

Přepřehování pístových spalovacích motorů

Přepřehování PSM

- Zvýšení užitečných vlastností
- Vyšší zhodnocení energie
- Vyšší zhodnocení materiálu
 - výrobní náklady
 - spotřeba konstrukčních materiálů
- snížení spotřeby paliva

Základní souvislosti významných parametrů přepřehovaných PSM

Výkon motoru :

$$P_e = m_{pal} H_u \eta_{celk} \quad (1)$$

Použitím definičního vztahu :

$$\lambda = \frac{m_{vzd}}{m_{pal} L_{VT}} \quad (2)$$

Dosazením (2) do (1) a vyjádřením hmotnostního toku vzduchu do motoru

$$P_e = \frac{m_{vzd}}{\lambda L_{VT}} H_u \eta_{celk} = \frac{V_{Z/M} \varepsilon n_M \rho_{PV} \eta_d}{(\varepsilon - 1) \lambda L_{VT} 120} H_u \eta_{celk} \quad (3)$$

Poznámka:

Dopravní účinnost se u přepřehovaného motoru vztahuje k celkovému objemu válce (válců) motoru (ne pouze ke zdvihovému, jako u motorů nepřepřehovaných). Pro přepřehované motory se místo zdvihového objemu válce uvažuje celkový objem

$$V_C = V_Z + V_K = V_Z \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$$

a dopravní účinnost je vztažena k celkovému objemu válce V_C .

Efektivní výkon motoru lze rovněž vyjádřit vztahem :

$$P_e = \frac{p_e V_{Z/M} n_M}{120}$$

porovnáním s předchozí rovnicí dostaneme výraz pro velikost středního efektivního tlaku pracovního oběhu motoru :

$$p_e = \frac{H_u}{L_{VT} \lambda} \rho_{PL} \eta_d \eta_i \eta_m \quad [MPa] = \frac{[MJ/kg]}{---} [kg/m^3]. ---$$

Celková účinnost je dána součinem indikované a mechanické účinnosti a lze ji vyjádřit pomocí měrné spotřeby paliva vztahem :

$$\eta_i \eta_m = \eta_c = \frac{3600}{m_{pe} H_u} \quad \frac{g}{kWh} 10^{-3} \frac{MJ}{kg} 10^6$$

Po substituci dostaneme :

$$p_e = \frac{3600}{L_{VT} \lambda m_{pe}} \rho_{PL} \eta_d$$

Poznámka k dopravní účinnosti :

pro přepřívované motory ji definuje známý vztah :

$$\eta_d = \frac{M_{CN}}{V_z \rho_s} = \frac{V_{CN}}{V_z} \cdot \frac{\rho_{CN}}{\rho_s} = \frac{V_{CN}}{V_z} \cdot \frac{T_s}{T_{CN}} \cdot \frac{p_{CN}}{p_s}$$

dopravní účinnost η_d u nepřepřívovaných motorů je vztažena ke zdvihovému objemu V_z válce motoru.

Základní definiční vztah pro dopravní (plnicí) účinnost přepřívovaného motoru potom bude :

$$\eta_d = \frac{M_{CN}}{V_z \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \rho_{PV}} = \frac{V_z \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_{CN}}{r T_{NV}}}{V_z \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_{PL}}{r T_{PL}}}$$

U přepřívovaného motoru lze předpokládat, že tlak ve válci na konci plnění se rovná tlaku plnicímu $p_{PL} \cong p_{NV}$.

Rovnice pro dopravní účinnost přepřívovaného motoru se zjednoduší na :

$$\eta_d \cong \frac{T_{PL}}{T_{NV}}$$

Určení T_{NV} je složité :

- teplota na konci plnění je ovlivněna zbytkovými plyny
- projevuje se výměna tepla mezi čerstvou náplní a stěnami válce

Pro určení T_{NV} u přepřehovaných vznětových motorů se doporučuje empiricky vztah podle Zinnera :

$$T_{NV} = 313 + \frac{5}{6} t_{PL}$$

U přepřehovaných motorů s chlazením plnicího vzduchu dochází s rostoucím chlazením k poklesu η_d (je to dáno zvýšením Δt mezi teplotou plnicího vzduchu t_{PL} a teplotou stěn plnicího potrubí, plnicích kanálů a stěn válce a spalovacího prostoru. To ovšem nemá za následek pokles p_e , neboť převažuje vzrůst ρ_{PL} při intenzivním chlazení.

Součinitel přebytku vzduchu a indikovaná účinnost přepřehovaného motoru

Podle vztahu :

$$P_e = \frac{m_v H_u}{L_{VT} \lambda} \eta_i \eta_m$$

by z hlediska výkonu motoru mohlo být zvyšování hodnoty λ posuzováno jako neúčelné :

- s rostoucí λ se do určité míry zvyšuje indikovaná účinnost.

Velikost λ ovlivňuje i další významné parametry pracovního oběhu motoru :

- slouží jako regulační činitel maximálních spalovacích teplot a tím snižuje tepelné ztráty (snižuje tepelné namáhání pístu, válce a hlavy válců a dalších součástí, snižuje nároky na chlazení, teploty mazacího oleje apod.).
- Nejvyšší teploty T_{max} náplně válce významně ovlivňují vytváření toxického oxidu dusnatého NO (zvýšení λ vede ke snížení T_{max} a k poklesu produkce NO).

Vztah mezi součinitelem přebytku vzduchu a indikovanou účinností vyjádřil Wanscheidt rovnicí :

$$\eta_i = \eta_{i0} \lambda^{1/2} \quad (\eta_{i0} = 0,33)$$

Mechanická účinnost přepřínovaného motoru

Mechanické ztráty PSM lze rozdělit na :

- Ztráty spojené s výměnou obsahu válců: tyto ztráty jsou u 4-dobých přepřínovaných motorů ve srovnání s nepřepřínovanými zcela eliminovány (ve většině provozních režimů) převahou plnicího tlaku nad středním tlakem výfuku (vytlačování výfukových plynů z válce), smyčka indikátorového diagramu má kladnou velikost, tj. výměna obsahu náplně válce je tedy spojena s konáním kladné práce. U motorů 2-dobých, používajících většinou mechanicky poháněné dmychadlo v kombinaci s plnicím turbodmychadlem, závisí ztráty spojené s výměnou obsahu válce na způsob přepřínování 2-dobých motorů.
- Ztráty spojené s pohonem nezbytného příslušenství, systémů a agregátu motoru (palivové čerpadlo, mazací a chladicí systém, el. Generátor, vzduchový kompresor apod.), ventilační ztráty, ztráty od setrvačných sil (třecí), rozvodového ústrojí: tyto ztráty závisí na přepřínování minimálně nebo vůbec, závisí především na otáčkách.
- Ztráty závislé na zatížení, především třecí ztráty u pístové skupiny a ložisek klikového mechanismu: s růstem přepřínování se tyto ztráty budou zvyšovat.

Střední tlak mechanických ztrát, kterým se snižuje střední indikovaný tlak oběhu na střední efektivní tlak lze potom vyjádřit rovnicí :

$$p_{mz} = \beta_{mz} p_i + p_{mz1} + p_{mz2}$$

β_{mz} ... koeficient mechanických ztrát závislých na zatížení

p_i ... střední indikovaný tlak

p_{mz1} ... ztráty (resp. Přínos) výměny obsahu válce (stř. tlak)

p_{mz2} ... střední tlak ztrát nezávislých na zatížení

Mechanickou účinnost lze potom zapsat :

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \frac{p_i - p_{mz}}{p_i} = 1 - \beta_{mz} - \frac{p_{mz1}}{p_i} - \frac{p_{mz2}}{p_i}$$

Pokud bude poměr středního tlaku výfukových plynů ve válci při vytlačování a tlak plnicího stálý, bude se p_{mz} měnit relativně málo: v rozsahu p_e 0,8 – 2 MPa se p_{mz} změní o zhruba 3%.

Poměr η_m přepřínovaného a nepřepřínovaného motoru udává přibližně rovnice :

$$\frac{\eta_{mp}}{\eta_m} = \frac{p_{PL}}{p_o} \cdot \frac{1}{K \left(\frac{p_{PL}}{p_o} - 1 \right) + 1} \quad (K \cong 0,83 - 0,85)$$