú vysokú účinnosť iba v jednotkách s vysokým výkonom,
  - možno ich rýchlo uviesť do prevádzky (s výnimkou motorov s veľkými výkonmi),
  - dajú sa konštruovať pre rôzne palivá, účely a veľkosti,
  - najmä s kvapalnými palivami umožňujú dosahovať nízke spotreby paliva, vysoké akčné rádiusy, nízke výkonové hmotnosti, t.j. sú vhodné pre pohon dopravných prostriedkov.
- **Hlavné nevýhody spaľovacích motorov sú:**
  - nevhodné pôsobenie na životné prostredie,
  - vyžadujú pre štart cudzí zdroj energie (okrem raketových),
  - piestové motory majú nevýhodný priebeh výkonových charakteristík,
  - nedosahujú vysokú životnosť.



### 3. Základné časti piestového spaľovacieho motora



**Obr.20 Základné časti piestového spaľovacieho motora BMW**

1 – blok motora, 2 – valce motora, 3 – hlava valcov, 4 – tesnenia, veká, kryty motora,  
 5 – olejová vaňa, 6 – piesty motora, 7 – piestové krúžky , 8 – ojnica, 9 – kľukový  
 hriadeľ, 10 – vačkový hriadeľ, 11 – pohon vačkového hriadeľa (rozvod), 12 – vahadlá,  
 13 – zdvíhadlá a zdvíhacie tyčky, 14 – ventily, 15 – ventilové pružiny, 16 – piestny čap,  
 17 – hlavné ložiská, 18 – zotrvačník s ozubeným vencom

### 3.1.1 Pevné časti motora

Medzi základné pevné časti motora sa zaraďujú : blok motora, valce motora, hlava valcov, veká, kryty, tesnenia a olejová vaňa.

➤ **Blok motora** tvorí základ pre upevnenie jednotlivých dielčích mechanizmov a súčiastok , ako aj jednotlivých sústav , bez ktorých nie je možná činnosť motora obr.21. Zároveň prostredníctvom neho je celý motor upevnený v samonosnej, rámovej alebo inej konštrukcii vozidla. Blok má aj pätky k upevneniu silentblokov. Blok tvorí nosnú časť pre valce. Býva odliaty zo sivej alebo očkovanej liatiny u stabilných motorov, alebo zo zliatin ľahkých kovov. Blok má taktiež vytvorené rôzne náliatky pre upevnenie potrebného príslušenstva , ako je vstrekovacie čerpadlo, vodné čerpadlo, sacie a výfukové potrubie, rozdeľovač a pod.



Obr. 21 Blok 8 - valcového motora

➤ **Valce motora**, ktorých úlohou je zachytiť tlaky plynov v priebehu pracovného obehu a vedenie piesta sú znázornené na obr.22. Napriek tomu, že vložka je jednoduchá, musí vyhovovať viacerým požiadavkám z hľadiska konštrukcie, materiálu a technológie. Súčasne odoláva mechanickému, tepelnému a chemickému namáhaniu pri zachovaní dobrých klzných vlastností a dobrej obrobitel'nosti. V motoroch chladených kvapalinou sa používajú valce suché alebo mokré.



Obr.22 Vložené valce v bloku motora

➤ **Hlava valcov** tvorí veko valca, pretože uzatvára valec zhora vid' obr.23. Je to zložitý odliatok s členitým povrchom a priestormi pre chladiacu kvapalinu. Hlava môže zakrývať všetky valce alebo každý valec môže mať samostatnú hlavu, taktiež hlava môže byť z jedného kusa alebo delená. Šírka hlavy je zvyčajne rovnaká ako šírka bloku, jej výška závisí od použitého rozvodu, kanálov, hrúbky stien, spôsobu chladenia a pod.



Obr.23 Pohľad na hlavu valcov vodou chladených motorov

➤ **Tesnenia, veká a kryty motora** slúžia na utesnenie jednotlivých spojov, ktoré vznikajú pri styku dvoch súčastí a majú výrazný vplyv na funkčnosť vid' obr.24. Súčasné tesnenia, ktoré sa používajú sú v triede Metaloflex, Metal elastomer a Ferrofex/ferroplastic. Plastové kryty zakrývajú hlavne vrchnú časť motora a niektoré časti potrubia.



Obr. 24 Rôzne druhy tesnení a kryt motora značky Mercedes

➤ **Olejová vaňa** je nádoba, v ktorej sa nachádza mazací olej potrebný na mazanie motora vid' obr.25. Olejová vaňa je ku kľukovej skrini pripojená prostredníctvom skrutiek cez tesnenie. Z hornej časti do nej zasahuje olejová mierka ako ukazovateľ stavu hladiny oleja, v spodnej časti má na najnižšom mieste vypúšťaciu zátku oleja, ktorá môže byť s magnetom na zachytávanie kovových nečistôt.



Obr. 25 Olejová vaňa

### 3.1.2 Pohyblivé časti motora

Medzi základné pohyblivé časti motora sa zaraďujú : piesty, piestne krúžky (stierací, mazací, tesniaci), ojnica, kľukový hriadeľ, vačkový hriadeľ, pohon vačkového hriadeľa (článková reťaz, ozubený remeň, ozubené kolesá), vahadlá, zdvíhadlá a

zdvíhacie tyčky, ventily (sacie, výfukové), pružiny ventilov, piestny čap a poistka, hlavné ložiská, zotrvačník.

➤ **Piesty** zabezpečujú stláčanie média pri kompresnom zdvihu a prenos síl vznikajúcich pri expanzií na kľukový mechanizmus motora vid' obr.26. Základnou ich úlohou je v súčinnosti s piestnymi krúžkami zabezpečiť dokonalú tesnosť spaľovacieho priestoru, dostatočný odvod tepla, zabezpečiť nízku spotrebu oleja a malé trecie straty, súčasne sa musí vyznačovať dokonalou odolnosťou voči opotrebeniu, malou hmotnosťou a dostatočnou pevnosťou.



Obr.26 Rôzne druhy piestov štvortaktných motorov

➤ **Piestne krúžky** sa používajú tesniace a stieracie obr.27. Úlohou tesniacich krúžkov je utesniť priestor pod piestom pred prenikaním plynov zo spaľovacieho priestoru, odovzdávať časť tepla z piesta do stien valca a čiastočne napomáhať pri stieraní oleja zo stien valca. Stieracie krúžky regulujú prívod oleja na povrch valcov, piestov a k tesniacim krúžkom. Prebytočný olej stierajú zo stien valca a odvádzajú do kľukovej skrini.



Obr. 27 Piestne krúžky

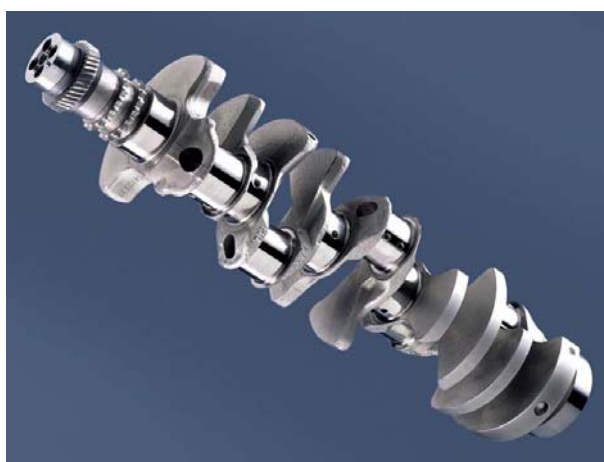


➤ **Ojnica** je časť motora obr.28, ktorá prenáša sily z piesta na kľukový hriadeľ a slúži k premene priamočiareho vratného pohybu piesta na rotačný pohyb kľukového hriadeľa. Skladá sa z drieku a dvoch ojnicných hláv, z ktorých jedna je piestna a druhá kľuková. Ojnicné hlavy sú delené alebo nedelené. Piestna hlava býva nedelená a kľuková delená kvôli ľahšej montáži.



Obr. 28 Ojnica

➤ **Kľukový hriadeľ** patrí medzi mechanicky najviac namáhané súčiastky spaľovacieho motora obr.29. Jeho úlohou je zmeniť posuvný pohyb ojnice na pohyb otáčavý a premeniť hnacie sily motora na točivý moment. Kľukový hriadeľ sa skladá z hlavných čapov, ktoré sú uložené v hlavných ložiskách v kľukovej skrini, z ojnicných čapov, na ktorých sú uložené ojnicné hlavy, a ramien spájajúcich hlavné a kľukové čapy.



Obr. 29 Kľukový hriadeľ s ozubeným kolesom pre pohon vačkového hriadeľa

- **Úlohou vačkového hriadeľa** obr.30 je zmena rotačného pohybu získaného od kľukového hriadeľa na posuvný pohyb, ktorým sú ovládané ventily. Vzhľadom na skutočnosť, že po vačke sa kľúže zdvíhadlo alebo vačka priamo pôsobí na ventil, musí mať vhodnú povrchovú úpravu a dlhú životnosť.



**Obr.30 Vačkový hriadeľ**

- **Rozvody** sú poháňané od kľukového hriadeľa a následne je zabezpečený pohon olejového, vodného a vstrekovacieho čerpadla, alternátora, ventilátora a pod. obr.31. Pohon rozvodu sa môže uskutočniť: ozubenými kolesami (s rovnými, so šikmým ozubením), remeňom (ozubeným, klinovým), rozvodovou reťazou, kráľovským hriadeľom.



**Obr.31 Rozvodová sústava**

➤ **Vahadlá ventilov** prenášajú silu z rozvodových tyčiek na ventily obr.32. V podstate predstavujú nerovnoramennú páku s prevodom do rýchla na ventil. Pomer ramien býva 1 : (1,3 ÷ 1,6). Vahadlo sa kýva okolo nehybného čapu, ktorý môže byť spoločný pre všetky ventily alebo pre jednu dvojicu ventilov. Na spodnej strane vahadla býva nastavovacia skrutka pre vymedzenie vôle medzi ventilom a stykom páky vahadlá.



Obr. 32 Rôzne druhy vahadiel ventilov

➤ **Zdvíhadlá a zdvíhacie tyčky** prenášajú silu obr.33, a tým pohyb z vačkového hriadeľa na ventily alebo na zdvíhacie tyčky. Majú valcovitý tvar a sú uložené vo vedeniach, ktoré sú najčastejšie v bloku motora, resp. v hlave valcov. Zdvíhacie tyčky sa používajú v rozvodoch OHV, kde prenášajú pohyb od zdvíhadla na vahadlá.



Obr. 33 Zdvíhadlá a zdvíhacie tyčky



➤ **Ventily** sú uložené tanierom v spaľovacom priestore obr.34. Skladá sa z hlavy, drieku, zámku a z taniera s fazetkou. Tanier v súčinnosti so sedlom ventilu, ktoré je zalisované v hlave valca, utesňuje pri expanzii, resp. otvára spaľovací priestor pri nasávaní čerstvej zmesi a vypúšťaní spálených plynov. Ventily sú namáhané tlakom plynov, vysokými teplotami, zotrvačnými silami a silami od ventilových pružín.



Obr. 34 Rôzne druhy ventilov

➤ **Pružiny ventilov** obr.35 zabezpečujú dosadenie ventilu do sedla a udržuujú ventil v uzatvorenom stave, ak vačka nepôsobí na ventil. Aby sa ventil neotvoril v nevhodnom čase, pružiny sú predpäté. Sú umiestnené medzi hlavou motora a miskou ventilových pružín. Pružina sa skladá z pracovných a dosadacích závitov.



Obr. 3 5 Pružiny ventilov

➤ **Piestny čap** prenáša tlak plynov vo valci a zotrvačné sily na ojniciu obr.36. Pri konštrukcii čapu treba mať na zreteli jeho pevnosť, odolnosť povrchu voči opotrebeniu, odolnosť voči nárazovému namáhaniu, musí mať minimálne deformácie, malú hmotnosť a pod. Piestny čap je v pieste zaistený voči osovému posunutiu pomocou poistných krúžkov alebo segerových poistiekami.



Obr. 36 Piestny čap s poistkou

➤ **Hlavné ložiská** sa ukladajú do kľukovej skrini pod kľukový hriadeľ obr.37. V súčasnosti sa takmer výhradne používajú tenkostenné trojvrstvové ložiská, ktoré sú odlievané do ložiskových paniev. Kĺzne vrstvy ložiska, ktoré sú hladké, môžu byť nanesené galvanicky alebo plazmou.



Obr. 37 Rôzne druhy puzdiar, hlavných ložísk kľukového hriadeľa a ojníc

➤ **Zotrvačník** obr.38 je vlastne kotúč s veľkou hmotnosťou, ktorý u piestových spaľovacích motoroch vyrovnáva nerovnomerný chod motora. Zotrvačník pri prebytku hnacej sily akumuluje energiu a pri jej nedostatku ju dodáva späť. Veľkosť zotrvačníka sa určuje množstvom akumulovanej energie.



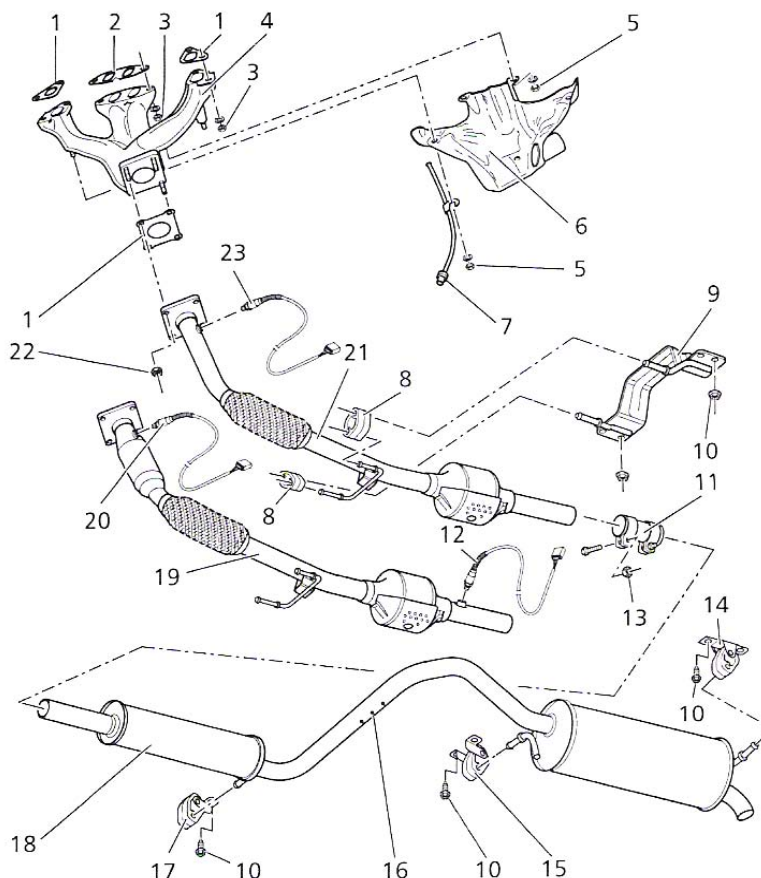
Obr. 38 Zotrvačník s ozubeným vencom

### 3.1.3 Príslušenstvo motorov

Medzi základné príslušenstvo motora sa zaraďuje : nasávací a výfukový systém, palivová sústava, mazacia sústava, chladiaca sústava, zapalovanie (iba zážihové motory).

➤ **Nasávací a výfukový systém.** Nasávací systém (obr.39) piestových spaľovacích motorov má zabezpečiť prívod čerstvej náplne (benzín + vzduch, plyn + vzduch) do jednotlivých valcov v stanovenom množstve. Výfukový systém (obr.40) motora slúži na odvod výfukových plynov a ich následnú úpravu.



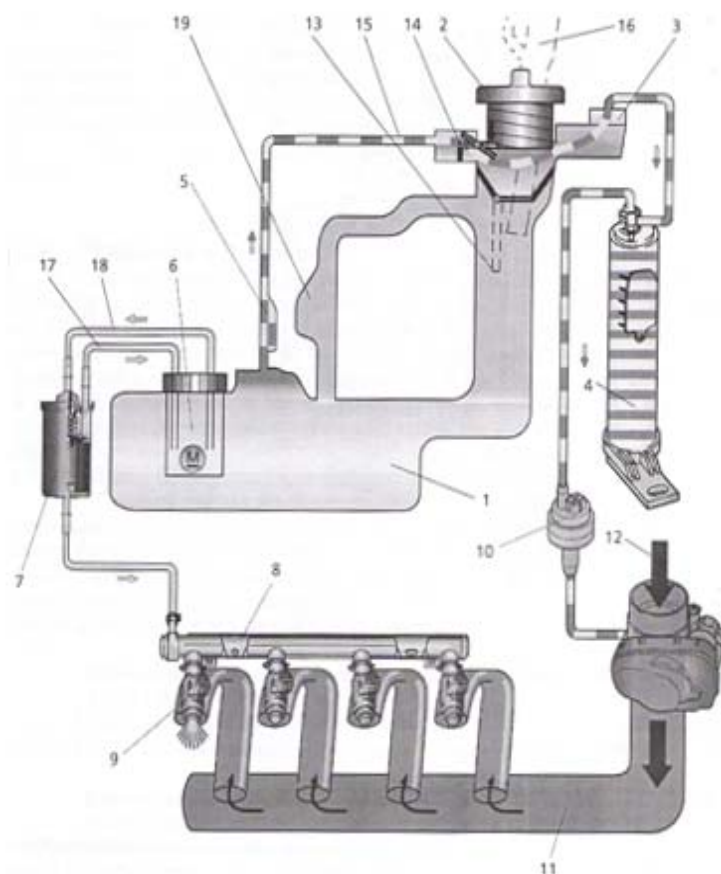


**Obr. 40 Výfuková sústava pre motory Škoda Fabia 1,0/37kW, 1,4/44kW, 1,4/50kW**

1,2 – tesnenie, 3 – montážna matica zberného potrubia, 4 – zberné výfukové potrubie motora, 5 – matica upevnenia predhrievača, 6 – predhrievač - tepelný kryt, 7 – vodiaca trúbka olejovej mierky, 8 – silikónový prvok zavesenia, 9 – držiak závesových prvkov, 10 – matice na upevnenie držiaku, 11 – dvojité spony predného a zadného dielu výfuku, 12 – lambda sonda 2 za druhým katalyzátorom, 13 – matica dvojitej spony, 14,15,17 – záves, 16 – značenie miesta, kde je možné oddeliť rezom zadnú časť dielu výfuku pri miestnom poškodení, 18 – expander, 19 – predný diel výfuku s 2 katalyzátormi pre motory AQV, AZF, ATZ, AQW, 20 – lambda sonda 1 pred katalyzátorom, 21 - predný diel výfuku s 1 katalyzátormi pre motory ARV, AZE, AME, 22 – matica upevnenia výfuku ku zbernému potrubiu, 23 - lambda sonda 1 pred katalyzátorom



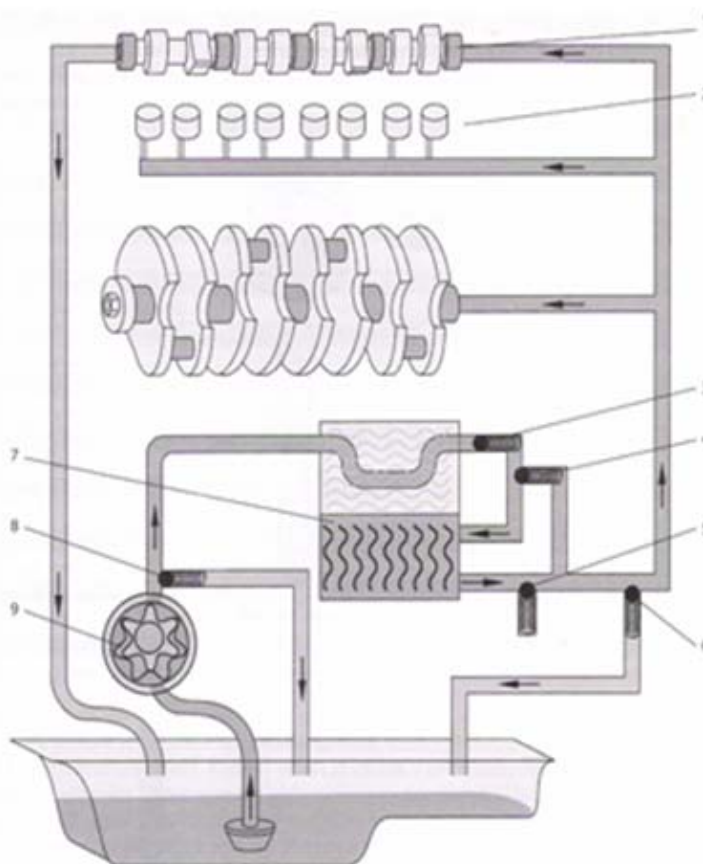
➤ **Palivová sústava** (obr.41), ktorého primárnou úlohou je v každom prevádzkovom režime motora zásobovať vlastný systém palivovej zmesi palivom. Sekundárne úlohy palivovej sústavy sú: bezpečne uskladniť palivo v palivovej nádrži, preprava paliva bez bublín, čistenie paliva od nečistôt, vytváranie tlaku a udržiavať ho na konštantnej úrovni, prebytočné palivo dopravovať späť a zabrániť úniku palivových pár.



**Obr. 41 Palivová sústava vrátane odvetrávania a vstrekovania Škoda Fabia**

1 – palivová nádrž, 2 – nalievacie hrdlo paliva, 3 – gravitačný ventil, 4 – nádobka s aktívnym uhlím, 5 – odvetrávacia nádobka, 6 – palivové čerpadlo, 7 – palivový čistič, 8 – rozdeľovač paliva, 9 – vstrekoč, 10 – elektromagnetický ventil nádobky s aktívnym uhlím, 11 – sacie potrubie, 12 – nasávaný vzduch, 13 – uzatváracia klapka, 14 – odvzdušňovací ventil, 15 – odvzdušňovacie potrubie, 16 – tankovacia pištoľ, 17 – spätné vedenie paliva, 18 – prírodné potrubie paliva, 19 – plniaca odvetrávacia nádoba

➤ **Mazacia sústava** (obr.42) je nutná, aby nedochádzalo k suchému treniu a následne k zadreniu motora, lebo pri prevádzke motora dochádza k treniu jednotlivých plôch, ktoré môžu byť kvapalinové, polosuché alebo suché. Veľké tlakové a tepelné zaťaženie pohybujúcich sa súčiastok vyžaduje dôkladne vyriešený systém mazania. Mazanie má za úlohu oddeľovať dve relatívne sa pohybujúce súčiastky motora vrstvou maziva, t.j. vytvoriť olejový film. Takto nedochádza k priamemu styku pohybujúcich sa plôch, znižujú sa trecie odpory a opotrebenie sa znižuje na minimum. Olejový film medzi trecími plochami vytvára podmienky klznému, resp. kvapalnému treniu.

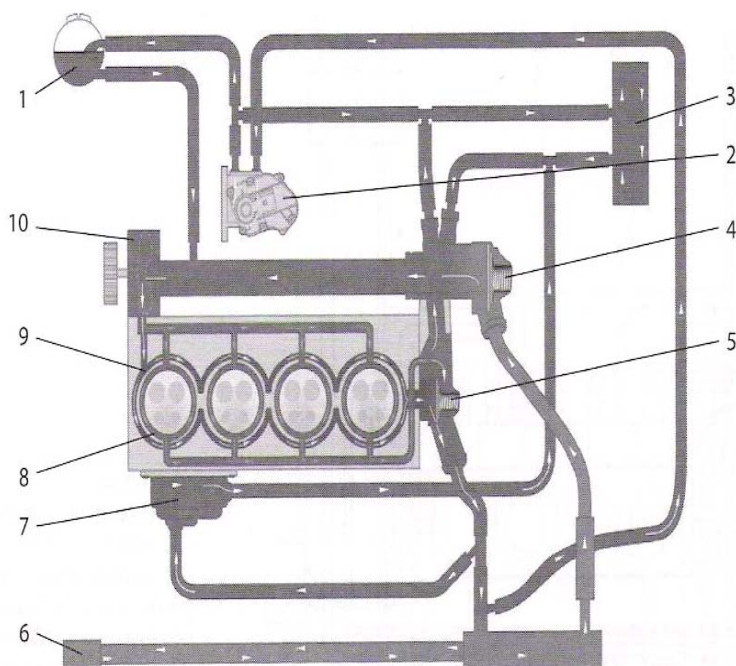


**Obr. 42 Schéma mazacej sústavy Škoda Octavia**

1 – vačkový hriadeľ, 2 – hydraulické zdvíhadlá, 3 – blokovanie spätného prúdenia oleja, 4 – pretlakový ventil spätného spojenia, 5 – spínač tlaku oleja, 6 – regulačný pretlakový ventil, 7 – olejový čistič s chladičom oleja, 8 – pretlakový ventil, 9 – olejové čerpadlo

➤ **Chladiaca sústava** (obr.43) má veľký podiel na tepelnej bilancii motora, pretože odvádza asi tretinu tepla privedeného do motora. Z dôvodu meniacich sa mechanických vlastností časti motora od určitej hranice teploty je nutné chladenie motora. Z hľadiska tepelného namáhania motor potrebuje prídavné zariadenie na odvod tepla úlohou ktorého je:

- udržanie prípustnej tepelnej hladiny a tepelného spádu v hlave motora, valcoch, ložísk, ventilov, atď.
- odvod tepla z mazacieho oleja, z chladiacej kvapaliny, z plniaceho vzduchu
- ohriatie motora na prevádzkovú teplotu, resp. udržanie prevádzkovej teploty

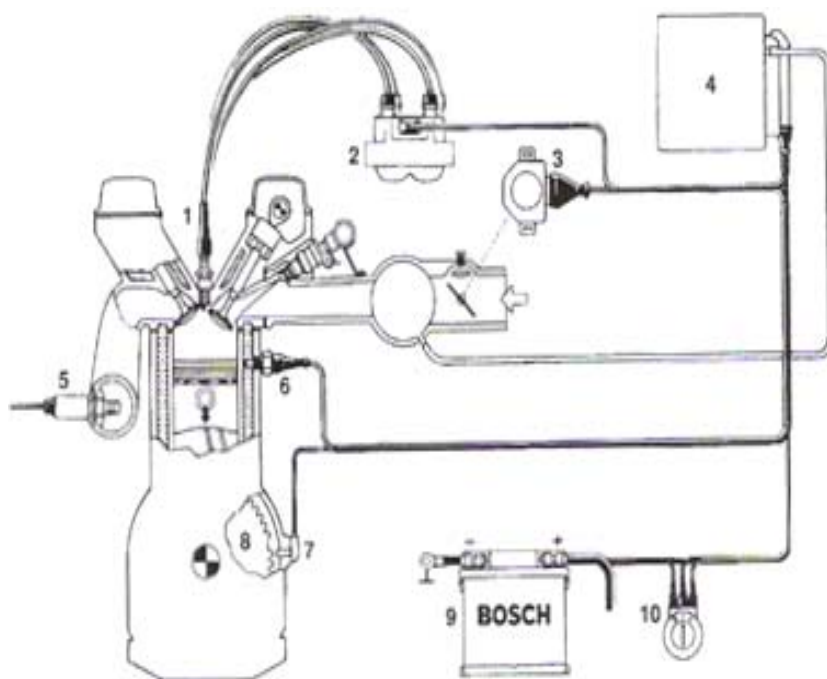


**Obr. 43 Schéma chladiacej sústavy motora 1,6L – 85kW Škoda Octavia**

- 1 – vyrovnávací nádobka, 2 - ventil spätného vedenia výfukových plynov,  
3 – výmenník kúrenia, 4 – termoregulátor 1 od hlavy valcov (otvára pri teplote 87 ° C),  
5 – termoregulátor 2 od bloku valcov (otvára pri teplote 105 ° C), 6 – chladič,  
7 – chladič motorového oleja, 8 – okruh chladiacej kvapaliny v hlave valca, 9 – okruh chladiacej kvapaliny v bloku valca, 10 – čerpadlo chladiacej kvapaliny



➤ **Zapaľovanie**, ktoré sa pri spaľovacích motoroch používa delí v podstate na dva druhy. Pri vznetových motoroch je to zapaľovanie kompresným teplom a pri zážihových motoroch ide o zapaľovanie vysokonapäťovou iskrou (obr.4.24). Zapaľovanie elektrickou iskrou je veľmi výhodné, hlavne preto, že sa dá veľmi presne nastaviť okamžik zápalu zmesi v pracovnom priestore, a tým dosiahnuť maximálny výkon v spaľovacom priestore motora. Taktiež je možné umiestniť miesto zapálenia s ohľadom na rýchlosť horenia a šírenia plameňa.



**Obr. 44 Elektronické zapaľovanie (Bosch)**

1 – zapaľovacia sviečka, 2 – zapaľovacia cievka, 3 – spínač škrtiacej klapky,  
4 – riadiaca jednotka, 5 – lambda sonda, 6 – snímač teploty, 7 – snímač otáčok a polohy  
kľukového hriadeľa, 8 – ozubený kotúč, 9 – akumulátor, 10 – spínacia skrinka

## 4. Systémy vstrekovania spaľovacích motorov

Vznetový motor, bežne nesprávne nazývaný dieselový motor alebo tiež Dieselov motor, či skrátka iba diesel, je najvýznamnejším dnes používaným druhom spaľovacieho motora.

Bol vynájdený Rudolfom Dieselom a zdokonalený Charlesom Ketteringom. Vznetový motor pracuje obvykle ako štvordobý spaľovací motor. Na rozdiel od zážihových motorov je do neho palivo dopravované oddelene od vzduchu. Palivo je do spaľovacieho priestoru dopravované špeciálnym vysokotlakým čerpadlom a vysokotlakým potrubím.

Do spaľovacieho priestoru sa najprv nasáva vzduch = sanie. Po uzavretí sacieho ventilu sa nasatý vzduch stlačuje, piest sa pohybuje smerom dolu, (izobarický dej) a jeho teplota rastie na viac ako 500°C (pri kompresom pomere okolo 1:20). Pri kompresii sa piest pohybuje smerom hore, oba ventily sú uzavreté, tlak stúpa na 3MPa, rastie teplota (> 600°C) a vzduch sa stlačuje. Tesne pred hornou úvraťou vstrečne tryska do valca presnú dávku jemne rozprášeného paliva (nafty). Palivo začne horieť samovznietením vo vzduchu ohriatom kompresiou. Vo fáze expanzie je potom vzniknuté teplo prevedené na mechanickú prácu, adiabatický dej. V poslednej fáze (výfuk) sa otvára výfukový ventil a spaliny sú vytlačené do výfuku, izobarický dej.

Vznetové motory sú často vybavené mechanickým kompresorom alebo turbodúchadlom. Turbodúchadlo pracuje uspokojivo len vo vyšších otáčkach, kedy je rýchlosť spalín dosť vysoká. Kompresor má rovnaký efekt ako turbodúchadlo, ale funguje i pri nízkych otáčkach, pretože je poháňaný mechanicky – obvykle je remeňom spojený s motorom.

Vznetový (spaľovací) motor je piestový spaľovací motor, v ktorom sa zmes paliva a vzduchu zapaluje pôsobením vysokej teploty vzduchu stlačeného v pracovnom priestore motora.

Najčastejšie ide o naftový motor (palivo je nafta) a najbežnejší je dieselový motor.

Ku kontaktu paliva so vzduchom dochádza po jeho vstreknutí do spaľovacieho priestoru. Podľa konštrukcie spaľovacieho priestoru a miesta vstrelu rozoznávame vznetové motory:

-s priamym vstrekováním, kde vstreknutie a celé horenie prebieha v jednom, hlavnom spaľovacom priestore

-s nepriamym vstrekováním, kde vstreknutie a počiatková fáza horenia prebieha v osobitnom priestore – komôrke a až následne sa proces prenesie do hlavného spaľovacieho priestoru

Vznetový motor najčastejšie pracuje ako štvortaktný aj ako dvojtaktný.

Zmes sa u vznetových motorov tvorí až tesne pred a počas spaľovania. Rozprášené palivo, vstreknuté do horúceho vzduchu cez trysku vstrekočača, sa začína odparovať a premiešavať s náplňou valca. Lokálne zloženie zmesi sa spojitne mení od steny valca, kde je čistý vzduch, k povrchu kvapky paliva. V okolí kvapôčok vznikne oblasť s vhodným zložením, kde vplyvom vysokej teploty dôjde k vznieteniu a začatiu spaľovania. Proces postupného odparovania a zapájania sa ďalších častí paliva do horenia počas prebiehajúceho spaľovania pokračuje.

Vstrekovacie zariadenie preto musí zabezpečiť dostatočne jemné rozprášenie paliva a vhodné rozloženie lúčov paliva v spaľovacom priestore.

Výkon vznetového motora sa reguluje množstvom paliva pri približne rovnakom objeme vzduchu na jeden pracovný cyklus. Mení sa teda bohatosť – kvalita zmesi. Preto sa takýto typ regulácie nazýva kvalitatívna. Regulácia je realizovaná premenlivým množstvom paliva, ktoré dodá vstrekovacie zariadenie. Funkcia, popisujúca objemový priebeh dodávky paliva v závislosti na čase, sa nazýva aj zákon vstreku.

Je známe, že elektronicky riadené vstrekovacie zariadenie zážihových motorov nemá vôbec žiadny elektronicky riadený karburátor, v ktorom by sa tvorila pohonná zmes paliva so vzduchom. Prechodným riešením medzi elektronicky riadenými karburátormi a viacbodovým vstrekováním paliva bolo centrálné vstrekovanie. Vo svojej dobe šlo o systémy Mono – jetronic a neskôr Mono – monotronic. Zatiaľ čo v minulých dobách vstrekovacie zariadenia slúžili na to, aby sa v prvom rade zvýšil objemový výkon motora a znížila spotreba paliva, dnes sa využívajú na to, aby sa čo najlepšou prípravou zmesi zlepšilo spaľovanie a znížili emisie škodlivín vo výfukových plynch. Táto požiadavka je daná veľmi výrazným sprísňovaním ustanovení o výfukových plynch ( limity podľa predpisov Euro 3, Euro 4 a Euro 5).

Prísne limity pre obsah škodlivín vo výfukových plynch je možné v súčasnej dobe dodržiavať jednak vďaka ich dodatočnej úprave v katalyzátore a predovšetkým

vd'aka elektronicky riadeným vstrekovacím zariadeniam. Tieto zariadenia na rozdiel od elektronicky riadených karburátorov môžu každému jednotlivému valcu pridelovať presne také množstvo paliva, ktoré pri danom pracovnom režime potrebuje, podľa zmeraného množstva nasatého vzduchu.

Objemový výkon motora sa zvyšuje v prvom rade zlepšením účinnosti plnenia valca. U motorov so vstrekováním je táto možnosť v porovnaní s motormi s karburátorom daná nasledujúcimi faktormi:

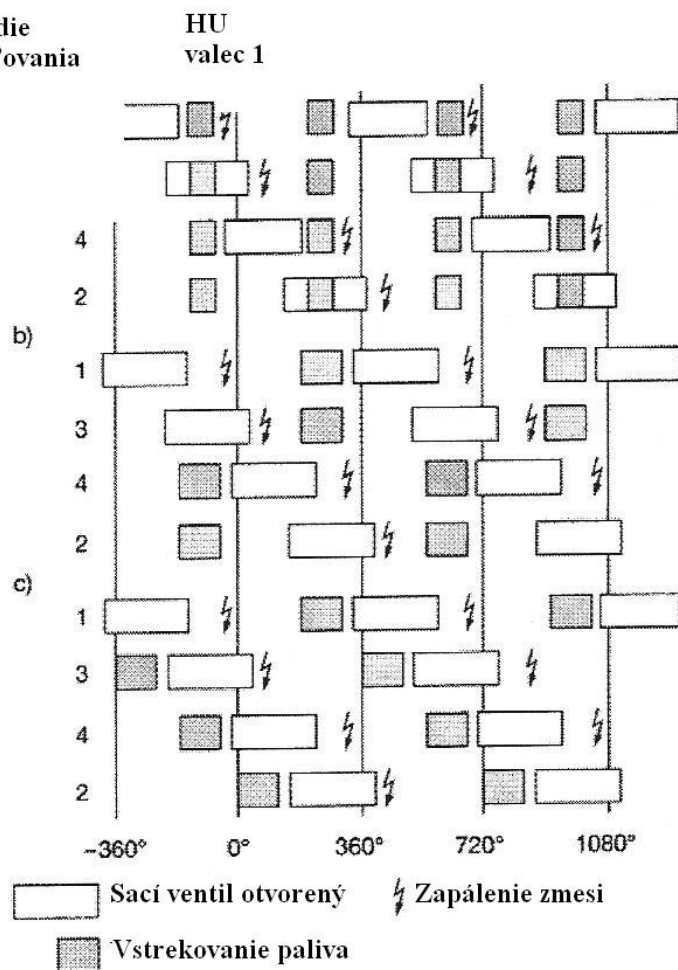
- je možné voliť ľubovoľne veľký sací prierez
- každému valcu sa vymeria rovnako dlhé a prispôbené sacie potrubie
- je možné využívať rozvážacie sacie potrubie a preplňovanie

#### 4.1 Benzínové pohony s nepriamym vstrekováním

Zatiaľ čo kedysi existovali vstrekovacie zariadenia, ktoré pracovali mechanicky a vykonávali elektronicky riadené funkcie dodatočne, ako bol napr. systém KE – motronic, ktorý vstrekoval kontinuálne ( neprerušovane, trvalo ), sú dnešné vstrekovacie zariadenia riadené výhradne elektronicky a vstrekujú palivo intermitentne (prerušovane).

U prerušovaného nepriameho vstrekovania sa rozlišujú nasledujúce tri typy zariadení vstrekovacích ventilov (obr.45 ).

- simultánne vstrekovanie
- polosekvenčné, resp. skupinové vstrekovanie
- sekvenčné vstrekovanie



Obr. 45 Typy riadenia vstrekovacích ventilov (Bosch)

### Simultánne vstrekovanie

Ide o najjednoduchší typ vstrekovania. Riadiaca jednotka motora má len jeden koncový stupeň (výkonový) a dáva všetkým vstrekovacím ventilom súčasne behom dvoch otáčok kľukového hriadeľa dvakrát impulz k vstreknutiu polovice požadovaného množstva paliva, bez ohľadu na dobu otvorenia sacích ventilov a poradia zapáľovania motora. Tak u valcov, u ktorých je sací ventil zavretý dochádza ku vzniku nerovnomernej zmesi, u iných zase ku vstrekovaniu behom taktu sania.

Nevýhodou tohto typu ovládania je nerovnomernosť dĺžky doby tvorby zmesi v jednotlivých valcoch motora a tým aj vyššie podiely škodlivín vo výfukových plynch.

## Polosekvenčné (skupinové) vstrekovanie

V tomto prípade sa vstrekovacie ventily podľa poradia zapalovania spínajú do dvoch skupín ( I: a II.), ktoré sa striedavo uvádzajú do činnosti dvoma koncovými stupňami riadiacej jednotky motora a vstreknú raz v každom pracovnom cykle (po dvoch otáčkach kľukového hriadeľa). Okamih vstreku je naprogramovaný tak, aby sa palivo vstrekovalo vždy predčasne pred zavreté sacie ventily (nerovnomerná zmes). Skupinu ventilov I. tvoria napr. vstrekovacie ventily valcov 1 a 3 a skupinu ventilov II tvoria vstrekovacie ventily valcov 2 a 4.

Výhodou tohto typu zariadenia vstrekovacích ventilov je, že sa palivo vstrekuje zásadne pred zavreté sacie ventily. Tým síce vzniká nerovnomerná zmes, ale o to viac času zostáva na odparenie vstreknutého množstva paliva. Je tu však aj nevýhoda. Doba predčasného vstreku je rôzne dlhá, a preto sa do plynného stavu dostáva rôzne množstvo paliva. Tvorba zmesi ako aj jej spaľovanie sú už podstatne lepšie, než u simultánneho vstrekovania. Platí to aj o podiele škodlivín vo výfukových plynch.

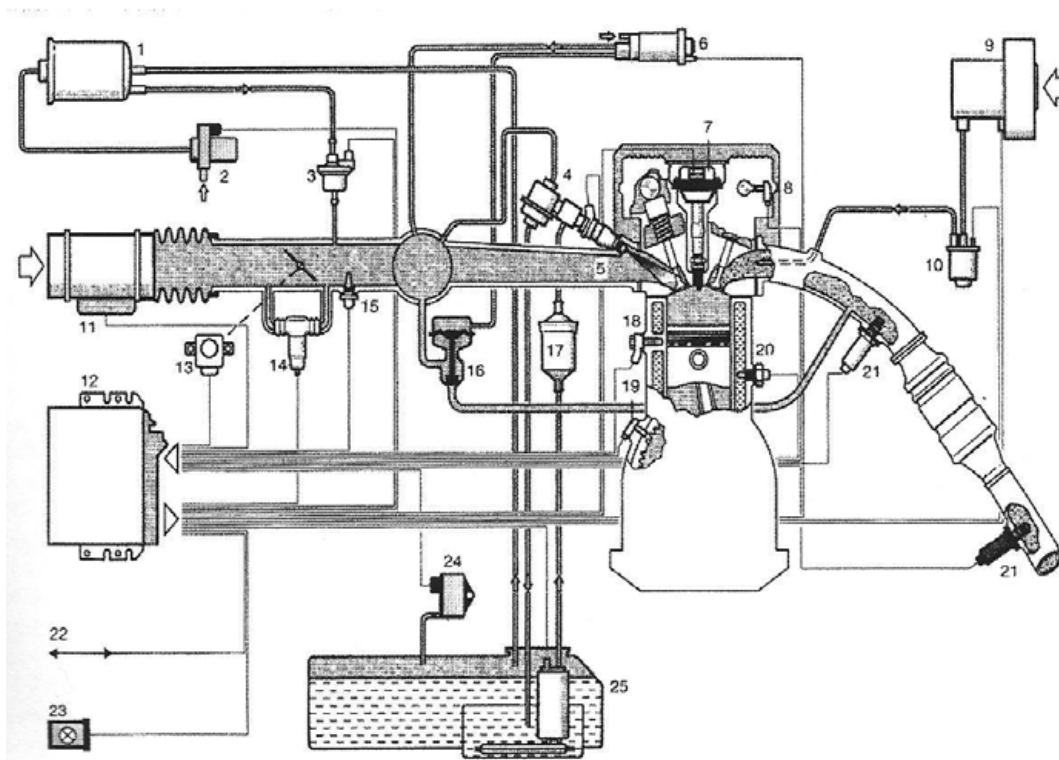
## Sekvenčné vstrekovanie

Pri tomto riadení sa vstrekovacie ventily otvárajú podľa poradia zapalovania. Každý vstrekovací ventil má v riadiacej jednotke motora svoj vlastný koncový (výkonový) stupeň. Do činnosti je uvedený vždy len jeden a to vždy po dvoch otáčkach kľukového hriadeľa. Okamih vstreku je možné naprogramovať ľubovoľne a nastavuje sa na konci taktu výfuku, krátko pred otvorením sacieho ventilu motora.

Veľkou výhodou tohto typu riadenia je, že vo všetkých valcoch je vstreky vykonaný v rovnaký okamih (vzhľadom k uhlu otočenia kľukového hriadeľa a polohy piestu vo valci), čo dáva lepšie predpoklady na to, aby sa dosiahlo optimálneho spaľovania s nízkym obsahom škodlivín vo výfukových plynch. Ide o typ riadenia vstrekovacích ventilov, ktorý sa používa pri všetkých modernejších elektronicky riadených vstrekovacích zariadeniach. K najväčším výrobcam riadiacich systémov patria Bosch, Siemens, Delphi, Motronic, výrobca Bosch. Najčastejšie používaný je práve systém Bosch Motronic.

### 4.1.1 Vstrekovací systém Bosch Motronic

System nepriameho vstrekovania benzínu Bosch Motronic (obr.46) spojuje v jednej riadiacej jednotke všetku elektroniku riadenia motora.



Obr. 46 Systém Bosch Motronic M5 so zabudovanou diagnostikou (OBD II)

Tvorí ho elektronicky riadené vstrekovacie zariadenie so sekvenčným vstrekaním do sacieho potrubia a systém merania hmotnosti vzduchu na báze ohrievaného filmu (heissfilmmesser – HFM) alebo systém merania tlaku vztakovým snímačom v sacom potrubí. Ďalšou súčasťou je elektronicky riadený systém zapalovania so statickým rozdeľovačom vysokého napätia (RUV) s jednou alebo dvoma zapalovacími cievkami na valec. Meracie snímače na zážihovom motore potom do riadiacej jednotky dodávajú všetky potrebné údaje pre dokonalé riadenie tvorby zmesi a jej zážihu. Sú to napríklad nasledujúce vstupné dáta:

- zapalovanie vypnuté / zapnuté
- napätie akumulátora
- teplota motora
- teplota nasávaného vzduchu
- hmotnosť nasávaného vzduchu



- uhol škrtiacej klapky
- otáčky motora
- poloha vačkového hriadeľa
- signál z lambda – sondy
- klepanie motora
- rýchlosť jazdy
- zaradený rýchlostný stupeň (automatická prevodovka)
- záber prevodovky
- spustenie klimatizácie atď....

Tieto vstupné informácie ( analógové alebo digitálne) sa pomocou vstupných obvodov riadiacej jednotky prenášajú do mikroprocesoru. Ten tieto prevádzkové údaje spracováva, vyhodnocuje z nich okamžitý pracovný stav motora a v závislosti na ňom vypočítava signály pre nastavovacie (akčné) členy. V koncových (výkonových) stupňoch riadiacej jednotky sa tieto signály zosilňujú a následne tak riadia rôzne ovládacie prvky chodu motora..

### **Funkcie vstrekovacieho systému**

Základnou funkciou Bosch Motronic je riadenie vstrekovania paliva a zapalovanie, a to nezávisle od konštrukcie systému.

### **Vedľajšie funkcie**

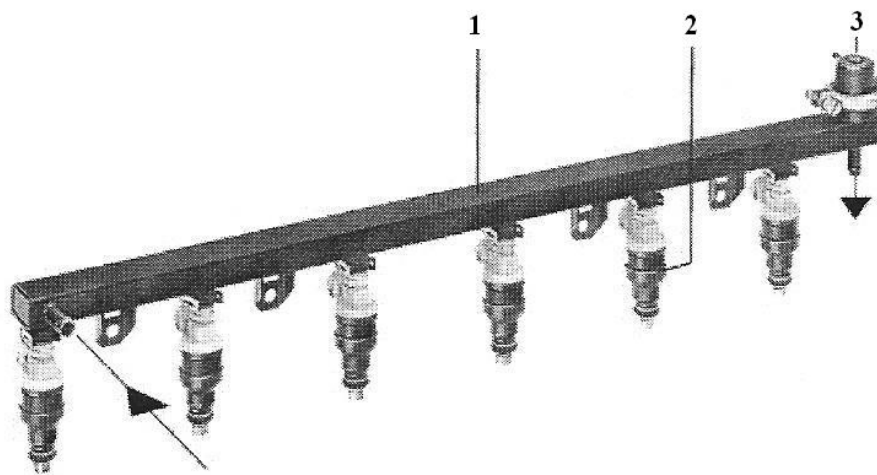
Okrem základnej funkcie, tou je riadenie vstrekovania paliva a zapalovania, môžu byť vykonávané aj ďalšie funkcie riadenia a regulácie, napr. regulácia otáčok pri chode naprázdno, regulácia lambda, regulácia klepania, regulácia preplňovacieho tlaku, riadenie polohy vačkového riadenia, regulácia rýchlosti jazdy a iné.

Riadiaca jednotka Motronic navyše vytvára aj rozhranie (dátovú zbernicu CAN) pre riadiace jednotky ostatných systémov a pre diagnostiku automobilu.

### **Palivový systém**

Palivo sa elektronickým palivovým čerpadlom nasáva z palivovej nádrže pod tlakom asi 0,3 MPa čerpá cez palivový filter do rozdeľovacieho potrubia.





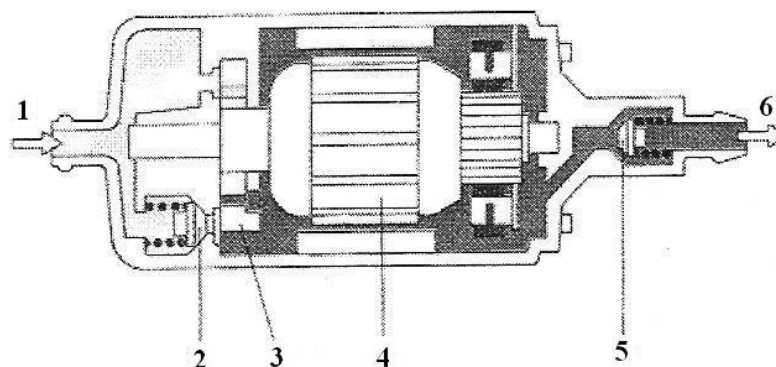
- 1 - rozdeľovač paliva (rail)
- 2 - elektromagnetický vstrekovací ventil
- 3 - regulátor tlaku paliva

**Obr.47 Rozdeľovacie palivové potrubie (Bosch)**

V rozdeľovacom potrubí sú umiestnené vstrekovacie ventily. Na konci rozdeľovacieho potrubia je namontovaný regulátor tlaku paliva (3), ktorý prebytočné palivo prepúšťa späť do palivovej nádrže a tým udržiava vstupný systémový tlak (čo je zároveň vstrekovací tlak) na konštantnej hodnote.

### **Elektronické palivové čerpadlo**

Ako palivové čerpadlo býva spravidla využívané rotačné valčekové čerpadlo, poháňané elektromotorom (obr.48). Býva umiestnené v blízkosti palivovej nádrže ako „čerpadlové vedenie“, aby sa využitím jeho relatívne krátkej sacej dráhy zabránilo tvoreniu bublín výparov paliva v dôsledku podtlaku. Tieto bubliny môžu zhoršovať spúšťanie motora za tepla. U niektorých systémov sa na výrazné zabránenie tvorby týchto bublín používa navyše ešte jedno čerpadlo umiestnené priamo v nádrži. Ide o jednoduché prúdové čerpadlo, ktoré valčekovému čerpadlu dodáva palivo pod tlakom asi 0,03 MPa.



- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1 - strana sania                            | 4 - kotva motora  |
| 2 - pretlakový ventil<br>(obmedzovač tlaku) | 5 - spätný ventil |
| 3 - rotačné valčekové čerpadlo              | 6 - strana tlaku  |

**Obr. 48 Elektrické palivové čerpadlo (Bosch)**

Namiesto uvedeného prevedenia môže byť použité aj rotačné valčekové čerpadlo umiestnené priamo v nádrži, ako takzvané čerpadlo v nádrži. V puzdre valčekového čerpadla sa nachádza pretlakový ventil (2), ktorý je nastavený na otvárací tlak 0,6 MPa. Ak sa zvýši tlak v palivovom systéme nad túto hodnotu, ventil sa otvorí a spojí stranu tlaku so stranou sania. Palivo tak zostáva v palivovom čerpadle a palivový systém je tak chránený pred preťažovaním.

### **Bezpečnostný systém chodu čerpadla**

Ovládané relé čerpadla riadiacou jednotkou má zabudovaný aj takzvaný bezpečnostný obvod, ktorý sa uvedie do činnosti, keď sa motor, napríklad pri nehode zastaví, ale zapalovanie pri tom zostane zapnuté. V takom prípade riadiaca jednotka asi po 1,5 sekunde preruší napájanie relé čerpadla a tým zastaví čerpanie paliva. Tak sa zabráňuje tomu, aby sa v otvorenom systéme čerpal palivo do voľného priestoru (nebezpečie vzniku požiaru).

## Meranie množstva a kontrola tlaku paliva

Meranie množstva čerpaného paliva podáva informáciu o stave palivového čerpadla. Pokiaľ výrobca automobilu nestanoví iný predpis, vykonáva sa toto meranie vždy na otvorenom spätnom vedení, aby čerpadlo muselo prekonávať odpor tlaku v systéme. Napr. 0,3 MPa.

## Palivový filter

. Palivový filter zachycuje nečistoty prítomné v palive, sitko zachycuje vlákna zachytené z filtračného papiera. Palivový filter sa zaraďuje do palivového vedenia hneď za palivové čerpadlo.

## Regulátor tlaku paliva

Regulátor tlaku paliva býva väčšinou osadený proti smeru prúdenia paliva na konci rozdeľovacieho palivového potrubia. Tento membránový regulátor tlaku reguluje vstupný tlak v palivovom systéme na hodnotu 0,25 až 0,3 MPa. Niektorí výrobcovia automobilov už u svojich systémov Motronic s OBD II (EOBD) nemajú regulátor tlaku paliva umiestnený v potrubí rozdeľovača paliva, ale v palivovom filtri, ktorý sa nachádza v blízkosti palivovej nádrže. Mimo toho nie je komora regulátora s pružinou spojená s hadicou so sacím potrubím motora, ale ventiláciou (atmosférický tlak) s puzdrom filtra s aktívnym uhlím.

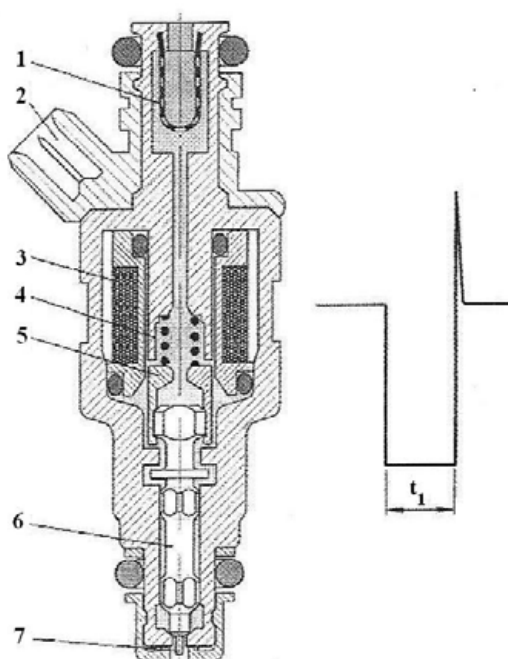
## Vstrekovanie paliva

Vstrekovacie ventily, riadené riadiacou jednotkou Motronic, vstrekujú sekvenčne (podľa poradia zapalovania) presne odmerané množstvo paliva v správnom okamihu sacími kanálikmi a tanierikmi sacích ventilov motora (vrstvenie zmesi). Každému valcu je priradený jeden vstrekovací ventil, preto sa tento vstrekovací ventil nazýva taktiež viacbodovým vstrekovacím zariadením (MULTI – POINT).

Vstrekovacie ventily sú namontované pomocou tepelne izolujúcich drážok, čím sa zabraňuje tvorbe bublín pár paliva vo ventile. Vstrekovacie ventily sa ovládajú elektromagneticky. Otvorené ostávajú rôzne dlho, podľa doby pretekania prúdu, určeného riadiacou jednotkou.

## Elektromagnetický vstrekovací ventil

Štandardné prevedenie vstrekovacieho ventilu s reguláciou otvorením prstencovej štrbiny (obr.49) sa skladá z telesa ventilu a ihly ventilu s magnetickou kotvou. V telese ventilu je umiestnené elektromagnetické vinutie, ktoré zároveň tvorí vedenie ihly. Palivo sa potom pod tlakom v systéme vstrekuje presne nastavenou prstencovou štrbinou do sacieho kanálu. U motorov s dvoma sacími ventilmi na valec, sa používajú vstrekovacie ventily s dvoma otvormi. Pri tejto konštrukcii sa môže palivo rozdeľovať optimálne do oboch sacích ventilov.

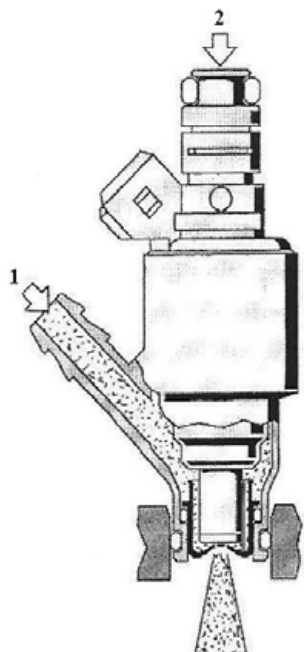


- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1 - sitko prívodu paliva  | 5 - kotva magnetu    |
| 2 - prívod napájania      | 6 - ihla ventilu     |
| 3 - cievka elektromagnetu | 7 - čap ihly ventilu |
| 4 - zatváracia pružina    | $t_1$ - doba vstrekú |

Obr. 49 Elektromagnetický vstrekovací ventil so signálom vstrekú (Bosch)

Elektromagnetický vstrekovací ventil s pomocným prívodom vzduchu pre lepšiu prípravu zmesi pri chode na prázdno a v režime neúplného zaťaženia používajú niektorí výrobcovia automobilov a tiež vstrekovacie ventily so zabudovaným prívodom pomocného vzduchu (obr.50). V tomto prípade si motor nasáva vzduch pre spaľovanie z hlavného sacieho potrubia pred škrtiacou klapkou a ten potom prúdi rýchlosťou

vzduchu malou, presne dimenzovanou štrbinou, tvorenou kotúčom v strede vstrekovacieho otvoru ďalej. Palivo, ktoré vystupuje z takéhoto vstrekovacieho ventilu, je prúdiacim vzduchom strhávané a tým dochádza k jeho jemnejšiemu rozptýleniu.



1 - prívod vzduchu (presne dimenzovaná)  
2 - prívod paliva

**Obr. 50 Vstrekovací ventil s pomocným prívodom vzduchu (Bosch)**

### Elektronické riadenie vstrekovacieho systému

Rôznymi dátovými snímačmi sa sleduje okamžitý prevádzkový stav motora a tieto údaje sa vo forme elektronických signálov privádzajú na riadiacu jednotku systému Motronic. Tieto snímače spolu s riadiacou jednotkou tvoria riadiaci systém vstrekovacieho zariadenia. Základnými veličinami pre výpočet odpovedajúcej doby vstrekovania (množstvo vstrekovanej paliva) a uhlu zapálenia (predstih), snímanie zaťaženia motora a otáčky motora. Po stanovení okamžitého zaťaženia motora, respektíve plnenia valcov sa pri systéme Motronic môžu využívať rôzne snímače zaťaženia napríklad:

- meranie množstva vzduchu, s topným filtrom (HFM)
- snímač tlaku v sacom potrubí,

- snímač natočenia škrtiacej klapky (DKG) ako potenciometer škrtiacej klapky.

Snímač škrtiacej klapky slúži ako pomocný snímač zaťaženia a používa sa ako podpora oboch vyššie uvedených snímačov zaťaženia. V prípade závady na hlavnom snímači dodáva náhradný signál, aby mohlo zariadenie vstrekovania fungovať bez poruchy.

### **Meranie množstva vzduchu**

Merač množstva vzduchu sa vždy zaraďuje medzi vzduchový filter a hrdlo telesa škrtiacej klapky.

### **Snímač tlaku v sacom potrubí**

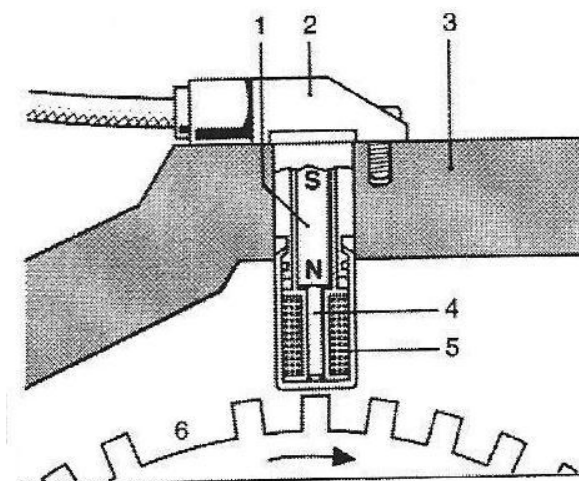
Snímač tlaku v sacom potrubí je pneumatically spojený so sacím potrubím motora, v ktorom meria absolútny tlak – to znamená, že sníma rôzne veľké hodnoty tlaku vzduchu, ktorý sa mení v závislosti na činnosti škrtiacej klapky. Môže byť umiestnený v riadiacej jednotke Monotronic, alebo v blízkosti sacieho potrubia. Skladá sa z prehnutej tlstej membrány, pod ktorou je priestor definovaný vnútorným tlakom, pôsobiaci proti membráne.

### **Snímač polohy škrtiacej klapky**

Svojou konštrukciou, vlastne potenciometrom, slúži ako pomocný zdroj informácií o zaťažení motora. Vlastný snímač je upevnený na telese hrdla škrtiacej klapky a je ovládaný pomocou hriadeľa škrtiacej klapky.

### **Indukčný snímač otáčok motora a polohy referenčnej značky**

Je umiestnený v blízkosti zotrvačníka. Snímač otáčok bezdotykovo sleduje otáčky motora a ako snímač referenčnej značky informuje o polohe kľukového hriadeľa (obr.51). Tieto informácie sú potrebné na to, aby riadiaca jednotka Motronic mohla vypočítať presný okamih zapálenia zmesi a určiť vstrekované množstvo paliva. Väčšinou sa k tomu používa snímacie koleso so 60-timi zubami, na ktorom sú vynechané dva zuby. Veľká medzera medzi zubami celkom presne určuje polohu kľukového hriadeľa pred hornou úvraťou prvého valca.



- 1 - Permanentný magnet
- 2 - púzdro
- 3 - skriňa motora
- 4 - jadro z magneticky mäkkého železa
- 5 - vinutie (cievka)
- 6 - koleso snímača s referenčou značkou

**Obr. 51 Indukčný snímač otáčok a polohy referenčnej značky (Bosch)**

### **Snímač polohy vačkového hriadeľa**

U zážihových motorov s kľudovým vysokonapäťovým rozdeľovaním (RUV), jednotlivými cievkami zapalovania a sekvenčným vstrekovaním, býva snímačom polohy vačkového hriadeľa Hallov snímač. Jeho signál slúži riadiacej jednotke Motronic pre identifikáciu valcov pri spúšťaní motora. V tomto režime musí byť známe, kedy sa prvý valec nachádza práve v takte kompresie, aby sa mohla aktivovať príslušná cievka zapalovania so svojou sviečkou a príslušný vstrekovací ventil.



### **Snímač teploty chladiacej kvapaliny**

Snímač teploty chladiacej kvapaliny dodáva riadiacej jednotke informáciu o teplote chladiacej kvapaliny. Toto má vplyv na stanovanie doby vstrekovania, okamih vstrek, okamih zapnutia recirkulácie ako i na otáčky pri chode motora naprázdno, za studena ako aj v zahriatom stave. Otáčky pri chode naprázdno sa pri studenom motore zvyšujú na otáčky pri zahriatom motore. Pri výpadku tohto signálu počíta riadiaca jednotka s pevne prednastavenou hodnotou.

### **Snímač teploty vzduchu**

Meraním teploty vzduchu v sacom potrubí motora sa berie do úvahy aj príslušná hustota vzduchu a ovplyvňuje tak plnenie valcov. Pri väčšej teplote vzduchu sa znižuje a pri ochladzovaní sa naopak zvyšuje stupeň plnenia valcov. Riadiaca jednotka na to reaguje a príslušne uspôsobuje vstrekové množstvo paliva. Pri výpadku tohto signálu počíta riadiaca jednotka s pevne prednastavenou hodnotou.

### **Snímač vonkajšieho atmosferického tlaku**

Je umiestnený v riadiacej jednotke Motronic. Meria okamžitý tlak vzduchu a tento signál slúži :

- na diagnostiku,
- na korekciu nadmorskej výšky.

### **Zloženie zmesi**

Pomer medzi skutočne nasatým a teoreticky potrebným vzduchom ku spáleniu vstrekaného množstva paliva – lambda ( $\lambda$ ) sa menia pomocou lambda-sondy. Hodnota  $\lambda = 1$  odpovedá zmiešavaciemu pomeru paliva so vzduchom 1:14,7. Každá odchýlka tohto ideálneho pomeru je prenášaná na riadiacu jednotku, pomocou ktorej je korigované vstrekové množstvo paliva. Pri tomto pomere zmesi optimálne funguje aj katalyzátor.

## Snímač klepania motora

Snímač klepania motora dodáva riadiacej jednotke Motronic informáciu o tom, že spaľovanie má rázový charakter, ktoré je vyvolávané samozápalmi ešte nespálenej zmesi. V tomto prípade dosahuje rýchlosť spaľovania zmesi až 300 m/s (normálna rýchlosť horenia zmesi je asi 30m/s). Pri takomto spaľovaní, s rázovým charakterom dochádza k prudkým zvýšeniam tlakov a šíreniu tlakových vln, ktoré pôsobia na steny spaľovacieho priestoru a vyvolávajú ich kmitanie. Aby sa zabránilo poškodeniu motora, používajú sa snímače klepania, ktoré tieto kmity stien prevádzajú na elektrické signály a oznamujú sa hlásiacej jednotke Motronic.

Štvorvalcové radové motory bývajú vybavené väčšinou jedným snímačom. Päť až šesť valcové motory dvoma a osem a dvanásť valcové motory dvoma a viac snímačmi klepania.

### 4.1.2 Vstrekovací systém BOSCH – MED – MOTRONIC

Vstrekovací systém Motronic je ďalším stupňom vývoja systému ME – Motronic. Ako ďalšie funkcie obsahuje elektronické riadenie priameho vstrekovania benzínu a obmenený palivový, sací a výfukový systém. Palivo sa už nevstrekuje do sacieho potrubia, ale pod vysokým tlakom 5 – 12 MPa priamo do valcov motora. Sací systém priamo obsahuje ovládateľnú klapku v sacom potrubí a prestavovanie valčekového hriadeľa a výfukový systém okrem trojcestného katalyzátora obsahuje ešte absorbný katalyzátor NO<sub>x</sub>. Označenie „M“ zastupuje klasické úlohy Motronicu, menovite navzájom zladené riadenie vstrekovania a zapaľovania. „E“ označuje elektronický plynový pedál „EGAS“ a „D“ priame vstrekovanie benzínu.

### Palivový systém

Palivový systém benzínových motorov s priamym vstrekovaním je porovnateľný so vstrekovacím systémom naftových motorov so spoločným rozdeľovacím potrubím (Common Rail). Taktiež sa delí:

- na nízkotlakovú palivovú časť – je tvorená modulom elektronického čerpadla a regulátorom toku paliva. Od spustenia čerpadla sa čerpá palivo prostredníctvom filtra k vysokotlakovému čerpadlu, prebytočné palivo odteká z regulátora priamo späť do nádrže.

- vysokotlakovú palivovú časť - sa skladá z vysokotlakového čerpadla, rozdeľovacieho palivového potrubia, ako zásobníka paliva Railu s osadeným snímačom tlaku, našrubovaným ventilom pre riadenie tlaku a pripojených elektromagnetických vysokotlakových ventilov.

Vysokotlakové palivové čerpadlo systému priameho vstrekovania pre benzínové motory je konštrukciou a funkciou identické so vstrekovacím systémom Common Rail u naftových motorov. Špeciálne je tu prevedenie pre čerpanie benzínu. Všetky trecie diely sú vybavené špeciálnou povrchovou úpravou, aby sa dosiahlo bezproblémové mazanie benzínom. Úlohou vysokotlakového čerpadla je dodávať pri všetkých pracovných režimoch do rozdeľovacieho potrubia Rail dostatok paliva, pri požadovanom tlaku 5 – 12 MPa. Vzhľadom na to, že u daného systému vysokotlakové čerpadlo neustále čerpá palivo do rozdeľovacieho potrubia, vytvára tlak v systéme, ktorý pôsobí na elektromagnetické vysokotlakové ventily a je takmer zhodný so vstrekovacím tlakom.

Rovnako ako u naftových motorov so systémom Common Rail, je aj tu vysokotlakové palivové čerpadlo poháňané vačkovým hriadeľom.

Ventil palivového tlaku má za úlohu regulovať, respektíve udržiavať, tlak paliva v rozdeľovacom potrubí v závislosti na príslušnom stave zaťaženia a otáčkach motora zhruba medzi 5 – 12 MPa. Pokiaľ je daný tlak väčší, riadiaci ventil sa otvorí a časť paliva vypustí z vysokotlakového zásobníka do spätného prítoku paliva. Pokiaľ je tento tlak naopak príliš nízky, riadiaci ventil spätný prívod do palivovej nádrže viacej privrie alebo úplne zavrie. Ovládanie ventilu riadi jednotka MED Motronic.

Rozdeľovacie palivové potrubie má za úlohu ukladať palivo s rozlične vysokým tlakom a pomocou objemu zásobníka tlmiť kolísanie tlaku spôsobované impulzmi vyvolávanými čerpaním vysokotlakového čerpadla a vstrekovaním. Tlak v rozdeľovacom palivovom potrubí zostáva pre všetky zavreté vstrekovacie ventily takmer konštantný, aj keď sa do neho palivo dostáva vo väčších množstvách.

Snímač tlaku paliva je rovnaký ako pre naftové motory so systémom Common Rail.

Jeho úlohou je presne a vo veľmi krátkej dobe merať tlak paliva v rozdeľovacom potrubí a údaje odovzdávať riadiacej jednotke. MED-Motronic.

Množstvo paliva dodávaného vstrekovacím ventilom je závislé na:

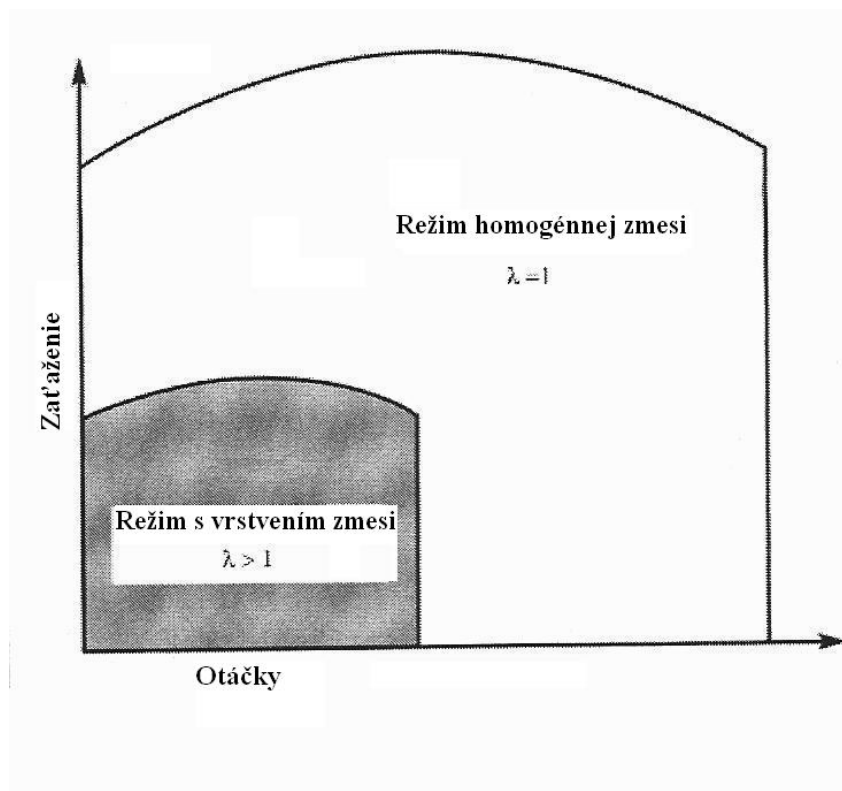
- priereze otvorenia otvoru, ktorý je k dispozícii pri rýchlom otvorení tlaku v potrubí, ktorý je určovaný pomocou poľa charakteristík v závislosti
- na zaťažení a otáčkach motora,
- na tlaku, ktorý proti vstrekovaniu pôsobí v spaľovacom priestore,
- na dobe otvorenia, ktorá sa mení od 0,4 ms pri chode naprázdno až po 5ms pri plnom zaťažení a vysokých otáčkach.

### Pracovné režimy z hľadiska tvorby zmesi

U benzínových motorov s priamym vstrekováním paliva, sa často využívajú oba typy tvorby zmesi – vrstveného plnenia a homogénnej tvorby zmesi.

Napríklad u koncernu Volkswagen skratka FSI znamená Fuel Stratified Injection – vrstvené vstrekovanie paliva. Režim vrstveného plnenia existuje nad oblasťou chodu na prázdno až do stredného rozsahu zaťaženia a otáčok, kde ich riadi jednotka MED Motronic. Aby bolo možné prepnúť na režim vrstveného plnenia, musia byť splnené určité podmienky:

- teplota chladiacej zmesi musí byť vyššia ako 50 °C,
- motor musí pracovať v príslušnej oblasti zaťaženia a otáčok (obr.52),
- vo vstrekovacom systéme nesmie existovať žiadna závada relevantná k výfukovým plynom,
- je dôležité, aby teplota zásobníkového katalyzátora pre NO<sub>x</sub> bola medzi 250 - 500 °C,
- klapka v sacom potrubí (ak je zamontovaná), musí byť zavretá a musí blokovať spodnú časť sacieho kanálu.



**Obr. 52 Pracovný režim s vrstvenou homogénnou zmesou**

Režim homogénnej tvorby zmesi u benzínových motorov s priamym vstrekaním je možné porovnávať s pracovným režimom motora so vstrekaním do sacieho potrubia. Hlavný rozdiel spočíva v tom, že sa palivo nevstrekuje do sacieho potrubia, ale priamo do valcov. Ak sa zaťaženie a otáčky ďalej zvyšujú a motor nasáva väčšie množstvo vzduchu, musí byť k dispozícii väčší prierez sania.

Ten sa zväčší automaticky, pokiaľ riadiaca jednotka uvedie do činnosti klapku v sacom potrubí a otvorí dolnú časť sacieho kanálu. Behom taktu sania sa priamo do valca vstrekuje presne vymerané množstvo paliva, podľa množstva nasávaného vzduchu. Väčšie množstvo paliva, ktoré je vstreknuté priamo do valca a tu sa vyparuje, pritom odoberá nasátemu vzduchu časť tepla.

V dôsledku toho, znížením tepla sa môže zvýšiť kompresný pomer bez toho, aby došlo k spaľovaniu sklepaním vyvolávaným samozapaľovaním zmesi. Palivo vstreknuté v takte sania má veľa času, aby sa odparilo a zmiešalo s nasáтым vzduchom. Behom taktu kompresie sa tak vytvorí homogénna zmes. Na konci taktu kompresie dôjde k jej zapáleniu, dochádza k spaľovaniu v celom spaľovacom priestore, ako je tomu u benzínových motorov so vstrekaním do sacieho potrubia.

## 4.2 Benzínové pohony s priamym vstrekaním

U bežných benzínových motorov sa až do dnešnej doby zachovávalo riadenie zaťaženie pomocou škrtiacej klapky (regulácia množstvom). Z toho vyplývali v dôsledku strát pri škrtení aj príslušné straty účinnosti, hlavne pri nízkom a strednom neúplnom zaťažení, a tým aj zvýšenie spotreby paliva. To sa dnes stáva obzvlášť citelným, pretože v dôsledku súčasných pomerov v doprave pracujú motory predovšetkým v oblasti neúplného zaťaženia.

Aby sa spotreba paliva v tejto oblasti znížila, musí motor pracovať bez škrtenia, s priamym vstrekaním, podobne ako naftový motor. Zaťaženie sa pritom nereguluje ako pri bežných benzínových motoroch - množstvom nasávanej zmesi, ale pri otvorenej škrtiacej klapke iba množstvom vstrekaného paliva (regulácia akosti). Toto sa prejavuje najmä v oblasti neúplného zaťaženia a v oblastiach chodu na prázdno v pracovnom režime s vysokým prebytkom vzduchu. Z tohto dôvodu, musí dochádzať k výraznému vrstveniu zmesi ,od zmesi schopného zapálenia v blízkosti zapalovacej sviečky a príslušne ochudobnenej zmesi v blízkosti stien valca.

### 4.2.1 Výhody a nevýhody priameho vstrekovania benzínu

Použitie súčasných systémov vstrekovania benzínu má oproti vstrekovaniu do sacieho potrubia isté výhody a nevýhody.

Výhody:

- vyššia účinnosť v dôsledku väčšieho vnútorného ochladzovania a vyššieho kompresného pomeru bez vyvolania nebezpečenstva klepania,
- nižšia spotreba paliva v dôsledku možnosti prevádzky s ochudobnenou zmesou v oblasti neúplného zaťaženia s vysokým kompresným pomerom, menšieho škrtenia v sacom systéme a menšieho množstva nutného pre obohatenie zmesi pri akcelerácii a pri spúšťaní v nezhriatom stave.
- Voľná voľba okamžiku vstreku, ktorý sa môže meniť kvôli dosahovaniu najpriaznivejšej teploty výfukových plynov pre systémy katalyzátorov a využívať aj pre viacnásobné vstrekovanie.

Nevýhody:

- vyššie emisie oxidov dusíka pred katalyzátorom v dôsledku pomalšieho spaľovania pri prevádzke s ochudobnenou zmesou s najvyššími teplotami spaľovania. Hodnoty emisií podľa EURO 4 môžu byť dodržané iba s nákladným následným ošetrením výfukových plynov s trojcestným katalyzátorom, väčším množstvom spätne privádzaných plynov (až 40% plnenia valca) a dodatočným absorpčným katalyzátorom pre oxidy dusíka (absorber  $\text{NO}_x$ ). Ten pre svoju regeneráciu vyžaduje palivo bez síry, alebo v prípade paliva so sírou dočasne zvýšenú teplotu (viac ako  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Pri motoroch s priamym vstrekaním benzínu, ktoré sú dnes na trhu, sa rozlišuje medzi :

- homogénnou tvorbou zmesi
- tvorbou vrstvenej zmesi
- koncepciou ochudobnenej zmesi.

### Homogénna tvorba zmesi

Benzínové motory s priamym vstrekaním a len homogénnou tvorbou zmesi (rovnomé rozdelenie paliva v spaľovacom motore) pracujú pri chode naprázdno, v celom rozsahu neúplného zaťaženia i pri plnom zaťažení so stechiometrickým pomerom paliva a vzduchu 1 : 14,7 ( $\lambda = 1$ ), rovnako ako bežné benzínové motory so vstrekaním do sacieho potrubia. Len v niektorých prípadoch sa pri plnom zaťažení dávkuje zmes v pomere 1... 13 ( $\lambda = 0,9$ ). Tieto motory s priamym vstrekaním spaľujú s veľmi nízkou úrovňou škodlivín, dosahujú však len limitné hodnoty výfukových plynov podľa Euro 3. Výhody zníženej spotreby paliva, ktoré sa získavajú pomocou koncepcie ochudobnenej zmesi (vrstvené plnenie), zostávajú pri homogénnej tvorbe nevyužitú, v porovnaní so vstrekaním do sacieho potrubia však môžu dosahovať až 5 %.



## Vrstvené plnenie

Vrstvené plnenie sa volí pre zníženie spotreby paliva a tým aj emisií oxidu uhličitého pri neúplnom zaťažení až do stredných otáčok, to znamená, pri najčastejšom pracovnom režime. Aby sa toho dosiahlo, musí motor pracovať pri neúplnom zaťažení v extrémne ochudobnenej oblasti  $\lambda = 2,0$ , čo zodpovedá pomeru paliva a vzduchu  $\lambda = 1:30$ . Aby sa zaručila zápalnosť zmesi, je nutné príslušne tvarovať, resp. navzájom zladit' tvary sacích kanálov, dna piestov, vstrekovacích a zapaľovacích systémov.

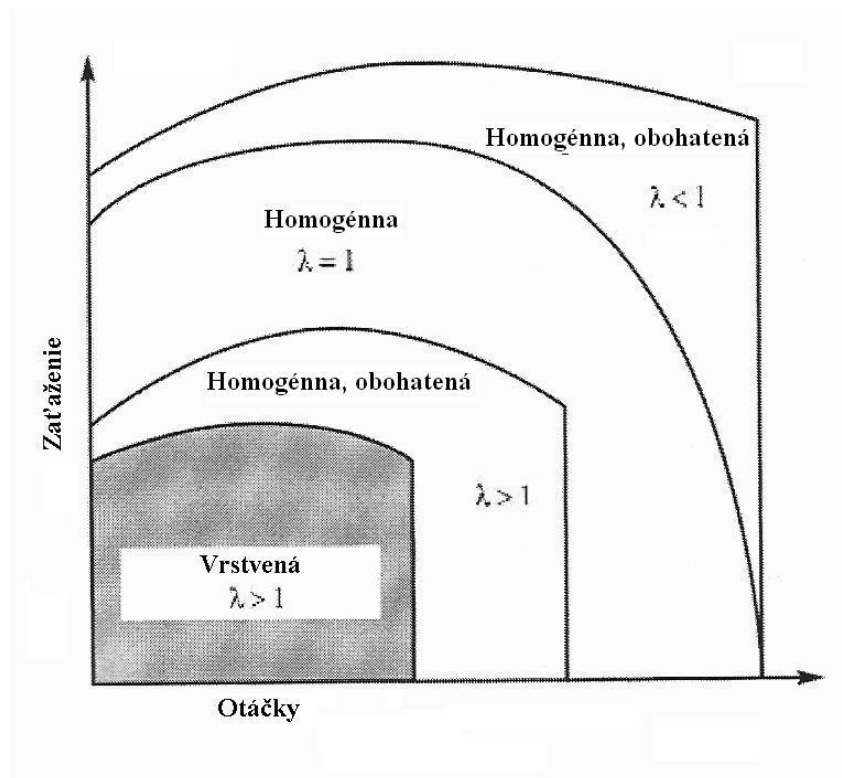
Všetky tieto opatrenia vedú k cieľnému riadeniu a víreniu nasávaného vzduchu prúdiaceho do valca. Pomocou príslušne vyladeného okamžiku vstreku, napríklad na konci taktu kompresie, sa u pri zapaľovacej sviečke vytvára bohatšia a pri stenách valca príslušne ochudobnená zmes (vrstvené plnenie). Pomocou takéhoto vrstvenia zmesi (odstupňované v pomere palivo / vzduch) sa zaisťuje zápalnosť zmesi aj v extrémne ochudobnenej oblasti.

Od stredného rozsahu oblasti neúplného zaťaženia s prechodom k plnému zaťaženiu, kedy sa dosahuje vyšší výkon, prebieha pri homogénnej tvorbe zmesi v závislosti na pomere zaťaženia k počtu otáčok prechod od mierne ochudobneného ku stechiometrickému alebo niekedy k bohatšiemu zmenšovaciemu pomeru.

## Koncepcia ochudobnenej zmesi

U motorov s priamym vstrekaním benzínu, ktoré pracujú podľa koncepcie ochudobnenej zmesi (obr.53), sa môžu nastaviť štyri rôzne pracovné režimy s rôznymi pomermi zmenšovania. Tieto oblasti s rôznym pracovným režimom sú :

- dolná oblasť neúplného zaťaženia,
- horná oblasť neúplného zaťaženia s prechodom na plné zaťaženie



Obr. 53 Zmenšovacie pomery pri kompresii ochudobnenej zmesi

### Dolná oblasť neúplného zaťaženia

Pri bežnej prevádzke využíva tento pracovný režim najčastejšie, musí sa pre dosiahnutie úspory paliva voliť režim ochudobnenia s pomerom paliva k vzduchu od 1:30 do 1:40. Tvorba zmesi sa vytvára takzvaným vrstveným plnením, čím je možné zvýšiť spotrebu paliva o 15 až 20%. Vstrekovanie paliva sa realizuje na konci taktu kompresie. Vrstvenému plneniu sa pritom napomáha špeciálnym tvarom dna piestu (napríklad jeho prehĺbením). Nevýhodný je v tejto dolnej oblasti, neúplného zaťaženia, obsah oxidov dusíka vo výfukových plynch, ktorý sa nastaví cez vysoký podiel spätného dodávania vzduchu (až 35% plnenia valca) a znovu znížiť sa môže len s pomocou zásobníkového katalyzátora  $\text{NO}_x$ .

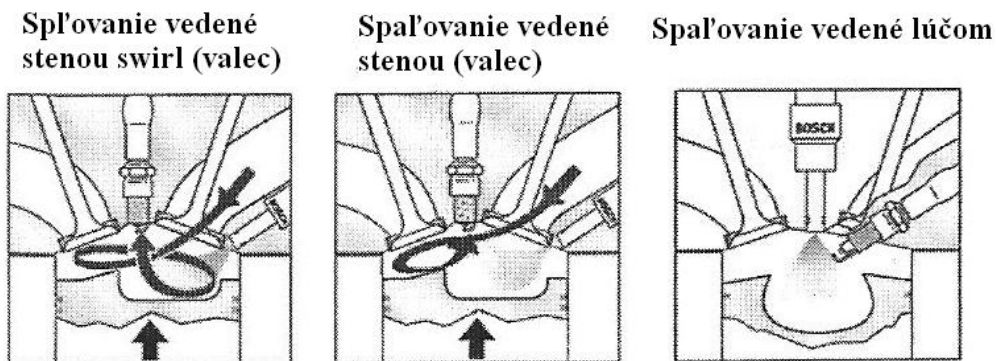
### Horná oblasť neúplného zaťaženia s prechodom na plné zaťaženie

Dosahuje sa vysokého výkonu, s homogénnou tvorbou zmesi, v závislosti na pomere a zaťaženia na počte otáčok. Dávkovanie prebieha so zmiešavacím pomerom  $\lambda = 1$  a následne s plynulým prechodom k bohatšiemu zmešovaciemu pomeru 1:13.

## Spaľovací proces motorov s priamym vstrekováním

Ako spaľovací proces sa označuje typ a spôsob, rozdeľovanie paliva v nasávanom vzduchu, to znamená ako dochádza k tvorbe zmesi a ako následne prebieha premena energie v spaľovacom priestore. V zásade sú možné dva rôzne procesy spaľovania:

- spaľovanie lúčom,
- spaľovanie vedené stenami (obr.54).



Obr. 54 Spaľovacie procesy u motora s priamym vstrkováním benzínu (Bosch)

### Spaľovanie vedené lúčom

Pri spaľovacom procese vedenom lúčom je vysokotlaký vstrekovací ventil umiestnený hore v hlave valcov a do spaľovacieho priestoru vstrekuje kolmo. Označuje sa ako spaľovanie vedené lúčom, pretože sa palivo vstrekuje do bezprostredného okolia zapalovacej sviečky, kde sa odparuje. Aby sa zmes zapálila v správnom okamžiku, vyžaduje sa presná poloha zapalovacej sviečky a vstrekovacieho ventilu a taktiež presné zameranie lúča. Preto sa rozhodla väčšina výrobcov automobilov pre druhý uvedený typ spaľovania.

### Spaľovanie vedené stenou

U spaľovania vedeného stenou sa rozlišujú dva rôzne prúdenia vzduchu :

- prúdenie so zvrátením – pomocou špirálového alebo tangenciálneho kanála sa behom sania zavádza nasávaný vzduch prúdiaci otvoreným sacím ventilom do vírivého pohybu, pozdĺž steny valca.

- prúdenie valcovité – pri sacom zdvihu nastáva valcové prúdenie vzduchu, ktoré zboku prechádza príslušne tvarovanou priehlbínou na dne piesta a so vstreknutým plynným palivom sa znova pohybuje hore k zapalovacej sviečke

Tie sa tvoria špecifickým tvarovaným sacím kanálom a dnom piesta. V oboch prípadoch je vstrekovací ventil v hlave valcov umiestnený bočne. Palivo sa vstrekuje do prúdu vzduchu. Palivo, ktoré sa pri tomto procese odparuje, sa znižuje s nasávaným vzduchom a k zapalovacej sviečke sa pomocou tohto prúdenia dostáva ako uzavretý oblak zmesi.

#### **4.2.2 Sací a výfukový systém benzínového motora s priamym vstrekaním**

V sacom systéme sa nachádza niekoľko snímačov, pre získavanie informácií, ktoré sa u vstrekovania do sacieho potrubia vždy nevyskytujú, napriek tomu, že plnia niektoré úlohy. Sú to napríklad:

- snímač tlaku v sacom potrubí – riadiaca jednotka pomocou tohto snímača vypočítava množstvo späť privádzaných výfukových plynov,
- snímač tlaku pre posilňovne účinnu bŕzd -umiestňuje sa medzi sacie potrubie motora a posilňovač bŕzd. Meria podtlak vo vedení a tým aj v posilňovači bŕzd. Táto informácia sa vo forme napätového signálu dostáva do riadiacej jednotky MED Motronic, ktorá rozpozná, či je v zásobníku k dispozícii dostatočne veľký podtlak pre posilňovač bŕzd.

Výfukový systém benzínového motora s priamym vstrekaním sa musí tomuto systému vstrekovania prispôbiť. Ako predný katalyzátor sa montuje trojcestný katalyzátor a to do blízkosti motora. Toto usporiadanie je nutné preto, aby katalyzátor čo najrýchlejšie dosiahol teplotu potrebnú pre začatie svojej funkcie (asi 300 – 350 °C).

Benzínový motor s katalyzátorom pre NO<sub>x</sub> vo výfukovom potrubí môže pracovať len pri použití benzínu, ktorý neobsahuje síru. Inak sa v ňom v dôsledku svojej

chemickej podobnosti s oxidmi dusíka ukladá ako síran barnatý. Ten potom následne obsadzuje miesta pre uloženie dusíka, takže sa katalyzátor musí častejšie regenerovať.

Výfukový systém na obrázku 20 tvoria nasledujúce diely:

- výfukové potrubie s trojcestným katalyzátorom,
- privádzanie vzduchu k výfukovému potrubiu (kvôli ochladzovaniu výfukových plynov),
- trojramenné výfukové potrubie (kvôli ochladzovaniu výfukových plynov),
- katalyzátor pre absorbciu  $\text{NO}_x$ ,
- širokopásmová  $\lambda$  – sonda,
- snímač teploty výfukových plynov,
- čidlo  $\text{NO}_x$ ,
- riadiaca jednotka,
- dodatočný tlmič hluku,

### 4.2.3 Elektronické riadenie vznetového motora (EDC)

Hlavnými časťami elektronického riadenia vznetových motorov (EDC) sú:

- riadiaca jednotka motora,
- snímače merania hodnôt,
- akčné členy,
- príslušenstvo s recirkuláciou výfukových plynov, turbodúchadlo, sacie potrubie s premenlivou dĺžkou a ďalšie.

#### Riadiaca jednotka motora

Riadiaca jednotka spracováva vstupné signály (informácie) zo snímačov. Z nich určuje pracovný režim motora a v závislosti na nich vypočítava výstupné (riadiace) signály, ktorými nasledovne priamo alebo nepriamo (pomocou relé) riadi príslušné akčné členy.

Elektronická časť riadiacej jednotky pracuje so stálym napájaným napätím 5 V. Každý systém EDC je pritom plne pripojený k diagnostickému systému automobilu a plní tak všetky požadované palubné diagnostiky (OBD – On Board Diagnose), respektíve európskej palubnej diagnostiky (EOBD).

## Spracovávanie signálov v riadiacej jednotke motora

Elektronické signály snímačov, ktoré sa do riadiacej jednotky privádzajú, môžu mať rôznu podobu, napríklad analógové, digitálne alebo impulzové signály.

**Analogové vstupné signály** sú signály, ktoré snímače dodávajú ako rôzne hodnoty napätia, v určitom intervale. Sú to fyzikálne veličiny, ktoré môžu byť do riadiacej jednotky odovzdávané ako analógové namerané hodnoty, ako je napríklad hmotnosť nasávaného vzduchu, tlak v sacom potrubí, plniaci tlak turbodúchadla, atmosferický tlak, napätie akumulátora, teplota chladiacej kvapaliny, teplota nasávaného vzduchu a paliva.

Tieto analógovo namerané veličiny sa musia analógovo - číslicovým prevádzačom (A/D prevádzačom) v mikroprocesore (v radiči) riadiacej jednotky premeniť na hodnoty digitálne.

### **Digitálne vstupné signály**

Sú periodické signály „obdĺžnikového tvaru“. Vyskytujú sa iba v dvoch stavoch, a to „vysoký“ a „nízky“ alebo „zapnuté“ alebo „vypnuté“. Signály tohoto typu vysielajú napríklad Hallove snímače ako snímače polohy vačkového hriadeľa či rýchlosti. Tieto signály môže mikroprocesor riadiacej jednotky spracovávať priamo bez použitia prevodu.

### **Impulzové vstupné signály.**

Vysielajú ich indukčné snímače otáčok, respektíve referenčné značky. Sú predbežne spracovávané vo vlastnom obvode riadiacej jednoty a prevádzané na digitálne signály. Prípadné rušivé impulzy (infiltrácia cudzích signálov) sú potlačené.

V riadiacej jednotke sa nachádza riadenie pre ovládanie všetkých funkcií. Na prvom mieste je to mikroprocesor s programovou a dátovou pamäťou. V ňom prebiehajú všetky riadiace a regulačné algoritmy (postupy výpočtov).

Ako vstupné signály slúžia vstupné veličiny (charakteristiky), ktoré sú privádzané zo snímačov, vysielateľov zadaných hodnôt a rozhraniami (riadiacimi jednotkami ich systémov). Hlavnými (základnými) charakteristikami sú zaťaženie motora a jeho otáčky, ktoré môže ovplyvňovať vodič pomocou pedálu akceleračného. Ostatné charakteristiky (napríklad teplota chladiacej kvapaliny, paliva alebo vzduchu, atmosférický a plniaci tlak turbodúchadla atď.) slúžia na ich úpravu, a preto sa nazývajú korekčnými veličinami. Po vyhodnotení vstupných signálov spočíta mikroprocesor pomocou programu a špecifických polí charakteristík daného motora (uložených v trvalej pamäti) odpovedajúce výstupné signály.

### Výstupné signály riadiacej jednotky

Pomocou výstupných signálov mikroprocesor uvádza do činnosti buď výstupy, ktoré sú priamo spojené s akčnými členmi, alebo len príslušné relé, ktoré obstaráva napájanie aktivovaných regulačných prvkov. Tieto výstupné signály sú vysielané ako ovládacie – regulačné prvky sa len zapínajú a vypínajú – v iných prípadoch ako signály regulačné (s modulovanou šírkou impulzu) – obdĺžnikové signály s konštantnou frekvenciou, ale premenlivou dobou zapnutia (strieda).

Výstupy riadiacej jednotky sú chránené proti skratu na kostru alebo na akumulátor ako aj proti elektrickému preťaženiu. Prípadné závady sú identifikované pomocou kontroly výstupov a označené sú na mikroprocesore.

### Vlastná diagnostika (vlastná kontrola) vstrekovacieho systému

Vlastnú diagnostiku vykonáva riadiaca jednotka motora. Jej úlohou je kontrola všetkých snímačov (vysielateľov dát) aj akčných členov (regulačných prvkov). Pri kontrole snímačov sa pomocou vlastnej diagnostiky testuje, či je dostatočne vysoké napájacie napätie alebo či je ich signál v prípustnom intervale, respektíve či je hodnoverný. Dôležité signály sa privádzajú dvomi až tromi cestami. V prípade závady sa tým umožňuje prepnúť na niektorý z náhradných signálov.

Vzniknuté závady signalizuje riadiaca jednotka pomocou kontrolky a ukladá ich do pamäti závad, aby mohli byť neskôr vyhodnotené. Pri hlásení závady môže kontrolka



podľa typu závady blikať, trvale svietiť alebo ostať zhasnutá. Pokiaľ sa ukladá viacero závad, má „blikanie“ prednosť pred „trvalým rozsvietením“.

Nepodstatné závady, ktoré sa vyskytujú iba náhodne, sa síce ukladajú do pamäti, nie sú však signalizované rozsvietením kontrolky.

### **Tvorba zmesi a spaľovanie vo vznetrových motoroch**

U vznetrových motorov sa palivo vstrekuje až na konci kompresie, pomocou vysokotlakového vstrekovacieho systému pod vysokým tlakom (až 205 MPa) jemne rozptýlené vstrekovacou tryskou v  $2^0$  až  $3^0$  do spaľovacieho priestoru, v ktorom je vzduch ohriaty na teplotu  $500 - 900^0\text{C}$ . Okamih vstreku pritom závisí na otáčkach a zaťažení. Pri plnom zaťažení a vysokých otáčkach leží asi  $20^0 - 35^0$  otáčky kľukového hriadeľa pred hornou úvratou a pri voľnobehu takmer u hornej úvrati. Po odparení menších dávok paliva ( $1,5 - 2\text{ mm}^3$ ) vstreknutých v prvom, respektíve v druhom stupni a ich zmiešaním s nasávaným vzduchom dôjde k samozápalu. Nasledujúca väčšia dávka paliva sa potom v druhom, respektíve v treťom stupni vstrekuje už do viac menej zmesi a vznieti sa bez omeškania. Posunutím doby vstreku paliva a pomocou rovnomernejšieho prívodu paliva je spaľovanie regulované tak, aby sa spaľovací tlak nezvyšoval nárazovo a najvyšší tlak tesne za hornou úvratou sa krátkodobo udržal na takmer rovnakej hodnote. Tento vysoký spaľovací, respektíve vznetrový tlak (8-16 MPa), pôsobí na piest a poháňa ho smerom do dolnej úvrati.

### **Predĺženie vznietenia pri normálnom spaľovaní**

Doba medzi začiatkom vstreku a začiatkom spaľovania sa nazýva predĺženie vznietenia. K tomuto predĺženiu dochádza, keď vznietenie malého množstva paliva vstreknutého v prvom stupni nenastáva okamžite. Kým sa vytvorí zápalná zmes, musí dôjsť k jeho ohriatiu, odpareniu a nakoniec k jeho zmiešaní so vzduchom v spaľovacom priestore. Toto predĺženie vznietenia pri normálnych podmienkach, to znamená u motora zahriateho spracovanú teplotu, je asi 1 ms. Jej hodnota závisí hlavne na:

- reaktivite paliva - na cetanovom čísle,
- teplota na konci kompresie,
- okamih vstreku,
- aktuálnom stave zaťaženia motora.

## **Predĺženie vznietenia pri detonačnom, respektíve klepkajúcom spaľovaní**

Ku spaľovaniu spôsobeného detonáciami, respektíve klepaním dochádza vždy, keď sa predĺženie vznietenia zväčší viac než na 2 ms v dôsledku:

- nízkej teploty motora,
- príliš včasného vstrekú paliva,
- nedostatočného rozprašenia paliva vstrekovacím tryskami,
- nízkej kompresie,
- použitím paliva s nízkym cetanovým číslom (aditíva).

Pri dlhšom predĺžení vznietenia a pokračujúcom vstrekaní sa v spaľovacom priestore pred dosiahnutím podmienok pre vznietenie nahromadí väčšie množstvo paliva. Až do toho okamihu nahromadené palivo sa potom náhle spáli s prudkým zvýšením spaľovacieho tlaku. Čím dlhšie je predĺženie vznietenia, to znamená, čím väčšie je množstvo paliva nahromadeného v spaľovacom priestore, tým je toto zvýšenie tlaku väčšie a spaľovanie tak prebieha 10 – 12 krát rýchlejšie než normálne.

Najvyšší spaľovací tlak sa pritom môže zvýšiť výrazne nad normálnu hodnotu a piest aj kľukový mechanizmus sú tak vystavené veľmi vysokému namáhaniu. Hluk, ktorý sa týmto spaľovaním vyvoláva, sa nazýva klepanie vznetového motora.

K tvrdému klepaniu dochádza vždy, keď sa veľké tlakové vlny vyvolávané nesprávnym spaľovaním nadmernou rýchlosťou zrážajú navzájom, alebo tieto tlakové vlny narážajú na zmeny spaľovacieho motoru.

Oproti tomu, sa tmené klepanie vyskytuje vtedy, keď tlakové kmity rozkmitajú celý plynový pohon.

Následkom detonačného spaľovania môže dôjsť:

- k vylomeniu časti piestu medzi dvoma drážkami piestných krúžkov,
- poškodeniu tesnení hlavy valcov,
- k zničeniu ložísk klinového pohonu.

## Vstrekovacie systémy motorov s elektronickou reguláciou (EDC)

Bežné vstrekovacie zariadenia sa skladali z radových vstrekovacích čerpadiel, respektíve individuálnych vstrekovacích jednotiek, alebo rozdeľovacích vstrekovacích čerpadiel s mechanickou reguláciou podľa počtu otáčok s mechanickým (hydraulickým) zariadením začiatku vstrek. Pre dodržanie medzných hodnôt splodín vo výfukových plynch pri súčasnom zvyšovaní výkonu, respektíve zvýšení točivého momentu a znížení spotreby paliva, museli byť vyvinuté nové vstrekovacie systémy s elektronickým riadením.

Tradičnú mechanickú reguláciu podľa otáčok vystriedala EDC (Electronic Diesel Control – elektronické riadenie vstrek). Napriek tomu, že mechanická regulácia z radov adaptérov zaručovala vysokú kvalitu prípravy zmesi, nebola schopná dostatočne rýchle zachytiť niektoré dôležité veličiny, ktoré túto kvalitu ovplyvňujú.

Pomocou vstrekovacích systémov EDC, sa dá oproti tomu vyhovieť dnešným požiadavkám:

- vysoké vstrekovacie tlaky, až 205 MPa,
- pilotný a popřípade i dodatočný vstrek,
- prispôsobovaný priebeh vstrek,
- regulácia otáčok pri voľnobehu,
- regulácia rýchlosti jazdy (tempomat),
- a ďalšie.

K týmto novo vyvinutým vstrekovacím systémom patrí:

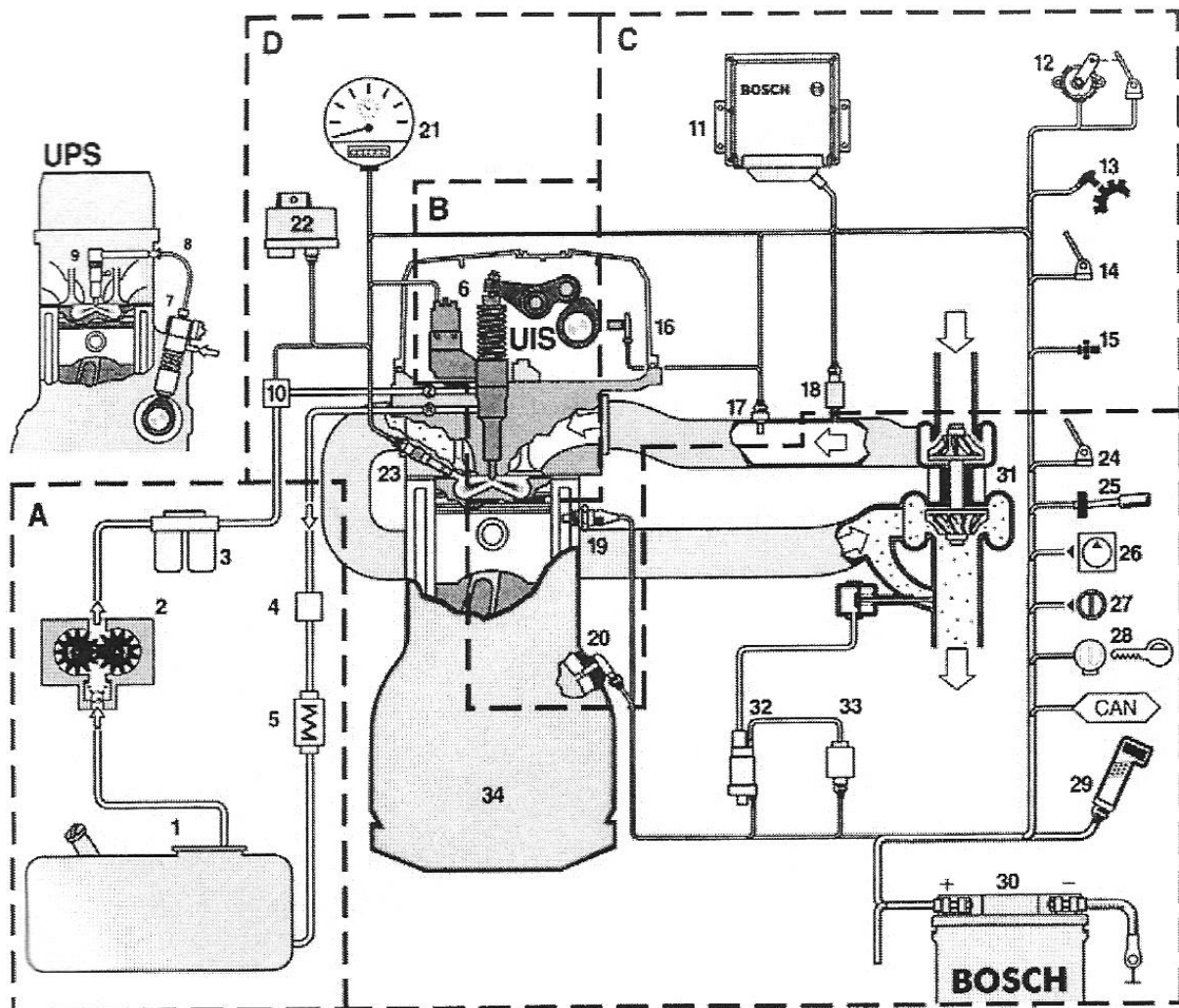
- systém s jednotkou čerpadlo – tryska, PDE (Pumpe – Düse – Einheit),
- systém čerpadlo – vedenie – tryska (Pumpe – Leitung – Düse),
- systém Commor Rail,
- rozdeľovacie vstrekovacie čerpadlo s radiálnymi piestami.

Všetky spomínané štyri systémy s príslušným zariadením pre prívod paliva majú rýchle regulačné, vysokotlakové ventily, ktoré sú riadené jednotkou riadenia motora.

Toto riadenie magnetických ventilov zahrňuje reguláciu podľa otáčok, ako aj reguláciu začiatku vstreku.

### **Vstrekovací systém BOSCH s jednotkou čerpadlo – tryska (PDE)**

Vstrekovací systém PDE je vybavený časovo riadenými individuálnymi vstrekovacími jednotkami a používa sa v osobných ako aj v úžitkových automobiloch s priamym vstrekovaním.



**A Prívod paliva (nízkotlaká časť)**

- 1 - palivová nádrž s pomocným filtrom
- 2 - palivové čerpadlo so spätným vedením a ručným čerpadlom
- 3 - palivový filter
- 4 - obmedzovací tlakový ventil
- 5 - chladič paliva

**B Vysokotlaká časť UIS**

- 6 - vstrekovač jednotky UPS
- 7 - čerpadlo jednotky
- 8 - vysokotlaké vedenie
- 9 - kombinované uchytenie trysiek

**C Elektronická regulácia prívodu nafty EDC**

- 10 - snímač teplotypaliva
- 11 - riadiaca jednotka
- 12 - snímač polohy pedálu akceleračora
- 13 - snímač rýchlosti jazdy (indukčný)
- 14 - kontakt brzy
- 15 - snímač teploty vzduchu
- 16 - snímač otáčok vačkového hriadeľa (indukčný)
- 17 - snímač teploty nasávaného vzduch

**18 - snímač plniaceho tlaku**

- 19 - snímač teploty chladiacej kvapaliny
- 20 - snímač otáčok kľukového hriadeľa/polohy referenčnej značky (indukčný)

**D Periférie**

- 21 - multifunkčný panel s výstupom signálu o spotrebe paliva, otáčkach, atď.
- 22 - riadiaca jednotka doby zhavenia
- 23 - žhaviaca sviečka
- 24 - spínač spojky
- 25 - ovládanie regulátora rýchlosti jazdy (tempomat)
- 26 - kompresor klimatizácie
- 27 - ovládanie klimatizácie
- 28 - spínacia skrinka (spínač zhavenia pri spúšťaní)
- 29 - diagnostické rozhranie
- 30 - akumulátor
- 31 - turbodúchadlo
- 32 - regulačný člen plniaceho tlaku
- 33 - podtlakové čerpadlo
- 34 - motor

CAN - Controller Area Network - dátová zbernica

Obr. 55 Schéma systému čerpadlo – tryska PDE (Bosch)

### **Systém PDE sa skladá zo:**

- systému prívodu paliva – nízkotlaká časť. Palivo sa mechanicky poháňaným čerpadlom nasáva z palivovej nádrže cez palivový filter.
- vysokotlakových častí jednotiek čerpadlo – tryska (PD). Jednotky: čerpadlo – tryska sa skladajú z vysokotlakových vstrekovacích jednotiek so zabudovanými vstrekovacím tryskami s väčším počtom otvorov. Každý valec motora má svoju vlastnú jednotku PD, ktorá je umiestnené v hlave valcov. Ich pohon je zabezpečený vačkovým hriadeľom motora. Pohyb vačiek sa pomocou váhadiel prenáša na piesty čerpadla, ktoré sa následne stlačia dole a následne ich vrátne pružiny opätovne nadvihnú. V bloku telesa vstrekočača je umiestnený vysokotlaký magnetický ventil, ktorý je spojený s riadiacou jednotkou motora. V telese jednotky PD sú kanáliky, ktoré magnetickým ventilom spájajú priestor s vysokým tlakom so spätným prívodom paliva, respektíve so vstrekovacími tryskami.
- elektronického riadenia vstrek (EDC). Vykonáva sa pomocou riadiacej jednotky motora, príslušných snímačov a vysieláčov požadovaných hodnôt ako aj nastavovacích členov (akčných členov).
- periférnych zariadení, napríklad spätné privádzanie výfukových plynov, klapky v sacom potrubí a turbodúchalda.

## **4.3 Systémy vstrekovania vznetrových motorov**

### **Spôsoby vstrekovania nafty**

Vstrekovanie nafty u vznetrových motorov rozlišujeme na priame vstrekovanie s nedeleným spaľovacím priestorom a priame vstrekovanie s deliteľným priestorom. Priame vstrekovanie (DI) sa používa u všetkých vznetrových motorov pre úžitkové a novšie osobné automobily, zatiaľ čo motory starších osobných automobilov sú ešte vybavené nepriamym vstrekovaním (IDI) s predkomôrkovou alebo vírivou komôrkou.



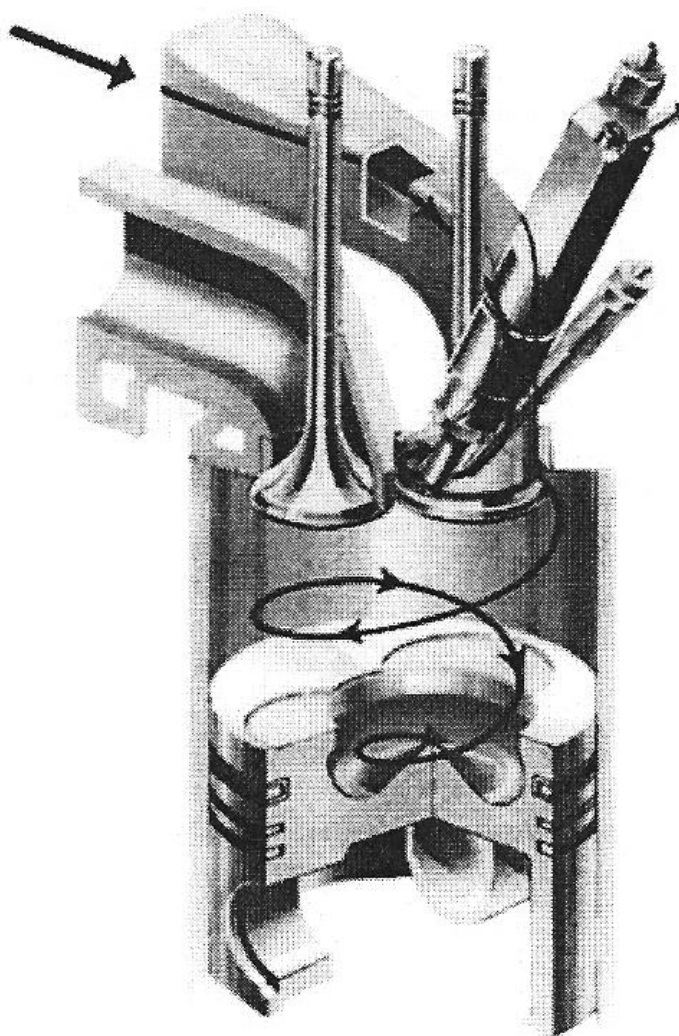
### 4.3.1 Priame vstrekovanie (DI)

Vznetové motory s priamym vstrekaním paliva majú v porovnaní s motormi s predkomôrkou veľkú výhodu, a to ekonomickejšie prevádzkovanie. Spotreba paliva je asi o 15 – 20 % nižšia, čo je možné vysvetliť nižšou tepelnou stratou v dôsledku menšieho celkového povrchu spaľovacieho priestoru. Ich nevýhodou je o niečo tvrdší hluk spaľovania, čo sa ale kompenzuje menšou dávkou vstreku (asi 1,5 až 2,0 mm<sup>3</sup> so vstrekom v stupňoch alebo pilotným vstrekom), čím tieto motory dosahujú nižšiu úroveň hlučnosti, ako je to u motorov s predkomôrkou, respektíve s vírivou komorou.

Spaľovací priestor je u týchto motorov nedelený a vytvára ho celé alebo tvarované dno piestu. Pohyb vzduchu v tomto spaľovacom priestore sa väčšinou vyvoláva vírivým kanálom (uloženým tangenciálne okolo sacieho ventilu a je často podporovaný turbodúchadlom – obr.56).

Aj pri tomto vírení vzduchu však hlavný diel prípravy zmesi pripadá vstrekovacej tryske s veľkým počtom otvorov. Vysokotlakové vstrekovacie zariadenie dodáva palivo tryskou s viac (4 až 8) vstrekovacími otvormi do spaľovacieho priestora.





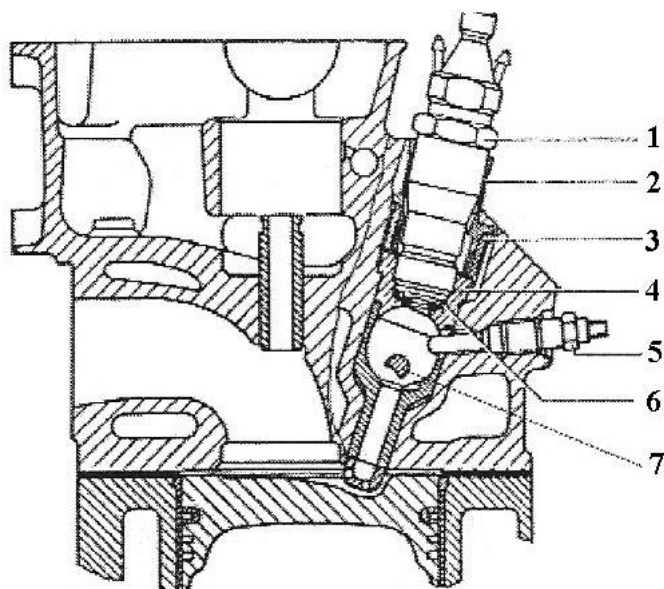
**Obr. 56** Spaľovací priestor so vstrekovacou tryskou a kolíkovou žhaviacou sviečkou

#### 4.3.2 Nepriame vstrekovanie (IDI)

Tu patria postupy spaľovania využívajúce predkomôrku alebo vírivú komôrku. Oba postupy sa z počiatku používali u motorov, u ktorých sa kládol dôraz na malú hlučnosť spaľovania a nízke emisie oxidov dusíka (napríklad u motorov pre osobné automobily a u stacionárnych motorov pre pohon generátorov). Spaľovací motor je rozdelený a skladá sa z hlavného a vedľajšieho spaľovacieho priestoru. Palivo sa vstrekuje (nepriamo) do vedľajšieho spaľovacieho motora.

### Postup spaľovania u vznetových motorov s predkomôrkou

Predkomôrka konštrukcie Mercedes-Benz (obr. 57) je štíhly, predĺžený spaľovací priestor, ktorý je umiestnený zo strany na hornej časti hlavy valcov a s hlavným spaľovacím priestorom je prepojený niekoľkými pomerne malými otvormi (kanálikmi). Škrtiaca tryska (tryska s plochým kolíkom) je sklopená o  $5^{\circ}$  a guľová plocha vložky sploštená a trochu pootočená. Kolíková žhaviaca sviečka je umiestnená z boku a vyčnieva do vedľajšieho spaľovacieho priestoru (predkomôrky).



- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1 - držiak trysky     | 2 - tesniaca objímka |
| 3 - závitový krúžok   | 4 - predkomôrka      |
| 5 - žhaviaca sviečka  | 6 - tepelná doštička |
| 7 - vložka s guľičkou |                      |

Obr. 57 Predkomôrka so šikmým vstrekováním

### Princíp funkcie

V priebehu kompresie sa asi 25 až 30 % nasávaného vzduchu natlačuje kanálikmi do predkomôrky a prúdením okolo vložky s guľičkou sa uvádza do vírivého pohybu.

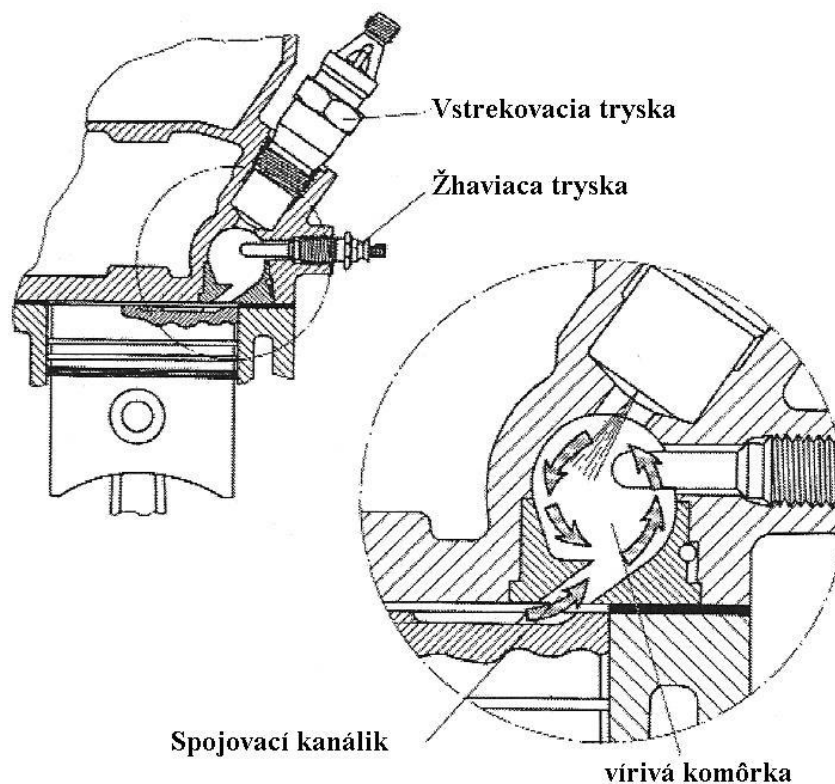
Na konci kompresie sa tryskou s plochým kolíkom vstrekuje do predkomôrky palivo – pri voľnobehu s otváracím tlakom trysky medzi 11,5 až 12,5 MPa a pri pri

plnom zaťažení a vysokých otáčkach asi 50 MPa. Šikmo postavená tryska s plochým kolíkom najprv vstrekne malý tenký prvý lúč na okraj guľčikovvej vložky, čím sa urýchľuje odparenie a znižuje sa podiel tuhých častíc vo výfukových plynách. Toto malé odparené množstvo paliva sa veľmi rýchlo zmieša so vzduchom, takže k vznieteniu dôjde asi po 1 ms. Následne sa vstrekne až doposiaľ zaškrtená hlavná dávka paliva.

Ako podpora pri štarte sa tu používajú kolíkové žhaviace sviečky. Tie musia žhaviť pred a v priebehu procesu spúšťania – a to aby sa ohrieval vzduch v predkomôrke, ďalej aby sa mohla zmes palivo – vzduch na žhavom kolíku vznietiť. U motorov s elektronickým riadením doby žhavenia nasleduje fáza ožhavovania. Na konci spustenia sa v závislosti od teploty motora ešte nejakú dobu žhaví, aby sa znížilo tvrdé klepanie motora a vytváranie bieleho alebo modrého plynu.

### **Postup s vírivou komôrkou**

Tvar vírivej komôrky (obr. 58) je guľatý s väčším, tučne umiesteným kanálikom do hlavného spaľovacieho priestoru. Takýmto usporiadaním kanálika sa pri stlačovaní vyvoláva silné vírenie vzduchu. Kolíková žhaviaca sviečka je umiestnená z boku a vyčnieva do priestoru vírivej komôrky.



Obr. 58 Vívá komôrka

### *Princíp funkcie*

Na konci kompresie dochádza ku vstreknutiu paliva škrtiacou tryskou do vírivej komôrky, pri voľnobehu s otváracím tlakom trysky medzi 12,5 až 14 MPa a pri plnom zaťažení a vysokých otáčkach asi 50 Mpa.

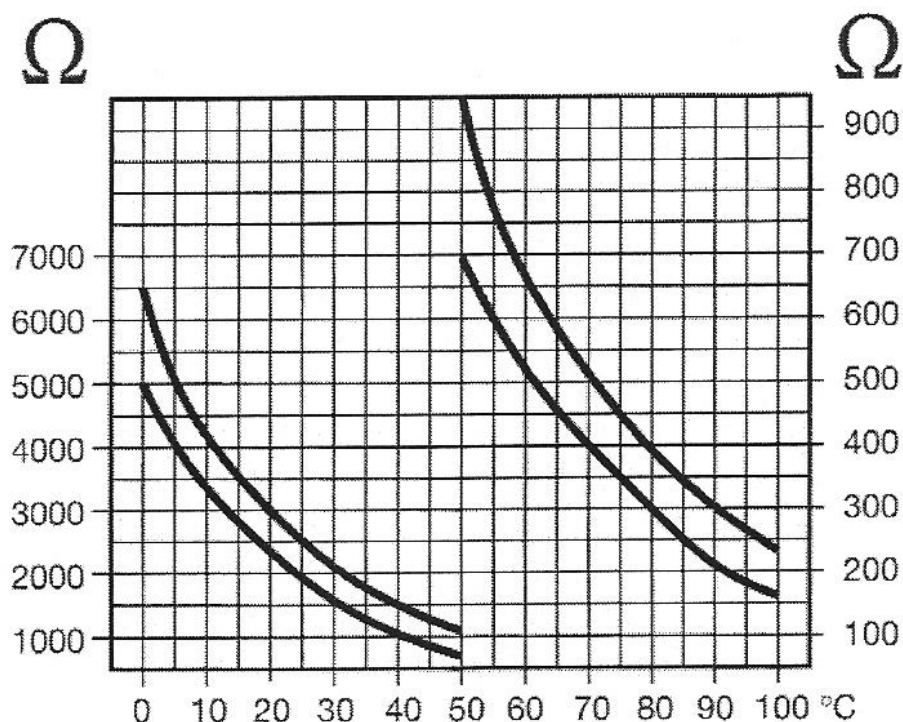
Najskôr sa vždy vstrekuje predbežný lúč, ktorý rýchle spustí a predĺženie vznietenia udržuje vo zvyčajných hodnotách (1ms). Následne dôjde k vstreku hlavnej dávky paliva, ktorá bola až doteraz škrtaná. Ďalší priebeh a pomery pri spustení sú rovnaké ako v prípade postupu s predkomôrkou.

### **Snímače elektrického riadenia vstrekovania nafty (EDC)**

Príslušné snímače (vysielače dát) sledujú prevádzkové podmienky (otáčky motora, plniaci tlak turbodúchadla a atmosferický tlak, teploty). Všetky snímače menia namerané fyzikálne veličiny na elektrické signály a ich prostredníctvom odovzdávajú informácie riadiacej jednotke motora.

## Snímače teploty

Čidlá teploty (snímače teploty) nasávaného prípadne plniaceho vzduchu, chladiacej kvapaliny a paliva sú z hľadiska konštrukcie a pracovných funkcií rovnaké. To znamená, že pre snímače môžu by požadované hodnoty odporu prevzaté z diagramu závislosti odporu na teplote (obr. 59).



Obr. 59 Diagram závislosti odporu na teplote

## Snímač teploty v sacom potrubí

Meraním teploty vzduchu v sacom potrubí sa zisťuje príslušná hodnota vzduchu, ktorá sa mení so zmenou teploty a ovplyvňuje plnenie valcov. S teplejším vzduchom sa plnenie valca znižuje a naopak, pri ochladzovaní vzduchu sa plnenie zväčšuje. Riadiaca jednotka motora na to reaguje a príslušne upravuje vstrekované množstvo paliva. Ak nastane výpadok tohto signálu, riadiaca jednotka motora počíta s pevne nastavenou náhradnou hodnotou. Zároveň môže dôjsť k zníženiu výkonu.



## **Snímač teploty chladiacej kvapaliny**

Teplota chladiacej kvapaliny má vplyv na určenie doby vstreku (vstrekovaného množstva) na začiatok vstreku, na okamžik zapnutia spätného odvodu paliva a rovnako na počet otáčok motora pri voľnobežných otáčkach v nezahriatom aj zahriatom stave. Pri štartovaní motora za „studena“ sa v závislosti na teplote stanoví vstrekované množstvo paliva z daného poľa charakteristík, ktoré umožní bezproblémové spúšťanie bez dymenia motora a voľnobežné otáčky sa zvýšia na hodnotu voľnobehu v zahriatom stave.

Pri výpadku signálu počíta riadiaca jednotka motora s pevne nastavenou náhradnou hodnotou. Dochádza k zníženiu výkonu, odpojí sa recirkulácia výfukových plynov a regulácia začiatku vstreku prejde na určenú náhradnú hodnotu.

## **Snímač teploty paliva**

Pri vstrekovacích systémoch čerpadlo–tryska je v dôsledku spôsobu vedenia paliva v hlave valcov rozdiel v teplote paliva (od  $-40^{\circ}\text{C}$  až do  $+100^{\circ}\text{C}$ ) podstatne väčší než u bežných vstrekovacích systémoch.

Meraním teploty paliva sa špeciálne zohľadňuje výrazná zmena jeho hustoty, ku ktorej dochádza pri zmene teploty. Pri ohriatí paliva riadiaca jednotka rozpozná pokles hustoty, ku ktorému došlo, a zvýši vstrekované množstvo tak, aby hmotnosť paliva zodpovedala studenému palivu a naopak.

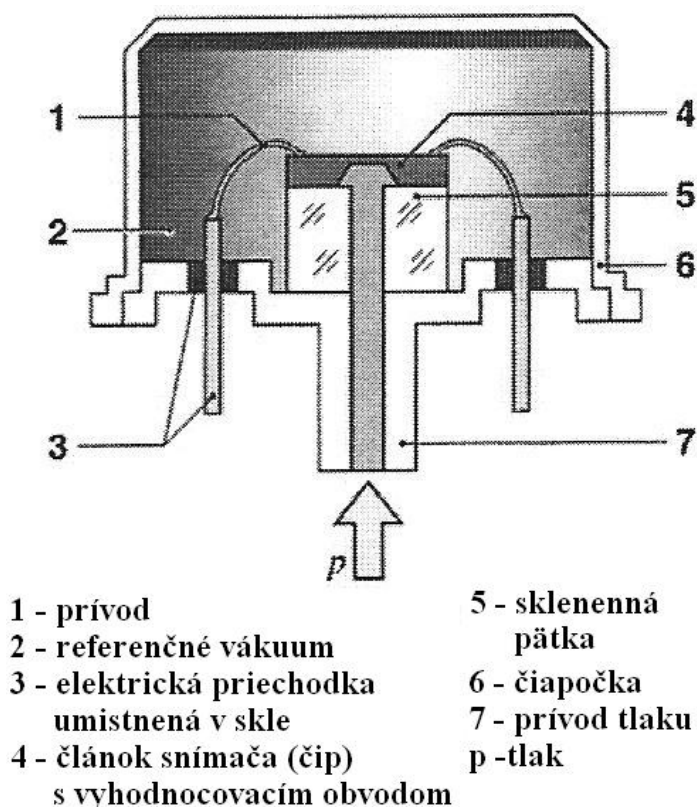
Pri výpadku tohto signálu počíta riadiaca jednotka motora s pevne nastavenou náhradnou hodnotou. Pritom dochádza ku zníženiu výkonu, odpojí sa recirkulácia výfukových plynov a regulácia počiatku vstreku prejde rovnako na určenú náhradnú hodnotu.

## **Snímač teploty motorového oleja**

Sledovaním teploty motorového oleja sa zabraňuje tomu, aby sa olej v pracovnom režime plného zaťaženia nadmerne ohrieval. Pokiaľ by došlo k veľkému zvýšeniu teploty, riadiaca jednotka zníži vstrekované množstvo paliva, a tým zabráni poškodeniu motora znížením výkonu. Ak nastane výpadok signálu, riadiaca jednotka sa prepne na zadanú náhradnú hodnotu. Motor pracuje s nižším výkonom.

## Snímač plniaceho tlaku

Signál snímača plniaceho tlaku (obr.60) slúži na kontrolu plniaceho tlaku turbodúchadla. Tento snímač je umiestnený priamo v sacom potrubí medzi turbodúchadlom a motorom meria sa ním absolútny tlak. Je to tlak proti referenčnému vákuu a nie proti atmosferickému tlaku.



Obr. 60 Snímač plniaceho tlaku turbodúchadla

## Snímač atmosférického ( vonkajšieho ) tlaku

Snímač atmosférického tlaku sa pri vstrekovacích systémoch osobných automobilov nachádza na riadiacej jednotke motora.

Meria okamžitý tlak vzduchu ( absolútny).

Jeho signál slúži:

- na diagnostiku ( porovnávajú sa údaje zo snímačov plniaceho a atmosférického tlaku)
- na korekciu vzhľadom na nadmorskú výšku. Pri výjazde do väčšej nadmorskej výšky (s tým je spojené zníženie tlaku vzduchu) zníži sa plnenie valca ( hustota vzduchu), musí sa príslušne zmenšiť i vstrekané množstvo paliva a množstvo necirkulovaných



výfukových plynov, aby sa motor udržal na hranici dymenia. Pri výpadku tohto signálu pracuje riadiaca jednotka so signálom zo snímača plniaceho tlaku.

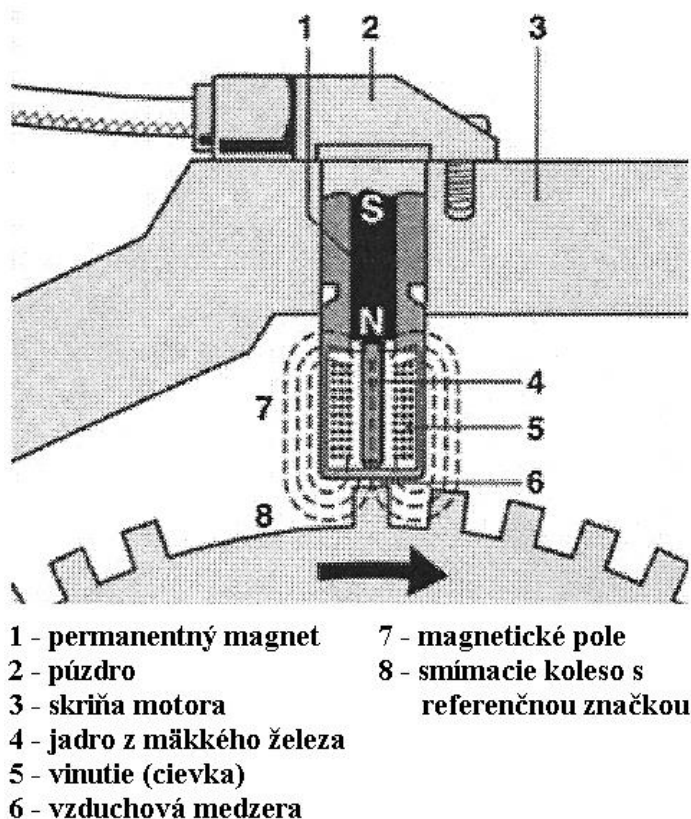
### **Indukčný snímač otáčok / polohy referenčnej značky**

Indukčný snímač (obr.61) je umiestnený v blízkosti zotrvačníka, oproti feromagnetickému snímaciemu kolesu. Ako snímač otáčok zaznamenáva bez dotyku otáčky motora a zároveň ako snímač referenčnej značky podáva informáciu o presnej polohe kľukového hriadeľa.

Táto informácia umožní riadiacej jednotke vypočítať okamžik vstreku a vstrekovanie paliva. Počty zubov na snímacom kolese môžu byť rôzne. Väčšinou sa používajú kolesá so 60-násobným delením, pričom sú dva alebo štyri zuby vynechané. Existujú tak snímacie kolesá so  $60 - 2 = 58$  alebo so  $60 - 4 = 56$  zubami.

Medzery vzniknuté vynechaním týchto zubov sú vzájomne posunuté o  $180^{\circ}$  a slúžia ako referenčná značka pre určenie okamžitej polohy kľukového hriadeľa. Vlastný spínač obsahuje jadro z mäkkého železa, na ktorom je navlečená cievka. Železné jadro je spojené s permanentným magnetom. Vyvolávané magnetické pole sa týmto jadrom šíri až k snímaciemu kolesu.

Vyvážený signál závisí od toho, či sa proti snímaču nachádza zub alebo medzera. Medzera magnetický tok cievkou zoslabuje, zub zasa zosilňuje. V dôsledku týchto zmien magnetického toku sa pri otáčaní snímacieho kolesa v cievke vytvára indukciu striedavý napätový signál. Pri výpadku tohto signálu sa vo väčšine prípadov motor zastaví a znovu nenaskočí.



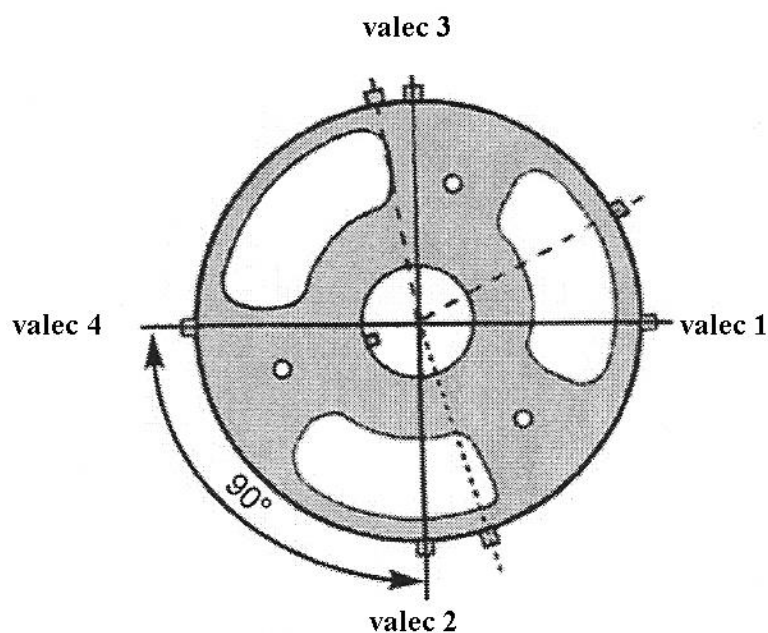
Obr. 61 Indukčný snímač otáčok/polohy referenčnej značky

### Snímač polohy vačkového hriadeľa

V motoroch osobných automobilov je ním Hallov snímač (poprípade indukčný snímač).

Jeho signál slúži riadiacej jednotke k identifikácii jednotlivých valcov pri spúšťaní. Poskytuje informácie, ktorý valec sa práve nachádza v kompresnom zdvihu, aby mohol príslušný ventil uviesť do činnosti danú jednotku systému čerpadlo-tryska. Hallov snímač sleduje ozubenie snímacieho kolesa, ktoré je spojené s vačkovým hriadeľom, aby mohol podať informáciu o polohe vačkového hriadeľa.

Pri štvorvalcovom motore je na obode snímacieho kolesa umiestnený pre každý valec jeden zub v uhlovej vzdialenosti  $90^{\circ}$ . Aby mohli byť tieto zuby priradené rôznym valcom, má snímacie koleso pre valce jeden, dva a tri pridaný ešte jeden zub (obr.62), ktorý je vždy v inej vzdialenosti (spolu sedem zubov).

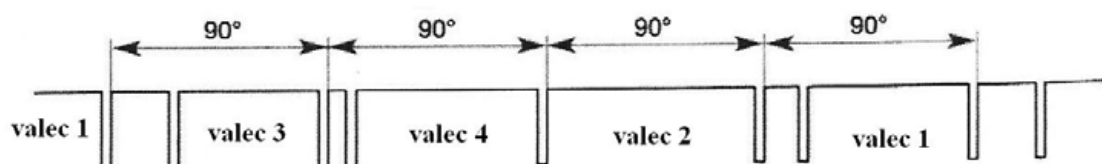


**Obr. 62 Snímacie koleso na vačkovom hriadeli pre ľahké spúšťanie motora**

Pri otáčaní snímacieho kotúča sa vyvoláva Hallove napätie pri každom prechode zubom okolo snímača. Signál sa privádza na riadiacu jednotku. V dôsledku rôznych vzdialeností medzi zubami prichádzajú impulzy Hallovho napätia v rôznych časových intervaloch (obr.63). Podľa usporiadania zubov riadiaca jednotka identifikuje jednotlivé valce a uvedie vždy do činnosti správny magnetický ventil vstrekovacej jednotky systému čerpadlo-tryska.

Aby sa pri motorových vozidlách umožnilo rýchle spúšťanie motora, sleduje riadiaca jednotka motora signály z Hallovho snímača na vačkovom hriadeli a signály zo snímača otáčok / referenčné značky na kľukovom hriadeli.

Podľa signálu z Hallovho snímača riadiaca jednotka identifikuje valec a dvoma medzerami na snímacom kolese kľukového hriadeľa dostáva zo snímača referenčnej značky už po polovičke otáčky kľukového hriadeľa signál. Pri výpadku signálu pracuje riadiaca jednotka so signálom snímača otáčok / referenčnej značky. Motor pracuje ďalej, pretože riadiaca jednotka má dané poradie zapalovania.



**Obr. 63** Signál z Hallovoho snímača pre jedno otočenie vačkového hriadeľa

### Snímač rýchlosti vozidla

Snímačom rýchlosti vozidla u osobných automobilov býva väčšinou Hallov snímač. Niekedy sa využíva signál snímačov ABS na prednej náprave. Tento signál slúži na informáciu o rýchlosti vozidla, ktorú riadiaca jednotka motora využíva k regulácii rýchlosti jazdy (funkcia tempomatu). Okrem toho prebieha prenos tejto informácie zbernicovým systémom (CAN), napr. do riadiacej jednotky elektronického riadenia prevodovky (GS), elektronického stabilizačného systému (ESP) a protiblokovacieho systému (ABS).

### Snímač hmotnosti vzduchu s vyhrievaným filtrom

Pomocou snímača hmotnosti vzduchu sa veľmi presne zisťuje skutočné prúdenie vzduchu – to znamená, že sa berie do úvahy i prípadné pulzovanie a spätné prúdenie, ku ktorým môže dochádzať pri otváraní a zatváraní sacích a výfukových ventilov. Tieto požiadavky plní s presnosťou snímač hmotnosti vzduchu s vyhrievaným filtrom a s funkciou rozpoznávania prúdenia. Jeho jadrom je prvok snímača a vyhodnocovacia elektronika, spojená s riadiacou jednotkou motora.

### Nastavovacie členy pre elektronické riadenie vznetrového motora (EDC)

Nastavovacie (akčné) členy vysielajú do riadiacej jednotky príslušné príkazy (požadované hodnoty), ako sú napr. vodičom daná poloha pedálu akcelerácie alebo nastavenie tempomatu, podľa ktorých môže riadiaca jednotka započat' proces zrýchľovania alebo vodičom regulovať požadované otáčky motora, respektíve udržiavať konštantnú jazdnú rýchlosť.

### **Snímač polohy pedálu akcelerátora**

Snímač polohy pedálu akcelerátora sa skladá z potenciometra (premeneného elektrického odporu), spínača polohy pri voľnobehu a pri automobiloch s automatickou prevodovkou i zo spínača plnej akcelerácie (kick-down). Na potenciometer prichádza z riadiacej jednotky napájacie napätie 5 V. Pri zošliapnutí pedálu akcelerátora sa vďaka otáčaniu hriadeľky potenciometra rovnomerne zvyšuje napätie signálu.

Poloha pedálu akcelerátora sa tak môže vypočítať z danej hodnoty napätia podľa charakteristiky naprogramovanej v riadiacej jednotke motora. Vodič má tak možnosť určiť rýchlosť jazdy a točivý moment, prípadne výkon motora. Spínač polohy pedálu pri voľnobehu slúži tiež pre kontrolu (vlastnú diagnostiku). Pri voľnobehu je tento kontakt zopnutý (pozri schéma elektrického zapojenia).

Po otočení hriadeľky potenciometra o niekoľko stupňov sa kontakt rozpojí. Pokiaľ riadiaca jednotka motora tento proces nezaznamená, hoci sa otáčky motora zvyšujú, je tento spínač chybný a systém prechádza na núdzový program. To znamená, že pri osobných automobiloch s manuálnou prevodovkou sú otáčky asi  $1200\text{min}^{-1}$  a s automatickou prevodovkou asi  $1400\text{min}^{-1}$ . Spínač plnej akcelerácie, spínač kick-down, pri plnej akcelerácii spôsobí najskôr zníženie prevodového stupňa a vytočenie motora a pri akcelerácii opäť dôjde k preradeniu na najbližší vyšší prevodový stupeň.

### **Spínač brzdových svetiel / brzdového pedálu**

Pri zošliapnutí brzdového pedálu sa spojí snímač brzdových svetiel, čím sa rozsvietia brzdové svetlá. Prostredníctvom pinu 32 dostáva príslušnú informáciu riadiaca jednotka, ktorá vypne reguláciu rýchlosti jazdy (tempometra). Súčasne sa spínač brzdových svetiel rozpojí.

Tento proces sa do riadiacej jednotky motora oznámi pinom 65. Riadiaca jednotka motora urobí kontrolu a na základe týchto dvoch signálov rozpozna skutočný proces brzdenia. Pokiaľ oba spínače vypadnú, riadiaca jednotka zníži vstrekovanú dávku a motor pracuje na nižší výkon.

## Spínač spojky

Spínač spojky je namontovaný vo vozidlách s automatickou prevodovkou. Z tohto signálu riadiaca jednotka motora rozpozná, či je spojka zopnutá alebo rozpojená. Pri nezošliapnutom spojkovom pedáli je spínač spojený a dáva podnet riadiacej jednotke motora, aby prevzala reguláciu voľnobehu ( vid' funkciu regulácie EDC).

V prípade zošliapnutia spojkového pedálu sa tento spínač rozpojí a vyradí sa regulácia voľnobehu alebo regulácia rýchlosti jazdy ( funkcia tempomatu). Pri výpadku signálu môže dochádzať pri zmene zaťaženia motora, k tzv. trhaniu motora. Táto chyba sa neukladá do pamäti.

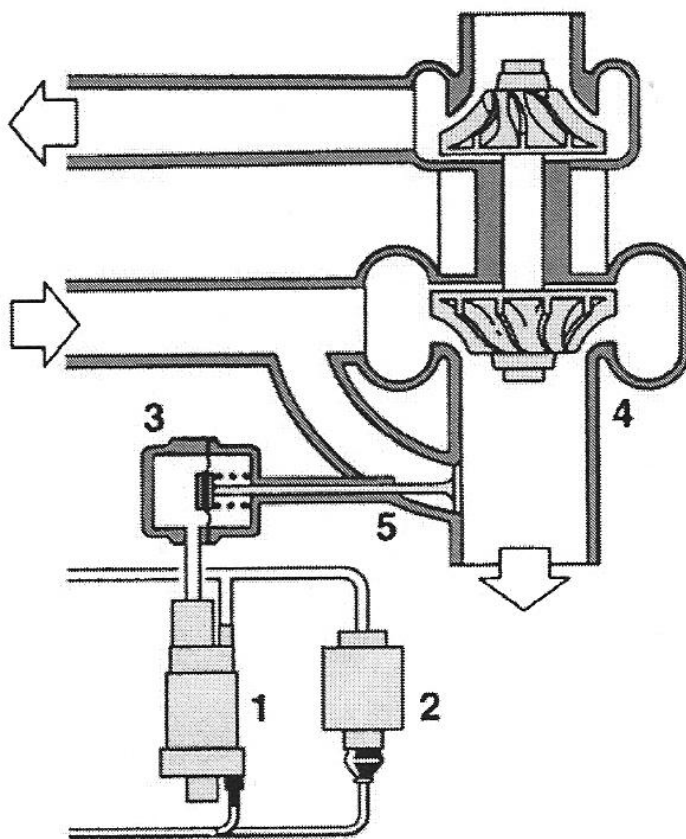
## Regulácia rýchlosti jazdy

Pomocou ovládacieho prvku sa môže rýchlosť jazdy nastaviť na ľubovoľne zadanú hodnotu, ktorá bude vyššia než 40 km/h a regulovať ju je možné pomocou regulátora rýchlosti (tempomatu). Vyradenie regulácie rýchlosti jazdy (tempomatu) sa urobí buď týmto ovládacím prvkom alebo zošliapnutím spojkového či brzdového pedálu.

## Regulácia plniaceho tlaku turbodúchadla

Pri vznetrových motoroch osobných automobilov sa používa turbodúchadlo s obtokom a regulačným ventilom (obr.63) alebo turbodúchadlo VTG s nastaviteľnými lopatkami. Pomocou regulácie plniaceho tlaku turbodúchadla sa už pri nízkych otáčkach motora a malom množstve výfukových plynov môžu nastaviť pomerne vysoké otáčky turbíny výfukových plynov a vysoký plniaci tlak.





- 1 - elektropneumatický ventil
- 2 - podtlakové čerpadlo
- 3 - regulátor plniaceho tlaku
- 4 - turbodúchadlo
- 5 - regulačný obtokový ventil

**Obr. 63 Regulácia plniaceho tlaku turbodúchadla (Bosch)**

Pritom pri turbodúchadle s obtokom sa tento obtok uzavrie pomocou regulačného ventilu a pri turbodúchadle VTG sa príslušným nastavením vodiacich lopatiek nastaví malý vstupný prierez. Pomocou týchto nastavení sa už pri nízkych otáčkach motora ( $1\ 800$  až  $2\ 000\ \text{min}^{-1}$ ), zvlášť pri použití turbodúchadla VTG, zvýšia otáčky turbíny, vzrastie plniaci tlak a točivý moment motora vzrastie na svoje najvyššie hodnoty.

Aby sa pri vysokých otáčkach motora a pri vysokom zaťažení s veľkým množstvom výfukových plynov veľmi nezvýšil plniaci tlak, musí sa v tejto oblasti časť výfukových plynov pri turbodúchadle s obtokom vypúšťať aktivovaným a príslušne



otvoreným regulačným obtokovým ventilom na turbíne preč do výfuku.

V turbodúchadle VTG sa oproti tomu musí zmeniť nastavenie vodiacich lopatiek a musí sa zväčšiť vstupný prierez, čím sa otáčky turbíny takmer nezmenia a plniaci tlak sa už nezvýši.

Celé zariadenie je navrhnuté tak, že vždy existuje dostatočná rezerva do takzvanej medze čerpania. Reguláciu plniaceho tlaku vykonáva riadiaca jednotka na základe uloženého príslušného poľa charakteristík, ktoré pre každý pracovný chod motora obsahuje požadovanú (zadanú) hodnotu plniaceho tlaku.

Hodnota sa neustále porovnáva so vstupujúcou skutočnou hodnotou plniaceho tlaku z jeho snímača. Ak dôjde medzi oboma hodnotami k odchýlke, riadiaca jednotka motora uvedie do činnosti elektropneumatický ventil, ktorý ovláda regulátor plniaceho tlaku. Elektropneumatický ventil vytvára spojenie medzi vákuovým čerpadlom, ktoré je poháňané motorom a regulátorom plniaceho tlaku.

Táto aktivácia sa realizuje pomocou obdĺžnikového šírko modulovaného impulzového signálu dovedy, kým sa požadovaná a skutočná hodnota plniaceho tlaku zhodnú. Ak nastane výpadok regulácie plniaceho tlaku, nepôsobí potom na regulátor žiadny podtlak. Plniaci tlak sa zníži a motor má menší výkon.

### **Klapka sacieho potrubia (uzatváracia klapka)**

Klapka sacieho potrubia sa montuje do sacieho potrubia niektorých vznetrových motorov osobných automobilov s vysokou kompresiou. Ak zastaví motor, zostáva klapka asi na 3 sekundy zatvorená. Tým sa preruší prívod vzduchu do valcov motora. Pretože sa nenasáva a nestlačuje takmer žiadny vzduch, dobieha motor mäkšie, bez toho, aby pri prechode do kľudu dochádzalo k trhaniu.

Ovládanie klapky sacieho potrubia uskutočňuje príslušný nastavovací člen. Elektropneumatický ventil, ktorý je napájaný z riadiacej jednotky motora po dobu 3 sekúnd palubným napätím, vytvorí spojenie medzi nastavovacím členom a podtlakovým systémom.

## Ovládanie elektromagnetických ventilov jednotiek PDE (Pumpe-Duse Einspritzung, systém čerpadlo - tryska)

Cievky elektromagnetických ventilov sú kladným i záporným pólom pripojené k riadiacej jednotke motora. Kladným pólom riadiaca jednotka napája všetky ventily palubným napätím 12 V (pri motoroch úžitkových automobilov tiež 24 V), záporným pólom sa elektromagnetické ventily aktivujú sekvenčne (podľa poradia zapalovania) pomocou regulácie prúdu.

Táto aktivácia sa pritom delí na fázu priťahovacieho a na fázu pridržiavacieho prúdu. Vo fáze pritiaženia sa na elektromagnetické ventily privedie prudko stúpajúci priťahovací prúd (bez výboja kondenzátora, s výnimkou úžitkových automobilov s palubným napätím 12 V). V okamžiku, keď priťahovací prúd dosiahne hodnoty 15 A, obmedzí sa taktovanie.

Medzi fázou priťahovacieho a pridržiavacieho prúdu už taktovanie neprebíha, regulácia sa uskutočňuje pomocou konštantného napätia. Prítom sa prúd krátkodobo zvýši na 16 až 17 A. Okamžik zatvorenia elektromagnetického ventilu sa prejaví malým zlomom stúpania prúdu, ktoré je vyvolané indukčným javom. Tento zlom, malý pokles prúdu, ktorý preteká cievkou, zaznamená riadiaca jednotka ako okamžik zatvorenia elektromagnetického ventilu BIP (**B**egin of **I**njection **P**eriod).

Dostáva tak spätné hlásenie o skutočnom počiatku čerpania. Túto informáciu berie do úvahy pri výpočte budúceho procesu vstreku (regulácia počiatku čerpania/počiatku vstreku) a okrem toho slúži aj pre určovanie porúch vo funkcii elektromagnetického ventilu. Po zatvorení elektromagnetického ventilu je vo fáze pridržiavania – pomocou taktovania privádzaného palubného napätia – napájací prúd regulovaný na hodnotu 10 A (neustálym zapínaním a vypínaním).

Po vypnutí pridržiavacieho prúdu sa elektromagnetický ventil účinkom pružiny otvorí a proces vstreku končí.

Funkcia vstrekovacích systémov, ktoré majú injektory ovládané pomocou elektromagnetických ventilov, sa musí bezpodmienečne kontrolovať ešte v namontovanom stave. Kontrola ich funkcie po vymontovaní už nie je možná pomocou

dielenských prostriedkov. Táto kontrola sa môže vykonávať elektricky, hydraulicky, akusticky alebo pomocou merania kapacity výfukových plynov.

#### Elektrická kontrola

Elektrickou kontrolou sa uskutočňuje:

- premeranie priechodnosti a odporu káblových spojov a elektromagnetických ventilov a prípadných skratov,
- meranie napájacieho napätia,
- posúdenie priebehu ovládacieho prúdu pomocou osciloskopu.

#### Hydraulická kontrola

Posúdenie korekcie dávkovania pri jednotlivých valcoch pri regulácii v priebehu voľnobehu pomocou systémového skúšobného prístroja (pri prekročení definovaného korekčného množstva ( $\text{cm}^3/\text{zdvih}$ ) je vstrekovacia jednotka chybná).

#### Akustická kontrola

Posúdenie hlučnosti spaľovania („detonačné“ spaľovanie) pri jednotlivých valcoch, aby sa lokalizovala chybná vstrekovacia tryska. Táto kontrola sa môže uskutočniť pomocou systémového skúšobného prístroja a príslušného skúšobného softwaru.

*Ak je potrebná výmena jednotiek PD z dôvodu realizácie chybné montáže (napr. deformácia vstrekovacích trysiek pri upnutí), je bezpodmienečne nutné dbať na predpisy výrobcu a používať predpísané špeciálne náradie.*

#### Riadenie doby žhavenia

Dnešné moderné vznetrové motory s elektronickým riadením EDC preberajú riadenie žhaviacich sviečok riadiacej jednotky motora prostredníctvom výkonného relé. V tomto prípade sa v riadiacej jednotke pre optimálne riadenie žhaviacich sviečok v rôznych pracovných režimoch využíva dostupných informácií o teplote chladiacej kvapaliny, spúšťacích otáčkach a zaťažení motora.

Riadiaca jednotka motora riadi doby žhavenia a preberá aj úlohu istenia a kontroly. Pritom sa regulujú výpadky jednotlivých žhaviacich sviečok a sú vodičmi sledované neustále svietiacimi kontrolkami žhavenia. Predžhavenie začína v polohe kľúča „zapalovanie zapnuté“ a proces spúšťania sa môže začať vtedy, keď kontrolka žhavenia zhasne. Po každom spustení nasleduje vždy dodatočné žhavenie – nezávislé na tom, či sa realizovalo aj predžhavovanie – aby sa pri rozbehu motora a pri chode naprázdno zmenšila hlučnosť spaľovania (klopania) a zmenšila sa tiež tvorba modrého dymu. Dodatočné žhavenie trvá až 4 minúty a vypína sa pri otáčkach motora 2500 min<sup>-1</sup>. Pokiaľ po zapnutí zapalovania nedôjde k spusteniu, zabráni istiaci obvod (po určitej dobe) ďalšiemu žhaveniu a tým aj vybíjaniu batérie.

### **Regulačná funkcia elektronického riadenia vznetrových motorov EDC vo vstrekovacom systéme PDE (systém čerpadlo – tryska)**

Aby sa pri vznetrovom motore dosiahlo optimálneho spaľovania pri všetkých režimoch, musí riadiaca jednotka vždy vypočítať presnú dávku vstrekovanej paliva. Ako bolo už pripomenuté, sú v riadiacej jednotke pre všetky pracovné režimy motora uložené všetky príslušné polia charakteristík.

### ***Dávkovanie vstrekovanej paliva pri jazde***

Pri bežnej jazde sa vstrekané množstvo vypočítava podľa polohy pedálu akcelerátora (snímač polohy pedálu akcelerátora) a otáčok motora z polia charakteristík pre jazdné vlastnosti. Pri vstrekovacích systémoch s elektromagneticky ovládanými ventilmi sa dávkovanie deje pomocou rôzne dlhých dôb pretekajú prúdu medzi začiatkom čerpania (BIP) a koncom aktivácie.

To znamená: krátka doba pretekajú prúdu elektromagnetickým ventilom = malé vstrekané množstvo paliva, dlhšia doba pretekajú prúdu = väčšie množstvo vstrekovanej paliva. Riadiaca jednotka motora v závislosti na skutočných vstupných hodnotách, ktoré získava zo snímača, určuje požadovanú dobu pretekajú prúdu elektromagnetickými ventilmi PDE. Doba pretekajú prúdu, respektíve vstrekané množstvo sa pritom mení tak dlho, pokiaľ skutočné otáčky (skutočná rýchlosť) nezodpovedajú vopred stanoveným požadovaným otáčkam (požadovanej rýchlosti).

## Dávkovanie vstrekovaneho množstva paliva pri spúšťaní motora

Pri spúšťaní motora sa vstrekované množstvo paliva (doba pretekania prúdu elektromagnetickými ventilmi) vypočítava v závislosti na teplote chladiacej kvapaliny a spúšťacích otáčkach motora. Určené množstvo paliva pri spúšťaní sa bez zošliapnutia pedálu akcelerátora vstrekuje až do dosiahnutia minimálnych otáčok pri spúšťaní, ktoré sú závislé na teplote. Pri nezohriatom motore sa tieto minimálne otáčky dosahujú neskôr a pri zahriatom skôr. Po prekročení minimálnych otáčok sa už vstrekuje normálna dávka paliva. Pretože sú tieto procesy, ktoré prebiehajú behom spúšťania motora, naprogramované v riadiacej jednotke, nemá vodič pri spúšťaní na dávkovanie paliva žiadny vplyv.

## Regulácia začiatku vstreku

Pretože má okamžik vstreku vplyv na spúšťanie, hlučnosť, kvalitu spaľovania, spotrebu paliva a na emisné hodnoty výfukových plynov, musí sa upravovať podľa pracovných podmienok v závislosti od teploty a zaťaženia motora. Určená požadovaná hodnota je vždy uložená v poli charakteristík riadiacej jednotky. Posunutím okamžiku vstreku v smere zväčšenia predstihu vznietenia sa výkon motora pri rastúcich otáčkach a pri plnom zaťažení optimálne využíva. Okrem toho sa udržiavajú aj emisie vo výfukových plynach v nízkych intervaloch.

Pri vyšších otáčkach a menšom zaťažení motora, respektíve menšom vstrekovanom množstve (nastaví sa pri uvoľnení pedálu akcelerátora do polohy neúplného zaťaženia) sa musí bod vstreku i napriek vysokým otáčkam nastaviť v smere zmenšenia predstihu, aby spaľovanie prebiehalo mäkšie (bez klopania) a okrem toho sa pri znížení maximálnej teploty spaľovania zníži aj podiel oxidov dusíka  $\text{NO}_x$  vo výfukových plynach.

Začiatok čerpania pri vstrekovacom systéme PDE je okamžik, v ktorom sa elektromagnetický ventil zatvorí. Označujeme ho aj ako BIP (Begin of Injection Period) a ovládanie elektromagnetických ventilov. Riadiacej jednotke motora slúži zároveň ako spätné hlásenie. Od tohto okamžiku sa začína zvyšovať tlak v priestore vysokotlakovej časti jednotky PD. Začiatok čerpania (prípadne začiatok vstreku), ktorý závisí na otáčkach a zaťažení motora, sa určuje skorším alebo neskorším zatvorením elektromagnetického ventilu.

### **Odôvodnená regulácia začiatku vstreku**

Pri všetkých vstrekovacích systémoch musí vstrekovacie zariadenie pri stúpajúcich otáčkach a pri plnom zaťažení nastaviť začiatok čerpania (vstreku) v smere zväčšenia predstihu vstreku. To znamená, ďalej od hornej úvrati vznetu motora, pretože sa:

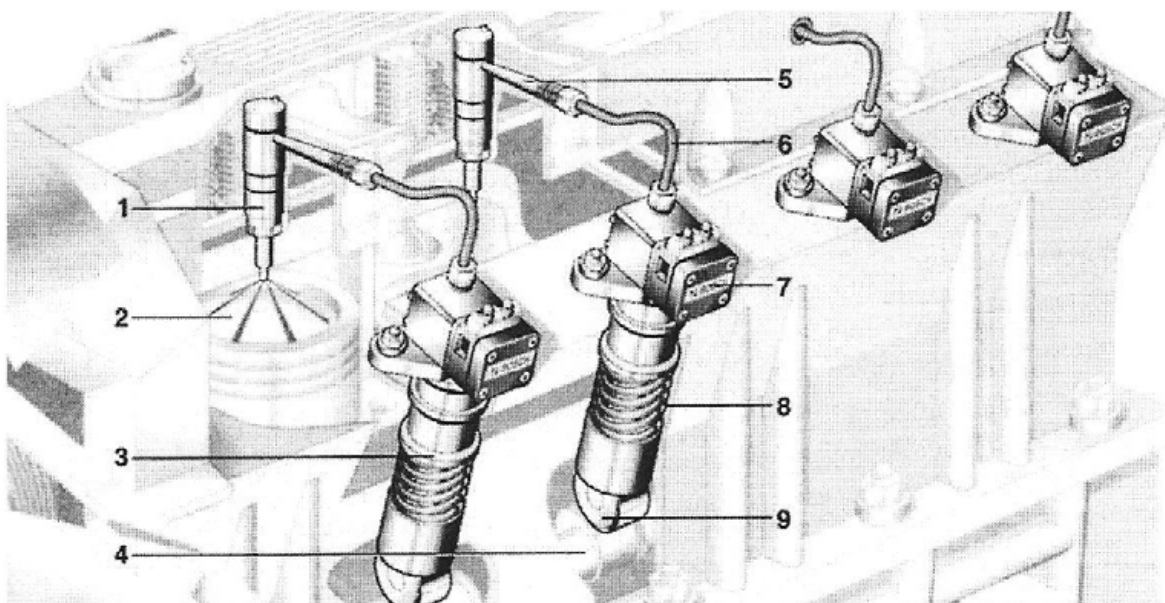
- **zväčšuje oneskorenie vznetu** (pri zohriatom motore trvá 1 ms) v stupňoch otočenia kľukového hriadeľa. Uhlové oneskorenie vznetu v stupňoch otočenia kľukového hriadeľa sa zväčšuje, pretože kľukový (ojničný) čap kľukového hriadeľa pri vyšších otáčkach ubehne za 1 milisekundu väčšiu uhlovú vzdialenosť, než zabehne  
pri otáčkach nižších.
- **zväčšuje oneskorenie vstreku** (trvajúceho rovnakú dobu) v stupňoch otočenia kľukového hriadeľa. Oneskorenie vstreku v stupňoch otočenia kľukového hriadeľa sa zväčšuje, pretože ojničný čap kľukového hriadeľa pri rovnakej dobe trvajúceho oneskorenia vstreku ubehne pri vyšších otáčkach za 1 milisekundu väčšiu uhlovú vzdialenosť než pri otáčkach nižších. To znamená, že sa zväčšuje uhlová vzdialenosť medzi začiatkom čerpania a začiatkom vstreku a vstrekovacia tryska vstrekuje vždy neskôr.
- **doba**, ktorá je k dispozícii pre spálenie vstreknutej dávky paliva pre plné zaťaženie v oblasti vznetu na hornej úvrati, sa postupne skracuje. Bez posunutia začiatku dodávky paliva na skorší okamžik by spaľovanie pri vysokých otáčkach a pri plnom zaťažení začínalo príliš neskoro. Klesal by tak indikovaný tlak, točivý moment výkon motora, ktorý by tak nebol využitý optimálne. Okrem toho by sa zhoršili emisné hodnoty výfukových plynov a zvýšil by sa podiel nespálených uhlíkovodíkov.

### 4.3.3 Vstrekovací systém čerpadlo – vedenie – tryska (PLD)

Vstrekovací systém čerpadlo-vedenie-tryska (Pumpe-Leitung\_Dusa (PLD), označovaný aj ako Unit Pump System (UPS), plní rovnaké úlohy a pracuje rovnakým spôsobom ako systém čerpadlo-tryska (PDE).

Oba tieto vstrekovacie systémy sa skladajú z:

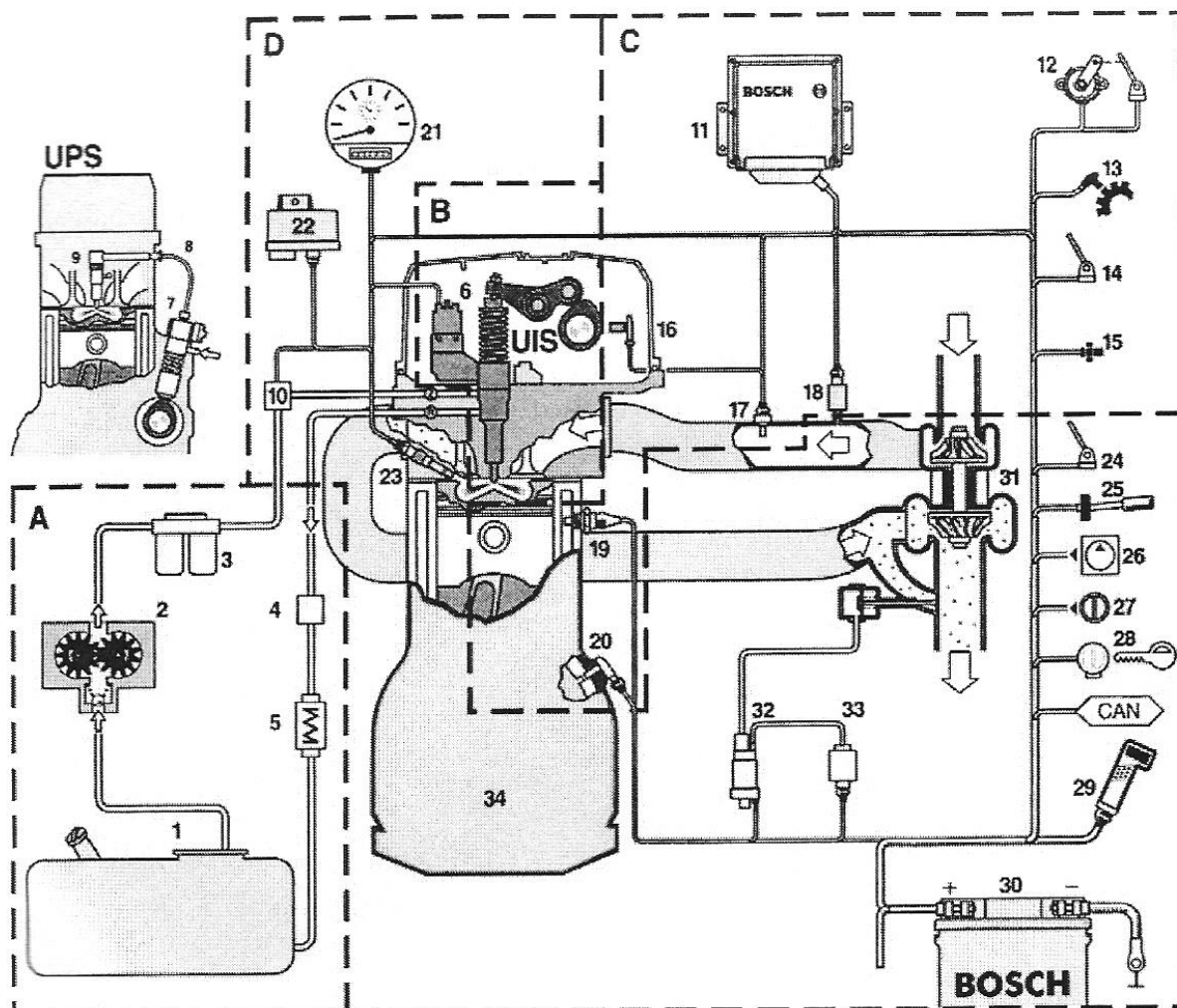
- zariadenia pre prívod paliva (nízkotlaková časť),
- vysokotlakovej časti so vstrekovacími čerpadlami (piestovými čerpadlami), prípadne jednotky PD,
- elektronickej regulácie prívodu nafty (EDC) s riadiacou jednotkou motora, so snímačom merania hodnôt a akčnými členmi.



- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1 - tryska s dvoma pružinami  | 6 - vysokotlaké vedenie      |
| 2 - spaľovací priestor motora | 7 - elektromagnetický ventil |
| 3 - vysokotlaké čerpadlo      | 8 - pružina zdvihatka        |
| 4 - vačkový hriadeľ motora    | 9 - zdvihatko                |
| 5 - výtlačné hrdlo            |                              |

Obr.64 Systém čerpadlo – vedenie – tryska (PLD)





**A Prívod paliva (nizkotlaká časť)**

- 1 - palivová nádrž s pomocným filtrom
- 2 - palivové čerpadlo so spätným vedením a ručným čerpadlom
- 3 - palivový filter
- 4 - obmedzovací tlakový ventil
- 5 - chladič paliva

**B Vysokotlaká časť UIS**

- 6 - vstrekovač jednotky UPS
- 7 - čerpadlo jednotky
- 8 - vysokotlaké vedenie
- 9 - kombinované uchytenie trysiek

**C Elektronická regulácia prívodu nafty EDC**

- 10 - snímač teplotypaliva
- 11 - riadiaca jednotka
- 12 - snímač polohy pedálu akcelerátora
- 13 - snímač rýchlosti jazdy (indukčný)
- 14 - kontakt brzv
- 15 - snímač teploty vzduchu
- 16 - snímač otáčok vačkového hriadeľa (indukčný)
- 17 - snímač teploty nasávaného vzduchu

**18 - snímač plniaceho tlaku**

- 19 - snímač teploty chladiacej kvapaliny
- 20 - snímač otáčok kľukového hriadeľa/polohy referenčnej značky (indukčný)

**D Periférie**

- 21 - multifunkčný panel s výstupom signálu o spotrebe paliva, otáčkach, atď.
- 22 - riadiaca jednotka doby žhavenia
- 23 - žhaviaca sviečka
- 24 - spínač spojky
- 25 - ovládanie regulátora rýchlosti jazdy (tempomat)
- 26 - kompresor klimatizácie
- 27 - ovládanie klimatizácie
- 28 - spínacia skrinka (spínač žhavenia pri spúšťaní)
- 29 - diagnostické rozhranie
- 30 - akumulátor
- 31 - turbodúchadlo
- 32 - regulačný člen plniaceho tlaku
- 33 - podtlakové čerpadlo
- 34 - motor

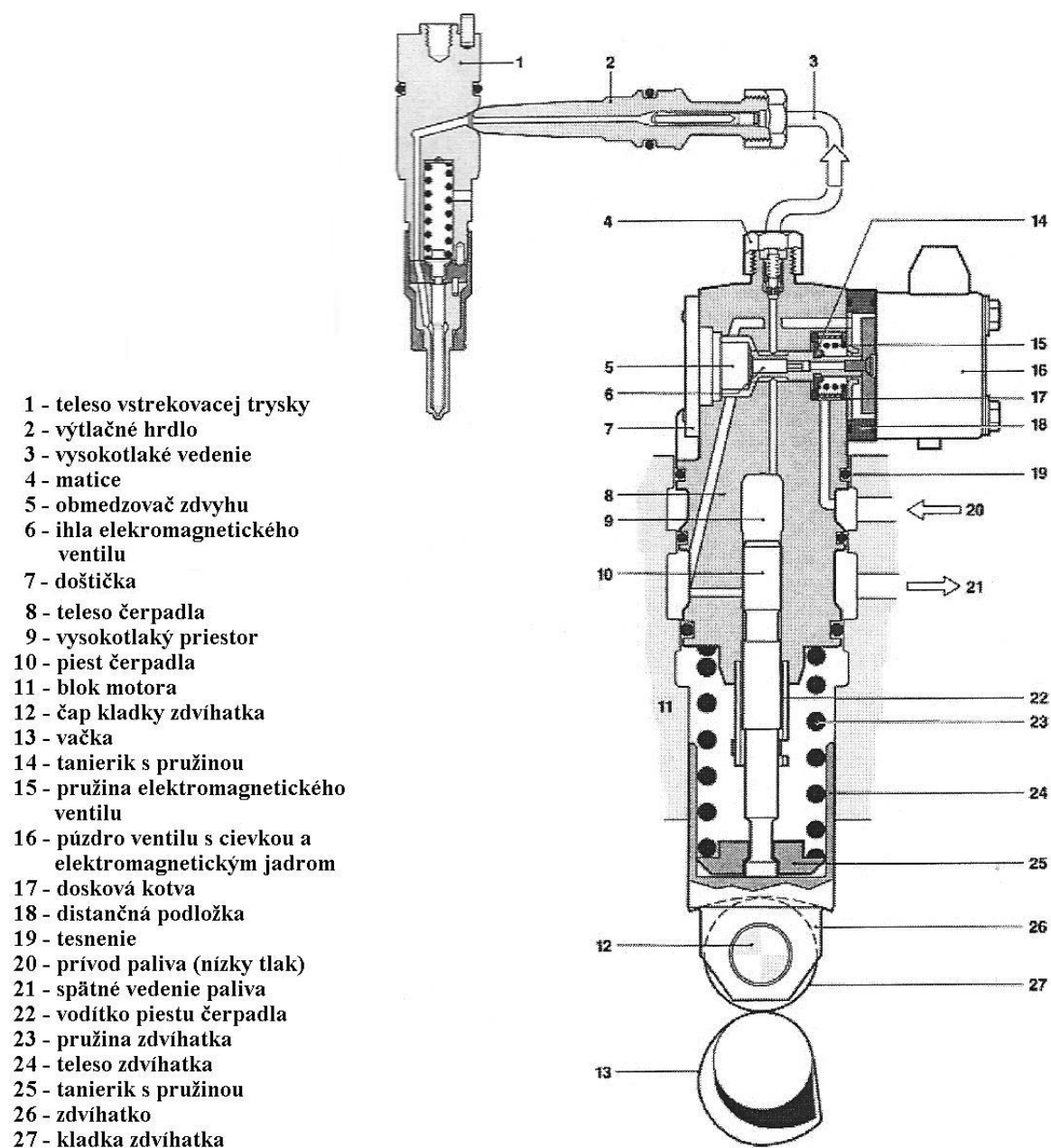
CAN - Controller Area Network - dátová zbernica

Obr.65 Vstrkovaci systém Unit System a Unit Pump System

V tomto systéme má každý valec svoju vlastnú čerpaciu jednotku, ktorá sa skladá z jednopiestového vysokotlakového čerpadla, krátkeho vstrekovacieho vedenia a viacotvorovej vstrekovacej trysky s uchytením a dvoma pružinami vstrekovacej trysky. Vstrekovacia tryska umožňuje realizovať predbežný a hlavný vstrek paliva (stupňové vstrekovanie).

Palivo sa nasáva zubovým čerpadlom z palivovej nádrže (1) a cez palivový filter (3) je čerpané k jednotkám PD (6), prípadne k vstrekovacím čerpadlám (7). Zubové čerpadlo je poháňané vačkovým hriadeľom motora. Nespotrebované palivo slúži na chladenie jednotiek PD alebo vstrekovacích čerpadiel (piestových čerpadiel) a je odvádzané vratným potrubím cez omedzovací tlakový ventil (4) a chladič paliva (5) späť do palivovej nádrže.

Omedzovací tlakový ventil obstaráva potrebný vstupný tlak (napr. 500 kPa) v nízkotlakovej časti, aby injektory boli dobre a rovnomerne plnené. Ručné čerpadlo slúži na napĺňanie a odvzdušňovanie nízkotlakovej časti. Pohon vstrekovacích čerpadiel zaisťuje vačkový hriadeľ motora pomocou špeciálnych vačiek.



Obr.66 Konštrukcia jednotky čerpadlo – vedenie - tryska

## Elektronická regulácia vznetrového pohonu (EDC)

Elektronická regulácia vznetrového pohonu sa skladá z:

- riadiacej jednotky motora,
- snímača (vysielača dát) a vysielaca zadaných hodnôt,
- nastavovacích prvkov ( akčných členov).

Riadiaca jednotka spracováva vstupné signály (informácie) zo snímačov. Z nich určuje pracovný režim motora a podľa hodnôt zo snímačov vypočítava výstupné (riadiace) signály, ktorými priamo alebo nepriamo (pomocou relé) riadi príslušné akčné členy (výkonné prvky).

Elektronická časť riadiacej jednotky pracuje so stálym napájacím napätím 5 V. Akčné členy sú, väčšinou jednopólovo prostredníctvom záporného pólu výstupu riadiacej jednotky, spojené s kladným palubným napätím 24 V (prípadne pri niektorých úžitkových automobiloch len 12 V). Výnimku tvoria elektromagnetické ventily piestových čerpadiel systému PLD. V nich býva navyše kladné pripojenie pólu k riadiacej jednotke s palubným napätím. Riadiaca jednotka okrem toho vytvára aj rozhranie (dátovú zbernicu CAN) pre riadiace jednotky iných systémov a pre diagnostiku vozidla.

Vlastnú diagnostiku uskutočňuje riadiaca jednotka motora. Jej úlohou je kontrola všetkých snímačov (vysielačov dát) i akčných členov. Pri kontrole snímačov sa pomocou vlastnej diagnostiky testuje, či je napájacie napätie dostatočne vysoké alebo či je ich signál v prípustnom intervale alebo či je hodnoverný. Dôležité signály sa privádzajú dvomi až tromi cestami. V prípade závady sa tým umožňuje prepnúť na niektorý z náhradných signálov.

Vzniknuté závady riadiaca jednotka signalizuje vodičovi pomocou kontrolného svetla a ukladá ich do pamäti závad, aby mohli byť neskôr vyhodnotené. Pri hlásení závady môže kontrolka, podľa typu závady, neprestajne blikať, trvale svietiť alebo môže zostať zhasnutá. Pokiaľ sa ukladá viac závad, má „ blikanie“ prednosť pred „trvalým rozsvietením“.

Nepodstatné chyby, ktoré sa vyskytujú len náhodne (sporadicky), sa síce ukladajú do pamäti, nie sú však signalizované rozsvietením kontrolky. Ukazovateľ

počtu chýb je nastavený na určitý počet režimov spustenia (napr. 40). Pri každom režime spustenia, kedy sa závada nevyskytne, zníži sa na ukazovateli počet o jednu. Pokiaľ sa daná chyba po 40 spusteniach viac nevyskytuje, je záznam z pamäti vymazaný.

### **Kontrola vstrekovacích systémov**

Kontrola vstrekovacích systémov sa realizuje špeciálnym testerom, ktorý sa pripojuje k diagnostickému rozhraniu (diagnostická prípojka EOBD). Po určení napr. typu vozidla, druhu pohonu, značky, modelovej rady a typu motora môže tester pomocou špeciálneho skúšobného programu uskutočňovať nasledujúce funkcie:

- prečítanie pamäti závad,
- snímanie skutočných hodnôt,
- kontrolu akčných členov,
- servisné nastavenie.

Prečítaním pamäti závad sa zistia chybné súčasti, ktoré sú identifikované pomocou vlastnej diagnostiky.

Pomocou diagnostiky regulačných prvkov môže systémový skúšobný prístroj uvádzať do činnosti určené akčné prvky, napr. elektromagnetický ventil recirkulácie výfukových plynov alebo reguláciu plniaceho tlaku turbodúchadla, a akusticky alebo elektricky zisťovať, či reagujú.



## 5. TRENDY VÝVOJA SPAĽOVACÍCH MOTOROV

Prvým priekopníkom modernej dieselovej technológie sa pred 25 rokmi stal koncern Volkswagen, keď na jar v roku 1976 predstavil prvý, dnes už legendárny dieselový motor VW, s objemom 1,5 l a výkonom 50k. Tento motor bol zavedený do sériovej výroby a montoval sa do modelu Golf. To predznamenovalo začiatok úspešnej éry dieselových motorov koncernu VW a hoci v tom čase existovalo veľa odporcov voči tejto technológii, postupne sa ukázalo, že práve dieselové motory v osobných vozidlách majú budúcnosť.

Začiatok vývoja prvých dieselových motorov u Volkswagenu podnietila ropná kríza začiatkom 70-tych rokov a podporili ho aj prvé emisné normy, ktoré dieselový motor spĺňal dokonca ľahšie ako motor benzínový.

Golf 1. generácie poháňaný dieselovým motorom s objemom 1,5 l zrýchľoval z 0 na 100 kilometrovú rýchlosť za 18 sekúnd a dosahoval maximálnu rýchlosť 140 km/h. Vývoj však napredoval ďalej a v 80-tych rokoch uviedol Volkswagen na trh prvý turbodieselový motor, ktorý pri zdvihovom objeme 1,6 l dosahoval výkon 70k. Jeho označenie bolo TD.

Skutočnú revolúciu zaznamenal dieselový motor v deväťdesiatych rokoch, kedy Volkswagen spoločne so značkou Audi prešiel na technológiu priameho vstrekovania, s označením TDI, teda turbo direct injection. Vtedy revolučná technológia sa postupne ukázala ako jednoznačne správny smer vývoja dieselových motorov, okrem iného priniesla viac ako 15 %-nú úsporu paliva a zníženie hlučnosti motora.

Rozdiel medzi dovtedajším dieselovým motorom a turbodieselom s priamym vstrekovaním paliva, spočíval v tom, že kým dovtedy sa palivo vstrekovalo do predkomôrky spaľovacieho priestoru, pri motoroch TDI už predkomôrka neexistuje a palivo sa vstrekuje priamo do spaľovacieho priestoru.

Až zavedením TDI prišli motoristi na to, že dokonca aj s naftovým pohonom možno jazdiť športovo, že môže byť tichý a pritom ho možno vytáčať do vyšších otáčok a popritom všetkom si ešte stále zachováva dobrú ekonomiku jazdy.

Práve koncern VW vytvoril pre dieselové motory nový image. TDI je patentom chránený názov koncernu VW. Vplyv TDI je tak silný, že ostatní výrobcovia, ktorí prichádzajú na trh s motormi založenými na tom istom princípe, majú problémy, ako ich



obchodne nazvať. A hoci skratku TDI nemôžu použiť, stále sa názvami svojich motorov motajú okolo nej (napr. DTI, TDID, DI turbo).

V ďalšej vývojovej fáze dieselovej technológie nasledovalo využitie turboladera s nastaviteľnou geometriou turbíny, čo vylepšilo elasticitu štvorvalcového motora 1,9l, pričom jeho výkon sa postupne zvyšoval, najprv na 66kW/90k, neskôr až na 81kW/110k. Tie výkonnejšie TDI motory dostali v označení loga „červené I“.

K špičkovej úrovni dieselovej technológie sa Volkswagen priblížil prechodom na vysokotlakové vstrekovanie. Poznatok, že kvalita spaľovania pohonných hmôt bezprostredne závisí od absolútnej výšky vstrekovacieho tlaku, zúročil Volkswagen pri použití systému pumpa-dýza, ktorý zaručuje hneď od začiatku najvyššie hodnoty tlaku vstrekovania paliva, až do 2050 barov.

Použitie systému pumpa-dýza indikujú v logu TDI červené písmená „DI“. Najvyšší výkon u TDI je označený komplet červeným logom TDI, kedy vďaka optimalizovanému vstrekovaniu paliva a vysokovýkonnému medzichladiču vzduchu dosahuje motor TDI pri zdvihovom objeme 1,9 l výkon 150 k.

Aktuálna paleta výkonov TDI motorov v rozpätí 100k, 130k a 150k demonštruje potenciál, ktorý predstavuje technológia TDI od Volkswagenu.

## 5.1 Progresívne technológie pri výrobe motorov

Niet pochýb o tom, že je neustála snaha pre skrátenie času vývoja celého motora, ako aj pre skrátenie času uvedenia novonavrhnutého motora do sériovej výroby. S tým úzko súvisí pružnosť výrobného oddelenia na požiadavky od oddelenia konštrukcie. Situácia si neustále vynucuje zavádzanie nových progresívnych technológií ako do konštrukcie tak aj do výroby, ktoré umožnia vývoj a výrobu nielen za prijateľné náklady, ale predovšetkým skrátia celkový čas vývoja ako aj zavedenia do výroby, čím prispievajú ku zvýšeniu konkurencieschopnosti firmy.

### *Skrátenie času vývoja pomocou systému AIED*

AIED – Automated Intelligent Engine Design, predstavený istou britskou firmou, je systém, pomocou ktorého je možné skrátiť čas vývoja kompletného motora a tým znížiť náklady na vývoj. Jedná sa o celú radu konštrukčných modulov pre

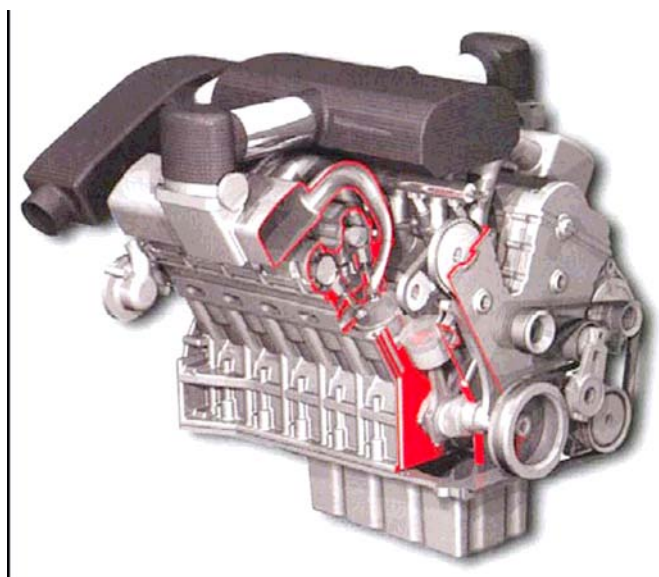




spaľovacie motory piestové, ktoré sú navzájom zviazané v parametrickom modelovom nástroji. Okrem viacerých 3D modelových nástrojov pre komponenty motorov ako hlava valcov, blok motora, kľukový hriadeľ, ojnica, piesty a ventilový rozvod, obsahuje systém aj analýzu napätosti a databázu technických predpisov. Napríklad v prípade návrhu kľukového hriadeľa optimalizuje systém okrem iného aj protizávažia na kľukovom hriadeľi a to so zreteľom na konštrukčné a výrobnotechnické požiadavky. So systémom AIED je údajne možné vyvinúť funkčný koncept V12- motora, (obr. 67), za menej ako päť týždňov.

### ***Od návrhu po výrobu***

Jedna vec je súčiastku, resp. celú zostavu kompletne navrhnuť, druhá vec je zaviesť ju do sériovej výroby. Je určite jednoduchšie a finančne i časovo menej náročné vytvoriť vo virtuálnom priestore počítača virtuálnu súčiastku, resp. virtuálnu



**Obr. 67 Funkčný komplet motora V12**

zostavu, ako zhmotniť (vyrobiť) navrhnuté virtuálne objekty a zaviesť ich ešte aj do sériovej výroby. Z uvedeného je samozrejmé, že táto cesta nepovedie prostredníctvom jednúčelových strojov. Na splnenie vysokej pružnosti výroby na požiadavky od konštrukcie sa dnes používajú vysokovýkonné CNC stroje.

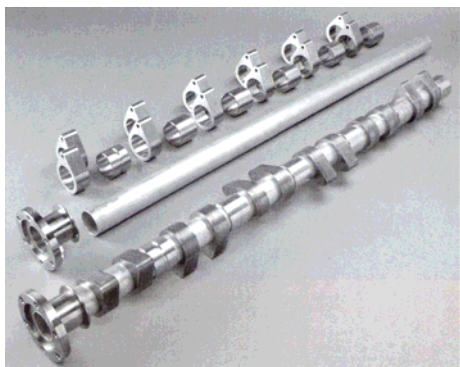
Ale ani CNC stroje nie sú absolútne univerzálne. V niektorých prípadoch je vhodné upraviť technológiu výroby súčiastky, resp. zostavy tak, aby sa mohli naplno využiť možnosti a výhody CNC stroja. Ako príklad možno uviesť zmenu technológie výroby vačkového hriadeľa nového motora AUDI.

### *Staršie spôsoby výroby delených vačkových hriadel'ov*

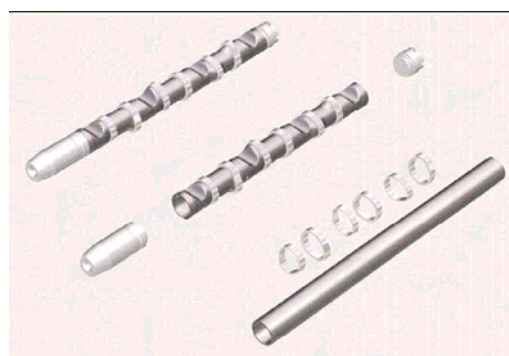
V zašlých érach výroby vozidlových motorov sa vyrábali vačkové hriadele najčastejšie kovaním s následným trieskovým obrábaním alebo menej často trieskovým obrábaním východzieho polotovaru bez predchádzajúceho kovania.

Vačková hriadeľ bola tak vytvorená z jedného kusa. Ak pri výrobe došlo k omylu na hociktorom mieste vačkovej hriadele alebo sa prišlo na chybu v materiáli (trhlinka, ...), musela sa vyradiť celá vačková hriadeľ. Pružnosť výroby bola nízka, pretože pri väčších zmenách na vačkovom hriadeli sa musela zmeniť forma kovacieho stroja, nastavenie obrábacích strojov, príp. sa museli vymeniť obrábacie stroje.

Veľký pokrok predstavovalo zvládnutie technológie výroby delených vačkových hriadel'ov. Na obá.68 je uvedené príklady skladaných vačkových hriadel'ov.



Skladaná vačková hriadeľ



Skladaná IHU-vačková hriadeľ

**Obr. 68 Vačkový hriadeľ**

Na nosnú rúru (oceľovú alebo z hliníkovej zliatiny) sa s prechodným uložením, resp. s malým presahom nasunú jednotlivé vačky, po každej dvojici vačiek puzdrá pre klzné ložiská a príruha. Takto poskladaná vačková hriadeľ je potom fixovaná prípravkom vo výrobnom stroji. Do vnútra rúry sa vloží tzv. valcovací nástroj, ktorý vykonáva rotačný pohyb a dochádza k rozvalcovaniu vnútorného priemeru rúry na väčší priemer. Nástrojom sa rozvalcuje rúra po celej svojej dĺžke. Rozvalcovanie vyvolá v rúre napätie, ktoré má tendenciu zväčšiť priemer rúry aj na jej vonkajšej strane, kde sú vačky, puzdrá a príruha. To má za následok zvýšenie presahu uloženia medzi týmito časťami a nosnou rúrou a ním vyvolané trenie je údajne dostatočne veľké na to, aby nedošlo k pootočeniu vačiek od dynamického zaťaženia pri prevádzke motora. Výhody tejto technológie spočívajú nielen v pružnosti výroby na konštrukčné zmeny vačkového hriadeľa ale aj v úspore hmotnosti (až o polovicu), možnosti kombinovania materiálov atď.

### ***Vačkový hriadeľ pre nový motor AUDI***

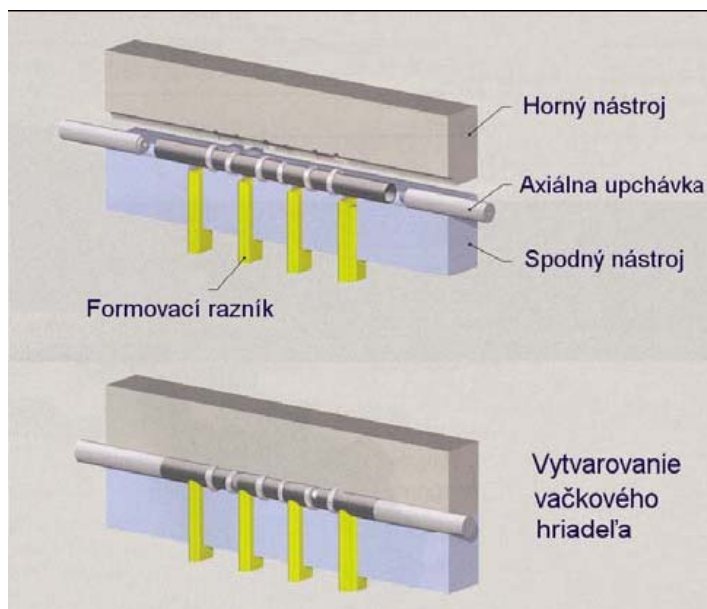
Nový motor 2.5 dm<sup>3</sup> V6 TDI od AUDI vychádza z konštrukčného radu motorov s výkonom od 110 do 132 kW a max. krútiacim momentom od 310 do 370 Nm, spĺňajúcich emisný predpis EURO III. Motor bol konštrukčne prepracovaný pre splnenie prísnych emisných predpisov EURO IV, navyše bola ešte požiadavka na redukciiu hmotnosti motora.

V priebehu úpravy motora pre splnenie požiadaviek sa museli prepracovať okrem iných častí aj ventilový rozvod a hlava valcov. Ventilový rozvod sa upravoval aj z hľadiska redukcie hmotnosti. Pozornosť sa zamerala najmä na redukciiu hmotnosti vačkového hriadeľa.

Používané kované vačkové hriadele s kalenými vačkami na východnom motore (EURO III) sa ukázali už ako nevyhovujúce. Pristúpilo sa k použitiu deleného vačkového hriadeľa. Technikou výroby deleného vačkového hriadeľa sa mala dosiahnuť nielen redukcia hmotnosti, ale aj vyriešiť problém vytvorenia voľného priestoru pre zaskrutkovanie a dotiahnutie skrutiek kompletnej hlavy valcov pri finálnom skladaní motora. Na základe týchto požiadavok bola vyvinutá tzv. IHU

(Innenhochdruckumformung) technológia, čiže technológia pretvárania vysokým vnútorným tlakom.

Skladaná IHU-vačková hriadeľ pozostáva, (obr.68), z ocelevej rúry s hrúbkou steny 2.5 až 3 mm, vačkových prstencov z ušľachtilej chrómovej ocele, ako aj koncových ocelových častí buď nalisovaných alebo prizváraných. Vačkové prstence s konštantnou hrúbkou steny sú vložené do prípravku, ktorý fixuje ich axiálnu polohu ako aj natočenie. Cez takto polohovo zaistené vačkové prstence sa prestrčí nosná rúra budúceho vačkového hriadeľa. Napokon sa celý prípravok aj s fixovanými dielcami vloží do lisu (obr. 69), vybaveného IHU-nástrojmi, obr. 4, ktoré majú na pracovnej strane negatívny tvar vačkového hriadeľa. Po naplnení rúry tekutým médiom sa rúra uzatvorí axiálnymi upchávkami a forma tvorená horným a spodným IHU-nástrojom sa uzavrie

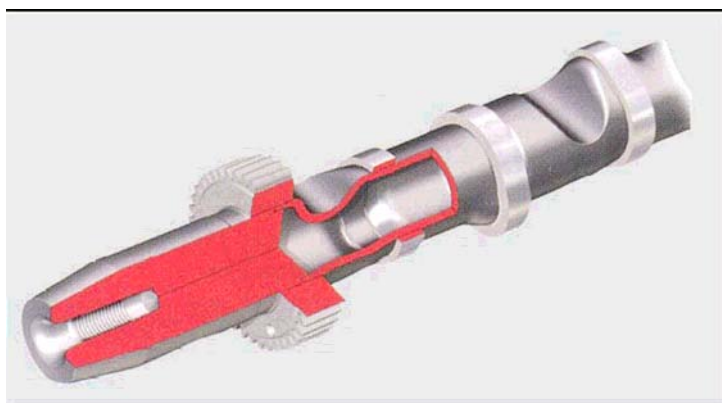


**Obr. 69 Lis s prípravkami**

Pracovný vysoký vnútorný tlak v rúre (300 MPa), pri ktorom sa rúra plasticky vytvaruje do jediného voľného priestoru – vnútra vačkových prstencov, sa dosiahne pomocou razníkov, pohybovaných hydraulickým valcom. Rúra sa tak vytvaruje do žiadaného tvaru, pričom sa vytvorí aj žiadaný voľný priestor pre skrutky hlavy valcov.

### Záverom...

Vačková hriadeľ vytvorená IHU-technológiou, (obr.70), má oproti vačkovej hriadeľi na obr. 6.4 výhodu v tom, že vačky sú zabezpečené proti príp. pootočeniu v prevádzke vytvarovanou nosnou rúrou. Údajne sa pomocou IHU-vačkových hriadeľov dosiahla redukcia hmotnosti motora AUDI o 3.5 kg (štyri vačkové hriadele).



Obr. 70 Vačkový hriadeľ vytvorená IHU-technológiou

## 5.2 Vysvetlenie pojmov – začiatok čerpania, začiatok vstreku a oneskorenie vstreku

**Začiatok čerpania (FB)**- pri injektoroch PDE leží bezprostredne za okamžikom zatvorenia elektromagnetického ventilu. Od tohto okamžiku začína zvyšovanie tlaku vo vysokotlakovom priestore. Vlastný okamžik zatvorenia sa označuje ako elektrický začiatok čerpania (BIP) a riadiacej jednotke slúži ako spätné hlásenie.

**Začiatok vstreku** – je oproti tomu okamžik, v ktorom sa otvorí vstrekovacia tryska a palivo sa vstrekuje do palivového priestoru.

**Oneskorenie vstreku** – je doba medzi začiatkom čerpania vstrekovacieho čerpadla (zatvorenie elektromagnetického ventilu) a začiatkom vstrekovania paliva zo vstrekovacej trysky. Pri vstrekovacom systéme PDE bez vstrekovacieho vedenia

k nemu dochádza len v malej miere. Napriek tomu určité oneskorenie vstreku existuje, lebo pri procese čerpania vysokotlakovým čerpadlom sa vstrekovacia tryska otvára tlakovou vlnou, ktorá sa šíri rýchlosťou zvuku.

Doba, ktorá je na to potrebná, nie je výrazne závislá na otáčkach, pretože sa pri ich zvyšovaní zväčšuje interval medzi začiatkom čerpania a začiatkom vstreku v stupňoch otočenia kľukového hriadeľa. Znamená to, že sa tryska otvára stále neskoršie a začiatok čerpania sa musí posunúť na skorší okamžik. Doba šírenia tlakovej vlny je závislá od rýchlosti zvuku, ktorá je pre naftu približne  $1500 \text{ m.s}^{-1}$ .

### Regulácia otáčok

Regulačná odozva elektronického zariadenia vznetového motora (EDC) je pri nezaťaženom motore zrovnateľná s variabilným regulátorom otáčok (viac rozsahovým výkonnostným regulátorom otáčok). Otáčky nastavené polohou pedálu akcelerátora sa udržiavajú a zostávajú konštantné. Pri jazde má EDC naproti tomu charakteristiku otáčkového regulátora.

Znamená to, že medzi rovnobežnými a koncovými otáčkami neexistuje žiadna regulácia. Regulácia sa znovu nastaví, keď musí motor dosiahnuť koncové otáčky – regulátor zabráni pretočeniu motora. V oblasti neregulovaných otáčok preberá reguláciu šofér, ktorý prostredníctvom pedálu akcelerátora určuje otáčky a rýchlosť jazdy. Pri dopoly zošliapnutom pedáli akcelerátora (pri polovičnom zaťažení) vozidlo na rovnej ceste zrýchľuje len na strednú rýchlosť, pretože točivý moment odovzdávaný motorom v dôsledku malých dávok vstrekovanej paliva už na ďalšie zvyšovanie rýchlosti nestačí. Ak ide vozidlo v tejto situácii do kopca, znamená to zvýšenie zaťaženia, znižujú sa otáčky motora a rýchlosť jazdy sa tiež zníži.

Aby sa rýchlosť pri jazde do kopca udržala, musí vodič viac zošliapnuť pedál akcelerátora, aby motor dostával väčšie množstvo vstrekovanej paliva a tým dodával vyšší točivý moment. Pri variabilnom regulátore otáčok by si EDC sám určil väčšie dávky vstrekovanej paliva na základe svojich charakteristík.



## Regulácia otáčok pri voľnobehu

Voľnobežné otáčky nie sú závislé na zaťažení. Znamená to, že pri motore v nezohriatom aj zahriatom stave bez zaťaženia alebo s čiastočným zaťažením sa vždy nastaví naprogramovaná požadovaná hodnota otáčok. K zaťaženiu dochádza prostredníctvom zaťaženia palubnej siete (napríklad pomocné elektrické zahrievanie motora, dožhavovanie sviečok, ...), zapnutia klimatizácie, zaradenia rýchlosti u automobilov s automatickou prevodovkou, aktiváciou posilňovača riadenia, atď. Na zachovanie potrebného počtu otáčok pri voľnobehu mení regulátor chodu naprázdno vstrekované množstvo ( dobu priechodu prúdu elektromagnetickými ventilmi) do okamžiku, kým skutočné otáčky nie sú totožné s požadovanými otáčkami, ktoré sú naprogramované v poli charakteristík.

## Regulácia maximálnych otáčok

Regulácia maximálnych otáčok (omedzovač otáčok) sa vo vznetrových motoroch pre osobné automobily uvádza do činnosti po prekročení najvyšších dovolených otáčok a pri plnom zaťažení. Najvyššie dovolené otáčky (koncové otáčky), ktoré sa nastavujú pri nezaťaženom motore a pri zošliapnutí plynového pedálu, sú naprogramované v riadiacej jednotke a nesmú sa prekročiť.

Takéto zvýšenie otáčok nad najvyššie dovolené otáčky bez zaťaženia a koncových otáčok bez zaťaženia sleduje riadiacej jednotke motora snímač otáčok. Riadiaca jednotka podľa toho skrúti dobu pretekania prúdu elektromagnetickými ventilmi a tým zmenší vstrekované množstvo paliva dovedy, pokiaľ motor vzhľadom na nedostatok paliva otáčky prekračuje.

## Jazda s uvoľneným pedálom akcelarátoru ( brzdienie motorom)

Pri jazde s uvoľneným pedálom akcelarátoru ( brzdienie motorom) a v polohe pedálu akcelarátoru pre voľnobeh je motor „poháňaný“ vozidlom. Na základe informácií od snímača polohy pedálu akcelarátoru, snímača otáčok a rýchlomera vypne



riadiacu jednotku ovládania elektromagnetických ventilov PDE a nevstrekuje sa žiadne palivo („nulové vstrekovanie množstvo“).

### **Regulácia voľnobehu**

Pomocou regulácie voľnobehu sa zabraňuje šklbaniu motora v dôsledku kolísania otáčok. Pôsobí pri nezošliapnutom pedáli akcelerátora, pri zopnutom spínači pedálu pre chod naprázdno a zopnutom spínači spojky. Kolísanie otáčok je pri voľnobehu vyvolávané rozdielnymi silami, ktoré pôsobia na piesty, a tým vznikajú aj rozdiely točivých momentov od jednotlivých valcov motora.

Riadiaca jednotka zaznamená toto kolísanie a reguluje ho až do otáčok motora približne  $1000^{-1}$ . Regulácia voľnobehu sleduje zmeny otáčok po každom procese spaľovania a porovnáva ich medzi sebou. Potom sa vstrekovanie množstva (korekcia dávky) podľa rozdielov otáčok pre každý valec mení, aby všetky valce odovzdávali klukovému hriadeľu rovnaký točivý moment.

### **Regulácia rýchlosti jazdy (Tempomat)**

Regulátor rýchlosti jazdy (Tempomat) v riadiacej jednotke zabezpečuje, aby sa v priebehu jazdy udržiavala konštantná rýchlosť. Nastavenie požadovanej rýchlosti vykonáva vodič pomocou ovládacej páčky. Vstrekovanie množstva paliva sa pritom mení – zväčšuje alebo znižuje sa tak, aby skutočná rýchlosť, ktorá je sledovaná snímačom rýchlosti jazdy, bola zhodná s nastavenou požadovanou rýchlosťou. Regulácia rýchlosti (tempomat) sa vypne, pokiaľ sa zošliapne spojkový alebo brzdový pedál. Inokedy je možné pomocou pedálu akcelerátora zrýchliť nad okamžitú nastavenú požadovanú rýchlosť, pri jeho uvoľnení sa opätovne dosiahne predošlá nastavená rýchlosť jazdy.

Po vypnutí regulátora rýchlosti jazdy (tempomatu) je možný presun ovládacej páčky do polohy pôvodného nastavenia a zasa sa volí posledne platná požadovaná rýchlosť. Pridržením ovládacej páčky v polohe „zrýchlenie alebo spomalenie“ je možné požadovanú rýchlosť zvýšiť alebo znížiť.

## Aktívne potlačenie trhania v priebehu jazdy

Pri ráznej zmene zaťaženia (pri brzdení motorom a pri pridávaní plynu alebo naopak) dochádza k veľkým zmenám v dávkovaní vstrekovateľného množstva paliva a tým i ráznej zmene točivého momentu motora. V dôsledku silného striedavého zaťaženia elastických ložísk uloženia motora (silentblokov), hnacieho prístroja a pneumatík sú vyvolané pozdĺžne kmity, ktoré pôsobia na vozidlo a posádku (trhavé kmitanie).

Tlmenie trhania naprogramované v riadiacej jednotke na základe porovnania okamžitých otáčok s referenčnými otáčkami, ktoré odpovedajú požiadavke vodiča, tieto kmity zaznamená a reaguje tak, že vstrekové množstvo mení podľa periódy kmitania. Pri zvyšovaní otáčok sa vstrekové množstvo znižuje a v opačnom prípade zvyšuje.

## Regulácia momentu motora pri prudkej zmene zaťaženia pri brzdení motorom (MSR-Motorschleppmomentregelung)

Regulácia momentu motora pri prudkej zmene zaťaženia pri brzdení motorom sa používa v kombinácii s reguláciou priešmyku (ASR). Pôsobí v prípadoch, keď je pri radení nižších prevodových stupňov alebo pri prudkom uberaní plynu brzdný účinok motora príliš veľký, takže pri zhoršených adhézných podmienkach dochádza k priešmyku hnacích kolies. Riadiaca jednotka vtedy miernym pridaním plynu zvýši otáčky motora a tým aj točivý moment motora (jeho brzdný účinok), aby nedochádzalo k priešmyku hnacích kolies.

## Zastavenie motora

Pri zastavení motora riadiaca jednotka prestane ovládať elektromagnetické ventily jednotiek PD. Tie zostávajú preto otvorené. Pri bežiacom motore sa čerpá celé množstvo paliva, ktoré je tlačené čerpacím prvkom z prietokového priestoru a odiaľ kanálom do spätného vedenia do palivovej nádrže. Pretože nevzniká otvárací tlak vstrekovacích trysiek, nedochádza ani ku vstrekovaniu paliva.



## 6. VSTREKOVACÍ SYSTÉM COMMON RAIL (CR)

Vstrekovací systém Common Rail (obr. 71) má spoločné vysokotlakové palivové potrubie (zásobník tzv. rail), pri ktorom je (v porovnaní s bežnými vstrekovacími systémami) oddelené tlakovanie od dávkovania vstrekovanej paliva.

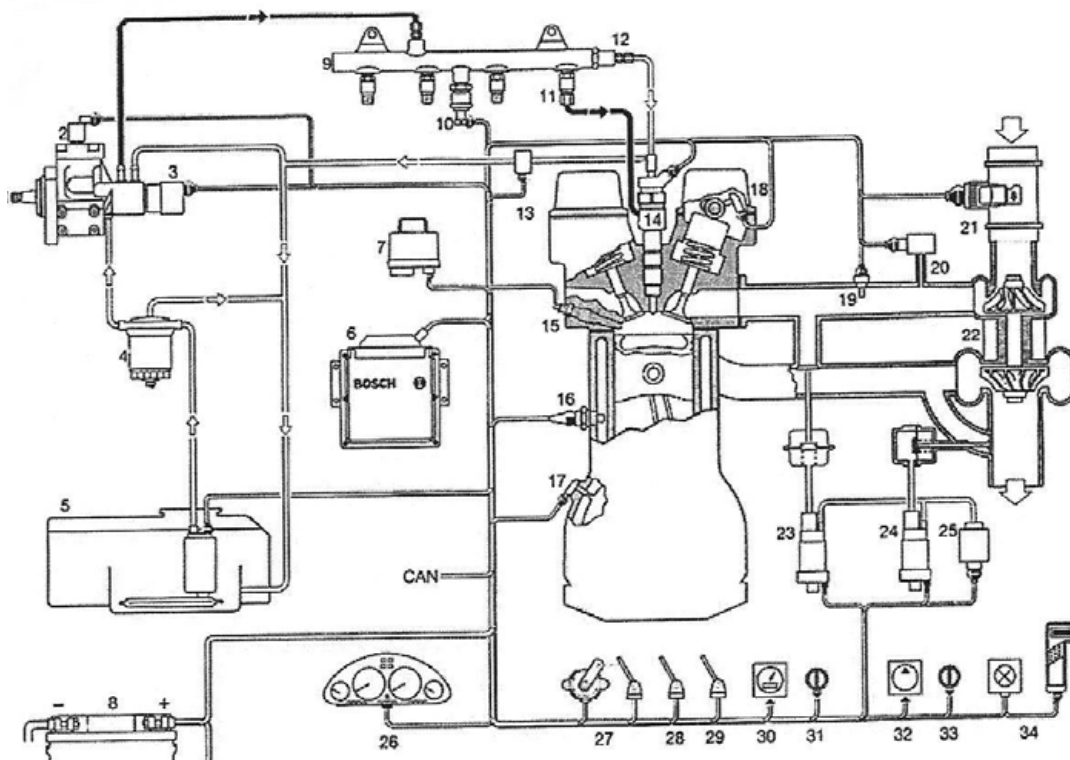
Výhoda systému Common Rail spočíva v tom, že okamžik vstrekovania je možné ľubovoľne riadiť, takže pri voľnobehu a v dolnej oblasti neúplného zaťaženia sa pred hlavným vstrekom môžu uskutočniť 1 až 2 pilotné vstreky. Aby sa znížila hlučnosť spaľovania, pilotné vstreky sa realizujú asi do 40<sup>0</sup> otáčok kľukového hriadeľa pred vznietovou hornou úvratňou.

Rovnako je možné v prípade použitia NO<sub>x</sub> filtra pre zníženie oxidov dusíka uskutočniť i dodatočný vstrek. Vstrekovací systém CR sa v súčasnosti používa hlavne pri osobných a stále častejšie tiež pri úžitkových automobiloch a pri veľkých vznietových motoroch s priamym vstrekovaním. Ďalej sa preto budeme zaoberať iba konštrukciou a princípom funkcie systému CR pre motory osobných automobilov.

### 6.1 DRUHY SYSTÉMU COMMON RAIL

Systém Common Rail sa skladá z:

- prívodu paliva – nízkotlaková časť,
- vysokotlakového čerpadla s radiálnymi piestami, vysokotlakového zásobníka palív (rail) a vstrekovačov – vysokotlaková časť,
- elektronickej regulácie prívodu nafty (EDC) s riadiacou jednotkou motora, snímačmi meraných hodnôt, snímačmi a vysielacími požadovaných hodnôt a akčnými členmi,
- periférnych zariadení, napr. recirkulácia výfukových plynov, turbodúchadlo



Obr. 71 Vstrekovací systém Common Rail

### Nízkotlaková časť – zariadenie pre prívod paliva

Pre prívod paliva môžu byť (v závislosti na výrobcovi) použité rôzne pomocné palivové čerpadlá. Najčastejšie sa môžeme stretnúť s týmito typmi:

- elektrické palivové čerpadlo ako pomocné čerpadlo priamo v nádrži.

Ide o rotačné piestové čerpadlo, ktoré od začiatku spúšťania motora nasáva palivo z palivovej nádrže (5) a cez palivový filter (4) ho čerpá do vysokotlakového čerpadla s radiálnymi piestami. Nadbytočné palivo odteká z palivového filtra prepúšťacím ventilom (otváracím tlakom asi 0,3 Pa) späť do palivovej nádrže. Bezpečnostný obvod zabraňuje čerpaniu pri zapnutom zapalovaní s vypnutým motorom, rovnako, ako je to pri núdzovom zastavení motora,

- zubové palivové čerpadlo. Toto pomocné čerpadlo je väčšinou umiestnené medzi skriňou prevodovky a vysokotlakovým čerpadlom s radiálnymi piestami, s ktorými má spoločný pohon od vačkového hriadeľa motora. Toto čerpadlo nasáva palivo z nádrže cez tepelný výmenník (predhrievanie paliva) a palivový filter. Palivo čerpá priamo do vysokotlakového čerpadla s radiálnymi piestami.

Pretože sa v prípade zubového čerpadla čerpané množstvo zvyšuje približne v rovnakom množstve k otáčkam motora, musí sa uskutočňovať regulácia tohto množstva prostredníctvom prepúšťacieho ventilu (otvárací tlak je asi 0,25 až 0,30 MPa) na tlakovej strane.

## Vysokotlaková časť palivového zariadenia

Vysokotlaková časť systému (obr. 72) sa skladá z vysokotlakového čerpadla s radiálnymi piestami spolu s tlakovým regulačným ventilom, z rozdeľovacieho palivového potrubia ako zásobníka paliva (Common Rail = spoločné vedenie) s namontovaným tlakovým čidlom (snímačom tlaku) a omedzovacím tlakovým ventilom a zo vstrekovačov, ktoré sú pripojené k railu pomocou krátkych vysokotlakových vedení (trubiiek).

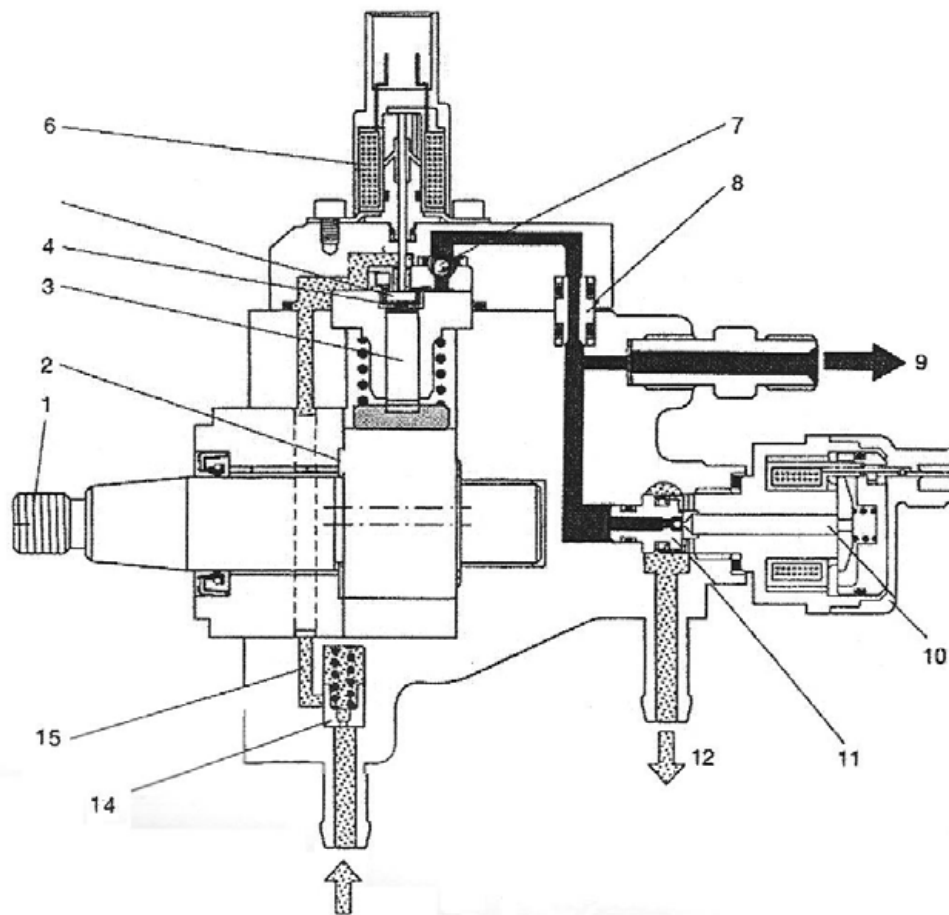
Tieto vstrekovače sa skladajú z viacotvorovej trysky s rýchlo spínacím elektromagnetickým ventilom.

### Vysokotlakové čerpadlo s radiálnymi piestami

Úlohou vysokotlakového čerpadla je zaistiť v raile pre všetky pracovné režimy dostatok paliva s požadovaným tlakom, ktorý je medzi 12 až 180 MPa (do budúcnosti až 200 MPa). Vyžaduje sa to pre rýchle spúšťanie motora a tiež pre ľahkú akceleráciu pri plnom zaťažení.

Vysokotlakové čerpadlo pri tomto systéme čerpá palivo nepretržite, vytvára sa v systéme tlak, ktorý je zhodný s tlakom na vstrekovačoch, a je tak vytvorený vstrekovací tlak vo viacej otvorových tryskách.





- 1 - hnací hriadeľ
- 2 - vačka excentra
- 3 - čerpací prvok s čerpacími piestami (tri segmenty, umiestnené pod vzájomnými uhlami 120°)
- 4 - priestor piňri polohe piestu v hornej úvrati
- 5 - sací ventil
- 6 - ventil vypínania čerpania
- 7 - výtlačný ventil
- 8 - tesnenie
- 9 - vysokotlaká prípojka k railu

- 10 - tlakový regulačný ventil, taktovaný z riadiacej jednotky; pružine tak pomáha elektromagnetická sila
- 11 - guľový ventil
- 12 - spätné vedenie paliva
- 13 - prívod paliva
- 14 - ventil pomocného tlaku, otvára sa pri dosiahnutí pomocného tlaku; škrtiaci otvor trvalo prepúšťa palivo pre chladenie a mazanie vnútorného priestoru čerpadla
- 15 - nízkotlaký kanálik k prvkom čerpadla

**Obr. 72 Vysokotlaké čerpadlo s radiálnymi piestami**

Vysokotlakové čerpadlo je poháňané motorom buď prostredníctvom rozvodovej reťaze alebo ozubeného remeňa, ozubeného kolesa alebo spojky. Vysokotlakové čerpadlo má tri čerpajúce piesty (3) vždy s jedným sacím (5) a jedným výtlačným (7) ventilom. Tieto piesty sú usporiadané radiálne a vzájomne sú posunuté vždy o 120°.

Čerpacie piesty sú ovládané prostredníctvom excentra (1). Pri voľnobehu a pri neúplnom zaťažení motora je možné (v závislosti od výrobcu) jeden čerpací piestik vytiahnuť. Tlakový regulačný ventil je pripojený buď priamo k vysokotlakovému čerpadlu alebo na koniec railu.

### **Princíp funkcie:**

Palivo čerpané pomocným čerpadlom je vedené najskôr škrtiacim otvorom ventilu pomocného tlaku (14) - kvôli chladeniu a mazaniu do vnútorného priestoru čerpadla – ešte pred tým, než začne zásobovať vlastné čerpace piestiky. Po dosiahnutí pomocného tlaku 0,05 až 0,15 MPa sa ventil pomocného tlaku otvorí a palivo s nízkotlakovým kanálikom (15) a sacím ventilom (5) vytláča palivo do vysokotlakového priestoru tohto piestika, v ktorom sa čerpací piestik (ovládaný pružinou) pohybuje v hornej úvrati dolu.

Po prekonaní dolnej úvrati sa sací ventil uzatvorí, piestik čerpadla (ovládaný excentrom) palivo vytláča, a pritom zvyšuje tlak. Až keď tlak paliva v priestore piestika čerpadla dosiahne tlaku v railu, otvorí sa vytláčaný ventil (7), ktorý prepúšťa palivo a do railu. Čerpacia fáza daného piestika pokračuje do doby, kedy sa dostane do hornej úvrati. Pretože sa už nevytvára žiadny tlak, vytláčaný ventil sa zatvorí.

Piestik čerpadla je silou pružiny znova tlačený do dolnej úvrati a celý proces sa opakuje. Pretože čerpané množstvo z vysokotlakového čerpadla je vždy v rovnakom pomere k hodnote otáčok, potom sa tiež so zvyšovaním otáčok zväčšuje. Pritom sa čerpá len toľko paliva, aby ho nebolo veľa prebytočného, ale aby bola dostatočne pokrytá potreba motora pri plnom zaťažení.

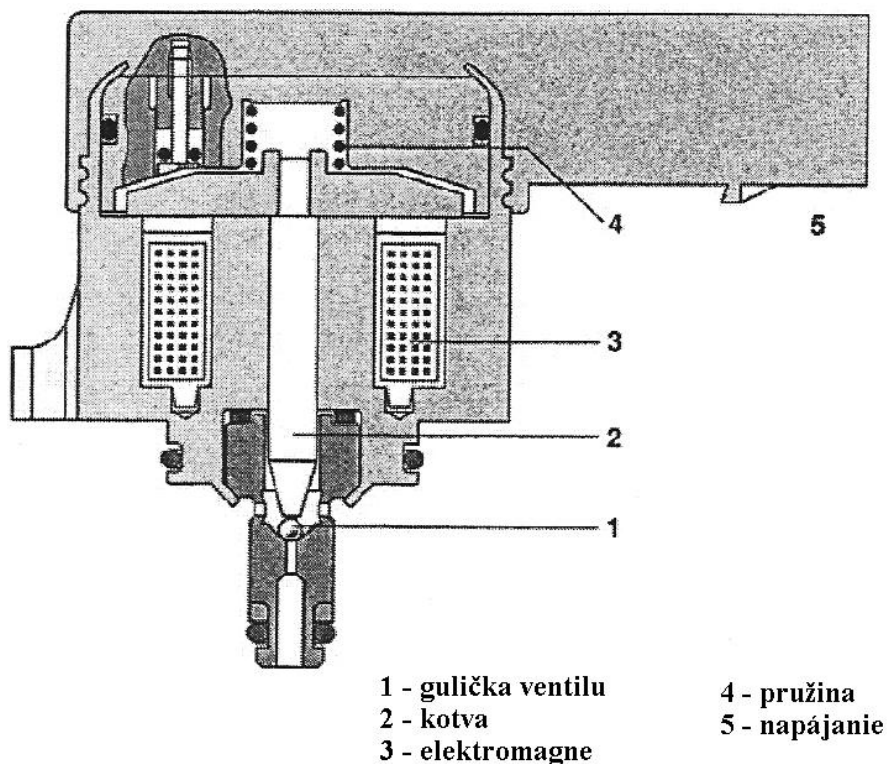
### **Vypínanie piestikov:**

Pomocou ventilu vypínania piestika (6), ktorý zapína riadiaca jednotka motora v dolnej oblasti neúplného zaťaženia, sa znižuje čerpané množstvo paliva v railu a rovnako nadbytočného paliva prepusteného späť do palivovej nádrže. Výhoda vypínania čerpacích piestikov spočíva v tom, že príkon vysokotlakového čerpadla sa zmenší a nespôsobuje tak veľké ohrievanie toho množstva paliva, ktoré je vedené späť do palivovej nádrže. Pri vypnutí daného prvku prostredníctvom elektromagnetického ventilu je trvale pritlačovaný sací ventil kolíkom, ktorý je upevnený na jeho kotve.

### **Tlakový regulačný ventil**

Tlakový regulačný ventil (obr. 73) má za úlohu regulovať vždy v závislosti na danom zaťažení a otáčkach motora tlak paliva v railu medzi 25 a maximálne 180 MPa

(podľa výrobcu). Ak je tento tlak veľmi vysoký, tlakový ventil sa otvorí a vypustí časť paliva z railu do spätného vedenia paliva. Ak je tento tlak naopak veľmi nízky, tlakový regulačný ventil spätný prívod paliva z palivovej nádrže priškrtní alebo úplne zatvorí.



Obr. 73 Tlakový regulačný ventil

**Princíp funkcie:**

Ak je motor v kľude a zapalovanie je vypnuté, tlak paliva v railu leží medzi 0 až 0,03 MPa (podľa výrobcu). Pri spúšťaní motora je požadovaný tlak minimálne 20 až 25 MPa pri voľnobehu a pri zošliapnutí pedálu akcelarátora do plného zaťaženia s vysokými otáčkami až maximálne 180 MPa (možné až 200 MPa). Požadovaná hodnota tlaku railu sa odpočíta z poľa charakteristík. Dvomi hlavnými veličinami poľa charakteristík sú pritom zaťaženie a otáčky motora.

Zaťaženie určuje vodič zošliapnutím pedálu akcelarátora, na ktorom je závislá poloha snímača pohybu pedálu akcelarátora. Týmto spôsobom sa nastavuje vstrekané množstvo paliva od množstva požadovaného paliva pri voľnobehu až k množstvu

požadovanému pri plnom zaťažení. Pritom sa z tohto poľa charakteristík udávajú (v závislosti na zaťažení a otáčkach motora) napr. nasledujúce hodnoty tlaku v raile:

- so snímačom polohy pedálu akcelerátora v polohe voľnobehu bez zaťaženia motora a pri otáčkach  $750 \text{ min}^{-1}$  asi 25 MPa,
- so snímačom polohy pedálu akcelerátora v polohe plného výkonu bez zaťaženia motora a pri otáčkach  $5000 \text{ min}^{-1}$  asi 80 až 100MPa,
- so snímačom polohy pedálu akcelerátora v polohe neúplného zaťaženia a s polovičným zaťažením motora pri otáčkach  $2500 \text{ min}^{-1}$  asi 60 až 80 MPa,
- so snímačom polohy pedálu akcelerátora v polohe plného výkonu a s plným zaťažením motora pri otáčkach  $1000 \text{ min}^{-1}$  asi 40 až 60 MPa,
- so snímačom polohy pedálu akcelerátora v polohe plného zaťaženia motora pri otáčkach  $5000 \text{ min}^{-1}$  asi 120 až 180 MPa.

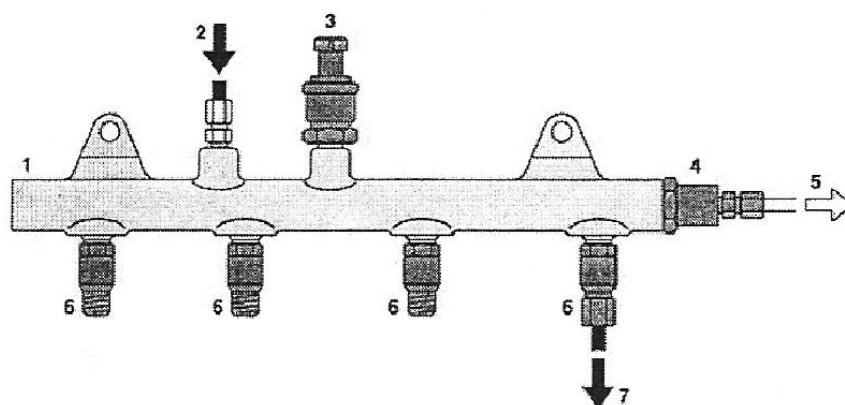
Pri tomto tlakovom ventile je pružina konštruovaná tak, aby udržovala tlak len na najvyššej hodnote 10 MPa, preto musí byť podporovaná elektromagnetom. Ovládanie elektromagnetu uskutočňuje riadiaca jednotka elektromotora tlakovaním pomocou modulovaného obdĺžnikového signálu. Pri tejto aktivácii sa guľička tlakového regulačného ventilu pritlačuje do svojho sedla tak dlho, kým je tlak paliva vytvorený vysokotlakovým čerpadlom väčší, než je sila magnetu a pružiny.

Pritom sa nastaví len taký prietokový prierez, pri ktorom sú sily vyvolané tlakom paliva na jednej strane a magnetom a pružinou na opačnej strane v rovnováhe. Riadiaca jednotka motora pritom uskutočňuje aktiváciu elektromagnetu a pomocou zmeny modulovaného obdĺžnikového signálu mení tlak tak dlho, pokiaľ jeho požadovaná hodnota v raile, podľa daného poľa charakteristík, nesúhlasí s jeho skutočnou hodnotou, ktorá je hlásená spätne príslušným snímačom.

### **Vysokotlakový zásobník paliva (rail)**

Úlohou railu (obr. 74) je udržiavať zásobu paliva pod určitým tlakom. Kolísanie tlaku, ku ktorému pritom dochádza v dôsledku pulzujúceho čerpadla vysokotlakovým čerpadlom a vstrekovania, je potrebné stlmiť objemom vlastného railu. Z tohto dôvodu

sa tiež objem zásobníka vždy individuálne prispôsobuje technickému vybaveniu motora a uvádza sa v milimetroch na typovom štítku. Tlak v raile ostáva približne rovnaký, aj keď odoberá väčšie množstvo paliva (napríklad pri plnom zaťažení).



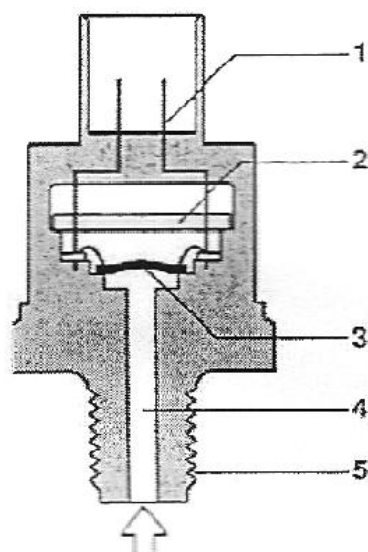
- 1 - rail
- 2 - prívod od vysokotlakého čerpadla s radiárnymi piestami
- 3 - snímač tlaku v railu
- 4 - tlakový obmedzovací ventil
- 5 - spätné vedenie paliva z railu do palivovej nádrže
- 6 - obmedzovač prietoku (nepoužíva sa vždy)
- 7 - vedenie ku vstrekovaču

Obr. 74 Vysokotlaký zásobník

### **Princíp funkcie:**

Efektu dostatočnej zásoby paliva v raile sa dosahuje stlačiteľnosťou paliva, ktoré sa nachádza pod vysokým tlakom. Je to pritom kyslík navádzaný na palivo, ktorý je možno stlačovať. Vďaka tomu ostáva tlak v raile približne konštantný aj pri veľkom odbere paliva pri vstrekaní. Kolísanie tlaku, ku ktorému dochádza v dôsledku pulzujúceho čerpania vysokotlakovým čerpadlom a dôsledku procesu vstrekovania, sa stlmí natolko, že nevykazuje žiaden vplyv na dávkovanie vstrekaného množstva paliva.

Snímač tlaku v raile (obr. 75) má za úlohu presne a vo veľmi krátkom čase merať okamžitý tlak v raile a jeho hodnotu v tvare napätového signálu odovzdávať riadiacej jednotke motora.



- 1- elektrické pripojenie
- 2 -vyhodnocovací ovod
- 3 - membrána so snímačom
- 4 - prívod vysokého tlaku
- 5 - závit

**Obr. 75 Snímač tlaku v raile**

### ***Princíp funkcie:***

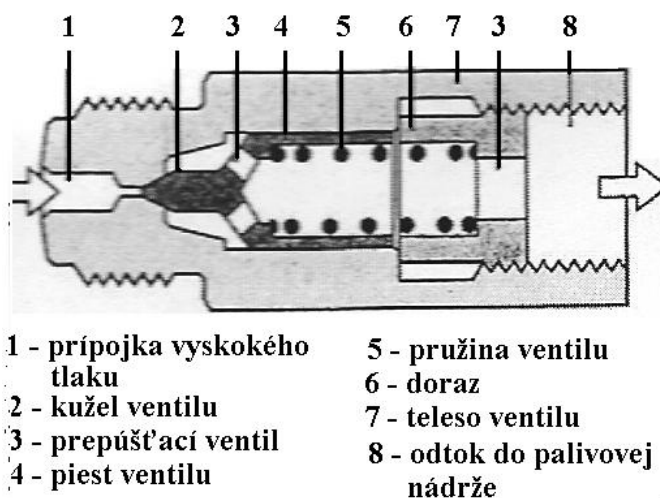
Palivo sa z railu dostáva otvorom ku snímaču tlaku. Na konci otvoru (4) je umiestnená kovová membrána so snímacím prvkom (3). Tlak paliva pôsobí na membránu a pri zmene tlaku dochádza k jej deformácii. Snímací prvok (s odporovým mostíkom), ktorý je umiestnený na tejto membráne, reaguje na zmenu a premieňa príslušný tlak na elektrický signál.

Pretože sa tento signál pohybuje 0 – 70 mV, musí sa vo vyhodnocovacom obvode zosilniť na 0,5 – 4,5 V, aby riadiaca jednotka motora bola schopná tento signál zaznamenať a spracovať. Pri výpadku signálu sa tlakový regulačný ventil ovláda riadiacou jednotkou motora pomocou pevne stanoveného časovania, pritom sa ako tlak v raile používa konštantná hodnota 40 MPa.

### **Omedzovací tlakový ventil**

Úlohou omedzovacieho tlakového ventilu (obr. 76) je pôsobiť ako bezpečnostný ventil. Pri zvýšenom tlaku v raile o stanovenú hodnotu nad maximálne povolenie otvorí a dovedie časť paliva z railu do zberného vedenia.





Obr. 76 Obmedzovací tlakový ventil

### **Princíp funkcie:**

Pri normálnom pracovnom režime tlačí pružina ventilu pri tlaku až 180 MPa v raile piest ventilu do kuželového sedla dovtedy, kým sa z určitého dôvodu tlak v raile zvýši a dosiahnu sa definované hodnoty. Vtedy sa začne piest ventilu tlakom paliva vytláčať proti sile pružiny ventilu.

Palivo, ktoré sa nachádza pod vysokým tlakom sa prepúšťacími otvormi (3) odvádza do zberného vedenia spätného prívodu paliva. Tým, že sa množstvo paliva v raile zníži, dôjde k zníženiu tlaku. Pružina ventilu tak vráti piest do jeho sedla a zásobník paliva znova uzavrie.

### **Omedzovač prietoku**

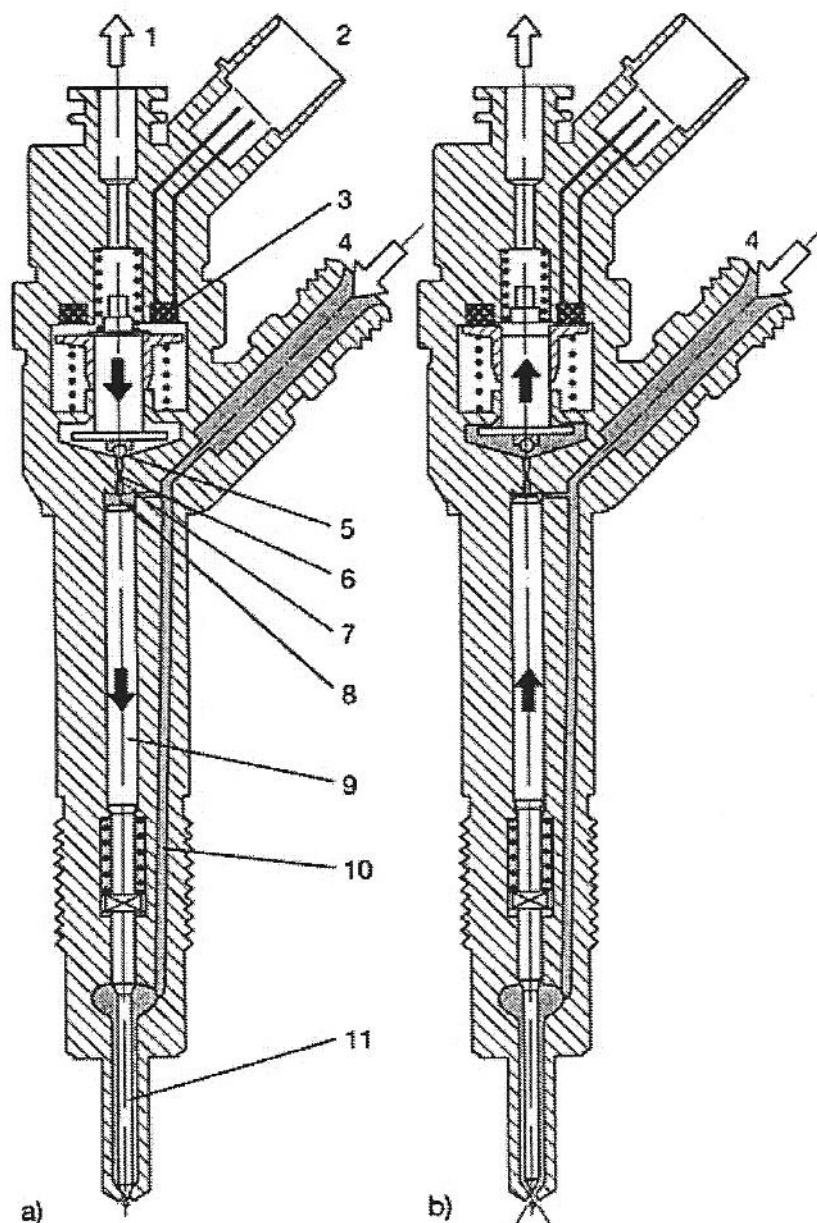
Omedzovač prietoku je upevnený medzi rail a vstrekače a používajú ho len niektorí výrobcovia. Jeho úlohou je zabrániť trvalému vstrekovaniu pri vznikajúcom „zadrhovaní“ ihly trysky (visiaca ihla). Ak preteká omedzovačom prietoku veľmi veľké vstrekané množstvo paliva (väčšie než maximálne vstrekané množstvo), zareaguje omedzovač prietoku a zablokuje prívod príslušnému vstrekača, aby sa zabránilo poškodeniu motora.

## Vstrekovač

Vstrekovač sa montuje na miesto kombinovaného držiaka trysky v hlave valcov motora. Každý valec má svoj vlastný vstrekovač. Elektromagnetické ventily vstrekovačov sa aktivujú elektrickými signálmi, ktoré sú vysielané z riadiacej jednotky sekvenčne (podľa poradia zapalovania). Prostredníctvom tejto aktivácie sa určuje začiatok vstrekú a určuje sa príslušné vstrekované množstvo.

Vstrekovač (obr. 77) sa skladá z :

- telesa vstrekovača,
- pripojenej viacotvorovej trysky,
- elektromagnetického ventilu a hydraulického systému.



a) vdtrekovač uzavretý (kľudový stav)  
b) svtrekovač otvorený (vstrekovanie)

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1 - spätné vedenie paliva                      | 6 - priškrtenie odtoku        |
| 2 - elektrická prípojka                        | 7 - priškrtenie prívodu       |
| 3 - magnetická cievka ovládacej jednotky       | 8 - ovládací priestor ventilu |
| 4 - prívod paliva (pod vysokým tlakom) z railu | 9 - ovládací piest ventilu    |
| 5 - guľička ventilu                            | 10 - prívod na trysku         |
|  | 11 - ihla trysky              |

Obr. 77 Vstrekovač

Palivo sa prívodom (4) cez privádzací kanálik (10) dostáva na trysku a súčasne sa dostáva cez priškrtenie do priestoru ovládania ventilu (8). Tento priestor je pri otvorenom elektromagnetickom ventile, prípadne nedvihnutej guľičke ventilu (5) spojený so spätným vedením paliva (1).

Ak je priškrtenie prívodu uzatvorené, je hydraulická sila, ktorá pôsobí zhora na piest ventilov (9) väčšia, než je sila, ktorou pôsobí nákrúžok ihly trysky (s menšou plochou) hore.

Pri aktivácii elektromagnetického ventilu riadiacej jednotky motora sa guľička ventilu (5) zdvihne do svojho uloženia a otvorí priškrtenie odtoku. V dôsledku odtokania paliva sa znižuje tlak priestoru ovládania ventilu (8) a tým aj hydraulická sila, ktorá pôsobí na ovládací piest ventilu.

V okamihu, keď je táto hydraulická sila menšia než tá, ktorá pôsobí na tlakový nákrúžok ihly trysky, ihla sa zdvihne do svojho sedla a palivo sa vstrekovacími otvormi vstrekuje do spaľovacieho priestoru. Účinkom tohto nepriameho - hydraulického ovládania ihly trysky – sa dosahuje rýchlejšie otvorenia trysky. Silu, ktorá je k tomu potrebná, by nebolo možné dosiahnuť samostatným elektromagnetickým ventilom bez hydraulickej podpory.

### **Princíp funkcie:**

Princíp funkcie vstrekočača možno rozdeliť na pracovnú fázu v kľude (vstrekočač je zatvorený), začiatok vstreku (vstrekočač otvára) a koniec vstreku (vstrekočač zatvára).

Elektromagnetickým ventilom v pokojnom stave (vstrekočač zatvorený). nepreteká žiadny prúd. Pružina elektromagnetického ventilu pritlačuje kotvu s guľičkou ventilu (5) do jej sedla. Priškrtenie odtoku (6) je uzatvorené.

Prostredníctvom priškrtenia prívodu (7) sa v ovládacom priestore ventilu vytvára okamžitý vysoký tlak v raile. Tento vysoký tlak sa vytvára prepojením cez prevádzací kanálik (10) v tlakovom priestore viacotvorovej trysky. Tryska sa pritom udržiava zatvorená, lebo tlak paliva, ktorý pôsobí na čelnú plochu riadiaceho piestu ventilu za podpory pružiny trysky, je väčší než účinná hydraulická sila, ktorá pôsobí na tlakový nákrúžok ihly trysky.

Pri aktivácii elektromagnetického ventilu riadiacej jednotky motora sa v dôsledku zväčšenia priťahovacieho prúdu kotva s guľičkou ventilu (5) rýchlo nadvihne (obr. 35b) a priškrtenie odtoku (6) sa otvorí. Keď kotva prejde svoju dráhu, prepne sa (výhradne len pri hlavnom vstreku, nie pri predvstreku), zvýšený priťahovací prúd elektromagnetu po fáze preťaženia, na nižší pridržiací prúd.

Po otvorení priškrtenia odtoku palivo odteká do priestoru kotvy nad týmto priškrtením a spätným vedením paliva (1) do palivovej nádrže. Priškrtenie prívodu (7) je navrhnuté tak, aby tlak zo zásobníka, ktorý je prevedený do tlakového priestoru trysky, spôsobil nadvihnutie ihly trysky a spustil vstreku.

Rozdiel v prietoku medzi prítokom a odtokom paliva v ovládacom priestore ventilu určuje rýchlosť nadvihnutia ihly trysky. Zdvih ovládacieho piesta ventilu (9) je určený prúdením paliva medzi priškrtením prívodu a odtoku.

### ***Koniec vstreku***

Vo chvíli, keď riadiaca jednotka vypne prúd, ktorý preteká elektromagnetickým ventilom, je kotva pružinou ventilu tlačaná dole a guľička ventilu uzavrie priškrtenie odtoku. (*vstrekovač zatvára*).

Po uzatvorení priškrtenia odtoku prúdi palivo cez priškrtenie prívodu do ovládacieho priestoru ventilu dotedy, pokiaľ sa tlak nevyrovná okamžitému tlaku v raile. Tlak paliva v raile pôsobí na čelnú plochu ovládacieho piestu ventilu a spôsobuje, že ovládací piest ventilu tlačí ihlu ventilu dole do jej sedla, a tým vstreku ukončí.

## **6.1.1 Elektromagnetické riadenie vznetrového motora (EDC) so systémom Common Rail**

Rovnako ako všetky elektronicky riadené systémy regulácie vznetrového motora sa skladá elektronické zariadenie vznetrového motora (EDC) so systémom Common Rail z:

- riadiacej jednotky motora,
- snímačov (vysielačov dát) a vysielateľov určených hodnôt,
- nastavovacích prvkov (akčné členy),
- periférií, napríklad recirkulácie výfukových plynov, turbomiešadla výfukových plynov, premennej dĺžky sacieho potrubia.

## Riadiaca jednotka motora

Riadiaca jednotka spracováva vstupné signály (informácie), ktoré získava od snímačov a vysielačov zadaných hodnôt. Z nich určuje pracovný režim motora a v závislosti na nich vypočítava výstupné (riadiace) signály, ktorými potom priamo alebo nepriamo (pomocou relé) riadi príslušné akčné členy (výkonné prvky). Elektronická časť riadiacej jednotky pracuje so stálym napájacím napätím 5 V.

Akčné členy sú väčšinou jednopólovo spojené s kladným palubným napätím 12 V cez záporný pól výstupu jednotky. Výnimku tvoria elektromagnetické ventily vstrekočov PDE (Pumpe - Düse Einspritzung). Navyše, práve tu, býva kladné pripojenie pólu k riadiacej jednotke s palubným napätím. Pri vstrekovacom systéme Common Rail sú na výstupy k akčným členom kladené zvláštne požiadavky. Ich aktivácia musí byť vykonaná so strmým nástupom prúdu, aby sa dosiahlo presného dávkovania vstrekovateľného množstva paliva.

Tieto požiadavky je možné splniť len s pomocou vysokých napätí prostredníctvom kondenzátora. Riadiaca jednotka okrem toho vytvára rozhranie ( dátovou zbernicou CAN) pre riadiace jednotky iných systémov a pre diagnostiku vozidla. Tým je umožnený prenos dát s elektronickými systémami, ako sú regulácia priešmyku kolies poháňanej nápravy (ESR), elektronické riadenie prevodovky (GS) alebo elektronický stabilizačný systém (ESP).

Každý systém EDC je plne zapojený do diagnostického systému vozidla a plní všetky požiadavky palubnej diagnostiky (OBD – On Board Diagnose), respektíve európskej palubnej diagnostiky (EOBD – European On Board Diagnose).

## Vlastná diagnostika (vlastná kontrola) vstrekovacieho systému

Vlastnú kontrolu vykonáva riadiaca jednotka motora. Jej úlohou je kontrola všetkých snímačov (vysielačov dát) i akčných členov. Pri kontrole snímačov sa pomocou vlastnej diagnostiky testuje, či je dostatočne vysoké napájacie napätie alebo či je ich signál v prípustnom intervale, respektíve či je hodnoverný.

Dôležité signály sa vedú dvoma až tromi cestami. V prípade závady sa tým umožňuje prepnúť na niektorý z náhradných signálov.



Vzniknuté závady riadiaca jednotka signalizuje pomocou kontrolky a ukladá ich do pamäti závad, aby mohli byť neskôr vyhodnotené. Pri hlásení závady môže kontrolka podľa typu závady trvale blikať, trvalo svietiť alebo zostať zhasnutá. Pokiaľ sa ukladá viac závad, má blikanie prednosť pred „trvalým“ rozsvietením.

Nepodstatné závady, ktoré sa vyskytujú len sporadicky, ukladajú sa síce do pamäti, nie sú však signalizované rozsvietením kontrolky.

### 6.1.2 Snímače elektromagnetickej regulácie prívodu nafty (EDC)

Pomocou snímačov (čidiel a vysielateľov dát) sú sledované prevádzkové podmienky (napríklad otáčky motora, atmosferický a plniaci tlak turbodúchadla, teploty). Všetky tieto snímače majú namerané fyzikálne veličiny na elektrické signály a tieto signály odovzdávajú riadiacej jednotke motora.

System Common Rail používa tieto snímače:

- snímače teploty
- snímač teploty v sacom potrubí
- snímač teploty chladiacej kvapaliny
- snímač teploty paliva
- snímače tlaku
- snímače plniaceho tlaku
- snímače atmosferického tlaku
- indukčný snímač otáčok / polohy referenčnej značky
- snímač polohy vačkového hriadeľa
- snímač rýchlosti
- snímač hmotnosti vzduchu s vyhrievaným filtrom.

Nižšie uvedený podrobný popis je len u tých snímačov, ktorých funkcia je odlišná od snímačov, ktoré sú opísané pri iných vstrekovacích systémoch.

#### Snímač teploty paliva

Pri vstrekovacom systéme Common Rail (CR) je v dôsledku intenzívneho ohrievania paliva rozdiel teploty paliva podstatne väčší (40 až + 100 °C), než je tomu pri bežných vstrekovacích systémoch. Pri zmene teploty paliva sa výrazne mení jeho

hustota. Pri ohrievaní paliva riadiaca jednotka vypočítava príslušný poklese hustoty a upravuje vstrekané množstvo paliva tak, aby hmotnosť paliva bola konštantná.

Pri výpadku tohto signálu počíta riadiaca jednotka s náhradnou hodnotou, ktorá vychádza so signálu snímača chladiacej kvapaliny. Dochádza ku zníženiu výkonu a regulácia začiatku vstrekú prechádza na náhradnú hodnotu.

### **Snímač polohy vačkového hriadeľa**

Pri motoroch osobných automobiloch so vstrekovacím systémom Common Rail je to Hallov snímač. Jeho signál slúži riadiacej jednotke motora k identifikácii jednotlivých valcov pri spúšťaní motora. Poskytuje informácie, ktorý valec sa práve nachádza v kompresnom zdvihu, aby bol aktivovaný daný elektromagnetický ventil vstrekovalača.

Vačkový hriadeľ obsahuje segment s jedným zubom z feromagnetického materiálu. Pri otáčaní vačkového hriadeľa sa pri prechode tohto zuba okolo Hallovoho snímača na krátku dobu vytvára obdĺžnikový signál (Hallovo napätie) a riadiacej jednotke sa tak oznamuje, že sa prvý valec motora práve nachádza v kompresnom zdvihu.

Pomocou signálu z Hallovoho snímača na vačkovom hriadeľi sa synchronizuje počet otáčok. Pri výpadku signálu pracuje riadiaca jednotka so signálom snímača otáčok /referenčnej značky. Motor pracuje ďalej, pretože riadiaca jednotka má určené poradie zapalovania. Po zastavení motora nie je ho však možné znova spustiť.

### **6.1.3 Snímače určených (požadovaných) hodnôt EDC so systémom Common Rail**

Snímače požadovaných hodnôt ako príkazové vysieláče podávajú riadiacej jednotke motora príslušné príkazy (požadované hodnoty), ako je napríklad poloha pedálu akcelerátora alebo nastavenie tempomatu, s pomocou ktorých je možné realizovať akceleráciu alebo nastaviť požadované otáčky motora. Systém Common

Rail využíva tieto snímače zadaných (požadovaných) hodnôt:

- polohy pedálu akcelerátora,
- brzdových svetiel / brzdového pedálu
- spojky
- ovládacie prvky pre reguláciu rýchlosti jazdy (tempomat a otáčok motora)

### **Snímač polohy pedálu akcelerátora**

Snímač polohy akcelerátora pre motory so systémom Common Rail sa skladá z jedného potenciometra (meniteľného elektrického odporu), snímača polohy voľnobehu a pri automobiloch s automatickou prevodovkou ďalej zo spínača polohy plnej akcelerácie (spínač kick-down).

Riadiaca jednotka motora napája potenciometer napätím 5V. Pri zošliapnutí pedálu akcelerátora a otáčaním hriadeľky potenciometra sa rovnomerne zvyšuje napätie signálu. Z danej hodnoty napätia je tak možné určiť polohu pedálu akcelerátora podľa charakteristiky naprogramovanej v riadiacej jednotke motora.

Vodič má preto možnosť regulovať rýchlosť jazdy, točivý moment, prípadne výkon motora. Poloha snímača pedálu akcelerátora okrem toho (v závislosti na zaťažení) určuje i tlak v spoločnom vysokotlakovom potrubí (rail). Spínač polohy pedálu pri voľnobehu slúži tiež pre kontrolu (vlastnú diagnostiku). V polohe voľnobehu je kontakt spínača zopnutý.

V niektorých prípadoch je možné stretnúť sa so snímačmi polohy pedálu akcelerátora s dvoma potenciometrami (meniteľnými elektrickými odpormi), bez spínača polohy voľnobehu a bez spínača polohy plnej akcelerácie (spínač kick-down). I v tomto prípade sú potenciometre napájané riadiacou jednotkou motora napätím 5V. Druhý potenciometer vo všetkých pracovných bodoch zaisťuje kontrolu hodnôt vždy polovičným napätím hlavného potenciometra.

Okrem toho je možné pri výpadku prvého potenciometra pokračovať v jazde (s prípadným znížením výkonu). Pri úplnom výpadku snímača polohy plynového pedálu, prechádza EDC na núdzový režim s konštantnými otáčkami (napríklad  $1300 \text{ min}^{-1}$ ).

## Akčné členy EDC v systéme Common Rail

Akčné členy sú ovládané z výstupu riadiacej jednotky vo väčšine prípadov impulzovo. Pritom menia elektrické výstupné signály na mechanické veličiny, napríklad nastavenie prepúšťacieho ventilu obtoku výfukových plynov u turbodúchadla, nastavenie polohy lopatiek

v turbodúchadle výfukových plynov alebo ventilu recirkulácie výfukových plynov a tak ďalej.

### Recirkulácia výfukových plynov (AGR)

Recirkulácia výfukových plynov sa uvádza do činnosti až pri teplote chladiacej kvapaliny vyššej než  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vždy v pracovnom režime neúplného zaťaženia v rozmedzí otáčok  $1000 - 3500\text{ min}^{-1}$  (nie pri voľnobehu). Pracuje spoločne s elektronickou reguláciou vstrekovania nafty (EDC). V riadiacej jednotke je stupeň recirkulácie výfukových plynov (otvorenie recirkulačného ventilu) uložený v príslušnom poli charakteristík. V tomto pamäťovom poli charakteristík je pre každý pracovný bod uložené potrebné množstvo nasávaného vzduchu, aké je potrebné v závislosti na otáčkach motora, vstrekovanom množstve paliva (odpovedajúcemu stavu zaťaženia) a teplote motora.

Riadiaca jednotka dostáva zo snímača hmotnosti vzduchu informáciu o momentálne nasávanej hmotnosti vzduchu, porovnáva ju s uloženou požadovanou veličinou a podľa toho dávkuje množstvo spätne privádzaných plynov. Okrem toho riadiaca jednotka ovláda elektropneumatický ventil (obr 29, číslo 23), ktorý vytvára spojenie medzi podtlakovým čerpadlom a ventilom recirkulácie výfukových plynov (ventil AGR), a to prostredníctvom obdĺžnikového signálu s modulovanou šírkou impulzu.

Ventil EGR nastavuje podľa pracovného podtlaku veľkosť prietokového prierezu. Pokiaľ dôjde k výpadku recirkulácie výfukových plynov, nasáva motor väčšie množstvo vzduchu. Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu o tom podá informáciu

riadiacej jednotke (vlastná diagnostika), ktorá podľa toho zníži otáčky (deregulácia), čím sa zníži aj výkon motora.

### **Regulácia plniaceho tlaku turbodúchadla**

Vo vznetrových motoroch osobných automobilov sa používa buď turbodúchadlo s obtokom a regulačným ventilom alebo turbodúchadlo VTG s nastaviteľnými lopatkami. Pomocou regulácie plniaceho tlaku turbodúchadla sa už pri nízkych otáčkach motora a malom množstve výfukových plynov môžu nastaviť pomerne vysoké otáčky turbíny výfukových plynov a vysoký plniaci tlak.

Pritom v turbodúchadle s obtokom sa tento obtok uzavrie pomocou regulačného ventilu a pri turbodúchadle VTG sa príslušným nastavením vodiacich lopatiek nastaví malý vstupný prierez. Pomocou týchto nastavení sa už pri nízkych otáčkach motora (1800 až 2000 min<sup>-1</sup>), zvlášť pri použití turbodúchadla VTG, zvýšia otáčky turbíny, vzrastie plniaci tlak i točivý moment motora na svoje najvyššie hodnoty.

Aby sa pri vysokých otáčkach a vysokom zaťažení s veľkým množstvom výfukových plynov tlak veľmi nezvýšil, musí sa v tejto oblasti časť výfukových plynov pri turbodúchadle s obtokom vypúšťať aktivovaným a primerane otvoreným regulačným obtokovým ventilom na turbíne preč do výfuku.

Reguláciu plniaceho tlaku vykonáva riadiaca jednotka na základe uloženého poľa charakteristík, ktoré pre každý pracovný bod motora obsahuje požadovanú hodnotu plniaceho tlaku. Tá sa neustále porovnáva so vstupujúcou skutočnou hodnotou plniaceho tlaku.

Ak dôjde medzi oboma hodnotami k odchýlke, riadiaca jednotka motora uvedie do činnosti elektropneumatický ventil, ktorý ovláda regulátor plniaceho tlaku. Elektropneumatický ventil vytvára spojenie medzi podtlakovým čerpadlom, ktoré je poháňané motorom a regulátorom plniaceho tlaku. Táto aktivácia sa uskutočňuje pomocou obdĺžnikového šírko modulovaného impulzového signálu do tej doby, kým sa požadovaná a skutočná hodnota plniaceho tlaku zhodnú. Pri výpadku regulácie plniaceho tlaku nepôsobí na regulátor žiadny podtlak. Tým sa plniaci tlak zníži a motor má menší výkon.

Pri vznetrových motoroch s jedným vírivým a jedným sacím plniacim kanálom na valec sa v dolnej oblasti otáčok a nižšom zaťažení pomocou klapiek otvárajú vírivé a uzatvárajú sacie plniace kanály. Hornej oblasti otáčok a pri vyššom zaťažení (asi od  $2400 \text{ min}^{-1}$ ) sa plniace kanály bez predvstupovej fázy otvárajú, aby sa dosiahlo dokonalého plnenia valcov a tým aj vysokého výkonu.

Vzhľadom na to, že potom už nesmie dochádzať k víreniu vzduchu, dosahuje sa v tomto prípade tvorenie zmesi jemným rozprašovaním paliva pod vysokým vstrekovacím tlakom až 200 MPa.

Ovládanie odporovacieho sacieho plniaceho kanála vykonáva riadiaca jednotka.

Podľa výrobcu a typu použitého zariadenia sa:

- aktivizuje elektromagnetický ventil – ten umožní vznik pracovného podtlaku na tiahla klapiek prostredníctvom podtlakovej komory, alebo sa
- aktivuje elektromotorček, ktorý priamo ovláda tiahla klapiek.

### **Ovládanie elektromagnetických ventilov vstrekačov Common Rail**

Cievky elektromagnetických ventilov sú kladným aj záporným pólom pripojené k riadiacej jednotke motora. Prostredníctvom kladného pólu riadiaca jednotka napája všetky elektromagnetické ventily napätím 24 V. Prostredníctvom záporného pólu sú aktivované elektromagnetické ventily sekvenčne (podľa poradia zapalovania). K tomu slúži regulácia prúdu.

### **Pilotný vstrek**

Pilotný vstrek (niekedy sa užíva aj pilotný predvstrek) sa využíva pri voľnobehu a v dolnej oblasti neúplného zaťaženia. Pri pilotnom vstreku sa elektromagnetické ventily v priťahovacej fáze aktivujú prudkým nárastom prúdu (strmé čelo prúdu), ktorý sa dosiahne výbojom kondenzátora (pri napätí približne 80 V a prúde asi 20 A). Ešte pred začiatkom obmedzenia prúdu sa z výboja kondenzátora prepne na palubné napätie a pridržovací prúd je obmedzený taktovaním asi na 8 A.

Po vstreku, v trvaní približne pol milisekundy, riadiaca jednotka preruší napájanie a predvstrek sa skončí. Pri tejto krátkej taktovanej aktivácii elektromagnetického ventilu ihla neotvára trysku úplne, ale len čiastočne, takže sa



nevstrekuje viac paliva ako 1,5 až 2,0 mm<sup>3</sup>. Po prerušení prúdu, ktorý prechádza elektromagnetickým ventilom, dochádza k nabíjaniu kondenzátora. Pri všetkých systémoch Common Rail prebieha dvojitý pilotný vstrek. Tento „dvojitý predvstrek“ sa používa na zníženie hlučnosti spaľovania, zníženie vibrácií (klopania) a dosahuje sa tak pokojnejšieho chodu motora.

### Hlavný vstrek

Ovládanie elektromagnetických ventilov pri hlavnom vstreku sa delí na fázu priťahovacieho a fázu pridržiavacieho prúdu. Vo fáze pritiahnutia sa na elektromagnetické ventily privedie strmo narastajúci priťahovací prúd (strmé čelo prúdu) s výbojom kondenzátora (až 80 V a prúd asi 20A). Ešte v priebehu priťahovacej fázy dochádza k prepnutiu na palubné napätie.

V okamihu, keď priťahovací prúd dosiahne hodnotu 8 A , obmedzuje sa taktovanie. Po zatvorení elektromagnetického ventilu sa priťahovací prúd zníži na pridržiavací prúd asi 5,5 A. Po znížení prúdu sa znova nabíja kondenzátor. V pridržiavacej fáze sa prúd pomocou taktovania prikladaného napätia (trvalého zapínania a vypínania) stále reguluje na hodnotu približne 5,5 A.

Po vypnutí pridržiavacieho prúdu sa elektromagnetický ventil silou pružiny uzavrie a proces vstrekovania je ukončený. Ihla ihneď uzavrie trysku buď účinkom svojej pružiny alebo pomocou hydraulicky ovládaného piestu ventilu. Po vypnutí pridržiavacieho prúdu sa kondenzátor znova nabíja , aby sa urýchlilo otvorenie ventilu v ďalšom procese jeho aktivácie.

### Usmernenie doby žhavenia

V dnešných moderných vznetrových motoroch so systémom Common Rail preberá riadenie žhaviacich sviečok riadiaca jednotka motora a uskutočňuje ho prostredníctvom výkonového relé. V tomto prípade riadiaca jednotka na optimálne ovládanie v rôznych pracovných režimoch využíva dostupné informácie o teplote chladiacej kvapaliny, spúšťacích otáčkach a zaťažení motora.

Riadiaca jednotka motora usmerňuje doby žhavenia, preberá aj úlohu istenia a kontroly. Zároveň sa registrujú výpadky jednotlivých žhaviacich sviečok a sú

signalizované na prístrojovom paneli prostredníctvom trvale svietiacej kontrolky žhavenia.

Predžhavovanie je aktivované v polohe kolíčka „zapaľovanie zapnuté“ a proces spúšťania je možné započať po zhasnutí kontrolky žhavenia. V priebehu spúšťania sú žhaviace sviečky stále aktívne preto, aby sa urýchlilo vyparovania paliva, čím sa uľahčí jeho vznietenie. Po každom spustení nasleduje vždy ešte dodatočné žhavenie – nezávisle na tom, či bolo žhavenie i predžhavovanie.

Toto dodatočné žhavenie vedie k zníženiu dymenia motora pri jeho rozbehu a pri voľnobehu sa tak znižuje hlučnosť spaľovania ( klopanie) a jeho dymenie. Dodatočné žhavenie môže trvať až štyri minúty a vypína sa pri otáčkach motora nad 2500min.....Pokiaľ po zapnutí zapaľovania nedôjde k spusteniu, zabráni istiaci obvod (po určitej dobe) ďalšiemu žhaveniu a tým i vybíjaniu akumulátora.

### **Regulačná funkcia EDC pri vstrekovacom systéme Common Rail**

Aby sa dosiahlo pri vznetovom motore optimálneho spaľovania vo všetkých pracovných režimoch, musí riadiaca jednotka vypočítať vždy presnú dávku vstrekaného paliva. Preto má v sebe naprogramované príslušné polia charakteristík pre všetky pracovné režimy motora.

### **Dávkovanie vstrekovacieho paliva počas jazdy**

Počas jazdy sa vstrekané množstvo paliva vypočítava z polohy pedálu akcelerátora a otáčok motora podľa charakteristík pre jazdné vlastnosti.

Pri vstrekovacom systéme Common Rail s elektromagneticky ovládanými ventilmi je množstvo paliva vstrekaného zo vstrekovacej trysky stanovené z týchto faktorov:

- tlak paliva v tlakovom zásobníku paliva (raile) medzi 25 a 160 MPa (prípadne 200 MPa)
- doba pretekania prúdu medzi začiatkom a koncom aktivácie
- celkový prierez vstrekovacích otvorov v tryske.

Dobu prechodu prúdu elektromagnetickými ventilmi Common Rail vypočítava riadiaca jednotka na základe skutočných hodnôt, ktoré boli zistené snímačmi ( tlak v raile, otáčky motora, teplota chladiacej kvapaliny), a požadovaných hodnôt (napr. snímač polohy pedálu akcelerátora, snímač jazdnej rýchlosti). Kratšou dobou pretekania prúdu elektromagnetickým ventilom je dávkované menšie množstvo vstrekaného paliva a dlhšou dobou pretekania prúdu väčšie vstrekané množstvo. Doba pretekania prúdu sa mení tak dlho, pokiaľ skutočné otáčky (skutočná rýchlosť vozidla) nezodpovedajú požadovaným otáčkam (požadovanej rýchlosti), ktoré sú vopred určené z poľa charakteristík.

### **Dávkovanie vstrekaného množstva pri spúšťaní motora**

Pri spúšťaní motora sa vstrekané množstvo paliva (doba prietoku prúdu elektromagnetickými ventilmi) spočítava v závislosti na teplote chladiacej kvapaliny, tlaku v raile a spúšťacích otáčkach motora. Určené množstvo paliva pri spúšťaní sa bez zošliapnutia pedálu akcelerátora vstrekuje až do doby dosiahnutia minimálnych otáčok pri spúšťaní, ktoré sú závislé na teplote.

Pri nezahriatom motore sa menších otáčok dosahuje neskôr. Po prekročení minimálnych otáčok sa vstrekuje normálna dávka paliva. Pretože sú tieto procesy, ktoré prebiehajú počas spúšťania, naprogramované v riadiacej jednotke, nemôže vodič pri spúšťaní motora dávkovanie paliva ovplyvniť.

### **Regulácia začiatku vstreku**

Okamih vstreku má vplyv na spúšťanie motora, hlučnosť spaľovania, spotrebu paliva a emisie škodlivín vo výfukových plynch. Z týchto dôvodov je nevyhnutné okamžik vstreku upravovať podľa pracovných podmienok.

Určená požadovaná hodnota je vždy uložená v poliach charakteristík riadiacej jednotky. Zväčšenie predstihu vznetu optimálne využíva motor pri rastúcich otáčkach a pri plnom zaťažení a okrem toho udržiava aj emisie škodlivín vo výfukových plynch. Pri vyšších otáčkach a menšom zaťažení motora sa musí okamžik vstreku i napriek vysokým otáčkam nastaviť znížením predstihu, aby spaľovanie prebiehalo mäkšie (bez

klopania). Okrem toho sa pri znížení maximálnej teploty spaľovania znižuje aj podiel oxidu dusíka vo výfukových plynoch.

Začiatok vstreku pri systémoch Common Rail je okamih, keď sa elektromagnetický ventil vstrekočača začína otvárať. Ihla trysky sa zo svojho sedla zdvíha a palivo sa vstrekuje do spaľovacieho priestoru. Pri týchto vstrekovacích systémoch neprebíha regulácia so spätnou väzbou, ale prebieha len vlastné usmernenie vstreku. Okamih vstreku (začiatok vstreku) sa mení skorším alebo neskorším otvorením elektromagnetického ventilu.

### **Odôvodnenie regulácie začiatku vstreku:**

Pri vstrekovacom systéme Common Rail musí vstrekovacie zariadenie pri rastúcich otáčkach a pri plnom zaťažení predĺžiť začiatok čerpania, pretože sa:

- zväčšuje oneskorenie vznetu (pri zahriatí motora trvá 1 ms), pri stupňoch otočenia kľukového hriadeľa. Oneskorenie vznetu v stupňoch otočenia kľukového hriadeľa sa zväčšuje, pretože ojnicný čap kľukového hriadeľa pri vyšších otáčkach obehne za 1 ms väčšiu uhlovú vzdialenosť, než obehne pri otáčkach menších.
- doba, ktorá je k dispozícii pre spálenie vstreknutej dávky paliva pri plnom zaťažení v oblasti vznetu na hornej úvrati sa postupne skraca. Bez posunutia začiatku čerpania, respektíve vstreku na skorší okamih by pri vysokých otáčkach a plnom zaťažení začínalo spaľovanie veľmi neskoro a v priebehu pracovného taktu by sa prenášalo veľmi dovnútra. Klesal by tak spaľovací tlak, točivý moment, výkon a motor by nebolo možné optimálne využívať. Okrem toho by sa zhoršili emisné hodnoty výfukových plynov a zvýšil by sa podiel nespálených uhlíkovodíkov.

Regulačná odozva elektronického riadenia vznetového motora (EDC) je pri nezaťaženom motore zrovnateľná s variabilným regulátorom otáčok (viacrozsahovým výkonnostným regulátorom otáčok). Otáčky nastavené polohou pedálu akcelérátora sú udržiavané na rovnakej úrovni. Naopak, pri jazde má EDC charakteristiku otáčkového regulátora. Znamená to, že medzi voľnobežnými a priebehovými otáčkami neexistuje

žiadna regulácia. Regulácia sa znovu nastaví, pokiaľ je nutné maximálne otáčky obmedziť, aby sa zamedzilo pretočeniu a poškodeniu motora. V oblasti neregulovaných otáčok preberá reguláciu vodič, ktorý prostredníctvom pedálu akcelérатора určuje otáčky alebo rýchlosť jazdy.

Voľnobežné otáčky nie sú závislé na zaťažení motora. Znamená to, že pri nezohriatom aj zahriatom motore sa vždy nastaví naprogramovaná požadovaná hodnota otáčok. Zaťaženie prichádza len od palubnej siete (napríklad pomocné elektrické zahrievanie motora, dožhavyvanie sviečok), zapnutej klimatizácie, zaťaženia rýchlostného stupňa pri automobiloch s automatickou prevodovkou, aktivácie posilňovača zariadenia.

Pre zachovanie požadovaných otáčok pri voľnobehu mení regulátor voľnobehu vstrekované množstvo (dobu prechodu prúdu elektromagnetickými ventilmi), pokiaľ sa merané skutočné otáčky nerovnajú požadovaným otáčkam, ktoré sú naprogramované v poli charakteristík.

Regulácia maximálnych otáčok (obmedzovač otáčok) sa pri vznetových motoroch pre osobné automobily aktivuje vždy po prekročení najvyšších otáčok pri plnom zaťažení. Najvyššie dovolené otáčky, ktoré sa nastavujú v nezaťaženom motore pri plnom zošliapnutí pedálu akcelérатора sú naprogramované v riadiacej jednotke a nesmú byť prekročené. Zvýšenie otáčok nad maximálne otáčky pri plnom zaťažení a maximálne otáčky bez zaťaženia oznamuje riadiacej jednotke motora snímač otáčok.

Pri jazde s uvoľneným pedálom akcelérатора a v polohe pedálu akcelérатора pre voľnobeh je motor poháňaný vozidlom a beží s vyššími otáčkami. Na základe informácií zo snímača polohy pedálu akcelérатора, snímača otáčok a rýchlomeru, riadiaca jednotka vypne ovládanie elektromagnetických ventilov, vstrekovačov a nevstrekuje sa žiadne palivo („nulová dávka“).

Pomocou regulácie voľnobehu sa zabraňuje trhaniu motora v dôsledku kolísania otáčok. Pôsobí pri nezošliapnutom pedáli akcelérатора, pri zopnutom spínači pedálu pre voľnobeh a zopnutom snímači spojky. Regulácia voľnobehu sleduje zmeny otáčok po každom procese spaľovania a porovnáva ich medzi sebou. Potom sa vstrekované množstvo (korekcia dávky) pre každý valec mení podľa rozdielu otáčok tak, aby všetky valce odovzdávali kľukovému hriadeľu rovnaký točivý moment.

Regulátor rýchlosti jazdy (tempomat) zabezpečuje v riadiacej jednotke konštantné udržiavanie rýchlosti jazdy. Nastavenie požadovanej rýchlosti uskutočňuje vodič pomocou ovládacej páčky. Vstrekané množstvo paliva sa pritom mení zväčšuje alebo znižuje tak, aby skutočná rýchlosť, ktorá je oznamovaná snímačom rýchlosti jazdy, bola zhodná s nastavenou požadovanou rýchlosťou. Regulácia rýchlosti jazdy sa deaktivuje zošliapnutím spojkového alebo brzdového pedálu, alebo pomocou ovládacej páčky.

Pri ráznej zmene zaťaženia (pri brzdení motorom a akcelerácii alebo naopak) dochádza k veľkým zmenám v dávkovaní vstrekaného množstva paliva a tým aj k ráznej zmene točivého momentu motora. V dôsledku silného striedavého elastického zaťaženia motora, hnacieho prístroja a pneumatík sa vyvolávajú pozdĺžne kmity vozidla (trhavé kmitania).

Tlmenie trhavého kmitania, ktoré je naprogramované v riadiacej jednotke na základe porovnaných okamžitých otáčok s referenčnými otáčkami, zodpovedajúcimi požiadavke vodiča, tieto kmity zaznamená a reaguje tak, že sa vstrekané množstvo mení podľa periódy kmitania. Pri zvyšovaní otáčok sa vstrekané množstvo znižuje a v opačnom prípade zvyšuje.

Pri desať- a dvanásťvalcových motoroch so vstrekovacím systémom Common Rail je v niektorých prípadoch použité vypínanie valcov. Pokiaľ je pri vysokých otáčkach motora len nízky točivý moment a je potrebné len malé množstvo vstrekaného paliva, polovica vstrekočov sa vypne.

Elektromagnetické ventily nie sú vtedy aktivované. Ostatnými vstrekočmi sa potom vstrekuje väčšie množstvo paliva. Výhodou je, že toto väčšie vstrekané množstvo paliva je možné dávkovať s väčšou presnosťou a s jemnejším rozprašovaním.

Regulácia točivého momentu motora pri prudkej zmene zaťaženia sa používa v kombinácii s reguláciou priešmyku pohonu kolies (ASR). Pôsobí v prípadoch, keď je pri radení nižších prevodových stupňov alebo pri prudkom uberaní plynu brzdný účinok motora veľmi veľký, pretože za zhoršených adhézných podmienok dochádza k priešmyku poháňaných kolies. Riadiaca jednotka preto v tejto situácii miernym pridaním plynu troška zvýši otáčky motora a tým aj točivý moment motora, aby nedochádzalo ku spätnému priešmyku kolies.



Pri zastavení motora riadiaca jednotka prestane ovládať elektromagnetické ventily vstrekačov Common Rail a tie ostanú otvorené. Znamená to, že sa trysky vstrekačov neotvárajú a vstrekané množstvo je „nulové“.

### **Elektromagnetický odpájací ventil ELAB**

V prípade použitia palivového zubového čerpadla je medzi zubové a vysokotlakové čerpadlo zaradený elektromagnetický odpojovací ventil (ELAB). Tento ventil je aktivovaný riadiacou jednotkou motora a používa sa na zastavenie motora. V stave, keď elektromagnetickým odpojovacím ventilom nepreteká prúd, je otvorený prívod paliva do prívodného kanálu vysokotlakového čerpadla.

V okamihu vypnutia zapalovania začne elektromagnetickým ventilom asi po troch sekundách pretekať prúd. Pri priechode prúdu kotvou je odpojovací ventil uzatvorený. Palivo, ktoré je čerpané palivovým (zubovým) čerpadlom už nepreteká do vysokotlakového čerpadla, ale pretlakovým ventilom preteká späť na stranu čerpania zubového čerpadla.

## 7. ENVIRONMENTÁLNE KRITÉRIÁ V KONŠTRUOVANÍ MODERNÝCH POHONOV

Existuje viacero spôsobov, ako je možné znížiť emisie škodlivých látok a hluku z dopravy. Napriek tomu, že ideálnym riešením by bol prechod na tzv. čisté palivá (vozidlá s nulovými emisiami) dnes sme svedkami toho, že vo svete sa vývoj ubera skôr cestou udržania dominantného postavenia súčasných palív a ovplyvňovania emisií cestou administratívnych opatrení. Tieto opatrenia síce prinášajú znižovanie emisií z jedného vozidla, avšak neriešia problém narastania ich počtu a najazdených kilometrov. Okrem toho sme tiež svedkami skutočnosti, že posilňovanie verejnej dopravy, ktoré by mohlo výraznou mierou prispieť k ozdraveniu ovzdušia hlavne v mestách, ustupuje do úzadia osobnej automobilovej doprave.

Narastajúce požiadavky na emisné limity, ktoré musia vozidlá splňať, sú trňom v oku mnohých motoristov. Sprísňovanie týchto limitov je však opodstatnené z hľadiska toho, čo bolo uvedené v predchádzajúcej kapitole. Je potrebné uviesť, že emisné limity pre osobné vozidlá u nás vychádzajú z vývoja v EÚ. Emisné limity v EÚ zase s istým oneskorením sledujú trend nasadený v USA. Tak napríklad požiadavky na čistotu výfukových plynov zavedené v roku 1983 v USA, boli v EÚ záväzné až v roku 1989. Limity emisií stanovené EÚ v roku 1994, ktoré mali byť aplikované na všetky nové vozidlá od roku 1997, boli v prísnejšej forme zavedené v USA už v roku 1994. Európska komisia však navrhuje prísnejšie limity s platnosťou od roku 2000. Aj pre nákladné vozidlá platia podstatne prísnejšie limity v USA ako v Európe. Tieto boli postupne zavádzané v rokoch 1988 až 1994. V EÚ tento trend nastupuje až od roku 1996.

Najúčinnejšou cestou čistenia výfukových plynov benzínových motorov v súčasnosti je použitie katalyzátora - zariadenia, ktoré bolo po prvýkrát zavedené v USA a Japonsku koncom 70-tych rokov. Katalyzátor je vyplnený keramickým materiálom v tvare medových plástov, čím sa vytvára veľký povrch, ktorý je pokrytý tenkou vrstvou katalytického kovu. Pri prechode oxidov dusíka, uhl'ovodíkov a oxidu uhoľnatého katalyzátorom väčšia časť týchto plynov sa mení na dusík, oxid uhličitý a vodu. Ak má celý proces fungovať spoľahlivo, potom musí byť zabezpečený dostatočný prívod kyslíka. Zariadenie musí byť vybavené senzorom vo výfuku, ktorý zaznamenáva obsah

kyslíka a vysiela signály do elektronickej jednotky. Táto jednotka reguluje vstrekovanie paliva, tak aby motor dostával stále správnu zmes.

Nové katalyzátory sú pri optimálnych podmienkach schopné znížiť emisie oxidov dusíka, oxidu uhľnatého a uhlíkov takmer o 90%. Tento efekt je však znížený počas doby od studeného štartu motora až po jeho zohriatie na optimálnu teplotu a tiež počas rýchlej akcelerácie vozidla. Celkový účinok zníženia uvedených emisií počas životnosti automobilu sa preto odhaduje na 60-80% v porovnaní s vozidlom bez katalyzátora. Katalyzátor však nemá vplyv na znižovanie emisií skleníkových plynov (hlavne oxidu uhličitého) spôsobujúcich globálne klimatické zmeny. Ich znižovanie je možné len cestou znižovania spotreby paliva, resp. nahradením fosílnych palív obnoviteľnými zdrojmi.

Navyše v súčasnosti neexistuje komerčne dostupná technológia znižovania emisií oxidov dusíka z naftových motorov, ktoré zahrňujú veľkú časť osobných a takmer všetky nákladné automobily vrátane autobusov. Znižovanie emisií v prípade dieselových motorov by si vyžadovalo buď nové typy motorov alebo využitie iných palív, ako napr. etanol alebo zemný plyn. Je to spôsobené vysokou hladinou kyslíka vo výfukových plynoch, čo sťažuje chemickú redukciu NO<sub>x</sub> na dusík a kyslík. Na druhej strane naftové motory sa vyznačujú vyššou účinnosťou a nižšími emisiami CO a uhlíkov ako benzínové motory. Tie uhlíkov, ktoré sú emitované do životného prostredia, sú však škodlivejšie. Naftové motory tiež produkujú vyššie množstvo tuhých častíc v dôsledku vyššieho obsahu škodlivín v palive ako je napr. síra. Z pohľadu súčasnej technológie a uplatňovania prísnejšej legislatívy sa ukazuje, že emisie oxidov dusíka a organických látok z benzínových motorov budú predstavovať v budúcnosti menší problém ako dnes (za predpokladu, že nedôjde k enormnému nárastu automobilov). Čistenie výfukových plynov, akokoľvek účinné, však nikdy nevyrieši základný problém súčasnej dopravy: obrovskú spotrebu fosílnych palív s obmedzenými celosvetovými zásobami.

Zníženie spotreby vozidiel je možné dvoma spôsobmi. Administratívnymi a technickými opatreniami. Jednoduchou administratívnou cestou zníženia spotreby je obmedzenie povolených rýchlostí na cestách. Vo všeobecnosti platí, že priemerné vozidlo s benzínovým motorom má až o 30% nižšiu spotrebu pri rýchlosti 90 km/h ako

pri rýchlosti 110 km/h. Obmedzenie rýchlosti má okrem zníženia spotreby pozitívny vplyv aj na zníženie emisií oxidov dusíka (čo platí hlavne pre vozidlá bez katalyzátorov) a tiež aj na zníženie počtu nehôd. Medzi technické opatrenia zamerané na ekologizáciu dopravy patrí širšie presadzovanie automobilov s nižšou spotrebou na cestách. Podľa amerického Rocky Mountains Institute len 1% energie obsiahnuté v benzíne sa spotrebuje na pohyb vodiča. Asi 15% sa spotrebuje na pohyb oceľovej karosérie a zvyšok sa stráca v motore a prevodoch. Je to skutočne dobrá správa, pretože tu existuje veľká možnosť zlepšovania. Napriek tomu, že dnes existujú možnosti ako znížiť spotrebu automobilov z priemerných 8 až 9 litrov/100 km na 2 až 3 l/100 km, automobilový priemysel neprejavuje skoro žiadny záujem o takéto typy vozidiel. V USA sa dokonca priemerná spotreba paliva na jeden automobil zvýšila z 8,6 l/100 km v roku 1985 na 8,9 l/100 km v roku 1998.

Vozidiel s veľmi ekonomickou prevádzkou je na cestách veľa. Jedno z nich v roku 1996 predstavila aj organizácia Greenpeace. Model automobilu so spotrebou 3,3 l benzínu na 100 km sa nazýva Smile a je postavený na báze Renault Twingo. Toto vozidlo je dôkazom, že použitím nových technologických prvkov by bolo možné znížiť spotrebu bežných automobilov na menej ako polovicu. Smile v porovnaní s Twingom má o 195 kg nižšiu hmotnosť (zníženie o 20%). Vozidlo je vybavené 40 kW dvojvalcovým (štvortaktným) motorom a má o 30% lepšiu aerodynamiku. Spotreba sa v porovnaní s Twingom znížila na polovicu pri zachovaní porovnateľného komfortu. Benzínová nádrž je tiež polovičná s objemom 20 litrov. Všetky bezpečnostné prvky (oceľová karoséria, vystuženie) boli taktiež zachované. Aj keby však mali automobily budúceho storočia spotrebu len 4l/100 km, tým že ich celkový počet do roku 2010 vzrastie na 800 miliónov, malo by to len minimálny dopad na spotrebu ropy.

Inou cestou ekologizácie dopravy je rozvoj verejnej dopravy hlavne v mestách. Tu sa prejavujú negatívne vplyvy motorizmu najzávažnejšie. Sú to práve mestá, kde je možné doceliť najvyššie úspory energie a zlepšenie životného prostredia. Najúčinnějšími sú opatrenia zamerané na premiestnenie cestujúcich z osobných áut do verejných dopravných prostriedkov a podporovanie bicyklovej dopravy. Vo všeobecnosti platí, že keď je mestská hromadná doprava rýchlejšia a lacnejšia, ľudia sa pre ňu ľahšie rozhodujú. Zlepšenie verejnej dopravy je možné viacerými spôsobmi, predovšetkým však zavedením dostatočného počtu spojení. Podpora bicyklovej dopravy



zahrňuje hlavne budovanie osobitných cestných prúdov pre bicyklistov na všetkých frekventovaných cestách. Príkladov obmedzenia automobilovej dopravy v mestách je vo svete veľmi veľa. Okrem zlepšenia verejnej dopravy a podpory bicyklovej prepravy sem patrí napr. aj vyberanie parkovacích poplatkov, rôzne zákazy vstupu automobilov do centier miest a iné. V mestách, kde sa k týmto krokom rozhodli, sa ukázalo, že tieto opatrenia majú pozitívny vplyv nielen na životné prostredie, ale tiež aj na sociálnu a ekonomickú úroveň mesta (napr. Groningen v Holandsku).

Dôležitým prvkom pri znižovaní spotreby energie a záťaže životného prostredia emisiami z dopravy je aj mestské plánovanie. Takéto plánovanie by malo mať za cieľ znížiť nároky na dopravu na čo najmenšiu možnú mieru a každému občanovi umožniť cestovanie verejnou dopravou, resp. bicyklom. Ideálne je, keď sú obydlia a železničné stanice umiestnené v dosahu jazdy bicyklom a pracovné príležitosti, resp. nákupné centrá v dosahu pešej chôdze. Je potrebné si uvedomiť, že zníženie dopadov na životné prostredie je možné dosiahnuť aj cenovými úpravami v osobnej a verejnej doprave ako aj investíciami do infraštruktúry mestskej hromadnej dopravy. Nanešťastie takéto návrhy narážajú na silný odpor automobilového priemyslu.

Ak by mala byť účinne znížená spotreba energie a záťaž životného prostredia pochádzajúca z dopravy, tak osobná doprava na dlhšie vzdialenosti by mala byť prioritne zabezpečovaná vlakmi na rozdiel od osobných automobilov a lietadiel. Podobne ako v mestách, cena, rýchlosť a pohodlie sú rozhodujúcimi prvkami pri individuálnom rozhodovaní sa pre dopravný prostriedok. Dnes existujú dobré predpoklady pre zavádzanie vlakov dosahujúcich vysoké rýchlosti. Tieto vlaky sú dnes schopné konkurovať automobilovej a leteckej doprave na vzdialenosti kratšie ako 500 km.

Čo sa týka transportu tovarov, prioritu by mala mať vlaková resp. riečna (morská) preprava pred cestnou prepravou. Zvolený typ prepravy aj tu závisí na cene, rýchlosti a dodatočne aj garanciách na termín dodávky. Zlepšenie efektívnosti (napr. znižovaním času prázdnej prepravy) je dôležité nielen z environmentálneho hľadiska, ale aj z ekonomického. Taktiež je potrebné, aby prepravcovia platili za skutočné environmentálne náklady vyvolané prepravou, dnes totiž platia len časť z celkových nákladov. Ak by ceny dopravy odrážali skutočné náklady zahrňujúce aj poškodzovanie

životného prostredia potom by to malo dopad nielen na ozdravenie životného prostredia a zvýšenie konkurencie schopnosti železničnej dopravy, ale mohlo by sa to pozitívne prejaviť aj na miestnej úrovni. Miestne produkované tovary by sa stali oveľa viac konkurencie schopnými oproti dovozu tovarov z veľkých vzdialeností. Bohužiaľ automobilová lobby je v súčasnosti veľmi úspešná v presadzovaní svojich záujmov a akákoľvek snaha o zahrnutie externých nákladov do cien palív má len malú šancu na presadenie sa. Podobne to platí aj pre leteckú dopravu. V mnohých krajinách je letecký benzín nezdanený, čo v porovnaní s inými palivami znamená, že je vlastne dotovaný.

## 7.1 Výfukové plyny vznetových motorov a zníženie obsahu škodlivín vo výfukových plynoch

### *Zloženie výfukových plynov*

Výfukové plyny vznetových motorov obsahujú škodlivé a neškodlivé látky.

Ku neškodlivým patria:

- dusík ( $N_2$ ),
- oxid uhličitý ( $CO_2$ ) – vzniká v motore pri spaľovaní uhlíka, obsiahnutého vo fosílnych palivách a kyslíka z nasávaného vzduchu. Množstvo oxidu uhličitého slúži ako miera kvality spaľovania motora. Ak sa nachádza vo výfukových plynách vysoký podiel oxidu uhličitého, zároveň musí byť nízky podiel škodlivého oxidu uhoľnatého.
- kyslík ( $O_2$ ),
- vodná para ( $H_2O$ ),
- a iné plyny.

Ku škodlivým látkam patria:

- oxid uhoľnatý ( $CO$ ),
- uhľovodíky ( $HC$ ),
- oxidy dusíka ( $NO_x$ ),
- oxid siričitý ( $SO_2$ ) a iné.



## Vznik škodlivých látok

Vznetový motor v podstate pracuje s prebytkom vzduchu, pri voľnobehu je to približne 400 – 500 % (čo zodpovedá  $\lambda = 5$  až 6) a pri plnom zaťažení je to ešte stále 20 až 50 % ( $\lambda = 1,2$  až 1,5). Aj napriek vysokému prebytku vzduchu môže vznikať dosť škodlivých látok, lebo u konvenčných motorov bez vysokého vstrekovania sa v spaľovacom priestore v dôsledku vytvorenia zmesi vytvárajú behom fázy vstrekovania (respektíve v priebehu spaľovaní) rôzne koncentrácie paliva, respektíve rôzne pomery paliva – vzduch. To znamená, že vo fáze vstrekovania môže byť v niektorých miestach spaľovacieho priestoru prebytok vzduchu, v iných naopak, jeho nedostatok.

V oblastiach s väčším prebytkom vzduchu, napríklad na vonkajších okrajoch lúča paliva, sa malé kvapky paliva úplne vyparia a takmer úplne spália, takže vzniká len malé množstvo oxidu uhoľnatého a uhl'ovodíkov.

Na druhej strane, v strede vstrekovaneho lúča je vzduchu nedostatok. To znamená, že sa kvapky paliva neodparujú a nespália úplne. Dôsledkom vysokej teploty, vysokého tlaku a nedostatku kyslíka sa normálne molekuly paliva s dlhými reťazcami štiepia (trhajú) na molekuly s krátkymi reťazcami.

Vzhľadom na to, že tieto následne reagujú, teda rozpadajú sa na uhlík a vodík oveľa neskôr ako normálne molekuly paliva, výrazne sa spomaľuje aj rýchlosť spaľovania. Na konci spaľovania následne ostáva len málo reaktívny uhlík.

Pokiaľ sa k nemu v ostávajúcom krátkom čase nepodarí dostať dostatok kyslíka, nedôjde už k jeho spáleniu a tento uhlík opustí spaľovací priestor vo forme častíc sadzí. U dnešného, takzvaného vysokotlakového vstrekovania so snahou o tvorbu homogénnych zmesí sa týmto nežiadúcim procesom v spaľovacom priestore zabraňuje.

## Filtre pevných častíc

Pevné častice (sadze) vo výfukových plynoch sú v jadre tvorené čistým uhlíkom. Na jadrách častíc sa usadzujú zlúčeniny aromatických uhl'ovodíkov, oxidy kovov, voda zo spaľovania a malé množstvo síry vo forme síranov (solí kyseliny sírovej).

Z hľadiska zdravia sa sadze z čistého uhlíka považujú za nezávadné, zatiaľ čo na ich usadené aromatické uhľovodíky majú rakovinotvorné účinky.

### **Znižovanie obsahu škodlivín**

Podiel škodlivín a zloženie výfukových plynov vznetových motorov je možné ovplyvniť niekoľkými spôsobmi:

- tvarovaním spaľovacieho motora,
- starostlivým nastavením priebehu prúdenia vzduchu (vírivý pohyb) v spaľovacom priestore, ktorého cieľom je vytvoriť homogénnu zmes, a využitím turbodúchadiel,
- využitím vysokotlakových vstrekovacích systémov so vstrekovacími tlakmi až 205 MPa
- recirkuláciou výfukových plynov,
- používaním paliva neobsahujúceho síru.

Veľký vplyv na tvorbu škodlivín a ich množstvo má nastavenie začiatku vstreku, doba jeho trvania a rozprášenie (atomizácia) paliva.

Začiatok vstreku určuje, v závislosti na predĺžení vznietenia, začiatok spaľovania. Neskôr začiatok vstreku napríklad vo výfukových plynach znižuje podiel  $\text{NO}_x$ . No prílišné predĺženie začiatku vstreku zase zvyšuje podiel uhľovodíkov (HC) a spotrebu paliva. Doba vstreku sa musí upraviť podľa pomerov v spaľovacom priestore tak, aby sa na stupeň uhla otočenia kľukového hriadeľa vstrekovalo len také množstvo paliva, ktoré zodpovedá plnému zaťaženiu, a ktoré sa zároveň v takto krátkej dobe môže zmiešať so vzduchom. Celý proces si vyžaduje ešte prebytok vzduchu minimálne 20 – 50 % ( $\lambda = 1,2$  až  $1,5$ ), pretože inak sa príliš zvýši podiel pevných častíc.

Zníženie podielu pevných častíc sa u nových generácií vznetových motorov dosahuje pomocou vysokotlakového vstrekovania. Vysoký vstrekovací tlak umožňuje veľmi dobré rozptýlenie paliva v nasávanom vzduchu a jeho jemné rozprášenie v spaľovacom priestore tak, že sa kvapky paliva okamžite odparujú a vznikajú len ťažko zaznamenateľné drobné pevné častice.

Na podiel škodlivín vo výfukových motoroch má rozhodujúci vplyv aj kvalita paliva. Podiel škodlivín je možné znížiť pridaním prísad (aditív) do nafty. Prísada

pripravená na zrýchlenie vznietenia upravuje cetanové číslo a tým aj chemické zloženie vznietenia, ktoré má vplyv na tvorbu  $\text{NO}_x$ .

Zníženie obsahu síry z pôvodných 0,15 na 0,05 hmotnostných percent sa zníži vylučovanie oxidu siričitého. Vzhľadom na to, že sa síra ako siričitan usadzuje na pevných časticiach (sadzách), zníži sa tým aj vylučovanie týchto častíc asi o 15 hmotnostných percent.

### ***Recirkulácia výfukových plynov u vznetrových motorov***

Recirkulácia (spätne privádzanie) výfukových plynov je opatrenie, ktorým sa niekedy pri voľnobehu a vždy v oblasti častého zaťaženia motora znižuje tvorba oxidu dusíka ( $\text{NO}_x$ ) a tým aj prízemného ozónu ( $\text{O}_3$ ). K tvorbe oxidu dusíka vo väčšom množstve dochádza, pokiaľ spaľovanie prebieha s prebytkom vzduchu a ďalej i v rôznych miestach spaľovacieho priestoru s príliš vysokou teplotou – až  $500\text{ }^\circ\text{C}$ . Pritom sa kyslík viaže s dusíkom zo vzduchu pre spaľovanie na oxid dusný, respektíve oxid dusičitý (súhrnne nazývanom ako  $\text{NO}_x$ ).

Recirkulácia výfukových plynov je u vznetrových motorov určených pre osobné automobily žiadúca, pretože tie pri neúplnom zaťažení pracujú s obzvlášť veľkým prebytkom vzduchu. Použitím spätne privádzaných výfukových plynov, ktoré sa chovajú ako interné plyny a pripájajú sa k čerstvému vzduchu, sa dosahuje:

- zníženie podielu kyslíka a dusíka vo valci o cca 20 až 60 %,
- zníženie najvyššej teploty spaľovania z asi  $2500\text{ }^\circ\text{C}$  na cca  $2000\text{ }^\circ\text{C}$ . Tento účinok sa ešte zvýši, ak sa spätne privádzané plyny pred privedením do systému čerstvého vzduchu ešte ochladí.

### ***Zníženie obsahu škodlivín vo výfukových plynoch***

Katalyzátor pre úpravu výfukových plynov vznetrových motorov – u vznetrových motoroch sa môžu používať len jednosmerné oxidačné katalyzátory. Redukcia, ktorá prebieha u katalyzátorov pre úpravu splodín zážihových motorov, nie je pri neustálom prebytku vzduchu možná. Prebytok vzduchu činí pri voľnobehu približne 400 až 500 % (zodpovedá  $\lambda = 5$  až 6) a pri plnom zaťažení je to stále ešte 50 % ( $\lambda = 1,5$ ). Dôsledkom

takéhoto prebytku vzduchu môže vznikáť iba škodlivý oxid uhoľnatý (CO) a nespálené uhl'ovodíky (HC) budú oxidovať.

### ***Konštrukcia oxidačného katalyzátora***

Katalyzátor je uložený v puzdre z nehrdzavejúcej ocele a skladá sa z:

- nosného telesa (keramický nosič) – je tvorené kruhovým alebo oválnym keramickým telesom (monolitom) s voštinovou štruktúrou. Teleso je zhotovené zo horečnato-hlinitého silikátu s malou tepelnou rozťažnosťou a vysokou žiaruvzdornosťou. Jeho teplota tavenia je 1400 °C.
- medzivrstvy – slúži k zväčšeniu plochy a tvorí ju oxid hlinitý s takzvanými promotormi (transportérmi), ktoré zosilňujú účinok ušľachtilého kovu.
- katalyticky aktívnej vrstvy - je mikroskopicky jemne nanosená na medzivrstvu a u vznetových katalyzátorov je zložená výlučne z platiny.
- tlmiacej vložky.

### ***Funkcie a chemické reakcie***

Vznetový katalyzátor musí zoxidovať škodlivý oxid uhoľnatý (CO) a nespálené uhl'ovodíky (HC), predovšetkým ale ich rozpustené zlúčeniny, ktoré sa usadzujú na pevných časticiach (sadzách), na oxid uhličitý (O<sub>2</sub>) a na paru (H<sub>2</sub>O). Premena oxidu uhoľnatého na oxid uhličitý, začína už pri teplote katalyzátora 175 °C. O niečo neskôr – asi pri 235 °C – nasleduje aj premena nespálených uhl'ovodíkov na oxid uhoľnatý a vodnú paru. Pri teplote 235 °C dosahuje účinnosť katalyzátora vznetového motora takmer 80 %.

### **Porucha katalyzátora (zanesenie)**

U starších motorov sa porucha katalyzátora (zanesenie) prejaví znížením výkonu. K usadzovaniu sa pevných častíc dochádza vtedy, ak sa automobil používa len na kratšie vzdialenosti bez občasného plného zaťaženia alebo pri používaní menej

kvalitného paliva (nafty), ktoré je náchylné k tvorbe sadzí. V dôsledku vysokého prietokového odporu motora sa tak neprípustne zvyšuje tlak pôsobiaci proti prúdu výfukových plynov, takže ich prevažná časť ostáva vo valci motora.

Zakúšanie katalyzátora sa prevádza meraním tlaku pôsobiaceho proti prúdu výfukových plynov medzi kolenom výfukového potrubia a katalyzátorom. Ten by nemal byť pri voľnobehu vyšší ako 30 kPa a pri plnom zaťažení by sa nemal dostať nad 45 kPa.

### ***Filter pevných častíc***

Pevné častice sadzí vo výfukových plynoch vznetových motoroch je možné zachytávať iba pomocou filtra pevných častíc. Vo vývoji je v súčasnosti niekoľko systémov.

Napríklad vinuté keramické filtre, ktoré sa používajú iba ojedinele u áut verejnej dopravy a vysokozdvížných vozíkov. Ďalej sú to monolitické keramické filtre, ktoré sú vzhľadom na ich menšie rozmery vhodné skôr do osobných automobilov.

### ***Konštrukcia a funkcie filtra pevných častíc***

Ako príklad je možné použiť vinutý keramický filter. Ten sa skladá z oceľových trubiek s prevrtanými stenami, na jednej strane uzavretými. Tieto oceľové trubky sú obojsmerne obvinuté keramickými vláknami. Výfukové plyny prúdia keramickou vložkou a dostávajú sa vyvrtanými otvormi v oceľových trubkách na druhý koniec filtra. Častice sa zachytia na hrubých keramických vláknach. Nový filter dosahuje účinnosť asi 90 %, regenerovaný (nezanesený) ešte 60%.

### ***Regenerácia filtra pevných častíc***

Pre uchovanie stálej funkčnosti týchto filtrov, je dôležitá ich regenerácia za určitý časový interval. S pribúdajúcim zanášaním filtra totiž stúpa odpor proti prúdeniu výfukových plynov vo výfuku. Pokiaľ sa tento protiklad zvýši príliš, ostáva vo valci

veľké množstvo výfukových plynov. Motor nasáva menej čerstvého vzduchu, čo spôsobuje zníženie jeho výkonnosti.

Vzhľadom na to, sa musí po prekročení určitej hodnoty protitlaku vo výfukovom potrubí usadené častice usadené vo filtri spáliť. Keďže sadze sa spaľujú až pri teplote vyššej ako 550 °C, danú teplotu dosahujú výfukové plyny len pri plnom výkone, musí sa pri regenerácii filtrov používať chemický alebo termický proces.

### ***Chemický proces***

U tohoto procesu sa v priebehu fázy regenerácie, ktorá sa pri bežnej záťaži spustí približne každých 400 až 500 km, do výfukového zariadenia pred filter pevných častíc vstrekuje napríklad oxidačné činidlo obsahujúce železo. Táto prísada sa naviaže na častice sadzí ako obal. K jej zapáleniu tak stačí teplota asi 450 °C až 550 °C (v závislosti na prebytku kyslíka) a častice sadzí sa pritom spália. Keďže teplota výfukových plynov pri neúplnom zaťažení činí iba niečo nad 250 °C, musí sa zvýšiť zámerným dodatočným vstreknutím paliva.

Vstreknutie dodatočného množstva paliva prebieha pri výfuku spalín z valca motora. Napriek tomu, že sa táto malá, presne odmeraná dávka paliva dostáva do výfukového potrubia, zapáli sa v oxidačnom katalyzátore. Dodatočné vstrekovanie paliva je momentálne možné iba u motorov so vstrekovacím systémom Common Rail. Zbytky po takomto spálení ostávajú vo filtri, kým sa v intervaloch od 50 000 do 80 000 km v rámci pravidelných prehliadok odstránia v špeciálne j práčke.

### ***Termický proces regenerácie***

U termického procesu regenerácie sa zapáli horák pripojený k filtru pevných častíc, ktorý ohreje výfukové plyny na teplotu 600 °C. Aby bolo možné toto spaľovanie uskutočniť, je pridaný ešte stlačený vzduch. V závislosti od konštrukcie dochádza k spaľovaniu v prípade, ak motor je v kľude alebo v chode. U väčších motorov, pre použitie na dlhšie vzdialenosti, bývajú namontované dva filtre pevných častíc, ktoré sa striedavo termicky regenerujú.

## 7.2 Alternatívne palivá

### Propán – Bután (LPG)

Propán-bután vzniká v rafinériách ako vedľajší produkt pri spracovaní ropy. Je to ľahká,plynná frakcia, ktorá je skvapaľňovaná chladením pričom vzniká tzv. LPG (Liquid Petroleum Gas), ktorý je možné využiť ako palivo v motorových vozidlách. Pomer propánu a butánu v LPG sa mení v zime a v lete, a tiež existujú rozdiely v zložení v jednotlivých krajinách. LPG sa ako palivo pre motorové vozidlá používa už viac ako 60 rokov a vo svete jazdí viac ako 5 milión takýchto vozidiel. V krajinách OECD sa toto palivo podieľa piatimi percentami na celkovej spotrebe palív v doprave

### Vlastnosti

LPG je palivom s oktánovým číslom vyšším o 5 až 10% ako benzín a je vhodné ako náhrada pre benzínové a naftové motory. Vyššie oktánové číslo umožňuje vyššiu kompresiu a tým vyššiu účinnosť. Výhodou je tiež, že LPG si nevyžaduje obohacovanie zmesi počas studeného štartu motora. Jedným z najdôležitejších dôvodov, pre ktoré sa toto palivo uplatňuje vo svete, je jeho nízka cena.

Využívanie LPG v motorových vozidlách je z technického hľadiska overené a bezproblémové. Vyžaduje si však isté úpravy vozidla. V naftových motoroch sú nevyhnutné malé úpravy spojené so zabudovaním zapalovacej sviečky a elektrického systému. Dnes existujú aj vozidlá využívajúce tzv. duálny systém, v ktorom sa malé množstvo nafty využíva na zapálenie zmesi LPG a vzduchu. Konverzia motorov na LPG nie je náročná, vyžaduje si však odborný zásah.

V súčasnosti sa začína na trhu objavovať stále viac vozidiel (hlavne autobusov) jazdiacich na LPG. Firma MAN dodala niekoľko takýchto autobusov pre Viedeň a španielsky Valladolid v cene 150 tis. ECU za kus. V roku 1995 premávalo vo Viedni 282 autobusov mestskej hromadnej dopravy na LPG, 184 autobusov bolo vybavených duálnym systémom nafta/LPG a 20 starších autobusov jazdilo na naftu. Všetky nové autobusy jazdia na LPG dodávaný rafinériou ropy vo Schwechate (OMV).



Keďže LPG horí čistejšie ako benzín, motor vydrží viac a vyžaduje si aj menšie náklady na údržbu. Olej, olejový filter, sviečky aj samotný motor vydržia až trikrát viac ako v prípade spaľovania benzínu. Z uvedeného vyplýva, že údržba takýchto vozidiel je takmer zanedbateľná v porovnaní s naftovými vozidlami. Nevýhodou je, že zaobchádzanie s LPG si vyžaduje osobitné opatrenia z hľadiska bezpečnosti. Na druhej strane je výhodou, že v Európe existuje rozvinutá distribučná sieť zásobovania propánom. Distribučné siete spravidla existujú v blízkosti rafinérií.

Do ostatných miest sa LPG dopravuje cisternami. Investície sú však nevyhnutné na vybudovanie čerpacích staníc poskytujúcich toto palivo. Náklady na jednu čerpaciu stanicu v EÚ vychádzajú asi na 97 tis. ECU. Tankovanie paliva do motorového vozidla trvá približne rovnako dlho ako pri benzíne.

Existujúca infraštruktúra a skutočnosť, že bežné vozidlá môžu byť upravené pre jazdu na LPG v priebehu jedného dňa, robí z LPG z krátkodobého hľadiska atraktívne palivo. Nevýhodou je, že z hľadiska výrobných kapacít súčasných rafinérií by len asi 15% vozidiel mohlo jazdiť na LPG. Väčšie množstvo je v princípe možné, vyžadovalo by si však špeciálne úpravy v rafinériách a teda aj vyššie náklady.

## Emisie

Z hľadiska vplyvu na životné prostredie sa vozidlá na LPG vyznačujú nižšími emisiami oxidu uhoľnatého, oxidov dusíka, tuhých častíc a organických látok. Do akej miery sú emisie dusíka nižšie, závisí na spôsobe spaľovania (katalýza plynov). Veľmi čisté spaľovanie paliva znamená, že takéto vozidlá sa využívajú hlavne v uzatvorených a slabo ventilovaných priestoroch. Výhodou tiež je, že spaľovanie LPG má za následok aj nižšiu hladinu hluku asi o 5 decibelov v porovnaní s naftovými motormi. Napriek výhodám však spaľovanie LPG nie je úplne bez emisií. Vo výfukových plynach sa objavuje hlavne CO<sub>2</sub>, VOC, CO, NO, a metán.

Vo všeobecnosti je možné povedať, že v porovnaní s naftou používanie LPG vo verejnej doprave vedie k zníženiu úrovne hluku a emisií. Na druhej strane spotreba

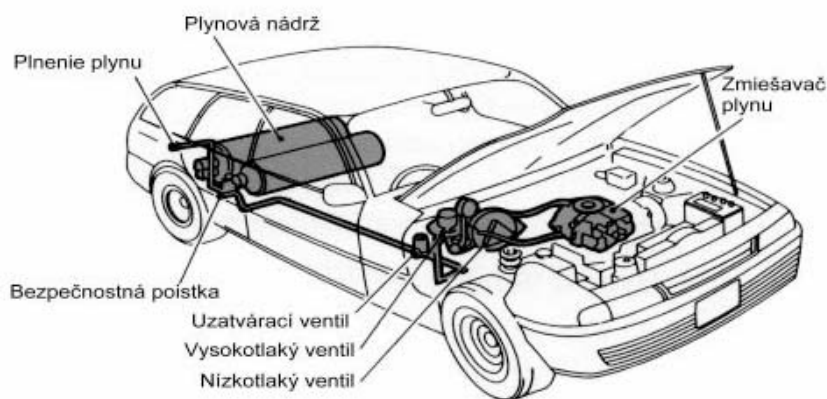
paliva je vyššia v dôsledku nižšej účinnosti motora. Vozidlá sú vzhľadom na potrebu väčšej palivovej nádrže tiež ťažšie.

## Zemný plyn

Výhodou zemného plynu ako alternatívneho paliva je, že jeho svetové zásoby sú o čosi väčšie ako zásoby ropy a navyše sú aj rovnomernejšie rozdelené. Zemný plyn sa skladá z 88% až 96% z metánu s malým množstvom alkánov, propánu a butánu. Zemný plyn je palivom s vysokým oktánovým číslom a je vhodný ako náhrada za klasické palivá pre motorové vozidlá. Vozidlá na zemný plyn nie sú nové. V mnohých krajinách sa využívali už pred 50 rokmi. Vo svete sa objavilo veľké množstvo autobusov (ale aj iných automobilov) jazdiacich na plyn hlavne po druhej svetovej vojne, kedy sa prejavil výrazný nedostatok ropy.

### Použitie zemného plynu

Odhladnuc od procesu vysušovania pri ťažbe, zemný plyn je možné použiť ako palivo priamo, bez nutnosti akejkoľvek úpravy na rozdiel od ropy, ktorú je potrebné v rafinériách upraviť na benzín, resp. naftu. V motorovom vozidle (obr.78) si podobne ako v prípade LPG použitie zemného plynu vyžaduje upravený zapalovací systém s výhodami a nevýhodami rovnakými ako pre LPG.



Obr. 78 Uloženie systému LPG vo vozidle

Zapaľovanie zmesi vzduch/plyn je kontrolované kyslíkovou sondou. Používanie zemného plynu si vyžaduje jeho skladovanie v nádrži, a to buď v plynnej-stlačenej (CNG) alebo kvapalnej forme (LNG). Nevýhodou je, že na skvapalnenie je potrebné znížiť teplotu plynu na mínus 162 °C. Výhodou však je, že takéto palivo má až trikrát vyššiu hustotu energie ako stlačený plyn. Na dosiahnutie rovnakého dojazdu preto postačuje menšia palivová nádrž, ktorá však vzhľadom na udržanie veľmi nízkej teploty musí byť izolovaná podobne ako napr. termoska.

Ukazuje sa, že tam, kde neexistuje distribučná sieť so skvapalneným zemným plynom, zvyčajne nie je ekonomické ani jeho používanie v takejto forme. Všade tam, kde je prístup k zemnému plynu, je však možné jeho použitie v stlačenej forme. V súčasnosti sa vo väčšine krajín využíva práve táto forma paliva. Súvisí to tiež s tým, že na prípravu stlačeného plynu je potrebné menšie množstvo energie ako na výrobu skvapalneného zemného plynu. Jednou z nevýhod zemného plynu je, že má v plynnej forme menšiu hustotu energie, a preto aby vozidlo malo prijateľný dojazd, je potrebné stlačenie aspoň na 200 bar (atmosfér).

Z uvedeného vyplýva, že takéto vozidlá si vyžadujú osobitné tlakové nádrže. Palivová nádrž so stlačeným zemným plynom vedie aj k zvýšeniu hmotnosti vozidla. V prípade autobusov to napr. znamená, že na dosiahnutie rovnakého dojazdu býva palivová nádrž s plynom asi 5-krát ťažšia ako nádrž s naftou a súčasne zaberá asi 7-krát väčší objem.

V súčasnosti sa stlačený zemný plyn využíva ako palivo hlavne v mestských autobusoch, nakoľko v nich je umiestnenie veľkej tlakovej nádrže oveľa jednoduchšie ako v osobnom vozidle. Hlavným dôvodom však je snaha o zlepšenie životného prostredia v mestách, kde autobusová doprava prispieva často až jednou polovicou k celkovým emisiám z dopravy.

## **Biopalivá**

### **Etanol**

Etanol je látka, ktorá sa v prírode vyskytuje len sporadicky a jej požívanie (v malom množstve) na rozdiel od metanolu, nie je pre človeka toxické. Etanol sa dnes bežne využíva ako náhrada za benzín v spaľovacích motoroch, pričom je to jedno z

najstarších alternatívnych palív. Na toto palivo jazdilo veľké množstvo vozidiel už od 90-tych rokov minulého storočia. Komerčné skúsenosti s používaním etanolu v doprave majú hlavne v Brazílii (program Proalcool) a v USA (program Gasohol), kde sa toto palivo používa už dlhšiu dobu a vo veľkom množstve.

### **Použitie etanolu v spaľovacích motoroch**

Etanol vyrobený fermentáciou z biomasy je možné použiť buď ako palivo pre špeciálne skonštruované motory, alebo ako prísadu do benzínov v zastúpení 3 až 15 %. Chemicky zmenený etanol na etylterbutylén (EBTE) sa vo svete postupne stáva dôležitou prísadou do bezolovnatých benzínov. Zvyšuje oktánové číslo a zlepšuje kvalitu horenia paliva v motore. Motor na etanol sa v princípe vyznačuje asi 300 odlišnosťami od klasického benzínového motora. Najdôležitejšie rozdiely spočívajú v tom, že :

- motor má vyšší kompresný pomer
- má odlišné valce a tvar spaľovacej komory
- palivová nádrž býva zvyčajne pocínovaná,
- palivové čerpadlo , karburátor a palivové potrubie sú vyhotovené z nehrdzavejúcich materiálov.

O využití etanolu v doprave sa dnes vážne uvažuje aj v iných krajinách ako je Brazília a USA. Podľa údajov z Českej republiky sa má u našich susedov na tieto účely použiť ročne asi 60 tis. m<sup>3</sup> etanolu, na výrobu ktorého bude potrebné asi 200 tis. ton obilia, čo je asi 2% úrody v ČR.

### **Výhody etanolu**

Etanol má niekoľko výhod a nevýhod v porovnaní s inými palivami. Výhodou je, že z hľadiska snahy o nahradenie klasických palív vo svete existujú dostatočné výrobné kapacity s overenou technológiou výroby. Z hľadiska činnosti motora je dôležité, že etanol má vyššie oktánové číslo ako benzín - približne 106. Benzín má toto číslo 91 až 98. Vyššie oktánové číslo umožňuje vyššiu kompresiu a následne lepšiu účinnosť motora. Pre naftové motory je rozhodujúce cetánové číslo paliva. Čím nižšie

cetánové číslo, tým dlhší čas je potrebný pre kompresné zapálenie zmesi. Alkohol (metanol aj etanol) má nižšie cetánové číslo ako nafta. Výhody používania etanolu v motorových vozidlách je možné zhrnúť nasledovne:

- etanol je dokonalejšie spaľovaný v motore
- zaručuje vyšší výkon a otáčky motora
- vykazuje nižšie emisie v spalinách

V sociálnej a ekonomickej oblasti výhody zahrňujú hlavne:

- tvorbu pracovných príležitostí v poľnohospodárstve pri pestovaní vstupnej suroviny
- zlepšenie príjmov ekonomicke slabších vrstiev obyvateľstva
- zníženie závislosti na dovoze ropy.

### **Nevýhody etanolu**

Nevýhodou etanolu je, že spôsobuje rýchlejšiu koróziu kovových materiálov, má detergentný účinok (odstraňuje oleje) a napadá plastické hmoty. Navyše nevýhodou je, že výpary majú negatívny účinok na ľudský organizmus a ovplyvňujú vodičovú schopnosť viesť motorové vozidlo. Tieto výpary môžu byť problémom hlavne pri čerpaní pohonných hmôt. Etanol sa taktiež vyznačuje horším štartovaním motora pri nízkych okolitých teplotách.

Ďalšie nevýhody použitia etanolu spočívajú v tom, že v dôsledku nižšej energetickej hustoty v jednom kilograme paliva majú vozidlá vyššiu spotrebu. Navyše pri spaľovaní dochádza k vyššej tvorbe aldehydov vo výfukových plynch. V USA sa na odstránenie týchto škodlivín používajú vo vozidlách katalyzátory, ktoré znižujú tieto emisie o 80%.

## Metanol

Výroba metanolu (metylalkoholu) z dreva je vo svete známa už veľmi dlho. Metanol tu však často vystupoval len ako vedľajší produkt pri výrobe dreveného uhlia. Takáto výroba sa však vyznačovala veľmi malým výťažkom. Dnes je situácia iná. Drevené uhlie postupne stratilo na význame a metanol sa stal dôležitým palivom pre motorové vozidlá. Najväčšie množstvá metanolu sú dnes produkované v Brazílii, USA a Švédsku.

## Použitie metanolu v spaľovacích motoroch

Vozidlá jazdiace na metanol sa z hľadiska výkonu a iných charakteristík (dojazd) podobajú vozidlám na benzín alebo naftu. Metanol je možné použiť ako palivo v čistej forme alebo ako zmes. Motor si však vyžaduje istú úpravu. V prípade naftových motorov je potrebné vozidlá vybaviť pomocným zapalovacím systémom, nakoľko cetánové číslo metanolu je nízke. Tieto motory môžu spaľovať tiež zmes metanolu a nafty. Už pri obsahu niekoľko percent nafty v takejto zmesi nie je potrebné použiť zapalovaciu sviečku.

V USA sa metanol predáva ako zmes označená M85 (85% metanolu a 15% benzínu) resp. M100 (čistý metanol). M85 je vhodný hlavne pre ľahšie vozidlá, kým M100 je určený pre dodávky a nákladné vozidlá. V súčasnosti je na cestách USA asi 15 tis. takýchto vozidiel. Z väčších automobiliek dodávajú metanolové vozidlá na trh Ford (model Taurus) a Chrysler (Dodge Intrepid). Aby mohli vozidlá jazdiť na túto zmes, vyžadujú si špeciálnu úpravu, ktorá stojí asi 250 dolárov. Ford vyvinul špeciálny motor spaľujúci čistý metanol aj pre svoj model Escort. Poslednou novinkou však je tzv. flexibilný model FFV (Flexible Fuel Vehicle), ktorý umožňuje jazdu na akúkoľvek zmes benzínu a metanolu.

Metanolom poháňané malé nákladné vozidlo vyvinula aj japonská automobilka ISUZU. Vozidlo sa vyznačuje výrazným až 65%-ným znížením emisií NO<sub>x</sub> v porovnaní s klasickým naftovým modelom. Zníženie sa dosahuje aj v prípade ostatných škodlivín a podľa výrobcu predstavuje 100% pre tuhé častice (dym), 95% pre CO, 95% pre uhlíkovodíky a 35% pre formaldehyd.

## Emisie

Emisie vozidiel na metanol závisia od vstupného materiálu, z ktorého bol metanol vyrobený. Metanol vyrobený z dreva a použitý ako náhrada za benzín sa vyznačuje nižšími emisiami všetkých škodlivín (v priemere o 20% až 70 %). Nahradenie nafty za metanol v naftových motoroch znamená podstatné zníženie emisií tuhých častíc (dymu).

### 7.3 Rastlinné oleje – BIONAFTA

Olej je možné získať z viac ako 300 druhov rôznych rastlín, medzi ktorými je napr. repka olejnatá, slnečnica, oliva, sója, kokosový orech a i. Olej sa v nich nachádza v semenách alebo plodoch. Napriek tomu, že medzi takýmito olejmi existujú značné rozdiely vo viskozite, všetky je možné použiť v dieselových motoroch ako náhradu za naftu. O tom, že R. Diesel, konštruktér naftového motora sa vážne zaoberal rastlinnými olejmi svedčí aj fakt, že už v roku 1900 predstavil na svetovej výstave v Paríži motor, ktorý bežal na olej z búrskych orieškov.

Čistý rastlinný olej sa v súčasnosti v doprave používa len minimálne, a to v špeciálnych motoroch známych ako Elsbett motor (pozri nižšie). Vo väčšine krajín dnes prevláda používanie esterifikovaného oleja MERO, hlavne ako prísady do klasickej nafty. Bežné je zastúpenie až do 30% MERO v nafte. V USA sa presadzuje palivo s 20% zastúpením, vo Francúzsku sa predáva zmes 5% MERO a zvyšok nafta. Na Slovensku bola úspešne testovaná tzv. Bionafta MDT (zmes 30% MERO a 70% nafta). Ukazuje sa, že vyššie zastúpenie MERO v nafte ako 30% vedie k problémom s oxidačnou stabilitou, tvorbou živíc a usadenín v motore, a preto sa vo svete takáto zmes nepoužíva. Požitie čistého MERO v naftových motoroch si tiež vyžaduje isté úpravy vozidla.



## 7.4 Elektromobily

Elektromobil je vozidlo, ktoré sa podstatne líši od klasického vozidla na benzín, resp. naftu. Okrem toho, že sa vyznačuje nulovými emisiami škodlivých látok, ukrýva v sebe aj niektoré nové prvky. Namiesto spaľovacieho motora má elektromotor a namiesto benzínovej nádrže má dobíjateľné batérie. Každá batéria je podobná svojou veľkosťou a tvarom batérii, ktorá sa používa na štartovanie bežných automobilov. Rozdiel je len v tom, že elektromobil má batérií podstatne viac - často 15 až 30 kusov.

Nulové emisie pri jazde, vysoká účinnosť využitia energie a tiež krátky dojazd na jedno nabitie robia z elektromobilov vhodné vozidlá hlavne pre mestskú premávku. Častým argumentom, ktorý sa pri nulových emisiách elektromobilov uvádza je, že emisie sa len presúvajú na iné miesto - do elektrární. Je skutočne dôležité, akým spôsobom sa elektrická energia, potrebná na dobíjanie ich batérií, vyrába. Pokiaľ sa na túto výrobu využívajú klasické elektrárne, ktoré zaťažujú životné prostredie emisiami SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, CO<sub>2</sub> a tuhými časticami, nie je možné hovoriť o nulových emisiách. Avšak aj v takomto prípade sú celkové emisie nižšie - často až o 90% v porovnaní s klasickými vozidlami. Súvisí to s tým, že vo veľkých elektrárnach je možné zabezpečiť účinnejšie čistenie spalín ako v motorových vozidlách.

### Výhody elektromobilov

Elektromobily podobne ako všetky ostatné automobily jazdiace na alternatívne palivá sa vyznačujú viacerými výhodami (ale aj nevýhodami) v porovnaní s klasickými vozidlami. Výhody sa, okrem už uvedených nulových emisií, sústreďujú hlavne do oblasti chodu a prevádzky motora.

### Nevýhody elektromobilov

#### Batérie

Olovené batérie, ktoré zostávajú stále najpoužívanejším typom, sa vyznačujú energetickou hustotou len 30-40 Wathodín na kg, čo je v porovnaní s benzínom, ktorý

má energetickú hustotu 3000 Wh/kg, veľmi málo. Nevýhodou tiež je, že dobíjanie batérií trvá niekoľko hodín a navyše sa musia vymieňať každé 2–3 roky.

### **Obmedzený dojazd**

Hoci bežné olovené batérie neumožňujú dlhší dojazd ako 150 km na jedno nabitie, je táto nevýhoda elektromobilov často preceňovaná. Po prvé dnes existuje značný trh vozidiel, od ktorých sa vyžaduje krátky dojazd a po druhé vývoj batérií napreduje veľmi rýchlo a umožňuje predlžovať tento dojazd na prijateľné úrovne. Dnes nie je výnimočné sa stretnúť s elektromobilmi, ktoré majú dojazd 180 alebo viac ako 200 km. Krátky dojazd však nemusí byť neprekonateľnou prekážkou. Veľká časť v súčasnosti uskutočňovaných ciest motorovými vozidlami je kratších ako 100 km a môžu byť v plnej miere pokryté elektromobilmi aj s olovenými batériami.

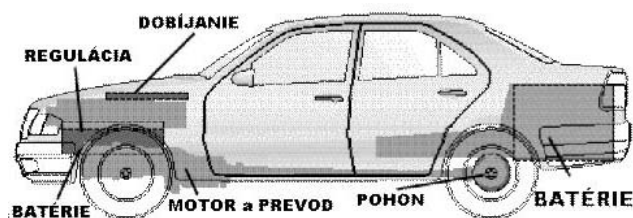
### **Dobíjanie batérií**

Olovené batérie si vyžadujú 8 až 12 hodinové dobíjanie na plnú kapacitu. Existujú však technológie a vozidlá, ktoré si vyžadujú kratšie doby. Dobíjanie batérií modelu Ford Ecostar trvá približne 4 až 6 hodín. Táto doba je však stále veľmi dlhá a v bežných podmienkach vodičom zvyknutým na čerpanie pohonných hmôt v priebehu pár minút určite nevyhovuje. Nabíjanie batérií z elektrickej zásuvky má však aj isté výhody. Elektromobily môžu byť dobíjané všade tam, kde je prístup k elektrickej sieti s bežným napätím 220 V. V súčasnosti však existujú aj batérie a nabíjacia technológia na veľmi rýchle nabíjanie, ktoré netrvá viac ako 10 až 15 minút.

### **Základné časti elektromobilu**

Bežný elektromobil (obr.79) sa skladá zo štyroch základných častí, ktorými sa odlišuje od klasického vozidla so spaľovacím motorom, sú to:

- elektrický motor
- elektronický regulátor
- systém dobíjania batérií
- sada batérií.



Obr. 79 Skladba elektromobilu

## 7.5 Hybridné vozidlá

V poslednom čase sa na cestách objavuje stále viac tzv. hybridných vozidiel, ktoré kombinujú výhody viacerých (zvyčajne dvoch) spôsobov pohonu. Takéto vozidlá môžu využívať spaľovací motor na rôzne palivá alebo tiež kombináciu spaľovacieho motora s elektromotorom. Hoci myšlienka hybridného vozidla nie je nová (prvé takéto vozidlo vzniklo začiatkom storočia) a od začiatku 70-tych rokov sa do tohto vývoja investovala viac ako jedna miliarda amerických dolárov (len v USA bolo od roku 1994 investovaných viac ako 750 mil. dolárov), neexistuje dnes na trhu ani jedno hybridné vozidlo, ktoré by bolo vyrábané vo väčších sériách.

V súčasnej dobe sa objavujú na cestách hybridné vozidlá v kombinácii elektromotora a spaľovacieho motora, ktorých hlavnými protagonistami sú automobilky Toyota, Nissan a Audi. Koncom roka 1997 uviedla nemecká automobilka Audi svoj hybridný model Duo, ktorý je postavený na báze klasického modelu Audi A4 Avant. Vozidlo je kombináciou 4-valcového turbo-dieselového motora, určeného na pohon hlavne mimo mesta a elektrického motora poháňajúceho vozidlo v mestskej premávke.

### Automobily s priamim spaľovaním vodíka

Automobily spaľujúce vodík v motore s vnútorným spaľovaním využívajú reakciu vodíka so vzdušným kyslíkom, pri ktorej vzniká energia a táto sa využíva na pohon vozidla. Zjednodušene sa dá povedať, že jedinou zmenou je náhrada benzínu za

vodík, pričom ostatné časti vozidla zostávajú funkčne tie isté. Ako palivo pre vozidlá sa vodík dnes nachádza len experimentálnej fáze svojho vývoja, avšak jeho perspektíva je veľká. Uplatnenie sa týchto vozidiel na trhu si však bude vyžadovať prekonanie viacerých problémov.

## 7.6 Solárne automobily

Solárne automobily sú všetkým možným, len nie praktickými vozidlami a v tejto publikácii sú uvedené viac- menej pre zaujímavosť technického riešenia. Kombinácia elektrického pohonu a slnečných článkov je zlúčením drahej a krehkej technológie, o ktorej niektorí odborníci tvrdia, že niektorí výrobcovia automobilov ju podporujú len preto, aby dokázali nepraktickosť elektrického pohonu vozidiel. V čom je teda hodnota solárnych automobilov? Predovšetkým je to skutočnosť, že v týchto vozidlách sa realizoval dávny sen a fantázia mnohých konštruktérov - využitie slnečnej energie na pohon kolies.

### Dusík

Dusík je najrozšírenejším plynom vo vzduchu a predstavuje až 70% jeho objemu. Čistý dusík sa vyznačuje veľmi nízkym bodom varu a v skvapalnenej forme v sebe ukrýva veľké množstvo potenciálnej energie. Túto energiu je tiež možné použiť na pohon vozidiel. Fyzikálny princíp jazdy na dusík je založený na odparovaní dusíka v tepelnom výmenníku. Pri tomto procese vzniká energia vo forme mechanického tlaku, ktorá poháňa vzduchový piestový motor. Ako zdroj tepelnej energie, ktorá spôsobuje odparovanie dusíka, skladovaného v palivovej nádrži automobilu, sa využíva okolitá atmosféra.

### Budúci vývoj spotreby

Na spotrebe ropy podobne ako na využívaní iných foriem energie a surovín Zeme sa dnes výraznou mierou podieľajú vyspelé krajiny (kam z hľadiska úrovne spotreby patrí aj Slovensko).

Rozdiely medzi bohatými a chudobnými krajinami sú stále veľmi veľké. Podľa správy OSN o ľudskom rozvoji (UN Human Development Report, 1998) pätina svetovej populácie žijúca vo vyspelých krajinách sa na svetovej spotrebe podieľa až 86 %. Správa tiež uvádza, že spotreba fosílnych palív vzrástla 5-násobne od roku 1950.

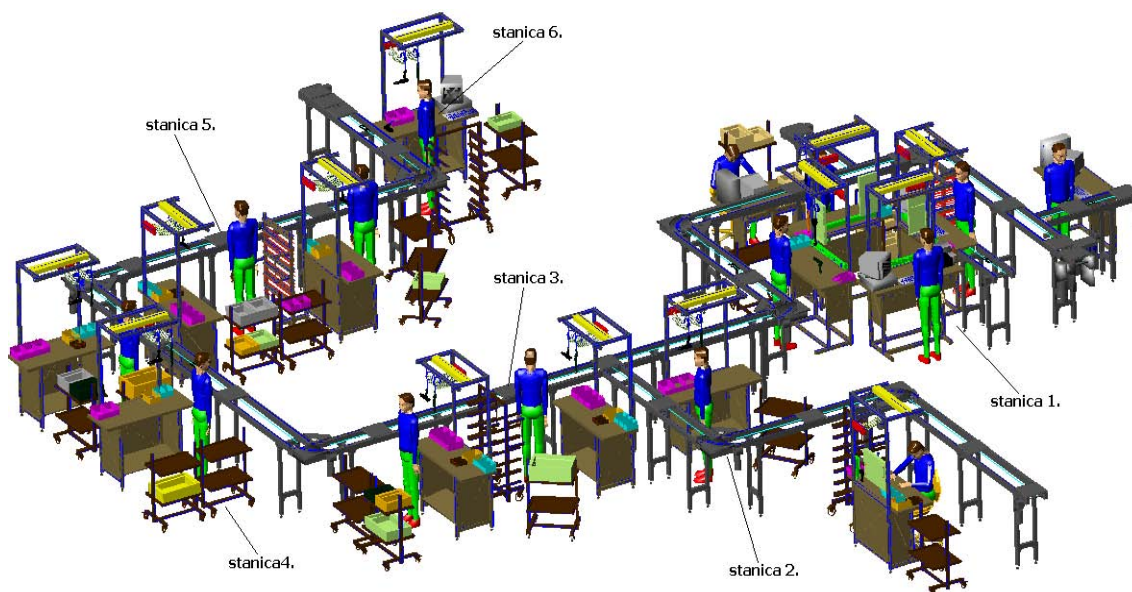


Rozsah budúcich problémov s energiou sa dá predpokladať aj na základe scenára, ktorý zverejnilo americké ministerstvo energetiky v roku 1997. Podľa tejto prognózy je možné počas nasledujúcich dvoch desaťročí očakávať nárast spotreby energie vo všetkých regiónoch sveta, pričom najvyšší prírastok sa predpokladá v Ázii. Objem očakávaného nárastu v období od roku 1995 do roku 2015 má dosiahnuť veľkosť celosvetovej spotreby energie v roku 1973.

Je zrejmé, že väčšina odhadov životnosti rezerv ropy sa vzťahuje na dnešný trend spotreby a súčasný počet obyvateľov Zeme. Ak by však počet obyvateľov dosiahol hranicu 10 miliárd (čo sa predpokladá v roku 2030) a všetci by spotrebovávali energiu v takom množstve, ako to dnes robí napr. občan USA, tak by celosvetové zásoby ropy vydržali sotva 4 roky. Z uvedeného je zrejmé, že životnosť rezerv ropy bude v rozhodujúcej miere závisieť na budúcom vývoji spotreby.

## 8. Príklad laboratorného pracoviska pre montáž piestového spaľovacieho motora

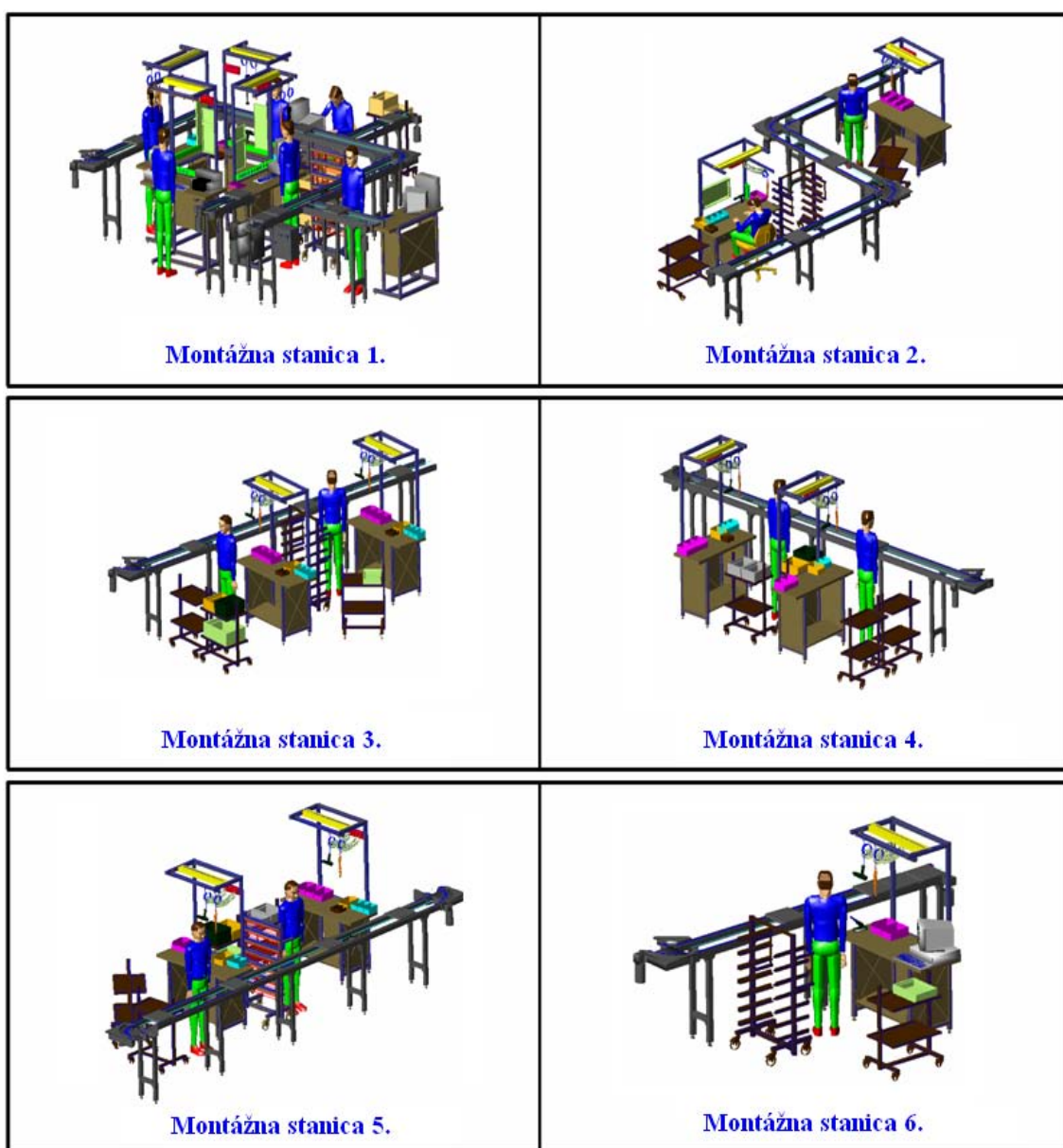
Návrh komplexného montážneho pracoviska pozostáva zo 6 montážnych staníc obr.90. Toto montážne pracovisko slúži na prezenčné účely a na lepšie pochopenie postupnosti montáže a preto sa nemusí zhodovať so skutočným montážnym pracoviskom na montáž motorov.



Obr. 90 Komplex montážnych staníc pre montáž motora automobilu.



- **stanica 1.** – montáž prvej podskupiny,
- **stanica 2.** – montáž druhej podskupiny,
- **stanica 3.** – montáž rozvodovej a mazacej sústavy,
- **stanica 4.** – montáž chladiacej, nasávacej a vstrekovacej sústavy,
- **stanica 5.** – montáž príslušenstva pohonu drážkovaným remeňom a výfukovej sústavy,
- **stanica 6.** – montáž vrchného krytu motora a jeho finálna kontrola.

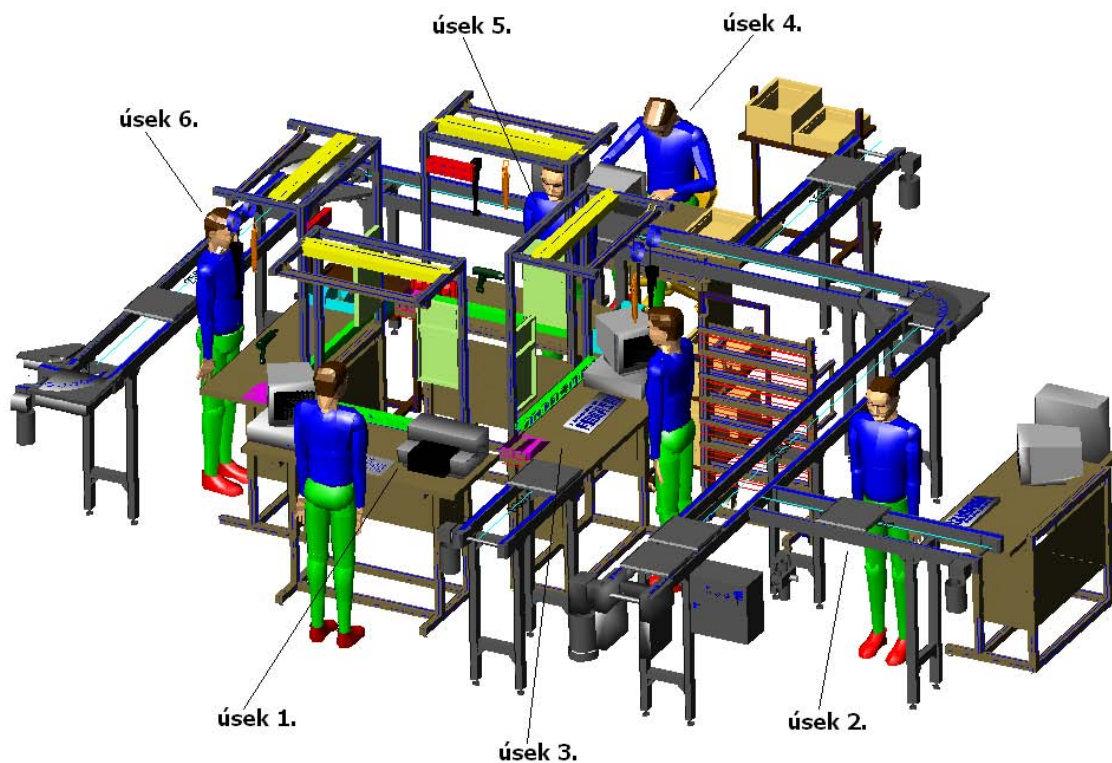


Obr. 91 Montážne stanice komponentov motora

### 8.1.1 Popis montáže na jednotlivých montážnych stanicach

➤ **Prvá montážna stanica** obr.92 sa skladá zo 6 montážnych úsekov a je zároveň najzložitejšia zo všetkých staníc z celkového komplexu montážneho pracoviska. Na tejto montážnej stanici sa montuje prvá montážna podskupina pozostávajúca z týchto častí: blok motora, zátky bloku, kľukový hriadeľ, ojnica, piest, piestne krúžky, piestny čap, zotrvačník a ďalšie príslušné časti.

- **úsek 1.** – riadenie montážneho procesu,
- **úsek 2.** – príprava blokov,
- **úsek 3.** – montáž kľukového hriadeľa a príslušenstva,
- **úsek 4.** – podmontáž piestovej sústavy a príslušenstva,
- **úsek 5.** – montáž kompletnej piestovej sústavy a príslušenstva,
- **úsek 6.** – montáž zotrvačníka a nastavenie piestovej sústavy (TDC).



Obr. 92 Prvá montážna stanica na montáž prvej montážnej podskupiny

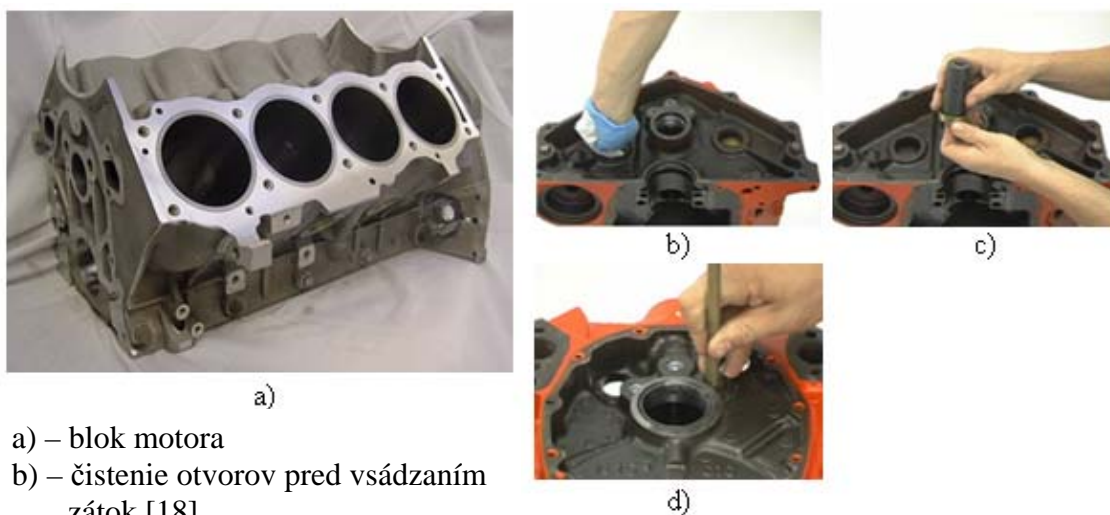


- Na prvom úseku sa začína riadenie celého montážneho procesu počnúc od prijímania objednávok z riadiaceho centra, špeciálnych požiadaviek zákazníkov až po expedíciu hotových motorov vid'. obr.93.



Obr. 93 Riadenie montáže

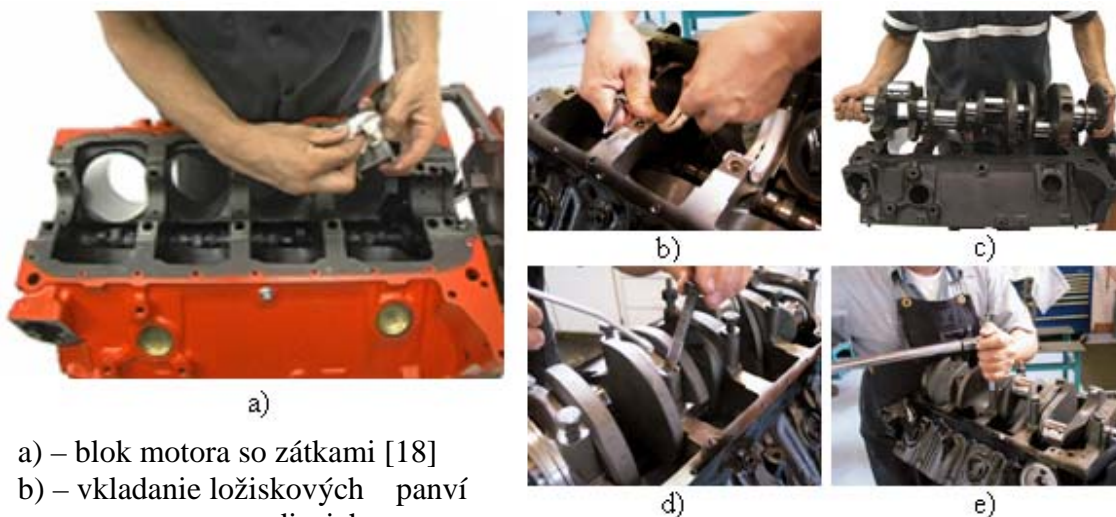
- Na druhom úseku sa pripravujú bloky motorov, do ktorých sa vsádzajú ochranné zátky proti poškodeniu pri zamrznutí kvapaliny v bloku a tesniace zátky mazacieho systému. Tento proces je uvedený na obr. 94.



- a) – blok motora  
b) – čistenie otvorov pred vsádzaním zátk [18]  
c) – vkladanie ochranných zátk [18]  
d) – vkladanie tesniacich zátk [18]

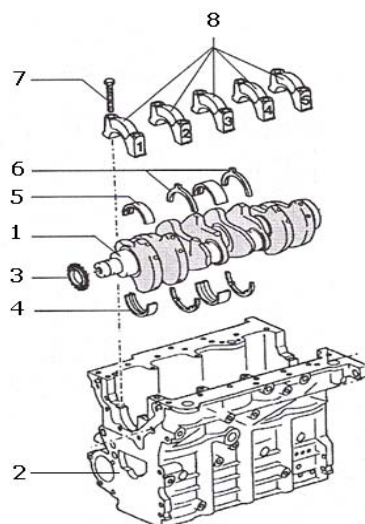
Obr. 94 Príprava bloku motora a inštalácia príslušných zátk

➤ Na treťom úseku sa do blokov, ktoré prichádzajú z úseku 1 vkladajú ložiskové panvy a vodiace segmenty. Dôležitým faktorom v každej fáze montáže je mazanie všetkých funkčných plôch. Následne sa vkladá kľukový hriadeľ, ktorý sa priskrutkováva spoločne s vekom hlavných ložísk pomocou skrutiek. Dôležité je dodržať sled vkladania viek a uťahovania skrutiek. Tento proces je uvedený na obr.95.



- a) – blok motora so zátkami [18]  
b) – vkladanie ložiskových panví  
a vodiacich segmentov [26]  
c) – vkladanie kľukového hriadeľa  
d) – priskrutkovávanie veka ložísk

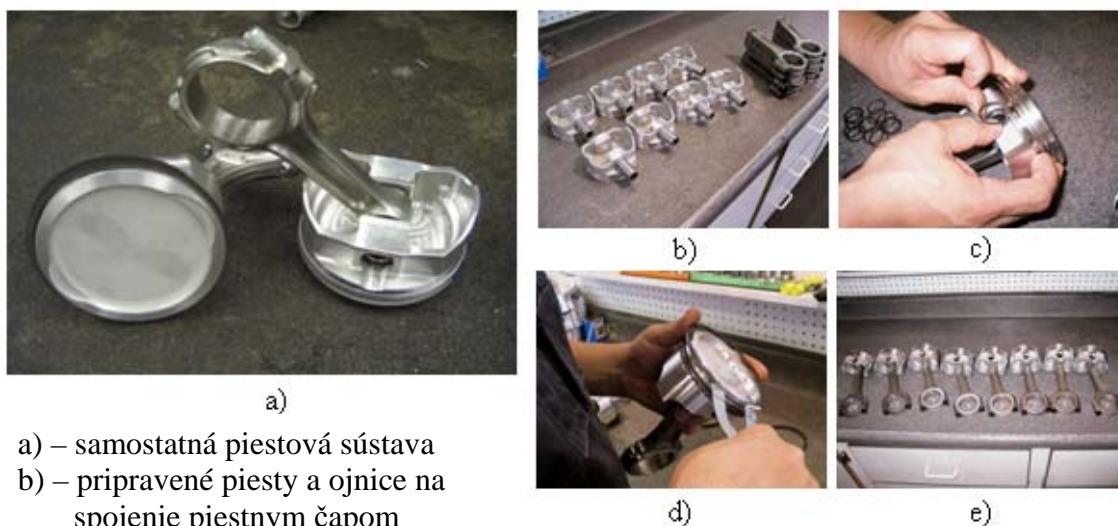
Obr. 95 Montáž kľukového hriadeľa a jeho častí



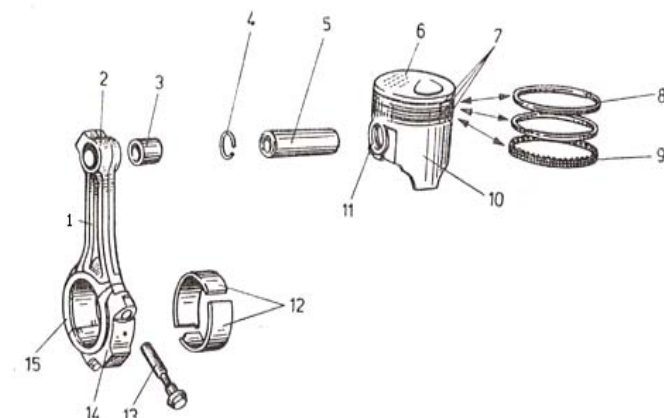
Obr. 96 Uloženie kľukového hriadeľa vozidiel Škoda Octavia

1 – kľukový hriadeľ, 2 – blok motora, 3 – reťazové koleso olejového čerpadla, 4 – panva hlavného ložiska, 5 – panva, 6 – vymedzovací segment, 7 – skrutky, 8 – veko hlavného ložiska

➤ **Na štvrtom úseku** sa montuje samostatná piestová sústava, ktorá pozostáva z ojnice s puzdrom, piestu, piestneho čapu s poistkou, ložiska a z piestnych krúžkov. Ako prvé sa spoja piest a ojnica s puzdrom pomocou piestneho čapu, ktorý sa poistí voči axiálnemu pohybu poistným krúžkom. Následne sa pomocou špeciálnych klieští nasadia piestne krúžky. Tento proces je uvedený na obr.97.



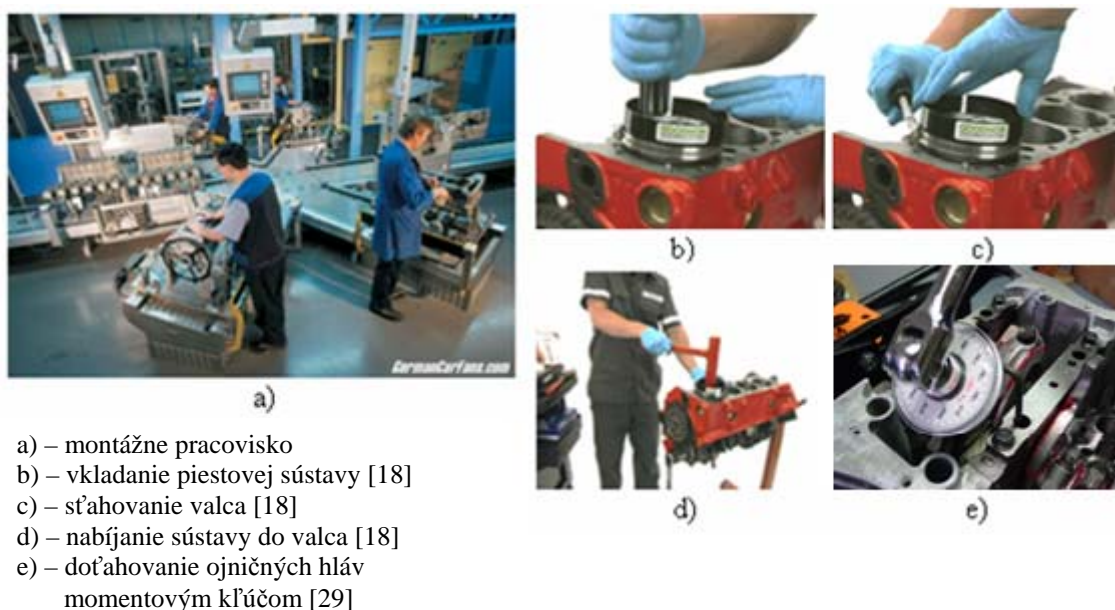
**Obr. 97 Montáž samostatnej piestovej sústavy**



Obr. 98 Časti samostatnej piestovej sústavy

1 – driek ojnice, 2 – oko ojnice, 3 – puzdro oka ojnice, 4 – poistný krúžok, 5 – piestny čap, 6 – hlava piesta, 7 – drážky pre piestne krúžky, 8 – tesniaci piestny krúžok, 9 – stierací piestny krúžok, 10 – plášť piesta, 11 – oko pre poistný krúžok, 12 – panva ojniového ložiska, 13 – skrutka, 14 – veko ojnice, 15 – dolná hlava ojnice

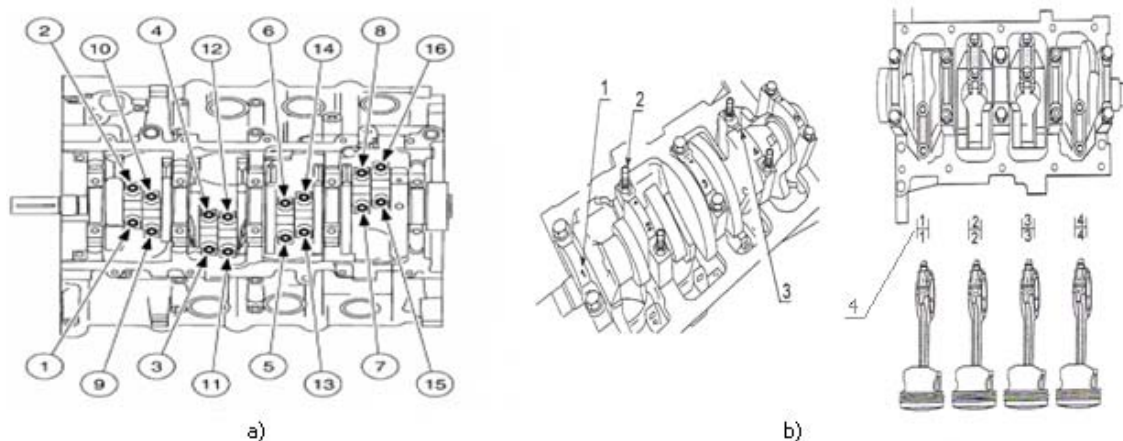
➤ **Na piatom úseku** sa montuje piestová sústava z úseku štyri na kľukový hriadeľ. Na piest s krúžkami sa nasadí špeciálny sťahovací valec, ktorý sa následne vloží do valca bloku a gumeným kladivom vytvoreným na tento účel sa táto sústava s ojniceu nabije do valca. Sústava sa pripevňuje ku kľukovému hriadeľu pomocou ojničných viek, pričom aj v tomto prípade je dôležitá súslednosť doťahovania skrutiek jednotlivých viek. Tento proces je uvedený na obr.99.



- a) – montážne pracovisko  
b) – vkladanie piestovej sústavy [18]  
c) – sťahovanie valca [18]  
d) – nabíjanie sústavy do valca [18]  
e) – doťahovanie ojničných hláv momentovým kľúčom [29]

Obr. 99 Montáž piestovej sústavy na kľukový hriadeľ

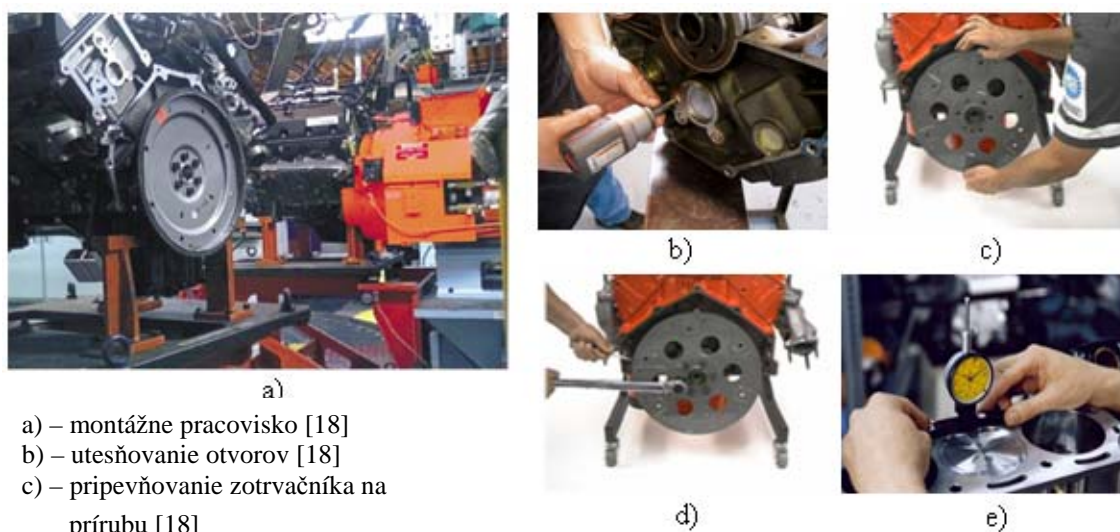




**Obr. 100 a - súslednosť dot'ahovania skrutiek ojničných hláv,  
b - označenie vek hlavných čapov a ojničných hláv**

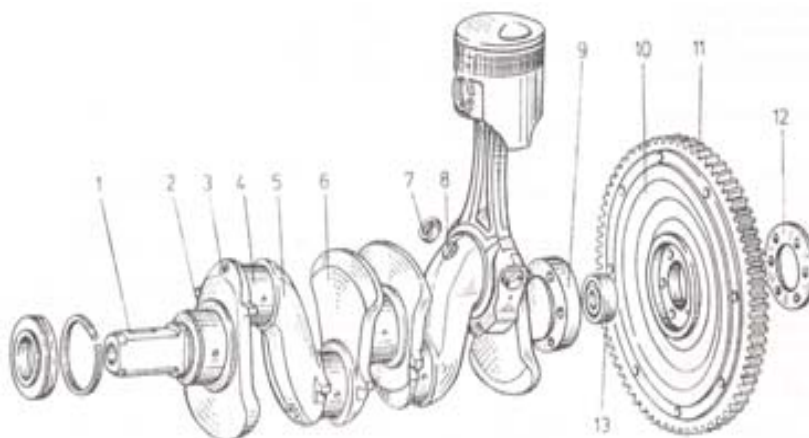
1 – číslovanie ložiskového veka, 2 – skrutka so závitovým kolíkom, 3 – označenie montážneho miesta, 4 – číslovanie ojníc a ojničných hláv

➤ **Na šiestom úseku** sa uskutočňuje montáž zotrvačníka. Pred jeho samotnou montážou sa utesnia všetky otvory a v prípade potreby sa namontujú potrebné veká a kryty. Zotrvačník sa nasúva na kľukový hriadeľ, ktorý je opatrený z jednej strany prírubou, na ktorý sa potom pripevňuje skrutkami. Ďalej sa nastavuje piestová sústava a to nájdením mŕtveho bodu TDC (zdvihová zastávka piestu) pomocou mikrometra. Toto nastavenie je veľmi dôležité z hľadiska správnej činnosti a fázovania vačkových hriadeľov, ktoré riadia sacie a výfukové ventily. Tento proces je uvedený na obr.101.



- a) – montážne pracovisko [18]  
b) – utesňovanie otvorov [18]  
c) – pripevňovanie zotrvačníka na prírubu [18]  
d) – dot'ahovanie skrutiek zotrvačníka [18]  
e) – nastavovanie piestovej sústavy

**Obr. 101 Montáž zotrvačníka a nastavenie piestovej sústavy**

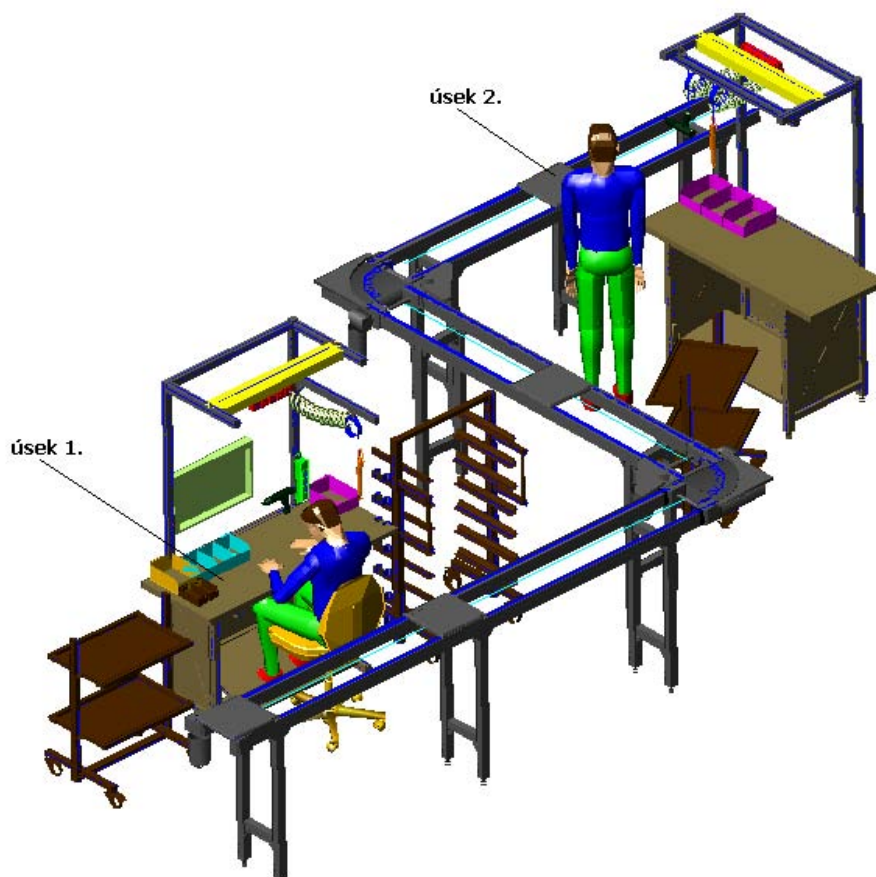


**Obr. 102 Kľuková sústava**

1 – koniec kľukového hriadeľa, 2 – predný hlavný čap, 3 – otvor olejového kanála, 4 – ojníčny čap, 5 – rameno kľuky, 6 – protizávažie, 7 – uzáver olejového kanála, 8 – olejový kanál, 9 – príruha kľukového hriadeľa, 10 – zotrvačník, 11 – ozubený veniec zotrvačníka, 12 – zabezpečovacia podložka, 13 – ložisko spojkového hriadeľa

➤ **Druhá montážna stanica** obr.103 sa skladá z 2 montážnych úsekov. Táto montážna stanica vytvára druhú montážnu podskupinu a to hlavu valcov a jej časti, ktorá sa následne montuje na prvú montážnu podskupinu vychádzajúcu z prvej montážnej stanice. Medzi hlavné časti tejto skupiny patria: hlava valcov, vačkový hriadeľ a jeho pohon, ventily, ventilové pružiny, zdvíhadlá, vahadlá a ďalšie príslušné častí.

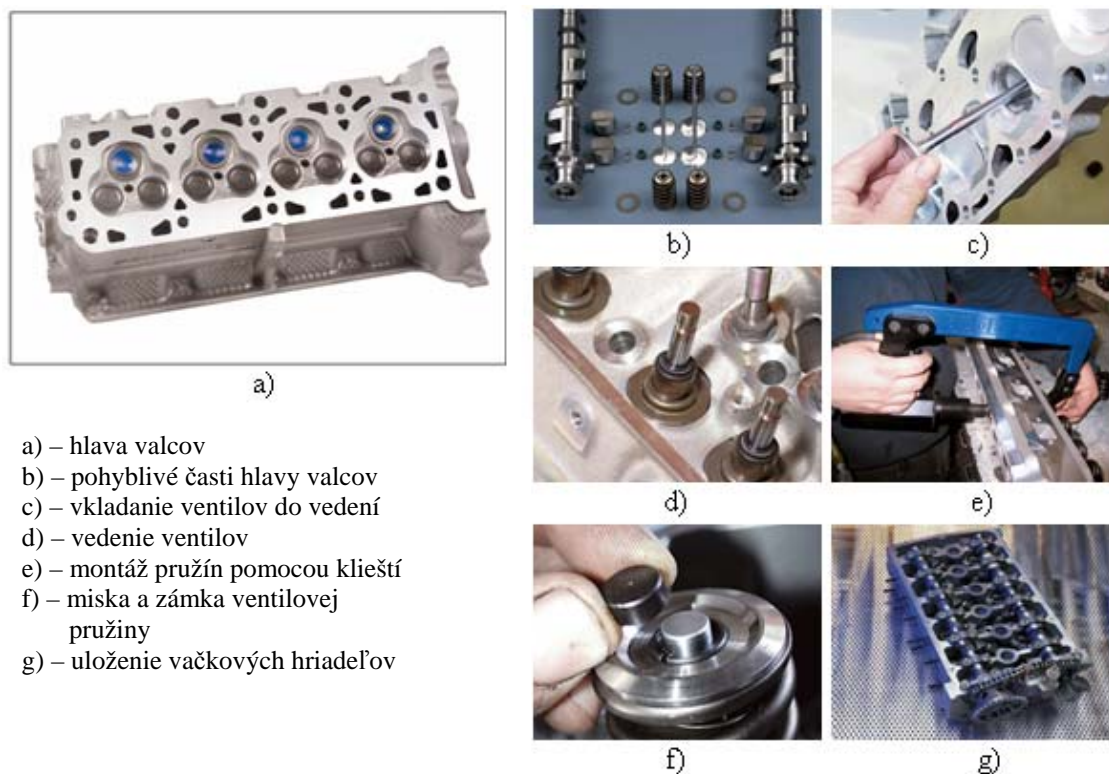
- **úsek 1.** – montáž hlavy valcov
- **úsek 2.** – submontáž hlavy valcov a podskupiny z prvej montážnej stanice



Obr. 103 Druhá montážna stanica na montáž druhej montážnej podskupiny

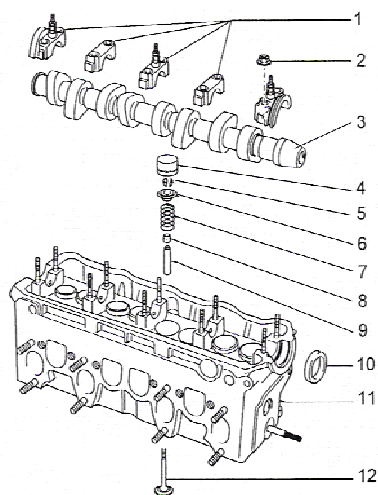
- Na prvom úseku sa montuje hlava valcov obr.104 , ktorá pozostáva zo samotnej hlavy valcov, ventilov, ventilových pružín, misiek pružín, vahadiel, zdvihátok, vačkového hriadeľa a rôzneho ďalšieho príslušenstva. Ako prvé sa vkladajú ventily do ich vedení, následne na ktoré sa pomocou špeciálnych klieští nasúvajú ventilové pružiny, ktoré sa uzatvárajú miskami a zabezpečujú zámkami voči povoleniu. Na záver sa montujú vahadlá a zdvíhadlá jednotlivých ventilov, ktoré sú riadené pomocou vačkových hriadeľov. Vačkové hriadele sa upevňujú pomocou viek s ložiskami.





- a) – hlava valcov
- b) – pohyblivé časti hlavy valcov
- c) – vkladanie ventilov do vedení
- d) – vedenie ventilov
- e) – montáž pružín pomocou klieští
- f) – miska a zámka ventilovej pružiny
- g) – uloženie vačkových hriadeľov

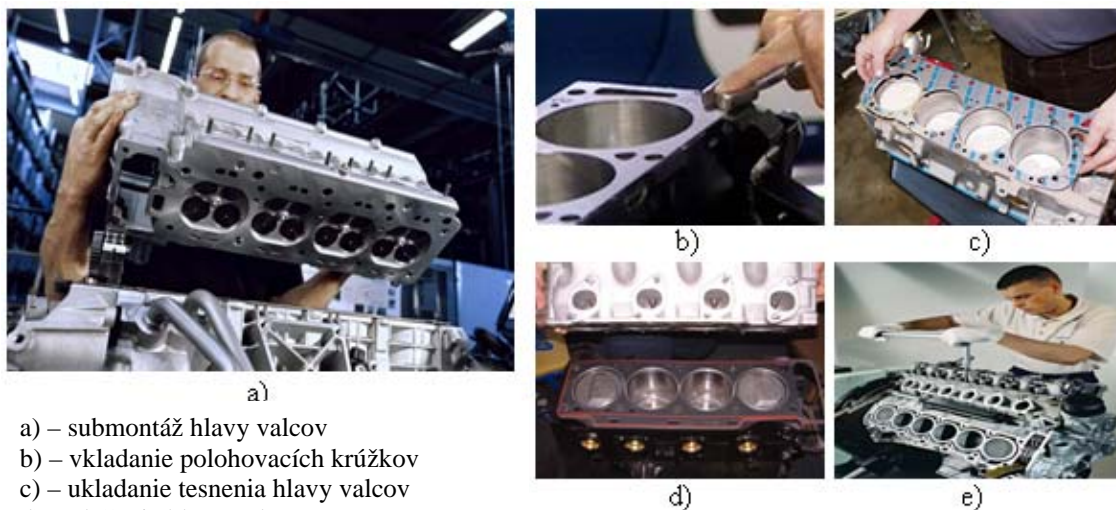
**Obr. 104** Montáž hlavy valcov



**Obr. 105** Uloženie vačkového hriadeľa v hlave valcov, Škoda

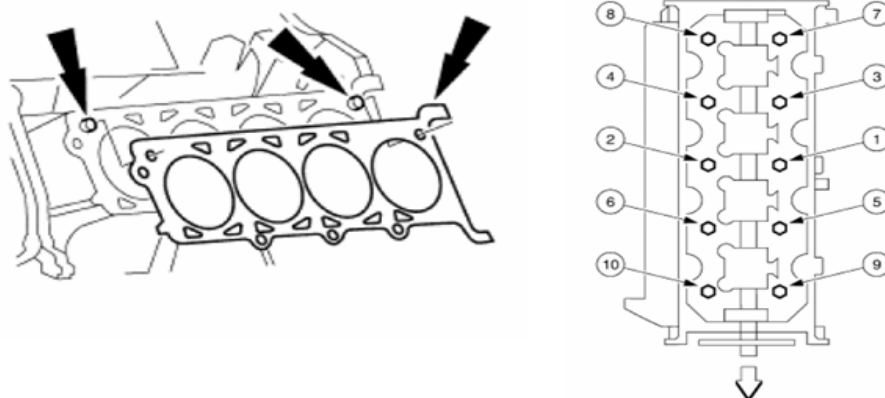
1 - veká ložísk vačkového hriadeľa, 2 – upevňovacia matica, 3 – vačkový hriadeľ, 4 – hydraulické zdvíhadlo, 5 – ventilové kužele, 6 – miska ventilu, 7 – pružina, 8 – tesnenie drieku, 9 – ventilové vodítko, 10 – tesniaci krúžok vačky, 11 – hlava valcov, 12 - ventil

➤ Na druhom úseku sa realizuje submontáž hlavy valcov a podskupiny z prvej montážnej stanice obr.106. Zmontovaná hlava valcov sa pripieňuje k bloku motora, ktorý je opatrený príslušným tesnením pomocou upevňovacích skrutiek. Polohu tesnenia zabezpečujú pomocné polohovacie krúžky. Dôležitým faktorom je postupnosť uťahovania skrutiek, ktorý treba dodržať.



- a) – submontáž hlavy valcov
- b) – vkladanie polohovacích krúžkov
- c) – ukladanie tesnenia hlavy valcov
- d) – uloženie hlavy valcov
- e) – dot'ahovanie skrutiek hlavy valcov

Obr. 106 Submontáž hlavy valcov a podskupiny z prvej montážnej stanice

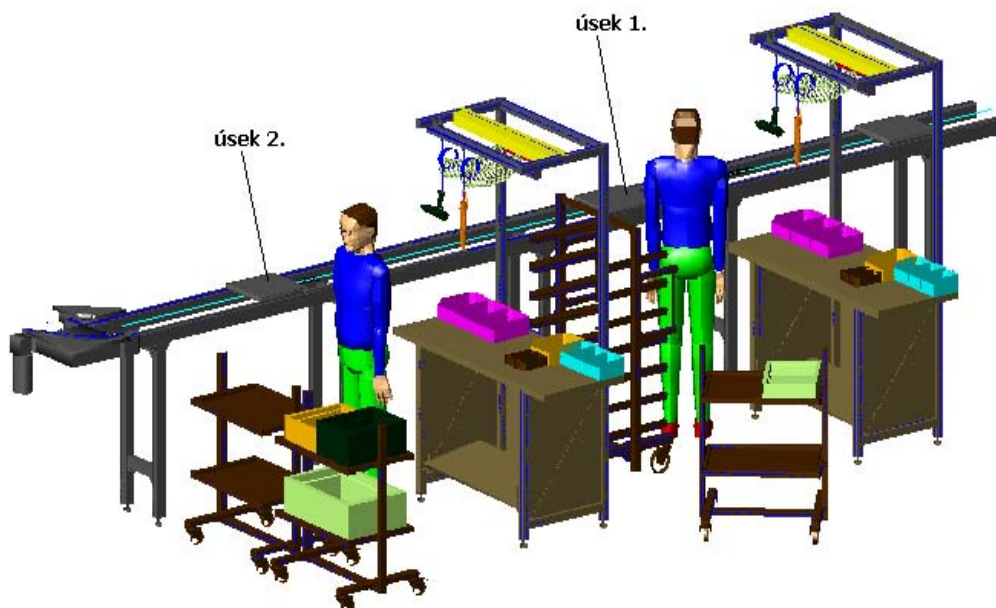


Obr. 107 Polohovanie tesnenia pomocou polohovacích krúžkov a postupnosť uťahovania skrutiek hlavy valcov

➤ Tretia montážna stanica obr.108 sa skladá z dvoch montážnych úsekov. Na prvom úseku sa montuje rozvodová sústava na podskupinu z druhej montážnej stanice.

Medzi hlavné časti tejto sústavy patria reťaze, ozubené kolesá, napínačky, veká, kryty a ďalšie príslušenstvo. Následne sa na túto podskupinu montuje mazacia sústava pozostávajúca z olejovej vane, čerpadla, filtra, snímača a ďalšieho príslušenstva.

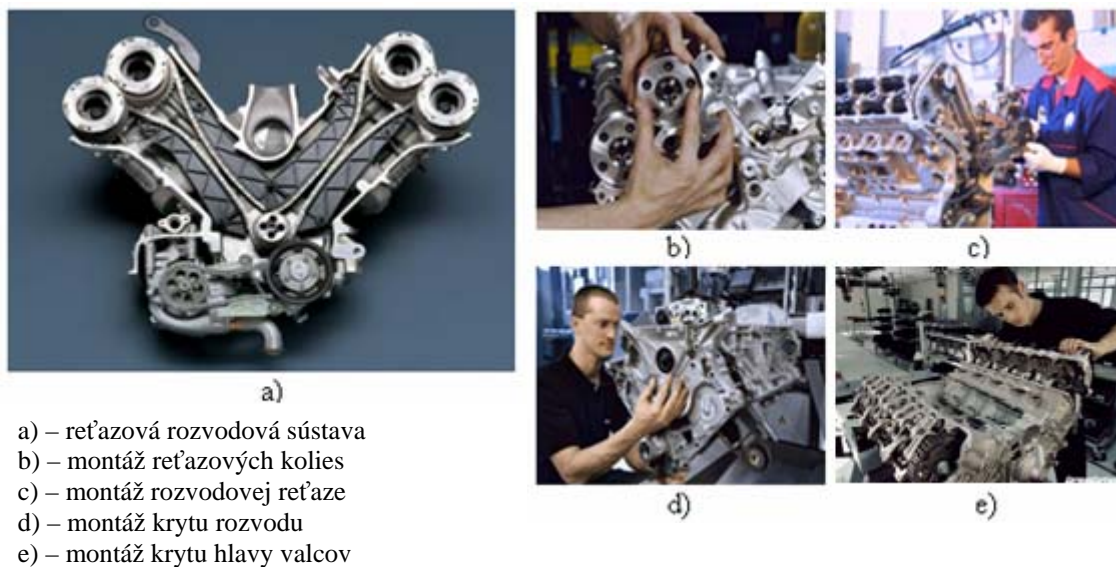
- **úsek 1.** – montáž reťazovej rozvodovej sústavy
- **úsek 2.** – montáž olejovej sústavy



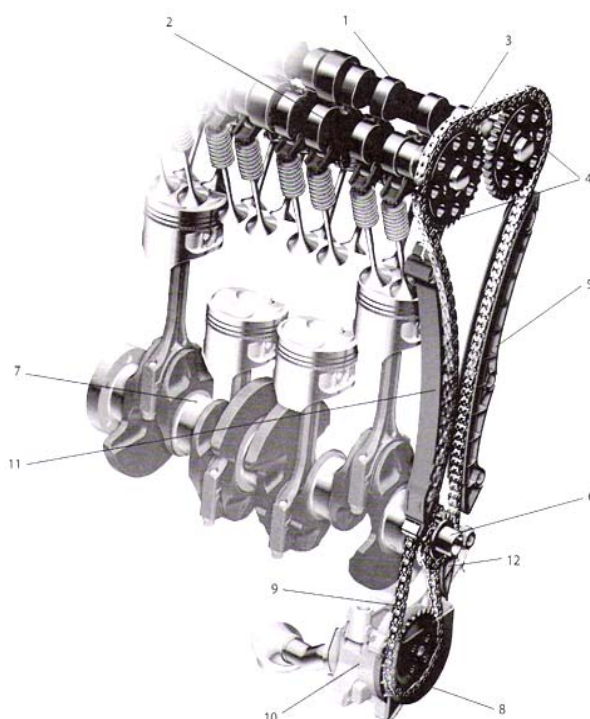
**Obr. 108** Tretia montážna stanica pre montáž rozvodovej a olejovej sústavy

➤ Na prvom úseku sa realizuje montáž reťazového rozvodu obr.109. Ako prvé sa pripevňujú vodiace lišty k bloku motora, ktorými je rozvodová reťaz vedená. Následne sa montujú reťazové kolesá spoločne s rozvodovou reťazou na voľné konce vačkových hriadeľov, kľukového hriadeľa prípadne i na hriadeľ olejového čerpadla. Rozvodová reťaz sa napína hydraulickým napínačom. Na tomto úseku sa montuje tiež olejové čerpadlo z dôvodu jeho pohonu. V konečnej fáze je celá rozvodová sústava a hlava valcov prikrytá krytmi s tesnením.





**Obr. 109** Montáž reťazovej rozvodovej sústavy



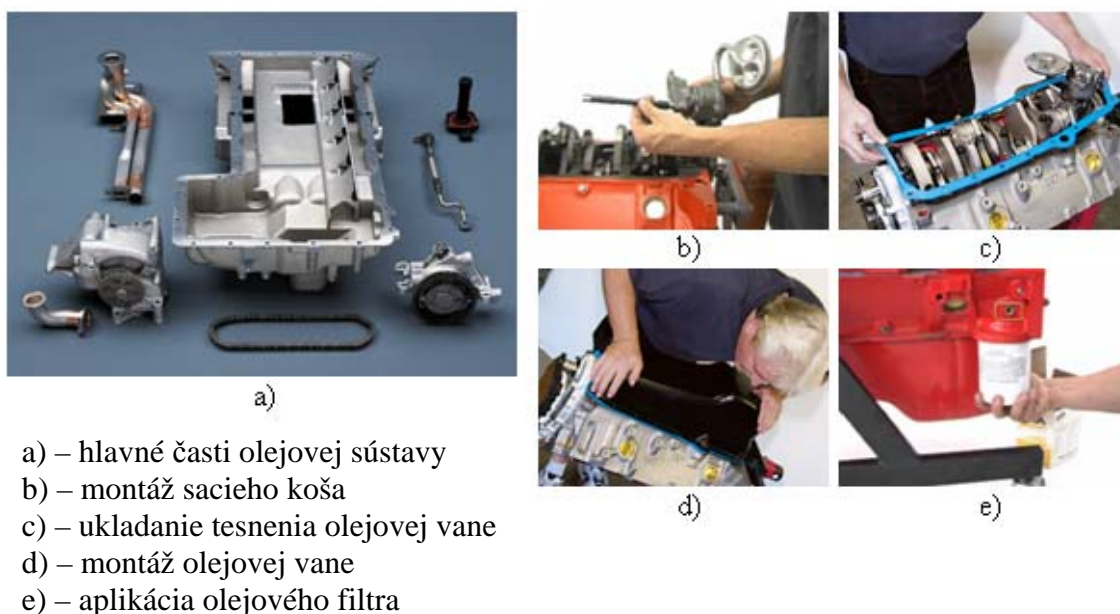
**Obr. 110** Reťazový rozvod vačkových hriadeľov a olejového čerpadla Škoda Octavia

1 – vačkový hriadeľ výfukových ventilov, 2 – vačkový hriadeľ sacích ventilov, 3 – rozvodová reťaz, 4 – reťazové koleso, 5 – vodiaca lišta, 6 – čap kľukového hriadeľa s dvomi reťazovými kolesami, 7 – kľukový hriadeľ, 8 – reťazové koleso olejového

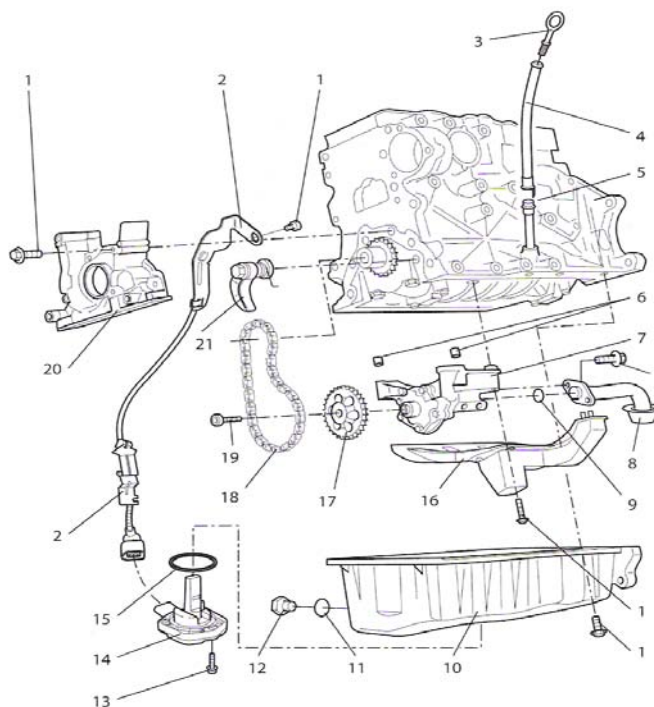
čerpadla, 9 – reťaz pre pohon olejového čerpadla, 10 – olejové čerpadlo, 11 – hydraulická napínacia lišta, 12 – napínák reťazi olejového čerpadla

➤ **Na druhom úseku** sa uskutočňuje montáž mazacej sústavy obr.111. Tento proces sa začína montážou sacieho koša s potrubím. Následne sa montuje olejová vaňa s príslušným tesnením a snímačom hladiny a teploty oleja, pričom pri tejto operácii je dôležité dodržať súslednosť doťahovania skrutiek vane. Poslednou operáciou tohto úseku je aplikácia olejového filtra.

➤



**Obr. 111 Montáž mazacej sústavy**



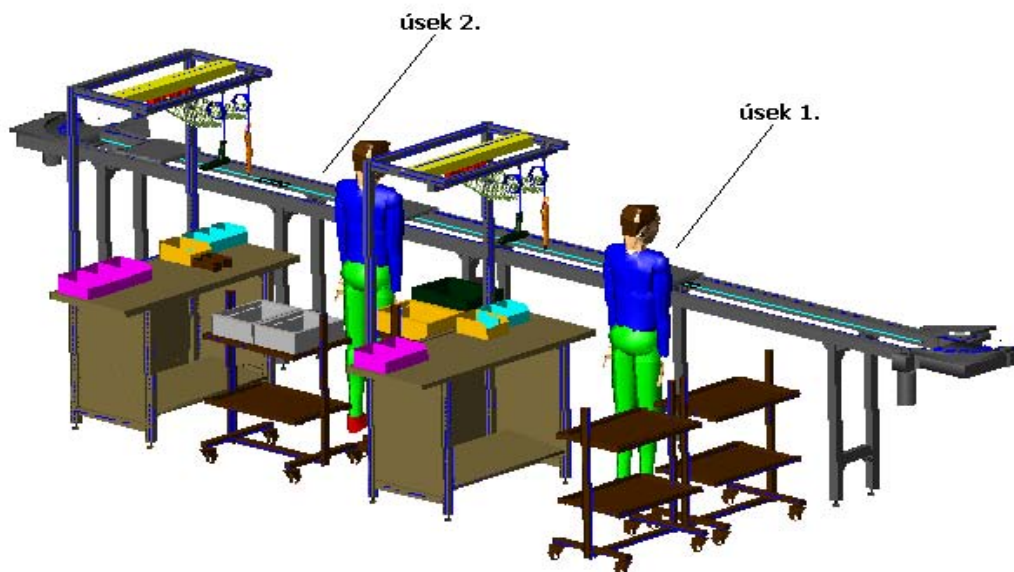
Obr. 112 Montážny prehľad mazacej sústavy Škoda Octavia

1,13,19 – skrutka, 2 – držiak káblu snímača hladiny a teploty oleja, 3 – olejová mierka, 4 – zavádzací nátrubok, 5 – vodiaca trubka, 6 – puzdro, 7 – olejové čerpadlo s pretlakovým ventilom, 8 – sacia trubka, 9,15 – O krúžok, 10 – olejová vaňa, 11 – tesniaci krúžok, 12 – výpustná skrutka oleja, 14 – snímač hladiny a tlaku oleja, 16 – medzi stena, 17 – reťazové koleso olejového čerpadla, 18 – reťaz olejového čerpadla, 20 – predná tesniaca príruha, 21 – napinák reťaze

➤ **Štvrtá montážna stanica** sa skladá z dvoch montážnych úsekov obr.113. Na prvom úseku sa montuje ústrojenstvo chladiacej časti motora a na druhom úseku prebieha montáž nasávacieho a vstrekovacieho ústrojenstva motora. Tieto ústrojenstvá sú prevažne tvorené z plastových dielcov, hadíc a rôzneho ich ďalšieho príslušenstva.

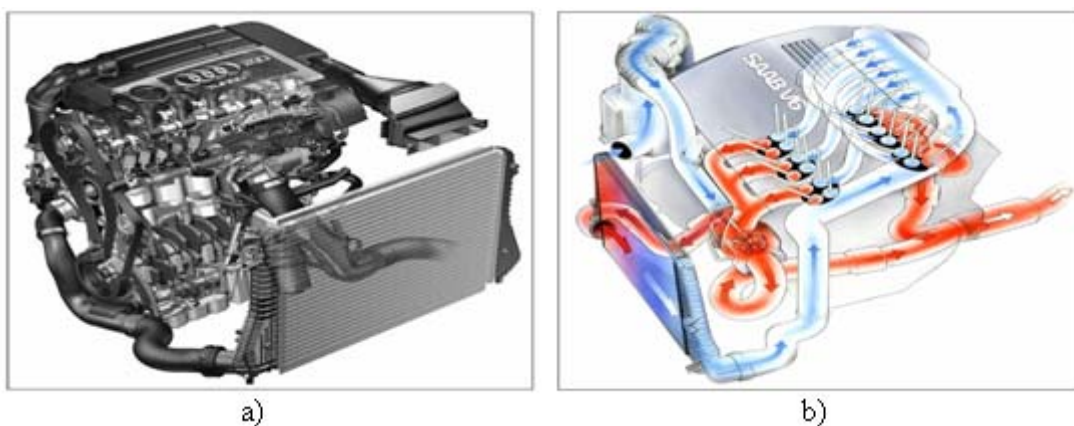
- **úsek 1.** – montáž chladiacej sústavy motora
- **úsek 2.** – montáž nasávacej a vstrekovacej sústavy motora





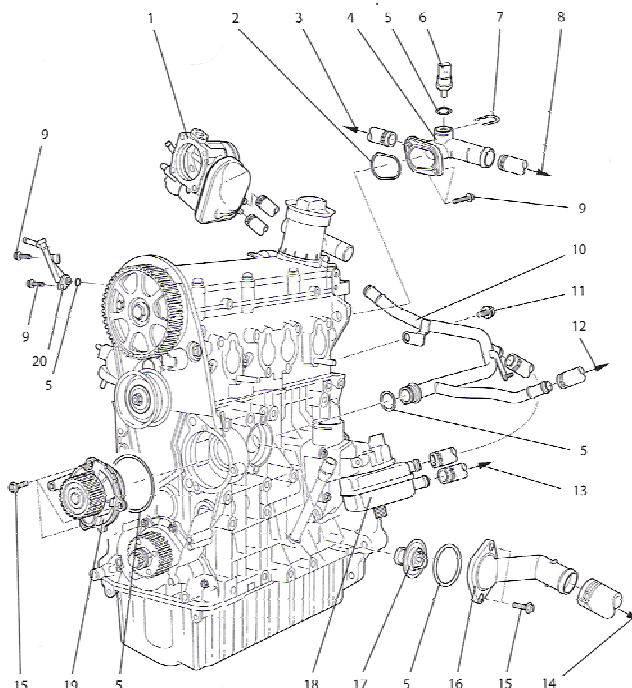
**Obr. 113 Štvrtá montážna stanica pre montáž chladiacej, nasávacej a vstrekovacej sústavy**

➤ Na prvom úseku sa realizuje montáž chladiacej sústavy motora obr.114. Pozostáva zo sústavy hadíc, ktoré zabezpečujú dopravu chladiacej kvapaliny a sú prichytené úchytnými k bloku motora. Jadrom celej sústavy je čerpadlo chladiacej kvapaliny, ktorá zabezpečuje prúdenie chladiacej kvapaliny v sústave.



a) – chladiaca sústava motora Audi 2.0T FSI  
b) – schéma chladiacej sústavy motora Saab V6

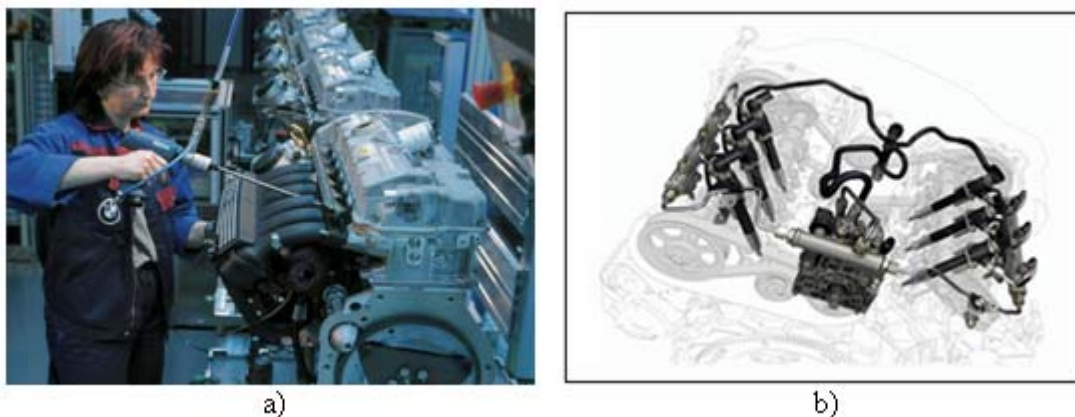
**Obr. 114 Chladiaca sústava motora**



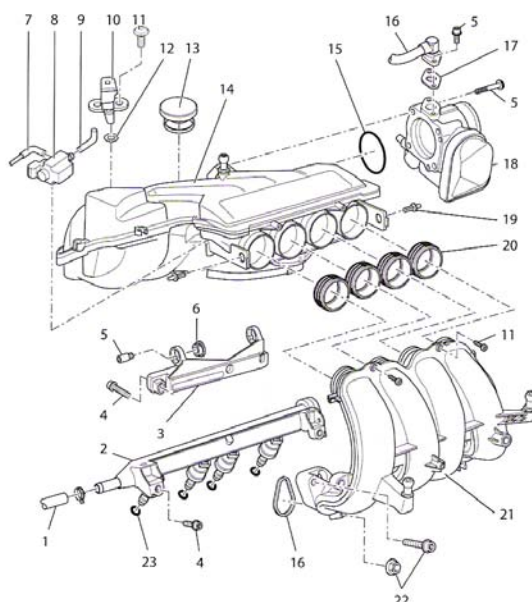
**Obr. 115** Montážny prehľad chladiacej sústavy na motore Škoda Octavia

1 – jednotka ovládania škrtiacej klapky, 2 – tesniaci krúžok, 3 – k výmenníku tepla kúrenia, 4,16 – prípojné hrdlo, 5 – O krúžok, 6 – snímač teploty chladiacej kvapaliny, 7 – prídržná spona, 8 – k chladiču nahor, 9 – upevňovacia skrutka prípojného hrdla, 10 – trubka chladiacej kvapaliny, 11,15 – upevňovacia skrutka, 12 – hadica vyrovnávacej nádobky, 13 – k hornej hadici chladiacej kvapaliny, 14 – spodná hadica chladiacej kvapaliny, 17 – termoregulátor chladiacej kvapaliny, 18 – chladič motorového oleja, 19 – čerpadlo chladiacej kvapaliny, 20 – odvzdušňovacia prípojka k vyrovnávacej nádobke

➤ **Na druhom úseku** sa montuje nasávací systém spoločne so vstrekovacou sústavou. Proces montáže nasávacej sústavy je zobrazený na obr.116 a. Vstrekovacia sústava sa skladá z potrubí, úchytiak, vysokotlakového čerpadla a vstrekovacích dýz.



Obr. 116 a) – montáž nasávacej sústavy  
b) – vstrekovacia sústava

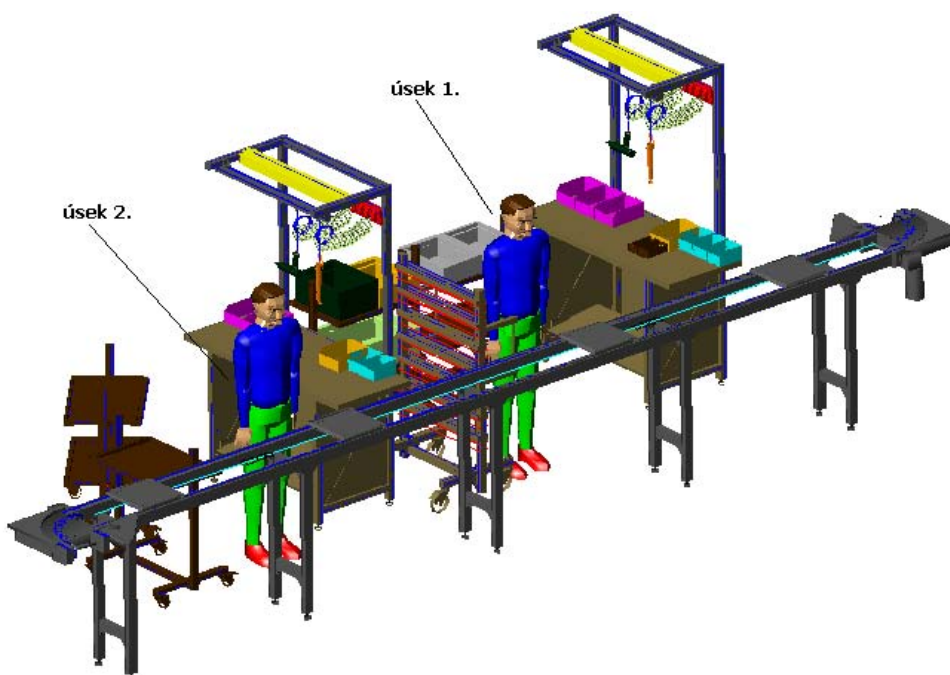


Obr. 117 Montážny prehľad sacieho systému Škoda Octavia

1 – prírodné vedenie paliva, 2 – rozdeľovač paliva, 3 – držiak sacieho potrubia, 4,5,22,11 – upevňovacie skrutky, 6 – gumové lôžko, 7 – podtlaková hadica k podtlakovému ovládaču, 8 – ventil prepínania sacieho potrubia, 9 – podtlaková hadica k zásobníkovej nádobe podtlaku, 10 – snímač teploty a tlaku nasávaného vzduchu, 12,23 – O - krúžok, 13 – ochranný pretlakový ventil, 14 – horná časť sacieho potrubia, 15 – tesniaci krúžok, 16 – trubka spätného vedenia výfukových plynov, 17 – tesnenie, 18 – jednotka ovládania škrtiacej klapky, 19 – rozperný kolík, 20 – tesniaci krúžok, 21 – spodná časť sacieho potrubia

➤ **Piata montážna stanica** sa skladá z dvoch montážnych úsekov obr.118. Na prvom montážnom úseku sa montuje príslušenstvo pre pohon drážkovaným remeňom pozostávajúc z remeníc, drážkovaného remeňa, vodného čerpadla, kompresora pre klimatizáciu, vysokotlakového čerpadla, alternátora, napínacích zariadení prípadne iných častí. Na druhom úseku prebieha montáž výfukovej sústavy motora.

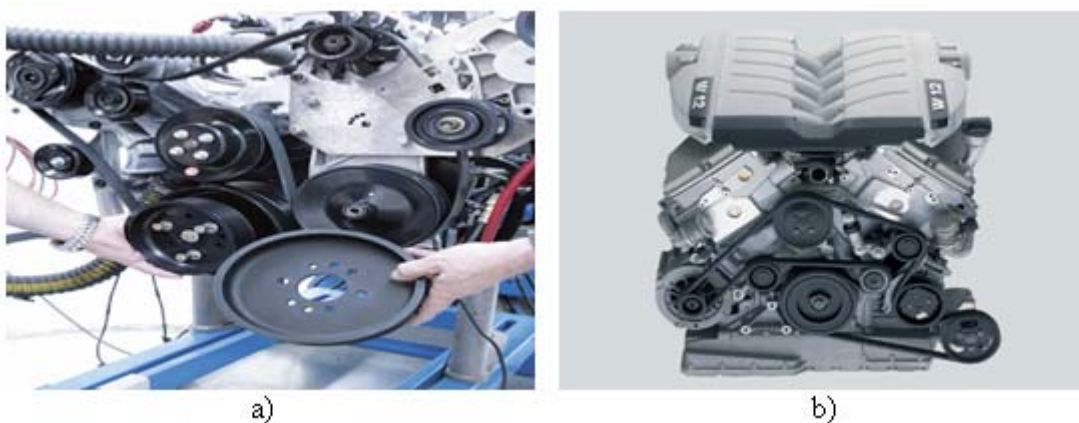
- **úsek 1.** – montáž príslušenstva pre pohon drážkovaným remeňom
- **úsek 2.** – montáž výfukovej sústavy motora



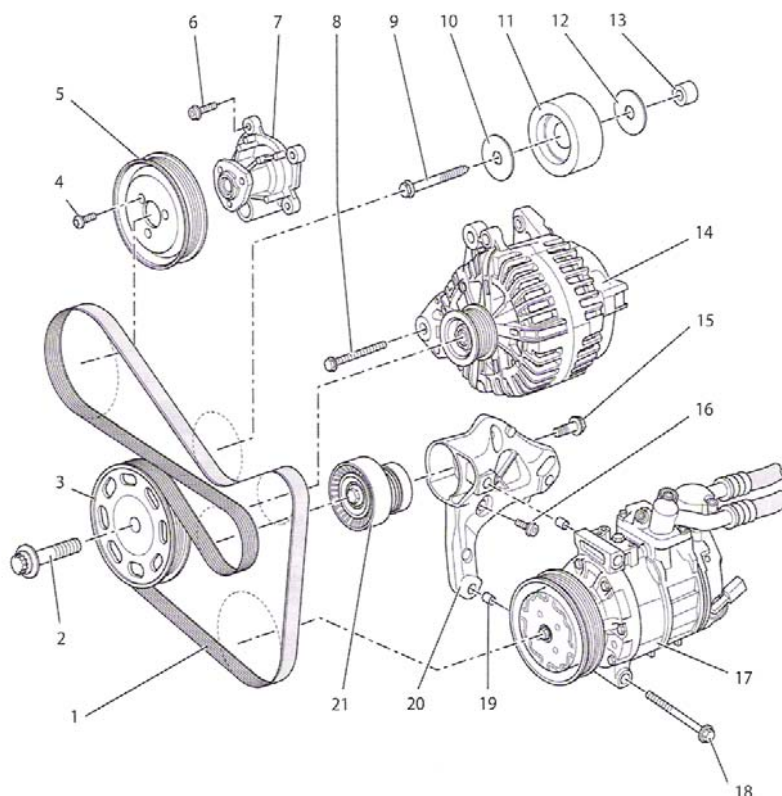
**Obr. 118** Piata montážna stanica pre montáž príslušenstva pohonu drážkovaným remeňom a výfukovej sústavy

➤ Na prvom úseku sa montuje príslušenstvo pre pohon drážkovaným remeňom obr.119. Ako prvé sa montujú potrebné úchyty pre niektoré príslušenstvo ako je napr. kompresor pre klimatizáciu. Následne sa alternátor, rôzne vodiace kladky, napínacie zariadenia remeňa priskrutkovávajú k náliatkom na bloku motora určené na tento účel. Poslednou operáciou na tomto úseku je montáž drážkovaného remeňa.





Obr. 119 a) – ukážka remeníc,  
b) – pohon príslušenstva motora Audi W12 drážkovaným remeňom

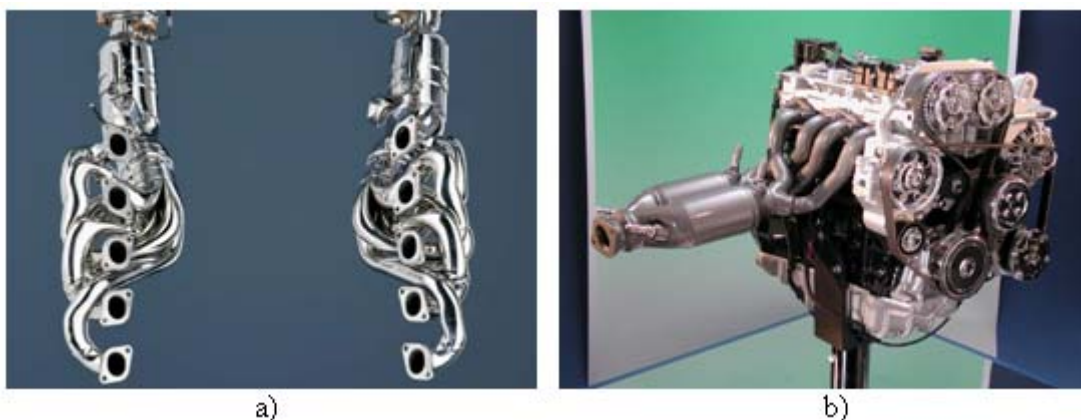


Obr. 120 Montážny prehľad drážkovaného remeňa Škoda Octavia

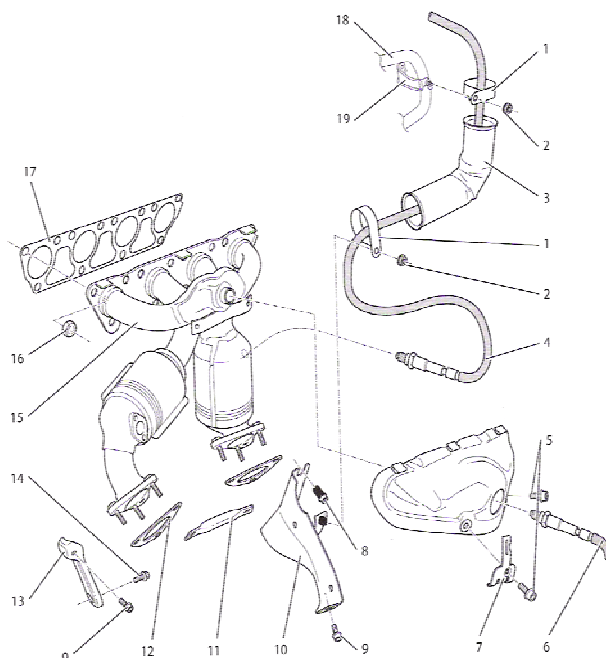
1 – drážkovaný remeň, 2,4,6,8,9,15,16,18 – skrutka, 3 – remenica kľukového hriadeľa, 5 – remenica čerpadla chladiacej kvapaliny, 7 – čerpadlo chladiacej kvapaliny, 10,12 – podložka, 11 – vodiaca kladka, 13 – dištančné puzdro, 14 – alternátor, 17 – kompresor

klimatizácie, 19 – strediace puzdro, 20 – držiak kompresora klimatizácie, 21 – napínacie zariadenie drážkovaného remeňa

➤ **Na druhom úseku** sa realizuje montáž výfukového systému motora. Ide o predposlednú fázu celkovej montáže motora. Jadrom tejto sústavy je zberné potrubie s katalyzátorom, ktoré sa s tesnením priskrutkováva k hlave valcov.



Obr. 121 a) – ukážka výfukových zberných potrubí s katalyzátormi  
b) – zberné potrubie na motore

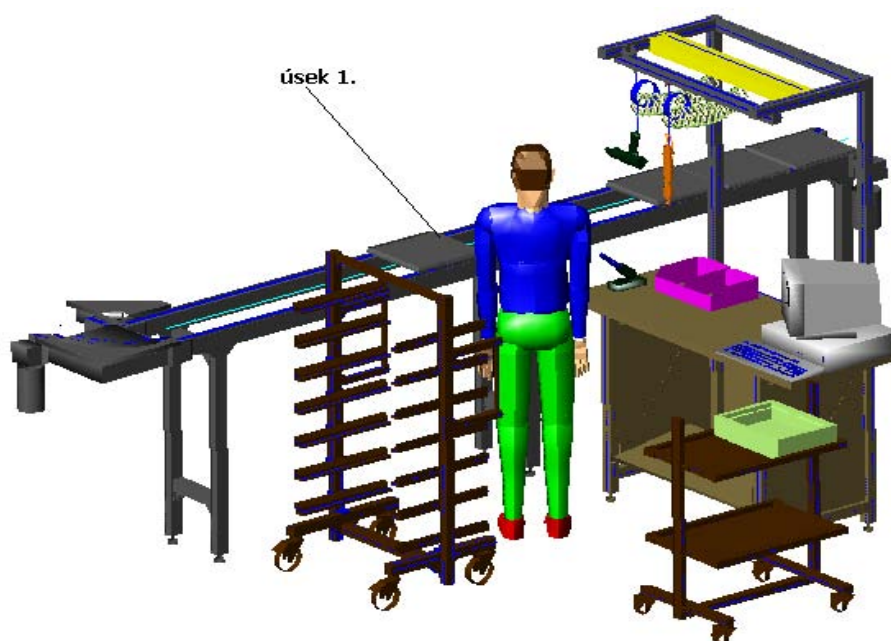


Obr. 122 Zberné výfukové potrubie s predkatalyzátormi ,  
Škoda Octavia 2,0 L FSI–110 kW



1 – objímka, 2,16 – matica, 3 – ochranná káblková priechodka, 4 – lambda sonda 1 pred predkatalyzátorom, 5,8,9,14 – skrutka, 6 – lambda sonda pred 2 predkatalyzátorom, 7 – držiak káblu, 10,13 – vzpera zberného potrubia, 11 – výstuha medzi prírubami, 12,17 – tesnenie, 15 – zberné potrubie s predkatalyzátormi, 18 – spodná spojovacia trubka od spätného vedenia, 19 – držiak

➤ **Šiesta montážna stanica** je poslednou stanicou z montážneho komplexu na montáž motorov a skladá sa z jedného montážneho úseku obr.123. Na tomto úseku sa montuje posledná súčasť motora a to vrchný plastový kryt so vzduchovým filtrom.

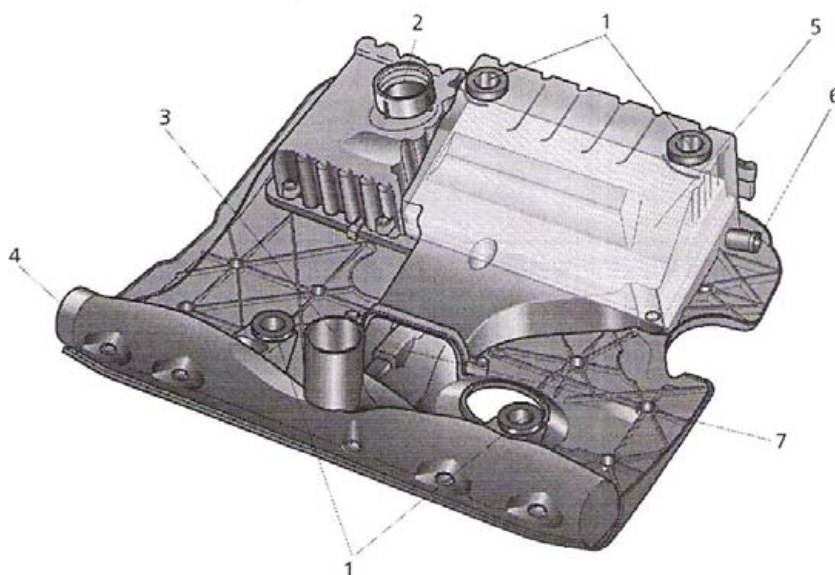


**Obr. 123 Šiesta montážna stanica pre montáž vrchného krytu motora so vzduchovým filtrom**

➤ **Na tomto úseku** sa realizuje montáž vrchného krytu motora, v ktorom sa nachádza aj vzduchový filter. Táto montážna operácia zároveň uzatvára celkovú montáž motora, po ktorej nasleduje už len finálna vizuálna kontrola, označenie patričným štítkom a evidencia vyrobeného motora. Táto montážna stanica je zároveň prepojená s prvým úsekom prvej montážnej stanice vid'. obr.124 pre potvrdenie výroby daného piestového spaľovacieho motora.



Obr. 124 a) – kompletný motor BMW M5  
b) – finálna kontrola motorov



Obr. 125 Vrchný kryt motora Škoda Fabia 1,2/47 kW so vzduchovým filtrom

1 – upevňovacie miesta, 2 – hrdlo smerujúce k ovládaniu škrtiacej klapky, 3 – nárubok prívodu predhrievaného vzduchu, 4 – nárubok prívodu čerstvého vzduchu, 5 – filtračná vložka, 6 – pripojenie odvetrávania kľukovej skrine, 7 - termostat

## Záver

Prezentácia hlavných vystavbových komponentov piestových spaľovacích motorov automobilov a metodická postupnosť ich montáže je prezentovaná v súbore „Vizualny vzdelavaci modul –VVM „.

Vizuálny výučbový modul dokumentuje rámcovú technologickú postupnosť montáže hlavných konštrukčných komponentov a funkčných uzlov motora automobilu ako celku.

Modul patri k interným výučbovým materiálom a je prioritne určený pre študentov v zameraní výrobné technológie - automobilová výroba.

Pri jeho obsahovej náplne boli využité interné materiály, informácie získané pomocou internetových vyhľadavačov, ako aj z bežne dostupných www stránok viacerých výrobcov automobilov. Materiál neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Doplňkom prezentácie sú videá ilustrujúce priebeh montáže komponentov motora automobilu do jedného funkčného celku – Ford, Mazda a ďalšie.

Spracovaný učebný materiál má slúžiť pre lepšie pochopenie samotnej montáže piestového spaľovacieho motora. Charakter montáže realného motora automobilu závisí od konkrétnej konštrukcie daného motora, montážneho pracoviska, od množstva montovaných motorov a mnoho ďalších faktorov, ktoré na ňu vplyvajú.

## Výber použitej literatúry

- [1] SLOBODA, A., BUGÁR, T., TOMKOVA, M., SLOBODA ml, A., PILA, J.: Konštrukcia automobilov I. Košice: Viena, 2004. ISBN 80-88922-83-6
- [2] DANKO, B.: Pohony a prenosy I., FEaVT TU vo Zvolene, Zvolen: TU, 2006. ISBN 80-228-1551-9
- [3] GSCHEID, R., a kol.: Příkladka pro automechanika, Praha : Sobotáles, 2002, ISBN 80-85920-83-2
- [4] CEDRYCH, R., M., SCHWARZ, J.: Automobily Škoda Fabia Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1664-X
- [5] SCHWARZ, J.: Automobily Škoda Octavia II. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1141-9
- [6] VLK, F.: Automobilová technická příručka: Brno 2003, ISBN 80-238-9681-4
- [7] KIŠŠÍK, P.: Ilustrovaný slovník – automobily, Bratislava: ALFA 1979, ISBN 83-206-0049-9
- [8] MRVA, M.: Inovácie motorov. Diplomová práca. TU Košice: 2007
- [9] VLK, F.: Lexikon moderní automobilové techniky. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc, nakladatelství a vydavatelství, 2005. ISBN 80-239-5416-4.
- [10] Benson, R.S.: The Thermodynamics and Gas Dynamics of Internal Combustion Engines. Volume1. Clarendon Press Oxford, 2000.
- [11] Yokota, K.: A High BMEP Diesel Engine with Variable Geometry Turbocharger. Turbocharging and Turbochargers. Proceedings of the I. Mach E. 1999. London G.B.
- [12] Zinner, K.: Aufladung von Verbrennungsmotoren 2. Auflage. Springer – Verlag Berlin, 2001
- [13] Hoepke, E: Rue von dem Sturm: Druckwellenlader Comprex wird neue Masatäbe setzen. Jetzt in Seriennähe. Sonderdruck aus Garage + Transport, Heft 30/2002. BBC Druckschrift, 2002
- [14] <http://www.ndparking.com/detroit-diesel.com>
- [15] Internet <http://www.bosch.com> :
- [16] Internet: <http://www.proqvest.com>
- [17] [http://www.tsmotory.sk/index\\_lombardini.htm](http://www.tsmotory.sk/index_lombardini.htm)
- [18] <http://www.cvtisr.sk/itlib/itlib022/drozdova.htm>
- [19] <http://news.auto.cz/technika/motory-v12-3-dil-bmw-6-0-v12.html>
- [20] <http://news.auto.cz/technika/ford-duratec-1-6-ti-vct-85-kw-vylepseny-motor-pro-novy-focus.html>
- [21] <http://www.cdtextbook.com/engines/engines.html>