



## **Středoškolská technika 2009**

**Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT**

# **RADIÁLNÍ PÍSTOVÝ HYDROMOTOR A HYDROGENERÁTOR**

**Vladimír Balhárek, Jiří Vořech**

**Střední průmyslová škola strojnická  
tř. 17. Listopadu 49, 772 11 Olomouc**

Dobrý den,

dovolte, abych se vám představil, mé jméno je Vladimír Balhárek a jsem studentem Střední průmyslové školy strojnické. Ředitelkou školy je Ing. Martina Zahnášová, která se stará o co nejlepší chod školy, ale také i o prezentaci a uplatnění našich studentů ve firmách v strojnickém zaměření. Naše škola má dlouholetou tradici a vysokou prestiž v Olomouci, kde se nachází sídlo školy, ale i v rámci celého Olomouckého kraje. Naši studenti mají velkou úspěšnost v přijímacím řízení na vysoké školy v technickém i ekonomickém směru. Důkazem těchto úspěchů je vysoké uplatnění našich studentů ve strojní a ekonomickém oboru. Letošní rok 2009 je pro nás významným, neboť je ve znamení oslav 60.výročí vzniku naší školy.

Obr.1: Střední průmyslová škola strojnická

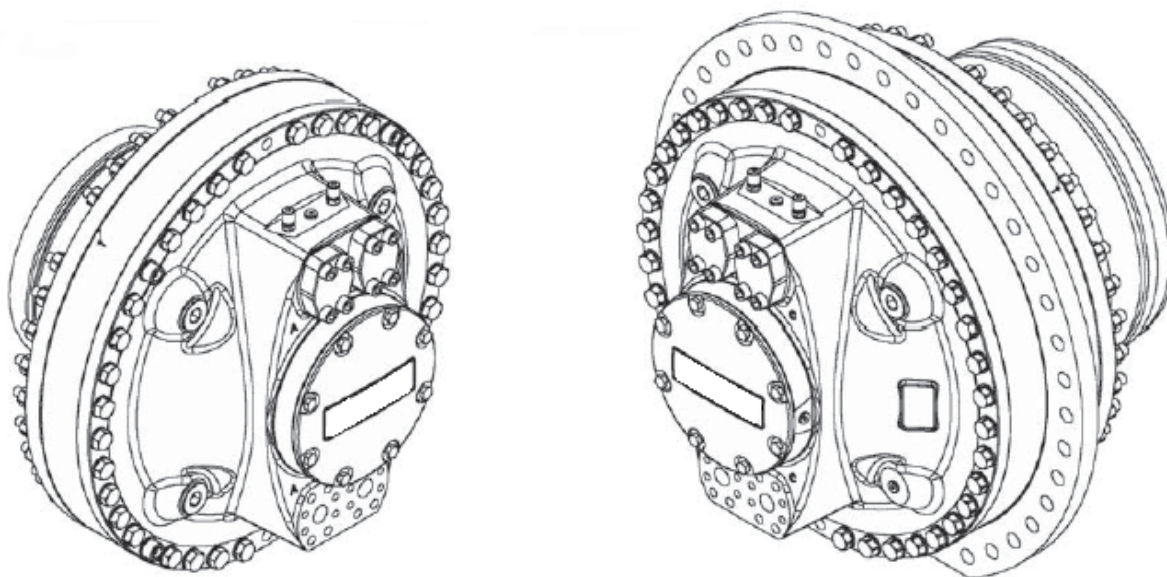




**Středoškolská technika 2009**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

Je nám potěšením, že se můžeme zúčastnit vašeho projektu, kde můžeme porovnat dovednosti našich studentů se schopnostmi studentů jiných škol.

**Radiální pístové hydromotory a hydrogenerátory**



## Obsah

Obsah.....	3
1. Úvod.....	4
1.1 Provozní podmínky .....	4
1.2 Údržba, prevence a diagnostika .....	5
1.3 Výhody a nevýhody hydraulických mechanismů .....	5
1.4 Vlastnosti kapalin.....	6
2. Obecné informace o radiálních pístových HG a HM.....	8
2.1 Základní vlastnosti radiálních pístových HG .....	8
2.1.1 Radiální pístové HG s písty vedenými v rotoru .....	8
2.1.2 Radiální pístové HG s písty vedenými ve statoru .....	10
2.2 Základní vlastnosti radiálních pístových HM .....	10
2.2.1 Radiální pístové HM s písty vedenými ve statoru.....	11
2.2.2 Radiální pístové HM s písty vedenými v rotoru .....	13
3. Vlastní řešení radiálního pístového HM s písty v rotoru, bližší údaje k HM..	16
3.1 Princip funkce .....	16
3.2 Nastavení objemu motoru .....	17
3.3 Zapojení motoru .....	18
3.4 Výpočet objemového průtoku .....	18
3.5 Výpočet výkonu a kroutícího momentu .....	18
3.6 Určení síly $F_c$ (N) namáhající rotor .....	19
3.7 Konkrétní příklady použití radiálního pístového HM s písty v rotoru....	19
4. Závěr.....	21
Seznam použitých značek a zkratk .....	22
Použitá literatura.....	23
Seznam použitých internetových zdrojů .....	23
Příloha – Výkres sestavy radiálního pístového hydromotoru.....	24

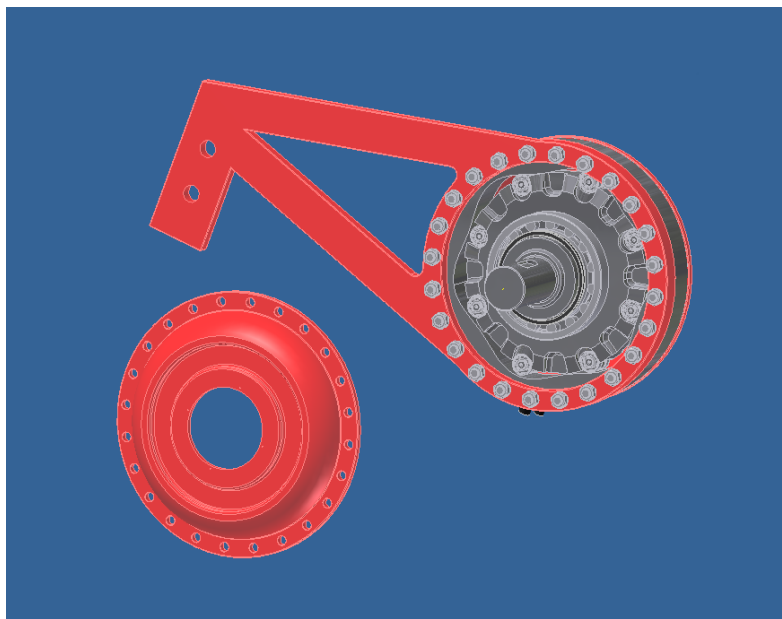


## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

#### 1. Úvod

K prezentaci jsme si vybrali radiální pístový hydromotor a hydrogenerátor. V této prezentaci chceme vám přiblížit a vysvětlit funkčnost a problematiku těchto zařízení. Radiální pístové hydromotory (dále jen HM) a hydrogenerátory (dále jen HG) jejich konstrukční provedení, jejich vlastnosti a jednotlivé typy. Součástí této práce je vlastní konkrétní návrh radiálního pístového hydromotoru, s písty vedenými v rotoru.



Obr. 3: vlastní 3D verze radiálního pístového HM

#### 1.1 Provozní podmínky

Provoz tekutinových mechanismů musí odpovídat obecně platným zásadám a v každém konkrétním případě musí být navíc dodrženy další kladené požadavky, uvedené v návodu k obsluze. To jsou podmínky nutné, aby bylo dosaženo provozně – ekonomických výsledků. Pokud nejsou tyto podmínky dodržovány, snižuje se především provozní spolehlivost a životnost zařízení.

Provozní spolehlivost je důležitým faktorem u všech strojů a strojních soustav. Každý „výpadek stroje“ z provozu znamená ztrátu. U některých zařízení (válcovny, hutě apod.) může provozní porucha zařízení zapříčinit značné škody a to jak z hlediska úniku produkce, tak z hlediska vzniklých škod na materiálu při narušení kontinuity jeho zpracování.

Obecně lze konstatovat, že základní platné zásady provozu tekutinových mechanismů, které musí být splněny, spočívají především v následujících třech bodech:

1. zajištění čistoty a kvality pracovní kapaliny;
2. zajištění provozní teploty mechanismu;
3. zajištění řádného seřízení mechanismu.



## **Středoškolská technika 2009**

### **Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

#### 1.2 Údržba, prevence a diagnostika

Činnost pracovníků údržby by měla být z větší části tvořena prováděním preventivních prohlídek a zásahů, které z těchto prohlídek bezprostředně vyplynou. S ohledem na členitost a složitost systémů a dále s ohledem na integraci systémů hydraulických s elektronickými je nutné, aby pracovníci určené k údržbě hydraulických mechanismů měli patřičné znalosti a kvalifikaci a měli k dispozici potřebné měřicí – diagnostické přístroje.

Některá moderní zařízení jsou konstruována tak, že jsou vybavena alespoň jednoduchým zabudovaným diagnostickým systémem, který zahrnuje i hydraulický obvod. Při vzniku poruchy na zařízení je signalizováno, ve kterém uzlu nebo části hydraulického obvodu se závada vyskytuje. To usnadní podrobnou identifikaci závady, resp. Nalezení funkčně chybného hydraulického prvku. Avšak ani v tomto případě se pracovníci údržby neobejdou bez alespoň základních měřících – diagnostických přístrojů. Pomocí měřících přístrojů se zkrátí čas potřebný k nalezení a odstranění závady a tím se tedy zkrátí prostoje.

K preventivním prohlídkám je možné uvést, že časové intervaly a specifikace činnosti je závislá na druhu mechanismu a pracovnímu režimu. Proto v každém návodu k obsluze by měli být tyto údaje uvedeny výrobcem.

Lze dodat, že jsou pro nejrůznější aplikace vyvíjena a ověřována čidla, která by automaticky signalizovala nutnost zásahu pracovníků údržby. V tomto směru zatím v praxi existuje pouze jeden druh čidla – to signalizuje okamžik asi 80 provozních hodin před vznikem havárie hydrogenerátoru. Zamontuje se přímo do skříně hydrogenerátoru a pracuje na principu sepnutí elektrického obvodu v důsledku přítomnosti částic z opotřebovaných součástí.

#### 1.3 Výhody a nevýhody hydraulických mechanismů

Výhody:

- Přenos energie na vzdálenost řádově desítek metrů, při libovolném uspořádání
- Snadné řízení veličin (tlak, průtok) v širokém regulačním rozsahu
- Možnost přenosu velkého výkonu (sil)
- Jednoduchá ochrana proti přetížení a vysoká přetížitelnost
- Dokonalé mazání pohyblivých částí
- Odvod tepla pracovní kapalinou
- Možnost vytvářet libovolné struktury uspořádání typizovaných prvků
- Malé zástavbové rozměry
- Možnost práce i ve výbušném a zápalném prostředí

Nevýhody:

- Nezanedbatelné ztráty při přenosu energie
- Vysoké parametry na geometrickou přesnost a minimální vůle pohybujících se součástí
- Závislost vlastností mechanismů na vlastnostech pracovní kapaliny (teplotní roztažnost, stárnutí)
- Citlivost na nečistoty obsažené v kapalině
- Ekologické škody při úniku pracovních kapalin do přírody



## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

#### 1.4 Vlastnosti kapalin

Kapalina má v hydraulických mechanismech plnit hlavně přenos tlakové energie z místa výroby k místu přeměny na mechanickou energii (válec nebo hydromotor), přenos signálů tlakovými vlnami, mazání pohybových vnitřních částí, odvod nečistot a tepla.

K přenášení tlakové energie je možné použít nejrůznějších kapalin. Nejlevnější a nejbezpečnější je voda. Její nevýhodou je, že způsobuje korozi a porušuje povrch kovových součástí. U běžných strojírenských zařízení se tak využívá různých druhů olejů, protože mají dobré mazací vlastnosti a téměř chemicky nepůsobí na kovové části. Oleje se rozdělují na minerální, rostlinné a syntetické oleje, přičemž jsou dále podle potřeby doplněny o případné přísady. Mezi nejdůležitější vlastnosti kapalin používaných v hydraulických mechanismech patří především:

- Viskozita kapalin – pro použití v hydraulice patří tato vlastnost k nejdůležitějším, protože je na ní závislý odpor, který vzniká při protékání kapaliny potrubím nebo otvory. V praxi se označuje kapalina s malou viskozitou jako řídká, s větší viskozitou jako hustá. Viskozita je závislá na teplotě a tlaku kapaliny. Změna viskozity s teplotou je dána tzv. viskózním indexem. Při zvyšování tlaku se viskozita zvětšuje.
- Stlačitelnost kapalin – je zvláště důležitá ve vysokotlakých zařízeních s těžkým provozem. Ovlivňuje tuhost hnací soustavy, stejnoměrnost a přesnost pohybů.
- Mazací vlastnosti – tlaky mezi některými součástmi mohou být značně vysoké při malých vůlích, takže mazací film musí být velmi tenký a musí mít velkou pevnost. Přerušení filmu má za následek přímý styk kovu s kovem, kterým se nejen zvýší opotřebení, ale také vyvine velké množství tepla, které zvyšuje teplotu kapaliny a ovlivňuje její viskozitu.

Další vlastnosti, jako např.: odolnost proti tvoření emulzí, odolnost proti pění, bod tuhnutí, bod vzplanutí, chemická stálost, chemické působení, skladovací životnost atd.

Měrná hmotnost (hustota): hmotnost objemové jednotky.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg m}^{-3}]$$

Hydrostatický tlak: je definován, jako poměr síly a plochy kolmé na směr síly.

$$p = \frac{F}{s} \quad [\text{Pa}]$$



**Středoškolská technika 2009**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

Pascalův zákon: tlak v kapalině se šíří rovnoměrně všemi směry.

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Rovnice kontinuity (spojitosti): vyjadřuje, že v jedné proudové trubici se nemění celková hmotnost protékající kapaliny, kdy  $S$  je průřezová plocha trubice,  $v$  je rychlost kapaliny a  $Q$  je objem kapaliny.

$$Q = S \cdot v = \text{konst.} \quad [m^3 s^{-1}]$$
$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

Rovnice Bernoulliho: vyjadřuje rovnováhu prací sil plošných, objemových a setrvačných, neboli rovnováhu energie tlakové, potenciální a kinetické.

$$g \cdot h + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{konst.}$$

Člen  $g \cdot h$  představuje polohovou, neboli potenciální energii hmotnostní jednotky kapaliny, druhý člen  $p / \rho$  odpovídá tlakové energii hmotnostní jednotky kapaliny, třetí člen rovnice  $(v \cdot v) / 2$  je roven kinetické energii hmotnostní jednotka kapaliny. Rovnice je často také vyjadřovaná ve tvaru:

$$h + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g} = \text{konst.}$$

U Bernoulliho rovnice pro skutečné kapaliny musíme přidat člen  $e_r$ , který představuje energii spotřebovanou na překonání hydraulických odporů a můžeme jej vyjádřit jako tlakovou energii  $e_r = p_z / \rho$ , nebo jako potenciální energii  $e_r = g \cdot h_z$ . Takto upravená rovnice může být psaná v tomto tvaru.

$$g \cdot h_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = g \cdot h_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + e_r$$

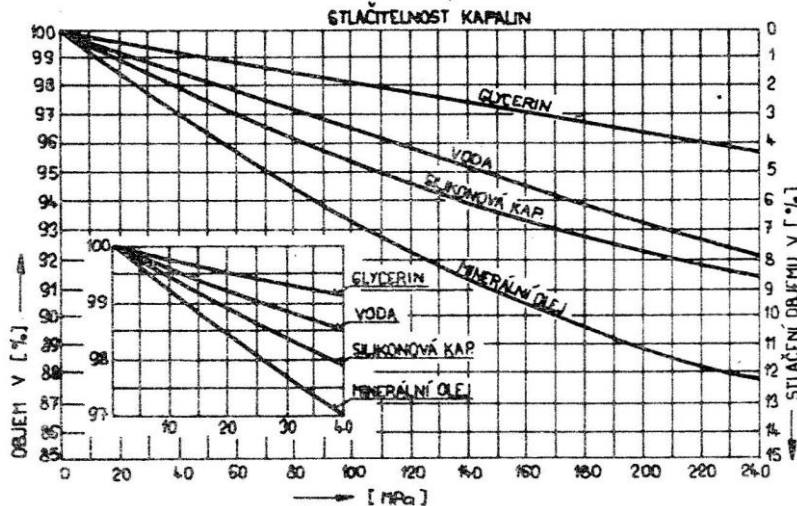


## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Graf 1.

Zde jsou uvedeny objemové změny (stlačitelnost) v % původního objemu tekutin v závislosti na tlaku pro typické konkrétní případy



Graf. 1: graf objemové změny (stlačitelnosti) v %

## 2. Obecné informace o radiálních pístových HG a HM

### 2.1 Základní vlastnosti radiálních pístových HG

Radiální pístové hydrogenerátory byly kdysi nejrozšířenějšími pístovými hydrogenerátory, neboť umožňovaly pracovat s nejvyššími pracovními tlaky. Po částečném opadnutí zájmu o tyto hydrogenerátory objevují se v posledních letech podstatně zmodernizované konstrukce. Radiální pístové hydrogenerátory mají písty uspořádané kolmo k ose otáčení nebo nakloněné o úhel větší než 45°. Jsou již díky používanému hnacímu médium dokonale mazány. Jsou používány dvě základní koncepce – s písty vedenými v rotoru a s písty vedenými ve statoru.

#### 2.1.1 Radiální pístové HG s písty vedenými v rotoru

Rotor složený výstředně vůči tělesu se otáčí na pevném čepu, ve kterém jsou vytvořeny otvory pro přívod kapaliny k válcům a pro odvod tlakové kapaliny do odvodu. Rozvod kapaliny je šoupátkový, tj. nucený.

Pro lichý počet pístů je nerovnoměrnost průtoku podstatně nižší než pro sudý počet, proto se pístové hydrogenerátory většinou navrhují s lichým počtem pístů.

Hydrogenerátory s písty vedenými v rotoru mají zpravidla možnost měnit excentricitu rotoru vůči statoru, což umožňuje plynule za provozu regulovat průtok od maximální hodnoty do nuly s případnou reverzací průtoku.





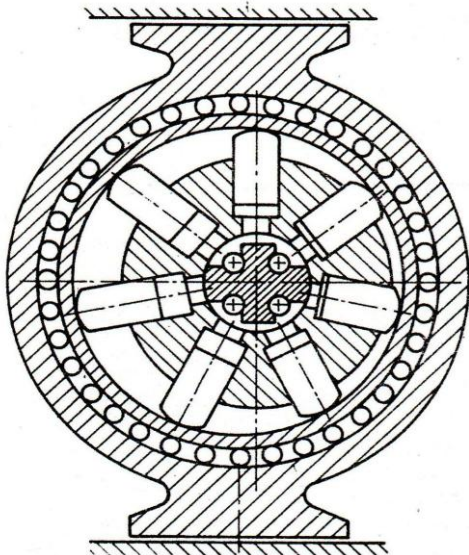
## Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

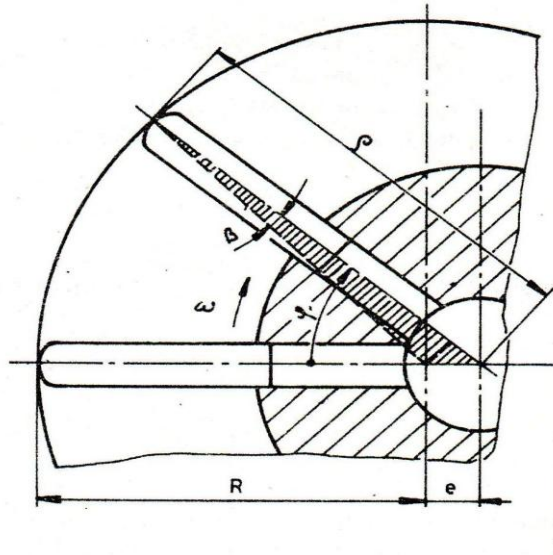
Obrázek 1. Radiální pístový HG s písty v rotoru s možností změny excentricity

Obrázek 2. Kinematické schéma radiálního pístového HG s písty v rotoru, ze kterého lze určit dráhu pístu, kde  $R$  je poloměr oběžné dráhy a  $\varphi$  úhel pootočení hřídele,  $e$  je excentricita

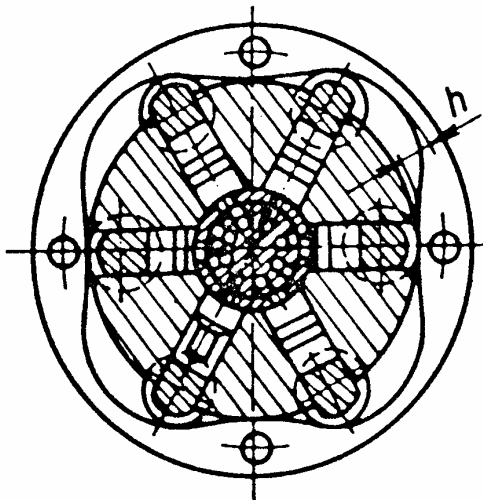
Obrázek 3. Radiální pístový HG s písty v rotoru s křivkovou oběžnou drahou pístů



Obr. 1: radiální pístový HG



Obr. 2: kinematické schéma



Obr. 3: HG s křivkovou oběžnou drahou



## **Středoškolská technika 2009**

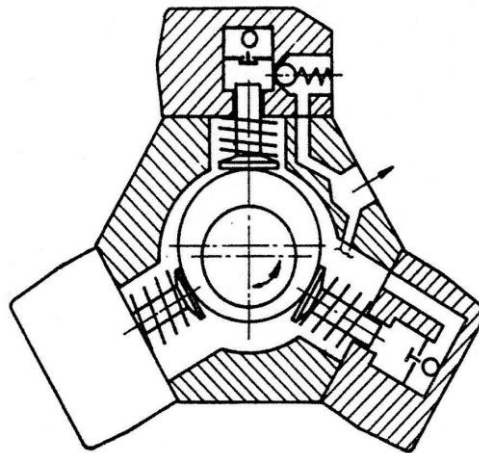
### **Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

#### 2.1.2 Radiální pístové HG s písty vedenými ve statoru

Písty se pohybují ve válcích, které jsou buď součástí tělesa – statoru, nebo jsou k tělesu pevně připojeny. Svými spodními konci se písty opírají o výstředník zpravidla přes hydrostaticky odlehčená kluzná uložení. Otáčením výstředníku spojeného s hnacím hřídelem jsou písty uváděny do přímočarého vratného pohybu. Rozvod kapaliny je samočinný pomocí ventilů v každém válci.

Počet pístů bývá 3, 5 nebo 7, pro zlepšení rovnoměrnosti proudu kapaliny lze použít dvě řady pístů, vzájemně pootočené o polovinu rozteče.

Radiální pístové hydrogenerátory se vyrábějí od malých velikostí s geometrickým objemem  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ , pracujících s maximálními tlaky 30 až 40 MPa, až do velikosti s geometrickým objemem  $300 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  (zřídka až  $500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ ) pro maximální tlak 20 až 25 MPa.



Obr.4: radiální pístový HG s písty vedenými ve statoru

#### 2.2 Základní vlastnosti radiálních pístových HM

Stejně jako radiální hydrogenerátory jsou i radiální pístové hydromotory dvou základních konstrukcí, a to s písty vedenými ve statoru a s písty vedenými v rotoru. Radiální hydromotory dosáhly dnes podstatně většího rozšíření než radiální hydrogenerátory. Téměř výhradně jsou konstruovány pro nízké až střední otáčky a při možnosti jejich práce při tlacích až 40 MPa zajišťují vysoký krouticí moment, který je s výhodou využíván k přímému pohonu stroje bez vložené mechanické převodovky. Oba uvedené typy radiálních hydromotorů se s výhodou používají tam, kde je lze vestavět přímo do hnaného zařízení a ve výbušném prostředí. Nejznámější aplikace tohoto druhu jsou pohony navíjecích bubnů jeřábů a pohony pojezdových kol mobilních strojů. Pro dosažení zvlášť velkých točivých momentů se pomaluběžné hydromotory kombinují s planetovým převodem, navíc často i s brzdou, která zajišťuje klidovou polohu hydromotoru. Tyto HM jsou kvalitně mazány již hnacím médiem. Radiální hydromotory se vyrábějí pro jmenovité tlaky až 32 MPa, maximální tlaky do 40 MPa, otáčky od 0,1 do 10 1/s. Jejich záběrový (startovací) moment je 90 až 98 % momentu maximálního.



## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

#### 2.2.1 Radiální pístové HM s písty vedenými ve statoru

Síla z pístů od tlaku kapaliny se přenáší na výstředník vytvořený na výstupním hřídeli hydromotoru. Přenos síly od pístu ke středu excentru je zajištěn prostřednictvím ojnice, tyto pohony pístů se liší podle výrobce.

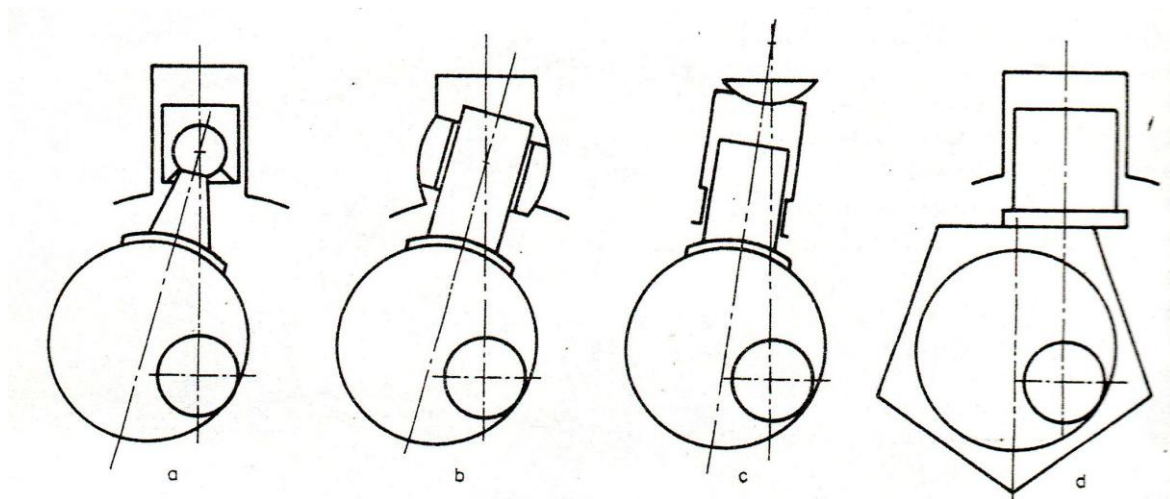
Počet pístů bývá 5 až 7, pro zvýšení kroutícího momentu mohou být písty uspořádány ve dvou řadách, vzájemně pootočených o polovinu rozteče pístů.

Rozvod je válcovým nebo plochým šoupátkem. Protože geometrický objem je tvořen zdvihem pístů sledujících kruhovou dráhu, nazývají se hydromotory tohoto typu jednokřivkové.

Obrázek 5: Příklady řešení pohonu pístu: a) s kulovým čepem v pístu, výrobce Staffa, b) naklápěním vedení pístu, výrobce Pleiger, c) rovněž naklápěním vedení pístu, zde ale výrobcem Calzoni, d) prostřednictvím vícebokého hranolu, zde od Düsterloh

Obrázek 6: Příklad radiálního pístového HM s písty vedenými ve statoru

Obrázek 7: Další příklad radiálního pístového HM s písty vedenými ve statoru (červená barva značí písty pod tlakem)

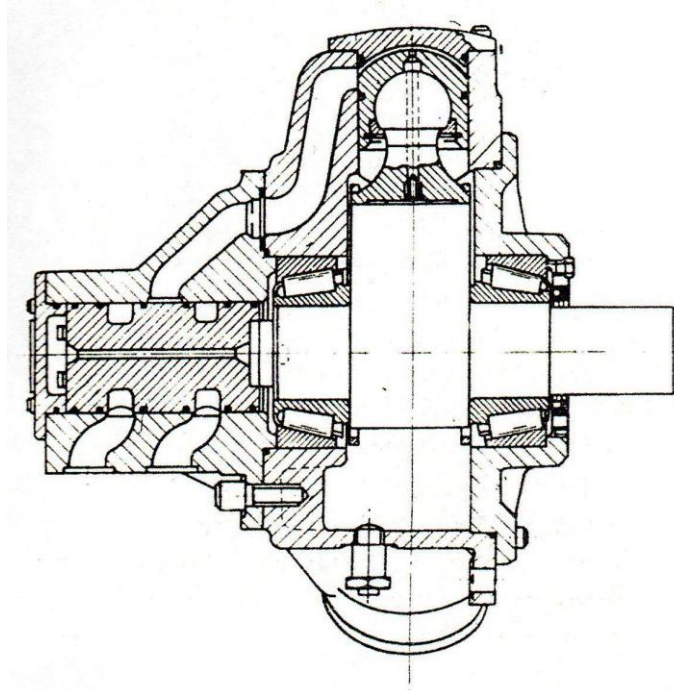


Obr. 5: Příklad řešení pohonu pístů

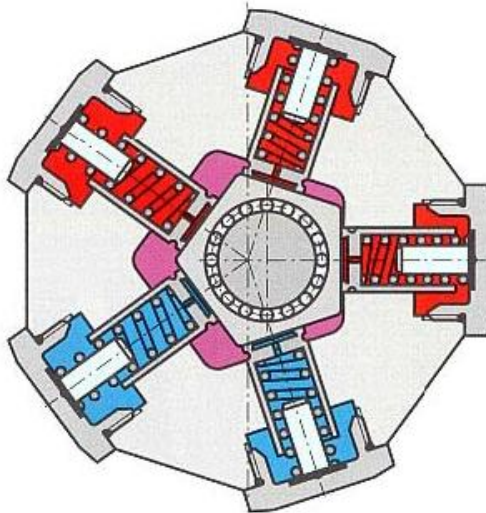


## Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT



Obr. 6: příklad vedení radiálního pístového HM



Obr. 7: příklad HM s písty (pod tlakem označuje červená barva)



## Středoškolská technika 2009

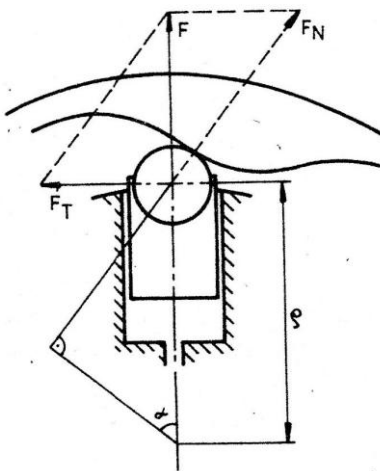
### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

#### 2.2.2 Radiální pístové HM s písty vedenými v rotoru

Tyto radiální pístové hydromotory mají křivkovou dráhu pro písty, která umožňuje několika násobný zdvih každého pístu během jedné otáčky, proto se hydromotory tohoto typu nazývají též vícekřivkové.

Rozvod kapaliny k vnitřní straně pístu je opět válcovým nebo plochým šoupátkem.

Síla tlakové kapaliny, působící na píst se přenáší na oběžnou dráhu prostřednictvím kladky.



Obr. 8: Znárodnění kladky

Rozkladem této síly vzniká normálová složka, která se zachytí povrchem oběžné dráhy a složka tečná, která na odpovídajícím poloměru k ose hydromotoru vytváří dílčí točivý moment. Součet těchto dílčích točivých momentů dává výsledný moment motoru.

Moderní konstrukce mají sudý počet pístů, radiální síly jsou tedy vyrovnány. Vhodnou volbou tvaru oběžné dráhy lze dosáhnout dokonalé rovnoměrnosti otáčení.

Obrázek 9. Jednoduché schéma radiálního pístového HM s písty vedenými v rotoru

Obrázek 10. Řešení radiálního pístového HM s písty vedenými v rotoru od firmy Hägglunds, typ Compact.

Obrázek 11. Řešení radiálního pístového HM s písty vedenými v rotoru od firmy Hägglunds, typ Compact CBP 140.

Obrázek 12. Další příklad možného provedení radiálního pístového HM s písty vedenými v rotoru, současně se znázorněním přívodu (červená barva) a odvodu (modrá barva) kapaliny.

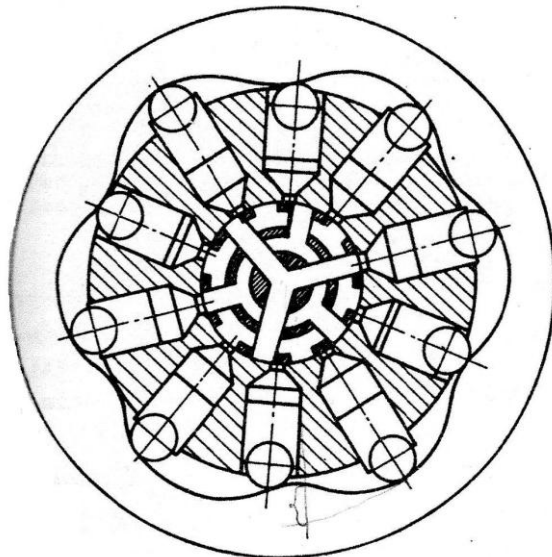
Graf 2. Zobrazuje nerovnoměrnost hnacího momentu při různém počtu pístů – zde 4 písty

Graf 3. Zde 12 pístů

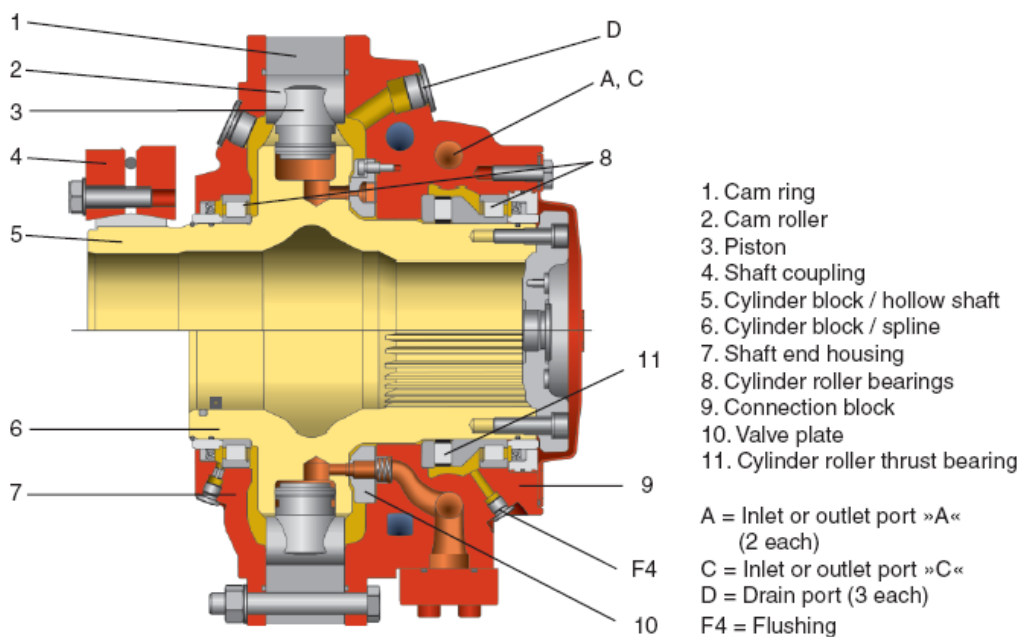


## Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT



Obr. 9: jednoduché schéma radiálního pístového HM

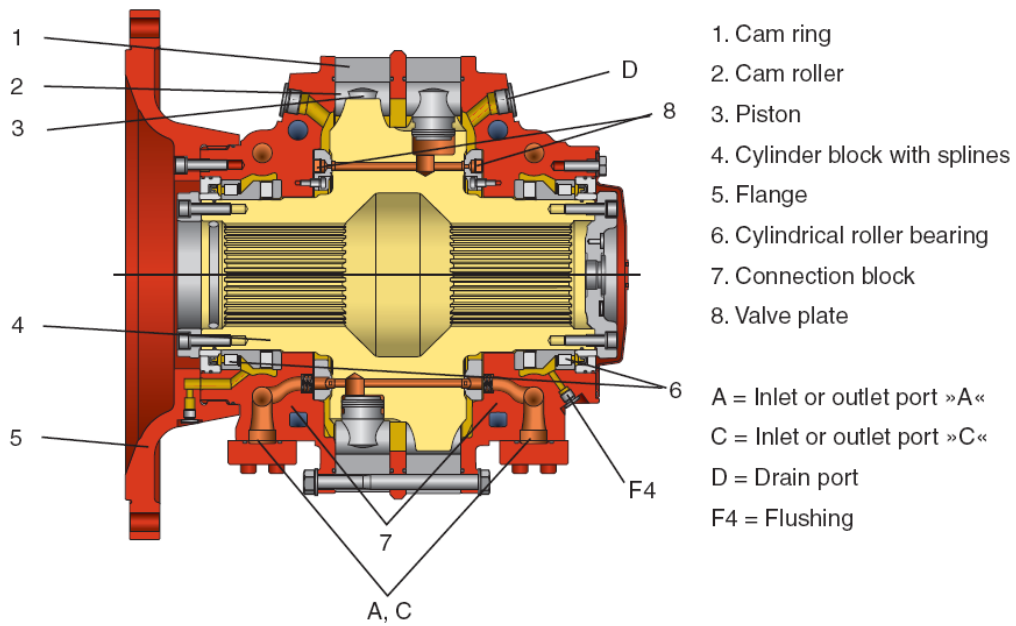


Obr. 10: řešení radiálního pístového HM od firmy Hägglunds

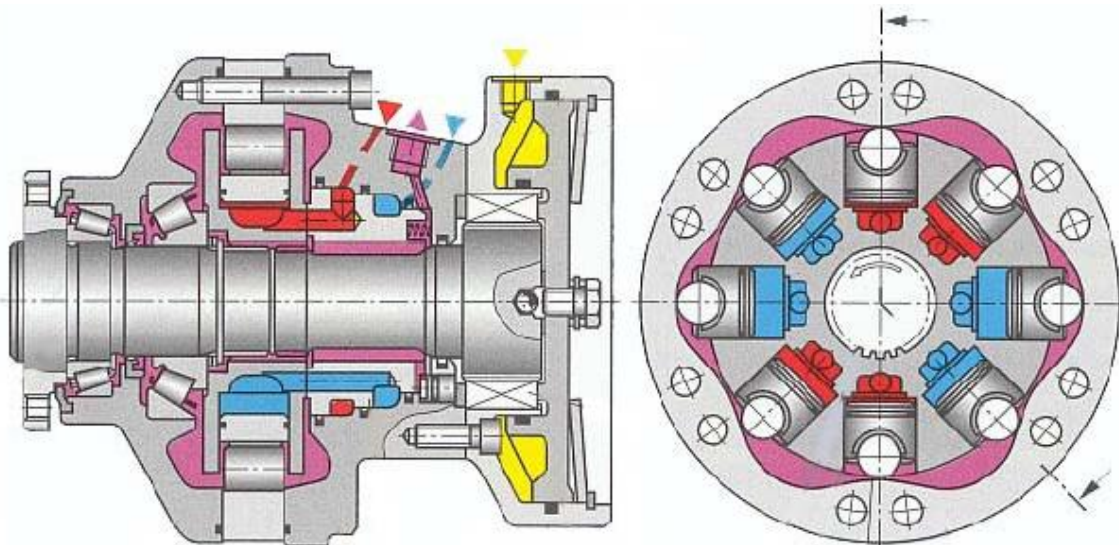


## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT



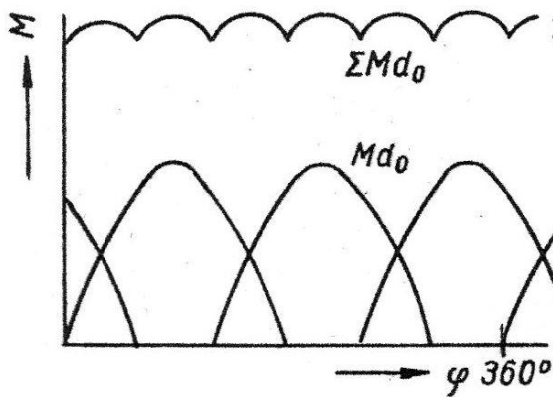
Obr. 11: Řešení radiálního pístového HM s písty vedenými v rotoru od firmy Hägglunds



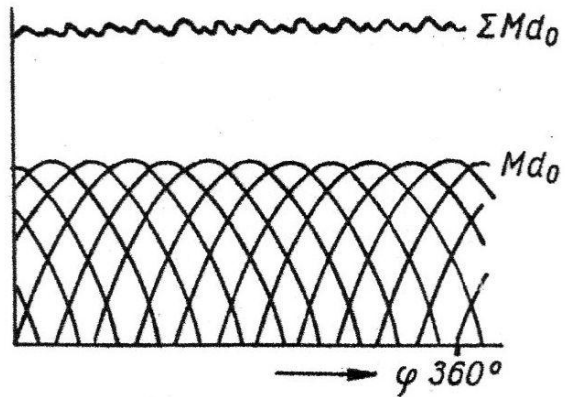
Obr. 12: další příklad provedení radiálního pístového HM současně se znázorněním přívodu (červená barva) a odvodu (modrá barva) kapaliny



**Středoškolská technika 2009**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**



Graf. 2



Graf. 3

3. Vlastní řešení radiálního pístového HM s písty v rotoru

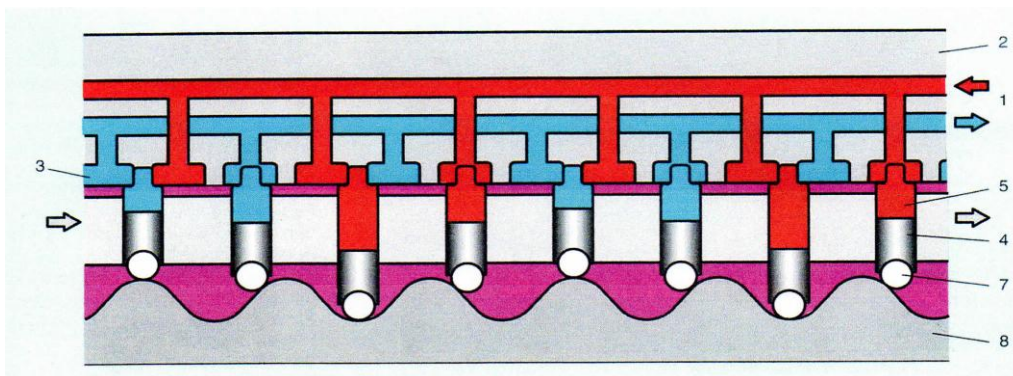
3.1 Princip, funkce

Tyto radiální pístové hydromotory mají křivkovou dráhu pro písty, která umožňuje několika násobný zdvih každého pístu během jedné otáčky.

Kapalina je vedena pod tlakem (1) rozvodovým ústrojím (2) a vtokovým ventilem (3) vtéká do prostoru pod pístem (5), tento píst (4) se vlivem tlaku kapaliny posouvá. Síla tlakové kapaliny, působící na píst se přenáší na oběžnou dráhu (8) prostřednictvím kladky (7), (píst sjíždí po křivce směrem dolů). Rozkladem této síly vzniká normálová složka, která se zachytí povrchem oběžné dráhy a složka tečná, která na odpovídajícím poloměru k ose hydromotoru vytváří dílčí točivý moment. Součet těchto dílčích točivých momentů dává výsledný moment motoru. Jak rotor dále pokračuje v pohybu, píst je stlačován křivkou na oběžné dráze opačným směrem (po křivce směrem nahoru) a vytlačuje tak kapalinu přes odtokový ventil rozvodovým ústrojím ven. Takto se děje u každého pístu během každé otáčky.

Obrázek 13. Princip funkce (červená barva – přívod, modrá – odtok)

Obrázek 14. Princip kladky



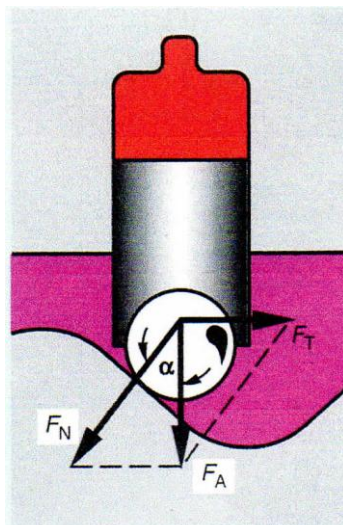
Obr 13. Princip funkce (červená barva – přívod, modrá – odtok)





## Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

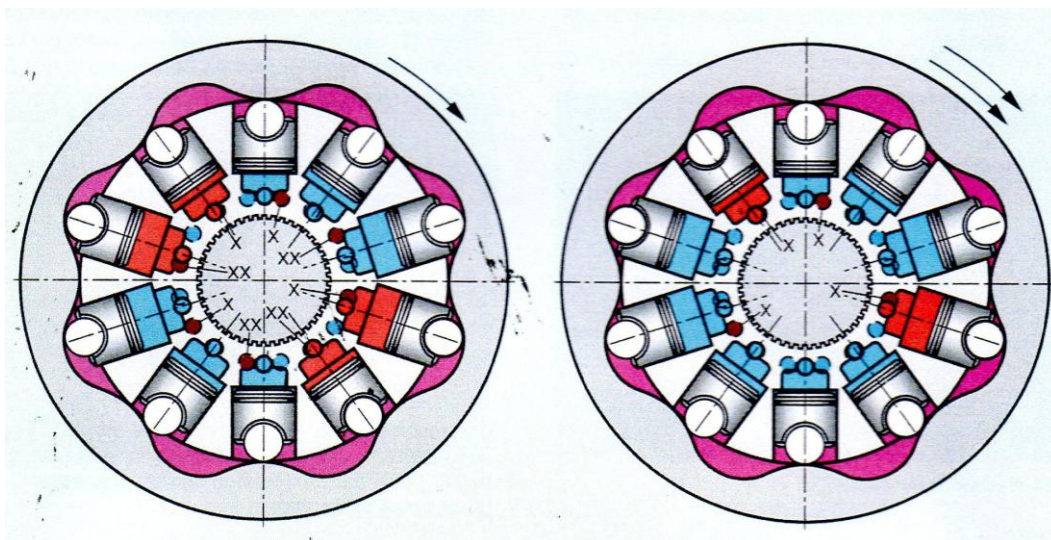


Obr. 14: Princip kladky

### 3.2 Nastavení objemu motoru

Některé tyto motory s písty vedenými v rotoru umožňují výměnou rozvodového ústrojí měnit jejich objem. Docílí se to tím, že se mění počet vtokových ventilů na rozvodu. Snížením počtu vtokových ventilů se tak objem snižuje. Výsledkem jsou potom vyšší otáčky rotoru a menší kroučící moment. U mého návrhu motoru jsem zvolil klasický počet vtokových ventilů 1:1 – pro 8 pístů 6 ventilů na rozvodu ( 6 proto, že to je počet zdvihů, křivek pro 8 pístů) s tím, že rozvod je vyměnitelný.

Obrázek 15. Příklad změny objemu – vlevo je ve vtokovém ústrojí pro 10 pístů 8 vtokových ventilů, vpravo pak je počet těchto vtokových ventilů snížen o polovinu – 1:2, díky tomu otáčky vzrostou na 200% a kroučící moment klesne o polovinu (červená barva značí přívod, vtokové ventily a modrá barva odvod, odtokové ventily)



Obr. 15: příklad změny objemu



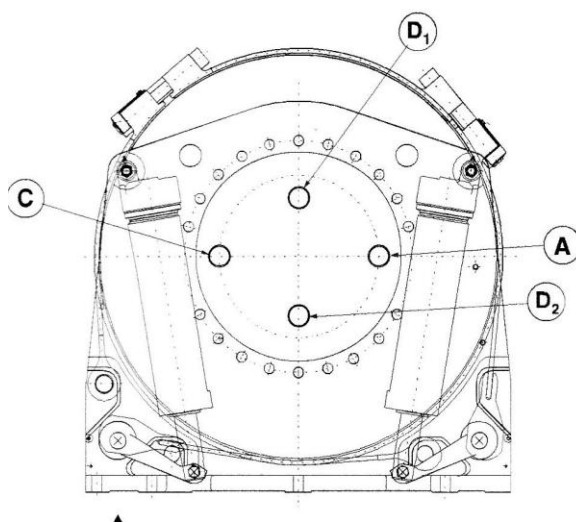
## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

#### 3.3 Zapojení motoru

Radiální pístové hydromotory jsou napojeny na přívod (C) a odvod (A) kapaliny. Dále potom musejí mít zajištěn odvod přebytečné kapaliny ( $D_1$ ,  $D_2$ ), která unikla různými mezerami do prostor motoru a současně tak zajišťuje mazání motoru.

#### Obrázek 16. Příklad zapojení motoru



Obr. 16: příklad zapojení motoru

#### 3.4 Výpočet objemového průtoku

Objemový průtok  $Q_v$  se určí ze vztahu  $Q_v \text{ (m}^3/\text{s)} = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot e \cdot n \cdot i \cdot f$ , kde  $d$  je průměr pístu (mm),  $e$  - zdvih,  $n$  – počet křivek,  $i$  – počet pístů a  $f$  je počet otáček (1/s).

$$Q_v = 0,00855 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 3.5 Výpočet výkonu a krouticího momentu

Výkon spočítáme vztahem  $P \text{ (W)} = Q_v \cdot p$ .

$$P = 179,45 \text{ kW}$$

Krouticí moment  $M_k \text{ (Nm)} = P / 2 \cdot \pi \cdot f$ .

$$M_k = 20160 \text{ Nm}$$

Z krouticího momentu se dále určí výstupní průměr hřídele a jeho kontrola.



## Středoškolská technika 2009

### Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

#### 3.6 Určení síly $F_c$ (N) na namáhající rotor

Tato síla je teoretická - když by byly pouze 2 písty (vedle sebe) pod tlakem a tedy  $F_c$  by působila jen z jedné strany a nebyla by vyrovnána druhou  $F_c$  působící opačně. Použitých  $45^\circ$  ve vzorcích je úhel mezi písty.

$F$  (N) =  $(\pi \cdot d^2) / 4 \cdot p$ , kde  $d$  je průměr pístu (mm) a  $p$  je tlak (MPa).

$F = 105557$  N

$F_{ax}$  (N) =  $F \cdot \sin 45 = 74640$  N

$F_c$  (N) =  $\sqrt{(F \cdot \cos 45)^2 + F_{ax}^2}$

$F_c = 195044$  N

Kde  $F$  je zatěžující síla (N),  $F_{ax}$  – axiální síla (N) a  $F_c$  je celková zatěžující síla (N). Z této síly můžeme dále zkontrolovat rotor na pevnost (viz. pevnostní analýza Inventor) a zvolit předběžně ložiska.

#### 3.7 Konkrétní příklad použití radiálního pístového HM s písty v rotoru

Tyto HM se s výhodou používají tam, kde je lze vestavět přímo do hnaného zařízení a do výbušného prostředí. Nejznámější aplikace tohoto druhu jsou pohony navíjecích bubnů jeřábů, pohony pojezdových kol mobilních strojů a další.

Obrázek 17. Stroj pro drcení papírů

Obrázek 18. Stroj pro výrobu cukru

Obrázek 19. Stroj do chemického průmyslu

Obrázek 20. Stroj na výrobu plastů

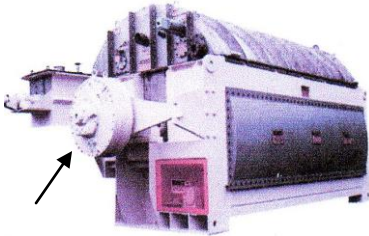
Obrázek 21. Použití na vrtných plošinách, díky jejich možnosti pracovat ve výbušném prostředí

Obrázek 22. Užití v důlním průmyslu a při manipulaci s těžkým materiálem

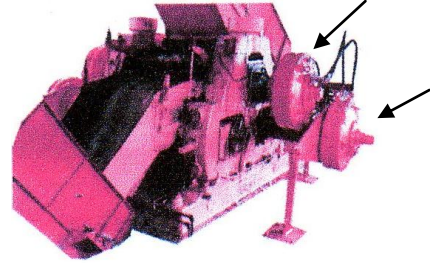
Obrázek 23. Nejznámější využití radiálního pístového HM s písty v rotoru – navíjecí buben jeřábu



**Středoškolská technika 2009**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**



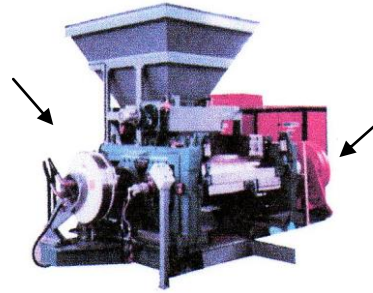
Obr. 17: stroj pro drcení papíru



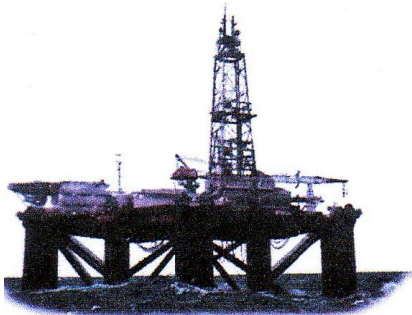
Obr. 18: stroj pro výrobu cukru



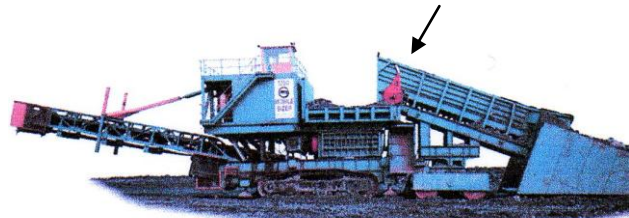
Obr. 19: stroj do chemického průmyslu



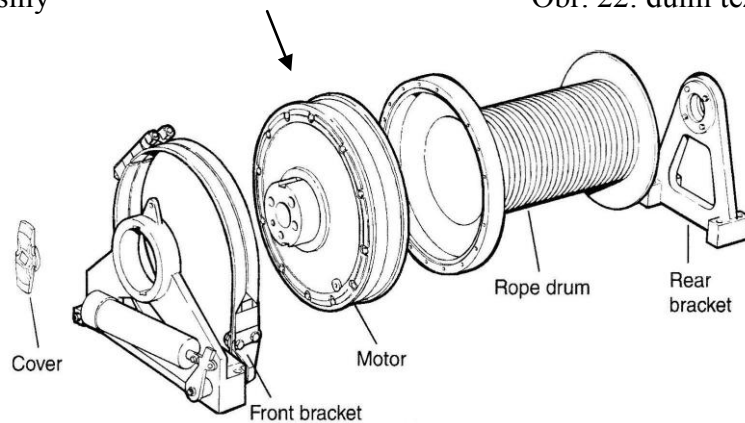
Obr. 20: stroj na výrobu plastů



Obr. 21: vrtné pošiny



Obr. 22: důlní těžba



Obr. 23: jeřábové navíjecí bubny



## **Středoškolská technika 2009**

### **Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

#### 4. Závěr

Cílem této práce bylo přiblížení problematiky radiálních pístových hydromotorů a hydrogenerátorů. Při získávání informací byly jednak využity starší knihy, tak především i aktuální katalogy a internetové stránky firem vyrábějících tato zařízení. Při porovnání těchto zdrojů je zřejmé, že vývoj hydromotorů a hydrogenerátorů se značně posunul kupředu, ale na druhou stranu některé principy jsou používány od samého počátku a mnoho jejich typů se za tu dobu moc nezměnilo.

Dá se předpokládat, že rozšíření a vývoj bude dál pokračovat, hlavně ve spojení s elektronikou a s narůstající potřebou automatizace. Již dnes jsou tato zařízení velice rozšířena.

Pro návrh radiálního pístového hydromotoru s písty vedenými v rotoru jsem se rozhodl proto, že mi připadá zajímavý. Při jeho tvorbě se vyskytly problémy při řešení systému přívodových a odvodových kanálků, které ale byly nakonec vyřešeny.

Závěrečná práce poskytuje přehled typů radiálních pístových hydromotorů a hydrogenerátorů a jejich popis.

Děkuji, že jsem se mohl zúčastnit tohoto projektu, jsou to pro mne a mou školu velice zajímavé, nové zkušenosti. Které doufám, uplatním v mé oboru a umožní mi lepší prezentaci sebe a školy.



## Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

### Seznam použitých značek a zkratek

HM, HG.....hydromotor, hydrogenerátor  
Objemový průtok ( $\text{m}^3/\text{s}$ )..... $Q_v$   
Průměr pístu (mm)..... $d$   
Zdvih, excentricita..... $e$   
Počet křivek..... $n$   
Počet pístů..... $i$   
Otáčky (1/s)..... $f$   
Výkon (W)..... $P$   
Tlak (MPa)..... $p$   
Kroučící moment (Nm)..... $M_k$   
Zatěžující síla (N)..... $F$   
Axiální síla (N)..... $F_{ax}$   
Celková zatěžující síla (N)..... $F_c$   
Hustota ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )..... $\rho$   
Hmotnost (kg)..... $m$   
Objem ( $\text{m}^3$ )..... $V$   
Obsah plochy ( $\text{m}^2$ )..... $S$   
Rychlost (m/s)..... $v$   
Hloubka vody (m)..... $h$   
Gravitační zrychlení ( $\text{m}/\text{s}^2$ )..... $g$   
Potencionální energie (J)..... $E_r$   
Poloměr oběžné dráhy (mm)..... $R$   
úhel pootočení hřídele, pístu ( $^\circ$ )..... $\varphi$

## Použitá literatura

PEŇÁZ, BENŽA, Tekutinové mechanismy. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1990. 211 s. ISBN 80-214-0082-X

EXNER, FREITAG, GEIS, LANG, OPPOLZER, SCHWAB, SUMPFF, Der Hydraulik Trainer Band 1: Grundlagen und Komponenten der Fluidtechnik Hydraulik. Sulzbach: Mannesmann Rexroth GmbH, 1991. 340 s. ISBN 3-80023-0619-8

NECHLEBA, HUŠEK, Hydraulické stroje. Praha : SNTL, 1966.

Firemní literatura a katalogy firmy Hägglunds

Seznam použitých internetových zdrojů

[http://www.umt.fme.vutbr.cz/~svechet/main/storage/vau/Prezentace8.ppt#296,37,Pístové hydrogenerátory](http://www.umt.fme.vutbr.cz/~svechet/main/storage/vau/Prezentace8.ppt#296,37,Pístové%20hydrogenerátory)

<http://simulace.fme.vutbr.cz/stranky/studium/opory/fluidni/hydropneu.pdf>



## Středoškolská technika 2009

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

Příloha

Výkres sestavy radiálního pístového hydromotoru

