

KKE/TSM – Teorie přeplňovaných spalovacích motorů

doc.Ing. Jiří Polanský Ph.D.



Podpořeno v rámci projektu CZ.1.07/2.2.00/15.0383
Inovace studijního oboru Dopravní a manipulační technika
s ohledem na potřeby trhu práce

PŘEPLŇOVÁNÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ

Přeplňování zážehových motorů (Benzínové a plynové motory)

Přeplňování zážehových motorů

• Cíle přeplňování zážehových motorů:

- Zvýšení výkonu motoru
- Zlepšení hospodárnosti provozu
- Snižování obsahu škodlivin ve výfukových plynech
- Zvyšování účinnosti ZM je limitováno **detonačním spalováním**
 - Je nutno posunout hranice detonačního spalování mimo provozní oblast motoru
 - Problematika použití paliva
 - Kapalně palivo – benzínové motory (BM) stechiometrická směs $\lambda=1$
 - Plyné palivo - stechiometrická směs $\lambda=1$, chudá směs $\lambda>1$

Přeplňování zážehových motorů

Princip vzniku a vlivy na detonační spalování:

- Antidetonační vlastnosti vlastního paliva a složení směsi λ
- Tlak a teplota na konci komprese dané
 - Velikostí komprese ε
 - Mírou přeplňování p_s, t_s
 - Velikostí předstihu zážehu α_z
 - Úrovní chlazení
- Náchylnost či odolnost spalovacího prostoru k detonačnímu spalování

Přepřehování zážehových motorů

Komplikace

- *Hospodárné, jen z úzkým rozmezím bohatosti směsi cca $\lambda=1$*
- *Musí splňovat požadavky emisí – musí být vybaven tříložkovým katalytickým konvertorem (katalyzátor s řízenou λ -sondou) – musí pracovat s vyšší měrnou spotřebou paliva*

Detonační spalování

Vliv antidetonační odolnosti paliva (pro $n=\text{konst}$ a ϵ)

- Tlak v sání p_s detonačního spalování klesá s rostoucí teplotou plnění t_s
- Při daném palivu roste mez detonačního spalování bohatostí směsi
- Mez detonačního spalování roste s oktanovým číslem

Důsledky pro uplatnění přepřehování

- Vysoké oktanové číslo paliva
- Nízká teplota plnění (mezichladič)
- Obohacování směsi

Detonační spalování

Vliv stavu pracovní látky na počátku komprese (při $n=\text{konst}$ a $\lambda=\text{konst}$, OČ= konst)

- Kompresní poměr ϵ má vliv na teplotu a tlak náplně
- Na mezi detonačního spalování musí s rostoucím kompresním poměrem ϵ klesat p_s
- Pokles ϵ odsunuje mez detonačního spalování ale klesá η_t a tím i η_i a hospodárnost provozu
- Projevuje se výrazný vliv mezichlazení

Detonační spalování

Vliv velikosti předstihu zážehu

- Vliv na velikost spalovacích teplot a tlaků a jejich gradienty
- S klesající hodnotou α_z na hranici detonačního spalování roste hodnota efektivního tlaku p_e při současném nutném růstu plněního tlaku p_s
- Při $p_s = \text{konst.}$ však p_e klesá s poklesem α_z
- Výrazný vliv chlazení. S chlazením je možné dosáhnout nárůstu p_s i s poklesem α_z .

Prevence před detonačním spalováním u BM

- Vyšší oktanové číslo paliva, přísady
 - speciální (metyl-terc-butyléter – MTBE)
 - směs s metanolem, etanolem apod.
- Provoz s bohatší směsí
- Chlazení směsi / vzduchu, vstřikování vody apod.
- Optimalizace spalovacího prostoru
- Použití dvou zapalovacích svíček (zkrácení doby hoření a času pro vznik detonačního hoření)
- Vyšší otáčky motoru (zkrácení doby pro vznik detonačního hoření)
- **Regulace turbodmychadla**

Regulace turbodmychadla BM

Regulace p_{sT} :

- Odpouštění výfukových plynů před turbínou (nejefektivnější způsob)
- Škracení výfukových plynů za turbínou:
 - Pomalejší náběh p_{sT} na regulovanou hodnotu a obtížná stabilizace
 - Růst negativní práce motoru
- Škracení na vstupu do dmychadla (růst podtlaku na vstupu, růst teploty)
- Odpouštění vzduchu za dmychadlem
- Přepouštění plnicího vzduchu zpět do sání

Regulace turbodmychadla BM

Základní způsoby regulace turbodmychadla BM:

- Regulace sacího tlaku před turbínou p_{sT} pro:
 - Zamezení detonačního spalování
 - Získání potřebného průběhu momentu turbíny M_t
- Zvýšení akcelerační schopnosti
- Zamezení překročení pumpovní meze

Regulace turbodmychadla BM

Zlepšení akcelerace:

Hmotnostní tok výfukových plynů u BM závisí jen na zatížení (závislost na otáčkách je zanedbatelná) → při poklesu zatížení motoru rapidně klesají otáčky turbodmychadla (rozběh trvá déle). Zlepšení akcelerace se dosahuje:

- Klapkou před dmychadlem
 - rychlejší akcelerace
 - lepší poloha provozních bodů v charakteristice dmychadla – dále od pumpovní hranice
 - Nutná zvýšená těsnost (prevence před přísáváním oleje)

Regulace turbodmychadla BM

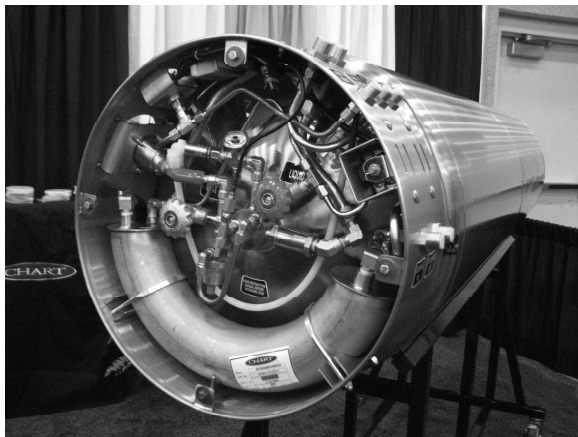
Zlepšení akceleraace:

- Klapkou za dmychadlem
 - Pokles účinnosti turbodmychadla η_{TD}
 - Provozní body blízko pumpovní hranice – nutná další regulace (vhodná pro vznětové motory)
- Klapkou před i za dmychadlem
 - Kombinace výhod předchozích dvou řešení (univerzální použití pro zážehové i vznětové motory)

Plynové motory

- Pracují v širším rozsahu bohatosti směsi než BM
- Paliva – Metan, propan, zemní plyn, LPG
- Komerčně – propan-butan(PB), CNG, LNG
- Uspořádání motoru závisí od použitého paliva (dle způsobu zapalování směsi, dle použitého katalytického systému)
- **Katalytický systém:**
 - Řízený tříložkový (provoz s stechiometrickou směsí)
 - Oxidační (provoz s chudou palivovou směsí)
- **Zapalování směsi:**
 - **Jiskrou (zážehový motor)**
 - Pomocným paprskem nafty (vznětový motor)

Plynové motory



Palivová nádrž pro plynový motor [8]

Plynové motory

Provoz se stechiometrickou směsí ($\lambda=1$)

- Není nutné přepřínování
- Náchylnost na detonační spalování, je nutné:
 - Snižování kompresního poměru ϵ
 - Snižování teploty nasávaného vzduchu v sání T_s (chlazení směsi)
 - Vířivý spalovací prostor apod.
- Vyšší oktanové číslo plyných paliv (dosahování potřebného výkonu i bez přepřínování)
- Regulace bohatosti směsi je řízená elektronickou řídicí jednotkou na základě λ -sondy.
- Regulace dodávky paliva je prováděna
 - Změnou průřezu dodávací trysky za pomoci krokovacího motoru
 - Řízením vefukované dávky plynu

Plynové motory

Regulace turbodmychadla

- Odpouštění výfukových plynů před turbínou
- Integrovaná škrťací klapka (přivírání hlavní škrťací klapky – $f(n)$) pneumaticko-mechanický/elektrický
- Škrčení výtlačku dmyhadla - $f(n)$
- Přepouštění části plnicího vzduchu z dmyhadlo zpět do sání
- Regulace bohatosti směsi z závislosti na zatížení motoru a otáčkách

Plynové motory

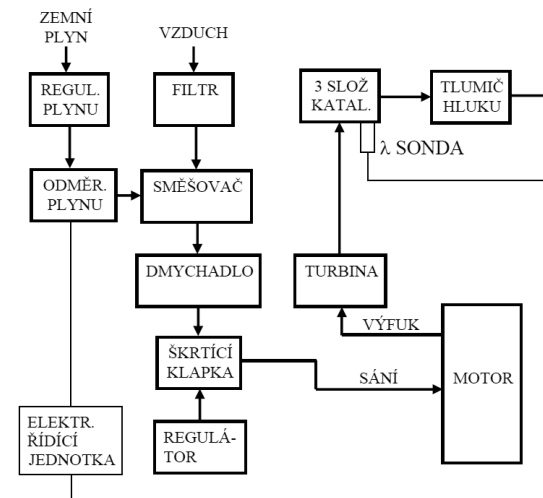


Schéma uspořádání motoru na stechiometrickou směs [2]

Plynové motory

Provoz na chudou palivovou směs ($\lambda > 1$)

- Široká mez zápalnosti
- Snižování bohatosti směsi a úrovně přepřínování zvyšuje nároky na zapalovací soustavu
- Zpravidla přepřínované
- **Regulace turbodmychadla:**
 - Odpouštění výfukových plynů před turbínou
 - Integrovaná škrťací klapka (přivírání hlavní škrťací klapky)
 - Škrčení výtlačku dmyhadla - $f(n)$
 - Přepouštění části plnicího vzduchu z dmyhadlo zpět do sání
 - Regulace bohatosti směsi z závislosti na zatížení motoru a otáčkách

Plynové motory

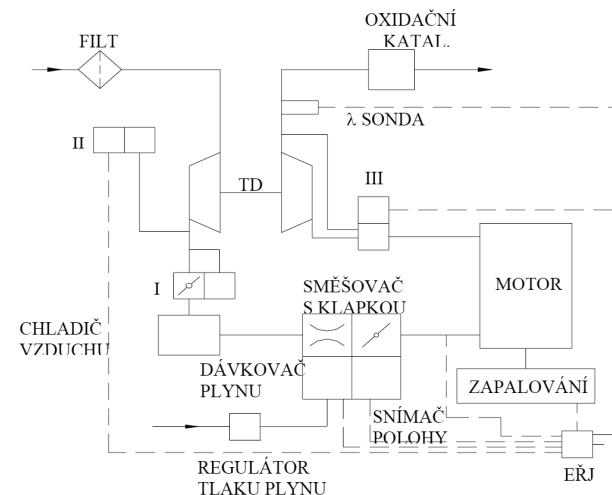


Schéma uspořádání motoru na chudou palivovou směs [2]

Zdroje

- [1] J. Macek; B. Suk : Spalovací motory I. - Praha 1996
- [2] L. Bartoníček: Přepřínování pístových spalovacích motorů – Liberec 2004
- [3] K. Hoffman: Regulovalné přepřínování vozidlových motorů. Brno, 2000.
- [4] J. Macek; V. Kliment: Spalovací turbíny, turbodmychadla a ventilátory (Přepřínování spalovacích motorů) – Praha 2003
- [5] Hiereth H., Prenninger P.: Charging the Internal Combustion Engine, Springer, Wien 2007
- [6] Bell C : Maximum Boost, Bentley Publishers, Cambridge – 1997
- [7] Baines C.N.: Fundamentals of Turbocharging, NREC, Vermont 2005
- [8]<http://porkchopdiaries2013.blogspot.cz/2013/03/charting-longer-haul-course-for-natural.html>

DIZKUSE...

...OTÁZKY?



Poděkování

Tento projekt je spolufinancován
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Projekt CZ.1.07/2.2.00/15.0383
Inovace studijního oboru Dopravní a manipulační technika
s ohledem na potřeby trhu práce