



Pohonné agregáty - pohony spaľovacími motormi

V praxi sa na bližšiu klasifikáciu posudzovanie a *aplikáciu spaľovacích motorov do pohonov* používajú dohodnuté, takzvané porovnávacie ukazovatele spaľovacích motorov, popisujúce i ďalšie vlastnosti a hodnoty, potrebné na porovnávanie motorov navzájom bez ohľadu na veľkosť, výkon, druh konštrukcie, princíp činnosti atď. Na rýchlu a ľahkú orientáciu v základných prevádzkových hodnotách spaľovacích motorov sa používajú charakteristiky spaľovacích motorov.

Na komplexné posúdenie práce a hospodárnosti spaľovacieho motora sa používa niekoľko základných veličín. Medzi takéto veličiny patria hlavne stredný efektívny tlak obehu, výkon motora, merné spotreby prevádzkových látok a účinnosti motora.

Výkony a ich zisťovanie

Druhy výkonov

Výkon spaľovacieho motora sa posudzuje z rôznych hľadísk. Pre užívateľa spaľovacieho motora, respektíve stroja alebo automobilu, v ktorom je motor inštalovaný, je v technickej dokumentácii základným údajom výkon, a to buď v číselnej podobe ako menovitý výkon pri menovitých otáčkach, alebo v grafickej forme najčastejšie ako vonkajšia rýchlostná (otáčková) charakteristika. Z grafického priebehu je možné vyčítať hodnoty výkonu a ostatných dôležitých prevádzkových veličín v závislosti od otáčok pri maximálnej dodávke paliva.

Tieto údaje predstavujú parametre garantované výrobcom, respektíve dodávateľom pre stanovenú životnosť a normálne podmienky prevádzky, pričom sú spravidla dané aj tolerančné medze. v ktorých sa tieto hodnoty môžu pohybovať.

V odbornej praxi pri posudzovaní procesov súvisiacich s premenou energie v motore sa najčastejšie stretávame s týmito druhmi výkonu:

Indikovaný výkon

Indikovaný výkon predstavuje hodnotu, získanú realizáciou pracovného obehu spaľovacieho motora vo vnútri pracovného priestoru, bez uvažovania strát. Pre jednovalcový spaľovací motor je:

$$P_i = \frac{p_{is} \cdot V_z \cdot 2 \cdot n}{z}$$

P_i – indikovaný výkon,

p_{is} – stredná hodnota indikovaného tlaku

V_z – zdvihový objem valca

n – frekvencia otáčania kľukového hriadeľa za sekundu

z – počet zdvihov, pripadajúcich na 1 obeh (pre štvordobý motor $z=4$, pre dvojdobý $z=2$).

Stredný indikovaný tlak predstavuje myslenú konštantnú strednú hodnotu tlaku pôsobiacu na piest, pri ktorom by sa za jeden zdvih vykonala práca, rovná veľkosti indikovanej práce jedného obehu.

Pri predbežných a približných výpočtoch možno pre štvordobé motory pri plnom zaťažení použiť nasledovné hodnoty stredného indikovaného tlaku:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| - zážihové, nepreplňované, benzínové | $p_{is} = 0,8$ až $1,2$ MPa |
| - zážihové, nepreplňované, plynové | $p_{is} = 0,5$ až $0,7$ MPa |
| - vznetové, nepreplňované | $p_{is} = 0,6$ až $1,05$ MPa |
| - vznetové, preplňované | $p_{is} = 0,8$ až 3 MPa |



Efektívny (užitočný) výkon

Efektívny (užitočný) výkon je výkon zistený v mieste odberu výkonu, t.j. na výstupnom konci hlavného hriadeľa motora, prípadne na jeho spojkevej prírubе, ak pritom pracujú všetky k motoru priamo pripojené pomocné zariadenia, bezpodmienečne potrebné na jeho vlastný, pravidelný a trvalý chod. Predstavuje hodnotu výkonu motora využiteľnú pre pohon spotrebičov. Jeho veľkosť je oproti indikovanému výkonu znížená o

- straty spôsobené trením pohybujúcich sa súčastí ústrojenstva motora,
- straty následkom pohonu pomocných zariadení motora,
- hydraulické straty,
- straty spojené s výmenou náplne valcov.

Ak celkový stratový výkon označíme P_s potom efektívny výkon na kľukovom hriadeľi je rovný rozdielu indikovaného výkonu P_i a stratového výkonu P_s

$$P_e = P_i - P_s.$$

Efektívny výkon motora môžeme vyjadriť aj pomocou mechanickej účinnosti motora η_m .

$$P_e = P_i \cdot \eta_m$$

Analogicky možno vyjadriť aj stredný efektívny tlak, ktorý patrí medzi najvýznamnejšie porovnávacie ukazovatele spal'ovacích motorov

$$p_e = p_{is} \cdot \eta_m.$$

Stredný efektívny tlak predstavuje stálu myslenú strednú hodnotu tlaku pôsobiacu na piest, pri ktorom by sa za jeden zdvih vykonala práca, rovná veľkosti efektívnej práce jedného obehu.

Jeho hodnoty sa v súčasných motoroch pohybujú v hraniciach pre motory:

- zážihové	2-taktné:	350	550	kPa,
	4-taktné:	650	100	kPa,
- vznetrové	2 taktné:	300	650	kPa,
	4 taktné:	550	750	kPa,
- preplňované		700	1800	kPa.

Stratový výkon

Veľkosť stratového výkonu spal'ovacieho motora zahŕňa v sebe odpory proti pohybu súčastí motora, a príkony pomocných zariadení spal'ovacieho motora nevyhnutných pre jeho činnosť, napríklad:

- zariadenie pre dopravu paliva a prípravu zmesi,
- rozvodový mechanizmus,
- zariadenie chladiaceho systému,
- zariadenie mazacieho systému,
- zariadenie elektrickej výzbroje motora,
- zariadenie preplňovacieho systému,
- riadiace a regulačné systémy.

Tieto straty sú vyjadrené aj pomocou mechanickej účinnosti η_m , ktorá je pomerom efektívneho a indikovaného výkonu.

Výpočet stratového výkonu je zložitý, pretože je závislý od mnohých činiteľov, napríklad od druhu a teploty oleja, mechanického stavu motora a jeho príslušenstva, otáčok, od tepelného stavu motora, atď. Pre zjednodušený výpočet P_s a porovnávanie rôznych motorov je zadefinovaný takzvaný stredný stratový tlak p_{ss} , analogicky jako p_{is} . Predstavuje stálu myslenú strednú hodnotu tlaku pôsobiacu na piest, ale proti jeho pohybu, pri ktorom by sa za jeden zdvih spotrebovala práca, rovná



veľkosti stratovej práce za jeden obeh.

$$P_s = \frac{p_{ss} \cdot V_z \cdot 2 \cdot n}{z}$$

p_{ss} -- stredný stratový tlak,

Z experimentálneho výskumu sa zistilo, že hodnota P_{ss} je závislá najmä od strednej piestovej rýchlosti. Výsledky nameraných závislostí sú spracované a vyjadrené v podobe empirických vzorcov, alebo v grafickej podobe v odbornej literatúre.

Pri určovaní výkonu meraním je dôležité brať na zreteľ aj vybavenie motora, označené ako **príslušenstvo motora**. Sú to prvky priamo pripojené k motoru, potrebné na prevádzku pre daný pohon, nie však nevyhnutné pre vlastný chod motora (čistič vzduchu, ventilátor chladenia, tlmič výfuku a pod.). Preto aj v protokole z merania výkonov spaľovacieho motora sa vyžaduje okrem iného aj popis vybavenia motora pri skúške. Táto problematika sa odzrkadlila aj pri tvorbe príslušných medzinárodných noriem. Napríklad nemecká norma DIN uvažuje motor s príslušenstvom, teda so zvýšeným P_s , teda nižším efektívnym výkonom P_e . Naproti tomu norma SAE uvažuje pri meraní motor bez príslušenstva, a teda vykazuje vyšší efektívny výkon P_e ako norma DIN pre ten istý motor. Vzťah medzi týmito dvoma hodnotami výkonov je

$$P_{eSAE} = (1,1 \text{ až } 1,15) P_{eDIN}$$

Okrem uvedených výkonov sú pre teoretické a experimentálne vyšetrovanie spaľovacích motorov zadefinované niektoré ďalšie hodnoty výkonov, súvisiace s prevádzkou, meraním a výpočtami spaľovacích motorov.

Menovitý výkon - najväčší užitočný výkon, zaručovaný výrobcom a udávaný na štítku, ktorý môže motor vyvíjať pre určenú dobu, t. j. trvalo alebo prerušovane, tak ako to zodpovedá účelu jeho použitia a spôsobu zaťažovania, pri týchto podmienkach:

- a) pri menovitých otáčkach,
- b) pri menovitom stave vzduchu pri podtlaku v saní neprekračujúcim udanú medznú hodnotu,
- c) pri pretlaku vo výfuku (za výfukovým zberačom, či pri prephlovaní turbodúchadlom za turbínou) neprekračujúcim udanú medznú hodnotu.

Maximálny výkon - najväčší užitočný výkon, ktorý môže motor vyvíjať bez škodlivého mechanického alebo tepelného namáhania najmenej počas 15 minút, ak bol predtým a bude aj potom trvalo zaťažený pri podmienkach platných pre menovitý výkon.

Trvalý výkon - najväčší užitočný výkon, ktorý môže motor podľa podmienok určených pre výkon menovitý, pri neprerušovanej prevádzke vyvíjať trvalo, prakticky počas 100 hodín, s možnosťou preťaženia, ako je uvedené v nasledujúcom odstavci.

Preťaženie (výkon preťaženia) - výkon zvýšený spravidla o 10 % v porovnaní s trvalým. Je to najväčší užitočný výkon využiteľný pre neprerušovanú prevádzku. Motor ho môže vyvíjať pri podmienkach určených pre menovitý výkon, celkom jednu hodinu (súvislo alebo prerušovane) v ľubovoľnom časovom období po sebe idúcich šiestich hodinách, ak je medzitým zaťažený trvalým výkonom.

Redukovaný výkon - získaný prepočítaním nameraného výkonu v daných podmienkach, na podmienky menovité. dohodnuté normou. Tá stanovuje napríklad pre automobilové motory tieto dohodnuté referenčné hodnoty:

- barometrický tlak
- teplota vzduchu
- relatívna vlhkosť vzduchu
- teplota chladiacej vody na vstupe do chladiča plniaceho vzduchu.



Pohonné systémy automobilov

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Teploty sa udávajú v Kelvinoch a barometrický tlak v kPa. Redukovaný výkon pre atmosférické podmienky pri meraní (dané tlakom p_{atm} , teplotou T_{atm}) bude

$$P_{er} = P_e \cdot \alpha.$$

Koeficient α je reálne použiteľný v rozsahu 0,96 až 1,06.

Objemový výkon - podiel menovitého výkonu a zdvihového objemu motora vyjadreného v litroch, známy viac pod názvom litrový výkon

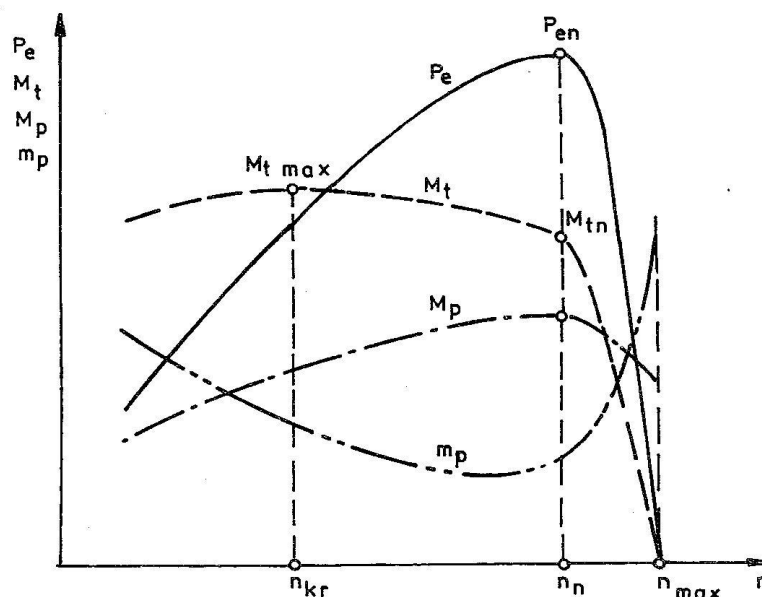
$$P_1 = \frac{P_m}{V_z} \quad (\text{kW} \cdot \text{dm}^{-3})$$

Výkonová hmotnosť - podiel hmotnosti suchého motora a príslušného menovitého výkonu.

$$M_1 = \frac{M_m}{P_m} \quad (\text{kg} \cdot \text{kW}^{-1})$$

Hodnotenie motora podľa otáčkovej (rýchlostnej) charakteristiky

Sledujeme priebehy regulátorovej otáčkovej charakteristiky vznetového motora s výkonnostným regulátorom sprava doľava. Pokiaľ je motor úplne odľahčený a akceleračná páka je nastavená na doraz, motor dosahuje maximálne otáčky n_{max} a regulátor nastaví dodávku paliva na také množstvo, ktoré je potrebné na krytie vnútorných strát v motore. Keďže motor nie je zaťažovaný na kľukovom hriadeľ, efektívny výkon P_e je nulový, takže merná spotreba paliva m_p nie je definovaná (je nekonečne veľká). Pri postupnom zaťažovaní motora začnú otáčky klesať a regulátor zvyšuje dodávku paliva. Snaží sa udržať otáčky na hodnote n_{max} . So zvyšujúcou sa dodávkou paliva výkon prudko stúpa.



Otáčky, pri ktorých motor dosiahne maximálny efektívny výkon P_{en} nazývame **nominálnymi otáčkami** n_n . Pri týchto otáčkach regulátor umožňuje maximálnu dodávku paliva, ktorá zodpovedá nastaveniu akceleračnej páky.

Krútiaci moment M_m v oblasti nominálnych otáčok má podobný priebeh ako efektívny výkon P_e . Prudko stúpa. Nominálnu hodnotu dosahuje pri otáčkach n_n . Oblasť rýchlostnej charakteristiky medzi maximálnymi a nominálnymi otáčkami je **regulačná oblasť**, v ktorej je regulátor v činnosti a nastavuje dodávku paliva podľa zaťaženia.



Pohonné systémy automobilov

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Zvyšovanie záťaže motora aj po dosiahnutí nominálnych otáčok predstavuje jeho preťažovanie. Preťaženie zodpovedá oblasti od nominálnych otáčok vľavo. Otáčky a efektívny výkon sa v dôsledku konštantnej dodávky paliva znižujú. Predlžuje sa horenie a so znižujúcimi sa otáčkami stúpa objemová účinnosť. To spôsobí, že krútiaci moment stúpa až po kritické otáčky n_{kr} , kde dosahuje maximálnu hodnotu M_{tmax} . Vľavo od týchto otáčok je **nestabilná oblasť**, v ktorej motor už nemôže v prevádzke pracovať.

Najlepším ekonomickým ukazovateľom hospodárnosti prevádzky spaľovacieho motora je **špecifická spotreba paliva** m_p , ktorá býva pri štvortaktných naftových motoroch s priamym vstrekom paliva v rozsahu 240 až $250 \text{ g.kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Na obrázku vidieť, že minimálnu hodnotu nadobúda v oblasti maximálneho výkonu. Z ekonomického hľadiska je teda dôležité, aby motor pracoval v oblasti minimálnej špecifickej spotreby, t.j. v oblasti maximálneho výkonu. Z charakteristiky spaľovacieho motora môžeme odčítať potrebné hodnoty na vypočítanie ďalších veľmi dôležitých kritérií, pre posúdenie vlastností motora.

Pružnosť motora

Vyjadruje prispôbyvosť momentu spaľovacieho motora jeho zaťaženiu v časti otáčkovej charakteristiky medzi otáčkami n_m a n_p , ktoré zodpovedajú maximálnemu momentu M_{max} a maximálnemu výkonu P_{max} . Celková pružnosť motora je definovaná:

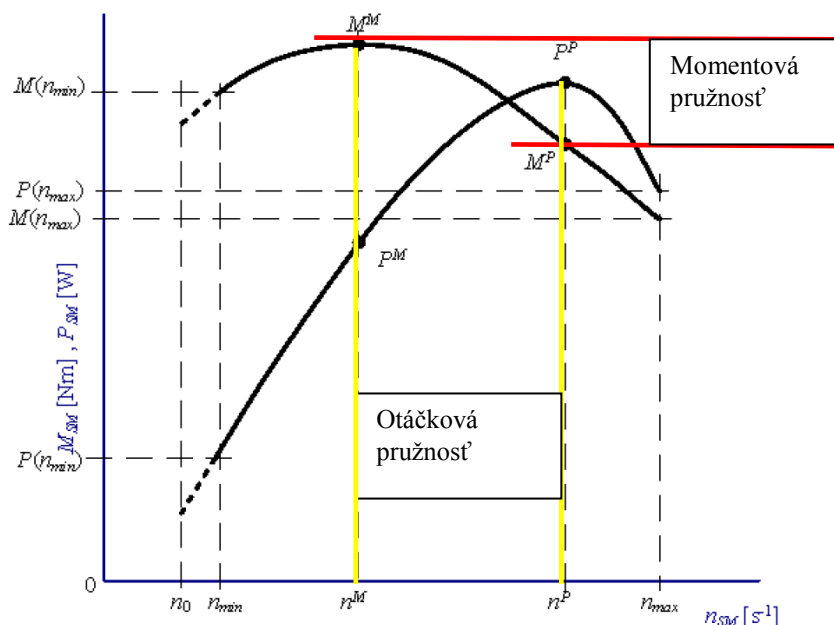
$$E = e_m \cdot e_n$$

Momentová pružnosť:

$$e_m = M_{max} / M_p$$

Otáčková pružnosť:

$$e_n = n_p / n_m$$





POROVNÁVACIE HODNOTY

Stupeň nerovnomernosti regulátora σ sa určuje zo vzťahu

$$\sigma = \frac{2(n_{\max} - n_n)}{n_{\max} + n_n}$$

Táto hodnota pri traktorovom motore nemá byť väčšia ako 0,038 až 0,1.

Koeficient prispôsobivosti je daný vzťahom

$$\kappa = \frac{M_{t\max}}{M_{tn}}$$

$M_{t\max}$ - maximálny krútiaci moment (N.m),

M_{tn} - nominálny krútiaci moment (N.m).

Jednotlivé druhy spaľovacích motorov dosahujú hodnoty

- vznetové motory $\kappa = 1,05$ až $1,15$,
- zážihové motory $\kappa = 1,15$ až $1,20$.

Súčiniteľ nerovnomernosti otáčok ρ_n je daný vzťahom

$$\rho_n = \frac{n_{\max}}{n_n}$$

Pomer kritických otáčok k nominálnym ν (má mať hodnotu 0,6 až 0,7)

$$\nu = \frac{n_{kr}}{n_n}$$

Rezerva preťaženia motora je daná vzťahom

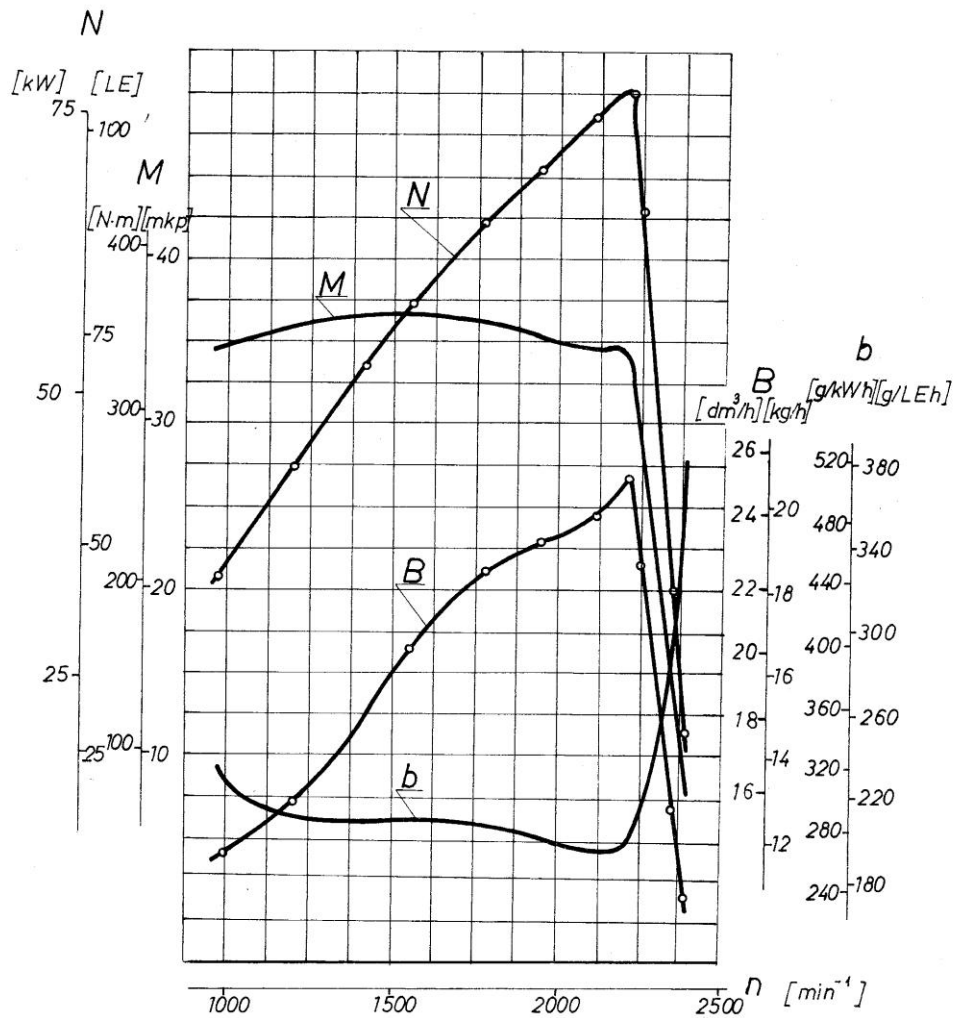
$$R = \frac{M_{t\max} - M_{tn}}{M_{tn}}$$

Súčiniteľ využitia výkonu motora η_{vm} je daný vzťahom

$$\eta_{vm} = \frac{P_e}{P_{en}}$$

Na obrázku je úplná rýchlostná charakteristika motora Zetor 8601, ktorým bol osadený traktor Z12045 a Z12011.

- M krivka krútiaceho momentu,
- N výkonová krivka,
- B hodinová spotreba paliva,
- b merná (špecifická) spotreba paliva.

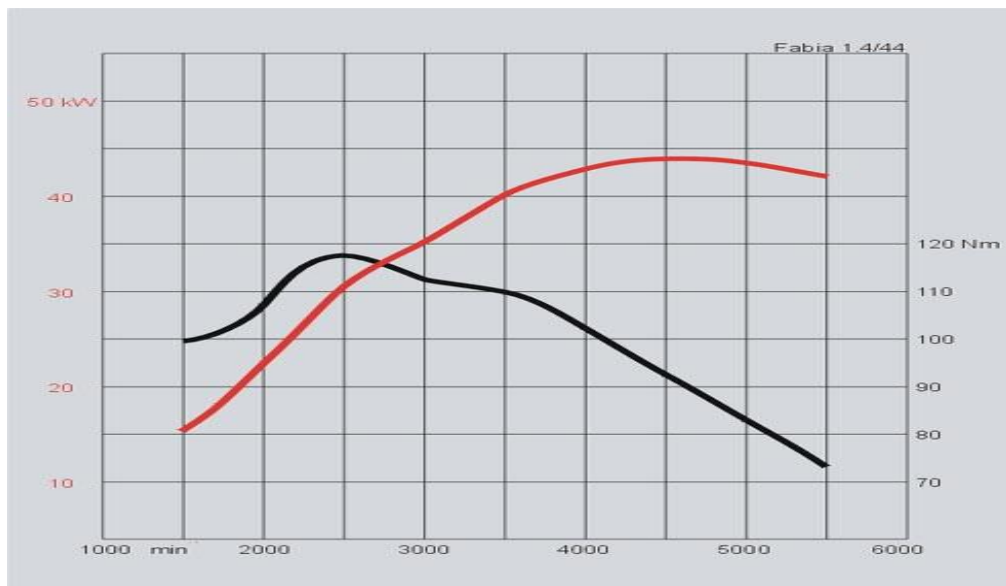




Trendy vývoja spaľovacích motorov

Zážihové motory sa obvyčajne vyznačujú tým, že minimálna špecifická spotreba paliva je v oblasti otáčok s maximálnym M_k .

Porovnanie motorov o rovnakom objeme. - kritérium rok výroby



Priebehy krútiaceho momentu M_k a redukovaného efektívneho výkonu P_e pre motor Škoda 1,4/44kW MPI.

**1,4 Liter-Vierzylinder-TFSI-Motor
im Audi A3**

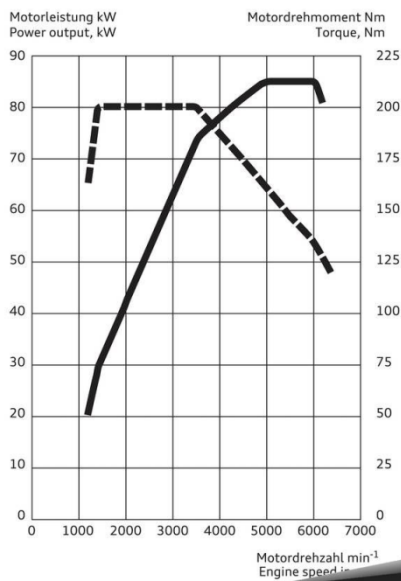
mit FSI - Benzindirekteinspritzung, Abgasurboaufladung
mit Ladeluftkühlung, Vierventil-Technik, zwei oben liegende Nockenwellen

1.4 litre four cylinder TFSI engine in the Audi A3
with FSI - petrol direct injection, exhaust turbo-charger
with intercooler, 4 valves per cylinder and double overhead camshafts

1.395 cm³
85 kW (115 PS) von 5.000 bis 6.000 min⁻¹
200 Nm von 1.400 bis 3.500 min⁻¹

1.395 cc
85 kW (115 hp) from 5,000 to 6,000 rpm
200 Nm from 1,400 to 3,500 rpm

05/16



Pohonné systémy automobilov

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Porovnanie motorov o rovnakom objeme. - kritérium druh paliva

2,0 Liter-Vierzylinder-TDI-Motor im Audi A3

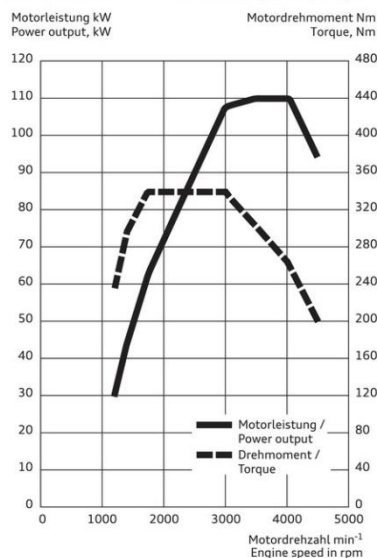
mit 4-Ventil-Technik, Common Rail-Einspritzsystem mit Magnet-Injektoren und Turbolader mit variabler Turbinengeometrie

2.0 litre four cylinder TDI engine in the Audi A3

2.0 litre four cylinder TDI engine in the Audi A3 with four valves per cylinder, common-rail system with solenoid injectors and turbocharger with variable turbine geometry

1.968 cm³ 1,968 cc
110 kW (150 PS) von 3.500 bis 4.000 min⁻¹ 110 kW (150 hp) from 3,500 to 4,000 rpm
340 Nm von 1.750 bis 3.000 min⁻¹ 340 Nm from 1,750 to 3,000 rpm

05/16



**Audi 2,0 Liter-Vierzylinder-TFSI-Motor
im Audi A3**

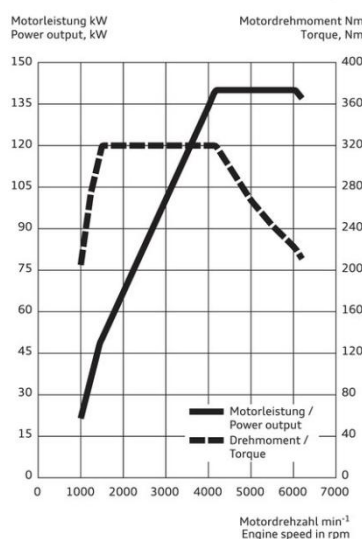
mit neuem, innovativem TFSI-Brennverfahren, FSI-Benzindirekteinspritzung, Abgasturboaufladung mit elektrischem Waste Gate, integrierter Abgaskühlung im Zylinderkopf, vollelektronische Kühlmittelregelung und Audi valvelift system einlassseitig

2.0 litre four cylinder TFSI engine in the Audi A3

with new, innovative TFSI combustion process, FSI-petrol direct injection, turbocharger with electronically controlled wastegate, integrated exhaust gas cooling in the cylinder head, electronically controlled coolant control and Audi valvelift system on the inlet camshaft

1.984 cm³ 1,984 cc
140 kW (190 PS) von 4.180 bis 6.000 min⁻¹ 140 kW (190 hp) from 4,180 to 6,000 rpm
320 Nm von 1.500 bis 4.180 min⁻¹ 320 Nm from 1,500 to 4,180 rpm

05/16



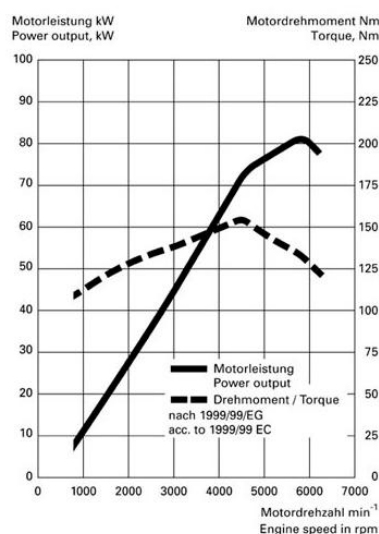
Porovnanie motorov o rovnakom objeme. - kritérium rok výroby a druh paliva

1,6 Liter-FSI-Motor

1.6 litre FSI engine

1.598 cm ³	1.598 cc
81 kW (110 PS) bei 5.800 min ⁻¹	81 kW (110 bhp) at 5,800 rpm
155 Nm bei 4.500 min ⁻¹	155 Nm at 4.500 rpm

03/02



1.6 Liter-Vierzylinder-TDI-Motor

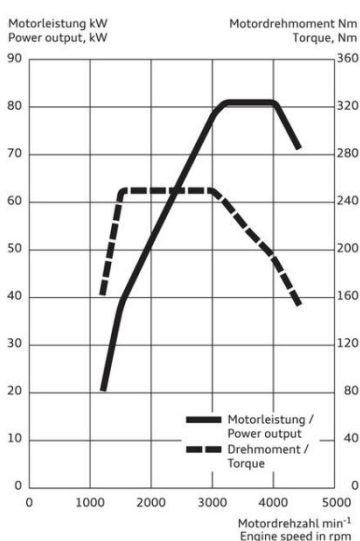
mit 4-Ventil-Technik, Common Rail-Einspritzsystem mit Piezo-Injektoren und Abgasturbolader

1.6 litre four cylinder TDI engine

2.0 litre four cylinder FDI engine with four valves per cylinder, common-rail system with piezo injectors and turbocharger

1.598 cm³ 1,598 cc
81 kW (110 PS) von 3.200 bis 4.000 min⁻¹ 81 kW (110 hp) von 3.200 bis 4.000 min⁻¹
250 Nm von 1.500 bis 3.000 min⁻¹ 250 Nm from 1.500 to 3.000 rpm

05/16



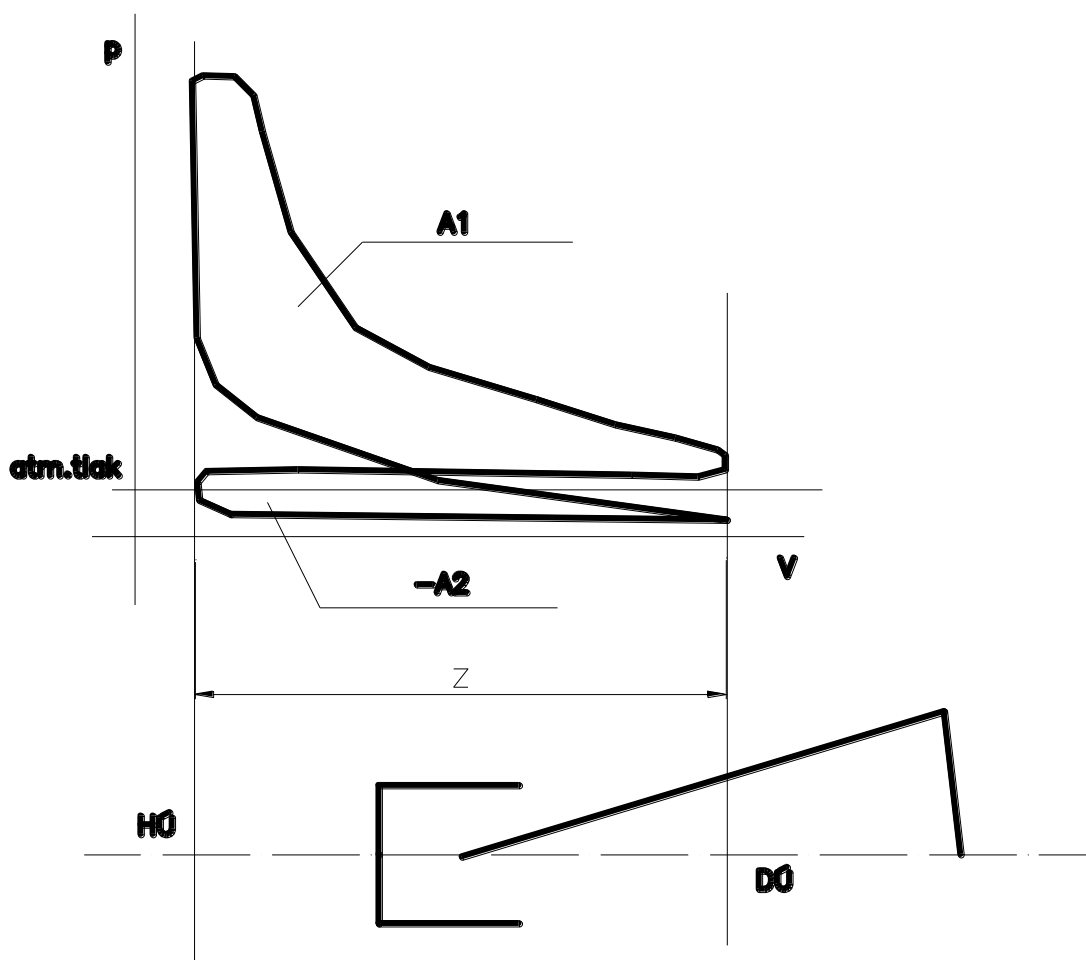


Definovanie výkonu motora

Stanovenie výkonu motora môže byť uskutočnené len za niekoľkých predpokladov. Veľkosť výkonu je závislá na množstve tepla, ktoré sa uvoľní za časovú jednotku spálením zmesi v pracovnom priestore valca.

Samostatný výpočet výkonu motora môžeme previesť rôznymi spôsobmi. Jednoduchým spôsobom je použitie priemerných hodnôt, ktoré sú dosahované u motora rovnakého druhu.

U jednovalcového motora je práca odovzdaná kľukovému hriadeľu stanovená pomocou tlakového diagramu obr. rozdielom veľkosti spotrebovanej a vykonanej práce, ktorú je možné stanoviť z plôch diagramu A_1 , A_2 . Premennivý tlak vo valci je možné nahradiť stredným indikovaným tlakom. Stredný indikovaný tlak p_i je tlak o konštantnej hodnote ktorý by vykonal rovnako veľkú prácu počas jedného obehu, ako vykoná premennivý tlak vo valci.



Obr. P-V diagram motora

Prácu počas jedného zdvihu môžeme potom stanoviť nasledovne:

$$A = p_i \cdot V$$

Kde:

V- objem valca [m^3]

Indikovaný výkon motora je výkon vo vnútri valca a je daný množstvom práce za časovú jednotku nasledovne:

$$P_i = A \cdot n \cdot a$$



Pohonné systémy automobilov

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Kde:

n - otáčky motora [s^{-1}],

a – konštanta vyjadrujúca počet expanzií na jednu otáčku kľukového hriadeľa. Pre dvojdobé motory $a = 1$ pre štvordobé motory $a = 0,5$.

Indikovaný výkon je prenášaný na kľukový hriadeľ. Výkon ktorý dostávame na kľukovom hriadeľi nazývame efektívny výkon P_e . Jedná sa o výkon znížený o straty v motore:

$$P_e = P_i \cdot \eta_m$$

Kde:

η_m – mechanická účinnosť motora

Pracovné obehly spaľovacích motorov

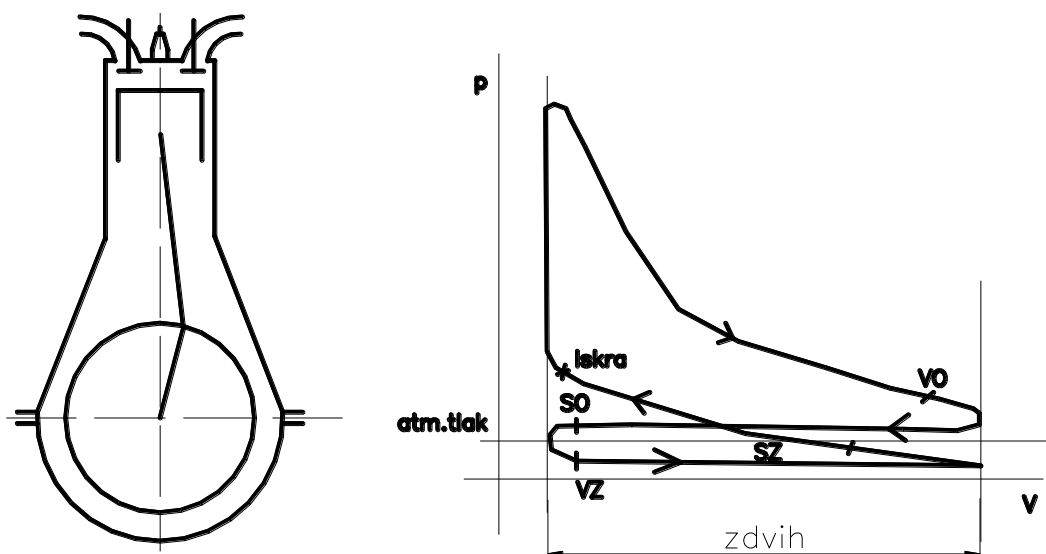
Pri štvordobých spaľovacích motoroch vznetrových aj zážihových je plnenie a vyprázdňovanie valca zabezpečované ventilmi, výnimočne šupatkami. Jeden pracovný obeh prebehne počas dvoch pootočení kľukového hriadeľa. Pracovný obeh štvordobého zážihového motora je na obr.

Nasávanie. Pri prvej dobe sa pohybuje piest z hornej úvrate do dolnej, v pracovnom priestore valca nastáva podtlak, sací ventil je otvorený a do valca prúdi zmes. Sací ventil sa uzatvorí až na začiatku ďalšej pracovnej doby. V prípade nových typov benzínových spaľovacích motorov je palivu vstreknuté pred sací ventil alebo do valca tesne ku saciemu ventilu. Vstrekovací tlak je 1MPa - 5MPa.

Stláčanie. Pri druhom zdvihu sa piest pohybuje z dolnej úvrate do hornej a po uzavretí sacieho ventilu nastáva stláčanie zmesi. Tesne pred tým ako piest dosiahne hornú úvrať, preskočí na elektródach zapalovacej sviečky iskra, ktorá zapáli stláčanú zmes. Horenie zmesi musí byť postupné, tak aby zmes nehorela veľkou rýchlosťou a nevznikali detonácie.

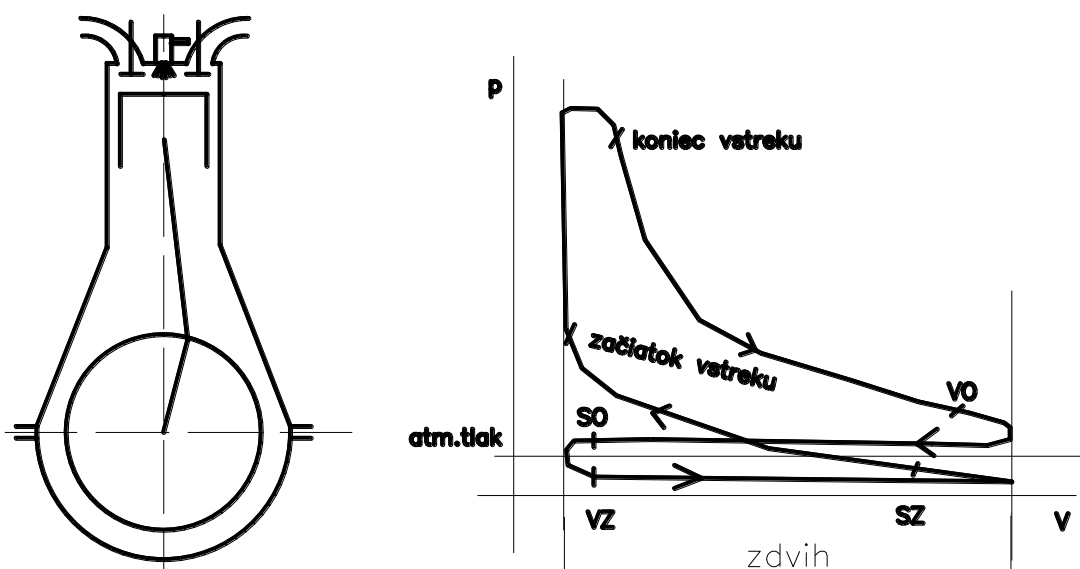
Expanzia. Jedná sa o tretiu dobu, pri ktorej sa v dôsledku horenia zmesi uvoľňuje veľká tlaková energia, ktorá pohybuje piestom z hornej úvrate do dolnej. Počas tejto doby sa vykonáva práca. Pred koncom expanzného zdvihu sa otvorí výfukový ventil, tak aby sa využila pohybová energia spalín a zabezpečilo sa ich prúdenie.

Výfuk. Štvrtá doba pri ktorej sa pohybuje piest z dolnej úvrate do hornej a výfukový ventil je otvorený. Vo valci vzniká pretlak, ktorý vytláča spaliny do výfukového potrubia. Tesne pred hornou úvraťou sa otvorí sací ventil a počas prechodu cez hornú úvrať sú otvorené oba ventily. Hovoríme tomu prekrytie alebo strihanie ventilov. Po prechode hornou úvraťou sa výfukový ventil uzatvára.



Obr. Pracovný obeh štvordobého zážihového motora.

Pracovný obeh štvordobého vznietového motora je na obr. Postupnosť zdvihov piesta je rovnaký ako u zážihového motora. Pri prvom zdvihu sa nasáva čistý vzduch, pri druhom je tento vzduch stláčaný. Pred koncom stlačania je vzduch v dôsledku stlačenia (vysokého kompresného pomeru 16:1 až 22:1) zahriaty na teplotu 600°C. Pred hornou úvraťou je do takto zahriateho vzduchu vstrekované palivo (tlakom až 200MPa pre súčasné systémy vstrekovania), ktoré sa vznieti a prebieha tretia doba – expanzia. Rozdiel v horení oproti zážihovému motoru je v tom, že časť horenia prebieha pri stálom objeme a časť pri stálom tlaku. Štvrtá doba prebieha podobne ako v prípade zážihového motora.



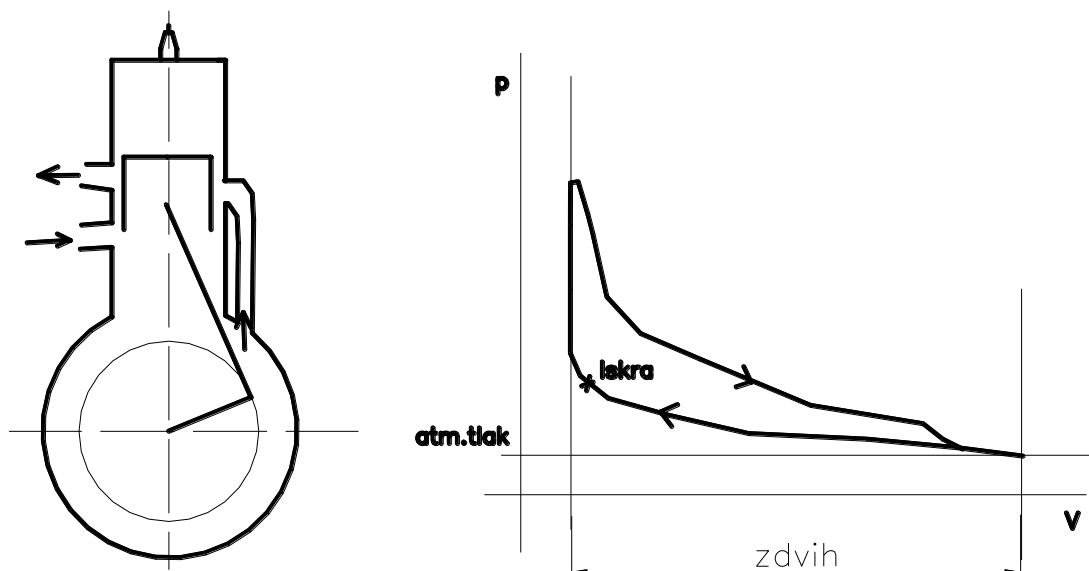
Obr. Pracovný obeh štvordobého vznietového motora.



Pracovný obeh dvojdobého spaľovacieho motora

Pri dvojdobých zážihových aj vznetových spaľovacích motoroch sa plnenie valca i jeho vyprázdňovanie riadi najčastejšie kanálovým rozvodom, málo šupátkovým. Jeden pracovný obeh je uskutočnený počas jednej otáčky kľukového hriadeľa.

Pracovný obeh zážihového spaľovacieho motora dvojdobého je na obr. Pri prvom zdvihu sa piest pohybuje y dolnej úvrate do hornej. Na začiatku zdvihu uzatvára piest najprv vyplachovací kanál, ktorým bola pomocou pretlaku dopravená zápalná zmes k kľukovej skrine (pod piestom) do pracovného priestoru valca (nad piest) a usmerneným prúdením zároveň vytláčala spaliny do výfukového kanála. Potom sa uzatvorí výfukový kanál a dochádza k stláčaniu zmesi. Asi za polovicou zdvihu odкрýva spodná hrana piestu sací kanál. Pod piestom vzniká podtlak pomocou ktorého je do priestoru kľukovej skrine nasávaná zmes. Tesne pred dosiahnutím hornej úvrate preskočí na elektródach zapalovacej sviečky iskra. Zapálením zmesi dochádza k jej expanzii a tlaková energia pohybuje piestom smerom nadol. Počas pohybu piesta nadol sa uzavrie sací kanál a piest stláča nasatú zmes pod piestom. Tesne pred ukončením expanzného zdvihu otvorí piest hornou hranou výfukový kanál. Následné je otvorený vyplachovací kanál ktorým začne prúdiť zmes spod piesta nad piest a tým sa pripraví ďalší pracovný obeh.



Obr. Pracovný obeh dvojdobého zážihového motora



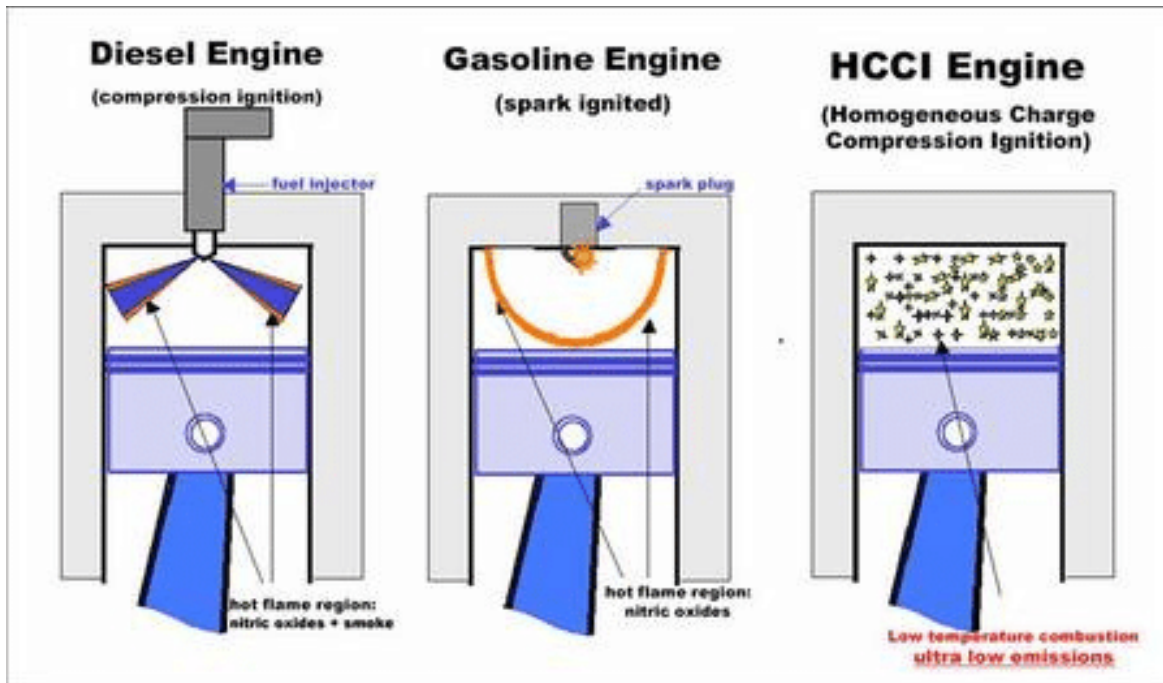
Pohonné systémy automobilov

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Trendy v termodynamike spaľovacích motorov

Motor HCCI



Podmienkou je meniteľný kompresný pomer vo valci 8:1 to 14:1 zabezpečujúci stálu teplotu.

