



Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ S CÍLEM DOSÁHNOUT MAXIMÁLNÍ SPOLEHLIVOSTI

PREVENTIVE MAINTENANCE OF HYDRAULIC SYSTEMS IN ORDER TO ACHIEVE MAXIMUM
RELIABILITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

WRITER OF THESES

VOJTĚCH KLEPETKO

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

DOC. ING. JIŘÍ MAŠEK, PH.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Klepetko

Inženýrství údržby

Název práce

Preventivní údržba hydraulických systémů s cílem dosažení maximální spolehlivosti

Název anglicky

Preventive maintenance of hydraulic systems in order to achieve maximum reliability

Cíle práce

Cílem práce je zhodnocení hydrostatických systémů z hlediska možnosti preventivní údržby pro dosažení jejich maximální spolehlivosti.

Metodika

Student zpracuje rešeršní přehled oblasti použití hydraulických systémů u mobilních strojů s ohledem na možnost zavedení systému preventivní údržby pro dosažení maximální spolehlivosti. V literární rešerši budou popsány základní hydraulické prvky obvodů a faktory ovlivňující spolehlivost hydraulických systémů. V návrhové části pak student navrhne plán preventivní údržby a uskuteční jeho analýzu. Výstupem bude návrh úkonů preventivní údržby vybraných hydraulických systémů.

Doporučený rozsah práce

30 – 35 stran textu

Klíčová slova

spolehlivost, údržba, prevence, hydrostatika

Doporučené zdroje informací

- BLOOM, N. *Reliability centered maintenance (RCM) : implementation made simple*. New York: McGraw-Hill, 2005. ISBN 0-07-146069-1.
- ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA, – HEŘMÁNEK, P. *Aplikace hydraulických systémů v mobilních zemědělských strojích a jejich využití pro sledování výnosů : obor habilitace: Technika a mechanizace zemědělství [rukopis]*. Disertační práce. Praha: 2010.
- MANZINI, R. – EBRARY (FIRMA). *Maintenance for industrial systems [elektronický zdroj]*. Dordrecht: Springer, 2010. ISBN 9781848825741.
- NOACK, S. *Hydraulics in mobile equipment*. Warrendale, PA: SAE Society of Automotive Engineers, 2001. ISBN 0768008867.
- PATTON, J D. *Maintainability and maintenance management*. [Research Triangle Park, N.C.]: Instrument Society of America, 1994. ISBN 1556175108.
- ROH, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, – HEŘMÁNEK, P. *Energetické a ekonomické úspory při provozu hydraulických zařízení s ohledem na ekologii : doktorská disertační práce*. 2002.
- YANG, G. *Life cycle reliability engineering*. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2007. ISBN 978-0-471-71529-0.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 3. 11. 2015

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2016

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je poskytnout čtenáři základní znalosti nutné k naplánování a ke zvládnutí preventivní údržby hydraulického systému. Práce se skládá ze tří částí. V první třetině práce jsou probrány základy hydromechaniky a relativně podrobně také základní prvky hydraulických systémů. V další části práce jsou popisovány hydraulické prvky, které přímo ovlivňují spolehlivost hydraulických systémů. V poslední třetině práce je pak popsána tvorba plánu preventivní údržby, postup při práci na hydraulických komponentech, kterých se nejčastěji týká preventivní údržba a optimalizace preventivní údržby.

Klíčová slova:

údržba, preventivní údržba, spolehlivost, hydraulika, hydraulický systém

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to give reader the necessary knowledge needed for planning and handling preventive maintenance of hydraulic systems. This work consists of three parts. In the first part the basics of hydromechanics are described and a relatively detailed description of basic parts in hydraulic systems is included. In the second part of the thesis components that have straight impact on reliability of hydraulic systems are characterized and the last part covers topics such as creating preventive maintenance plan, working on hydraulic components important for maintenance and optimization of preventive maintenance.

Key words:

Maintenance, preventive maintenance, reliability, hydraulics, hydraulic system

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Preventivní údržba hydraulických systémů s cílem dosáhnout maximální spolehlivosti** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který je součástí této práce.

Datum

Vojtěch Klepetko

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu doc. Ing. Jiřímu Maškovi, Ph.D. z Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze za vedení při psaní práce a za jeho cenné rady a připomínky.

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 1 |
| 2 | CÍL PRÁCE | 2 |
| 3 | METODIKA | 3 |
| 4 | ZÁKLADY HYDROMECHANIKY | 4 |
| 4.1 | HYDROSTATIKA..... | 4 |
| 4.2 | HYDRODYNAMIKA | 5 |
| 5 | ZÁKLADNÍ PRVKY HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ | 8 |
| 5.1 | ČERPADLA..... | 8 |
| 5.1.1 | Zubová čerpadla | 8 |
| 5.1.2 | Lamelová čerpadla..... | 10 |
| 5.1.3 | Pístová čerpadla | 12 |
| 5.1.4 | Kombinace čerpadel | 14 |
| 5.2 | HYDROMOTORY | 14 |
| 5.2.1 | Přimočaré hydromotory | 15 |
| 5.2.2 | Rotační hydromotory | 15 |
| 5.3 | ROZVÁDĚČE | 17 |
| 5.3.1 | Šoupátkové rozváděče | 17 |
| 5.3.2 | Ventilové rozváděče | 18 |
| 5.4 | VENTILY..... | 19 |
| 5.4.1 | Ventily pro řízení tlaku | 19 |
| 5.4.2 | Ventily pro řízení průtoku..... | 20 |
| 5.4.3 | Proporcionální ventily | 20 |
| 5.5 | PŘÍKLAD JEDNODUCHÉHO HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU..... | 20 |
| 6 | PRVKY OVLIVŇUJÍCÍ SPOLEHLIVOST HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ | 22 |
| 6.1 | HYDRAULICKÉ KAPALINY | 22 |
| 6.1.1 | Viskozita..... | 22 |
| 6.1.2 | Druhy hydraulických kapalin a jejich vlastnosti..... | 23 |
| 6.1.3 | Volba optimální hydraulické kapaliny | 24 |
| 6.1.4 | Teplota a tlak hydraulické kapaliny, jejich kontrola a regulace | 25 |
| 6.2 | FILTRY | 26 |
| 6.2.1 | Volba optimálního filtru | 29 |
| 6.3 | ZÁKLADNÍ SPOJOVACÍ PRVKY | 30 |
| 6.4 | NÁDRŽE NA HYDRAULICKOU KAPALINU..... | 31 |
| 6.4.1 | Stacionární hydraulické nádrže | 31 |
| 6.4.2 | Mobilní hydraulické nádrže | 33 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 7 | NÁVRH PLÁNU PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY | 34 |
| 7.1 | ZHDNOCENÍ PROVOZNÍCH PODMÍNEK HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU A TVORBA SEZNAMU ÚKONŮ | 34 |
| 7.2 | POUČENÍ O BEZPEČNOSTI | 35 |
| 7.3 | SEZNAM NÁŘADÍ | 35 |
| 7.4 | SEZNAM POTŘEBNÝCH DÍLŮ | 35 |
| 7.5 | PŘÍKLAD SEZNAMU ÚKONŮ PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY | 36 |
| 8 | PRÁCE NA HYDRAULICKÝCH PRVCÍCH | 37 |
| 8.1 | PRÁCE S HYDRAULICKOU KAPALINOU | 37 |
| 8.1.1 | Ochrana pokožky | 37 |
| 8.1.2 | Odebírání vzorku hydraulické kapaliny | 37 |
| 8.1.3 | Analýza vzorku hydraulické kapaliny | 38 |
| 8.1.4 | Výměna hydraulické kapaliny | 38 |
| 8.2 | PRÁCE S FILTRY | 39 |
| 8.2.1 | Výměna filtrů | 39 |
| 8.3 | PRÁCE NA POTRUBÍCH A HADICÍCH | 40 |
| 8.3.1 | Práce na potrubí | 40 |
| 8.3.2 | Práce s hadicemi | 40 |
| 8.4 | MĚŘENÍ PRŮTOKU ČERPADLA | 41 |
| 8.4.1 | Hydraulické průtokoměry | 41 |
| 8.5 | MĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO NAPĚTÍ A PROUDU | 42 |
| 8.6 | PRÁCE NA MOBILNÍCH HYDRAULICKÝCH STROJÍCH | 42 |
| 8.6.1 | Zajištění stroje proti pohybu | 42 |
| 8.6.2 | Nádoby na zachycování hydraulické kapaliny | 43 |
| 8.6.3 | Demontáž těžkých prvků | 43 |
| 8.6.4 | Nebezpečí požáru | 43 |
| 9 | OPTIMALIZACE PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY | 44 |
| 9.1 | MODIFIKACE HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU | 44 |
| 10 | ZÁVĚR | 46 |
| 11 | SEZNAM ODBORNÉ LITERATURY | 47 |
| 12 | SEZNAM ZDROJŮ | 47 |
| 13 | PŘÍLOHY | 50 |
| 13.1 | PŘÍLOHA 1 – SEZNAM HYDRAULICKÝCH ZNAČEK | 50 |

1 ÚVOD

Nedostatečná údržba hydraulických systémů je hlavní příčinou jejich selhávání a poruch. Přesto stále není dostatek odborníků na údržbu. Údržba se dělí na dvě části, údržba po poruše a údržba preventivní. Tato práce se zabývá preventivní údržbou.

Správná preventivní údržba je relativně jednoduchá a při správném a poctivém dodržování plánu údržby dokáže zamezit většině poruch hydraulického systému.

Pro efektivní údržbu hydraulických systémů jsou důležité také znalosti pracovníků údržby. V angličtině existuje rčení „knowledge is power“ a toto rčení platí i v údržbě. Všichni pracovníci údržby by měli být proškoleni a seznámeni se všemi důležitými částmi a funkcí hydraulických mechanismů. Díky svým znalostem hydrauliky budou při údržbě jednat mnohem intuitivněji a zodpovědněji a dokáží obratně reagovat i na situace nad rámec plánu preventivní údržby.

Z těchto důvodů je relativně velká část této práce věnována vysvětlení základů hydromechaniky a funkce nejdůležitějších hydraulických prvků.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je popis hydraulických systémů a jejich částí s důrazem na jednotlivé jejich prvky. V návaznosti na oblasti použití hydraulických mechanismů je popsán plán preventivní údržby a navrženo opatření pro dosažení maximální spolehlivosti hydraulických systémů.

3 METODIKA

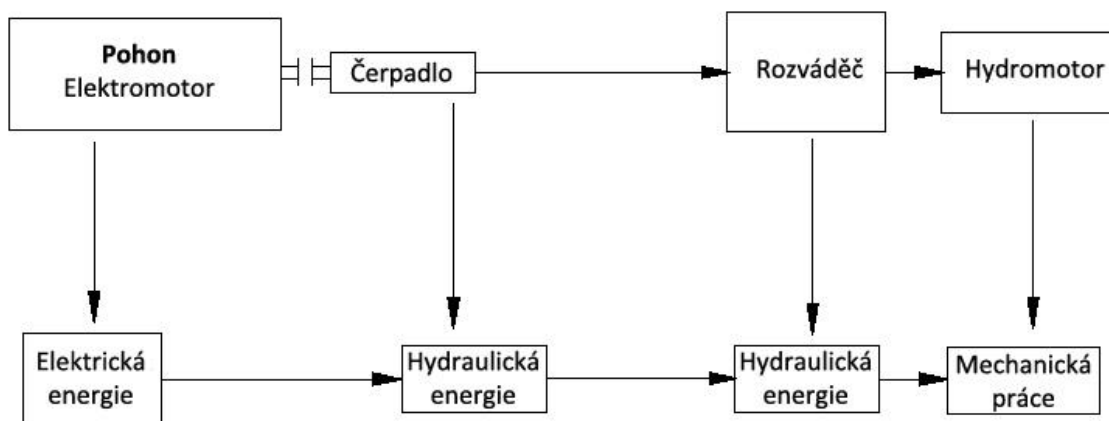
Na základě rozboru tuzemské i zahraniční literatury a ostatních zdrojů informací bude zpracována rešerše na dané téma. Podrobně bude popsána teoretická podstata hydraulických mechanismů a možných vlivů na spolehlivost daného systému. Důraz bude kladen na prvky, které mohou aktivně ovlivňovat spolehlivost hydraulických obvodů. Součástí práce je návrh systému preventivní údržby hydraulických systémů.

4 ZÁKLADY HYDROMECHANIKY

Podstatou hydraulických mechanismů je přeměna energie tlakové kapaliny na mechanickou práci (obr. 1). Nositelkou energie v hydraulických mechanismech je kapalina, v praktických aplikacích nejčastěji olej nebo roztoky oleje. Fyzikální jevy při přeměně energie na mechanickou práci se řídí zákony hydromechaniky [1].

Hydromechanika se dělí na hydrostatiku, která sleduje chování kapalin v klidu a na hydrodynamiku, která se zabývá kapalinami v pohybu, při jejich proudění [4].

Příkladem hydrostatiky je šíření tlaku v kapalinách, příkladem hydrodynamiky je pohon vodní turbíny [1].



obr. 1 - Přeměna energie v hydraulickém systému [1].

4.1 HYDROSTATIKA

Nejpodstatnější částí hydrostatiky pro hydrauliku je Pascalův zákon.

Pascalův zákon

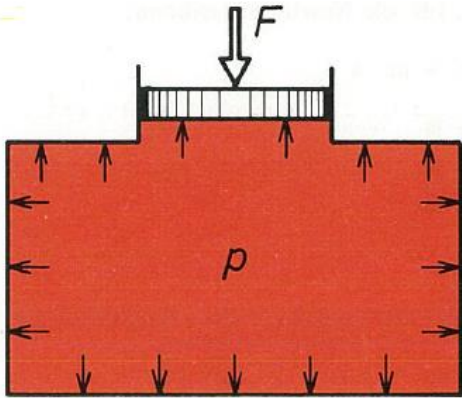
Pascalův zákon (obr. 2) říká: Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalinu v uzavřené nádobě, je ve všech směrech kapaliny stejný [1].

Pokud působíme na uzavřenou kapalinu silou „F“ na plochu „S“ vzniká v kapalině tlak „p“. Tlak je funkcí velikosti působící síly „F“ a velikosti plochy „S“. Viz. Vzorec (1).

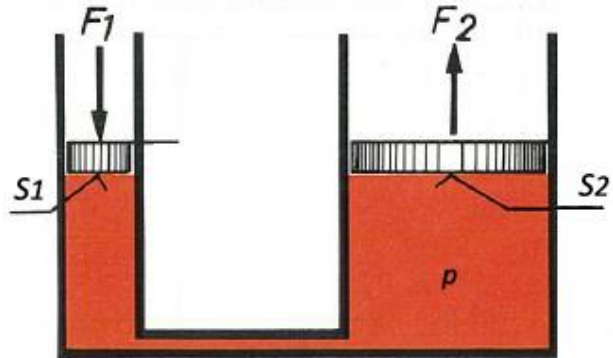
$$p = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Pomocí těchto poznatků lze vytvořit jednoduché zařízení na hydraulický přenos síly (obr. 3), kde platí:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad (2)$$



obr. 2 - Pascalův zákon [1].



obr. 3 - Hydraulický přenos síly [1].

4.2 HYDRODYNAMIKA

Nejpodstatnější částí hydrodynamiky je Rovnice kontinuity a zákon zachování energie vyjádřený Bernoulliho rovnicí.

Rovnice kontinuity

Při průtoku kapaliny potrubím s různým průřezem, protéká v každém místě za určitou časovou jednotku stejné množství kapaliny [4]. To je patrné z obrázku 4.

Průtok „Q“ lze vyjádřit jako:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Objem „V“ lze vyjádřit jako:

$$V = L * S \quad (4)$$

A po dosazení získáme:

$$Q = \frac{L * S}{t} \quad (5)$$

Pomocí známého vztahu dráha „L“ za čas „t“ se rovná rychlost „v“:

$$v = \frac{L}{t} \quad (6)$$

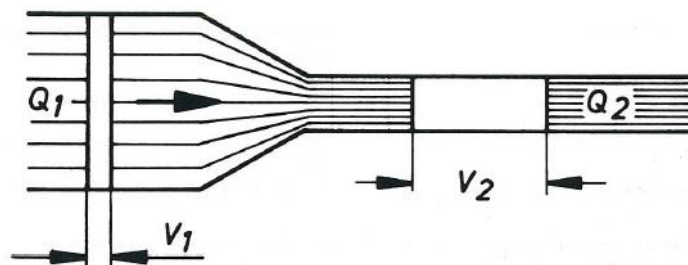
Dostaneme tvar:

$$Q = S * v \quad (7)$$

Rovnice kontinuity:

$$S_1 * v_1 = S_2 * v_2 \quad (8.1)$$

$$Q_1 = Q_2 \quad (8.2)$$



obr. 4 - Průtok kapaliny potrubím s různým průřezem [1].

Bernoulliho rovnice

Bernoulliho rovnice vyjadřuje zákon zachování energie proudící kapaliny, při zanedbání ztrát. Energie kapaliny se dělí na **potenciální** a **kinetickou** [4].

Potenciální energie v sobě zahrnuje energii **polohovou** (závislá na výšce sloupce kapaliny) a **tlakovou** [1].

Kinetická energie je závislá na rychlosti proudění [1].

Bernoulliho rovnice:

$$g * h + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = konst. \quad (9)$$

Výpočet výkonu hydraulického systému

Dalším důležitým vzorcem je výpočet výkonu „ P “ pomocí dvou základních veličin. Průtoku „ Q “ a tlaku „ p “.

$$P = Q * p \quad (10)$$

5 ZÁKLADNÍ PRVKY HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ

V následující části budou popsány základní prvky hydraulických systémů, kterými by měli disponovat všichni pracovníci údržby.

5.1 ČERPADLA

Hydraulická čerpadla jsou hydrostatické převodníky, které převádějí mechanickou práci na energii tlakové kapaliny v podobě průtoku a tlaku, který odpovídá potřebné síle.

Pomocí čerpadla se kapalina dostává přes celý hydraulický systém až k hydromotoru, který má určitý odpor daný jeho zatížením. Úměrně k odporu vzrůstá v kapalině tlak a to tak dlouho, dokud odpor není překonán a hydromotor se nezačne pohybovat. Tlak v kapalině tedy není předem generován v čerpadle, ale je závislý na zatížení hydraulického systému [5]. **Čerpadlo nedělá tlak!**

5.1.1 Zubová čerpadla

Zubová čerpadla jsou nejjednodušším typem čerpadel, běžně se vyskytují v hydraulických systémech různých velikostí a různých výkonů. Skládají se z jednoho tělesa, ve kterém jsou v záběru dvě ozubená kola. Mezi tělesem a ozubenými koly jsou tak malé vůle, že těsnění může být zajištěno pouze olejem [5].

Ozubená kola čerpadla se při rotaci vzájemně rozbíhají, čímž se zvětšuje objem zubových mezer a v čerpadle vzniká podtlak. Atmosférický tlak působící na hladinu kapaliny v nádrži potom způsobí přítok kapaliny do čerpadla. Toto se děje na tzv. **straně sání** [1].

Kapalina je mezi zubovými mezerami ozubených kol a tělesem čerpadla dopravována do tzv. **strany výtlaku**, kde se zuby dostávají zpět do záběru, čímž se zmenšuje objem zubových mezer a kapalina je z čerpadla vytlačena [1].

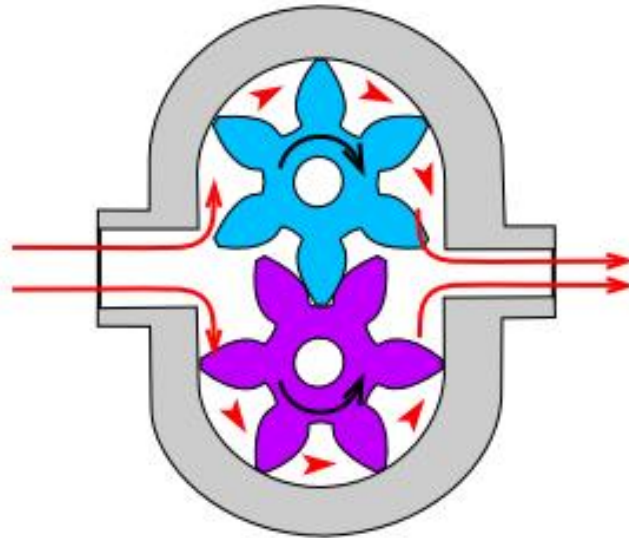
Zubová čerpadla nemohou měnit svůj geometrický objem, tzn. při konstantních otáčkách dodávají stále stejné množství kapaliny. Průtok lze regulovat pouze změnou otáček čerpadla [1].

Zubová čerpadla s vnějším ozubením

V tomto typu čerpadla jsou dvě stejně velká ozubená kola s vnějším ozubením. Jedno z těchto kol je poháněno (spalovacím motorem, elektromotorem, atd.) a pomocí zubů se otáčí i druhé kolo.

Jak je vidět na obrázku 4, na straně výtlaku do sebe ozubená kola zapadají dříve, než je vytlačena všechna dopravovaná kapalina. Bez odlehčení prostoru, kde se toto děje, by zde vznikaly vysoké tlaky, které by měli za následek hlučný a tvrdý chod čerpadla a také vysoké opotřebení ozubených kol. Proto

jsou z těchto míst vedeny odlehčovací kanálky na stranu výtlačku. Toto řešení se nazývá **Axiální vyvážení** [1].

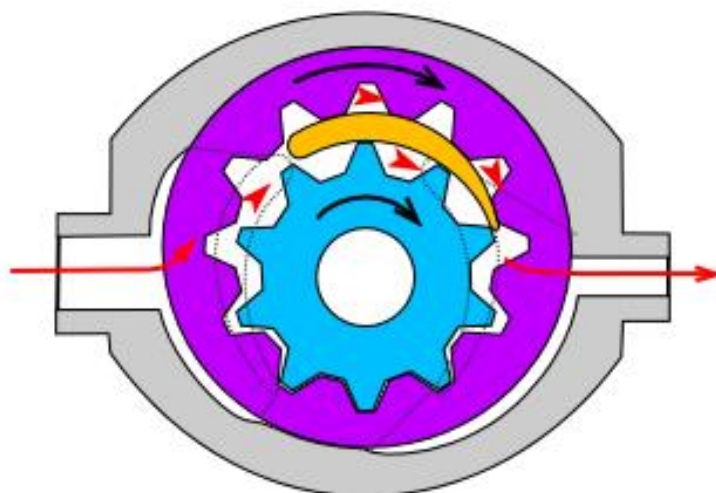


obr. 4 - Zubové čerpadlo s vnějším ozubením [31].

Zubová čerpadla s vnitřním ozubením

Stejně jako zubová čerpadla s vnějším ozubením, mají tato čerpadla dvě ozubená kola. Jedno z těchto kol má ozubení vnější, druhé vnitřní. Princip funkce je stejný jako u zubového čerpadla s vnějším ozubením a je patrný z obrázku 5.

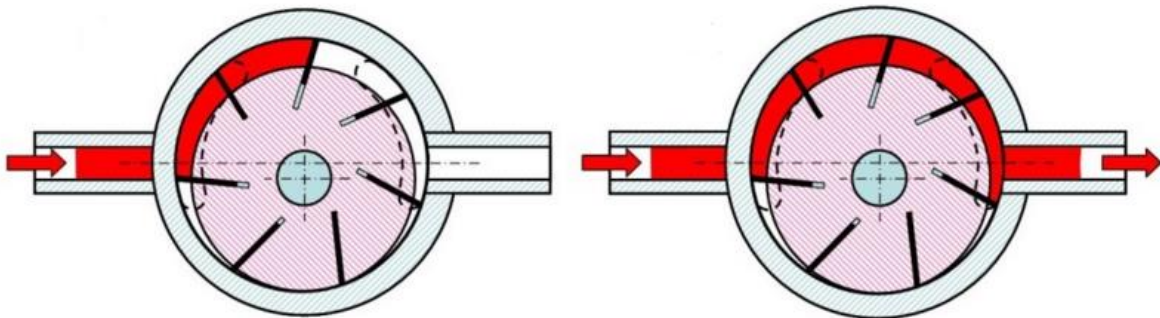
Tento typ zubových čerpadel má oproti čerpadlům s vnějším ozubením tišší a kultivovanější chod [1].



obr. 5 - Zubové čerpadlo s vnitřním ozubením [31].

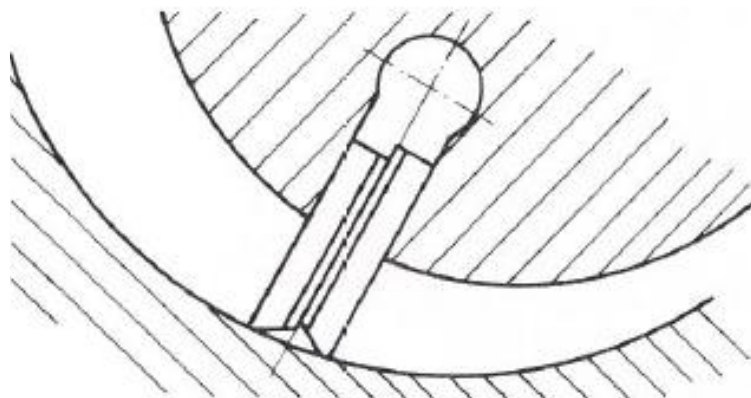
5.1.2 Lamelová čerpadla

Lamelová čerpadla jsou dalším, často používaným typem čerpadel. Skládají se z rotoru, excentricky tvarovaného statoru a lamel. Rotor má po obvodu radiálně uspořádané drážky, ve kterých se nacházejí lamely. Rotor je poháněn vnější silou (spalovacím motorem, elektromotorem, atd.). Lamely jsou odstředivou silou přitlačovány na stěny excentrického statoru. Mezi páry lamel a statoru, se vytváří prostor, ve kterém je dopravována hydraulická kapalina. Tento prostor je nejprve malý, ale pomocí excentrické stěny statoru se lamela vysunuje z rotoru stále víc a prostor se zvětšuje, čímž vzniká podtlak a do čerpadla teče hydraulická kapalina. Když lamela dosáhne oblasti výtlačku, prostor pro kapalinu se opět díky excentrickému statoru začne zmenšovat a hydraulická kapalina je z něj vytlačována [1]. Funkce čerpadla je znázorněna na obrázku 6.

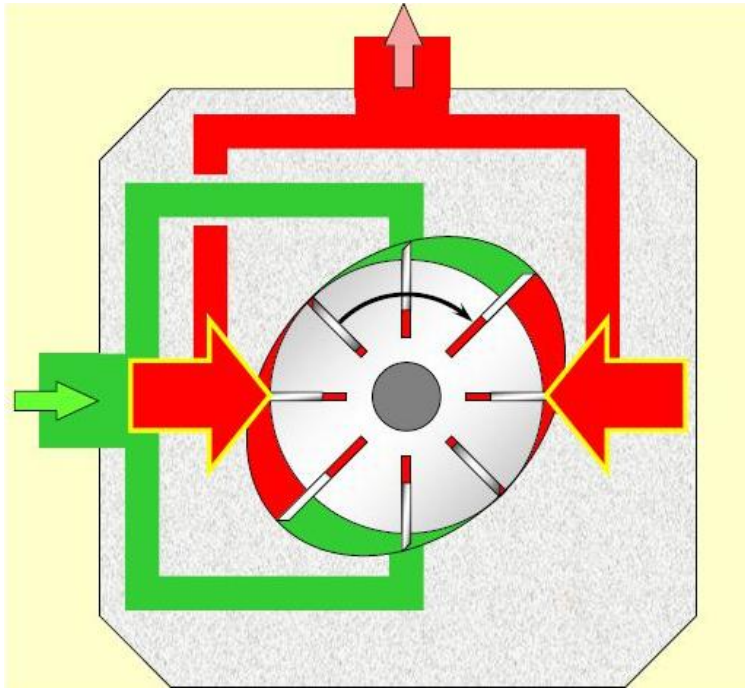


obr.6 - Schéma funkce nevyváženého lamelového čerpadla s lamelami v rotoru [32].

Vyvažování čerpadla se provádí jednak přímo pomocí lamel, kdy jedna lamela může být nahrazena dvěma menšími lamelami s odlehčovací drážkou (obr. 7), anebo také tvarem statoru, který má dvě strany sání a dvě strany výtlačku (obr. 8). Čerpadlo s takovým statoru se nazývá vyvážené [1].

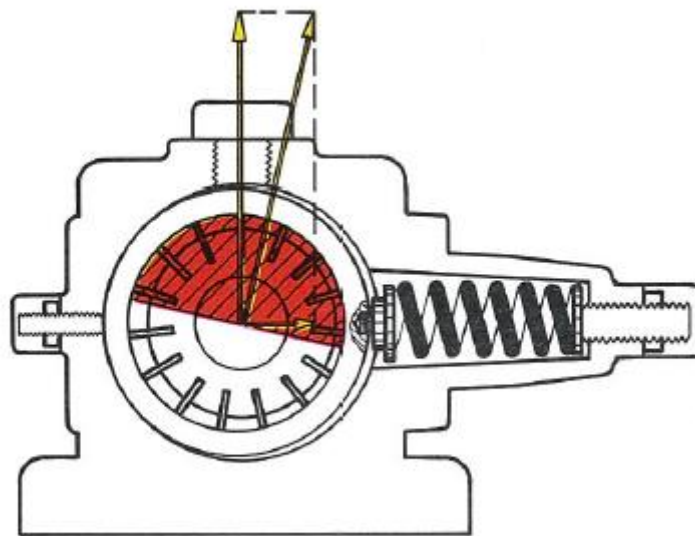


obr. 7 - Vyvážení pomocí dvou lamel s odlehčovací drážkou [1].



obr. 8 - Vyvážené lamelové čerpadlo s lamelami v rotoru, velké červené šipky znázorňují síly působící na rotor od tlakové kapaliny. Tyto síly jsou stejně velké, mají ale opačný směr a proto se navzájem vyruší [28].

Existuje více typů lamelových čerpadel (s lamelami ve statoru, s lamelami v rotoru, s pevnými lamelami,...). Výhradně používaná jsou však lamelová čerpadla s lamelami v rotoru, jejichž funkce je popsána výše. U těchto čerpadel je také možná změna geometrického objemu (regulace) a to dle konstrukčního řešení čerpadla buďto pomocí změny polohy rotoru, nebo statoru (obr. 9) [5].



obr. 9 - Regulace lamelového čerpadla pomocí změny polohy statoru [1].

5.1.3 Pístová čerpadla

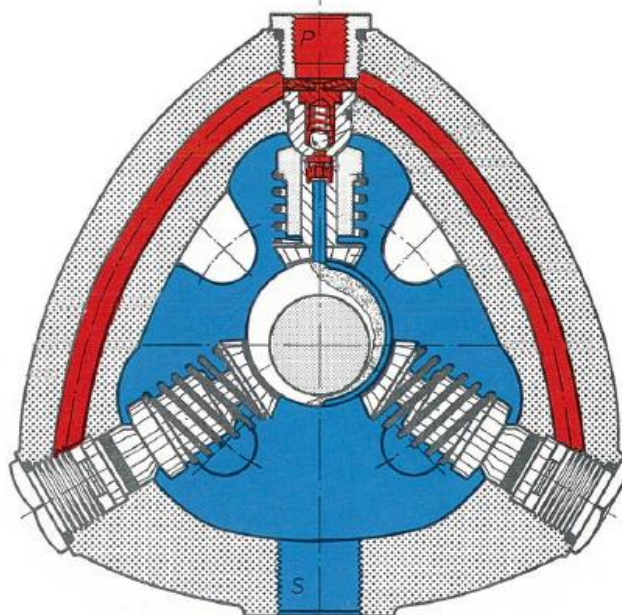
Pro složitější hydraulické obvody, které vyžadují velké tlaky nebo rozsáhlé možnosti regulace, se používají čerpadla pístová.

Radiální pístová čerpadla

Písty radiálního pístového čerpadla jsou rozmístěny kolmo k hřídeli do tvaru hvězdice a jejich pracovní pohyb je způsoben vačkou na hřídeli (obr. 10). Pracovní pohyb má radiální směr [1].

Kapalina je do čerpadla přiváděna skrz vrtání ve vačkové hřídeli a zaplňuje celý prostor středu čerpadla. Pohybem pístů směrem k hřídeli se zvětšuje prostor nad pístem, čímž vzniká podtlak, je otevřen vstupní ventil a vzniklý prostor nad pístem se plní hydraulickou kapalinou. Díky vačce následuje pohyb pístu nahoru (od hřídele), otevírá se výstupní jednosměrný ventil a kapalina se dostává na tlakovou stranu. Každý píst vykoná za otáčku jeden zdvih. Počet pracovních pístů může být 3, 5 nebo 10 a u různých čerpadel se liší [1].

Tento typ čerpadel je tichý, zůstává efektivní i při velmi vysokých pracovních tlacích (až 100 MPa) a přitom nevytváří žádné axiální síly na ložiska nebo na hřídel [1].



obr. 10 - Radiální pístové čerpadlo se třemi pracovními písty [1].

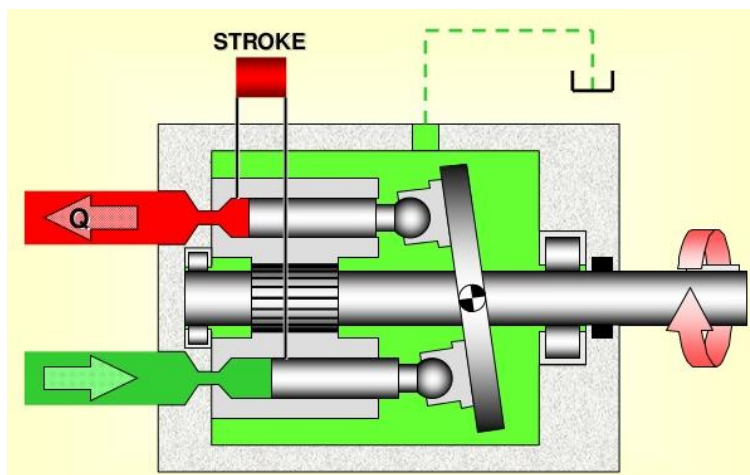
Axiální pístová čerpadla

Axiální pístová čerpadla jsou hydrostatické převodníky, které mají určitý, zpravidla lichý počet pístů uspořádaných axiálně v bloku válců. Dle konstrukčního řešení dělíme tato čerpadla na dva druhy a to axiální pístová čerpadla s nakloněným blokem (obr. 12) a axiální pístová čerpadla s nakloněnou deskou (obr. 11) [1].

Tato čerpadla poskytují rozsáhlé možnosti regulace. Díky nim je možné navrhnout zbytek hydraulického systému jednoduchý, efektivní a bezporuchový.

Čerpadlo se skládá z pístů, které jsou uloženy v bloku válců, a ten je pomocí těsného pera spojen s hřídelem. Na konci pístů se nacházejí kluzátka, která se dotýkají nakloněné desky. Otáčením hřídele je unášen blok válců s písty a díky tomu, že jsou písty přitlačovány na nakloněnou desku, vzniká současně pohyb pístů ve válcích. Písty, které se pohybují směrem z válce, jsou zaplňovány hydraulickou kapalinou z nádrže. Písty, které se pohybují směrem do válce, vytlačují hydraulickou kapalinu do strany výtlačku. Rozvod hydraulické kapaliny je řízen deskou se dvěma ledvinkovitými otvory [1] [5].

Díky možnosti upravovat náklon desky, lze u regulačního typu axiálních pístových čerpadel měnit zdvih pístů a tím měnit i geometrický objem čerpadla. Desku lze naklonit i tak, že čerpadlo bude čerpat kapalinu na opačnou stranu (ze strany sání se stane výtlak a obráceně) [1] [5].



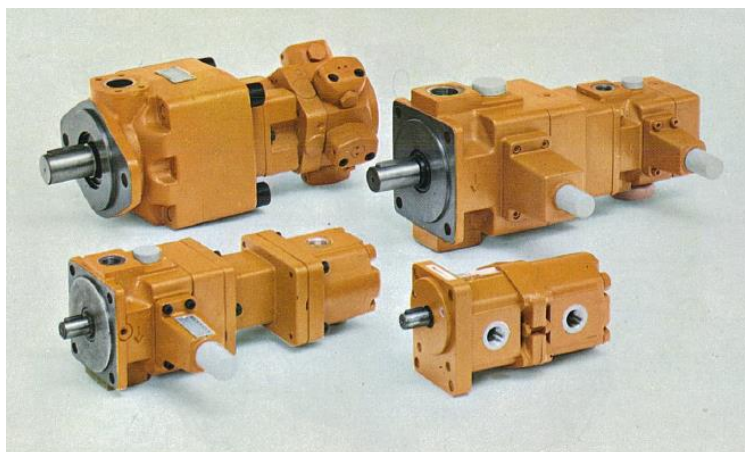
obr. 11 - Regulační axiální pístové čerpadlo s nakloněnou deskou - náklon desky lze měnit, čímž se mění zdvih pístů a tím pádem i geometrický objem [28].



obr. 12 - Neregulační axiální pístové čerpadlo s nakloněným blokem – tento typ čerpadla má charakteristický „zalomený“ tvar [16].

5.1.4 Kombinace čerpadel

Všechna výše zmíněná čerpadla lze také libovolně vzájemně kombinovat. Spojení dvou čerpadel se provádí pomocí průchozí hřídele a mezipříruby. K pohonu takto spojených čerpadel potom stačí pouze jeden spalovací motor nebo elektromotor. Na obrázku 13 jsou vyfocené některé možné kombinace: Vlevo nahoře – lamelové čerpadlo + radiální pístové čerpadlo, vpravo nahoře – lamelové čerpadlo + lamelové čerpadlo, vlevo dole – lamelové čerpadlo + zubové čerpadlo, vpravo dole – zubové čerpadlo + zubové čerpadlo [1].



obr. 13 – kombinace čerpadel [1].

5.2 HYDROMOTORY

Hydromotory jsou hydrostatické převodníky, které převádějí energii tlakové kapaliny generovanou čerpadlem na mechanickou práci. Se zatížením hydromotoru roste tlak v hydraulickém systému, z čehož analogicky vyplývá, že čím větší tlak a průtok bude v systému, tím bude hydromotor výkonnější a tím větší zátěž překoná (viz. vzorec níže). Hydromotory se dělí na dva druhy: přímočaré a rotační [1].

$$P = Q * p$$

(10)

5.2.1 Přímočaré hydromotory

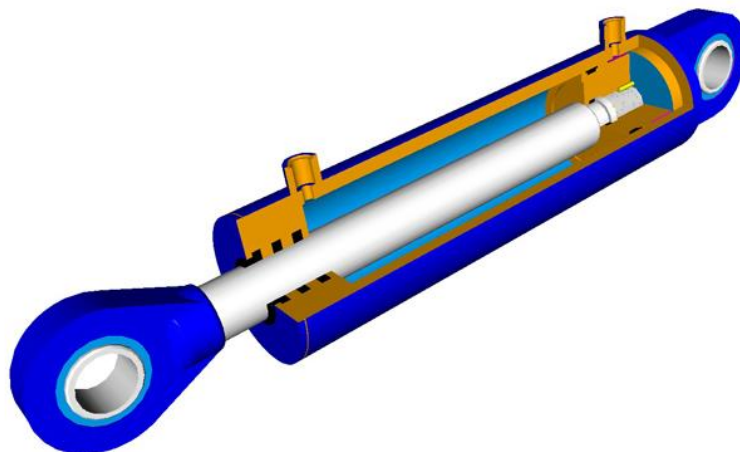
Přímočaré hydromotory jsou hydromotory, které převádějí energii tlakové kapaliny generovanou čerpadlem na mechanickou práci v přímém směru. Hydromotor se skládá z válce, v němž se nachází píst. Na jednu nebo na druhou stranu pístu je přiváděna hydraulická kapalina a díky těsnění mezi oběma prostory dochází k pohybu pístu. Síla hydromotoru je stejně velká na začátku i na konci zdvihu a rychlost zdvihu závisí na množství přivedené hydraulické kapaliny za jednotku času a na velikosti činné plochy pístu [1].

Existuje několik konstrukčních provedení přímočarých hydromotorů:

Jednočinný hydromotor s pružinou pro zpětný pohyb – Píst je vysouván tlakem hydraulické kapaliny, kterou lze přivést pouze na jednu stranu pístu. Zpět do základní polohy se píst vrací pomocí vestavěné pružiny [1].

Dvojčinný hydromotor – Hydraulickou kapalinu lze přivést na obě strany pístu a píst tak dokáže konat práci při pohybu na obě strany [1]. Dvojčinný hydromotor je vidět na obrázku 14.

Teleskopický hydromotor – Ve válci se nachází několik do sebe zasunutých pístů. Tento hydromotor může být jak jednočinný tak dvojčinný. Výhodou je, že při malých zástavbových rozměrech lze dosáhnout velkého zdvihu [1].



obr. 14 - Dvojčinný přímočarý hydromotor [20].

5.2.2 Rotační hydromotory

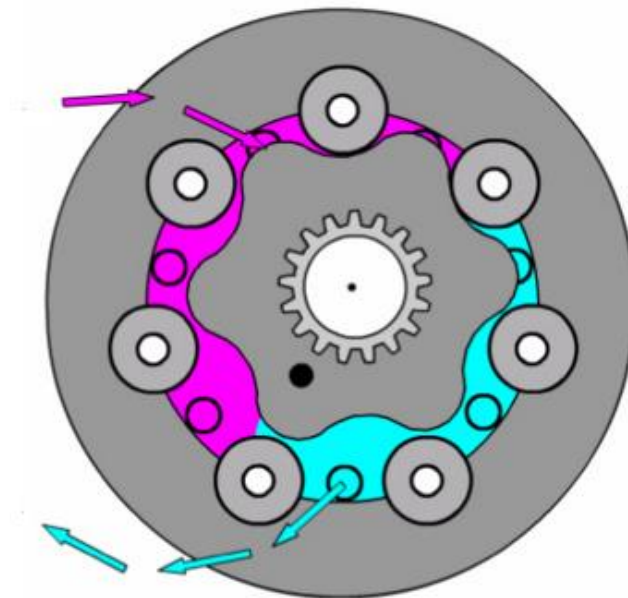
Rotační hydromotory jsou hydromotory, které převádějí energii tlakové kapaliny generovanou čerpadlem na mechanický točivý moment.

Rotační hydromotory jsou svou konstrukcí téměř totožně s čerpadly, a proto je nebudu podrobně popisovat. Teoreticky je hydromotor zaměnitelný s čerpadlem, ale v praxi se většina čerpadel nedá použít jako hydromotor, protože se nemohou točit na opačnou stranu.

Funkce hydromotoru spočívá v přivedení hydraulické kapaliny do tělesa hydromotoru, kde se zvyšuje tlak kapaliny až do úrovně, kdy síla způsobená tlakem překoná zatížení hydromotoru, po dosažení této úrovně se hydromotor začne otáčet [1].

Zubové (Orbitální) hydromotory

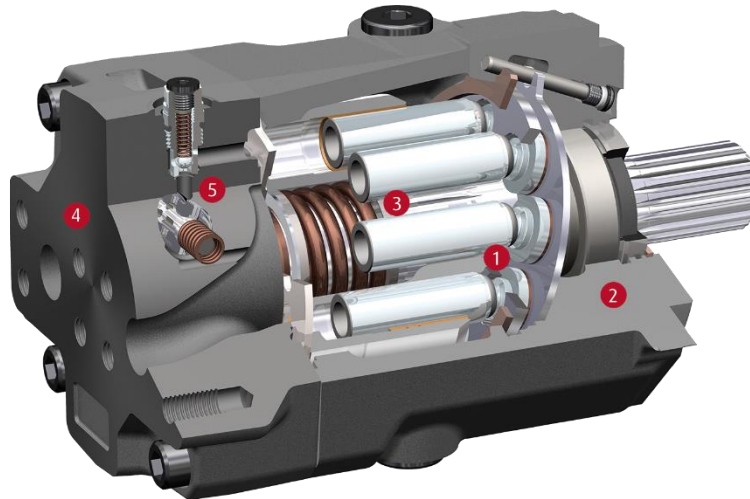
Velmi často používaný typ hydromotoru, je vhodný pro rozsáhlou škálu aplikací. Jeho výhodou je jednoduchá konstrukce a nízké pořizovací náklady. Schéma funkce je znázorněno na obrázku 15.



obr. 15 - Zubový (Orbitální) hydromotor [21].

Axiální pístové hydromotory

Tento typ hydromotoru je používán ve výkonných hydraulických systémech. Díky naklápěcí desce je schopen rotace na jakoukoliv stranu bez nutnosti měnit směr proudění hydraulické kapaliny. Hydromotor také nabízí rozsáhlé možnosti regulace rychlosti otáčení. Stejně jako čerpadlo, může být hydromotor s nakloněnou deskou nebo s nakloněným blokem. Konstrukce je totožná jako u axiálního pístového čerpadla a je patrná z obrázku 16. Na obrázku: 1 – kluzátka, 2 – tělo hydromotoru, 3 – písty, 4 - víko hydromotoru, 5 – kanály pro hydraulickou kapalinu [5].



obr 16 - Axiální pístový hydromotor s nakloněnou deskou [22].

Ostatní typy rotačních hydromotorů

Dále existují **lamelové hydromotory** a **radiální pístové hydromotory**. Oba tyto typy však nejsou tak široce používané jako hydromotory uvedené v předchozích kapitolách. Jejich konstrukce je s malými změnami stejná, jako u odpovídajících čerpadel.

5.3 ROZVÁDĚČE

Rozváděče jsou velice důležitou součástí hydraulického obvodu. Slouží k hrazení průtoku kapaliny, případně ke změně směru průtoku kapaliny. Pomocí rozváděče je ovládán pohyb přímočarého, nebo rotačního hydromotoru [5].

Do vstupu rozváděče je pomocí hadic nebo potrubí přivedena hydraulická kapalina z čerpadla, která je v rozváděči usměrněna a výstupem odchází opět pomocí hadic nebo potrubí k hydromotoru [1].

Každý rozváděč má dvě nebo více poloh, které určují, kam poteče hydraulická kapalina protékající rozváděčem. Díky snadnému ovládní rozváděče lze tyto polohy rychle měnit a tím rychle usměrnit kapalinu. Rozváděč může být ovládán ručně, elektricky, hydraulicky nebo pneumaticky [1].

Podle konstrukčního provedení se rozváděče dělí na dvě hlavní skupiny: **šoupátkové** rozváděče a **ventilové** (sedlové) rozváděče [1].

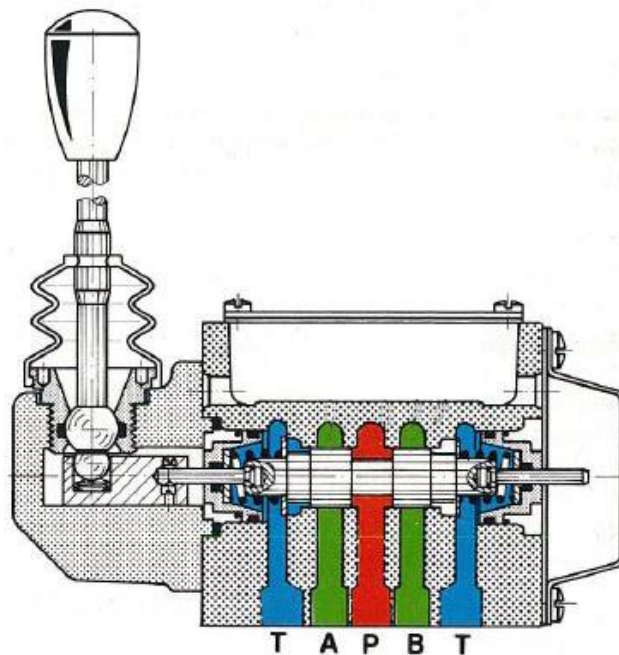
5.3.1 Šoupátkové rozváděče

Šoupátkové rozváděče se skládají z velmi přesně vyrobeného litinového tělesa, v jehož podélném vrtání se pohybuje šoupátko. V litinovém tělese je řada kanálků, které se po přesunutí šoupátka

otevrou nebo uzavřou a díky tomu je proud hydraulické kapaliny usměrněn [1]. Schéma šoupátkového rozváděče je na obrázku 17.

Utěsnění kanálků mezi sebou je dáno pouze vůlí mezi tělesem rozváděče a šoupátkem. U šoupátkových rozváděčů je tedy velice důležitá přesnost a kvalita výroby.

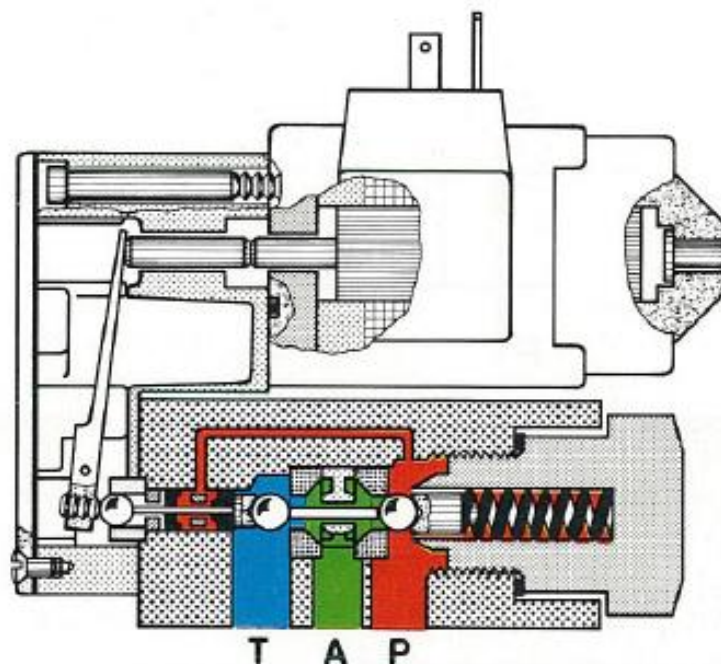
Šoupátkové rozváděče jsou velmi často používaným typem rozváděčů a to především díky své relativně jednoduché konstrukci, schopnosti přenášet velký výkon, nízkým tlakovým ztrátám a možnosti upravovat propojení kanálků pomocí změny tvaru šoupátka [1].



obr. 17 - Šoupátkový rozváděč ovládaný ručně pomocí páčky [1].

5.3.2 Ventilové rozváděče

Ventilové rozváděče jsou tvořeny jedním nebo dvěma sedlovými ventily, pomocí kterých je hrazen průtok kapaliny rozváděčem. Ventilový rozváděč s jedním sedlovým ventilem nemá, na rozdíl od šoupátkového rozváděče, svodový průtok v uzavřeném stavu. Nelze také měnit jeho polohy, tak jako je to možné u šoupátkových rozváděčů, změnou šoupátka. Záměnu poloh umožňuje ventilový rozváděč se dvěma vzájemně vázanými sedlovými ventily. Ventilové rozváděče je možné ovládat ručně nebo elektricky pomocí elektromagnetu [1]. Ventilový rozváděč je zobrazen na obrázku 18.



obr. 18 - Elektronicky ovládaný ventilový rozváděč se dvěma sedlovými ventily [1].

5.4 VENTILY

V každém hydraulickém obvodu se nachází větší, či menší počet ventilů. Podobně jako rozváděče, zajišťují ventily rozvod a řízení pracovní kapaliny v hydraulickém obvodu. Ventily řídí velikost maximálního pracovního tlaku a průtoku, mohou mít pojistnou funkci, monitorovací funkci nebo mohou realizovat logickou funkci. Ventily mohou být regulovatelné nebo neregulovatelné [19].

Jednosměrné ventily

Jednosměrné ventily se používají k přepouštění hydraulické kapaliny v jednom směru. Zatímco ve směru opačném není průtok hydraulické kapaliny možný. Proto se tyto ventily také nazývají zpětné ventily [1].

5.4.1 Ventily pro řízení tlaku

Tento typ ventilů řídí velikost tlaku pracovní kapaliny v hydraulickém systému.

Pojistné tlakové ventily

Jejich úkolem je udržovat požadovanou hodnotu maximálního pracovního tlaku v hydraulickém systému. Toho dosahují přepouštěním přebytečně hydraulické kapaliny zpět do nádrže [19].

Redukční ventily

Redukční ventily redukují tlak hydraulické kapaliny za redukčním ventilem na konstantní hodnotu. To znamená, že tlak za redukčním ventilem je vždy stejný, ať je tlak před redukčním ventilem jakkoliv velký [1], [19].

5.4.2 Ventily pro řízení průtoku

Tento typ ventilů reguluje průtok pracovní kapaliny v hydraulickém systému.

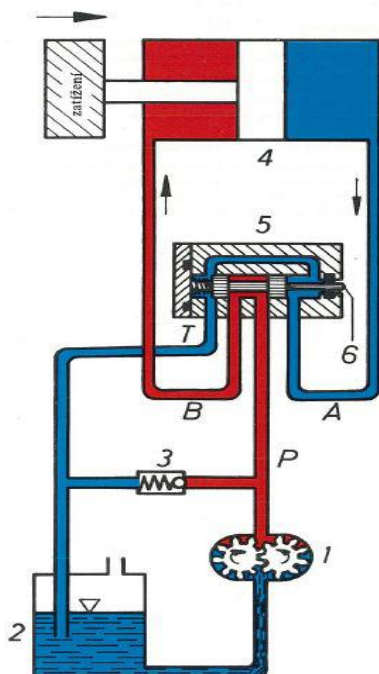
Škrtící ventily

Škrtící ventily dokáží, díky změně průtočného průřezu, regulovat průtok kapaliny v hydraulickém systému nezávisle na tlaku před i za ventilem. Tím umožňují plynule měnit rychlost hydromotorů [19].

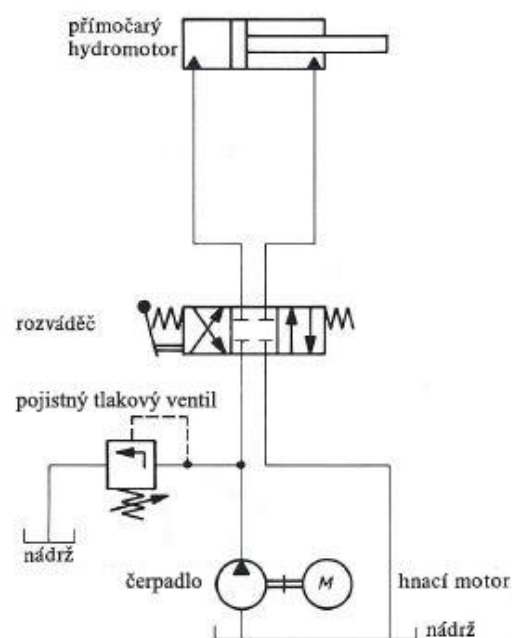
5.4.3 Proporcionální ventily

Proporcionální ventily umožňují řízení veškerých pracovních procesů jediným regulačním prvkem. Díky elektronickým ovládacím prvkům mají rozsáhlé možnosti regulace a mohou být použity ve složitých hydraulických systémech. Umožňují např. plynulý rozběh nebo doběh (dobrzdnění) hydromotorů. Velmi přesným typem proporcionálních ventilů s vyspělou řídicí elektronikou jsou tzv. **servoventily** [1], [19].

5.5 PŘÍKLAD JEDNODUCHÉHO HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU



obr. 19 - Hydraulický systém [1]



obr. 20 - Stejný systém znázorněný pomocí schématických značek [1]

Na obrázcích výše (obr. 19 a obr. 20) je znázorněn jednoduchý hydraulický systém. Pokud se podíváme na levý obrázek, vidíme zubové čerpadlo (1), které do systému čerpá hydraulickou kapalinu, ta je dále

usměrněna v rozváděči (5) a směřuje do přímočarého hydromotoru (4), kde pohybuje pístem. Z druhé strany přímočarého hydromotoru je pístem hydraulická kapalina vytlačována a přes rozváděč se vrací zpět do nádrže (2). Aby tlak v systému nepřekročil maximální povolenou pracovní hodnotu, je obvod jištěn pojistným tlakovým ventilem (3), [1].

Na druhém obrázku je znázorněn totožný hydraulický obvod pomocí schématických značek. Na tomto schématu je navíc hnací motor (spalovací motor, elektromotor), který pohání čerpadlo. Rozváděč je v neutrální poloze.

6 PRVKY OVLIVŇUJÍCÍ SPOLEHLIVOST HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ

V této části práce budou probrány prvky, které mají přímý vliv na spolehlivost hydraulických systémů. Špatnou péčí o ně nebo jejich špatným stavem může být zapříčiněno selhání systému, nebo může být snížena jeho životnost. Naopak při správné péči o tyto klíčové prvky se životnost hydraulického systému výrazně zvýší.

6.1 HYDRAULICKÉ KAPALINY

Hydraulické kapaliny jsou velice důležitou součástí celého hydraulického systému. Pomocí této kapaliny je přenášena tlaková energie v systému. Kapalina je mechanicky, tepelně a chemicky namáhána a vyžaduje stejně pečlivou údržbu jako kterýkoli jiný prvek hydraulického systému. Volba správné hydraulické kapaliny je klíčová pro budoucí spolehlivost celého hydraulického systému a pro náklady na jeho provoz a údržbu [2].

Hlavní funkce hydraulické kapaliny jsou:

- Přenos tlakové energie při minimálních ztrátách
- Mazání vnitřních pohyblivých mechanismů
- Přenos tlaku (tlakových signálů) k potřebným zařízením
- Odvod tepla a nečistot
- Ochrana hydraulických prvků proti korozi

6.1.1 Viskozita

Viskozita jakékoliv kapaliny je dána snadností, s jakou se její molekuly pohybují proti sobě navzájem. Závisí na silách, které udržují molekuly pospolu. Velmi zjednodušeně řečeno, čím nižší je viskozita kapaliny, tím řidší kapalina bude. Naopak čím je viskozita vyšší, tím bude kapalina „hustší“ tužší [4].

Viskozita je závislá na teplotě pracovní kapaliny. U minerálních olejů je tato závislost značná, což se při nízkých teplotách projevuje zvýšením viskozity. To vede nejprve ke zpomalení chodu hydraulického mechanismu a nakonec může dojít i k jeho úplnému zastavení nebo kavitačním jevům a s nimi souvisejícím opotřebáváním [6].

Naopak při vysoké teplotě může dojít ke snížení viskozity natolik, že kapalina ztratí své mazací schopnosti a dojde k zadření čerpadla [6].

Z výše uvedených důvodů je viskozita klíčovou vlastností všech hydraulických kapalin a při výběru optimální kapaliny je třeba jí věnovat pozornost [2], [6].

6.1.2 Druhy hydraulických kapalin a jejich vlastnosti

První používanou hydraulickou kapalinou byla voda, která však byla pro své špatné antikorozi vlastnosti, špatné mazací vlastnosti a nízkou teplotu tuhnutí na začátku 20. století nahrazena minerálním olejem.

Kvůli hořlavosti a nepřilísné ekologické šetrnosti minerálních olejů, bylo testováno mnoho roztoků oleje a vody, nebo vody a jiných látek. Tyto roztoky však zcela nenaplnily očekávání a z toho důvodu byly vyvinuty nové, bezvodé syntetické hydraulické kapaliny, které jsou nehořlavé a málo ekologicky závadné [2], [7].

Minerální hydraulické oleje

Minerální hydraulické oleje se podle vlastností a obsahu přísad rozdělují podle evropské normy ISO 6743/4 do několika tříd, viz. tabulka 1 [2].

| <i>Klasifikace ISO 673/4</i> | <i>Obsah Přísad</i> |
|------------------------------|--------------------------------|
| HH | Bez přísad |
| HL | Přísady proti oxidaci a korozi |
| HR | HL + modifikátor viskozity |
| HM | HL + Protiotěrové přísady |
| HV | HM + modifikátor viskozity |
| HG | HM + přísady pro snížení tření |

tab. 1 – Rozdělení hydraulických olejů [2].

Použití jednotlivých tříd:

HH – Pro hydraulické systémy s nižšími a středními tlaky, bez zvýšeného namáhání

HL – Pro hydraulické systémy se zvýšenými antikoroziními požadavky (např. obvody se škrťícími ventily), bez zvýšeného namáhání

HM – Pro vysokotlaké hydraulické systémy se zvýšenými antikoroziními požadavky, náročné na dokonalé mazání při zvýšených teplotách a vysokém namáhání

HV – Pro hydraulické systémy se stejnými požadavky jako HM, které navíc pracují nepřetržitě ve všech ročních obdobích v širokém rozsahu teplot (např. mobilní pracovní stroje)

Těžkozápalné kapaliny

Tento typ hydraulických kapalin je používán v zařízeních, která pracují v prostředích s nebezpečím výbuchu, v blízkosti rozžhaveného kovu, otevřeného ohně nebo v místech s možností vzniku požáru.

Podle normy ISO 6071 se těžkozápalné kapaliny rozdělují tak, jak je popsáno v tabulce 2 [2]:

| <i>Klasifikace ISO 6071</i> | <i>Složení kapaliny</i> |
|-----------------------------|-----------------------------|
| HFA | Emulze oleje ve vodě |
| HFB | Emulze vody v oleji |
| HFC | Vodní roztoky polymerů |
| HFD | Syntetické bezvodé kapaliny |

tab. 2 – Rozdělení těžkozápalných kapalin [2].

Použití jednotlivých tříd

HFA – Obsahuje cca 20% oleje ve vodě, tato emulze je prakticky nehořlavá, proto se používá např. v dolech

HFB – Obsahuje cca 40% vody v oleji, tato emulze má lepší mazací schopnosti než HFA, a i přes to velmi omezenou hořlavost, používá se např. u některých kovacích lisů

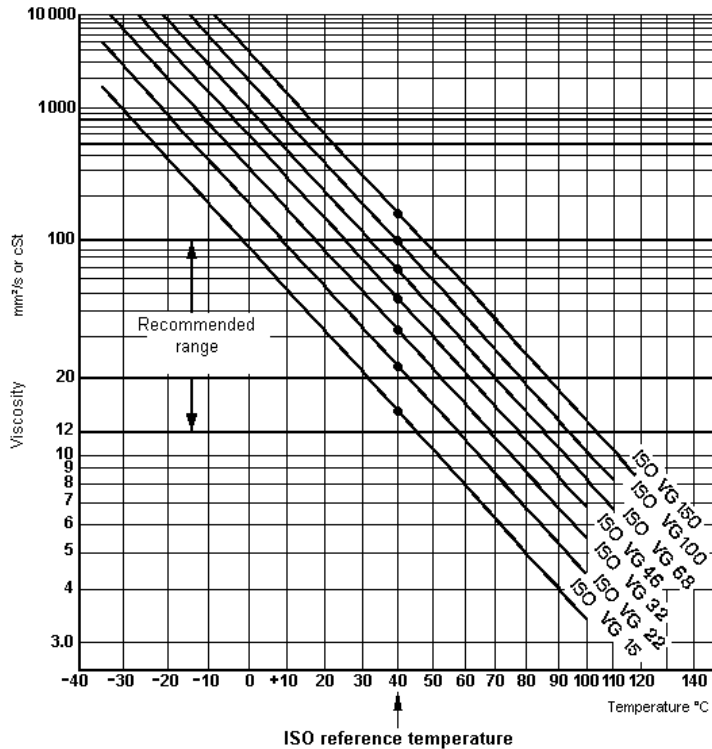
HFC – Tyto roztoky jsou ekologické, proto o ně v poslední době roste zájem, mají ale nižší mazací schopnosti a kvůli tomu se snižuje životnost celého hydraulického systému

HFD – Syntetické kapaliny mají velký pracovní rozsah, díky nízké teplotě tuhnutí (pod -35 °C). Jsou těžce zápalné a špatně hoří. Mají výborné mazací vlastnosti a antikoroziční účinky. Jsou také ekologicky téměř nezávadné. Pro svoji vysokou cenu se používají pouze v nejšpičkovějších hydraulických systémech (např. v letectví)

6.1.3 Volba optimální hydraulické kapaliny

K volbě správné hydraulické kapaliny je důležité znát především vlastnosti celého hydraulického systému, jeho pracovní prostředí a teploty, při kterých bude pracovat. Podle těchto informací můžeme vybrat správný typ hydraulické kapaliny.

Dále je nutné vybrat správnou viskozitní třídu dané kapaliny. Výrobci čerpadel uvádějí viskozitní rozsah, při kterém je čerpadlo schopné správně pracovat. Viskozitní třídu lze vybrat podle následující tabulky 3:



tab. 3 – Tabulka viskozitních tříd podle ISO 3448 [23].

Přibližné použití jednotlivých tříd

VG 22 – Provoz v arktických podmínkách

VG 32 – Zimní provoz ve střední Evropě

VG 46 – Letní provoz ve střední Evropě

VG 68 – Provoz v tropických podmínkách nebo pro systémy s velkým vývinem tepla

V některých případech je potřeba u strojů pracujících venku v extrémních podmínkách zajistit výměnu oleje pro zimní a letní období [2].

6.1.4 Teplota a tlak hydraulické kapaliny, jejich kontrola a regulace

Tlak hydraulické kapaliny je závislý na zatížení hydraulického systému a hodnota maximálního tlaku je omezena pomocí pojistného tlakového ventilu. Tento ventil musí být správně nastaven a neodborná obsluha nesmí měnit jeho nastavení. Tlak v hydraulických systémech je v dnešní době měřen pomocí přesných snímačů, které jsou odolné proti teplotním výkyvům, prachu i otřesům.

Daleko podstatnější z hlediska údržby je teplota hydraulické kapaliny. Ve všech prvcích hydraulického systému dochází k tlakovým ztrátám, při kterých se tlaková energie kapaliny mění na teplo. Pokud

nemá hydraulický systém správně vyřešený odvod tepla, začne se hydraulická kapalina ohřívat. Teplota hydraulické kapaliny by neměla přesáhnout 82°C, při této teplotě se poškodí většina těsnících materiálů a hydraulická kapalina rychleji stárne. Důležitým faktorem je také to, že s rostoucí teplotou hydraulické kapaliny klesá její viskozita. Viskozita se nesmí dostat pod úroveň, při které by byly poškozeny hydraulické prvky v obvodu. Toto může nastat při teplotě mnohem nižší než 82°C [8].

Hydraulický systém má dvě možnosti, jak se zbavit přebytečného tepla. První z nich je odvod tepla stěnami nádrže na hydraulickou kapalinu a potrubím. Jestliže v hydraulickém systému vzniká více tepla, než je odvedeno do okolí, je nutné do systému zařadit výměník tepla (chladič). Chladič by měl být dimenzován tak, aby byl schopný odvést veškerou energii převedenou na teplo. To je zhruba 20 – 40 procent z celkového výkonu hydraulického systému [8].

Stejně jako tlak je teplota sledována pomocí moderních odolných čidel, která včas upozorní obsluhu na problém s vysokou teplotou hydraulické kapaliny.

6.2 FILTRY

Spolehlivost a životnost hydraulického zařízení je značně závislá na kvalitě filtrace pracovní kapaliny. Úkolem filtrů je redukovat znečištění hydraulické kapaliny na přijatelnou hodnotu a minimalizovat počet pevných částic, které způsobují opotřebení hydraulických prvků [1].

Druhy filtrů

Filtry se rozlišují jednak podle typu filtrační vložky a dále podle umístění v hydraulickém obvodu [1].

Filtrační vložky

Filtrační vložky (obr. 21) se zhotovují z různých materiálů, které se skládají do hvězdicového tvaru. Tím se docílí snížení vestavného objemu filtru, při zachování dostatečné plochy filtračního materiálu [1].

Sítové filtrační vložky

Používají se síta tkaná z nerezového drátu [1].

Papírové filtrační vložky

Základem vložky je papírové rouno. Tento typ vložky se nesmí čistit, po znečištění nad přípustnou mez se vyhazuje. Proto se používají převážně pro proplach obvodu v nezátíženém stavu nebo při uvádění hydraulického systému do chodu [1].

Průličitě filtrační vložky

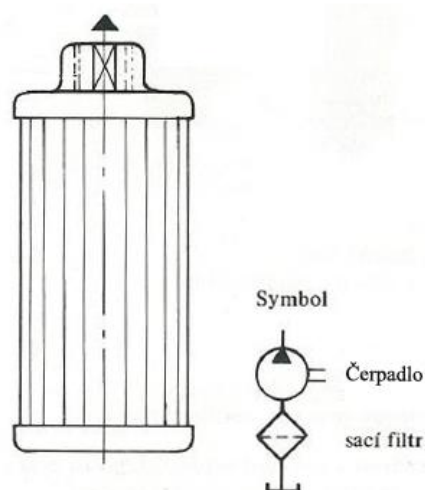
Základem vložky jsou spěkaná kovová vlákna. Tento typ vložky má při stejné ploše několikanásobně vyšší jímavost než jiné vložky a tím pádem delší intervaly výměn [1].



obr. 21 - Různé typy filtračních vložek, zleva: sítová, papírová, průličitá [1].

Sací filtry

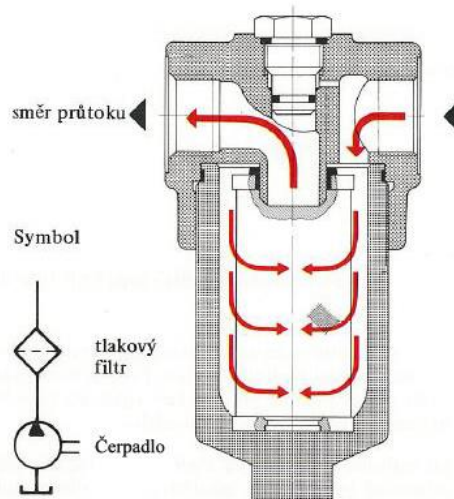
Sací filtry jsou umístěny na straně sání čerpadla. Nevýhodou těchto filtrů je tlaková ztráta na straně sání čerpadla, proto mohou být tyto filtry vybaveny obtokovým ventilem např. pro snadnější spuštění hydraulického systému. Pro některé typy čerpadel je použití sacího filtru zakázáno [1]. Na obrázku 22 je filtrační vložka sacího filtru.



obr. 22 - Filtrační vložka sacího filtru a schéma zapojení sacího filtru [1].

Tlakové filtry

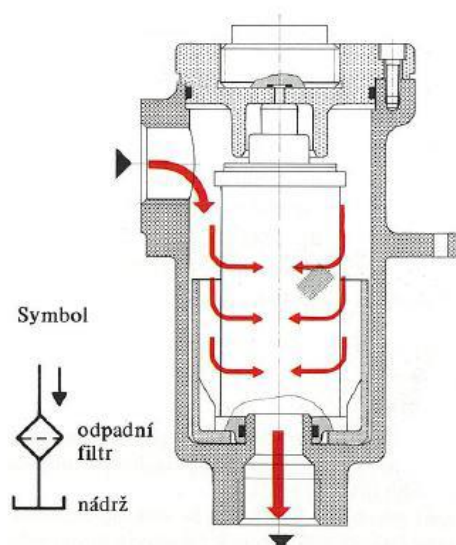
Tlakový filtr (obr. 23) slouží k filtraci hydraulické kapaliny na výstupu z čerpadla, je zapojen v tlakové větvi a chrání citlivé regulační prvky (např. servoventily) hydraulického systému před nečistotami. Tlaková pevnost filtru musí odpovídat maximálnímu pracovnímu tlaku hydraulického systému [1].



obr. 23 - Tlakový filtr určený pro montáž na potrubí a schéma zapojení tlakového filtru [1].

Odpadní filtry

Odpadní filtry (obr. 24) jsou nejpoužívanějším typem filtru v hydraulických systémech. Odpadní filtr je zapojený ve zpětném (odpadním) vedení před vstupem kapaliny do nádrže. Výhodou tohoto filtru je snadný přístup při montáži. Je možné použít dva paralelně zapojené filtry, díky čemuž není nutné vypínat hydraulický systém při výměně filtru. Podle konstrukce rozlišujeme typ filtru pro montáž na víko nádrže nebo přímo na potrubí [1].

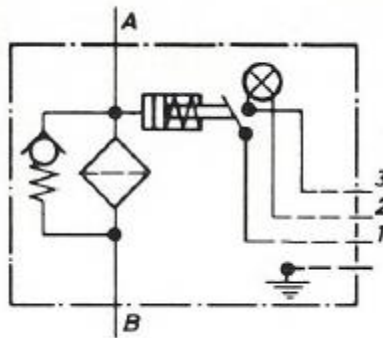


obr. 24 - Odpadní filtr a schéma jeho zapojení [1]

Indikace zanesení filtru

Zanesení filtru se kontroluje nepřímo pomocí vzrůstajícího tlaku před filtrační vložkou. Vzniklý tlak působí na čelo pístu, který se s rostoucím tlakem přesouvá proti pružině (obr. 25). Pístnice miniaturního přímočarého hydromotoru může vysunutím přímo indikovat zanesení filtru, nebo sepnout kontakt elektrické signalizace mezního stavu zanesení [1].

Další možností indikace je použití tlakového ventilu, který při zvýšeném tlaku před filtrem začne přepouštět kapalinu okolo filtru. Při otevření tohoto ventilu je rovněž aktivována signalizace mezního stavu zanešení.



obr. 25 - Schéma zapojení filtru s elektrickou signalizací znečištění [1]

6.2.1 Volba optimálního filtru

Při volbě filtru je nutné dodržet několik pravidel. Maximální tlak a průtok, při kterých je filtr schopen spolehlivě pracovat, musí být vyšší než maximální tlak a průtok dodávaný čerpadlem. Volba materiálu filtru je rovněž důležitá, při výběru materiálu je nutné se ujistit, že filtr dokáže z hydraulické kapaliny odstranit částice požadovaných velikostí. Maximální povolený stupeň znečištění by měl být uveden v návodu k obsluze u každého hydraulického prvku. Podle normy SAE se stupeň znečištění dělí na 7 tříd viditelných v tabulce 4 [1].

| velikost částic μm | počet částic v 100 cm^3 /třída | | | | | | |
|----------------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 – 10 | 2700 | 4600 | 9700 | 24000 | 32000 | 87000 | 128000 |
| 10 – 25 | 670 | 1340 | 2680 | 5360 | 10700 | 21400 | 42000 |
| 25 – 50 | 93 | 210 | 380 | 780 | 1510 | 3130 | 6500 |
| 50 – 100 | 16 | 28 | 56 | 110 | 225 | 430 | 1000 |
| 100 – | 1 | 3 | 5 | 11 | 21 | 41 | 92 |

tab. 4 - Tabulka stupňů znečištění SAE podle velikosti a počtu částic v kapalině

6.3 ZÁKLADNÍ SPOJOVACÍ PRVKY

Základní spojovací prvky jsou **trubky, hadice, různé druhy šroubení, přírubové spoje, rychlospojky**, atd. Tyto prvky jsou všeobecně známé, nebudu je proto dále popisovat. V hydraulice ale existují i spojovací prvky, které ušetří čas jak při montáži, tak při údržbě [1].

Připojovací desky

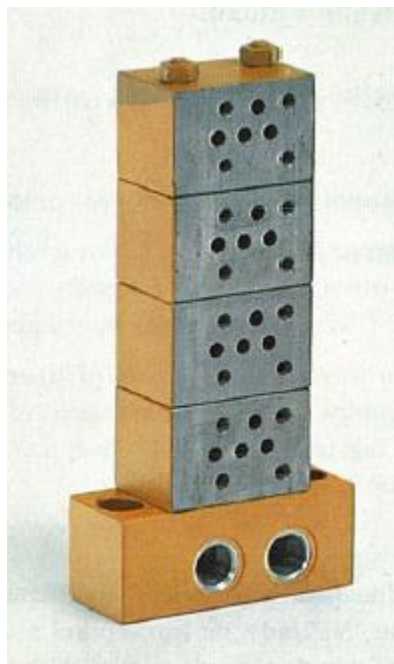
Velmi často se pro spojení hydraulických prvků využívají tzv. připojovací desky (obr. 26). Ty mají vrtání a rozmístění děr souhlasné s připojovaným prvkem. Pomocí šroubů jsou s ním spojeny a těsnění mezi plochami desky a připojeného prvku je zajištěno „O“ kroužky [1].



obr.26 - Připojovací deska [1]

Montážní desky

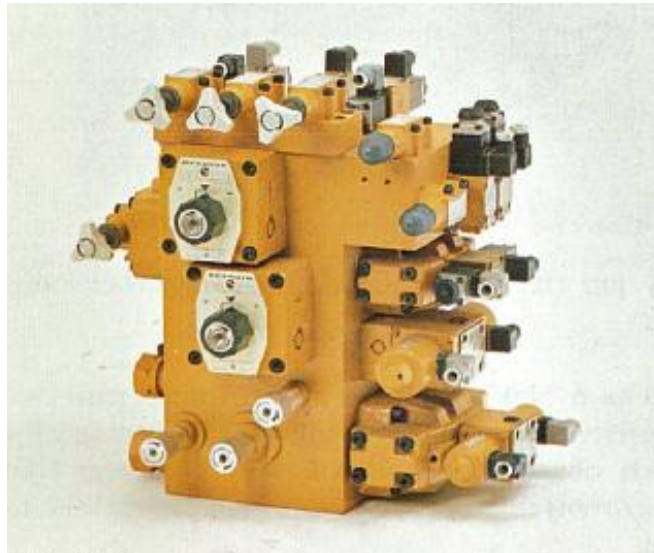
Používají se pro montáž několika stejných prvků. V desce jsou vrtáním propojeny kanály tlaku a odpadu, díky čemuž dochází k úspoře spojovacího materiálu a místa [1]. Na následujícím obrázku 27 je montážní deska



obr. 27 - Montážní deska [1]

Bloky řídicích prvků

Na kompaktní litinový nebo ocelový blok jsou, podobně jako na připojovací desky, stykově připojeny řídicí prvky hydraulického systému, to je patrné z obrázku 28. Správné propojení podle příslušného schématu je realizováno kanály v bloku [1].



obr. 28 Řídicí blok pro řízení všech standartních funkcí hydraulického systému [1]

6.4 NÁDRŽE NA HYDRAULICKOU KAPALINU

Pro skladování dostatečného množství kapaliny pro hydraulický systém se používají nádrže. Každá nádrž by měla mít:

- Dostatečný objem pro veškerou hydraulickou kapalinu a to i po zvětšení objemu kapaliny v důsledku zvýšení teploty
- Dostatečně velkou plochu na přestup tepla z hydraulické kapaliny do okolí
- Oddělený prostor kudy přitéká hydraulická kapalina z odpadního vedení od prostoru, kudy kapalina vstupuje do čerpadla
- Volné místo nad hladinou, do kterého se mohou uvolnit vzduchové bubliny obsažené v kapalině
- Možnost vypustit starou kapalinu a napustit novou
- Praktický tvar s dobrou možností uchycení na stroj

6.4.1 Stacionární hydraulické nádrže

Tradiční hydraulické nádrže (obr. 29) jsou většinou čtvercového tvaru a nahoře je na nich namontováno čerpadlo, elektromotor a další prvky hydraulického systému. Výhodou toho provedení je snadný přístup ke všem komponentům [9].



obr. 29 - Tradiční provedení hydraulické nádrže s motorem a kombinací dvou čerpadel nad nádrží [25]

Modernějším trendem je umístování **elektromotoru na nádrž vertikálně** (obr. 30), přičemž čerpadlo je v nádrži ponořené v hydraulické kapalině. Toto provedení dokáže jednak šetřit místem, ale také zabraňuje ztrácení kapaliny z hydraulického systému v případě netěsností na čerpadle (všechna kapalina, která proteče čerpadlem, zůstane v nádrži) [9].



obr.30 - Nádrž s vertikálně umístěným elektromotorem a čerpadlem v nádrži [26]

Další variantou je umístění **nádrže nad čerpadlo a elektromotor**, u tohoto provedení je výhodou využití atmosférického tlaku a tíhy kapaliny pro snadný přítok na stranu sání čerpadla [9].

6.4.2 Mobilní hydraulické nádrže

Mobilní hydraulické nádrže se používají na pohyblivých pracovních strojích (traktorech, nakladačích apod.). Musejí mít všechny vlastnosti jako stacionární nádrže, a to i za zhoršených a méně předvídatelných okolností způsobených pohybem stroje. Nádrž musí efektivně zabraňovat cákání kapaliny při pohybu stroje, musí mít malé zástavbové rozměry a často složité geometrické tvary, to je patrné z obrázku 31. Nádrž také musí být odolná proti okolním vysokým teplotám, musí umožňovat snadný přístup při údržbě a mnohé další [9].



obr. 31 - Nádrž na hydraulickou kapalinu mobilního stroje [27]

7 NÁVRH PLÁNU PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

Nedostatečná údržba hydraulických systémů je hlavní příčinou problémů hydraulických prvků i celého systému. I když je tento fakt všeobecně známý, stále neexistuje dostatek kvalifikovaných pracovníků s požadovanými znalostmi pro pochopení správné techniky údržby. Základem údržby hydraulických systémů je **preventivní údržba**, která se snaží zamezit vzniku veškerých závad a je klíčem ke spolehlivosti hydraulických nebo i jakýchkoliv jiných systémů. Preventivní údržba v sobě zahrnuje především preventivní inspekce a preventivní opravy [10].

Preventivní údržba hydraulického systému je relativně jednoduchá a při správném a přesném dodržení plánu preventivní údržby zamezí většině případných závad. Na plán preventivní údržby musí být nahlíženo jako na klíčový prvek při provozu hydraulického systému, a je nutné, aby zaměstnanec veškeré jeho úkony **přesně dodržel a poctivě provedl všechny práce**. Existují společnosti, které mají velmi dobře zpracovaný plán údržby, ale dostatečně nemotivují své zaměstnance a nezdůrazňují jim nutnost přesného dodržení všech bodů plánu, což může vést k tomu, že zaměstnanec práci údržby odbyde a spolehlivost systému tak klesá [10].

7.1 ZHODNOCENÍ PROVOZNÍCH PODMÍNEK HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU A TVORBA SEZNAMU ÚKONŮ

Každý hydraulický systém je jiný a pracuje za jiných podmínek. Proto je pro tvorbu plánu preventivní údržby důležité znát a správně vyhodnotit následující obecné podmínky [10] :

- Kolik hodin denně systém pracuje?
- Pracuje systém nepřetržitě, nebo je stále vypínán a zapínán?
- Jaký je pracovní tlak systému a jak se blíží maximálnímu pracovnímu tlaku?
- Pracuje systém se stále stejným tlakem, nebo s měnícím se tlakem?
- Pracuje systém ve špatných venkovních podmínkách nebo podmínkách s vysokou teplotou?

Dále je důležité prostudovat návody k obsluze k veškerým komponentům použitým v hydraulickém systému a zjistit, jaké požadavky má výrobce na jejich preventivní údržbu. Výrobce také udává, jaká je maximální povolená hodnota znečištění hydraulické kapaliny dle normy SAE [10].

Podle normy SAE se vybírá filtr hydraulické kapaliny. Je bezpodmínečně nutné prostudovat návod k obsluze od výrobce filtru a ujistit se, že vybraný filtr dokáže správně pracovat při provozních podmínkách hydraulického systému [10].

Velmi přínosné při tvorbě plánu preventivní údržby může být nahlédnutí do starších záznamů o údržbě a opravách daného hydraulického systému a následné využití získaných informací [10].

Ze všech získaných poznatků se vytvoří **první část plánu preventivní údržby – seznam úkonů**, kde musí být přehledně uvedeny úkony (kroky), podle kterých se má postupovat při údržbě, a každý úkon musí být detailně a srozumitelně popsán [10].

7.2 POUČENÍ O BEZPEČNOSTI

Další částí plánu preventivní údržby je poučení o bezpečnosti. Práce na hydraulických systémech s sebou nese následující rizika [3] [10] :

- Nekontrolovaný únik kapaliny (poškození očí, poškození kůže, možnost požáru, možnosti uklouznutí, ohrožení životního prostředí)
- Nebezpečný náhodný pohyb stroje (nechtěným zmáčknutím ovládacího prvku, poruchou řídicího systému, tlak v systému)
- Riziko popálení o horký povrch nebo horkou hydraulickou kapalinu
- Uvolnění nebo prasknutí těžkých hydraulických prvků (přetížení prvku, špatná volba prvku, únava materiálu)
- Hluk

Při práci na hydraulických systémech, kde je čerpadlo poháněno elektromotorem, hrozí další rizika v podobě úrazu elektrickým proudem. Práce na elektrických komponentech pracujících pod vysokým napětím **musí vždy provádět pouze osoba oprávněná** k práci s elektrickými zařízeními [3].

7.3 SEZNAM NÁŘADÍ

Pro maximální zrychlení údržbových prací a minimalizaci prostojů kvůli údržbě, by měl být další součástí plánu preventivní údržby i úplný seznam nářadí, které bude třeba při údržbě použít.

7.4 SEZNAM POTŘEBNÝCH DÍLŮ

Další částí plánu preventivní údržby je seznam potřebných dílů. V tomto dokumentu by měl být seznam veškerých dílů, které budou při údržbě vyměněny (olej, filtry apod.). Součástí tohoto seznamu by měl být také **úplný seznam všech dílů hydraulického systému**, pomocí kterého může pracovník údržby snadno identifikovat poškozený díl (těsnící prvek, hadici se správným šroubením) a najít např. jeho

skladové číslo nebo jinou důležitou informaci pro rychlé nalezení, případně objednání dílu. Pro přehlednost je vhodné, když je součástí úplného seznamu všech dílů i několik technických výkresů [11].

7.5 PŘÍKLAD SEZNAMU ÚKONŮ PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

Seznam úkonů preventivní údržby hydraulického systému může vypadat např. takto:

- 1) Zkontrolovat všechny funkce hydraulického systému.
- 2) Vizuálně zkontrolovat veškeré hadice, potrubí a spojovací prvky a ujistit se, že jsou neporušeny a nikde nedochází k úniku hydraulické kapaliny.
- 3) Zkontrolovat těsnost manžet na přímočarých hydromotorech a těsnost těsnících kroužků okolo hřídelí hydromotorů.
- 4) Zkontrolovat těsnost čerpadla.
- 5) Vyměnit hydraulickou kapalinu.
- 6) Vyměnit filtr hydraulické kapaliny.
- 7) Očistit všechny chladicí plochy (výměníky tepla, žebrování elektromotoru, plochy pro prostup tepla na nádrži).
- 8) Změřit maximální průtok hydraulické kapaliny generovaný čerpadlem.
- 9) Změřit elektrické napětí a proud na elektromotoru pohánějícím čerpadlo.
- 10) Zaznamenat provedené úkony a počet motohodin / pracovních hodin stroje do deníku údržby.

8 PRÁCE NA HYDRAULICKÝCH PRVCÍCH

Při preventivní údržbě se nejčastěji provádějí práce a měření na vybraných prvcích hydraulického systému. Všechny práce, měření a další důležité poznatky budou probrány v následujících kapitolách.

8.1 PRÁCE S HYDRAULICKOU KAPALINOU

8.1.1 Ochrana pokožky

Hydraulické kapaliny mohou mít dráždivý účinek na lidskou pokožku. Bohužel tento známý fakt je často podceňován a nemoci kůže a ekzémy nejsou u servisních mechaniků hydraulických systémů žádnou výjimkou [3].

Proto je velmi důležité řádně proškolit všechny pracovníky údržby hydraulických systémů, důrazně je informovat o nebezpečích, která jim hrozí a ujistit se, že tato nebezpečí berou vážně [3].

Pracovní oděv

Pracovní oděv by měl dobře pokrývat celé tělo pracovníka údržby. Pracovník by také měl mít k dispozici dva nebo lépe tři pracovní oděvy, aby se mohl rychle převléct v případě znečištění oděvu hydraulickou kapalinou [3].

Do bezprostředního kontaktu s hydraulickou kapalinou se dostanou ruce pracovníka. Nejlepší ochranou pro ruce jsou kvalitní ochranné rukavice. Rukavice pro práce s hydraulickými systémy by měli být gumové, latexové, neoprenové atd. [3].

8.1.2 Odebírání vzorku hydraulické kapaliny

Při zkoumání znečištění hydraulické kapaliny závisí přesnost na správné technice odebrání vzorku kapaliny. Odebraný vzorek musí reprezentovat skutečný stav hydraulické kapaliny v systému. Z toho vyplývá, že technika odebírání vzorku, nástroje na odebírání, ani nádoba na kapalinu nesmí vzorek žádným způsobem znečistit [12].

U vzorku kapaliny musí být uvedeno, ze které části hydraulického systému byl odebrán. Například vzorek odebraný ze strany výtlačku čerpadla bude jiný, než vzorek odebraný z odpadního vedení. Vzorek ze strany výtlačku čerpadla bude pravděpodobně obsahovat mikročástice vzniklé opotřebením čerpadla. Naopak vzorek z odpadního vedení bude čistší díky tomu, že kapalina před odebráním vzorku projde filtrem [12].

Nejméně vypovídající vzorky hydraulické kapaliny jsou vzorky odebrané v nádrži, protože nečistoty a voda obsažená v kapalině se často usadí na dně nádrže a nejsou pak obsažené ve vzorku. Doporučený postup je proto odebírat vzorek kapaliny **přímo z vedení** [12].

8.1.3 Analýza vzorku hydraulické kapaliny

Po odebrání vzorku kapaliny existuje několik možností, jak analyzovat znečištění vzorku. Nejčastější typy analýzy jsou [12]:

- **Rozdělení částic** – Určení počtu a velikosti částic pomocí speciálního přístroje.
- **Gravimetrická analýza** – Určuje hmotnost pevných částic (ne vody) na litr vzorku, nedokáže rozeznat mezi otěrovými částicemi a cizími nečistotami.
- **Ferografická analýza** – Určuje počet otěrových částic pomocí působení magnetického pole. Otěrové částice jsou většinou z oceli, tzn. jsou magnetické.
- **Rentgenová analýza** – Pomocí rentgenového záření dokáže určit počet i typ částic v hydraulické kapalině.
- **Určení obsahu vody** – Nežádoucí voda v hydraulické kapalině je složka, která může způsobit nejhorší poškození. Obsah vody v kapalině se určuje pomocí elektrické vodivosti kapaliny.

Každým z těchto testů jsou získány jiné informace, proto je dobré pro přesnější analýzu provést více než pouze jeden test [12].

8.1.4 Výměna hydraulické kapaliny

Při výměně hydraulické kapaliny je nutné dávat pozor, aby se do nádrže na kapalinu nebo do jakékoliv jiné části hydraulického systému nedostalo žádné znečištění. Proto při přepravě nové hydraulické kapaliny **nepřichází v úvahu použití znečištěných nádob** nebo kanystrů, ve kterých byl dříve např. benzín. Ani nová hydraulická kapalina většinou nespĺňuje přísné požadavky systému na čistotu. Proto by měla být nová hydraulická kapalina ještě před nalitím do systému přefiltrována. Pro tyto účely existují speciální mobilní filtrační jednotky (obr. 32), které se skládají z čerpadla a velmi jemných filtrů. Tyto jednotky vyčistí hydraulickou kapalinu na požadovanou úroveň [3] [13].



obr. 32 - Mobilní jednotka pro filtraci hydraulické kapaliny [13]

8.2 PRÁCE S FILTRY

Správná filtrace hydraulické kapaliny je klíčová pro dosažení maximální spolehlivosti a životnosti všech hydraulických prvků, a tím pádem i celého hydraulického systému.

Filtry se musejí pravidelně kontrolovat a měnit v intervalech udávaných výrobcem.

8.2.1 Výměna filtrů

První důležitou věcí při výměně filtrů je odstranění tlaku z hydraulického systému. To lze provést jednoduše vypnutím čerpadla a případně přestavením rozváděčů do všech poloh a zpět. Pod hydraulické zařízení by měla být umístěna nádoba, která zachytí případnou vytékající hydraulickou kapalinu a zabrání tak znečištění pracoviště. Dalším krokem je potom odmontování všech krytů nebo jiných překážek, které brání přístupu k filtru. Pokud má filtr indikaci zanesení, odpojíme kabel, který k filtru vede. Nakonec se filtr vyšroubuje buď obyčejným nástrčným klíčem, nebo pomocí speciálního klíče na olejové filtry (obr. 33) [14] [3].

Po sundání filtru musí být vyměněny všechny viditelné těsnící prvky, většinou O-kroužky. Ty by měly být před instalací potřeny čistým olejem [14].

Potom je nový filtr našroubován zpět a pomocí momentového klíče dotažen na výrobcem udávaný utahovací moment. Dále je připojen kabel indikace zanesení, a nakonec jsou namontovány zpět všechny kryty [14].

Ještě před opětovným spuštěním je nutné zkontrolovat hladinu hydraulické kapaliny v nádrži a případně doplnit novou kapalinu [14].

Při výměně filtru se do hydraulického systému nesmí dostat žádné nečistoty!



obr.33 - Speciální řetězový klíč na olejové filtry [24]

8.3 PRÁCE NA POTRUBÍCH A HADICÍCH

Spojovací prvky potrubí nebo hadic pod tlakem nesmí být povolovány!

8.3.1 Práce na potrubí

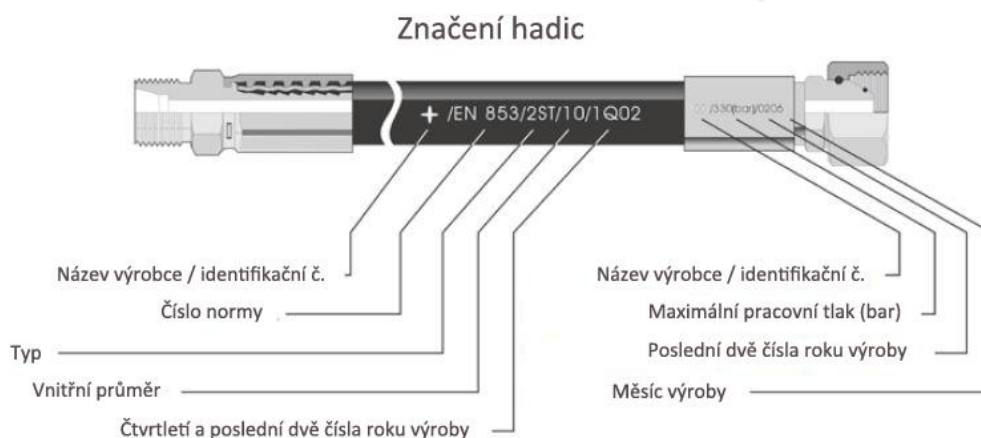
Pokud je nutné vyměnit trubky v hydraulickém potrubí, musí být vyměněny nejlépe za stejné trubky, případně za trubky schopné pracovat při stejných tlacích jako ty originální. Při výběru trubek je důležité mít na paměti, že dvě trubky o naprosto shodných rozměrech, mohou mít různé maximální pracovní tlaky. Proto je vždy nutné dobře prostudovat charakteristiky udávané jejich výrobcem. Je také důležité použít trubky se správným typem závitu (v hydraulických systémech se hojně vyskytují jak metrické, tak imperiální závity) [3].

Trubka (nebo hadice) musí být před instalací do hydraulického systému perfektně očištěna, aby nedošlo k znehodnocení hydraulické kapaliny. Při dotahování šroubení musí být dodržen výrobcem předepsaný utahovací moment, jinak může dojít k poškození závitu a ve vedení mohou vznikat nežádoucí síly a napětí. Musí tedy být použit momentový klíč [3].

8.3.2 Práce s hadicemi

Hadice se používají v hydraulických systémech, kde je potřeba spojit dva pohybující se prvky. Použití hadic také snižuje tlakové špičky a celkové vibrace v systému [3].

Při poškození hadice a její výměně, se musí podobně jako u trubek dbát na výběr správného typu hadice. Pro správný výběr jsou všechny hadice na boku označené. Značení by se na hadici mělo opakovat každých 500 mm a mělo by být odolné. Stejně jako samotné hadice, jsou označeny i šroubení na koncích hadic [3]. Značení hadic je popsáno na obrázku 34.



obr. 34 - Vysvětlení značení hadic [3]

Je zakázáno používat neoznačené hadice neznámého původu!

Stejně jako u trubek musí být hadice před namontováním do systému čistá a šroubení musí být dotaženo na správný moment. Při instalaci hadic je také důležité nepřekročit maximální výrobcem povolené ohnutí hadice [3].

8.4 MĚŘENÍ PRŮTOKU ČERPADLA

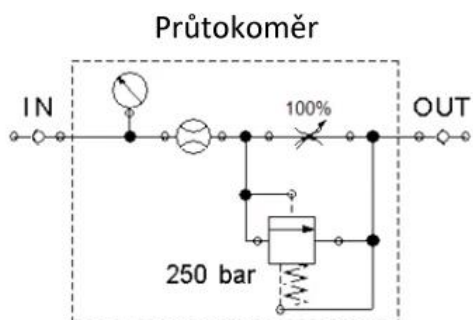
Čerpadlo je ve většině případů nejzatíženějším prvkem hydraulického systému. Postupem času se čerpadlo nevyhnutelně opotřebovává, zvětšují se vůle a vznikají vnitřní netěsnosti a lekáže. Z těchto důvodů se může na výstupu z čerpadla zmenšovat průtok. Když průtok klesne pod minimální hodnotu potřebnou pro správnou funkci hydraulického systému, musí být čerpadlo vyměněno. Průtok na výstupu je tak dobrým ukazatelem stavu čerpadla [15].

Průtok si je možné převést na tzv. objemovou účinnost. Např. čerpadlo s teoretickým průtokem 100 l/min a skutečným průtokem 94 l/min má objemovou účinnost 94% [15].

Při měření objemové účinnosti čerpadel s proměnným geometrickým objemem je důležité vyjadřovat **hodnotu vnitřních lekází jako konstantu!** To lze vysvětlit pomocí příkladu. Čerpadlo má při maximálních otáčkách maximální objemový průtok 1000 l/min. Změříme toto čerpadlo a zjistíme, že maximální skutečný průtok je 920 l/min. To znamená, že objemová účinnost je 92% (920/1000). Pokud ale nastavíme geometrický objem čerpadla tak, aby teoretický průtok při maximálních otáčkách byl 400 l/min, naměříme skutečný průtok 320 l/min, což by odpovídalo objemové účinnosti 80% (320/400). Všimněme si ale, že ztráty vnitřními lekážemi byly v obou případech 80 l/min. Proto se pro získání přesné hodnoty objemové účinnosti musí měřit průtok čerpadla při maximálních otáčkách a maximálním geometrickém objemu. Pokud to není možné (např. z omezené kapacity průtokoměru), je nutné při výpočtu objemové účinnosti udělat korekce [15].

8.4.1 Hydraulické průtokoměry

Hydraulické průtokoměry (obr. 35 a obr. 36) se většinou zapojují sériově do vedení hydraulické kapaliny hned za čerpadlo. Skládají se z tlakoměru, průtokoměru, regulačního škrtícího ventilu (pro zvýšení tlaku čerpadla – simulace zatížení) a pojistného tlakového ventilu (ochrana průtokoměru před přetížením). **Při zvyšování tlaku škrtícím ventilem nesmí být překročen maximální povolený provozní tlak čerpadla!**



obr. 35 - Schéma průtokoměru pro sériové zapojení [29]



obr. 36 - Průtokoměr pro sériové zapojení [15]

8.5 MĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO NAPĚTÍ A PROUDU

Dalším důležitým měřením je měření elektrického napětí a proudu. Změřením napětí a proudu na elektromotoru, který pohání čerpadlo, lze snadno zjistit jeho příkon, který je pak možné porovnat s výkonem čerpadla, a snadno tak určit účinnost celého systému. K měření je nejvhodnější použít klešťový multimetr, protože většina klasických multimetrů nedokáže měřit vysoký elektrický proud odebíraný elektromotorem.

Příkon „ P_{el} “ elektromotoru se vypočítá jako součin elektrického napětí „ U “ a elektrického proudu „ I “.

$$P_{el} = U * I \quad (11)$$

Výkon čerpadla „ $P_{\check{c}}$ “ se vypočítá, jak bylo již uvedeno v kapitole 2.2.3 jako součin naměřeného tlaku a průtoku.

Celkovou účinnost systému „ η “ potom dostaneme jako podíl P_{el} a $P_{\check{c}}$.

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{\check{c}}} \quad (12)$$

8.6 PRÁCE NA MOBILNÍCH HYDRAULICKÝCH STROJÍCH

Při práci na mobilních strojích platí stejná pravidla jako při práci na hydraulických prvcích zmíněných v předchozích kapitolách. U mobilních strojů jsou ale i další aspekty, na které je nutné brát ohled a kterým je nutné se přizpůsobit [3].

8.6.1 Zajištění stroje proti pohybu

Práce údržby na mobilních strojích často probíhají v terénu v outdoorových podmínkách. Proto je důležité stroje správně a bezpečně zajistit proti pohybu, ideálně pomocí klínů. Stroj by měl stát na

pevné a rovné zemi, aby se zabránilo jeho nenadálému pohybu z důvodu nekvalitního podloží nebo kvůli působení sil při údržbě. To platí především pro vozidla, která se mohou pomocí hydrauliky naklánět („kráčejíci bagr“). Všechny části vozidla, které lze zvedat (čelní nakladač) musejí být spuštěny na zem a tam, kde je to možné, musí být použity mechanické zámky hydraulických mechanismů (obr. 37) [3].



obr. 37 - Mechanický zámek hydraulického mechanismu kloubového nakladače [3]

8.6.2 Nádoby na zachycování hydraulické kapaliny

Před povolováním jakýchkoliv spojů na hydraulickém vedení nebo samotných hydraulických prvcích musí být pod daný spoj umístěna nádoba pro zachycení případné vytékající hydraulické kapaliny [3].

8.6.3 Demontáž těžkých prvků

Mnoho hydraulických i nehydraulických prvků na mobilních strojích má velkou hmotnost, proto je při jejich demontáži nutné dbát zvýšené opatrnosti a případně používat pomocná zařízení na podepření nebo zvednutí těchto prvků [3].

8.6.4 Nebezpečí požáru

Hydraulická kapalina se může zapálit o horký povrch např. výfukových svodů nebo turbodmychadla. Pro minimalizaci rizika požáru je nutné ihned odstranit ze stroje vyteklou hydraulickou kapalinou, vyměnit izolační materiály (protihluková izolace) nasáklé hydraulickou kapalinou, zamezit kontaktu s externími zdroji ohně (cigaretami), zakrýt horký povrch [3].

9 OPTIMALIZACE PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

Při optimalizaci preventivní údržby by se měly vyhledávat všechny problémy, které mohou postihnout hydraulický systém, a navrhovat řešení těchto problémů [17].

Při plánování preventivní údržby je nutno vzít v úvahu několik faktorů. A to cenu preventivní údržby, ztrátu, která by vznikla absencí preventivní údržby a následnou výměnou poškozeného dílu a ztrátu způsobenou přerušением provozu stroje z důvodu preventivní údržby [17].

Preventivní údržba by měla být provedena až tehdy, přesáhne-li cena výměny poškozeného dílu za nový díl cenu preventivní údržby včetně ztráty způsobené přerušением provozu. Správný interval pro preventivní údržbu se potom určí pomocí analýzy poruch [17].

Pokud je to cenově nejefektivnější, je přijatelné nechat některé prvky hydraulického systému pracovat bez údržby až do jejich poruchy, a potom je rychle vyměnit za nové. Vhodnější však bývá stanovit průměrnou životnost těchto prvků pomocí statistických metod, a ještě před překročením průměrné životnosti prvek v rámci preventivní údržby vyměnit [17].

Je-li údržba plánována tímto způsobem, spolehlivost systému se zvýší a množství neplánovaných odstavení systému z důvodu poruch klesne na minimum. Veškerá údržba prováděná na hydraulickém systému bude pouze preventivní, což umožní dobře naplánovat veškeré výrobní procesy a také přesný interval preventivní údržby. Při preventivní údržbě je také důležité si všimnout častých nebo opakovaných poruch hydraulického systému a přizpůsobit jim plán preventivní údržby. Při dodržení všech předchozích postupů, budou celkové náklady na údržbu neustále klesat [17].

9.1 MODIFIKACE HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU

Pro zvýšení efektivity a prodloužení intervalů preventivní údržby nebo pokud je při opakované preventivní údržbě stále zjišťována tatáž závada, které nelze nijak předcházet, může manažer údržby využít své znalosti k návrhu na modifikaci hydraulického systému.

Některé hydraulické systémy, i přes to, že jsou velmi kvalitní, nejsou navrhovány s ohledem na práce údržby. Většina úprav hydraulických systémů se týká navržení hydraulické nádrže [18].

Modifikace nádrže

Klíčová věc při modifikaci nádrže na hydraulickou kapalinu je návrh nádrže tak, aby se do kapaliny dostalo co nejméně nečistot z okolí. Nádrž je vhodné osadit rychlospojkami pro doplňování hydraulické kapaliny pomocí mobilní filtrační jednotky (kap. 8.4.1). Tím se zamezí znečištění hydraulické kapaliny při její výměně. Kapalina by mohla být znečištěna například při dolévání špinavým trychtýřem.

Rychlospojky mohou být umístěny i ke dnu nádrže tak, aby po připojení mobilní filtrační jednotky mohla být přefiltrována i stávající hydraulická kapalina. Další modifikací je nahrazení sítka na otvoru pro vstup/výstup vzduchu do nádrže za jemný vzduchový filtr. Na nádrž může být použito i oddělené čerpadlo s filtrem hydraulické kapaliny, tzv. filtrační čerpadlo [18].

Veškeré modifikace by měly být konzultovány s konstruktérem hydraulického systému nebo s výrobcem, aby nedošlo k chybě a k narušení funkce nebo k výraznému snížení spolehlivosti systému [18].

10 ZÁVĚR

V této práci je popsána problematika údržby a spolehlivosti hydraulických systémů. Z práce vyplývá, že základem správně naplánované a provedené údržby je pochopení funkce a konstrukce hydraulických systémů. U manažera údržby se předpokládá dokonalá znalost všech hydraulických mechanismů včetně potřebné teorie. Rozumět hydraulickým mechanismům by ale měli i ostatní pracovníci údržby a rovněž obsluha hydraulických zařízení. Pracovník obeznámený s funkcí hydraulického zařízení, bude pracovat při zacházení s ním šetrněji a všechny případné problémy intuitivně vyřeší.

Z hlediska spolehlivosti je nejdůležitějším kritériem kvalita a čistota hydraulické kapaliny. Hydraulické prvky, hlavně servoventily, jsou velice citlivé i na mikroskopické nečistoty obsažené v kapalině, proto je nutné při údržbě dávat pozor na znečištění kapaliny při jejím nalévání do nádrže nebo například při výměně hydraulických hadic.

Při plánování preventivní údržby je důležité nejen dodržet všechny požadavky udávané výrobcem hydraulických prvků, ale také údržbu naplánovat s rozvahou v optimálních časových intervalech tak, aby nebyla nedostatečná nebo naopak příliš častá, a tím pádem finančně nevýhodná. Pokud se při údržbě vyskytne opakující se závada, může manažer údržby na základě svých znalostí navrhnout modifikaci hydraulického systému.

11 SEZNAM ODBORNÉ LITERATURY

- [1] HYDROCOM, *Hydraulické systémy*.
- [2] PAVLOK, Bohuslav, Lumír HRUŽÍK a Miroslav BOVA. *Hydraulická zařízení strojů: Učební text*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita ostrava, 2007.
- [3] DEUTSCHE GESETZLICHE UNFALLVERSICHERUNG DGUV. *Safe maintenance of hydraulic systems*. Berlin: DGUV, 2015.
- [4] ULRYCH, Emil a Martin POLÁK. *Hydromechanika*, Vyd. 3., upr. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2009. ISBN 978-80-213-1925-7.
- [5] ROH, J. *Tekutínové mechanismy*. H&H, Praha, 1994.

12 SEZNAM ZDROJŮ

- [6] Viskozita [online]. VŠB Ostrava. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/voda/fyzikalni/viskozita.htm>
- [7] Hydraulické kapaliny [online]. SPŠ Příbram. Dostupné z: http://www.spspb.cz/wp-content/uploads/dumy/str/VY_32_INOVACE_BE_STR_02.pdf
- [8] CASEY, Brendan. Solving Hydraulic System Overheating Problems. In: Machinery lubrication [online]. 2004. Dostupné z: <http://www.machinerylubrication.com/Read/680/hydraulic-overheating>
- [9] Fundamentals of Hydraulic Reservoirs. *Hydraulics and pneumatics* [online]. 2012. Dostupné z: <http://hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/ReservoirsAcces/Article/False/6448/TechZone-ReservoirsAcces>
- [10] Maintenance of Hydraulic Systems. *Reliability web* [online]. Dostupné z: http://reliability-web.com/articles/entry/maintenance_of_hydraulic_systems/
- [11] Maintenance Parts List [online]. Dostupné z: <http://www.smcusa.com/top-navigation/products/maintenance-parts-list.aspx>
- [12] Hydraulic fluid contamination testing. *Hydraulics and pneumatics* [online]. 2012. Dostupné z: <http://hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/HydraulicFluids/Article/False/6436/TechZoneHydraulicFluids?page=1>













- [13] Filter Carts Clean Up Fluid. *Hydraulics and pneumatics* [online]. 2014. Dostupné z: <http://hydraulicspneumatics.com/other-technologies/filter-carts-clean-fluid>
- [14] SIGNAL, Michael. How to Change a Hydraulic Filter. In: *EHow* [online]. Dostupné z: http://www.ehow.com/how_7713569_change-hydraulic-filter.html
- [15] How To Determine Hydraulic Pump Condition Using Volumetric Efficiency. *Hydraulics and pneumatics*[online]. 2015. Dostupné z: <http://hydraulicspneumatics.com/blog/how-determine-hydraulic-pump-condition-using-volumetric-efficiency>
- [16] Piston pumps. *Hydro Tech* [online]. Dostupné z: <http://www.hydrotechbg.com/en.php?p=view&r%5Bpage%5D=12>
- [17] IDHAMMAR, Christer. Preventive Maintenance Optimization. In: *IDCON* [online]. Dostupné z: <http://www.idcon.com/resource-library/articles/preventive-maintenance/541-preventive-maintenance-optimization.html>
- [18] SMITH, Ricky. Modifying Hydraulic Systems for Maintainability. In: *Maintenance technology* [online]. 2001. Dostupné z: <http://www.maintenancetechnology.com/2001/10/modifying-hydraulic-systems-for-maintainability/>
- [19] Průmyslové hydraulické ventily a rozvaděče. *Parker* [online]. Dostupné z: <http://www.parker.cz-/produkty/hydraulika/hydraulicke-ventily-a-rozvadece/>
- [20] Přímocharý hydromotor PH-1-AMP. *AMP Hydraulicka* [online]. Dostupné z: <http://www.amp-hydraulika.cz/hvalec01.html>
- [21] *KPN* [online]. Dostupné z: <http://home.kpn.nl/>
- [22] Hydraulic motors HFM-02. *Linde* [online]. Dostupné z: <http://www.linde-hydraulics.com/en-gb/catalogue/detail.aspx?pid=56819&gid=43808&pg=SZxA2rtGcj9xHHJOeDHnCw%3D%3D>
- [23] *Webtec* [online]. Dostupné z: <http://www.webtec.com/images/tech/reports/visosity/viscos7.gif>
- [24] *The tool store* [online]. Dostupné z: <http://draper.thetoolstoredirect.co.uk/Draper-77584-233-100mm-Capacity-Chain-Oil-Filter-Wrench>
- [25] *Edwards engineering corporation* [online]. Dostupné z: <http://www.edwardsengineering.com/mill1.jpg>

















- [26] 3BP [online]. Dostupné z: <http://3.bp.blogspot.com/bORmFE1HmE/VJigOBFISCI/AAAAAAt0/Tzbdnpgq3Co/s1600/HydraulicReservoir.png>
- [27] IFH Group [online]. Dostupné z: <http://www.ifhgroup.com/wp-content/uploads/2014/03/tanks-SOA.jpg>
- [28] LINDA, Miroslav, Michal RŮŽIČKA a Vladislav BEZOUŠKA. *Roboty a manipulátory: Pohony RaM I*. Katedra elektrotechniky a automatizace, Technická fakulta, ČZU v Praze.
- [29] CASEY, Brendan. How to Use a Flowmeter When Hydraulic Troubleshooting. In: *Youtube* [online]. 2012. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=5POaSPGI2yY>
- [30] [online]. Dostupné z: <http://g03.a.licdn.com/kf/HTB163zxGXXXXataXXXq6xXFX-XM/200401017/HTB163zx%20GXXXXataXXXq6xXFXXM.jpg>
- [31] Hydraulic pump. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_pump
- [32] Pístová čerpadla pro vinařství. *IS Mendelu* [online]. Mendelova univerzita v Brně. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=58511

13 PŘÍLOHY

13.1 PŘÍLOHA 1 – SEZNAM HYDRAULICKÝCH ZNAČEK

Schematické značky hydraulických obvodů dle normy ČSN 013722

| | |
|--|---|
| jednosměrné neregulační čerpadlo |  |
| jednosměrné regulační čerpadlo |  |
| rotační jednosměrný neregulační hydromotor |  |
| rotační jednosměrný regulační hydromotor |  |
| jednočinný přímočarý hydromotor |  |
| dvojčinný přímočarý hydromotor s jednostranou pístnicí |  |
| dvoucestný dvupolohový rozvaděč |  |
| třicestý dvupolohový rozvaděč |  |
| čtyřcestný dvupolohový rozvaděč |  |
| pěticestý dvupolohový rozvaděč |  |
| třicestý třipolohový rozvaděč |  |
| čtyřcestný třipolohový rozvaděč |  |

| | |
|--------------------------------------|---|
| jednosměrný ventil |  |
| pojistný ventil |  |
| uzavírací ventil |  |
| škrtící ventil s konstantním odporem |  |
| škrtící ventil s proměnným odporem |  |
| nádrž |  |
| hydraulický akumulátor |  |
| tlakové vedení |  |
| nespojené vedení |  |
| spojené vedení |  |
| čistič |  |
| elektromotor |  |
| manometr |  |
| průtokoměr |  |
| teploměr |  |
| otáčkoměr |  |