

Využití energie výfukových plynů k pohonu klikového hřídele

Jakub Vrba
Petr Schmid
Pavel Němeček

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

1

Důvod inovace

- Jedná se o využití energie výfukových plynů, která by jinak zůstala nevyužita a byla odvedena výfukem do ovzduší.
- Cílem je využití energie výfukových plynů k přímému pohonu klikového hřídele.

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

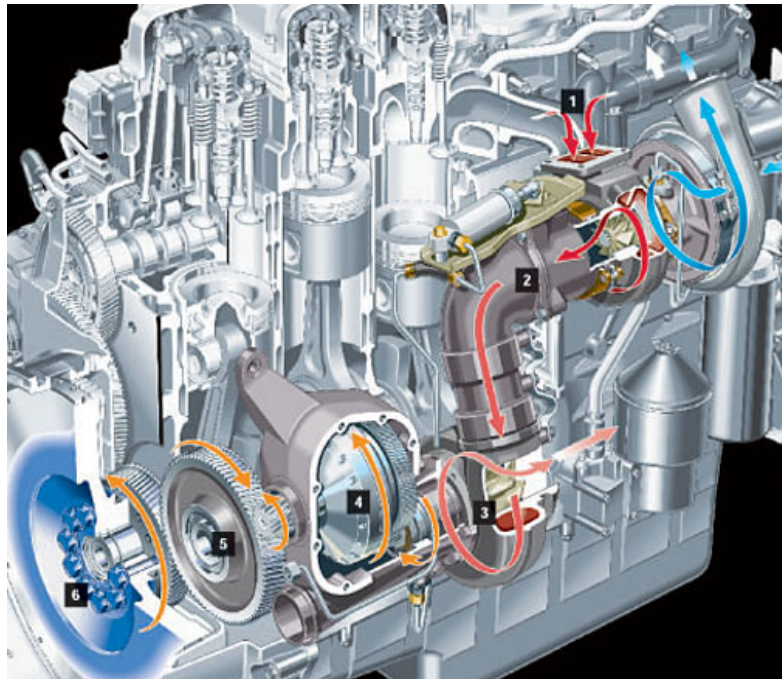
2

Turbocompound

- Z výfukových plynů se další výfukovou turbínou za turbodmychadlem získává pohybová energie.
- Turbocompoundní turbína dosahuje $55\,000\text{ min}^{-1}$. Tento pohyb se převádí přes převody, hydraulickou spojku a rozvodová kola na klikovou hřídel.
- Motor vykazuje velkou pružnost a běží plynuleji.
- Kliková hřídel při otáčení využívá trvalý přísun dodatečného výkonu z turbocompoundního procesu, který zvyšuje rovnoměrnost chodu.

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

3



4

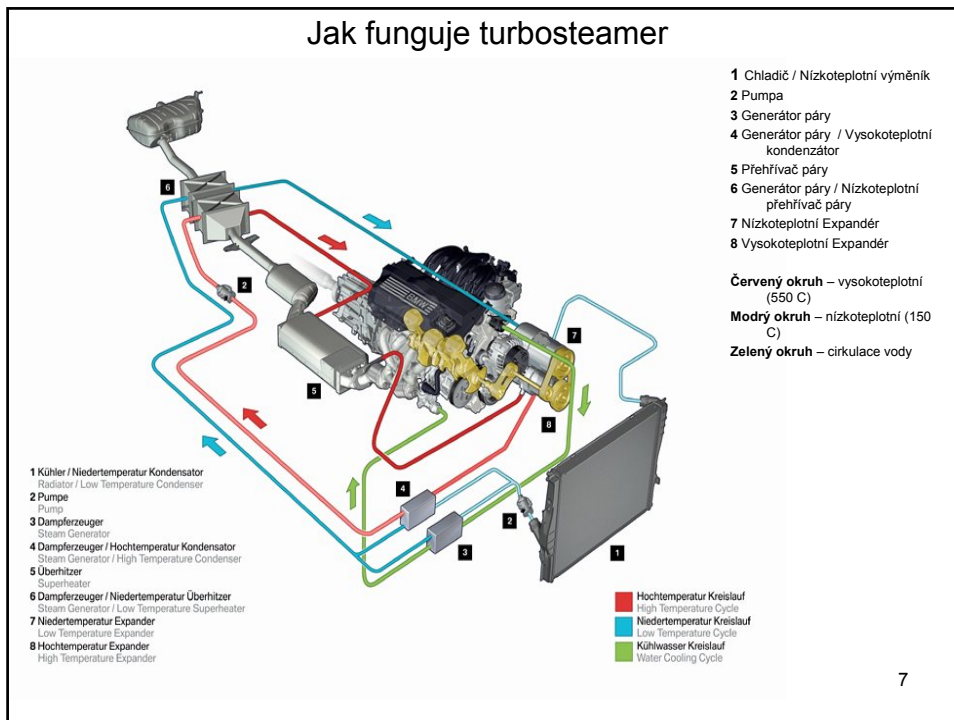
Turbocompound

1. Výstup výfukových plynů o teplotě až 700 °C ze sběrného potrubí.
2. Výfukové plyny jsou využity k pohonu konvenčního turbodmychadla. Výfukové plyny vstupují dále do turbocompoundní jednotky.
3. Výfukové plyny mají při dosažení turbocompoundní jednotky teplotu cca 600 °C; energie je využita k roztočení druhé turbíny až na 55 000 ot/min. Za turbínou klesne teplota plynů pod 500°C.
4. Otáčky turbíny jsou snižovány v různých stupních mechanickými převody. Hydraulická spojka vyrovnává rozdíly mezi rotací klikového hřídele a turbocompoundní turbíny.
5. Výkon je přiveden soukolím na klikovou hřídel.

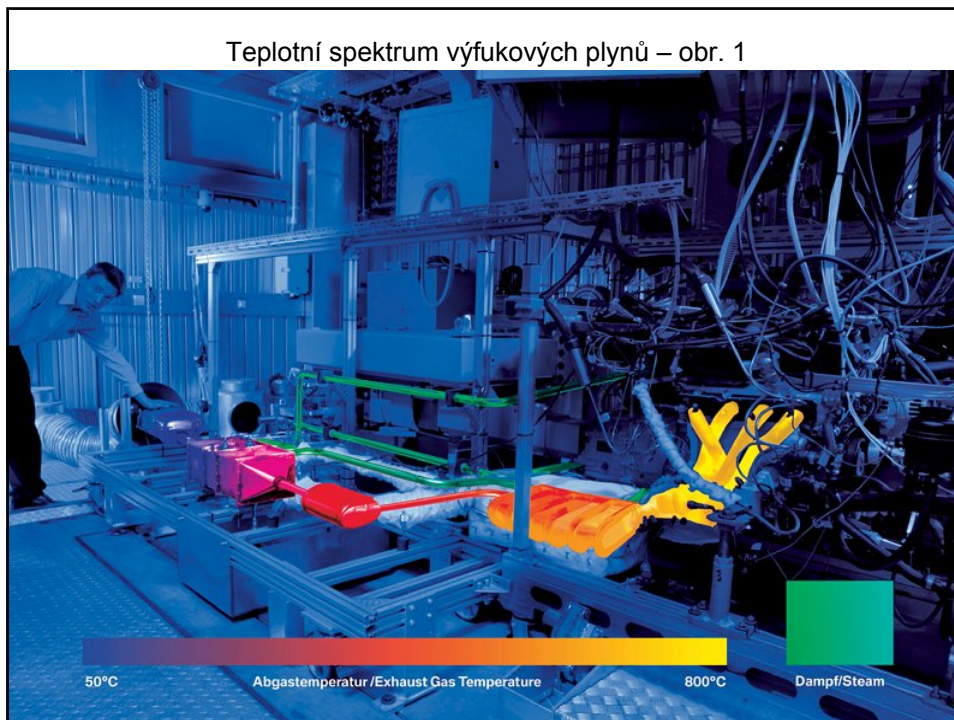
Turbosteamer

- **BMW Turbosteamer**
- Turbosteamer (turboparník) pracuje na principu parního stroje. Ve dvou okruzích je kapalina měněna na páru teplem výfukových plynů.
- Primárním zdrojem energie je **vysokeplotní okruh**, který prochází výměníkem umístěným ve výfukovém potrubí blízko za motorem. Čerpadlo je schopno vyvinout tlak 10 až 40 bar a i při částečných zatíženích vytvořit páru o teplotě 550°C. Vyrobená pára směřuje do expandéru, který je napojen přímo na klikový hřídel motoru. Princip je podobný kompresoru klimatizace, jenže v opačném smyslu. Přivedená pára expanduje a předává energii klikové hřídeli. Během této práce se teplota páry sníží na 150 až 200°C. Tímto způsobem je možno využít až 80 % energie, která by jinak odešla výfukem.
- Další část energie výfukových plynů přebírá z velké části **nizkoteplotní okruh**, ve kterém cirkuluje etanol, stlačovaný druhým čerpadlem. Teplota v tomto okruhu bere energii z chladiče, dosahuje asi 105°C a tlak až 3 bar. To však nestačí k pohonu druhého expandéru a proto je do okruhu zařazen průchod výměníkem na konci výfukového potrubí, kde je ještě dost nezužitkováné energie. Teplota v nízkoteplotním okruhu pak dosahuje asi 150°C a pára z tohoto okruhu také pomáhá roztáčet klikový hřídel motoru. Celkově lze tímto způsobem, podle BMW, zvýšit účinnost spalovacího motoru asi o 15 %.
- Komponenty prototypového systému jsou zatím zkoušeny v laboratořích, pracuje se na dalším zmenšení a zjednodušení celého zařízení, tak aby bylo možno nabídnout sériový produkt do deseti let.
- Úspora paliva v reálném provozu má dosáhnout asi 1,5 l/100 km, výkon motoru se přitom zvýší o 10 kW a točivý moment asi o 20 Nm (zážehový motor 1,8 l).

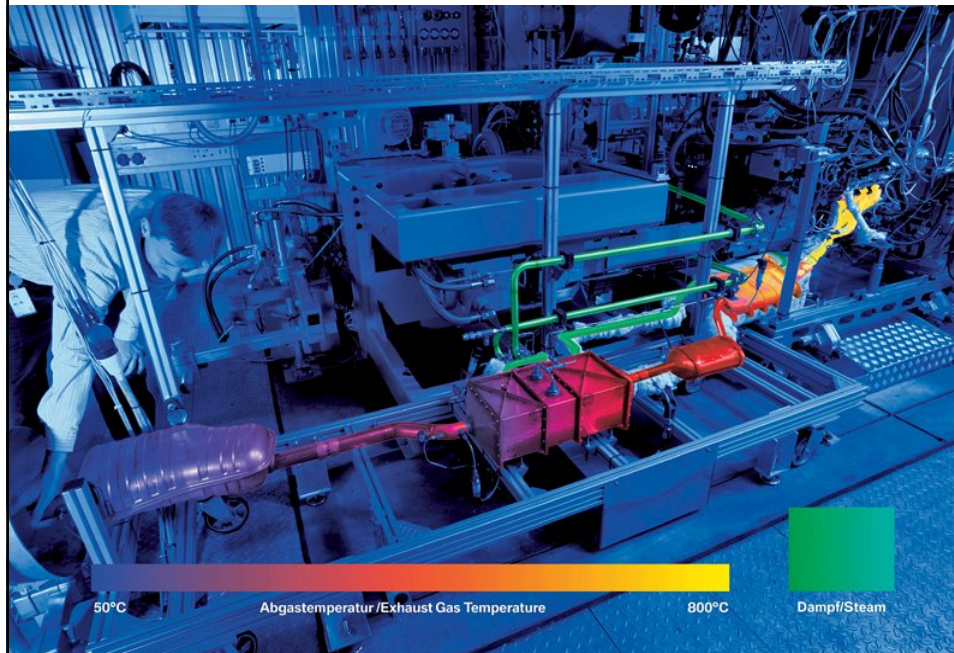
Jak funguje turbosteamer



Teplotní spektrum výfukových plynů – obr. 1



Teplotní spektrum výfukových plynů obr. 2



Řízení přeplňování turbodmychadlem

Cíl inovace

- Účelem přeplňování spalovacích motorů je zvýšení množství vzduchu a tím i dodávky paliva do spalovacího prostoru.
 - Výsledkem je vyšší točivý moment a výkon u objemově srovnatelných motorů, resp. dosažení obdobných parametrů výkonu a točivého momentu z menšího zdvihového objemu.
 - Současně tedy klesá měrná spotřeba i výkonová hmotnost. Uvedené vlastnosti tedy dovolují stavbu objemově malého motoru, který má výkonové parametry podstatně většího motoru při dosažení nízké spotřeby
- 1 kg benzínu (nafty) potřeba 14,7 kg (14,5 kg) vzduchu (stechiometrická směs)
 - Převedeme-li hmotnostní poměr na objemy.
 - ke spálení 1 litru paliva budeme potřebovat řádově 10.000 litrů vzduchu

Proč přeplňování řídit

- Nejvyšší účinek přeplňování se umísťuje zpravidla do nízkých otáček, aby byla odstraněna nevýhoda nízké hodnoty točivého momentu při nízkých otáčkách
- Je třeba omezovat velikost plnicího tlaku s rostoucími otáčkami motoru, protože další zvyšování otáček motoru znamená vyšší otáčky dmyhadla a tedy i vyšší plnicí tlaky
- V neposlední řadě jsou problémem vysoké teploty výfukových plynů na výstupu z motoru

Regulace plnicího tlaku

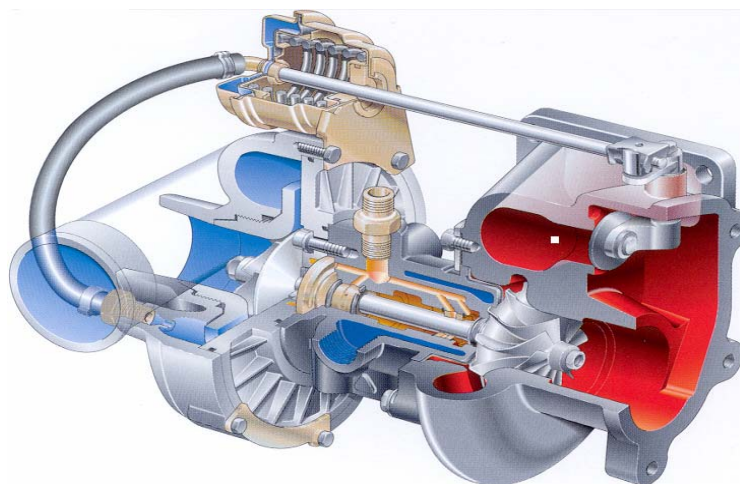
Turbodmychadlo lze regulovat:

1. Odpouštění již stlačeného vzduchu ze sání (méně efektivní řešení)
2. Odváděním přebytečného toku výfukových plynů při vyšších otáčkách motoru paralelním obtokovým kanálem
3. změnou geometrie - natáčením lopatek statoru turbíny (VGT)
4. kombinací obou způsobů s použitím směrové klapky

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

13

Odpouštěním výfukových plynů



Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

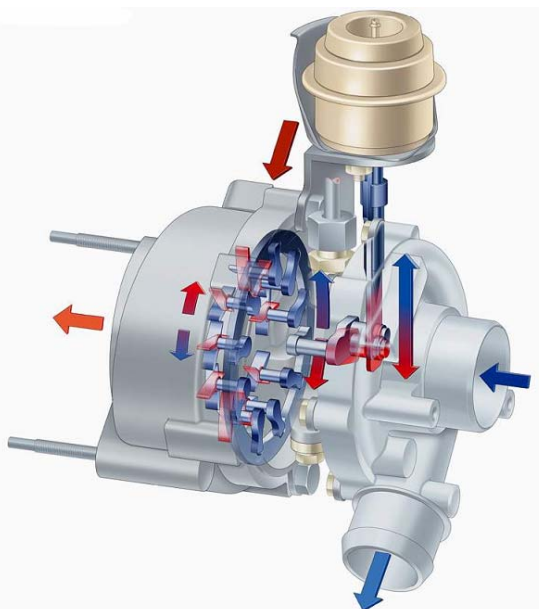
14

Natáčením lopatek statoru turbíny (VGT)

- Především pro vznětové motory.
- Toto zařízení slouží k omezování plnicího tlaku na sací straně.
- Výfukové plyny zážehových motorů mají příliš vysoké teploty.

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

15



Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

Při nízkých otáčkách motoru je požadován vysoký plnicí tlak, takže je nastavitelnými lopatkami zmenšen průřez, kterým proudí výfukové plyny, tlak před lopatkami se zvýší, rychlost plynů se ve zúženém místě také zvýší a to způsobí rotočení turbodmychadl a a tedy zvýšení plnicího tlaku na sací straně. Ve vysokých otáčkách motoru, kdy je třeba plnicí tlak omezit, je průtočný průřez v místě rozváděcích lopatek maximálně zvýšen, tlak se

16

Natáčením lopatek statoru turbíny

Při nízkých otáčkách motoru je požadován vysoký plnicí tlak, takže je nastavitelnými lopatkami zmenšen průřez, kterým proudí výfukové plyny, tlak před lopatkami se zvýší, rychlost plynů se ve zúženém místě také zvýší a to způsobí roztočení turbodmychadla a tedy zvýšení plnicího tlaku na sací straně.

Ve vysokých otáčkách motoru, kdy je třeba plnicí tlak omezit, je průtočný průřez v místě rozváděcích lopatek maximálně zvětšen, tlak se tedy zmenší a turbodmychadlo se tak točí nižšími otáčkami.

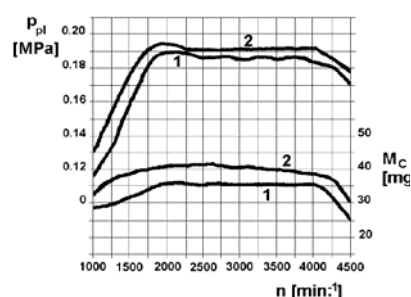
Ovládání natáčení lopatek bývá řešeno různými pneumatickými nebo elektrickými akčními členy.

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

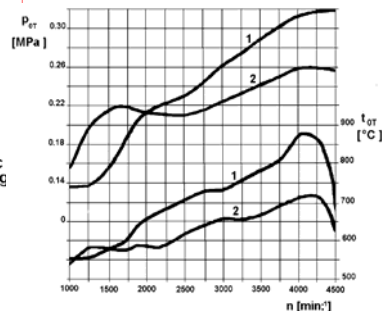
17

porovnání regulace odpouštěním výfukových plynů před turbínou a VGT

Průběh plnicího tlaku a dávky na cyklus



Průběh tlaků a teplot před turbínou



Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

- 1) Odpouštěním výfukových plynů
- 2) VGT

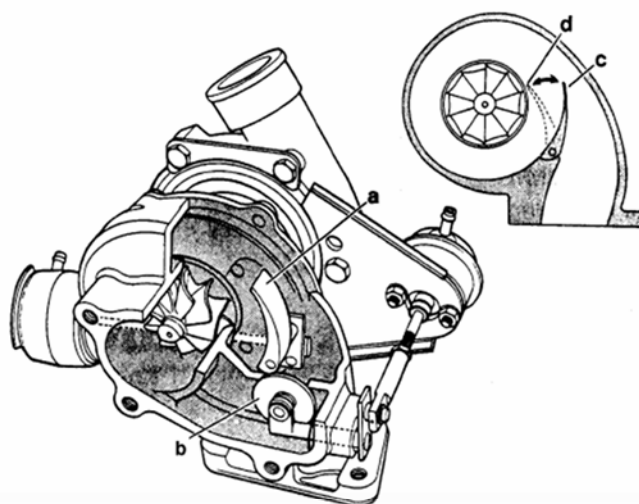
18

Kombinovaná regulace plnicího tlaku

- Ve snaze snížit tlaky a teploty výfukových plynů před turbínou při jejich odpouštění vyvinula firma Garrett turbodmychadlo s bezlopatkovou rozváděcí skříní
- rozváděcí skříň má odpouštěcí klapku doplněnou směrovou klapkou pro úpravu víru v rozváděcí skříní

Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

19



Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

20

Kombinovaná regulace plnicího tlaku

V poloze (d) směrová klapka vytváří podmínky normální turbinové skříně s regulací jen odpouštěním a v poloze (c) zvětšuje obvodovou složku rychlosti v bezlopatkové rozváděcí skříně. Tím se docílí v menší míře efektu, jako při natáčení rozváděcích lopatek, ovšem v kombinaci s odpouštěním se vytváří při této regulaci příznivější stavy plynu před turbínou, než při odpouštění výfukových plynů.

Nejčastější závady

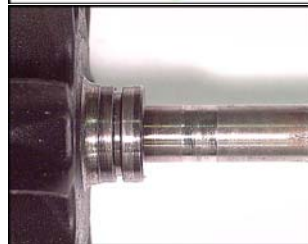
Dmychadlové kolo a rotor poškozeny vstupem cizího tělesa. Příčiny poškození dmychadlového kola jsou:

- Při montáži došlo k "opomenutí" cizího tělesa v sacím potrubí
- Může dojít k uvolnění sací hadice mezi filtrem a turbodmychadlem a nasávání nečistot.
- V některých případech při silně znečištěném filtru dojde k jeho destrukci a částice filtru vniknou do sacího prostoru dmychadlového kola...



Nejčastější závady

- Radiální ložiska a rotor poškozeny nečistotami v oleji.
- Turbodmychadla jsou vysokootáčkové stroje. I velmi malé nečistoty ve velkém množství působí při vysokých otáčkách jako velmi silné abrazivo.



Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

23

Nejčastější závady

- Radiální ložisko a rotor poškozeny napečeným karbonem.
- Příčina: Po jízdě ve vysokých zatíženích (rychlá jízda, dlouhá stoupání) došlo k odstavení vozidla a k okamžitému zhasnutí motoru. Olej který při běžícím motoru cirkuluje se zastavil a vlivem setrvačnosti teplot došlo k jeho "napečení" na rotační části



Technické inovace motorových vozidel - Přednáška 07

24

Zdroje informací

- http://www.rozhlas.cz/leonardo/technologie/_zprava/251352
- <http://news.auto.cz/aktuality/bmw-turbosteamer-navrat-pary.html>
- www.scania.cz/trucks...technology/turbocompound/