



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO**  
**INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# **SACÍ SYSTÉMY SPALOVACÍCH MOTORŮ**

INTAKE SYSTEM FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MARTIN HADRAVA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. JAN VANČURA**

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/11

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Martin Hadrava

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Sací systémy spalovacích motorů**

v anglickém jazyce:

#### **Intake system for internal combustion engines**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je vypracování rešerše na téma sacích systémů spalovacích motorů.

Cíle bakalářské práce:

Popište základní úlohu sacího systému spalovacího motoru

Proveďte kategorizaci sacích systémů

Popište všechny části sacího systému, zaměřte se především na konstrukční stránku

Seznam odborné literatury:

- [1] Vlk, F.: Příslušenství vozidlových motorů. Brno 2002.
- [2] Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory. Brno 2003.
- [3] HOFMANN, K. Turbodmychadla, vozidlové turbíny a ventilátory: Přepřívání spalovacích motorů. 2. vyd. VUT Brno: SNTL, 1985. 134 s.
- [4] HOFMANN, K. Alternativní pohony. Studijní opory, VUT FSI Brno, 2003. 73s.
- [5] BARTONÍČEK, L. Přepřívání spalovacích motorů, Studijní opory, Technická univerzita Liberec, 2004. 76s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Vančura

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 24.11.2010



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

L.S.



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan



## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na sací systémy spalovacích motorů. Důraz je kladen hlavně na konstrukci a jednotlivé části sacích systémů. Část práce je také věnována různým druhům přeplňování motorů. Na závěr jsou jednotlivé části sacího systému popsány důkladněji.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Dmychadlo, přeplňování, sací systém, výkon, krouticí moment

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis is focused on the internal combustion engine intake systems. Emphasis is placed mainly on the construction and the various parts of the intake systems. The part of the work is also devoted to the different types of supercharging. At the end, the individual parts of the intake system are described further.

## **KEYWORDS**

Blower, supercharging, intake system, power, torque



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HADRAVA, M. Sací systémy spalovacích motorů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 37 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Vančura.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vančury a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2011

.....

Martin Hadrava



## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Janu Vančurovi za ochotu, rady a připomínky k této bakalářské práci.



## OBSAH

Úvod .....	9
1 Funkce sacího systému .....	10
2 Atmosférické motory .....	13
3 Nízkotlaké přeplňování.....	16
3.1 Pulzační přeplňování.....	16
3.2 Rezonanční přeplňování .....	17
3.3 Impulzní přeplňování .....	18
4 Vysokotlaké přeplňování.....	19
4.1 Přeplňování mechanicky poháněným dmychadlem.....	20
4.2 Přeplňování turbodmychadlem .....	20
4.3 Regulace plnicího tlaku .....	21
4.4 Systém Comprex.....	22
4.5 Vliv přeplňování .....	23
5 Části sacího systému.....	24
5.1 Čistič vzduchu.....	24
5.2 Sací potrubí .....	25
5.3 Škrticí klapka .....	26
5.4 Turbodmychadlo .....	27
5.5 Mechanicky poháněné dmychadlo.....	28
5.6 Mezichladič.....	30
5.7 Sací kanál.....	31
6 Závěr.....	33
7 Použité informační zdroje.....	34
8 Seznam použitých zkratk a symbolů .....	37





## ÚVOD

Při návrhu a konstrukci spalovacího motoru je nutné zaručit, aby bylo dosaženo požadovaného výkonu a krouticího momentu a zároveň byly nároky na výrobu co nejnižší. Tento kompromis se během zdokonalování výroby a příchodu nových technologií posouvá stále dopředu a tím mohou vznikat dokonalejší motory.

Z hlediska sacího systému je možné výrazně ovlivnit parametry motoru. To je možné provádět jak úpravou základních částí atmosférického motoru, tak přidáním součástí nebo systémů, které posouvají potenciál motoru zase o něco dál. Dnešní trendy těchto úprav jsou velmi závislé na právních a technických předpisech, které uvádějí limity a omezení pro provoz motorů. Jedním z hlavních a nejvíce diskutovaných témat v této oblasti je míra vypouštění emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší. To do značné míry ovlivňuje konstrukci moderních motorů. Výjimkou není ani sací systém, na kterém významně závisí optimální funkce celého motoru.



# 1 FUNKCE SACÍHO SYSTÉMU

Sací systém zajišťuje přísun čerstvé náplně do válců. Nejprve je potřeba vědět, jaká náplň je do válců dopravována. U vznětových motorů a motorů s přímým vstřikováním paliva se jedná pouze o vzduch. Pokud jde o motory s vnější přípravou směsi, je třeba sací systém navrhnout tak, aby bylo možné do válců dopravovat směs paliva a vzduchu. Tento typ sání se používá například pro motory, které k tvorbě směsi využívají karburátor. V karburátoru je tvořena směs paliva a vzduchu, která dále pokračuje do válců. Naproti tomu u motorů s přímým vstřikováním paliva přichází do motoru odděleně palivo i nasávaný vzduch a mísí se přímo ve válcích. V obou těchto případech však záleží na množství náplně, kterou jsme schopni během sání do válců dopravit. Množství náplně je nutné během provozu motoru optimalizovat. Pokud by se do válců dostávalo příliš mnoho vzduchu, snížil by se objem ve válcích vyhrazený pro palivo. V tomto případě hovoříme o plnění chudou směsí a motor nemůže využít plný výkonový potenciál. Naopak pokud by nasávaný objem vzduchu nebyl dostačující, mělo by to za následek nedokonalé spalování paliva ve válcích. Nespálená část paliva by pokračovala do výfukového potrubí, které by poškozovala. Zároveň by opět docházelo k citelnému snižování výkonu. Obě tyto varianty jsou nejcitelnější při maximálním zatížení motoru. Naopak při nižším stupni zatížení se možnost nasávat do válce chudou směsí jeví jako vhodný způsob jak snížit spotřebu.

Jak již bylo uvedeno, sací systém velmi ovlivňuje výkon motoru. Efektivní výkon motoru je možné určit pomocí vzorce: [1]

$$P_e = i \cdot V_H \cdot p_e \cdot \frac{n}{\tau} \quad (1)$$

- kde:  $P_e$       efektivní výkon motoru,  
 $i$             počet válců spalovacího motoru,  
 $V_H$         zdvihový objem jednoho válce,  
 $p_e$         střední efektivní tlak na píst,  
 $n$           otáčky motoru,  
 $\tau$           otáčkový činitel, vyjadřující počet otáček motoru potřebných pro jeden expansní zdvih (pro dvoudobý motor  $\tau = 1$ , pro čtyřdobý  $\tau = 2$ ).



Z hlediska sacího systému lze výkon motoru ovlivnit pouze středním efektivním tlakem na píst. Čím vyšší tlak bude mít nasávaný vzduch, tím více je možné ho do válce dopravit. Více vzduchu znamená, že je možné zvýšit přívod paliva. A pokud je ve válcích více paliva s odpovídajícím množstvím vzduchu, dosahuje motor mnohem vyššího výkonu. Termín pro zvyšování tlaku nasávaného vzduchu se nazývá přeplňování motoru. Princip spočívá v zařazení součásti nebo systému do sání, který bude zvyšovat tlak nasávaného vzduchu. Pro zvýšení účinnosti se ochlazuje vzduch před vstupem do válců, což snižuje jeho teplotu a hustotu. Termín nasávaný vzduch již ale není úplně odpovídající a proto se využívá názvu „plnicí vzduch“. Díky zvýšenému plnění dosahujeme vyšší účinnosti motoru a tím i vyššího výkonu. Zkoušením bylo dokázáno, že přeplňované motory dosahují v porovnání s atmosférickými (bez přeplňování) o stejném zdvihovém objemu, mnohem vyššího výkonu a také mají prokazatelně nižší spotřebu. Systému přeplňování je využíváno v mnoha průmyslových odvětvích, v největší míře však v automobilovém průmyslu. Kvůli dnešnímu masovému zvyšování počtu automobilů je tento fakt rozhodující z hlediska konstrukce motorů. Většina automobilek přešla k většinové výrobě přeplňovaných motorů různých zdvihových objemů, které jsou cenově velmi dostupné. Majitel tak získá automobil, který je výkonnější, pružnější ve zrychlení a také úspornější. Při dnešních cenách pohonných hmot a kontrolou produkce oxidů CO<sub>2</sub> je to žádoucí.

Efektivní plnicí tlak při přeplňování motoru lze určit podle vztahu: [1]

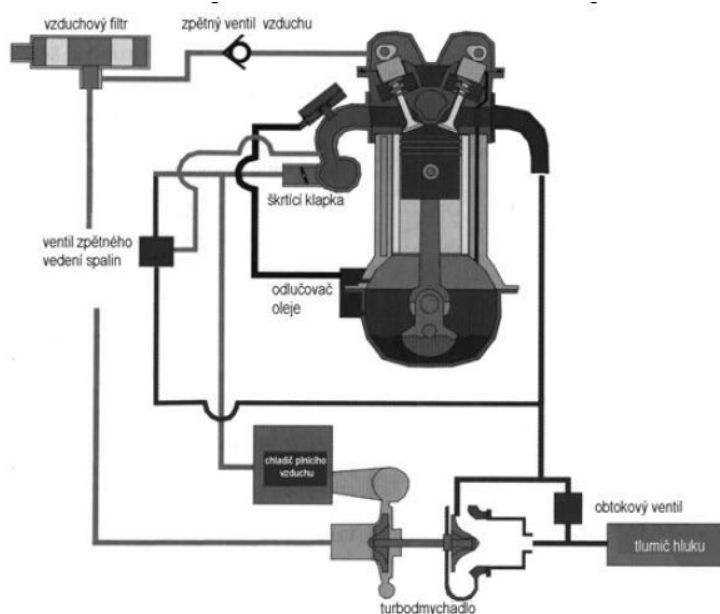
$$p_e = \frac{H_u}{\sigma_t \cdot \lambda_z} \cdot \rho_{pl} \cdot \eta_{pl} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \quad (2)$$

kde:	$p_e$	střední efektivní tlak na píst,
	$H_u$	dolní výhřevnost použitého paliva,
	$\lambda_z$	spalovací součinitel přebytku vzduchu,
	$\sigma_t$	teoretický směšovací poměr vzduchu a paliva,
	$\rho_{pl}$	hustota plnicího vzduchu,
	$\eta_{pl}$	plnicí účinnost motoru,
	$\eta_i$	indikovaná účinnost motoru,
	$\eta_m$	mechanická účinnost motoru.



Hlavním cílem konstrukce sacího systému je nutnost co možná největší eliminace tlakových ztrát při dopravě náplně napříč celým sacím systémem. Z hlediska proudění vzduchu lze říci, že největší odpor způsobuje vzduchový filtr, který je do systému zařazen na začátku jako čistič nežádoucích prachových částic v nasávaném vzduchu. Odporů však v systému samozřejmě najdeme mnohem více. V celém systému vedení se jedná o nejrůznější kolena, zúžení či rozšíření, apod. Tyto ztráty je nutné při konstrukci co nejvíce eliminovat, aby tlak nasávané náplně byl co nejvyšší a bylo tak zaručeno optimální naplnění válců ve všech stupních zatížení motoru. Jako priorita je optimální naplnění při nejvyšším stupni zatížení motoru, kdy do válců dopravujeme nejvíce náplně a tlakové ztráty by tak byly ještě znatelnější. Pro maximální stupeň zatížení je také sací systém konstruován.

Další a neméně důležitou funkcí sacího systému je tlumení hluku vznikajícího při chodu motoru. V praxi lze takového snížení dosáhnout pomocí komory, do které se vkládá vzduchový filtr. Tato konstrukce je nevýhodná kvůli složitější dopravě nasávaného vzduchu do komory. Při této dopravě opět dochází ke ztrátám. Jednodušší konstrukce, kdy je vzduchový filtr umístěn na konci sacího potrubí volně bez komory se vyznačuje volnějším vstupem vzduchu do sacího systému a tím i příznivějším vlivem na výkon motoru. Na druhou stranu je nevýhodou značné zvýšení hlučnosti. Z těchto důvodů je volný vzduchový filtr používán u sportovních a závodních motorů. Pro civilní provoz se tato konstrukce téměř nepoužívá a automobilky vyrábějí filtry uložené v komorách. Bylo by nutné zajistit, aby hlučnost nepřesahovala limity stanovené ve vyhlášce, což je v mnoha případech velmi obtížné.



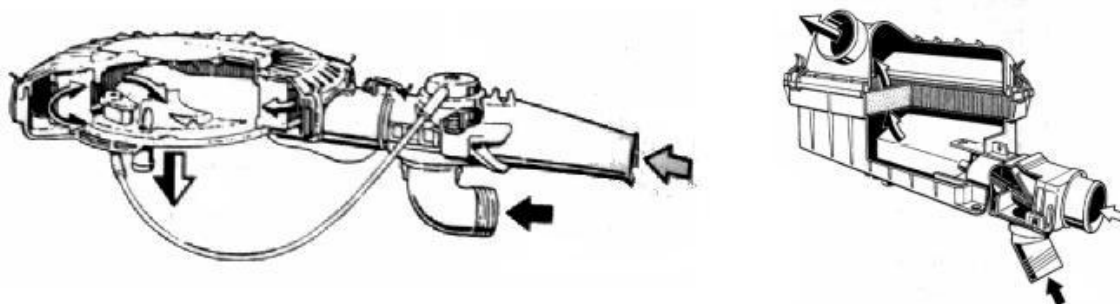
Obr. 1 Sací systém přeplňovaného zážehového motoru [1]



## 2 ATMOSFÉRICKÉ MOTORY

Jak už sám název napovídá, jedná se o motory, které nasávají do motoru vzduch o atmosférickém tlaku. Na modelu zážehového motoru si můžeme popsat jednotlivé části sacího systému a zároveň smysl proudění vzduchu do motoru.

Na vstupu je jako první umístěn vzduchový filtr, sloužící k odloučení prachových částic obsažených ve vzduchu. Filtr je umístěn v komoře, která zajišťuje odhlučnění chodu motoru. Její umístění se může lišit a v praxi se využívají dva typy umístění. Prvním místem je vrchní část podběhu auta. Jako druhé místo se využívá centrální umístění nad blok motoru. Vzduch je do komory přiváděn nejčastěji z masky vozu, kde je zaručeno nejvyšší možné proudění vzduchu. Toho se využívá hlavně pro výkonné motory, které pro svůj provoz potřebují velké množství vzduchu. U menších a méně výkonných motorů, může být vzduch nasáván přímo z motorového prostoru. Množství nasávaného vzduchu je tak menší, ale pro menší motor dostačující. Do komory také ústí potrubí přivádějící teplý vzduch z okolí výfukových svodů. Oba proudy vzduchu se v komoře mísí a k motoru tak jde vzduch o požadované teplotě. Celý tento proces mísení musí být řízen regulačním ventilem, aby teplota byla ideální. V opačném případě, pokud by nasávaný vzduch byl příliš teplý, docházelo by v důsledku vyšší hustoty ke sníženému objemovému naplnění válce. Toto je důležité v teplých podmínkách, kdy je nutné, aby byl přívod teplého vzduchu omezen nebo úplně zastaven. Naopak v chladných podmínkách je přívod teplého vzduchu otevřen, aby docházelo k ohřívání chladného vzduchu z okolí. Na obr. 2 je vlevo ukázka centrálního umístění a vpravo umístění na podběh automobilu. Obě tyto konstrukce se mohou lišit podle výrobce a provozních nároků.



Obr. 2 Vlevo centrální umístění komory a vpravo umístění na podběh auta[3]

Pokud se motor pohybuje v prašném prostředí, je použití standardních papírových filtračních vložek neúčelné, proto se využívá složitějších mechanismů pro odloučení prachu popř. vícestupňová filtrace. Jednotlivé typy prachových odlučovačů budou popsány níže.

Po oddělení nečistot pokračuje vzduch dále sacím potrubím až k sacímu kanálu. K sacímu potrubí je připojeno i odvětrání klikové skříně. Přes odlučovač oleje prochází spaliny, které pronikly do klikové skříně, zpět do sacího potrubí.



Atmosférický motor je základním typem motoru a pro jeho využití v praxi se využívá mnoho modifikací. Pro lepší výkonové a momentové charakteristiky je nutné motor opatřit součástmi nebo systémy, které dokážou z motoru dostat ještě lepší vlastnosti. V oblasti sacích systémů to jsou nejrůznější typy přeplňování nebo systémy, které mohou vytvářet kmity a rezonance v sacím potrubí k ještě lepšímu naplnění válce. Obecně lze říci, že atmosférický motor bez přeplňování nedokáže využít svůj potenciál naplno. Proto se v dnešní době využívá v omezené míře. Většina značek již proto má ve své motorové nabídce výrazně převažující množství přeplňovaných motorů. V tab. 1 je znázorněna motorová nabídka pro vůz Škoda Octavia. V nabídce můžeme vidět pouze dva motory MPI (vícebodové vstřikování paliva), které nejsou osazeny přeplňováním. Oproti tomu motory TSI (zážehový motor s přímým vstřikováním paliva přeplňovaný turbodmychadlem) a TDI CR DPF (vznětový motor se vstřikovacím systémem “common-rail“ přeplňovaný turbodmychadlem) jsou opatřeny turbodmychadly. Pokud se podíváme na výkon a krouticí moment je zřejmá dominance přeplňovaných motorů. Krouticí moment je zároveň dostupnější v nižších otáčkách, což pomáhá pružnosti motoru.

Závěr z tohoto porovnání je jasný a můžeme konstatovat, že přeplňování atmosférických motorů je nedílnou součástí výroby dnešních motorů. Konstrukce využívající systému přeplňování je sice více náchylná k poruchovosti. Hlavní slabinou například u naftových motorů je samotné turbodmychadlo. Ale pro potřebný efekt razantního navýšení výkonu pomocí modifikace sacího systému je jeho využití velice výhodné.



*Obr. 3 Motor Škoda 2.0 TSI [5]*



Tab. 1 Motorizace vozu Škoda Octavia [6]

Benzínové motory (motorizace)	Výkon motoru a kroučící moment	Naftové motory (motorizace)	Výkon motoru a kroučící moment
<b>1.4 MPI</b>	59 kW 132 Nm / 3800 min <sup>-1</sup>	<b>1.6 TDI CR DPF</b>	77 kW 250 Nm / 1500-2500 min <sup>-1</sup>
<b>1.6 MPI LPG</b>	75 kW 148 Nm / 3800 min <sup>-1</sup>	<b>2.0 TDI CR</b>	103 kW 320 Nm / 1750-2500 min <sup>-1</sup>
<b>1.2 TSI</b>	77 kW 175 Nm / 1550-4100 min <sup>-1</sup>	<b>2.0 TDI CR DPF</b>	125 kW 350 Nm / 1750-2500 min <sup>-1</sup>
<b>1.4 TSI</b>	90 kW 200 Nm / 1500-4000 min <sup>-1</sup>		
<b>1.8 TSI</b>	118 kW 250 Nm / 1500-4500 min <sup>-1</sup>		
<b>2.0 TSI</b>	147 kW 280 Nm / 1700-5000 min <sup>-1</sup>		

**Červené** - atmosférické motory

**Zelené** – přeplňované motory



### 3 NÍZKOTLAKÉ PŘEPLŇOVÁNÍ

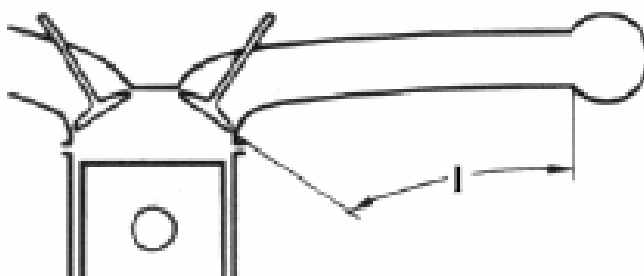
U dnešních typů atmosférických motorů je využito konstrukčních řešení pro zvýšení naplnění válců. Všechny konstrukce jsou založeny na vytvoření tlakových vln v sacím potrubí. Tlakové vlny při správném naladění sacího potrubí zvyšují hmotnostní naplnění. Výsledkem by pak mělo být zvýšení kroticího momentu v nízkých otáčkách a ve vysokých otáčkách pak zvýšení výkonu motoru.

Rozdělení nízkotlakého přeplňování:

- Pulzační přeplňování
- Rezonanční přeplňování
- Impulzní přeplňování

#### 3.1 PULZAČNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ

Pulzační přeplňování je založeno na principu vytvoření tlakové vlny probíhající v sacím potrubí. Základním předpokladem je, že objem sacího potrubí je stejný nebo vyšší než objem válce. Vlna je vytvořena díky sacímu podtlaku válce při pohybu pístu. Vlna se od válce pohybuje přes celou délku sacího potrubí a na jeho konci se odráží. Odrazem se vlna mění na přetlakovou a cestuje zpět směrem k válci. Při správném nastavení délky potrubí se vrátí k válci ještě před jeho uzavřením. Rychlost pohybu vlny je rovna rychlosti zvuku pro dané prostředí. Využitím tlaková vlny získáme vyšší hmotnostní naplnění válce a tím i navýšení výkonu o 10-30%. Tato koncepce je vhodná pro vysokootáčkové motory, protože délka potrubí je pro otáčky pod  $2000 \text{ min}^{-1}$  neúměrně vysoká. Naopak při vysokých provozních otáčkách je to výborný způsob jak dosáhnout citelného navýšení výkonu motoru. Na Obr. 4 je zobrazeno pulzační potrubí o délce „l“. Délka je měřena od začátku pulzačního potrubí až po konec sacího kanálu.



Obr. 4 Pulzační potrubí [3]





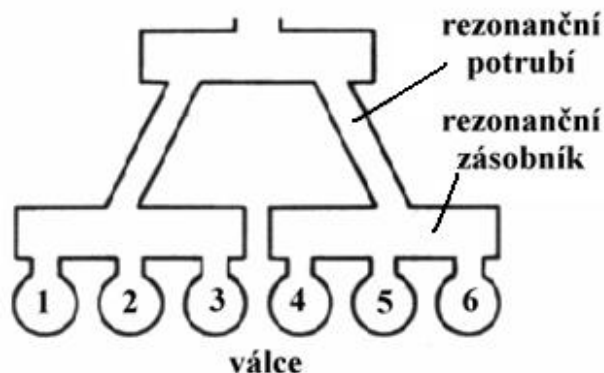
Pulzační přeplňování je možné regulovat změnou délky sacího potrubí, které se při zvyšování otáček zkracuje. Důvod spočívá v závislosti délky sacího potrubí na průběhu krouticího momentu a výkonu motoru. Pro delší potrubí je krouticí moment vysoký a naopak výkon je nízký. Krátké potrubí má přesně opačný vliv, tedy nízký moment, ale vysoký výkon. Z tohoto důvodu musí během zvyšování otáček motoru docházet ke zkracování sacího potrubí. Je několik způsobů jak této regulace délky dosáhnout. Příklad můžeme vidět na Obr. 5, kde je využito konstrukce trojstupňovým systémem se zapínatelným sacím potrubím. V závislosti na otáčkách motoru se zapínají jednotlivé větve sacího potrubí a to od nejdelšího po nejkratší.



Obr. 5 Trojstupňový systém se zapínatelným sacím potrubím [1]

### 3.2 REZONANČNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ

Rezonanční přeplňování je založeno na podobném principu jako pulzační přeplňování. Využívá se hlavně u šestiválcových motorů. Rozdíl je ten, že využívá vzniku rezonance k následnému zvýšení tlaku plnění. Tlakovou vlnu vysílá válec, který je v pořadí sání před válcem, který má být rezonančně naplněn. Pro šestiválcové motory jsou válce rozděleny po třech do dvou skupin. Rezonanční systém sestává z rezonančních zásobníků a rezonančních potrubí. Každá větev má svůj zásobník i potrubí. Nejčastějším typem zapalování jednotlivých válců u řadového šestiválce je 1-5-3-6-2-4. V praxi tedy sací pohyb pístu prvního válce vytvoří podtlakovou vlnu, která se při průchodu rezonančním potrubím mění na přetlakovou vlnu a doplňuje tak třetí válec o další vzduch. Následovně pátý válec doplňuje šestý, druhý válec doplňuje čtvrtý atd. Obdobné je to pro vidlicový šestiválec, který má časování 1-4-2-5-3-6. Pro správné fungování musí být frekvence sání stejná jako frekvence kmitání vlny. Pokud se tedy obě frekvence rovnají, nastává tížená rezonance, která ještě umocňuje tlak, s jakým tlakové vlny stlačují vzduch do válců.



Obr. 6 Rezonanční systém[3]

### 3.3 IMPULZNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ

Impulzní přeplňování již není založeno čistě na přeměně energie sání na kinematickou energii vzduchu. Do sacího kanálu je vložena klapka, která slouží k posílení efektu plnění tlakovými vlnami. Princip vytvoření tlakové vlny je stejný jako u pulzačního přeplňování. Při pohybu pístu z horní úvratě se sice otevírá sací ventil, ale vložená klapka zůstává stále zavřená. To podněcuje vznik ještě většího podtlaku mezi válcem a klapkou. Po otevření klapky se podtlaková vlna šíří až na konec potrubí, kde se odráží jako přetlaková a putuje zpět do válce. Po doběhu vlny dojde ke zvýšenému naplnění válce, ale za vlnou přetlakovou se k válci šíří také vlna podtlaková. Ta by způsobila nežádoucí šíření vzduchu zpět z válce a tím by zhoršovala naplnění. Proto se klapka na dobu šíření podtlakové vlny uzavírá a otevírá se až pro opětovné naplnění, kdy je píst před dolní úvratí. Systém použití klapky tedy zvyšuje účinnost dynamického plnění válce a tím podporuje i nárůst výkonu. Naladění klapky však musí být velmi přesné vzhledem k tomu, že se musí otevírat a zavírat dvakrát za jeden pracovní zdvih ve válci.

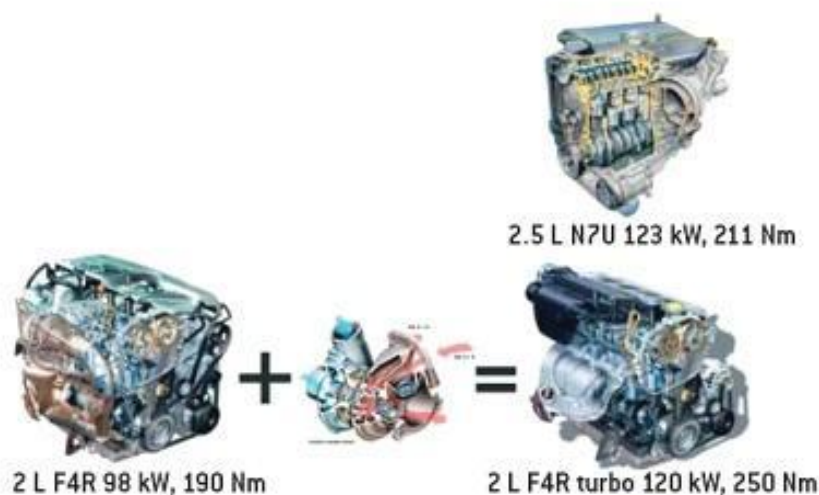


Obr. 7 Dynamická regulační klapka [2]



## 4 VYSOKOTLAKÉ PŘEPLŇOVÁNÍ

Jedním z hlavních parametrů motoru je jeho výkon. Existuje mnoho způsobů jak tohoto zvýšení dosáhnout. Jednou z možností je využití dmyhadla. Přepřňováním dosahujeme mnohem vyššího plnění válců a tím i zvýšení výkonu a krouticího momentu. Vzduch přicházející do motoru je stlačován pomocí turbíny a následně přiváděn do válce. Pro některé typy přepřňování je nutné do sacího systému zařadit i chladič stlačovaného vzduchu (intercooler). Díky stlačení a ochlazení je možné do válce dopravit větší množství vzduchu a v závislosti na tom také více paliva. Je prokazatelné, že přepřňované motory mají při stejném objemu vyšší výkon a nižší spotřebu oproti atmosférickému motoru. Tato skutečnost je v dnešní době ve velké míře využívána pro výrobu motorů osobních aut. Proces je označován jako “downsizing“. Automobilky vyrábějí motory o nižším objemu, ovšem opatřené jedním z druhů přepřňování, příp. jejich kombinací. Motory jsou tedy lehčí, díky čemuž na ně působí mnohem menší setrvačné síly. Automobily jsou takto úspornější a zároveň se svým výkonem vyrovnají atmosférickým motorům o vyšším objemu. Ukázkový příklad je zobrazen na Obr. 8. Pokud se podíváme na výkon a krouticí moment bez přepřňování (vlevo dole), zjistíme, že použitím dmyhadla dochází opravdu k nárůstu obou hodnot. Při snížení zdvihového objemu je tedy přepřňovaný motor stejně výkonný jako motor atmosférický o vyšším objemu. Úspora paliva je v tomto případě okolo 9%, což je v běžném provozu velmi žádoucí.



Obr. 8 Porovnání motorů: Atmosférického (nahore) a přepřňovaného (vpravo dole) [8]



#### 4.1 PŘEPLŇOVÁNÍ MECHANICKY POHÁNĚNÝM DMYCHADLEM

Jedním ze způsobů přeplňování je použití mechanického dmyhadla (kompresoru). Pro stlačování vzduchu je využita lopatková turbína. Rotace turbíny je zajišťována napojením na klikový hřídel. Spojení je realizováno pomocí ozubených soukolí popř. řemenem. Část výkonu motoru tak připadá na pohon dmyhadla, což je hlavní nevýhodou tohoto přeplňování. V praxi je úbytek kolem 10% z celkového výkonu. Naopak velkou výhodou spojení je rychlá a pružná reakce na změnu zatížení motoru. Při nižším stupni zatížení je kanálem propojen vstup a výstup dmyhadla a nasávaný vzduch obtéká dmyhadlo. To má za následek snížení odebíraného výkonu z klikového hřídele. Zabraňujeme tak i brzdění proudu nasávaného vzduchu. Řízení kanálu zajišťuje řídicí jednotka, která podle zatížení motoru reguluje množství vzduchu proudícího kanálem. Při vyšším zatížení je proto kanál uzavřen a dochází k maximálnímu plnění.



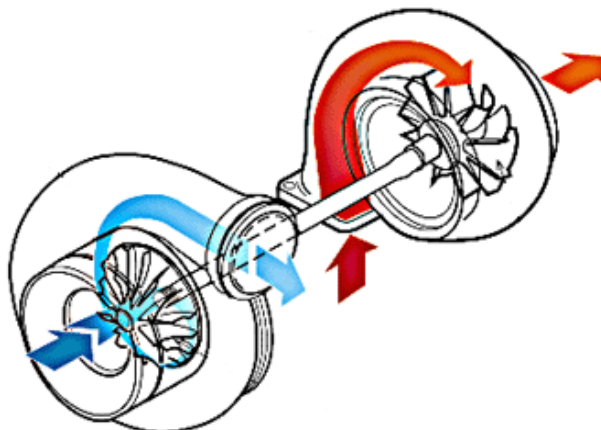
Obr. 9 Mechanicky poháněné dmyhadlo (Rootsovo) [9]

#### 4.2 PŘEPLŇOVÁNÍ TURBODMYCHADLEM

Dalším způsobem přeplňování je přeplňování turbodmychadlem. Jeho princip spočívá ve využití energie výfukových plynů. Hlavní části turbodmyhadla jsou turbína a dmyhadlo. Dmyhadlo má podobnou konstrukci jako u mechanického přeplňování. Hlavním rozdílem je tedy turbína, která využívá energii výfukových plynů k pohonu celé jednotky. Výfukové plyny přicházející z motoru roztáčí turbínu, která je hřídelí spojena s dmychadlem. Při tomto spojení dochází k rázům na obou stranách hřídele, proto musí být hřídel uložena v plovoucích ložiscích. Oběh maziva pro ložiska je napojen na hlavní mazací systém. V praxi je nutné tento oběh dostatečně izolovat, aby nedocházelo k průniku oleje do sacího systému. Průnik by způsoboval nežádoucí samozápaly oleje, a tím i špatný chod celého motoru. Pohon dmyhadla má nevýhodu při změně zatížení motoru. Při ní nejdříve dochází k roztočení turbíny na potřebné otáčky, a tudíž při náhlé změně zatížení nedosahujeme potřebného plnicího tlaku a nárůst výkonu je pomalý. Tento jev se nazývá „turboefekt“ a v praxi je



nežádoucí. Změnou konstrukce turbíny jsme schopni tento efekt minimalizovat, nikoliv však úplně eliminovat.

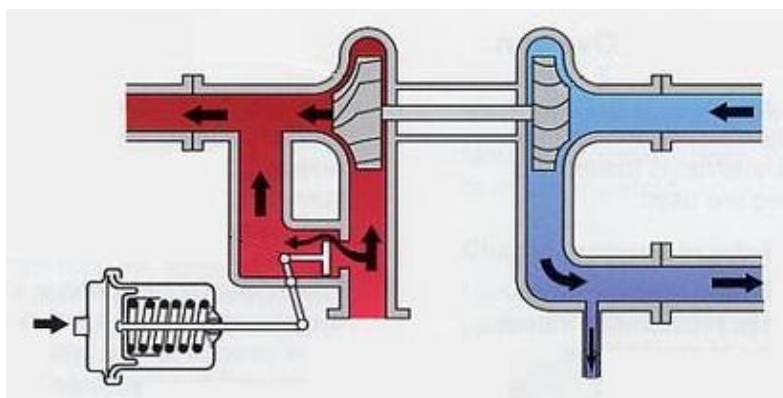


Obr. 10 Schéma funkce turbodmyhadla [10]

### 4.3 REGULACE PLNÍCIHO TLAKU

Pro provoz motoru je nutné zajistit správné plnění při každém stupni zatížení. Při nízkém stupni zatížení musí plnicí tlak dosahovat dostatečné hodnoty a naopak při vyšším stupni nesmí přesáhnout danou mez. V praxi můžeme využít více druhů regulace plnicího tlaku.

První a jednodušší formou je použití obtokového kanálu (wastegate). Při vyšším zatížení motoru přichází z motoru i větší množství výfukových plynů o vyšší energii. Ty by při působení na turbínu způsobovaly přílišné zvýšení plnicího tlaku. Proto před turbínu umístíme vstup obtokového kanálu, aby přebytečné množství výfukových plynů procházelo kanálem a ne turbínou. Kanál ústí za turbínou a plyny tak odcházejí přímo do výfuku. Propustnost obtokového kanálu je regulována řídicí jednotkou nebo mechanicky tlakoměrným prvkem.

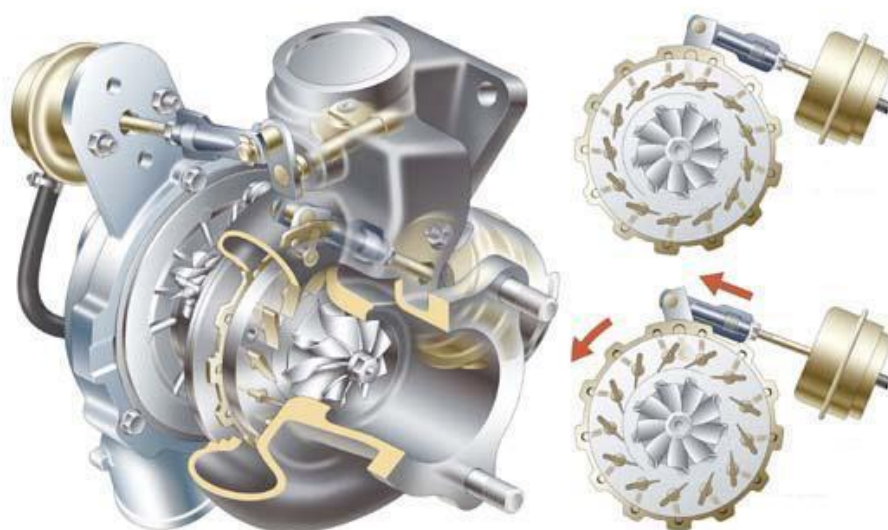


Obr. 11 Regulace plnicího tlaku obtokovým kanálem[11]





Druhou možností regulace je variabilní natáčení rozváděcích lopatek na statoru turbíny. Při nižším stupni zatížení se klapky otevírají a vzduch proudící k turbíně nemá tak vysokou rychlost. Naopak při vyšším zatížení se klapky přivírají a vzduch proudící užšími otvory získává vyšší rychlost a dokáže tak předat turbíně více energie. Použitím technologie natáčení rozváděcích lopatek dosahujeme vyšší účinnosti plnění a tím i vyššího výkonu celého motoru. Problémem je jak složitost turbodmychadla, tak jeho regulace. Dnes jsou tato turbodmychadla ve velké míře montována do osobních automobilů.



Obr. 12 Variabilní natáčení rozváděcích lopatek [12]

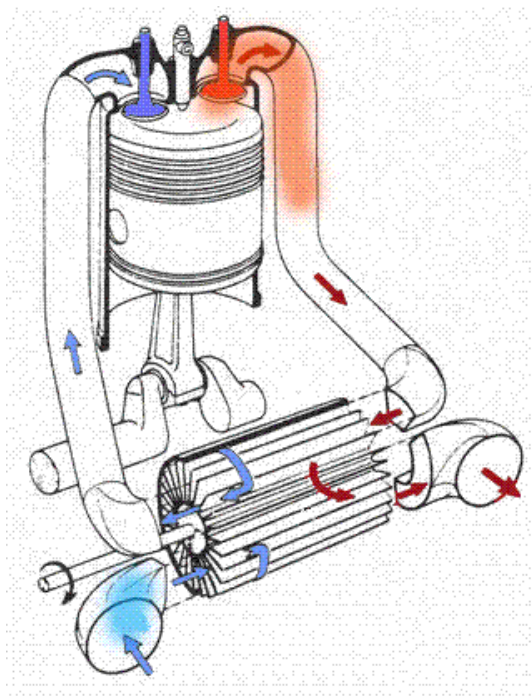
#### 4.4 SYSTÉM COMPREX

Systém Comprex je založen na výměně tlaků mezi nasávanými a výfukovými plyny. Název Comprex se skládá ze dvou slov Compression a Expression, což znamená, že během provozu zde probíhá komprese i expanze.

*„K přenosu energie dochází tlakovými vlnami v komorách vytvořených lopatkami rotoru. Při každé otáčce vstupují výfukové plyny o vysokém tlaku do axiální komory na lopatkovém rotoru. Zatímco čerstvý nasávaný vzduch je v této komoře posunut dozadu k velmi krátce uzavřenému výstupu a stlačen supersonickou vlnou vyvolanou expandujícími výfukovými plyny. Pootočením rotoru se komora otevře na druhém konci a stlačený vzduch vstupuje do plnicího potrubí motoru. Odrazem výfukových plynů od čela skříňe se vytvoří podtlaková vlna, která nasaje další čerstvý vzduch pro plnění motoru. Velké množství komor na rotoru zaručuje kontinuální účinek tlakových vln a rozložení sacích a výfukových otvorů umožňuje velmi účinné přeplňování již při nízkých otáčkách motoru.“ [4]*



O pohon systému se stará ozubený řemen, který je poháněn klikovým hřídelem. Na rozdíl od přeplňování mechanickým dmychadlem je zde zaručen nižší odběr energie motoru a výkon proto není příliš ovlivněn. Další výhodou je pružná a rychlá reakce na změnu zatížení motoru. Tento systém přeplňování využívala například automobilka Mazda pro své diesellové motory.



Obr. 13 Systém přeplňování Comprex [7]

#### 4.5 VLIV PŘEPLŇOVÁNÍ

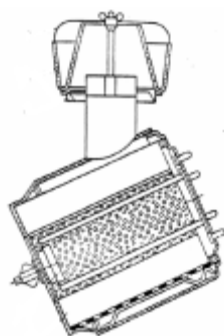
V této kapitole byly vyjmenovány a popsány vybrané typy přeplňování. Samotné přeplňování má ve světě motorů nezastupitelné místo. Jedná se totiž o jednu ze základních možností zvýšení výkonu motoru a tím zlepšení jeho účinnosti. Možnosti jak tohoto zlepšování dosáhnout však nejsou ještě zdaleka vyčerpány. S příchodem nových materiálů a technologií výroby je možné dosahovat mnohem pozoruhodnějších a účinnějších konstrukcí. Další možností jak zlepšovat účinnost těchto systémů je také jejich vzájemná kombinace. Například automobilka Škoda využívá pro svůj model Fabia RS motor s dvojitým přeplňováním 1.4 TSI. Motor je opatřen jak kompresorem, který zajišťuje zvýšení výkonu v nízkých otáčkách a také turbodmychadlem pracujícím hlavně ve vyšších otáčkách. Motor dosahuje impozantního výkonu 180 koní a kroutícího momentu 250 Nm. Z tohoto důvodu je možné říct, že přeplňování má ve světě výkonných motorů velkou budoucnost.



## 5 ČÁSTI SACÍHO SYSTÉMU

### 5.1 ČISTIČ VZDUCHU

Čistič vzduchu je jednou z nejdůležitějších částí sacího systému. Jeho důvod zařazení do systému je zřejmý. Slouží k odstranění nežádoucích prachových částic vyskytujících se v nasávaném vzduchu. Podle provozních podmínek motoru volíme také příslušný typ čističe vzduchu. Pro běžné použití volíme vyměnitelné filtry vyrobené ze speciálního filtračního papíru. Provoz například nákladních automobilů je v praxi často spojen s velmi vysokou prašností. Použití vyměnitelných filtrů by tedy bylo značně nepraktické, kvůli jejich neúměrně časté výměně. Pro tyto případy byly zkonstruovány odlučovače prachu, které fungují na principu odstředivého proudění vzduchu a tím oddělení značného množství prachu. Částečně očištěný vzduch pak dále putuje přes papírový filtr. Tímto způsobem je zaručena zvýšená trvanlivost papírových vložek.



Obr. 14 Čistič vzduchu s předřazeným odlučovačem prachu [3]

Hlavní vlastností vzduchového filtru je prodyšnost papíru, ze kterého je vyroben. Z důvodu co nejmenší tlakové ztráty na vstupu vzduchu do sacího systému musí být prodyšnost co možná nejvyšší, ale zároveň musí i nadále plnit funkci v zachytávání prachových částic. Průnik prachových částic do motoru by znamenal značné snížení jeho životnosti z důvodu abrazivního účinku na mazané části motoru.

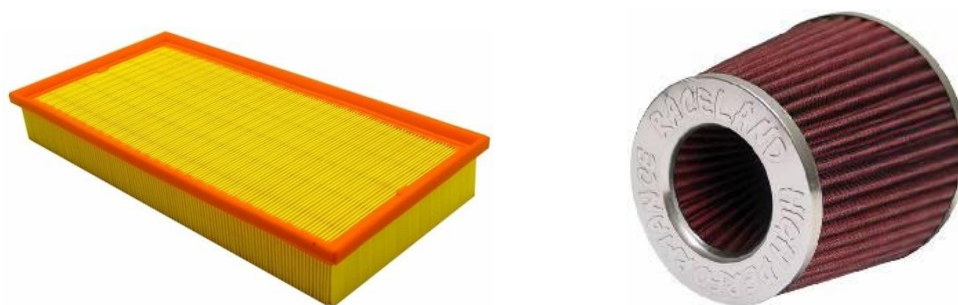
Vzduchový filtr umísťujeme nejčastěji do komor, které jsou montovány buď jako podběhové a jsou připevněny na podběh automobilu nebo jsou konstruovány jako centrální a jsou umístěny nad blokem motoru v plastovém krytu. Použití komor má hlavní důvod v redukci hluku, který vzniká při provozu motoru.





Další funkcí je regulace teploty nasávaného vzduchu. Do komory ústí jak vzduch nasávaný z okolí, tak teplý vzduch nasávaný od výfukových svodů. Hlavní důvod této regulace je udržení konstantní teploty nasávaného vzduchu, což má kladný vliv na výkon motoru a jeho chod. Regulace je buď samočinná nebo řízená pomocí řídicí jednotky.

Pro použití v motoristickém sportu jsou určeny sportovní otevřené filtry. Nejčastější tvar je kónusový nebo válcový. Tento typ filtrů se neumísťuje do komor, ale nasazuje se přímo na konec sacího potrubí. Hlavní inovací oproti běžně montovaným filtrům je materiál, ze kterého je vyrobena filtrační hmota. Nejčastěji se používá bavlna, která zaručuje zvýšení propustnosti až o 40 % oproti standardním filtrům. Tím je snížena tlaková ztráta vzduchu na vstupu do sacího potrubí. Další předností je umístění bez nutnosti použít komoru, které zaručuje přímý přívod vzduchu. Naopak nevýhodou je téměř nulové tlumení hluku z motoru. Použití v civilní dopravě je obtížně realizovatelné, protože automobily musí splňovat hlukové limity stanovené vyhláškou.



Obr. 15 Vzduchový filtr: vlevo filtrační vložka [13], vpravo sportovní filtr [14]

## 5.2 SACÍ POTRUBÍ

Po průchodu nasávaného vzduchu přes vzduchový filtr, je tento dále veden sacím potrubím až k sacímu kanálu. V tomto případě je nutné rozdělit vedení vzduchu pro atmosférický motor nebo pro přeplňovaný motor.

V prvním případě je vedení přímé až k sacímu kanálu a poté do válce. Toto vedení má značný vliv na výkon motoru. Důvodem je průběh tlakových vln potrubím. Vliv délky a objemu sacího potrubí na výkon motoru je popsán v kapitole 3 Nízkotlaké přeplňování. Obecně však platí, že pro vyšší krouticí moment v nízkých otáčkách je vhodné dlouhé sací potrubí a naopak pro vyšší výkon ve vysokých otáčkách je lepší krátké sací potrubí. Proto jsou vyvíjeny systémy, které jsou schopny délku sacího potrubí během provozu motoru regulovat. Také objem potrubí ovlivňuje výkon motoru a to tak, že větší objem sacího potrubí zlepšuje plnění válců, ale zároveň je náchylnější k chybám a ztrátám při proudění. Materiálem pro výrobu potrubí je v sériové výrobě plast, který dobře tlumí rázy vznikající při sání a tím zbytečně nezvyšuje hlučnost motoru. Pro velmi výkonné nebo závodní motory je použito vedení v kovových potrubích, které jsou speciálně laděny pro optimální plnění a zvýšení výkonu.



Přeplňované motory mají podobný princip vedení vzduchu sacím potrubím jako atmosférické motory. Potrubí zde však může být jednodušší vzhledem k tomu, že sací systém obsahuje dmyhadlo, které je nastaveno tak, aby vytvářelo optimální tlak plnění. Sací potrubí má tedy funkci opravdu jen transportní. Naproti tomu je třeba zmínit, že při přeplňování dochází v potrubí k mnohem větším rázům a potrubí musí snést mnohem větší tlaky plnicího vzduchu. Proto i materiály, ze kterých je vyrobeno musí odpovídat daným podmínkám.

U obou systémů je sací potrubí zakončeno tak, aby rozdělovalo vzduch na vstup jednotlivých sacích kanálů. Přes sací kanály pak vzduch vstupuje přímo do válce.



Obr. 16 Sací potrubí osazené sportovním vzduchovým filtrem [15]

### 5.3 ŠKRTICÍ KLAPKA

V předchozích kapitolách bylo uvedeno, jak se dopravuje čerstvý vzduch do motoru, ale ještě nebyl vysvětlen způsob regulace množství nasávaného vzduchu. Pro tyto účely se do sacího potrubí instaluje škrticí klapka. Její regulace je pevně svázaná se snímačem množství vzduchu (váhou vzduchu) a také s řídicí jednotkou. Snímač funguje na principu rozžhaveného drátku, či kovového filmu, který je umístěn do proudu vzduchu procházejícího potrubím. Proudění tento mechanismus ochlazuje a tím je snímáno jaké množství vzduchu proudí potrubím. Pokud se ochlazení pohybuje v optimálním rozmezí, proudí potrubím odpovídající množství vzduchu. Pokud se však příliš zahřeje nebo ochladí, reaguje na toto snímač zprávou pro řídicí jednotku, která reguluje propustnost škrticí klapky. Natočení klapky je v dnešní době realizováno pomocí servomotoru, který reaguje na impulzy z řídicí jednotky.

Uzavření klapky probíhá například při přeřazení na jiný převodový stupeň. U přeplňovaných motorů je však uzavření škrticí klapky spojeno se ztrátou otáček dmyhadla z důvodu brzdění zastaveným plnicím vzduchem. Dmyhadlo se po opětovném zatížení motoru musí roztočit do provozních otáček. Tato prodleva je nežádoucí a v praxi se jí snažíme redukovat umístěním ventilu (blow off ventil) mezi škrticí klapku a dmyhadlo,



který přebytečný tlak upouští, aby nebrzdil dmychadlo. Po poklesu tlaku se ventil uzavírá a dovoluje tak opětovné stlačování plnicího vzduchu.

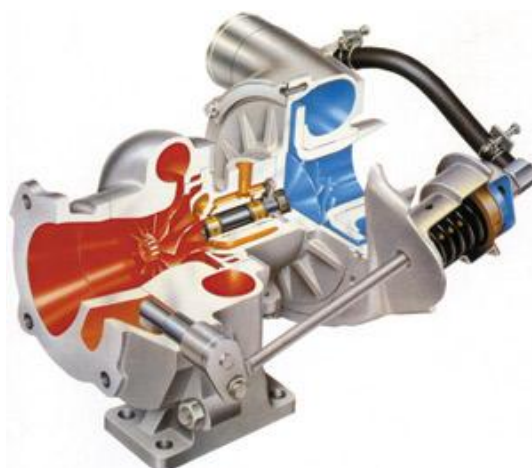


*Obr. 17 Plastová škrticí klapka firmy BOSCH [16]*

## 5.4 TURBODMYCHADLO

Jedním ze způsobů přeplňování je umístění turbodmychadla do sacího systému. Jeho konstrukce je založena na využití energie výfukových plynů, která by jinak byla bez užitku odvedena výfukovým systémem. Turbodmychadlo obsahuje dva základní komponenty. Jedním je turbína, která odebírá energii výfukovým plynům pro své roztáčení a druhým je kompresor, který spotřebovává energii získanou od turbíny na stlačování nasávaného vzduchu. Oba prvky jsou spojeny na jedné hřídeli, která je uložena na radiálních kluzných ložiscích, která jsou tlakově mazána díky napojení na mazací systém motoru. Tlakové mazání je nutné zejména kvůli velmi vysokým otáčkám, které se pohybují od 20 000 do 160 000 min<sup>-1</sup>. Při této rychlosti se projevuje jakákoliv sebemenší výrobní nedokonalost a zkracuje se tím životnost součásti.

Stlačování vzduchu je spojeno se značným nárůstem teploty plnicího vzduchu, která musí být redukována jeho následným chlazením v mezichladiči. Turbínové kolo je tedy značně tepelně namáhané, proto je nutné pro jeho konstrukci zvolit žáruvzdorný materiál např. niklovou slitinu oceli. Kolo kompresoru již nepodléhá výraznému tepelnému zatížení a je možné ho vyrábět ze slitin hliníku. Další nutností při provozu turbodmychadla je regulace jeho plnicího tlaku, která již byla popsána v kapitole 4.3 Regulace plnicího tlaku.



Obr. 18 Řez skříní turbodmychadla s regulací plnicího tlaku [17]

## 5.5 MECHANICKY POHÁNĚNÉ DMYCHADLO

Další součástí, která se používá pro přeplňování motorů, je mechanicky poháněné dmychadlo. Opět se jedná o zařízení, které má zvýšit tlak nasávaného vzduchu, aby se tak zvýšil výkon motoru. Jediný rozdíl oproti turbodmychadlu je ten, že pohon je zajišťován napojením na klikovou hřídel motoru. Z té odebírá dmychadlo výkon pro svůj pohon. Napojení je realizováno pomocí řemenového nebo řetězového pohonu.

Právě odběr výkonu z klikové hřídele je hlavní nevýhodou tohoto přeplňování. Způsobuje také mírné zvýšení spotřeby, které se dá regulovat, pokud je možné dmychadlo odpojit spojkou při malém zatížení motoru. Naopak velkou výhodou oproti turbodmychadlu je rychlá a pružná reakce na změnu zatížení motoru, díky napojení přímo na klikovou hřídel. Navíc je dmychadlo schopno dodávat tlak již v nízkých otáčkách.

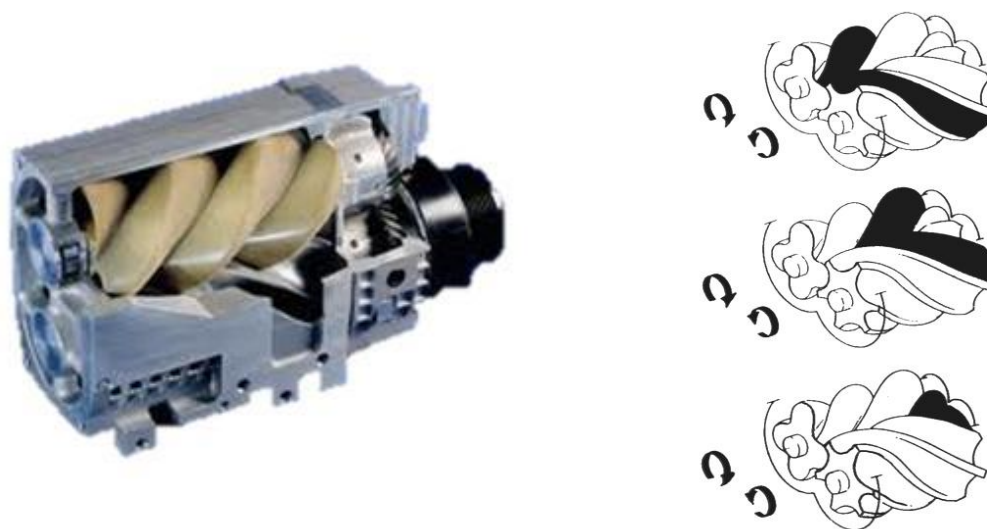
Také u tohoto typu přeplňování je nutné regulovat plnicí tlak. Plnění je tedy řízeno obtokovým ventilem, který přebytečný plnicí vzduch propouští do obtokového kanálu. Tento kanál ústí do sací části dmychadla. Celý proces regulace je řízen pomocí řídicí jednotky.

Konstrukční řešení jednotlivých typů dmychadel je velmi rozmanité. Jako hlavní typy je možné jmenovat například Rootsovo dmychadlo nebo třeba Lysholmovo dmychadlo.



Konstrukce Rootsova dmyhadla sestává ze dvou rotorů, které se synchronně otáčejí v oválné skříni. Synchronizace je zajištěna dvojicí ozubených kol, která navíc zvyšují otáčky rotorů na dvojnásobek otáček motoru. V dnešní době je častěji využíváno trojzubých rotorů, oproti původním dvouzubým. To umožňuje ustálenější plnění.

Hlavními charakteristikami Rootsova dmyhadla jsou jednoduchá konstrukce, ale zároveň velké ztráty tlaku mezi rotory a skříni. Používáno bylo například ve vozech Mercedes.

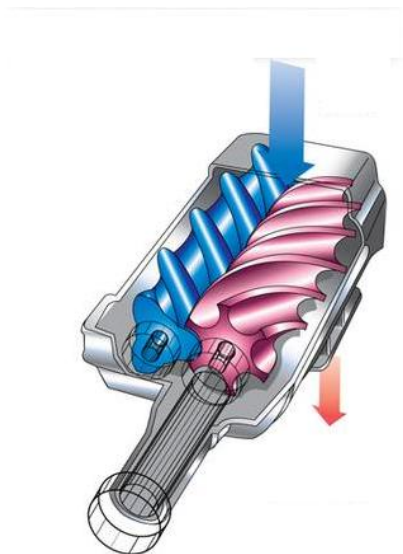


Obr. 19 Vlevo řez Rootsovým dmyhadlem [18], vpravo princip proudění vzduchu [9]

Lysholmovo dmyhadlo je v podstatě modifikací Rootsova dmyhadla. Je také složeno ze dvou rovnoběžných rotorů v oválné skříni. Rotory již ale nemají stejný počet zubů. Primární rotor má více zubů než sekundární, proto se primární rotor musí otáčet vyšší rychlostí. Dalším rozdílem je axiální odvod stlačeného vzduchu z dmyhadla.



Hlavním vylepšením oproti Rootsovu dmyhadlu je snížení tlakových ztrát a tím zlepšení účinnosti. Naproti tomu je výroba dmyhadla složitější, především kvůli sladění rotace obou rotorů.



Obr. 20 Lysholmovo dmyhadlo [19]

## 5.6 MEZICHLADIČ

Mezichladič (ang. Intercooler) slouží ke snižování teploty plnicího vzduchu. Je řazen za dmyhadlo, které zvyšuje tlak plnicího vzduchu ale zároveň se tak zvyšuje i teplota vzduchu. Snížení teploty má zásadní vliv na účinnost přeplňování. Pokud se sníží teplota plnicího vzduchu, zvýší se tak hustota tohoto vzduchu a tím dochází k lepšímu hmotnostnímu naplnění válců.

Konstrukce mezichladiče je založena na výměně tepla. V tomto případě se nejčastěji jedná o typ vzduch-vzduch nebo vzduch-voda. Ohřátý a stlačený plnicí vzduch tedy po stlačení dmyhadlem pokračuje dále do mezichladiče, kde předá část svého tepla a je veden dále přímo k válcům. Přenos tepla je realizován průchodem plnicího vzduchu přes drobné kanálky mezichladiče. Přes stěny kanálků je teplo předáváno jinému médiu. Materiálem pro výrobu chladičů se v dnešní době stal hliník, který vykazuje dobré tepelně-vodivé vlastnosti a zároveň celou konstrukci chladiče odlehčuje.

Účinnost chlazení je možné zvýšit různými úpravami mezichladiče nebo celého systému chlazení. Jedná se například o zvětšení plochy umožňující předání tepla, zvětšení hmotnostního průtoku chladicího média (zejména u kapalinového chlazení) nebo celkovou výměnou chladiče za jiný typ s větší chladicí účinností.





Obr. 21 Mezichladič plnicího vzduchu [20]

## 5.7 SACÍ KANÁL

Sací kanál slouží ke koncové dopravě vzduchu do válce a zároveň obsahuje dosedací plochu pro sací ventil. Hlavním faktorem při návrhu sacího kanálu jsou co možná nejmenší tlakové ztráty při vedení vzduchu do válce. Tyto ztráty mohou být způsobeny například změnami průřezu sacího kanálu, které negativně ovlivňují proudění vzduchu. Abychom ztrátám předešli, je nutné konstruovat sací kanál co nejvíce kruhový po celé jeho délce. Tato konstrukce je ovšem v praxi poměrně problematicky proveditelná z důvodu malého prostoru v okolí hlavy válců. Z tohoto pohledu jsou vhodnější čtyřventilové konstrukce motoru, kde mají sací kanály poměrně malou odchylku od kruhového průřezu.

Pro proudění vzduchu je také velmi důležité, aby byl sací kanál co nejpřímější a co nejstrměji směřoval do válce. V praxi je opět velmi obtížné tento předpoklad zaručit a proto se snažíme této konstrukci co nejvíce přiblížit. Maximálně strmých sacích kanálů se využívá hlavně u závodních strojů, kde jsou kladeny velké nároky na výkon motoru.

Průchodnost sacím kanálem také značně ovlivňuje kvalita a drsnost stěn. V sériové výrobě nejsou kladeny tak velké nároky na povrch stěn, vzhledem k nutnosti minimalizace výrobních nákladů. Pro sportovní a závodní účely jsou však sací kanály dále upravovány. Jedná se hlavně o leštění jejich stěn pro zvýšení průchodnosti vzduchu a minimalizace ztrátových součinitelů proudění. Výsledkem je znatelný nárůst výkonu oproti sériově vyráběným součástem.

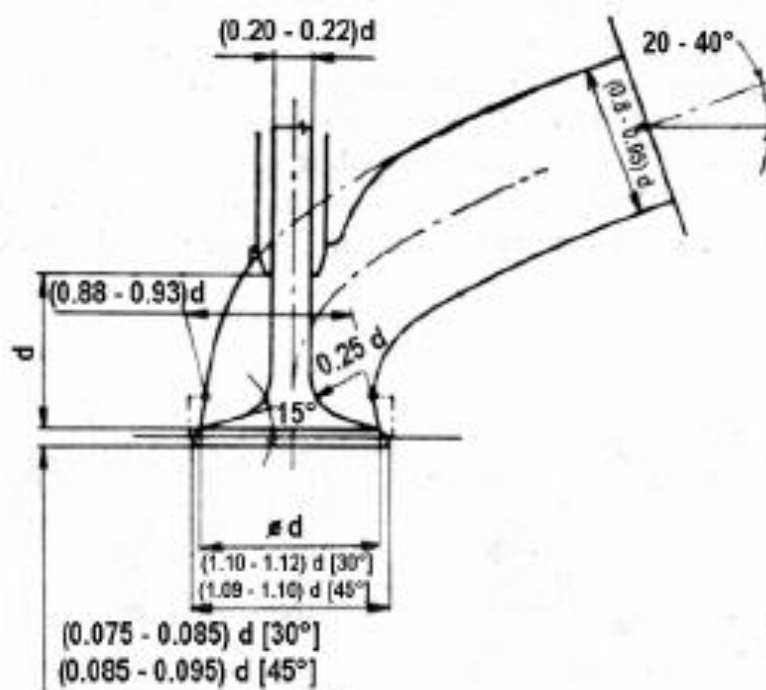
Dalším nárokem na sací kanál může být nucená tvorba vířivých proudů vzduchu při vstupu do válce. Víření vzduchu a následně celé směsi je příznivé pro jeho optimální hoření. V praxi se využívá dvou druhů vířivých sacích kanálů. Jedním z nich je tangenciální sací kanál. Jeho výhodou je lepší plnicí schopnost. Druhou možností je spirálový kanál, který má



výhodu v menší citlivosti na nepřesnosti při odlévání hlavy válců. Častěji je využíván spirálový vířivý kanál.

Jednou z konstrukčních možností je i kombinace přímého a tangenciálního kanálu. Přímý kanál je v provozu během vyššího zatížení motoru díky lepší dopravě většího množství vzduchu. Naopak tangenciální kanál je využit pro rozvíření vzduchu v nižších otáčkách motoru, což má příznivý vliv na spotřebu paliva.

V praxi je při navrhování kanálu nutné velké množství zkoušek, které objektivně zhodnotí navrhovanou konstrukci nebo přispějí k její inovaci. S rozvojem moderních počítačových a simulačních technologií jsou tyto zkoušky mnohem přesnější.



Obr. 22 Geometrie přímého sacího kanálu [3]





## 6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypravovat rešerši na téma sacích systémů spalovacích motorů. Hlavním předpokladem bylo rozdělení motorů na atmosférické a přeplňované. Oba tyto typy byly popsány z hlediska funkce a jejich jednotlivé části z hlediska konstrukce a vlivu na funkci celého sacího systému.

Ze zmíněných poznatků tedy vyplývá, že pro potřebu dnešního využití spalovacích motorů je nutné zaručit, aby motory byly pružné a dosahovaly co možná nejvyššího výkonu. Z pohledu sacích systémů je nutné neustále zdokonalovat jeho jednotlivé části. Hlavním trendem úprav základních atmosférických motorů je snižování jejich zdvihového objemu a doplnění jedním z druhů přeplňování. Přeplňované motory podmínky výkonu a zároveň pružnosti splňují, a proto mají pro budoucí konstrukci velkou budoucnost.

Ovšem i atmosférické motory mají poměrně velké spektrum možností jak dosáhnout zvýšení jejich výkonu pomocí sacího systému. Hlavní možností je v tomto případě především variabilní nastavování délky sacího potrubí a s ním spojené využití tlakových vln v potrubí. Další výhodou je také menší výrobní náročnost v porovnání s přeplňovanými motory. Ovšem jejich využití v dnešní době klesá, kvůli nahrazení pokročilejšími přeplňovanými motory.

Typ zvolené konstrukce motoru je ale stále závislý na konkrétních požadavcích na provoz. Závěrem je nutné říci, že sací systém je jednou z nejdůležitějších částí motoru. Výzkum a testování v této oblasti je tedy velmi podstatný pro další vývoj konstrukce celého spalovacího motoru. S příchodem nových technologií je zkoušení mnohem přesnější a v mnohých případech může probíhat pouze pomocí počítačových simulací.



## 7 POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] RAUSCHER, Jaroslav. *Vozidlové motory-studijní opory* - 1. vydání. Brno : [s.n.], 2003. 156 s.
- [2] HOFMANN, Karel. *Alternativní pohony. Studijní opory*, VUT FSI Brno, 2003. 73 s.
- [3] RAUSCHER, Jaroslav. *Spalovací motory-studijní opory*- 1. vydání. Brno : [s.n.], 2005. 235 s.
- [4] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vydání. Brno : [s.n.], 2003. 580 s. ISBN 80-238-8756-4
- [5] *AcuraZine* [online]. [2008] [cit. 2011-04-29]. Dostupný z WWW:  
< <http://cl.acurazine.com/forums/album.php?albumid=62&pictureid=303/>>
- [6] *Škoda auto car configurator* [online]. [2011] [cit. 2011-04-29]. Dostupný z WWW:  
<<http://cc.skoda-auto.com/cze/Pages/step1.aspx>>
- [7] *ImagineAuto Blog* [online]. [2007] [cit. 2011-05-01]. Dostupný z WWW:  
< <http://imagineauto.wordpress.com/2007/09/25/pressure-wave-superchargers/>>
- [8] *Autolexikon.net* [online]. [2011] [cit. 2011-04-29]. Dostupný z WWW:  
< <http://cs.autolexikon.net/articles/downsizing-motoru>>



- [9] *Autolexikon.net* [online]. [2009] [cit. 2011-05-09]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.autolexikon.net/articles/eatonovo-dmychadlo>>
- [10] *Mj auto* [online]. [2009] [cit. 2011-05-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.mjauto.cz/Turbodmychadla.htm>>
- [11] *Audi world* [online]. [2002] [cit. 2011-05-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://forums.audiworld.com/showthread.php?t=1476692>>
- [12] *Moto focus* [online]. [2011] [cit. 2011-05-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.motofocus.pl/print,4621.html>>
- [13] *JB autodily* [online]. [2008] [cit. 2011-05-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.jbautodily.cz/zbozi/4567/Vzduchovy-filtr---Skoda-Fabia-I-1-2-12V-47KW.htm>>
- [14] *Démon racing* [online]. [2007] [cit. 2011-05-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.demon-racing.cz/shop.php?akce=cisloproduktu&id=2007110601>>
- [15] *C tuning* [online]. [2007] [cit. 2011-05-12]. Dostupný z WWW:  
<[http://c\\_tuning.ablog.ro/categorie/5604/](http://c_tuning.ablog.ro/categorie/5604/)>
- [16] *Autocz* [online]. [2005] [cit. 2011-05-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.auto.cz/bosch-prvni-plastova-skrfici-klapka-15865>>
- [17] *Turborepair.com* [online]. [2005] [cit. 2011-05-05]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.turborepair.com/>>



- [18] *Mercedes Classic Cars* [online]. [2009] [cit. 2011-05-09]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.mercedes-classic.cz/phorum/viewtopic.php?f=25&t=12651>>
- [19] *Streetpro* [online]. [2006] [cit. 2011-05-09]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.streetpro.cz/index.php?id=11>>
- [20] *Easybizchina* [online]. [2008] [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.easybizchina.com/intercooler-manufacturers.html>>



## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$P_e$	[W]	efektivní výkon
$i$	[-]	počet válců spalovacího motoru
$V_H$	[m <sup>3</sup> ]	zdvihový objem jednoho válce
$p_e$	[Pa]	střední efektivní tlak na píst
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky motoru
$\tau$	[-]	otáčkový činitel, vyjadřující počet otáček motoru potřebných pro jeden expansní zdvih
$H_u$	[kJ*kg <sup>-1</sup> ]	dolní výhřevnost použitého paliva
$\lambda_z$	[-]	spalovací součinitel přebytku vzduchu
$\sigma_t$	[-]	teoretický směšovací poměr vzduchu a paliva
$\rho_{pl}$	[kg*m <sup>-3</sup> ]	hustota plnicího vzduchu
$\eta_{pl}$	[%]	plnicí účinnost motoru
$\eta_i$	[%]	indikovaná účinnost motoru
$\eta_m$	[%]	mechanická účinnost motoru