

KKE/TSM – Teorie přeplňovaných spalovacích motorů

Roman Gášpár



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

## Způsoby přeplňování

### Impulsní přeplňování

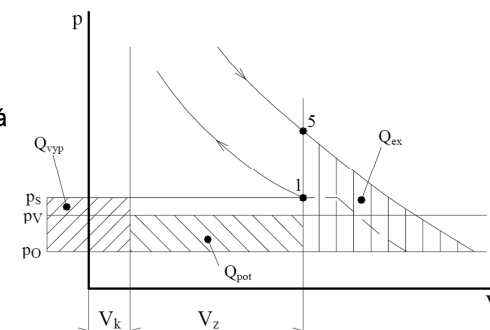
- Cílem je zachování tlakových a teplotních pulsů vznikajících při periodickém výtoku plynů z jednotlivých válců a jejich uchování a přivedení k turbíně plnicího turbodmychadla
- Pro dobré impulsní přeplňování je dobré zachovat:
  - Malý objem výfukového potrubí (malý průměr a krátká vzdálenost od turbíny)
  - Oddělené přívody od skupin válců

### Impulsní přeplňování

- **Energie impulsního přeplňování  $Q_{imp}$**

$$Q_{imp} = Q_{ex} + Q_{pot} + Q_{vyp}$$

- $Q_{ex}$  – energie ztracená neúplnou expanzí
- $Q_{pot}$  – potenciální energie vykonaná pístem při výfukové zdvihu
- $Q_{vyp}$  – energie vyplachovacího vzduchu



Celková energie pro práci turbíny při  
impulsním přeplňování [2]

# Impulsní přeplňování

## Ztráty

- Průtokem přes ventil (sací i výfukový)
- Vlivem nestacionarity dějů mezi motorem a turbínou
- Ztráty odvodem tepla do okolí
- Mísením výplachového vzduchu a výfukových plynů

# Impulsní přeplňování

## Vznik tlakových vln

- Ideální případ
  - Výfuk otevírá naráz – strmý nárůst tlaku
  - Okamžité naplnění potrubí a pak odtok
  - Beze ztrát
- Skutečný stav
  - Méně strmý nárůst tlaku
  - Postupné naplnění potrubí
  - Ztráty

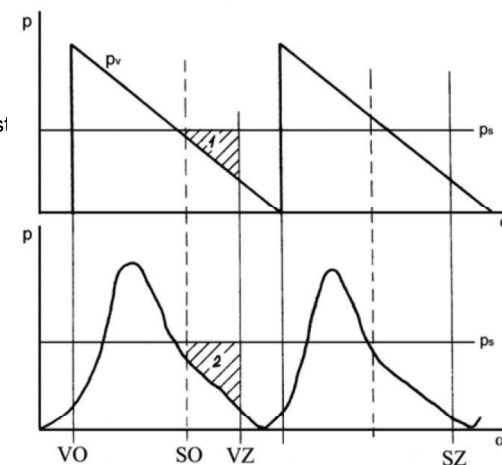
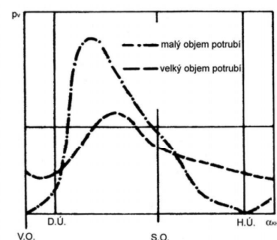


Schéma průběhu tlakových vln [2]

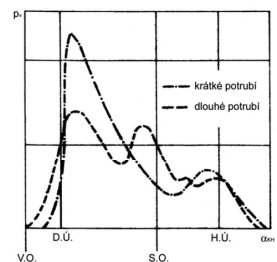
# Impulsní přeplňování

## Skutečný průběh tlakových vln je dán

- Konstrukčními parametry výfukového potrubí mezi motorem a turbínou
  - Objem potrubí
  - Délka potrubí



Vliv objemu na průběh tlakových vln [2]

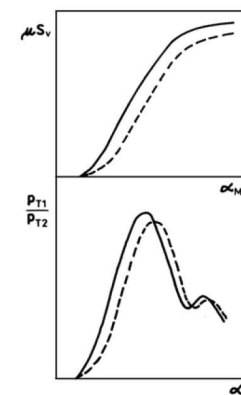


Vliv délky potrubí na průběh tlakových vln [2]

# Impulsní přeplňování

## Skutečný průběh tlakových vln je dán

- Rozvodovými daty výfukových ventilů
  - Rychlost otevírání
  - Velikost překrytí
  - Okamžik otevření ventilu
  - Průtočná plocha sacího/výfukového ventilu



Závislost mezi průtokovým průřezem ventilu a tlakovými poměry [2]

# Impulsní přepřňování

## Použití impulsního provozu

- Při nižších plnicích tlacích
- U vysokotlacte přepřňovaných motorů, když motor často pracuje v částečném zatížení a když se požaduje rychlejší reakce turbíny na změnu zatížení
- Při přepřňování dvoudobých motorů, kde energie výfukových plynů je nižší

# Rovnotlaké přepřňování

## • Rovnotlaké

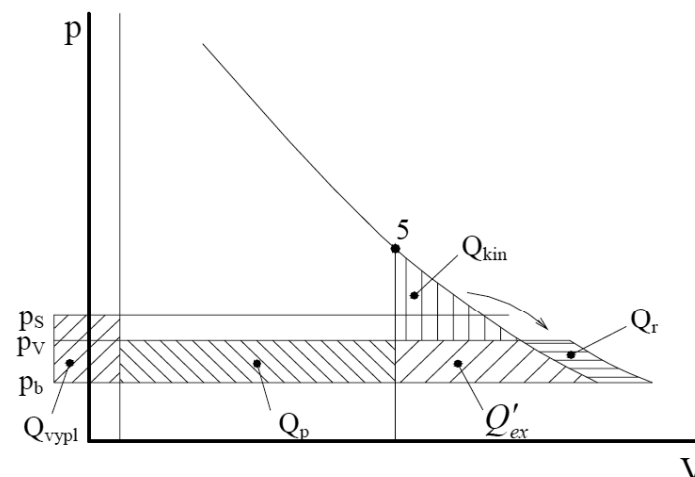
- Využívá především potenciální a tepelnou energii výfukových plynů.
- Typický velký objem výfukového potrubí se společným výstupem všech válců s cílem potlačit kmity v potrubí.
- Převážná část ztracené energie vlivem neúplné expanze se převádí na kinetickou energii a ta se důsledkem víření mění na tepelnou → *rekuperace energie*.

# Rovnotlaké přepřňování

$$Q_{rov} = Q_{vypl} + Q_p + Q'_{ex} + Q_r = Q_{imp} - Q_z$$

- $Q_{rov}$  – energie, kterou má turbína k dispozici při rovnotlakém přepřňování
- $Q_{vypl}$  – energie vyplachovacího vzduchu
- $Q_p$  – potenciální energie pístu při výfukovém zdvihu
- $Q'_{ex}$  – energie neúplné expanze pod hladinou tlaku výfukového potrubí
- $Q_r$  – rekuperovaná energie (způsobuje růst teploty plynů před Turbínou)
- $Q_{imp}$  – energie, kterou má turbína k dispozici při impulsním přepřňování
- $Q_z$  – ztráty vzniklé rekuperací

# Rovnotlaké přepřňování



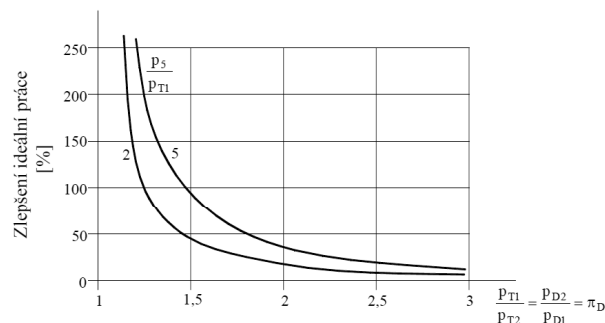
Celková energie pro práci turbíny při rovnotlakém přepřňování [2]

# Rovnotlaké přeplňování

## Závěr

- U stacionárních motorů (konstantní zatížení)
- Jednoduchá konstrukce spojení motoru s turbínou (větší průřez → menší průtokové ztráty)

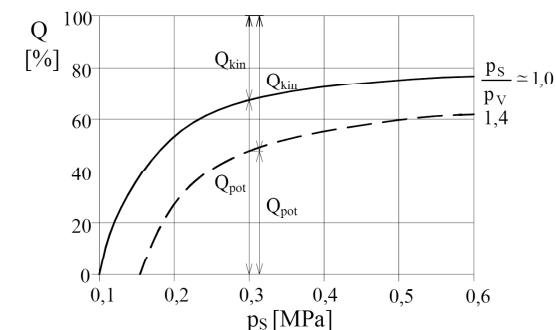
## Porovnání



Porovnání impulsního a rovnotlakého provozu [2]

- Přínos impulsního je malý při vyšších hodnotách expanzního tlaku
- Přínos získaný lepším využitím kinetické energie výfukových plynů se ztrácí horší účinností turbíny (kolísání veličin)

## Porovnání



Porovnání impulsního a rovnotlakého provozu [2]

- S rostoucím výplachovým poměrem  $p_s/p_v$  roste  $Q_{kin}$  na úkor  $Q_{pot}$  (roste význam impulsního přeplachování)
- S poklesem zatížení (pokles  $p_s$ ) roste opět roste  $Q_{kin}$  na úkor  $Q_{pot}$

## Zdroje

- [1] J. Macek; B. Suk : Spalovací motory I. - Praha 1996
- [2] L. Bartoníček: Přeplňování pístových spalovacích motorů – Liberec 2004
- [3] K. Hoffman: Regulované přeplňování vozidlových motorů. Brno, 2000.
- [4] J. Macek; V. Kliment: Spalovací turbíny, turbodmychadla a ventilátory (Přeplňování 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

**DIZKUSE...**  
**...OTÁZKY?**



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **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