

Moderné vstrekovacie systémy benzínu pre spaľovacie motory

Matej Juraj · Elektrotechnika

28.11.2012



V posledných rokoch sa s rozvojom elektroniky v automobiloch a v spaľovacích motoroch zvlášť, presadzujú stále komplikovanejšie a sofistikovanejšie systémy zvyšujúce bezpečnosť a jazdnú dynamiku vozidla a znižujú spotrebu paliva a produkciu plynných emisií. Rozdiely medzi jednotlivými typmi spaľovacích motorov sa začali znižovať a spaľovacie motory sa začínajú na seba „podobat“.

Podľa zvuku je už niekoľko rokov veľmi ťažko rozoznať, či sa jedná o benzínový alebo naftový motor. Určiť typ motora podľa spôsobu zapálenia zmesi na zážihový alebo vznietový, dnes už tiež nie je celkom jednoznačné. Naftové motory so vstrekovaním nafty typu Common Rail, rozdelia jednu vstrekovanú dávku na niekoľko čiastkových vstrekov, pričom vznietením sa zapáli iba pilotná dávka, ktorá je zo všetkých čiastkových vstrekov najmenšia. Takmer všetka tlaková energia, ktorá sa premieňa na mechanickú prácu vzniká zapálením ostatných čiastkových vstreknutí, ktoré sa však už nevznietia vplyvom tlaku a teploty v spaľovacom priestore, ale od plameňa z pilotnej dávky.

V odbornej verejnosti tak vzniká otázka, či je naftový motor ešte vznietový alebo skôr zážihový? Podobný paradox vzniká aj pri benzínových motoroch. Ešte do nedávna sa zmes do pracovného priestoru dostávala v nasávacom zdvihu piesta. Po následnom stlačení sa zapálila vplyvom zážihu elektrickej sviečky. Dnes už však existujú motory typu HCCI, v ktorých sa spaľuje benzín bez pôsobenia elektrického výboja. Jedná sa teda o benzínový „vznietový motor“.

Rovnako aj motory s priamym vstrekovaním paliva, ktoré sa čoraz viac využívajú v moderných automobiloch sa začínajú „podobat“ na naftové. Benzín sa vstrekuje priamo do spaľovacieho priestoru, podobne ako nafta v naftovom motore. Benzín sa však môže vstrekovať v závislosti od zaťaženia, v nasávacom zdvihu a následne je vytvorená zmes stláčaná alebo sa môže vstreknúť až v kompresnom zdvihu, teda je nasávaný iba čistý vzduch a do ohriateho stlačeného vzduchu sa vstrekuje potrebná dávka benzínu, podobne ako nafta v naftovom motore.

Dnes sú vo sériovej výrobe benzínové motory bez škrtiacej klapky, čo bola do nedávna doména naftových motorov a naopak v nasávacom potrubí naftových motorov sa dnes objavuje škrtiaca klapka. Prečo je vhodné niekedy vstrekovať benzín v nasávacom a

niekedy v kompresnom zdvihu a prečo sa naftové motory snažia podobať benzínovým a benzínové naftovým, približuje nasledujúci príspevok.

Pred niekoľkými rokmi, keď sa ešte príprava zmesi u benzínových motorov realizovala pomocou karburátorov a u naftových motorov bola nafta vstrekovávaná pomocou piestikového čerpadla, bolo zaradenie spaľovacích motorov do skupín zážihové a vznetové oveľa jednoduchšie ako je to dnes. Benzínové motory sa bez mihnutia oka radili medzi zážihové a naftové medzi vznetové, ale platí to ešte aj dnes?

V prvom rade si treba uvedomiť, že takéto rozdelenie na zážihové a vznetové nie je na základe spaľovaného paliva, ale na základe spôsobu zapálenia zmesi. Moderné vstrekovacie systémy benzínu vstrekujú benzín priamo do spaľovacieho priestoru a v určitých režimoch nie v nasávanom, ale v kompresnom zdvihu piesta, rovnako ako naftový motor vstrekuje naftu. Na druhú stranu moderné systémy vstrekovania nafty rozdeľujú vstrek na viacero dávok, pričom hlavná dávka nafty sa nevznieti od tlaku a teploty, ktoré vznikli stlačením nasatého vzduchu, ale zapáli sa od plameňa z pilotnej dávky vstreknutej nafty.

Okrem iného existujú benzínové motory bez zapalovacej sviečky. Sú teda ešte aj dnes benzínové motory zážihové a naftové vznetové? Benzínové motory sa svojou činnosťou stále viac podobajú na naftové (priamy vstrek v kompresnom zdvihu, bez zapalovacej sviečky) a naftové na benzínové (hlavná dávka nafty sa nevznieti, ale zapáli od plameňa).

Priamy vstrek benzínu

Priame vstrekovanie benzínu sa zavádza stále častejšie do moderných automobilov predovšetkým z dôvodu znižovania spotreby paliva. Ako môže zmena polohy vstrekovača znížiť spotrebu paliva? Spotrebu paliva samozrejme neovplyvní zmena polohy vstrekovačov zo sacieho potrubia do spaľovacieho priestoru, ale nové možnosti vstrekovania takto umiestnených vstrekovačov. Vstrekovače umiestnené priamo v spaľovacom priestore dokážu vstrekať palivo rovnako ako systémy viacbodového vstrekovania počas nasávacieho zdvihu piesta. Vstrekujú palivo počas nasávania.

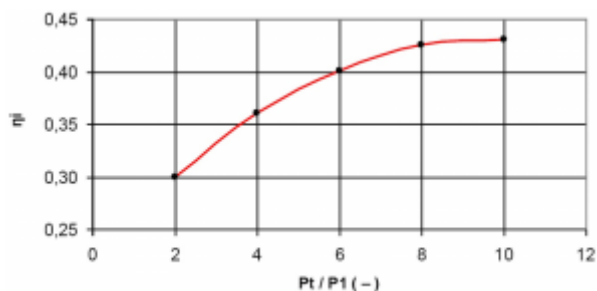
Dokážu, ale aj niečo navyše, vstrekať palivo až v kompresnom zdvihu piesta. To znamená, že motor nasáva iba vzduch a do stláčaného vzduchu sa tesne pred zážihom vstrekne potrebné množstvo paliva. Tento spôsob vstrekovania tak umožňuje spaľovať chudobné zmesi, pretože vieme dosiahnuť tzv. vrstvenú zmes zapálenia schopnú iba v okolí zapalovacej sviečky. Úspora paliva sa dá dokázať na priebehoch indikovanej účinnosti. Spotreba paliva spaľovacieho motora závisí od účinnosti spaľovacieho motora. Čím je efektívna účinnosť vyššia, tým je spotreba paliva spaľovacieho motora nižšia. Efektívna účinnosť spaľovacieho motora je daná vzťahom:

$$\eta_e = \eta_t \cdot \eta_{ch} \cdot \eta_p \cdot \eta_m = \eta_i \cdot \eta_m \quad (-) \quad (1)$$

kde: η_t - termická účinnosť, η_{ch} - chemická účinnosť, η_p - koeficient plnosti indikátorového diagramu, η_m - mechanická účinnosť, η_i - indikovaná účinnosť

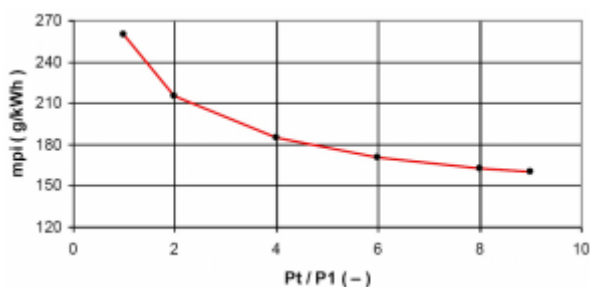
Práve indikovaná účinnosť (vnútorná účinnosť bez mechanických strát) je ten dôvod prečo sa znižuje spotreba paliva priamym vstrekaním benzínu. Benzínové a naftové

motory majú odlišné priebehy práve indikovanej účinnosti. Na obr. 1 vidíme priebeh indikovanej účinnosti v závislosti od zaťaženia pre benzínový motor. Na osi x je pomer P_t/P_1 je to vlastne parameter záťaže spalovacieho motora a vyjadruje pomer stredného tlaku obehu p_t k tlaku p^1 v indikátorovom diagrame.



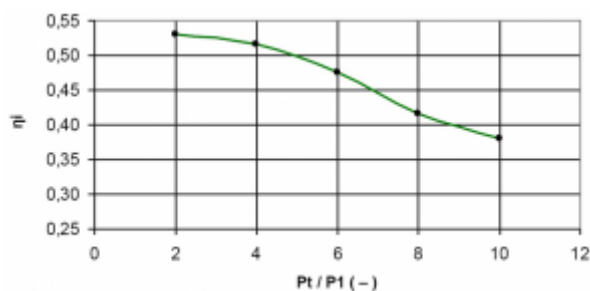
Obr.1 Priebeh indikovanej účinnosti benzínového motora v závislosti od zaťaženia

Spotreba paliva je závislá od účinnosti spalovacieho motora. Priebeh indikovanej spotreby paliva pre benzínový motor znázorňuje obr. 2.

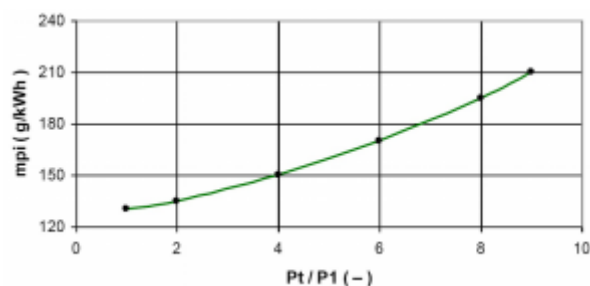


Obr. 2 Priebeh indikovanej spotreby paliva pre benzínový motor v závislosti od zaťaženia

Priebeh indikovanej účinnosti a indikovanej spotreby paliva naftového motora je odlišná od benzínového motora, obr.3, obr. 4. Ako je vidieť, indikovaná spotreba benzínového motora je v nízkych zaťaženiach vysoká a so zvyšovaním zaťaženia indikovaná spotreba klesá. Naopak, je to s naftovým motorom, kde v nízkych zaťaženiach je indikovaná spotreba nízka a so zvyšujúcou sa záťažou rastie.

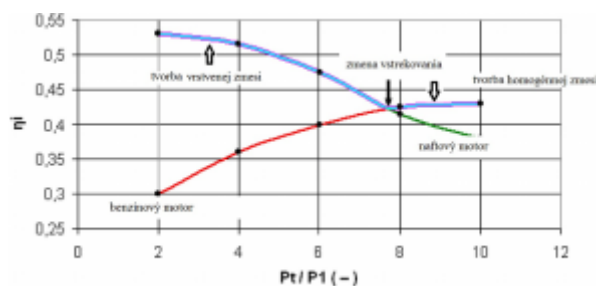


Obr. 3 Priebeh indikovanej účinnosti naftového motora v závislosti od zaťaženia

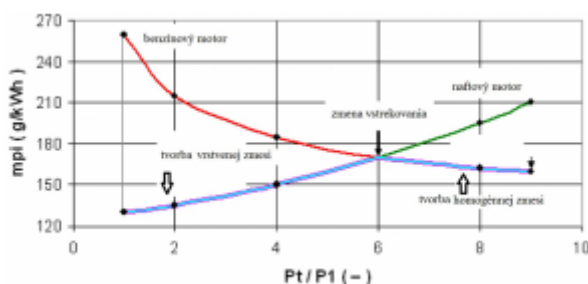


Obr. 4 Priebeh indikovanej spotreby paliva pre naftový motor v závislosti od zaťaženia

Benzínový motor s priamym vstrekom paliva sa snaží využívať tieto vlastnosti a to tak, že v nízkych zaťaženiach, kde má indikovanú účinnosť nižšiu naftový motor, vstrekuje benzín v kompresnom zdvihu tesne pred zážihom a činnosť benzínového motora sa potom podobá naftovému a vo vyšších zaťaženiach, kde má indikovanú spotrebu paliva nižšiu benzínový motor, vstrekuje palivo štandardne v nasávacom zdvihu. Týmto spôsobom benzínový motor s priamym vstrekom benzínu dokáže využívať výhody naftového aj benzínového motora, vid'. obr. 5 a obr. 6.



Obr. 5 Priebeh indikovanej účinnosti benzínového a naftového motora v závislosti od zaťaženia



Obr. 6 Priebeh indikovanej spotreby paliva pre benzínový a naftový motor v závislosti od zaťaženia

Motory s priamym vstrekom benzínu znižujú spotrebu paliva zvyšovaním indikovanej účinnosti benzínového motora v jeho nižších zaťaženiach. Pri malých zaťaženiach motory pracujú s chudobnou vrstvenou zmesou vstrekom v kompresnom zdvihu a vo vyšších zaťaženiach už spalujú homogénnu zmes vstrekom v nasávacom zdvihu piesta. Týmto spôsobom využívajú iba oblasti vyššej indikovanej účinnosti, čím zvyšujú v konečnom dôsledku aj efektívnu účinnosť a znižujú efektívnu spotrebu paliva spalovacieho motora a teda aj dráhovú spotrebu vozidla. Priame vstrekovanie benzínu do spalovacieho priestoru sa začalo sériovo vyrábať v roku 1998 pod označením GDI. Dnes je vstrekovanie známe pod označením FSI, TSI, TFSI a stalo sa štandardným typom vstrekovania benzínu v moderných automobiloch.

Tvorba zmesi pomocou priameho vstrekovania benzínu si však vyžaduje aj zmenu vo výfukovom potrubí. Na správnu a najefektívnejšiu redukciu emisií v trojcestnom katalyzátore sa vyžaduje spalovanie stechiometrickej zmesi, emisie vznikajúce spalovaním vrstvenicovej zmesi, ktorá je chudobná sú redukované v absorpčných katalyzátoroch so senzorom oxidov dusíka. Spalovaním chudobných zmesí, rastie teplota horenia zmesi, čo má za následok zvýšenú produkciu emisií NOx, ktoré sa dočasne akumulujú v absorpčných katalyzátoroch a neskôr počas spalovania homogénnej zmesi sa premieňajú na dusík. [1]

Použitá literatura

1. <http://cs.autolexicon.net/articles/fsi-fuel-stratified-injection/>
-