

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Bakalářská práce

Návrh zkušebny pro rozvaděče a tlakové ventily

Adam Kratochvíl

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Kratochvíl

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Návrh zkušebny pro rozvaděče a tlakové ventily

Název anglicky

Design of a test stand for directional valves and pressure valves

Cíle práce

Cílem práce je navrhnout zkušebnu pro testování rozvaděčů a tlakových ventilů. Na zkušebně se bude sledovat charakteristika prvků, vliv netěsností, překrytí šoupátek aj. v závislosti na různém průtoku a tlaku.

Metodika

Student bude postupovat podle následující osnovy:

- 1) Úvod
- 2) Současný stav a možnosti testování hydraulických prvků
- 3) Charakteristiky rozvaděčů a tlakových ventilů
- 4) Návrh zkušebny
- 5) Diskuse
- 6) Závěr

Doporučený rozsah práce

30 stran textu, včetně tabulek a obrázků

Klíčová slova

rozvaděč, tlakový ventil, průtok, tlak

Doporučené zdroje informací

AKERS, A. – SMITH, R J. – GASSMAN, M. *Hydraulic power system analysis*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2006. ISBN 0824799569.

BANSKÝ, M. – TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE. DREVÁRSKA FAKULTA. *Tekutínové mechanizmy : návody na cvičenia Milan Banský*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1996. ISBN 80-228-0561-0.

KOPÁČEK, J. – PAVLOK, B. *Tekutínové mechanizmy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1994. ISBN 80-7078-238-2.

NOACK, S. *Hydraulics in mobile equipment*. Warrendale, PA: SAE Society of Automotive Engineers, 2001. ISBN 0768008867.

ROH, J. – VYSOKÁ ŠKOLA ZEMĚDĚLSKÁ V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Tekutínové mechanizmy*. V Praze: Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80-213-0172-4.

ZHANG, Q. *Basics of hydraulic systems*. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009. ISBN 978-1-4200-7098-9.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA, – STRÁŽOVEC, I. – KRIŠŠÁK, P. – KUČÍK, P. *Hydraulický prenos energie : mobilné pracovné stroje*. V Žiline: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-725-0.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Heřmánek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2018

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Návrh zkušebny pro rozvaděče a tlakové ventily " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27.3.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Heřmánkovi, Ph.D. za jeho pomoc při vypracování této bakalářské práce.

Návrh zkušebny pro rozvaděče a tlakové ventily

Abstrakt:

Tato práce se zabývá představením základních hydraulických prvků v oblasti řízení tlaku a průtoku a vytvoření návrhu zkušebny pro jejich testování. V první části práce jsou popsány současné možnosti zkoušení rozvaděčů a tlakových ventilů. Druhá část se zaměřujeme na základní seznámení s hydraulickými prvky, které ovlivňují řízení tlaku hrazení průtoku. Poslední část práce je věnována návržení hydraulické zkušebny a popsání zvolených prvků. Sestavení schématu hydraulického obvodu se specifikací prvků, tak aby návrh byl vhodný do provozu firmy Glentor s.r.o.

Klíčová slova:

hydraulika, hydraulický systém, návrh zkušebny, rozvaděče, ventily

Design of a test stand for directional valves and pressure valves

Abstract

This aim deals with the introduction of basic hydraulic elements in the field of pressure and flow control and the creation of a test stand design for their testing. The first part of the work describes the current possibilities of testing directional valves and pressure valves. In the second part, we focus on a basic introduction to hydraulic elements that affect pressure control and flow compensation. The last part of the work is devoted to the design of a hydraulic test stand and a description of selected elements. Furthermore, the design of the hydraulic circuit diagram with the specification of elements, so that the design is suitable for the operation of Glentor s.r.o.

Keywords: hydraulics, hydraulic system, test stand design, directional control valves, valves

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce a metodika	10
3 Současný stav a možnosti testování hydraulických prvků	11
3.1 Zkoušení přímo-řízených a nepřímo-řízených rozváděčů	12
3.2 Zkoušení tlakových ventilů	13
3.3 Zkoušení vysokotlakých ventilů	14
3.4 Možnosti testování v Glentoru	14
4 Hydraulické rozváděče a ventily	15
4.1 Ventily pro řízení velikosti tlaku	15
4.1.1 Tlakové (pojistné a přepouštěcí) ventily	15
4.1.2 Redukční ventily	19
4.1.3 Odpojovací a připojovací ventily	23
4.2 Rozváděče.....	27
4.2.1 Rozváděče šoupátkové	28
4.2.2 Rozváděče sedlové	30
4.2.3 Rozváděče pro průmyslové aplikace.....	33
4.2.4 Rozváděče pro mobilní stroje.....	36
5 Návrh zkušebny	37
5.1 Centrální zdroj tlakové kapaliny.....	38
5.1.1 Pohonné jednotky	38
5.1.2 Parametry elektromotoru	41
5.1.3 Filtr	46
5.1.4 Chlazení.....	48
5.1.5 Nádrž s víkem.....	49
5.1.6 Příslušenství:	49
5.1.7 Tlaková větev hlavního čerpadla.....	50
5.1.8 Tlaková větev vysokotlakého čerpadla	51
5.2 Návrh hydrauliky pro zkušební standu	51
5.3 Specifikace prvků	52
5.3.1 Specifikace prvků centrálního zdroje kapaliny	53
5.3.2 Specifikace prvků zkušebního stolu	54
5.4 Blokové a funkční schéma hydraulického obvodu.....	54
6 Finanční zhodnocení a závěr	58

Seznam použitých zdrojů.....	59
Seznam obrázků	60
Seznam použitých zkratk a symbolů	62

1 Úvod

Hydraulická zkušebna patří mezi základní vybavení pro vývoj, výrobu a servis hydraulických systémů. Jsou to například hydraulické rozvaděče, ventily, hydromotory, hydraulické válce, bloky osazené hydraulickými prvky atd. Při výrobě, servisu a opravě je vždy důležité prvky otestovat na zkušebních zařízeních. Pouze tímto způsobem dokážeme zjistit jaké vady, jak výrobní či servisované vznikly a pak je následovně eliminovat v případě nesprávného nastavení základních parametrů. Důležitost zkoušení prvků je velice vysoká, jelikož výrobním a servisním firmám ušetří mnoho času, a tedy i peněz.

Záměr vybudovat důstojnou zkušebnu vyplývá z dosavadních zkušeností, které firma Glentor s.r.o. získala za 25 let svého fungování. Firma má mnoho klientů, kteří žádají posouzení stavu starších hydraulických dílů. Dosud jsme posouzení prováděli na jednorázově budovaných přípravcích, které neumožnily ověřit celou škálu parametrů zkoušeného dílu, většinou byl zkoušen pouze parametr, který dle sdělení klienta působil problémy. Při těchto činnostech scházela jednoznačná metodika, která by potvrzovala shodu zkoušeného dílu s katalogem výrobce. Zkoušení se omezovalo pouze na vyvrácení domněnky, že se konkrétní parametr liší od katalogu.

Nová zkušebna umožní uživatelsky jednoduché a přehledné testování s jednoznačně prokazatelnými a opakovatelnými výsledky. Bude natolik jednoduchá, že většinu zkušebních úloh zvládne proškolený montér i bez účasti technika.

Výsledkem nové zkušebny bude, že se na naši firmu budou s daleko větší důvěrou a respektem obracet noví i stávající zákazníci, ale i mnohé menší konkurenční firmy, které zkušebnu nemají.

2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je navrhnout zkušebnu pro testování rozvaděčů a tlakových ventilů. Na zkušebně se bude sledovat charakteristika prvků, vliv netěsností, překrytí šoupátek aj. v závislosti na různém průtoku a tlaku.

V první části této práce jsou popsány aktuální možnosti testování rozvaděčů a ventilů. Dále hovoříme o základních typech ventilů a rozvaděčů a jejich rozdělení dle několika hledisek. Pro lepší přehled v této oblasti jsou zde tyto prvky popsány. V praktické části provedu popsání zvolených prvků pro návrh zkušebny a dále sestavení schématu a specifikaci prvků.

3 Současný stav a možnosti testování hydraulických prvků

V současné době roste počet firem, které se zabývají sériovou nebo zakázkovou výrobou testovacích zkušeben. Vzhledem k zvěšujícím se požadavkům na modernizaci s využitím elektrického řízení stavu, elektronického záznamu dat, a i zkrácení doby měření, se firmy snaží svá pracoviště zmodernizovat, aby byli konkurence schopný. Mezi výrobce moderních zkušeben patří např. italská firma PARMAFLUID S.R.L. [14], dále Chant Engineering Co. Inc. [15] nebo Hydratron Ltd [16]. Z hlediska měření rozváděčů nabízí měřicí zkušebna od firmy PARMAFLUID s hlavním okruhem maximální tlak až 37 MPa a průtok $107 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Vysokotlaký obvod s maximálním tlakem až 52 MPa a průtok $10,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Zkušebna rozváděčů firmy Parmafluid je na obr. 1:



Obr. 1 Zkušebna firmy Parmafluid [14]

Většina velkých firem, jako Bosch-Rexroth, Parker Hannifin nebo Eaton, si své vývojové a testovací centra vyrábí sama. Zakázková výroba od těchto firem je finančně velice drahá, a proto dostávají prostor menší firmy, který se zaměřují na výrobu testovacích zkušeben.

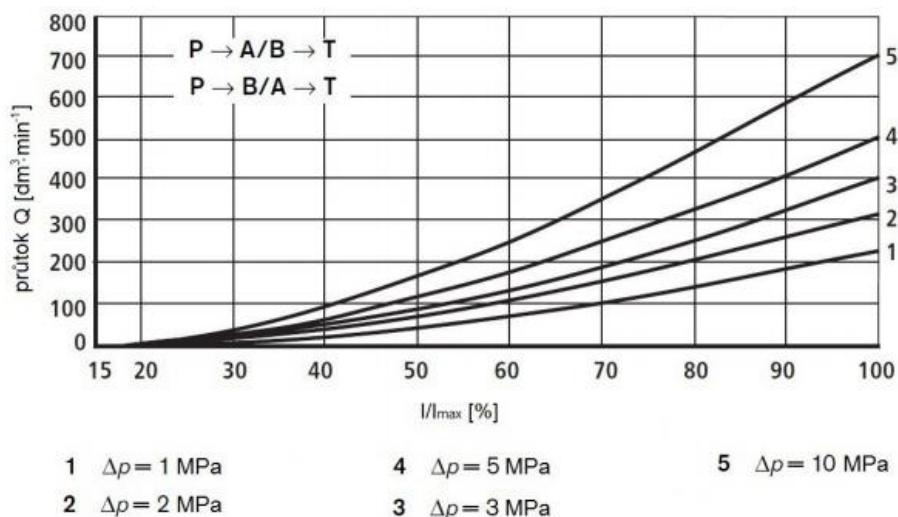
Zkušebna bývá řešena jako celek, který se skládá z následujících základních částí:

1. Nosný stůl – ten slouží k upevnění prvků (rozdávěčů, rozváděcích bloků a blok ventilů), Součástí jsou drážky nebo otvory pro odtok oleje, který uniká během zkoušení. Dále u stolu můžeme mít vlastní hydraulický agregát, olejovou nádrž, skříň s nářadím a hadicemi, přímočaré hydromotory pro simulaci polohování se zátěží. V případě, že zkušebna nemá vlastní agregát, je většinou připojena k centrální hydraulické stanici, viz bod 2.

2. vlastní hydraulický rozvod kapaliny, umístěn např. na zadní straně stěny s prvky zabudovanými ve stole.
3. stěna s přípojovacím šroubením (vstup, výstup kapaliny, řízení), ovládacími ventily, manometry a s odměrným válcem pro měření průtokových ztrát. Dále mohou být umístěné hydraulické akumulátory, filtry a další prvky.
4. vyhodnocovací panel – pomocí výpočetní techniky slouží k ovládání a vyhodnocení měření.
5. bezpečnostní kryt – při testování kryje a chrání obsluhu před olejem, z bezpečnostních důvodů se používají průhledná dvířka nebo stěna.

3.1 Zkoušení přímo-řízených a nepřímo-řízených rozváděčů

- Statická zkouška rozváděče – měření průsaků šoupátka – rozdávěč bez připojení k napájení, šoupátko ve středové poloze, kulový ventil na odpadu bude uzavřen. Kulový ventil ve vedení k odměrnému válci otevřen. Měří se objem prosáklého oleje za čas. Výsledek je možné porovnat s údaji v katalogovém listu daného ventilu a tím se vyhodnocuje stav jeho opotřebení.
- Statická zkouška rozváděče – měření průsaků šoupátka – rozdávěč připojený k napájení, šoupátko nastavené v krajní poloze, připojený přímočarý hydromotor se nachází na mechanickém dorazu. Poté se uzavře kulový ventil na odpadu a kulový ventil ve vedení k odměrnému válci se otevře. Zároveň se měří tlaky na tlakovém přívodu a v tlakových výstupech na pojistném bloku.
- Zkouška ventilu za pohybu – zkouška funkčnosti ventilu – přestavování šoupátka. Otevře se kulový ventil na odpadu a uzavře se ventil k odměrnému válci. Zkoušený rozváděč na desce se připojí k přímočarému nebo k rotačnímu hydromotoru a přestaví do jedné krajní polohy, přičemž se pomocí lineárního snímače polohy měří okamžitá poloha přímočarého hydromotoru nebo prostřednictvím snímače otáček se snímají otáčky rotačního hydromotoru. Současně s tím se měří tlaky v obou výstupech z rozváděče a tlak na přívodním tlakovém vedení. Připojením tlakových snímačů k příslušným měřicím přípojkám je možné realizovat grafické záznamy průběhů tlaků v reálném čase.
- Porovnáním tlaků na tlakovém přívodu a ve výstupech z rozváděče A a B při pohybu – vysouvání/zasouvání pístnice, resp. při otáčkách hydromotoru při daném průtoku nastaveném na regulačním čerpadle se získá tlaková diference Δp jako funkce průtoku Q – Statická charakteristika rozváděče obr. 2, která se může porovnat s průběhem uvedeným v katalogu daného prvku.



Obr. 2 Statická – Q charakteristika rozváděče, jmenovitý průtok $220 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ [17]

3.2 Zkoušení tlakových ventilů

- Nepřímo-řízené tlakové ventily se připojí na rozvodnou desku odpovídající světlosti a typu ventilu. Na tlakový výstup z jednoho čerpadla se připojí snímač tlaku.
- Čerpadlo se elektrohydraulicky přestaví na určitý průtok, který proudí přes zkoušený tlakový ventil do odpadu s tlakem nastaveným na tomto ventilu.
- Tato činnost se opakuje pro různé nastavení průtoku a tlaku za účelem získání statické charakteristiky zkoušeného prvku – $p = f(Q)$. Grafický výstup z měření je pak možno porovnat s údaji v katalogovém listu. Podmínkou je, aby pojistný ventil na čerpadle byl nastaven na vyšší tlak, než jsou tlaky na zkoušeném ventilu.
- Zkouška těsnosti uzavřeného ventilu se provede při určitém tlaku, který je vyšší než tlak na pojistném ventilu čerpadla. Odpadní vedení – Rychlospojka se napojí na odměrný válec a měří se případné úniky kapaliny v čase.

3.3 Zkoušení vysokotlakých ventilů

Zkušební deska je přívodem napojena na vysokotlaký čerpadlo

- Jedná se o zkoušení funkčnosti a těsnosti vysokotlakých sedlových rozváděčů s jmenovitou světlostí Dn6, Dn10 až do tlaku 63 MPa. Možné průsaky z ventilu se měří napojením odpadu, popřípadě průsakového vedení na odměrný válec.
- Funkčnost ventilu se zkouší přestavováním šoupátka při jeho elektrickém ovládní.

3.4 Možnosti testování v Glentoru

Dosud využíváme starou zkušebnu (obr. 3), která neumožňuje ověřit celou škálu parametrů zkoušeného dílu, většinou je zkoušen pouze parametr, který dle sdělení klienta působí problémy. Při těchto činnostech schází jednoznačná metodika, která by potvrzovala shodu zkoušeného dílu s katalogem výrobce. Zkoušení se omezilo pouze na vyvrácení domněnky, že se konkrétní parametr se liší od katalogu či dochází k netěsnostem.

Z výše popsaných možností testování rozvaděčů a ventilů bez použití výpočetní techniky, používáme:

- Statická zkouška rozvaděče – měření průsaků šoupátka – rozvaděč bez připojení k napájení
- Statická zkouška rozvaděče – měření průsaků šoupátka – rozvaděč připojený k napájení
- Zkoušení tlakových ventilů za pomoci čerpadla
- Zkoušení vysokotlakých ventilů za pomoci vysokotlakého hydraulického agregátu



Obr. 3 Zkušebna pro rozvaděče a ventily ve firmě Glentor

4 Hydraulické rozvaděče a ventily

4.1 Ventily pro řízení velikosti tlaku

- Tlakové (pojistné a přepouštěcí) ventily
- Redukční ventily
- Odpojovací a připojovací ventily

4.1.1 Tlakové (pojistné a přepouštěcí) ventily

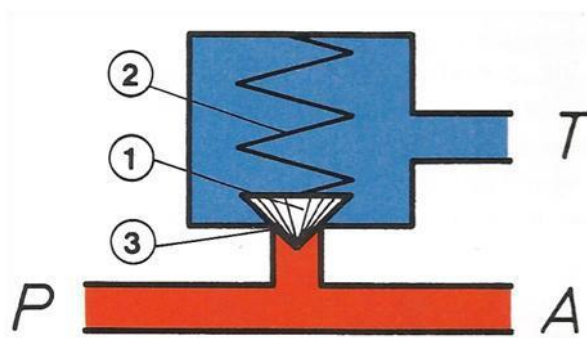
Tlakové ventily rozdělujeme z hlediska funkce:

- k jištění tlaku v hydraulických obvodech (pojistné ventily)
- k řízení tlaku na konstantní hodnotu (přepouštěcí ventily)

Základní princip funkce tlakového ventilu je vždy stejný.

Princip funkce: (obr. 4)

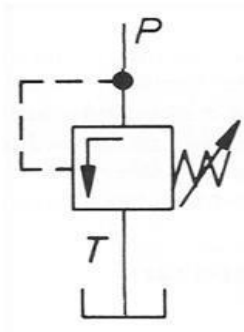
Tlak pružiny (2) působí přímo na kuželku (1), která je tlačena do sedla (3). Místo kuželky může být případně kulička nebo šoupátko. Proti pružině působí síla odpovídající součinu tlaku a plochy. Zvýšením tlaku se zvětšuje síla. Jakmile síla od tlaku překročí nastavenou sílu pružiny, ventil se otevře a kapalina proudí do výstupu ventilu. Ventil zůstává otevřen, dokud nevznikne rovnovážný stav mezi silami.



Obr. 4 Přímě řízený ventil pro omezení tlaku,

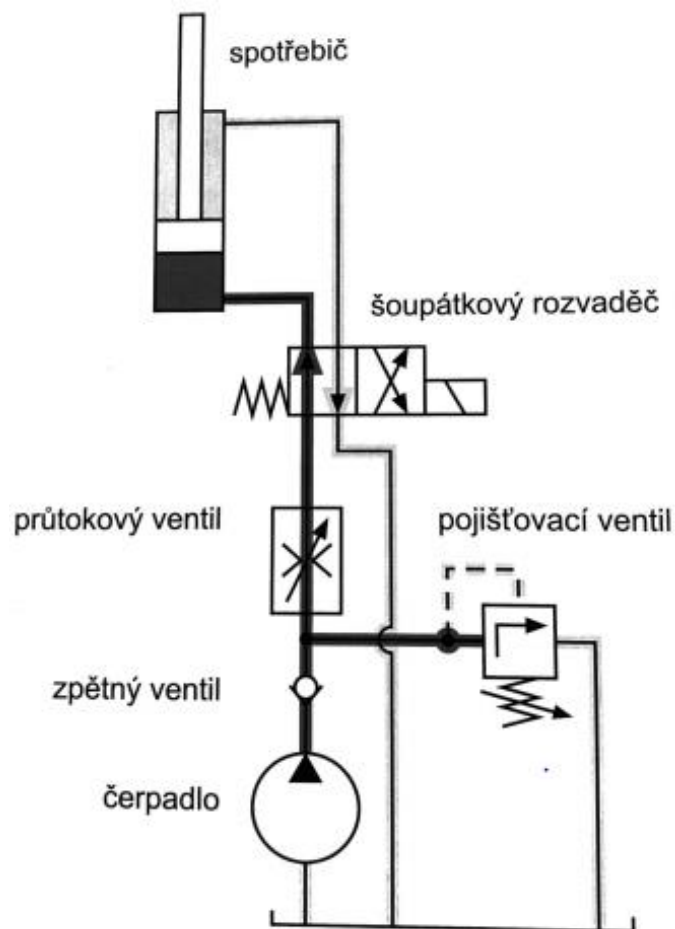
1 – Kuželka, 2 – Pružinka, 3 – Sedlo [2]

Schématická značka tlakového ventilu obr. 5



Obr. 5 Schématická značka jednostupňového ventilu
– přímo řízený [1]

Pojistné ventily slouží v hydraulických obvodech k omezení tlaku na určitou hodnotu, kterou si zvolíme. Při dosažení zvolené hodnoty tlaku ventil zareaguje a dojde k odpuštění přebytečné kapaliny. Jedná se o rozdíl kapaliny dodané čerpadlem a spotřebované kapaliny. Tato přebytečná kapalina odchází zpět do nádrže. Na obr. 6 je jednoduché schéma hydraulického obvodu s pojistným ventilem.



Obr. 6 Zapojení pojistného ventilu [1]

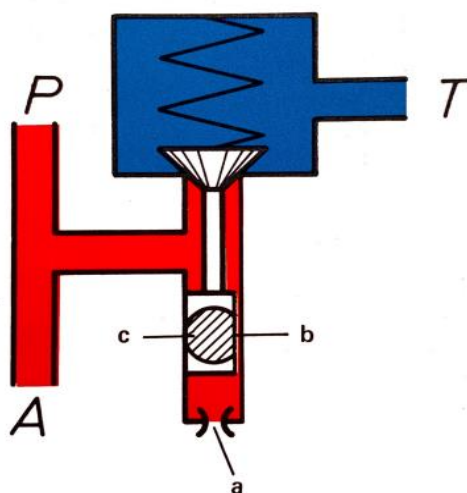
Přepouštěcí ventily udržují tlak v obvodu na konstantní hodnotě a jsou neustále v činnosti v důsledku průtoku kapaliny přes řídicí prvek. V dnešní době se pojistné a přepouštěcí ventily konstrukčně téměř neliší, proto je nadále nemusíme rozlišovat. Označujeme je jako ventily tlakové, přičemž je můžeme používat jako pojistné i přepouštěcí.

Tlakové ventily dále rozlišují na:

- a) Přímo řízené (jednostupňové)
- b) Nepřímo řízené (dvojstupňové)

a) Přímo řízené (jednostupňové)

Na obr. 4 byl znázorněn tlakový ventil, u kterého jsme sledovali jeho chování v závislosti na jeho statickém zatěžování. Z dynamického hlediska jde o kmitající soustavu. Kmitání negativně působí na povahu tlaku, a proto je nutné jeho odstranění. Odstranění kmitání se děje pomocí trysky (a), ploškou na obvodu (b) a tlumícího pístu (c) obr. 7. Píst je trvale spojen s uzavírací kuželkou. Při zdvihu pístu kapalina protéká přes trysku, nebo spáru. Tím vznikne tlumící síla proti směru pohybu, která tlumí vzniklé kmitání.



Obr. 7 Způsob tlumení u jednostupňového ventilu,

a – tryska, b – ploška na obvodu, c – tlumící píst [2]

Jednostupňové ventily se kvůli malým rozměrům používají pro menší průtoky. Využívají se pro jistě proti přetížení

Základní parametry:

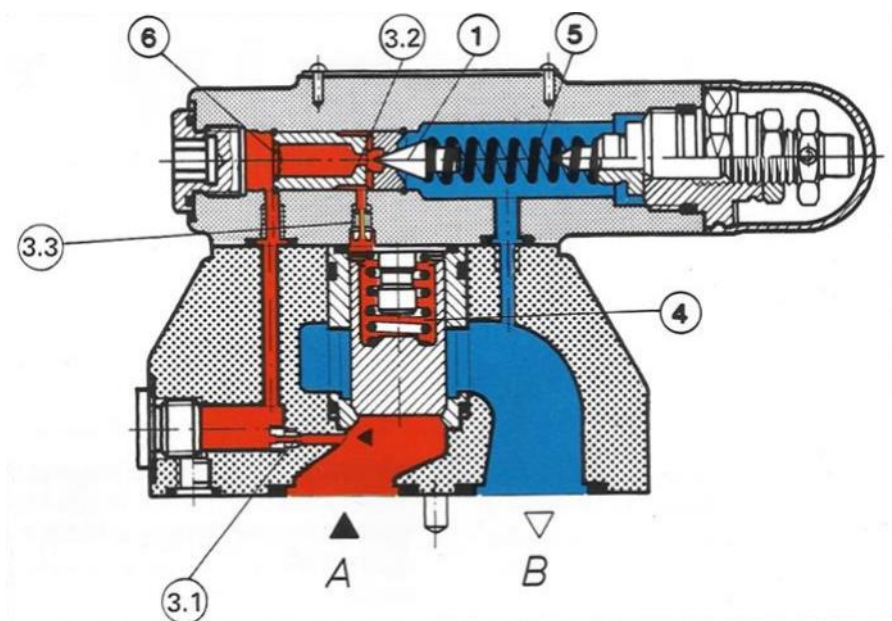
- Jmenovitá světlost 6 až 30 mm
- Průtok do 330 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak do 63 MPa

b) Nepřímo řízené (dvoustupňové)

Nepřímo řízené pojistné ventily se používají tam, kde jednostupňové již nestačí pro svůj malý průtok. S narůstající hodnotou průtoku kapaliny rostou i nároky na větší prostor pro instalaci regulační pružiny. Větší průtok kapaliny vyžaduje také větší sedlo ventilu a průměru kuželky. Velikost plochy sedla a tím také hodnota síly pružiny se jmenovitým průměrem se rapidně zvětšuje. Reálným řešením pro větší průtoky je tedy použití dvojestupňového ventilu.

Popis funkce: (obr. 8)

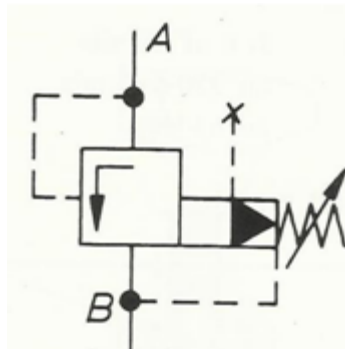
Vstupní tlak působí přes kombinaci trysek (3.1 a 3.2) na kuželku ovládacího ventilu (1). Dále pak prochází tryskou (3.3) a působí na kuželku hlavního ventilu přitlačovanou společně s pružinou 4. Pružina drží kuželku hlavního ventilu ve znázorněné výchozí poloze. Vstup P a výstup T jsou vzájemně odděleny. Požadovaný provozní tlak je dán nastavením ovládacího přímo řízeného ventilu (předpětí pružiny 5). Pokud by tlak překročil hodnotu nastavenou ovládacím přímo řízeným ventilem, nadzvedne se jeho kuželka a kapalina odtéká z tlakové části ventilu (červená) do výstupu (modrá). Tlaková ztráta vzniklá průtokem kapaliny tryskou poruší rovnováhu síly na šoupátku. Pokud bude síla vzniklá tlakem na plochu šoupátka větší než síla pružiny, přesune se šoupátko doleva a přebytek kapaliny odteče do nádrže. Nárůst síly při zdvihu kuželky je nepodstatný, jelikož pružinka má malou tuhost. Kapalina odtékající z řídicího ventilu může být odvedena interně do výstupu B, nebo externě přímo z řídicího ventilu. Propojení výstupu z tohoto ventilu do výstupu hlavního ventilu zaslepen.



Obr. 8 Dvojestupňový – nepřímo řízený pojistovací ventil

1 – kuželka, 3.1, 3.2 a 3.3 – trysky, 4,5 – pružina, 6 – síťový filtr [2]

Schématická značka dvoustupňového tlakového ventilu obr. 9:



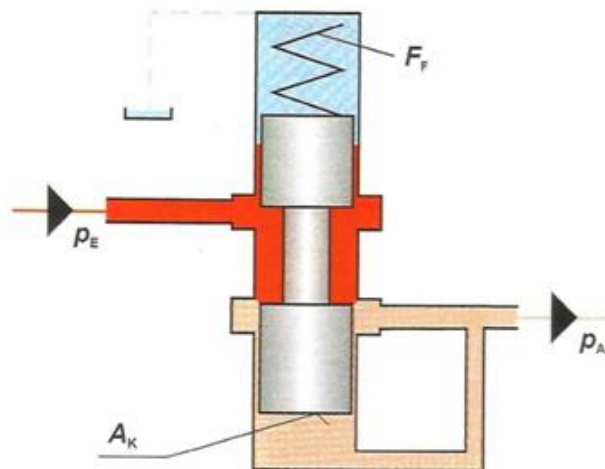
Obr. 9 Schématická značka nepřímě řízeného pojišťovacího ventilu [2]

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 6 až 82 mm
- Průtok do 3500 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak do 35 MPa

4.1.2 Redukční ventily

Redukční ventily slouží k řízení výstupního tlaku tak, aby byl tlak redukován na konstantní hodnotu, aniž by byl závislý na vstupním tlaku. Nastavení otvřicího tlaku se provádí šroubem s vnitřním 6HR, otočnou rukojetí nebo za pomoci elektromagnetu. Do hydraulických obvodů se zapojuje do série, společně s ostatními prvky. Na obr. 10 je znázorněno, že při působení tlaku p_A na čelní plochu A_K vzniká síla, která působí proti síle pružiny F_F , pokud síla od tlaku p_A bude větší než zmiňovaná síla pružiny, dojde k uzavření z přívodní větve do výstupní.



Obr. 10 Funkce redukčního ventilu

A_K – čelní plocha, F_F – síla pružiny, p_A – výstupní tlak, p_E – vstupní tlak [1]

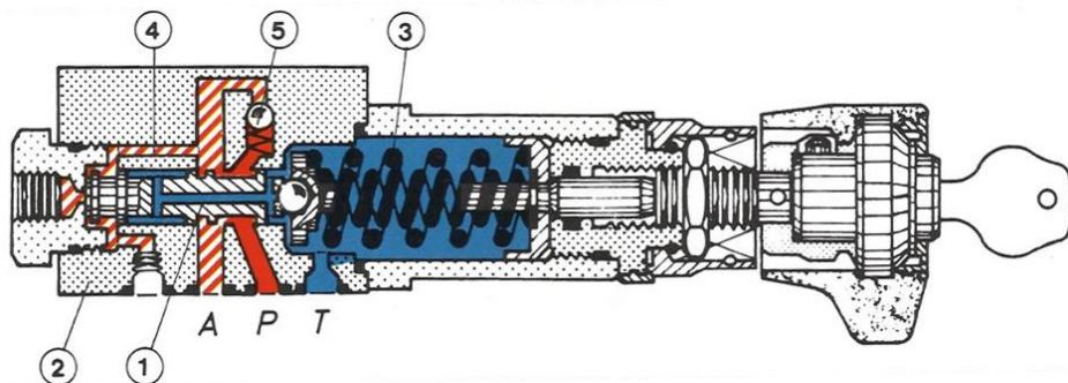
Při poklesu tlaku p_A naopak dojde k otevření průtoku, z místa působení vyššího vstupního tlaku p_E . Tlak p_E nemusí být konstantní, ale musí být vždy větší než výstupní tlak p_A

Redukční ventily podobně jako pojistné ventily se vyrábějí v provedení jako:

- a) Přímě řízené (jednostupňové)
- b) Nepřímě řízené (dvojstupňové)

a) Jednostupňové (přímě řízené)

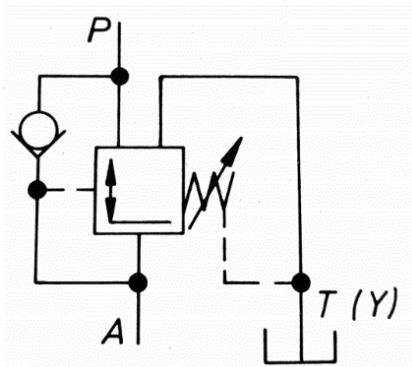
Jednostupňový (přímě řízený) redukční ventil je na obr. 11. Řídícím prvkem je šoupátko (1) v tělese (2) držené pružinou (3) v základní poloze. Oproti ventilům pro řízení tlaku, je redukční ventil v základní poloze otevřen. Průtok prochází z P do A. Sekundární tlak (výstup A) působí kanálkem (4) na levou plochu šoupátka. Pokud síla na šoupátku od primárního tlaku přemůže sílu pružiny (3), píst se posune a uzavře průtok. Ventil propustí jen tolik kapaliny, co je odebíráno spotřebičem z výstupu A. Pokud tedy spotřebič neodebírá žádnou kapalinu, redukční ventil se uzavře.



Obr. 11 Tlakový redukční ventil, jednostupňový

1 – šoupátko, 2 – tělo, 3 – pružina, 4 – kanálek, 5 – kulička [2]

Redukční ventil na obr. 11 plní současně při překročení tlaku za ventilem též funkci pojistného ventilu. Při stoupaní tlaku za ventilem jedna řídicí hrana uzavře spojení mezi vstupem tlaku a výstupem a současně druhá řídicí hrana otevře spojení výstupu ventilu s nádrží. K nezávislému průtoku ze spotřebiče se paralelně zařazuje jednosměrný ventil, viz schématická značka na obr. 12:



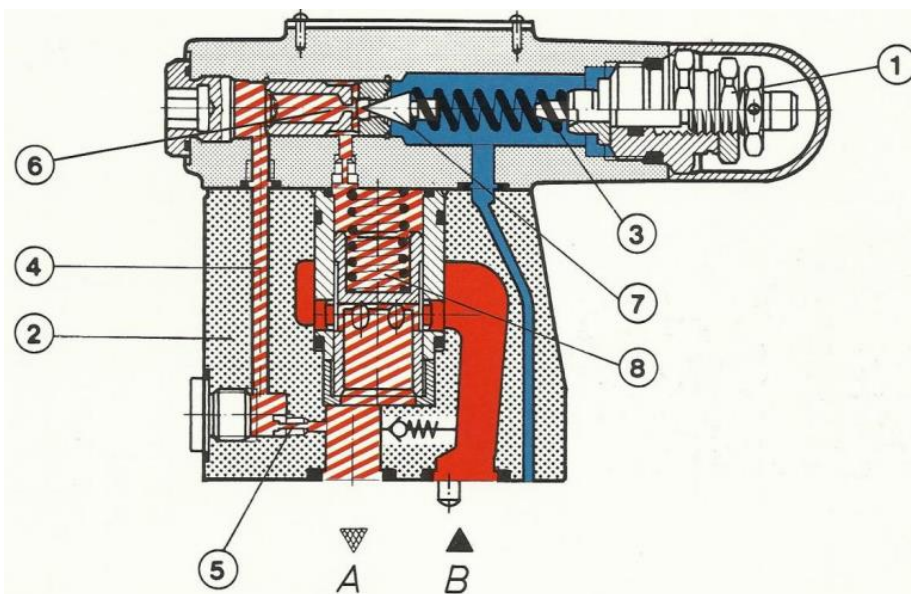
Obr. 12 Schématická značka tlakového redukčního ventilu, jednostupňový [1]

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 6 až 10 mm
- Průtok do $80 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
- Vstupní tlak 31,5 MPa
- Výstupní tlak do 21 (31,5) MPa

b) Dvojestupňové (nepřímo řízené)

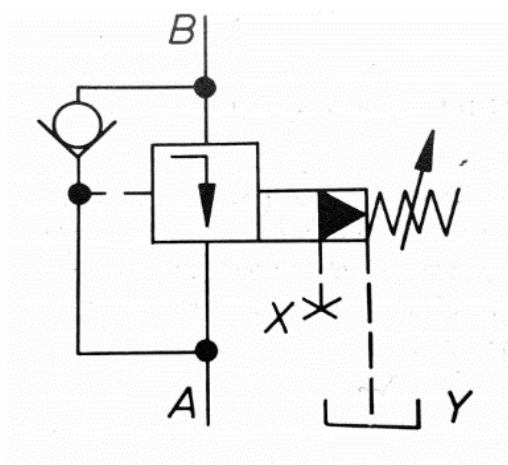
Dvojestupňový (nepřímo řízený) obr. 13 ventil se používá pro redukci tlaků větších průtoků. Funkce je podobná jako u přímo řízeného ventilu. Opět je zde použit přímo řízený ventil (1) na regulaci primárního tlaku ve výstupní větvi. V základní poloze je ventil otevřen, to znamená, že kapalina může volně protékat z B do A pomocí otvorů v pouzdře. Požadovaný výstupní tlak se nastaví pomocí pružiny (3). Tlak výstupu A působí na plochu dolního a horního šoupátka hlavního ventilu tryskou (5), kanálkem (4) a přes trysku (6) na kuželku (7). Pokud je vstupní tlak B nižší než požadovaný výstupní tlak A, šoupátko zůstává zatížené pouze pružinou a je tedy v základní poloze. To, znamená, že je ventil otevřen z B do A. Dosáhne-li tlak na výstupu A požadovaného tlaku, kuželka (7) se nadzvedne a umožní únik kapaliny. Tím nám vznikne tlaková diference a šoupátko zareaguje tím, že se nadzdvihne a tím se sníží průtok z B do A. Do kanálu A proudí jen tolik kapaliny, kolik spotřebič dokáže odebrat, zbytek kapaliny odtéká do nádrže. Pokud spotřebič neodebírá žádnou pracovní kapalinu, šoupátko je uzavřené. Při funkci ventilu trvale odtéká část kapaliny přes řídicí ventil do nádrže.



Obr. 13 Tlakový redukční ventil, dvojestupňový

1 – přímo řízený ventil, 2 – tělo, 3 – pružina, 4 – kanálek, 5 – dolní tryska, 6 – horní tryska, 7 – kuželka, 8 – pružina [2]

Schématická značka dvoustupňového tlakového redukčního ventilu obr. 14



Obr. 14 Schématická značka tlakového redukčního ventilu, dvoustupňový [1]

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 10 až 32 mm
- Průtok do 400 dm³.min⁻¹
- Vstupní tlak 31,5 MPa

Pro redukční ventily platí, až na malé odchylky obdobné technické parametry, jako pro pojistné ventily. To znamená, že zároveň plní funkci pojistných ventilů. Regulační odchylka je větší u jednostupňových ventilů, důvod je stejný, jako u pojistných ventilů jednostupňových.

Tlaková ztráta na pružině, se zvětšuje s narůstajícím zdvihem šoupátka. Dvojstupňové ventily tlakové ztráty způsobené pružinou nemají tak značné, proto se u nich hodnoty zanedbávají. Od redukčních ventilů jsou očekávány dobré dynamické vlastnosti, hodnoty tlakových špiček by měly být co možná nejmenší. Při zmenšení průtoku kapaliny na spotřebiči, je nutná okamžitá reakce v podobě uzavření pracovních kanálů proti působení síly od pružiny. Při těchto tlakových změnách vznikají pulzace v obvodu, které jsou značně způsobeny dynamickými silami a třením. V případě, kdy se naopak vyžaduje okamžitý průtok, musí šoupátko rychle změnit polohu a otevřít průtok. V takovém případě vznikají kmity. Tyto kmity mají velice nepříznivý vliv v tekutinovém obvodu. Pokud v delším časovém intervalu hydromotor nepotřebuje žádný průtok, nastává kritický problém. Čistota kapaliny musí být na prvním místě, jelikož řídicí šoupátko může být zablokováno nečistotami, které uváznou v mezeře uložení šoupátka.

4.1.3 Odpojovací a připojovací ventily

Ventily pro připojení a odpojení tlaku se konstrukčně velmi podobají ventilům pro omezení tlaku. Rozdíl najdeme pouze v tom, že jsou vkládány do hlavní větve. V závislosti na ventilu se při dosažení nastaveného tlaku obvod buď připojí nebo odpojí.

Připojovací ventily můžeme dělit na:

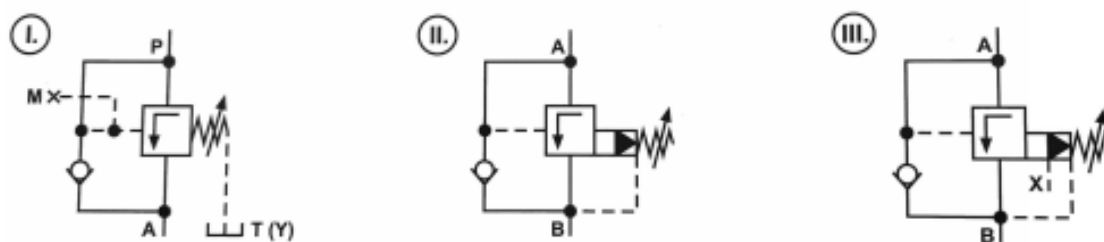
- a) Přímě řízené (jednostupňové)
- b) Nepřímě řízené (dvojstupňové)

Schématické značky pro připojovací ventily: (obr. 15)

Připojovací ventil jednostupňový; X je interní, Y je externí (označení I.)

Připojovací ventil dvojstupňový; X, Y jsou interní (označení II.)

Připojovací ventil dvojstupňový; X je externí, Y interní (označení III.)

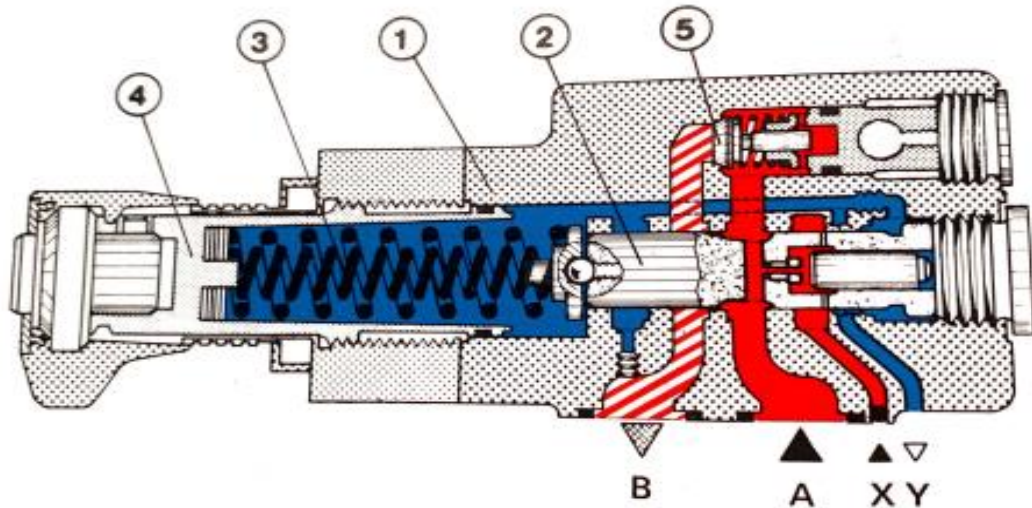


Obr. 15 Schématické značky připojovacích ventilů [1]

- a) Přímě řízený (jednostupňový)

Přímě řízený ventil pro připojení tlaku je na obr. 16. Ventil sestává z tělesa (1), řídicího šoupátka (2), pružiny (3) s nastavovacím zařízením (4) a jednosměrného ventilu (5). Oproti ventilu pro omezení tlaku je k řízení využita hrana šoupátka, která má lepší regulační vlastnosti. Pružina drží šoupátko v základní poloze, ventil je tedy uzavřen. Tlak obvodu je přiváděn ze vstupu A tryskou do šoupátka. Zde působí na čelo reakčního

pístu, které se opírá o zátku. Dostoupí-li tlak na vstupu A nastavenou hodnotu, pohybuje se šoupátko směrem proti síle pružiny a umožní spojení A-B. Tím se připojí dříve uzavřená část obvodu bez poklesu tlaku na straně A. Použití malého reakčního pístu v řídicím šoupátku (malá měrná plocha) je nutná s ohledem na požadované rozsahy tlaku. U nejnižšího tlakového rozsahu (max. nastavitelný tlak 2,5 MPa) malý píst odpadá a tlak působí přímo na plnou plochu řídicího šoupátka. U vyšších tlakových rozsahů je nutný malý reakční píst dle obr. 4.16.



Obr. 16 Přímé řízení ventil pro připojení tlaku

1 – těleso, 2 – řídicí šoupátko, 3 – pružina, 4 – nastavovací zařízení, 5 – jednosměrný ventil [2]

Pro rozsah do 21 MPa musí být ventil vybaven dvěma pružinami. Řízení ventilu můžeme provádět samostatným externím vstupem X. Tryska v šoupátku je pak nahrazena závitovou zátkou. Potom pracuje ventil v závislosti na řídicím tlaku, nezávisle na tlaku větve A. Podle použití ventilu např. jako postupového nebo odpojovacího je odvod řídicí kapaliny provedený externím výstupem Y nebo přímo do kanálu B. Jednosměrným ventilem (5) může kapalina volně protékat z B do A.

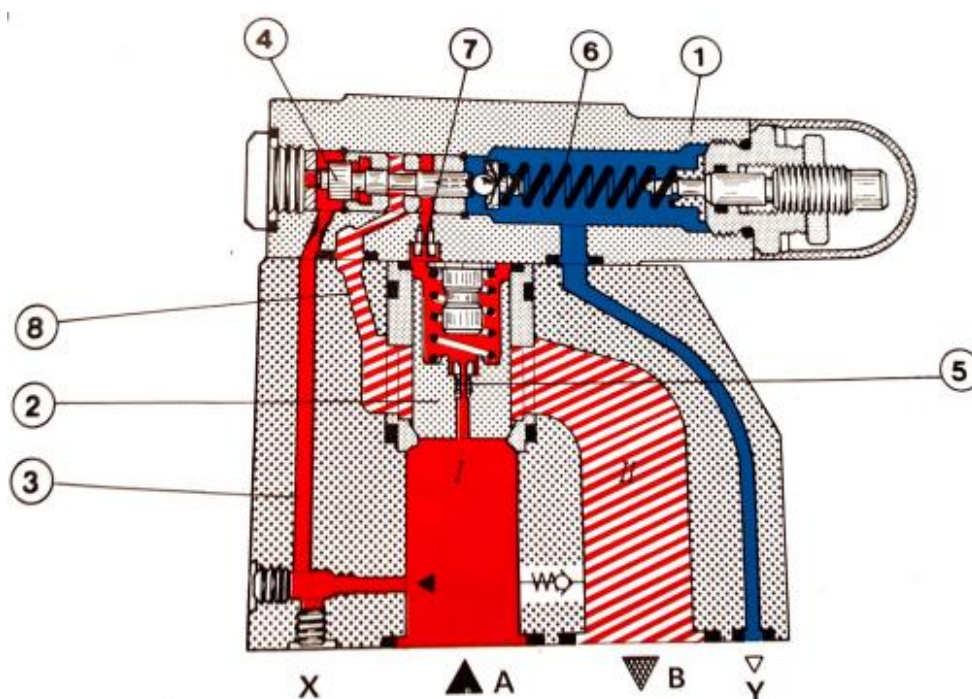
Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 6 a 10 mm
- Průtok do 80 dm³.min⁻¹
- Maximální provozní tlak do 31,5 MPa
- Max. nastavitelný příp. tlak do 21 MPa

b) Nepřímé řízení (dvojstupňové)

Nepřímé řízení ventilu obr. 17, se používá pro větší průtočná množství. Tlak na vstupu A působí přímo na hlavní šoupátko (2). Současně řídicím kanálkem (3) působí i na plochu řídicího šoupátka (4) a tryskou (5) je propojen do prostoru pružiny v hlavním

šoupátku. Předpětí pružiny (6) odpovídá požadovanému ovládacímu tlaku a udržuje šoupátko (4) v základní poloze. Přestoupí-li tlak na vstupu na nastavenou hodnotu, posune se šoupátko (4) proti síle pružiny (6). Při použití ve funkci přepínacího nebo postupového ventilu protéká kapalina tryskou (7) a kanálkem (8) do druhé větve obvodu "II" (kanál B). Kombinací trysek vznikne tlakový rozdíl v prostorách nad a pod šoupátkem (2). Šoupátko se zvedne a otevře spojení A-B. Přitom se tlak na vstupu A nemění. Řídící kapalina se přivádí i odvádí interně. Při použití ve funkci přepínacího ventilu je řídicí průtok sveden do kanálu B. Při funkci postupového ventilu musí být odveden samostatně kanálem Y.



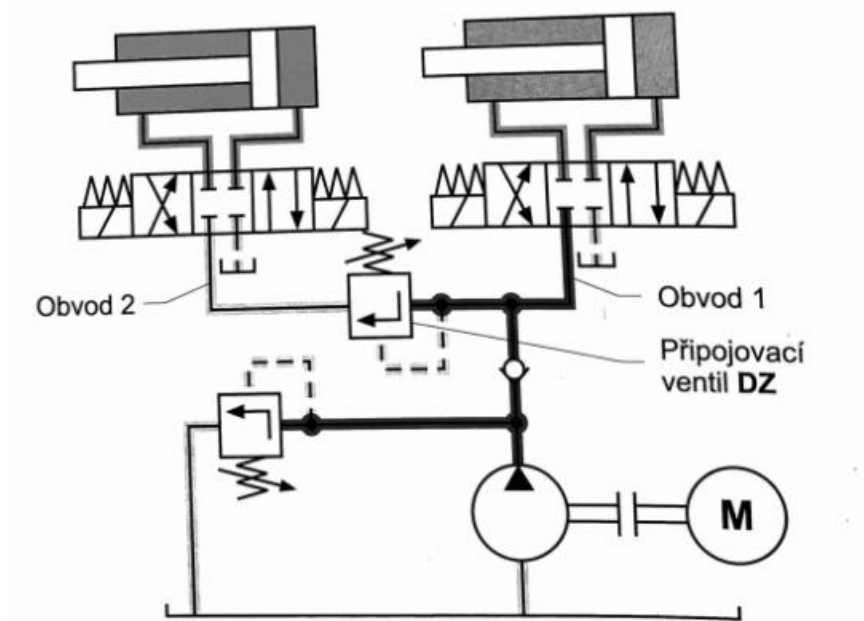
Obr. 17 Ventil pro připojení tlaku s použitím jako postupový

1 – těleso, hlavní šoupátko, 3 – řídicí kanálek, 4 – řídicí šoupátko, 5 – tryska, 6 – pružina, 7 – tryska, 8 - kanálek [2]

Základní parametry:

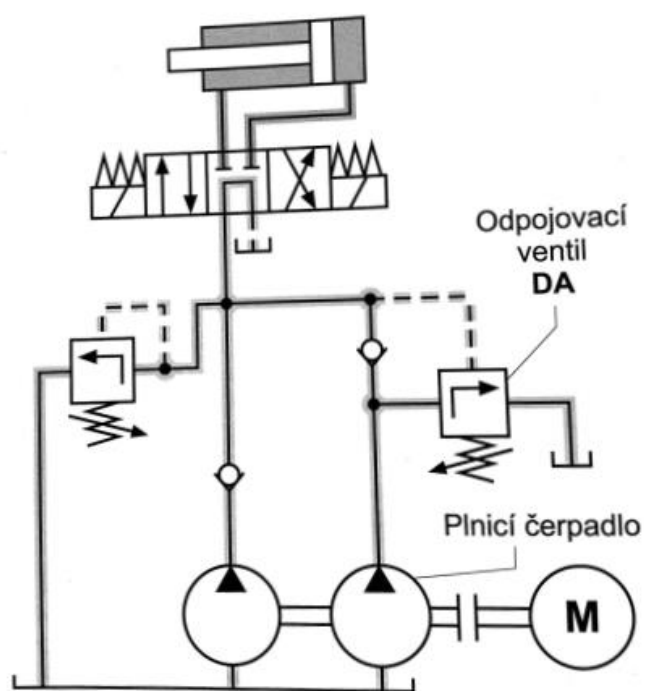
- Jmenovitá světlost 10 až 32 mm
- Průtok do 450 dm³.min⁻¹
- Maximální provozní tlak do 31,5 MPa
- Max. nastavitelný příp. tlak do 31,5 MPa

Příklad použití připojovacího ventilu obr. 18.



Obr. 18 Hydraulický obvod se zařazeným tlakovým připojovacím ventilem [1]

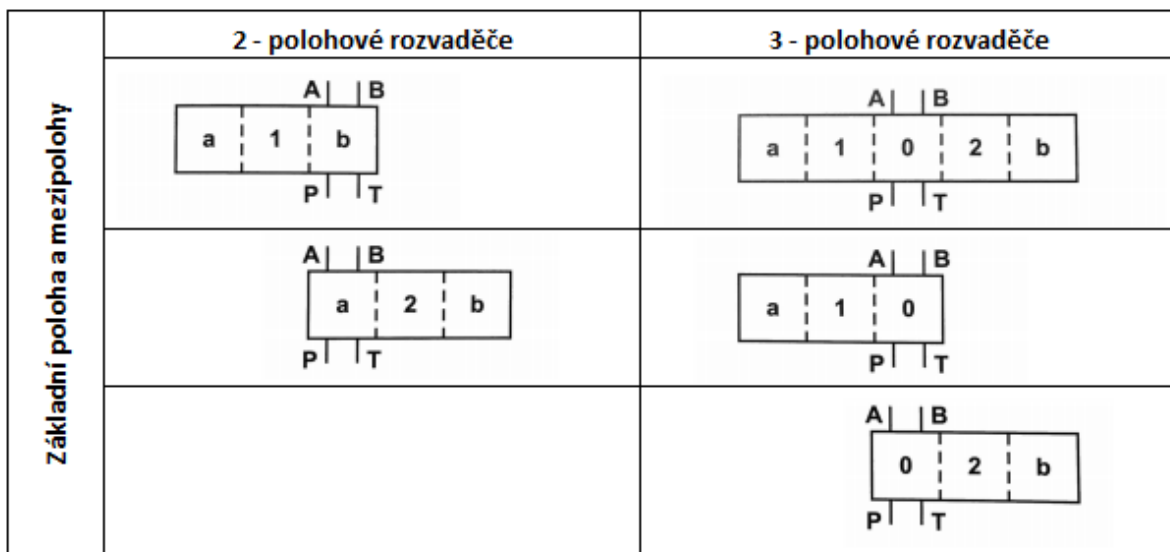
Příklad použití odpojovacího ventilu obr. 19.



Obr. 19 Hydraulický obvod se zařazeným tlakovým odpojovacím ventilem [1]

4.2 Rozváděče

Hydraulické rozváděče slouží pouze k řízení směru průtoku a jeho hrazení. Pomocí rozváděče ovládáme pohyb rotačního nebo přímočarého hydromotoru. Rozváděče značíme podle počtu cest/poloh. Číselné označení rozváděčů vyplývá z počtu přípojí (řídící přípojení se nepočítají) a počtu poloh (2/2; 3/2; 4/2; 4/3) obr. 20:



Obr. 20 Základní poloha a mezipolohy rozváděči [1]

Rozváděče můžeme rozdělovat podle konstrukčního řešení a podle použití:

- počet cest a poloh: 2, 3, 4 a 2, 3
- ovládání: ruční, elektromagnetické, hydraulické, pneumatické
- zajištění poloh: s aretací, bez aretace
- přímo řízené (jednostupňové) a nepřímo řízené (dvojstupňové)
- konstrukce:
 - šoupátkové
 - sedlové
 - vestavné
- použití:
 - pro průmyslové aplikace (montáž na desku)
 - pro mobilní stroje (skupinové, monoblokové)

4.2.1 Rozvaděče šoupátkové

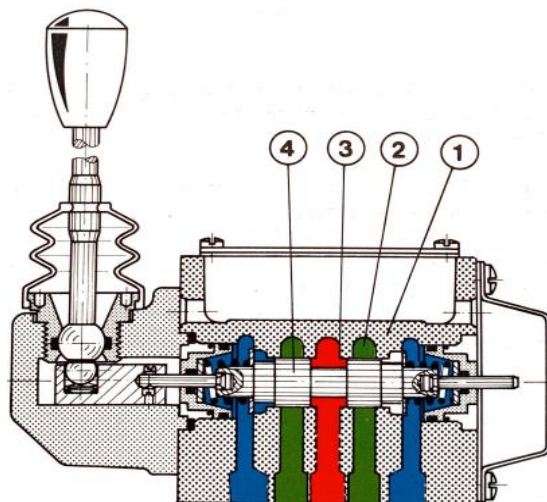
Šoupátkové rozvaděče rozdělujeme podle pohybu šoupátka na přímočaré, rotační nebo kombinované. S ohledem na četné výhody se nejčastěji používají přímočaré šoupátkové rozvaděče.

Popis funkce:

V litinovém tělese (1) jsou vytvořeny zápichy (2). Podélný otvor v tělese (1) je těmito zápichy na několika místech přerušen. Zápichy jsou spojeny s přívodními kanály. Tím se vytvoří řídicí hrany (3). V podélném vrtání se pohybuje šoupátko (4). Pokud se šoupátko začne posouvat, otevře se, nebo uzavře spojení mezi jednotlivými kanály. Připojovací závity v tělese jsou propojené s jednotlivými kanály. Přerušení nebo otevření mezi kanály probíhá souběžně v závislosti na pohybu šoupátka. Různé kombinace propojení v klidové poloze se obvykle vytvářejí pouze změnou tvaru šoupátka. Tvar zápichů v tělese rozvaděče se nemění.

V příkladu (obr. 21) jsou v klidové poloze (bez ovládní pákou) všechny přípoje P, T, A a B uzavřené. Jestliže změním polohu šoupátka např. vpravo, propojí se P do B a A do T. Oddělení (těsnost) kanálů mezi sebou a vůči odpadu T je dána vůlí mezi šoupátkem a tělesem. Na rozdíl od sedlových rozvaděčů nemůže být uzavření kanálů nikdy tak dokonalé. Hermetičnost závisí na uvedené vůli a viskozitě pracovní kapaliny. Z tohoto důvodu se nehodí šoupátkové rozvaděče např. pro vodu a při použití olejů vykazují vyhovující těsnost.

Těsnost je realizovaná malou vůlí. Těsnění závisí na přesném vyrobení, tlaku a viskozitě media. Při požadavku na lepší těsnost se zvětší přesah hran. Hodnota průsaku u šoupátkových rozvaděčů ovlivňuje objemovou účinnost. Při použití šoupátkových rozvaděčů hrozí nebezpečí z důvodu zaseknutí, vlivem nárůstu tlaku, jelikož šoupátko je namáhané na ohyb.

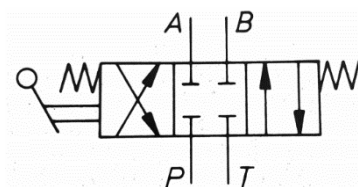


Obr. 21 Šoupátkový rozvaděč,

1 – těleso, 2 – zápichy, 3 – řídicí hrany, 4 - šoupátko [2]

Při použití šoupátkových rozvaděčů hrozí nebezpečí z důvodu zaseknutí, vlivem nárůstu tlaku, jelikož šoupátko je namáhané na ohyb.

Schématická značka:



Obr. 22 Schématická značka šoupátkového rozvaděče [2]

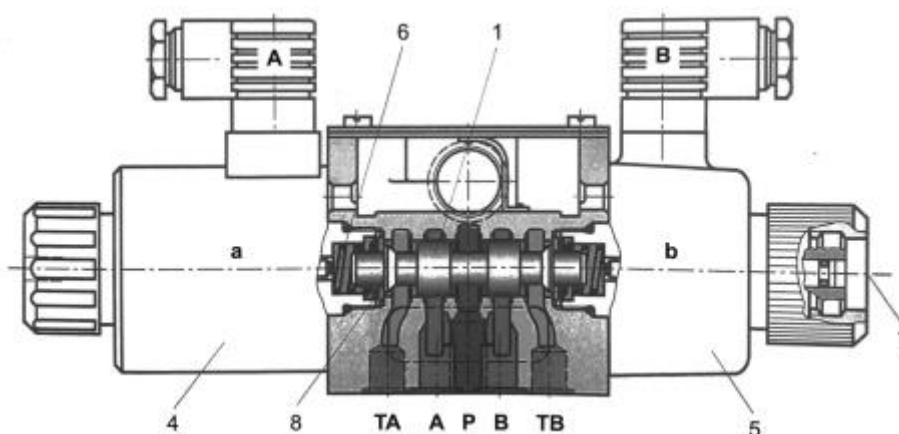
Jednostupňové šoupátkové rozvaděče

Jednostupňový (přímo řízený) rozvaděč je na obr. 23. Řízení jednostupňových šoupátkových rozvaděčů je nejčastěji realizováno pomocí elektromagnetu. Jsou vyráběny sériově a mají příznivé vlastnosti, a tím jsou vhodné pro většinu aplikací.

Mezi další možnosti řízení patří: hydraulika, pneumatika, mechanika a ruční ovládaní.

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 6 až 102 mm
- Průtok do 1100 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak do 63 MPa



Obr. 23 Jednostupňový šoupátkový rozvaděč

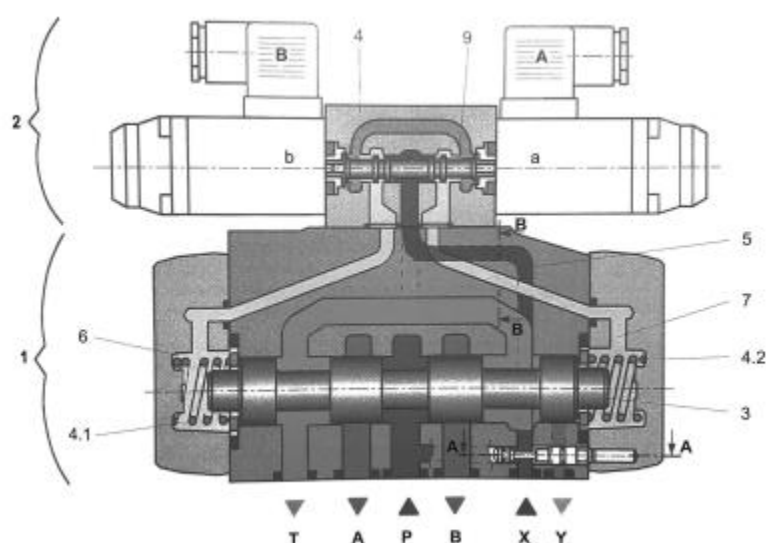
1 – šoupátko, 4 – stejnosměrný elektromagnet, 5 – střídavý elektromagnet, 6 – vratná pružina, 7 – nouzové ovládaní, 8 – kuželka [1]

Dvoustupňové šoupátkové rozvaděče

Dvoustupňové (nepřímo řízené) rozvaděče obr. 24, jsou užívány v případě požadavku na větší průtoky. Důvod použití je jednoduchý – odlehčení ovládacích sil. Toho lze dosáhnout středěním šoupátka pružinami nebo hydraulickým středěním. Na obr. 24 je vidět propojení obou stupňů: 1. stupeň (1) a 2. stupeň (2)

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 10 až 102 mm
- Průtok do 7000 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak do 35 MPa

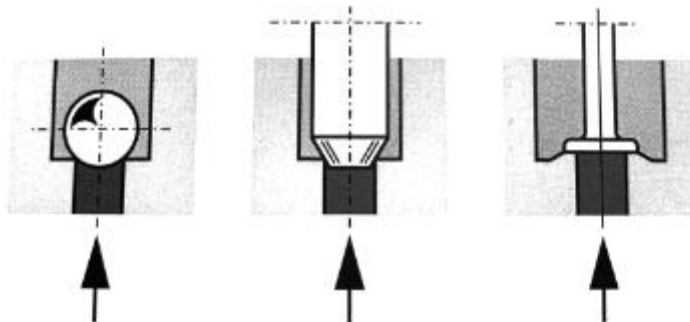


Obr. 24 Dvoustupňový šoupátkový rozvaděč

1 – první stupeň, 2 – druhý stupeň, 3 – šoupátko, 4.1 a 4.2 – pružina, 5 – kanálek, 6 – pružina, 7 – prostory pružiny, 9 – propojení kanálků [1]

4.2.2 Rozvaděče sedlové

Sedlový rozvaděč na rozdíl od šoupátkového nepropouští mezi kanály ani do odpadu. Vůle mezi tělesem a šoupátkem vytváří velmi dobře těsnění. Proto se využívají pro vysoké tlaky a velké průtoky. Vysoká efektivnost má za následek, že jsou konstrukčně složitější než šoupátkové rozvaděče. Pomocí těchto ventilů je možné zavírat nebo otevírat nejvýše tři cesty (připojovací kanály). Ventil, který má více než tři cesty, musí být sestaven z více konstrukčních elementů. Uzavíracím prvkem je kuželky, kulička nebo talíř obr. 25:



Obr. 25 Uzavírací prvky sedlových ventilů

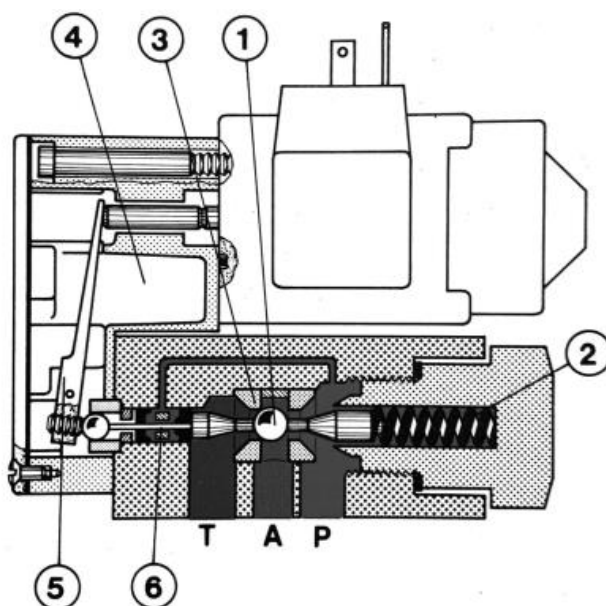
Zleva: kulička, kuželka, talíř [1]

Popis funkce:

Uzavírací prvek sedlového rozváděče podle obr. 26 je kulička (1), která je v klidové poloze dotlačována pružinou (2) vlevo do sedla (3).

V klidové poloze je otevřené propojení mezi P a A, přípoj T je uzavřený. Ovládání rozváděče se provádí elektromagnetem nebo ručně. Páka (5) se šroubem umístěná v nástavci (4) převádí sílu elektromagnetu přes kuličku a tyčku (6) na kuličkový ventil. Ventil se přesune proti pružině (2) vpravo do sedla. Přípoj P je uzavřený a přípoj A je propojený do odpadu T.

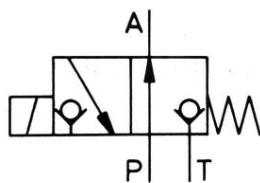
Tyčka (6) je na obou koncích utěsněná U-manžetou. Prostor mezi manžetami je z důvodu tlakové vyváženosti propojený na přípoj P. Při přestavování ventilu nepůsobí proti ovládací síle síla úměrná tlaku v P kanálu.



Obr. 26 Sedlový rozvaděč

1 – kulička, 2 – pružina, 3 – sedlo, 4 – nástavec, 5 – páka se šroubem, 6 tyčka [1]

Schématická značka



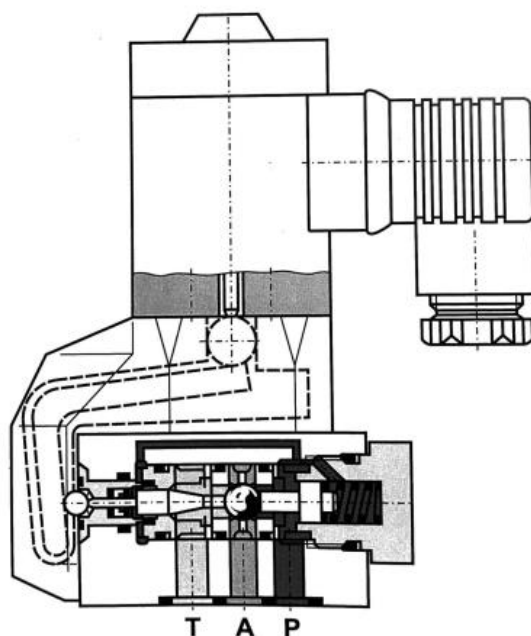
Obr. 27 Schématická značka sedlového rozvaděče [1]

Sedlové rozvaděče rozlišujeme na jednostupňové a dvoustupňové, které jsou častější.

Jednostupňový sedlový rozvaděč (obr. 28)

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 4 až 10 mm
- Průtok do 36 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak do 63 MPa

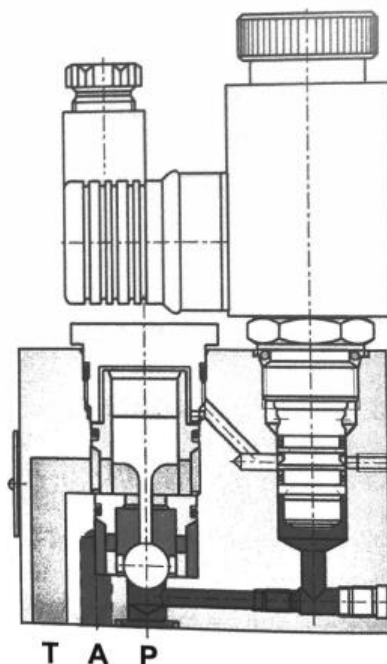


Obr. 28 Jednostupňový sedlový rozvaděč [1]

Dvoustupňový sedlový rozvaděč (obr. 29)

Základní parametry:

- Jmenovitá světlost 10 až 82 mm
- Průtok do 4000 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak do 50 MPa



Obr. 29 Dvoustupňový sedlový rozvaděč [1]

4.2.3 Rozvaděče pro průmyslové aplikace

S typizovanými přípojovacími rozměry podle norem ISO nebo doporučení CETOP (Evropský výbor pro hydrauliku a pneumatiku) jsou rozvaděče určeny pro montáž na desku nebo ve vícenásobném uspořádání a modulovém provedení (eventuálně s dalšími prvky) na blok.

Do jmenovité světlosti Dn10 se vyrábějí jako jednostupňové (s ručním, hydraulickým nebo pneumatickým ovládním i Dn16), elektromagneticky ovládané světlosti Dn16 a více jako dvou, popřípadě i třístupňové. U vícestupňového pro rozvaděč Dn10.

Rozvaděče se vyrábějí s různým propojením v základní poloze i v krajních polohách. Nejčastější případy jsou uvedeny na obr. 30. Důležitá jsou nejen propojení v základní poloze, ale i v mezipolohách, které se objeví při posunu do krajní polohy. Např. šoupátko C11 v základní poloze blokuje obě větve k hydromotoru, v mezipolohách se však obě větve krátce propojí s nádrží a poloha hydromotoru se uvolní.

Objemové ztráty šoupátkových rozvaděčů jsou dány vůlí mezi šoupátkem a tělesem, závisí na tlaku, viskozitě kapaliny (teplotě) i na světlosti. Řádově činí tyto ztráty při jmenovitém tlaku desítky cm³.

Moderní rozváděče mají předlité kanály optimalizovaného tvaru i optimalizovaný tvar šoupátek pro snížení hydrodynamických sil.

Tabulka propojení šoupátek								
Označení	Symbol	Mezipolohy	Označení	Symbol	Mezipolohy	Označení	Symbol	Mezipolohy
Z11			R11			Z11		
C11			R21			X11		
H11			A51			C11		
P11			P51			H11		
Y11			Y51			K11		
L21			C51			N11		
B11			Z51			F11		
Y41			Z71			X25		
Z21			Z81			J15		
C41			Z91			J75		
F11			R31					
			H51					
			F51					

Obr. 30 Tabulka propojení šoupátek [4]

Charakteristiky

Rozváděče uvádějí tlakové ztráty v závislosti na průtoku. Důležité: při návrhu obvodu a výběru rozváděče se nelze řídit pouze katalogovým údajem maximálního průtoku. Tlakové ztráty jsou značně rozdílné pro různé typy šoupátek a pro různé cesty. Jednotlivé cesty mají proto omezenou použitelnost z hlediska tlaku a průtoku. Výrobci uvádějí tzv. výkonovou charakteristiku (omezení použitelnosti) obr. 31. Např. rozváděč s udávaným maximálním průtokem $80 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ umožní tento průtok pouze se šoupátkem typu 1, zatímco šoupátko 4 lze použít jen $65 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ a navíc jen do tlaku 15 MPa. Při udávaném jmenovitém tlaku 35 MPa, pak jen do průtoku $35 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ obr. 31:

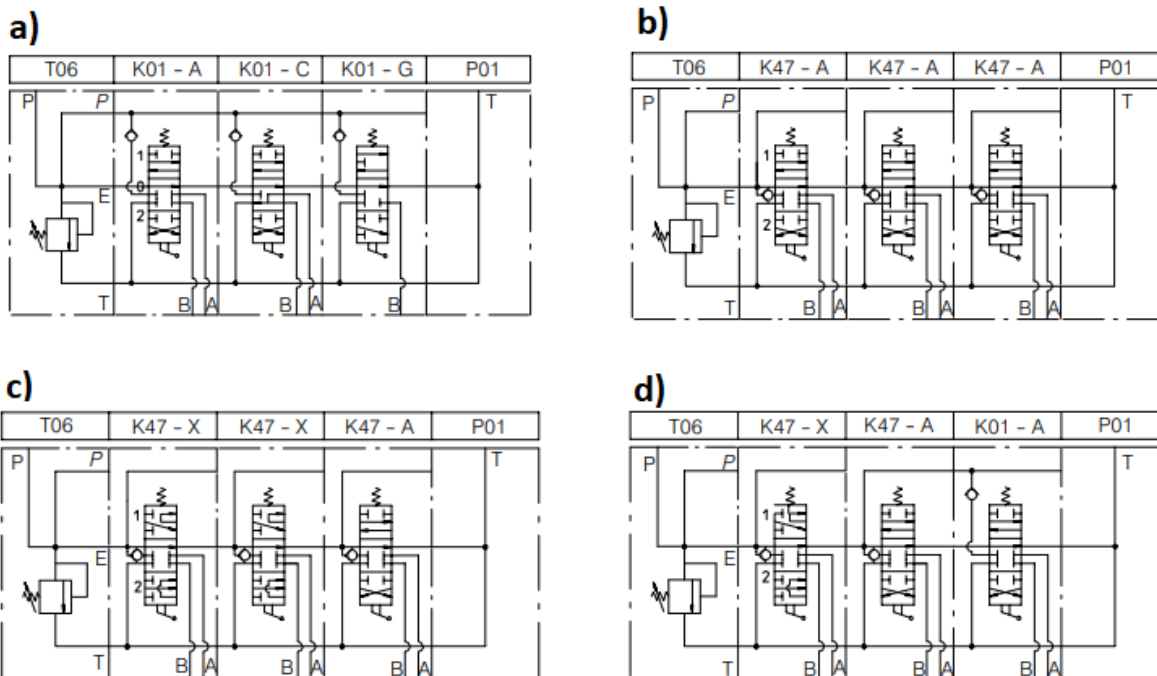
4.2.4 Rozváděče pro mobilní stroje

Vyrábějí se s různým počtem propojených sekcí nebo jako monoblokové. Obsahují pojistný ventil na vstupu. Nabízejí neobyčejně široký výběr provedení šoupátek, ovládání i zástavby různých ventilů, jako jsou ventily antikavitační, protišokové, přídavné pojistné ventily v určité sekci, logické ventily pro snímání load sensingového signálu, atd.

Při výběru mobilního rozváděče je důležitá volba vnitřního uspořádání.

Mezi 4 základní možnosti patří:

- a) paralelní zapojení sekcí umožňuje současnou funkci více sekcí (hydromotorů). Průtok do zapojených sekcí se samozřejmě dělí v obráceném poměru odporů neboli zátěže hydromotorů.
- b) tandemové zapojení umožňuje průtok vždy jen do jednoho hydromotoru. Jsou-li sekce v základná poloze, prochází kapalina volně od vstupu P do vstupu T k nádrži. Po přestavení jedné sekce do funkční polohy se průtok do ostatních sekcí přeruší
- c) sériové zapojení sekcí: kapalina ze vstupu P prochází postupně z první sekce do hydromotoru, z něho do vstupu druhé sekce a do druhého hydromotoru. Průtok všemi sekcemi je tedy stejný, tlakové spády se však sčítají.
- d) kombinované zapojení je kombinací paralelního a sériového



Obr. 33 Základní uspořádání vnitřních zapojení [18]

5 Návrh zkušebny

Firma Glentor obchoduje, opravuje a provádí servis tuzemských, ale i zahraničních výrobců hydraulických prvků. Naši největší partneři jsou firmy Eaton, Linde, Filtration Group a Spitznas. Návrh zkušebny bude zaměřen na využití těchto firem. V případě Glentoru, kdy opravujeme a servisujeme velké množství značek, je zapotřebí spolupracovat i s ostatními značkami, jako jsou Bosch Rexroth, Parker nebo MOOG. Tyto firmy byly též využity při návrhu. Záměr vybudovat důstojnou zkušebnu vyplývá z dosavadních zkušeností, kdy máme mnoho klientů, kteří žádají posouzení stavu a opravu starších hydraulických dílů. V současné době máme k dispozici elektro-hydraulickou zkušebnu DYNTEST, která je určena pro zkoušení různých typů hydromotorů a čerpadel. S novou zkušebnou pro rozváděče a ventily, bychom se mohli řadit mezi nejmoderněji vybavené firmy v ČR. Rozdíl oproti stávající zkušebně bude hlavně ve využití výpočetní techniky, díky které budeme moct snímat jednotlivé základní parametry za pomoci analogových snímačů. Výstup z těchto snímačů bude propojen s vyhodnocovacím systémem, který zaznamená jednotlivé hodnoty v závislosti na čase. Tyto údaje bude možno dále zpracovat pomocí tabulkového procesoru. V neposlední řadě by došlo i k inovaci v zapisování zkoušených prvků a následného vytvoření databáze (Eaton, Linde, Rexroth, Parker, atd.) Výsledkem by měl být seznam všech zkoušených prvků se zápisem rozdílů oproti novým prvkům dle informací z katalogu daného prvku.

V první části jsem se zaměřil na návrh hydraulického agregátu a jeho jednotlivých prvků
V druhé části je řešeno pracoviště pro testování jednotlivých prvků

Při dimenzování zkušebny, jsem myslel na všechny důležité aspekty, aby byla ekologicky efektivní pro firmu.

Základní aspekty pro návrh zkušebny jsou:

- Výkon
- Cena
- Dostatečné využití
- Rozměry

Pro návrh zkušebny jsem nastavil základní koncept zkušebny následovně:

- 1) Zkoušení rozváděčů a ventilů jmenovité světlosti Dn6 až Dn32.
- 2) Vytvoření samostatného agregátu pro funkci zkušebny.
- 3) Možnost volby zatížením obvodu.
- 4) Měření průtokových ztrát.
- 5) Ovládací panel pro řízení a nastavení obvodu.
- 6) Elektronický záznam dat ze snímačů v obvodu s vyhodnocení dat.

Požadavky na zkušebnu:

- 1) Zajištění průtoku minimálně $180 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro zkoušení maximální průtočnosti ventilů a rozvaděčů jmenovité světlosti Dn 6, Dn 10, a pro efektivní zkoušení ventilů Dn16 až Dn32.
- 2) Tlaková zkouška pro testování standardních ventilů a rozvaděčů do 35 MPa.
- 3) Tlakový zkouška pro testování speciálních ventilů do tlaků do 60 MPa, při minimálním průtoku $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ – jednalo by se o náhradu stávajícího nožního hydraulického pohonu.

5.1 Centrální zdroj tlakové kapaliny

5.1.1 Pohonné jednotky

Jako hlavní čerpadlo pro pohon zkušebny jsem zvolil axiální pístové čerpadlo s load sensing regulací a výkonovým omezením. Společnosti zabývající se hydraulikou využívají čerpadla s load sensing regulací nebo jen s regulací na konstantní tlak. Pro splnění požadavků na průtok a tlak by bylo nutné použít elektromotor s výkonem přes 100kW. Proto jsem se rozhodl použít čerpadlo s regulací a výkonovým omezením. To znamená, že pomocí proporcionálního ventilu nastavíme hodnotu potřebného průtoku a regulace čerpadla nastaví maximální hodnotu tlaku.

Pro tlakové zkoušky nastavím hodnotu průtok a mohu zkoušet potřebným tlakem. Na základě výše zmíněných požadavků jsem zvolil čerpadlo LINDE HPR 135 s Load Sensing regulací a výkonovým omezením. Součástí čerpadla je nízkotlaké čerpadlo s vnitřní ozubením a pojistným ventilem. Toto čerpadlo využijeme jako oběhové čerpadlo. Vzhledem k možnostem elektrické sítě ve společnosti Glentor jsem zvolil elektromotor s výkonem 22 kW.

Linde HPR – 02 - Regulační čerpadlo pro otevřené obvody

HPR-135-02-TL2.1 – čerpadlo s load sensing regulací s výkonovým omezením (označení TL2)

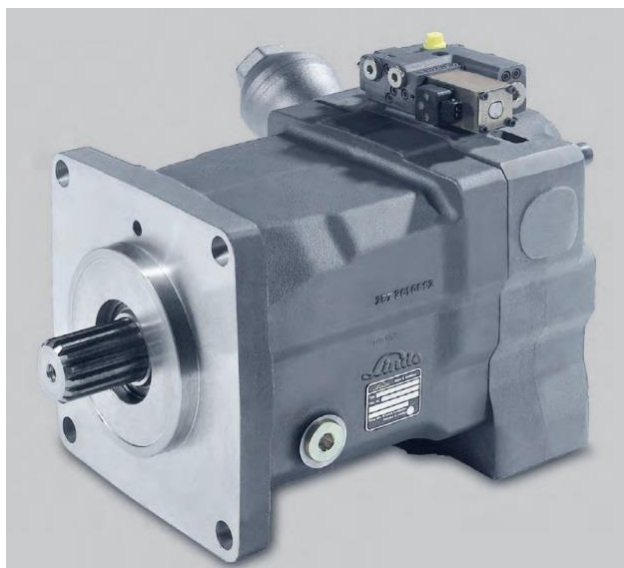
Geometrický objem $135 \text{ cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}$ byl vybrán pro možnost testování prvků při průtocích až do $190 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, při tlacích kolem 5–6 MPa. Průtok při vysokých tlacích je omezen výkonem elektromotoru, ale v našem případě budeme využívat Load sensing regulaci s výkonovou regulací.

Přehled technických údajů

Jmenovitá velikost			55	75	105	135	165	210	105D	280	165D
	maximální geometrický objem	cm ³	55	75,9	105	135,7	165,6	210,1	2x 105	280,9	2x 165,6
Otáčky	max. provozní otáčky bez tlakování nádrže*	min ⁻¹	2700	2500	2350	2300	2100	2000	2350	1800	2100
Průtok**	maximální průtok	dm ³ min ⁻¹	148,5	189,8	246,8	312,1	347,8	420,2	493,5	507,4	695,5
Tlak	trvalý tlak	MPa	25								
	jmenovitý tlak	MPa	42								
	špičkový tlak	MPa	50								
	dovolený tlak v tělese	MPa	0,25 (absolutní)								
Moment **	trvalý vstupní moment při trvalém tlaku	Nm	219	302	418	540	659	836	836	1122	1318
	maximální vstupní moment při jmenovitém tlaku	Nm	368	507	702	907	1107	1404	1245	1884	1964
Příkon**	trvalý příkon	kW	61,9	79,1	102,8	130,0	144,9	175,1	205,6	211,4	289,8
	maximální příkon	kW	104,0	132,8	172,7	218,5	243,4	294,1	306,7	355,2	431,8

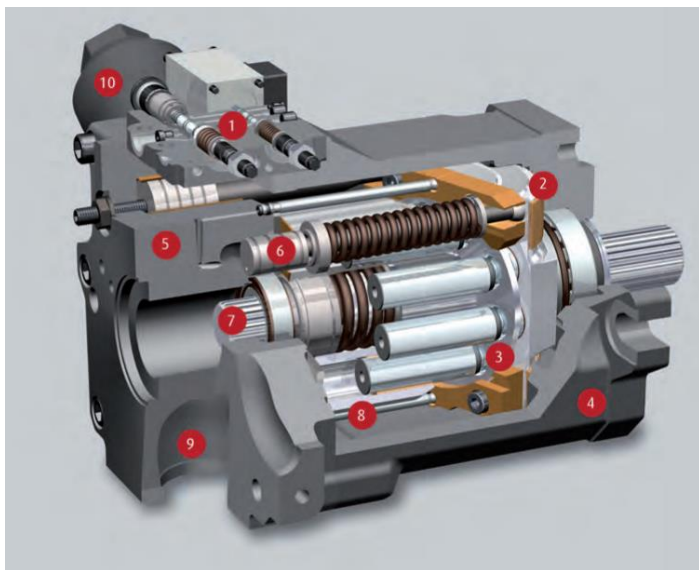
Obr. 34 Technické údaje čerpadla Linde HPR-02 [7]

Kód výrobku: HPR-02-A2-135R-TL20000H2-0-M50S38-GP0A22-EA09-R00-135/1500/20/999/999



Obr. 35 Čerpadlo Linde [7]

- 1 Regulátor LS**
optimální využití výkonu
- 2 Kolébka**
hydrostatické uložení
- 3 Podstava píst – kluzák**
úhel vyklopení 21°
- 4 Těleso**
nedělené s vysokou tuhostí
- 5 Hlava s rozváděcí deskou**
vysoký stupeň integrace
- 6 Dva přestavovací písty**
pro servoovládání šikmé desky



7 Průběžný náhon

pro připojení dalšího čerpadla

8 Blok válců

kompaktní díky technologii 21°

9 Sací kanál

dobrá sací schopnost i bez tlakování nádrže

10 SPU

Snížení tlakových pulzací v celém provozním rozsahu

Obr. 36 Popis čerpadla [7]

Load sensing regulace s výkonovým omezením (regulátor TL2)

Systém Load sensing (LS) (Load – zátěž, sensing – snímající) znamená řízení průtoku nastavením proporcionalního rozvaděče nebo regulačního čerpadla nezávisle na pracovním tlaku.

Regulátor TL2

Princip řízení spočívající v omezení výkonu (regulace na konstantní výkon) a je využíván pro optimalizaci využití výkonu hnacího motoru v aplikacích, kde je pro hydraulický systém k dispozici menší než maximální výkon tohoto motoru. Mimo regulace load sensing obsahuje regulátor TL2 též funkci omezení výkonu s hyperbolickým průběhem. Po dosažení nastavené hodnoty limitního výkonu je průtok se zvyšujícím se tlakem snižován.

Oběhové čerpadlo

Pro základní funkci zkušebny jsme vybrali oběhové zubové čerpadlo, který bude součástí hlavního čerpadla. V našem případě se bude jednat o vnitřní zubové čerpadlo (IPG) o geometrickém objemu 22,5. cm³.ot⁻¹. Zubová čerpadla jsou k dispozici ve dvou konstrukčních variantách: s vnitřním ozubením (IPG) a s vnějším ozubením (EPG). Čerpadla s vnitřním ozubením (IPG) mohou obsahovat ventil studeného startu, který v našem případě je žádoucí.[11] Oběhový okruh zkušebny slouží k filtraci a teplotní stabilizaci hydraulické kapaliny.

Max. geometrický objem	cm ³	16	22,5	31	38	44
Typ hydrogenerátoru		IPG	IPG	EPG	EPG	EPG
Montážní příruba a profil drážkování hřídele		SAE A 16/32 18 t	SAE A 16/32 18 t	SAE A 16/32 9 t	SAE 16/32 13 t	SAE A 16/32 13 t
Typ sání ve spojení s HPR-02		vnější				
Max. dovolený pracovní tlak všimněte si max. dovoleného tlaku pro filtr a chladič	MPa	4	4	16,5	27,5	22,0
Minimální tlak v sání	MPa	0,08 (absolutní)				
Maximální tlak v sání	MPa	0,3 (absolutní)				
Pojistný ventil studeného startu		vestavěn	vestavěn	-	-	-

Obr. 37 Technické údaje oběhového čerpadla pro Linde HPR-02 [7]

5.1.2 Parametry elektromotoru

Naším partnerem pro elektromotory je firma Elektromotory Moravec, která zastupuje výrobce Siemens. Pro hlavní čerpadlo je potřeba vypočítat nejvyšší tlak při maximálním průtoku a největší průtok při maximálním tlaku (obr. 40). Zadané parametry elektromotoru vychází z předchozí kapitoly, kde jsou specifikované funkce a parametry pro hlavní čerpadlo.

Elektromotor SIEMENS 1LE1503-1EB43-4JA4, 22kW, 1470ot, patkopřírubový



Obr. 39 Elektromotor Siemens [8]

Velikost (osová výška):	180L
Výkon:	22 kW
Otáčky:	1470 min ⁻¹
Napětí:	400/690V, 50Hz
Ložisko strana D	6210 2ZC3
Ložisko strana ND	6210 2ZC3
Krytí:	IP55
Vyvážení motoru:	stupeň vibrací A
Standardní nátěr:	RAL 7030
Váha:	170kg

Obr. 38 Technické parametry SIEMENS 1LE1503-1EB43 [8]

Parametry pro výpočet, které známe nebo máme zadané, viz parametry zkušební.

Výkon elektromotoru	$P_o = 22\ 000$ [w]
Geometrický objem čerpadla	$V_g = 0,000135$ [m ³ /ot ⁻¹]
Otáčky elektromotoru	$n = 24,5$ [ot/s ⁻¹]
Účinnost celková	$\eta_t = 0,90$ [-]
Účinnost objemová	$\eta_v = 0,96$ [-]
Účinnost mechanická	$\eta_m = 0,94$ [-]
Tlak zkoušených prvků	$p = 35\ 000\ 000$ [Pa]

Výpočet nejvyššího tlaku při maximálním průtoku p_m .

$$p_m = \frac{V_g \cdot n}{P_o \cdot \eta_t}$$

$$p_m = \frac{0,000135 \cdot 24}{0,90 \cdot 22\ 000}$$

$$p_m = 6\ 363\ 636\ Pa = 6,3\ MPa$$

$$Q = V_g \cdot n \cdot \eta_v$$

$$Q = 0,000135 \cdot 24,5 \cdot 0,96$$

$$Q = 0,003175\ [m^3 \cdot s^{-1}] = 190,5\ [dm^3 \cdot min^{-1}]$$

Maximální tlak čerpadla při průtoku $190,5\ dm^3 \cdot min^{-1}$ je $6,3\ MPa$.

Výpočet největšího průtoku při maximálním tlaku.

$$V_g = \frac{P_o \cdot \eta_m}{p \cdot n}\ [m^3/ot^{-1}]$$

$$V_g = \frac{22\ 000 \cdot 0,94}{35\ 000\ 000 \cdot 24,5}$$

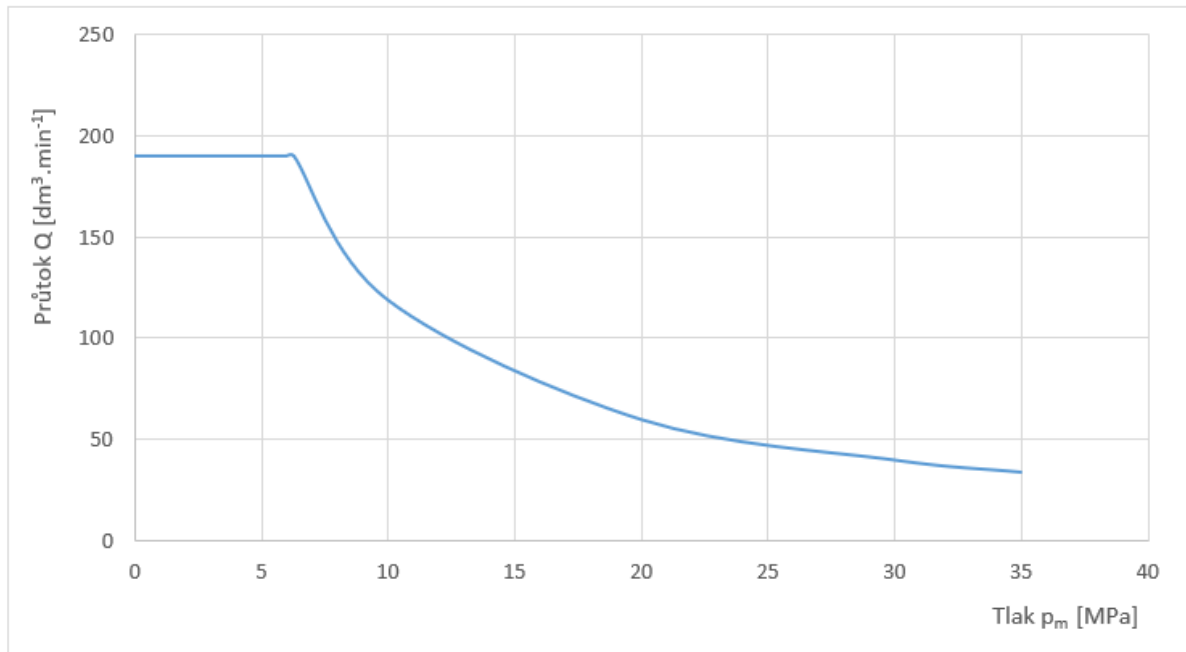
$$V_g = 0,0000241\ m^3/ot^{-1} = 24,1\ cm^3 \cdot ot^{-1}$$

$$Q = V_g \cdot n \cdot \eta_v$$

$$Q = 0,0000241 \cdot 24,5 \cdot 0,96$$

$$Q = 0,0005668\ [m^3 \cdot s^{-1}] = 34\ [dm^3 \cdot min^{-1}]$$

Největší průtok čerpadla při tlaku maximálním tlaku $35\ MPa$ je $34\ dm^3 \cdot min^{-1}$, viz obr. 40.



Obr. 40 Graf průtoku pro Linde 135, při daném tlaku

Čerpadlo s motorem se propojí pomocí držáku čerpadla a spojky. Zvolil jsem výrobce KTR, vhodné typy jsem určil pomocí jejich online programu [19]

Jednotka bude umístěna na rámu pod nádrží v horizontální poloze. Abychom minimalizovali vibrace od pohonné jednotky, bude mezi patkami elektromotoru a rámem umístěn pár tlumících lišt.

Sání čerpadla:

Jelikož se čerpadlo nachází pod nádrží, předpokládám použití sací jednotky (kompenzátor s uzavíracím ventilem), která se přímo připojí na vstup sání čerpadla, druhá strana se s propojí s nádrží viz obr. 41. Sání zubového čerpadla je vyvedeno hadicí do nádrže.



Obr. 41 Sání zubového čerpadla [13]

Výtlač čerpadla:

Přímo na výtlač čerpadla dáme pojistný ventil (nastavený nad hodnotu na regulátoru čerpadla). Slouží jako bezpečnostní prvek, a pokud nedojde k havarijní situaci nebude ve funkci. Za pojistný ventil umístím zpětné ventily (jak na tlakovou, tak i na odpadní část).

Radiální pístové čerpadlo

Radiální pístová čerpadla jsou určena pro vysokotlaké hydraulické obvody. Vyznačují se vysokou účinností, dlouhou životností a spolehlivostí. Pro zkušebnu, se bude využívat ke statickým tlakovým zkouškám hydraulických prvků až do tlaku $p = 60 \text{ MPa}$. Jedná se zejména o ventily, které se např. používají u lisovacích strojů.

Zvolený geometrický objem $4,00 \text{ cm}^3$ je konstantní a pro zkušební účely bude dostačující.

Radiální pístové čerpadlo bude fungovat jako náhrada za nožní hydraulický pohon. Jak bylo zmíněno v kapitole 3.3, za pomoci pístového čerpadla budeme moci provádět zkoušení funkčnosti a těsnosti vysokotlakých rozvaděčů.

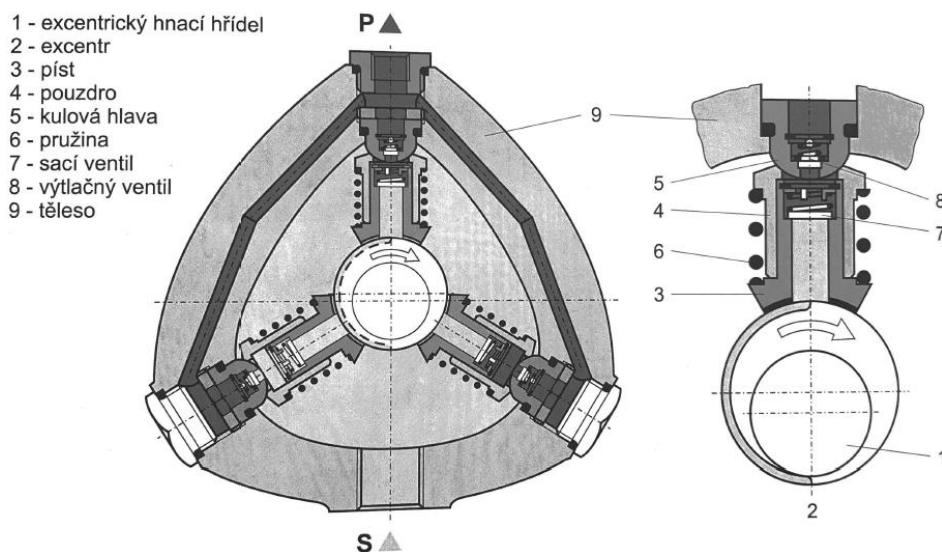
Zvolil jsem Rexroth PR4-3X/4,00-700RA01M01

Maximální tlak 63 MPa

Geometrický objem $4,00 \text{ cm}^3$



Obr. 43 Radiální pístové čerpadlo [5]



Obr. 42 Popis pístového čerpadla [9]

U hlavního čerpadla, jsme měli výkon elektrického motoru stanovený. V případě radiálního pístového čerpadle je potřeba vypočítat výkon elektromotoru dle parametru čerpadla.

Výpočet pro radiální pístové čerpadlo Rexroth PR4-3X/4,00

$$p = 60\,000\,000 \text{ [Pa]}$$

$$V_g = 0,000004 \text{ [m}^3\text{/ot}^{-1}\text{]}$$

$$n = 24,5 \text{ [ot/s}^{-1}\text{]}$$

$$\eta_t = 0,94$$

$$P_o = \frac{60\,000\,000 \cdot 0,000004 \cdot 24,5}{0,94}$$

$$P_o = 6\,255 \text{ W} = 6,26 \text{ kW}$$

Zvolíme elektrický motor s nejbližší výkonovou hodnotou, tedy 7,5 kW.

Elektromotor SIEMENS 1LE1003-1CB23-4FA4 7.5kW,1470ot, přírubový

Velikost (osová výška):	132M
Výkon:	7.5 kW
Otáčky:	1470 min ⁻¹
Napětí:	400/690V,50Hz
Ložisko strana D	6208 2ZC3
Ložisko strana ND	6208 2ZC3
Krytí:	IP55
Vyvážení motoru:	stupeň vibrací A
Standardní nátěr:	RAL 7030
Váha:	64kg

Obr. 44 Technické parametry SIEMENS 1LE1003-1CB23 [8]

Pro propojení čerpadla s motorem pomocí držáku čerpadla a spojky jsem zvolil společnost KTR, vhodné typy jsem určil pomocí jejich online programu [19].

Předpokládáme vertikální umístění na víku nádrže s ponořeným čerpadlem. Abych minimalizoval vibrace umístíme mezi držák čerpadla a víko tlumící kruh.

5.1.3 Filtr

Primární znečištění – nečistoty, které jsou v hydraulickém systému vždy přítomné

- V hydraulických prvcích
- V hydraulické kapalině

Provozní znečištění

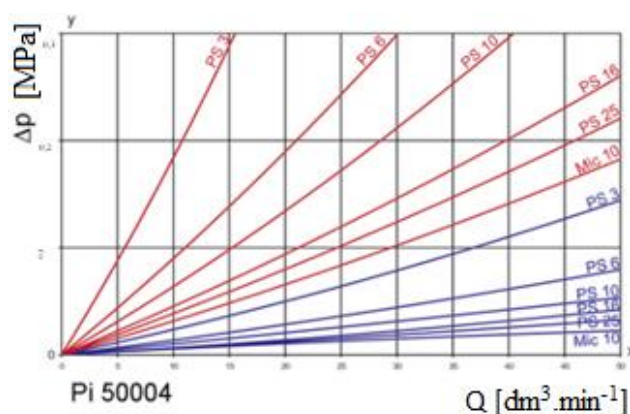
System vytváří nečistoty během provozu působením mechanických i tepelných vlivů. Po spuštění systému následuje rychlý vzestup znečištění mj. vlivem působení primárního znečištění, kdy částice primárního znečištění mohou způsobit jisté mechanické opotřebení některých prvků a jejich dílů. Toto znečištění musí být eliminováno účinnou filtrací.

Pro zkušebnu jsme vybrali 1x zpětný a 1x tlakový filtr od výrobce Filtration Group

Odpadní Filtr Pi 50004 – 053 + element Pi 22004 RN PS 6 NBR

Základní parametry z katalogu

Maximální průtok	až 40 dm ³ .min ⁻¹
Maximální tlakový spád Δp	až 0,3 MPa
Filtrační schopnost	6 μ m
Filtrační materiál	z anorganických mikrovláken
Indikátor znečištění	elektrický

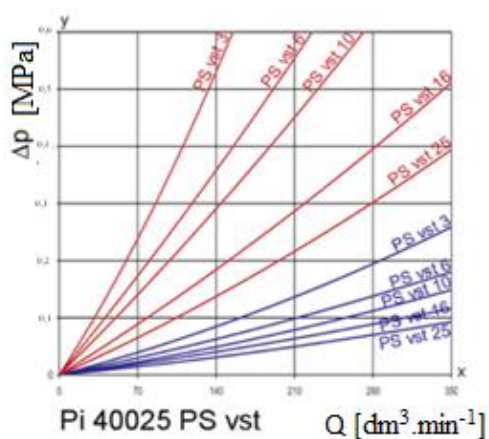


Obr. 45 Δp -Q charakteristika Pi 50004 filtru [10]

Tlakový filtr Pi 40025-013 + element Pi 72025 DN PS vst 6

Základní parametry z katalogu

Maximální průtok	až 250 dm ³ .min ⁻¹
Maximální tlakový spád Δp	až 21 MPa
Filtrační schopnost	6 μm
Filtrační materiál	z anorganických mikrovláken
Indikátor znečištění	elektrický



Obr. 46 Δp - Q charakteristika Pi 40025 filtru [10]



Obr. 47 Vratný filtr [10]

5.1.4 Chlazení

Vzduchový chladič HCA s asynchronním motorem od firmy Hennlich s.r.o. Tento typ chladiče s asynchronním motorem je v zásadě koncipován pro stacionární aplikace a slouží hlavně k efektivnímu chlazení různých olejů (hydraulických, mazacích,...) a směsí voda/glykol (s obsahem min 15 % glykolu). Provedení jedno-, dvou – nebo třífázové a s různým příslušenstvím.[10]



Obr. 48 Vzduchový chladič [6]

Výběr chladiče:

Tlakovou ztrátu pro každý typ lze určit podle průtoku oleje. (vycházejíc z 30 cSt). Viz. 6.10. Měrný chladicí výkon lze odečíst na ose y v závislosti na objemovém průtoku oleje (osa x) v průsečíku s příslušnou charakteristickou křivkou daného typu chladiče. Chladicí výkon se určí jako součin hodnoty měrného chladicího výkonu a hodnoty rozdílu maximální teploty oleje a teploty okolního vzduchu.[10]

HCA C33.26-2 3-fáze

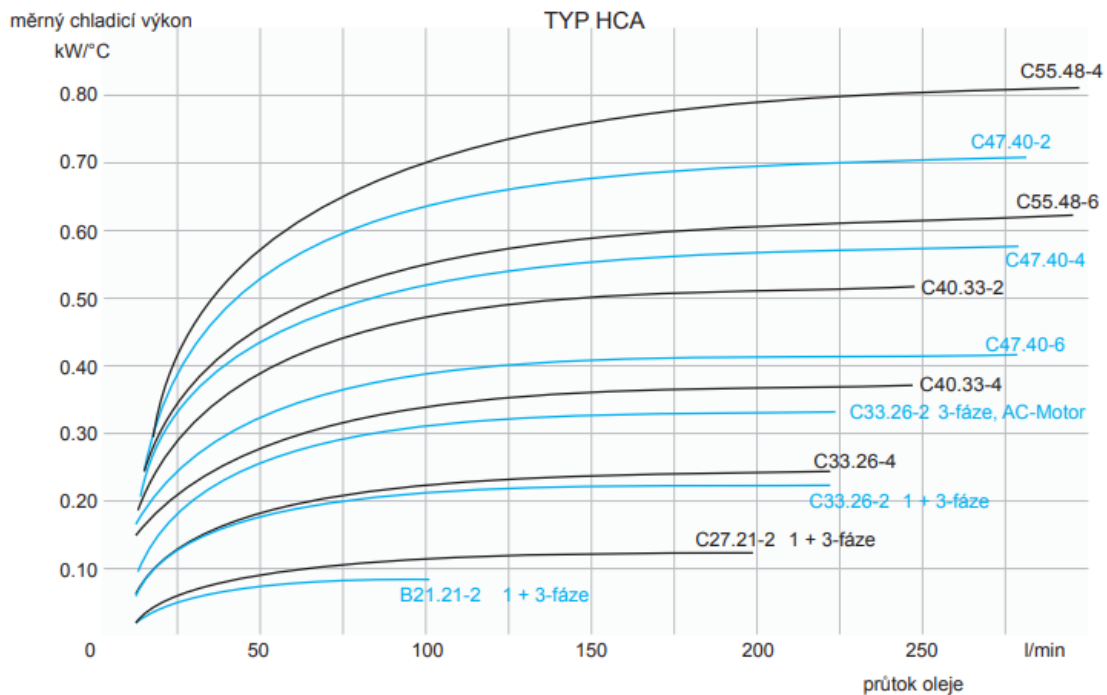
Chladicí výkon

Chladič se bude automaticky zapínat při teplotě oleje nad 50°C.

Klimatizovaná místnost s teplotou 25°C.

U typu C33.26-2 s měrným chladicím výkonem 0,15 kW/°C (z diagramu obr.41)

$$P_{ch} = 0,15 \cdot 25 = 3,75 \text{ kW}$$



Obr. 49 Diagram [6]

5.1.5 Nádrž s víkem

Nádrž se bude nacházet na rámu a pod ní bude umístěna hlavní pohonná jednotka. U stacionární hydrauliky se uvádí, že objem nádrže by měl být minimálně 3x až 4x větší, než vychází objem, který proteče za minutu.

$$V_{(\min)} = 3 \cdot Q_{\max}$$

$$V_{(\min)} = 3 \cdot 190 = 570$$

Volím nejblíže standartně vyráběnou ocelovou nádrž, tedy na 630 litrů.

5.1.6 Příslušenství:

2x Hladinoznak (Olejoznak) – pro optickou kontrolu stavu hladiny oleje v nádrži

2x Inspekční víko – pro čištění vnitřku nádrže

1x Nalévací hrdlo se vzduchovým filtrem – pro „dýchání“ nádrže a zároveň pro doplňování media

1x Spojené čidlo pro měření hladiny (2 kontaktní – Min I. a Min II.) a teploty (analogové měření s jedním spínacím kontaktem) oleje v nádrži.

Analogové senzory na hydraulickém agregátu (všechny 4÷20 mA) – tyto senzory budou vyhodnocovány pomocí výpočetní techniky:

- 1) Analogové měření teploty oleje v nádrži – (spojené čidlo hladiny a teploty) – BT2
- 2) Analogové měření tlaku na tlakové větvi hlavního čerpadla – BP3
- 3) Analogové měření tlaku na tlakové větvi vysokotlakého čerpadla – BP4
- 4) Analogové měření průtoku kapaliny skrz tlakovou větev hlavního čerpadla – BQ1

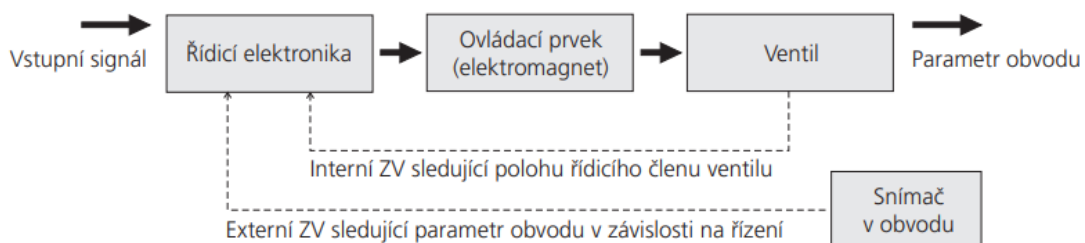
5.1.7 Tlaková větev hlavního čerpadla

Na hlavní tlakové větvi se nachází tlakový filtr (viz kapitola 5.1.3) a deska s proporcionálním ventilem 4WRZE 25 EA220-7X/6EG24ETK31/F1M

Základní parametry prop. ventilu:

- Jmenovitá světlost 25 mm
- Průtok až 220 dm³.min⁻¹
- Pracovní tlak až 35 MPa
- Amplituda 4÷20 mA

Tlak z čerpadla je přiveden na vstup P proporcionálního ventilu a z něj dále vede přes pracovní větve A do standu. Do větve A je zároveň připojen LS výstup z čerpadla.



Obr. 50 Popis regulace [4]

Systém pracuje s konstantním tlakovým spádem na proporcionálním rozvaděči. Tímto tlakovým rozdílem je pomocí LS regulátoru řízen průtok čerpadla. Je-li rozvaděč v nulové poloze, hydrogenerátor je nastaven na minimální, téměř nulový geometrický objem a kryje jen objemové ztráty. Po přesunutí šoupátka se otevře průtočný průřez, tlakový spád na rozvaděči klesne a hydrogenerátor zvyšuje průtok tak dlouho až tlakový spád na rozvaděči dosáhne nastavené hodnoty. Při každé změně polohy šoupátka (změně průtočného průřezu) se průtok čerpadla změní tak, aby tlakový spád na rozvaděči zůstal konstantní. Tlak za šoupátkem je jako řídicí LS signál zaveden do regulátoru čerpadla.

5.1.8 Tlaková větev vysokotlakého čerpadla

Na tlakové větvi se nachází pojistný ventil pro nastavení tlaku a rozvaděč pro udržení normálního tlaku čerpadla (Když není aktivována cívka rozvaděče, čerpadlo je odlehčeno).

5.2 Návrh hydrauliky pro zkušební standu

Zkušebna bude mít dva samostatné měřicí panely. První měřicí panel bude pro mezideskové ventily o jmenovité světlosti Dn 06 a Dn 10. Druhý měřicí panel bude využívám pro ostatní ventily.

Příklad snímačů při zkoušení prvku o světlosti Dn 06 a do tlaku 21 MPa:

- BT2 – teplota,
- BP3 – tlak hlavního čerpadla,
- BQ1 – průtok hlavní větve,
- BP5 – připojené na MP výstup kostky
- BP6 – připojíme a měříme tlak na větvi A,
- BP7 – připojíme a měříme tlak na větvi B
- BP9 – připojíme a měříme tlak v odpadu (větev T)
- při zkoušení s PH – analogový snímač polohy BL7
- při zkoušení s HM – analogový inkrementální snímač otáček IS1

Celkově: 8x snímačů (5x tlakových, 1x teplotní, 1x průtoku, 1x polohy nebo otáček)
+ snímání času.

Příklad snímačů při zkoušení vysokotlakých ventilů:

- BT2 – teploty,
- BQ1 – průtok hlavní větve,
- BP4 – tlak vysokotlaké jednotky,
- BP8 – připojíme na vysokotlakou větev (P2) (BP4=BP8)
- BP9 – připojíme a měříme tlak v odpadu (větev T)
- BP10 – připojíme a měříme lekáž (L)

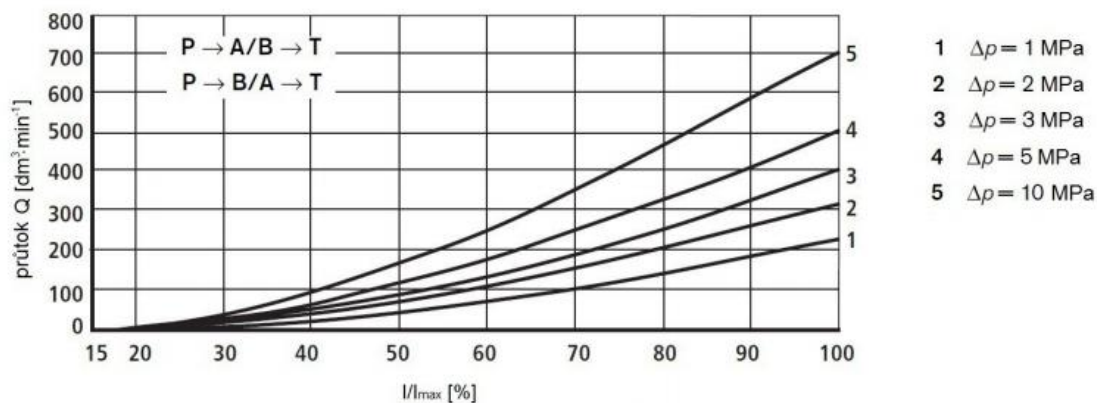
Postup měření – tlaková zkouška

- 1) Instalace zkoušeného prvku
- 2) Zapnutí systému zkušebny
- 3) Nastavení průtoku na proporcionálním ventilu

Na základě vzorce (vzorec $Q = f(p)$) určíme potřebný průtok proporcionálním (velikost otevření šoupátka)

V praxi to znamená, že si najdeme příslušný katalog prvku a najdeme si graf charakteristiky (obr. 51). Při zkoušení ventilu při tlaku 21 MPa nám vychází průtok $57 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, ze kterého zjistíme, že hodnota otevření šoupátka je 45 %, což u ventilu 4÷20 mA (4÷12 mA, 12÷20 mA) dělá 3,6 mA.

Nastavíme tedy na proporcionálnímu ventilu hodnotu 8,4 mA ($12 - 3,6 = 8,4$)



Obr. 51 Charakteristika otevření šoupátka [5]

- 4) Testujeme prvek při nulové poloze (základní poloze)
Vizuálně sledujeme možné průsaky, poklesy tlaků na manometrech a nestandardní výkyvy tlaků. Testujeme např. 15 minut. Zkontrolujeme průběhy zaznamenaných hodnot z analogových čidel.
- 5) Testujeme lekáž prvku při nulové poloze
Přestavíme třípolohový ventil UKT1 na odpadní větví do odměrného válce. Spustíme měření a sledujeme množství úniku kapaliny v odměrném válci za měřený čas. Výsledky srovnáme s katalogem daného výrobku.
- 6) Testování prvku v krajních polohách
Přestavíme rozváděč do jedné z krajních poloh a opakujeme proces jako u bodu 4. a 5.

5.3 Specifikace prvků

Kompletní seznam vytipovaných prvků, které jsou potřeba pro sestavení hydraulického agregátu a stolu. Dodavatelé byli vybráni závisle na kvalitě prvků a dlouholetých zkušenostech. Dodavatel Glentor je označen v případech, kdy jsme obchodními partnery s danými výrobci. V těchto případech jsme dodavatelé pro ČR. S ostatními dodavateli jsme pracovali na velkém množství projektů a díky jejich kvalitě a ceně prvků, jsem je zařadil i jako dodavatele prvků pro hydraulickou zkušebnu

5.3.1 Specifikace prvků centrálního zdroje kapaliny

Pol.	NÁZEV PRVKU	TYP	KS	DODAVATEL	Cena bez DPH (Kč)
HYDRAULICKÝ AGREGÁT					
1	Axiální pístový hydrogenerátor s regulací EL1 + zubové čerpadlo s vnitřním ozubením	HPR-02-A2-135R-E1L0000H2-0-M50S38-GP0A22-EA09-R00-135/1500/20/999/999	1	GLENTOR	196 000
2	Držák čerpadla + zubová spojka	PK 350/08/07 + R42.48-P570301	1	KTR	5 021
3	Nádrž ocelová + těsnění + víko	BNK 630A/E	1	KTR	22 950
4	Tlumící lišty	DSM 180L	2	KTR	1 005
5	Asynchronní motor s kotvou nakrátko	1LE1503-1EB43-4JA4	1	Elektromotory Moravec	33 256
6	Asynchronní motor s kotvou nakrátko	1LE1003-1CB23-4GA4	1	Elektromotory Moravec	12 715
7	Radiální pístový hydrogenerátor neregulační	PR4-3X/4,00-700RA01M01 (R901088624)	1	Bosch Rexroth	43 677
8	Držák čerpadla + Zubová spojka	PK 300/04/10-00 + R28.38-25	1	KTR	4 502
9	Tlumící kruh	DT 300	1	KTR	2 995
10	Snímač průtoku	VHS032GSOA0350NE	1	Glentor	4 980
11	Hladinoznak	KOT 02	1	KTR	670
12	Hladinoznak	KOT 03	1	KTR	690
13	Nalévací hrdlo se vzduchovým filtrem	KE 02	1	KTR	555
14	Odpadní filtr s elektrickým snímačem znečištění	PI 50004-058 + vložka Pi 22004 RN PS 6 NBR	1	Glentor	6 430
15	Tlakový filtr s elektrickým snímačem znečištění	Pi 40025-013 + vložka Pi 72025 DN PS vst6	1	Glentor	19 925
16	Vzduchový chladič	HCA C33.26-2 3-fáze	1	Hennlich	21 630
17	Kombinované čidlo hladiny a teploty	NT-MD-MS-2M12/500-2K-320 NC380 NO-1T-KT	1	Bühler Techn.	2 354
18	Uzavírací ventil nízkotlaký	typ 509 G1"F/M	1	Glentor	593
19	Proporcionální ventil Dn25	4WRZE 25 EA220-7X/6EG24ETK31/F1M	1	Bosch Rexroth	122 739
20	Připojovací blok – Dn25	G25A2-1X/G11/4	1	Bosch Rexroth	13 747
21	Připojovací blok – vysokotlaký Dn06	G06V4-1X/G3/8 (R900358639)	1	Bosch Rexroth	2 761
22	Pojistný ventil na SAE přírubu	R5V10-69512A1152	1	Chvalis	24 335
23	Pojistný ventil do potrubí přímořízený	DBDS 10 G1X/630	1	Bosch Rexroth	3 229
24	Sedlový mezideskový rozváděč Dn06	M-2SEW 6 P3X/630MG24N9K4 (R900053182)	1	Bosch Rexroth	18 871
25	Sací jednotka – kompenzátor + klapka + polo-hový spínač	ESAF -50	1	ASA Hydraulik	11 394
26	Uzavírací ventil	KHS 35L/NW25	1	Glentor	2 269
27	Zpětný ventil na SAE přírubu	C5V10-610B1	2	Chvalis	5 647
28	Zpětný ventil do potrubí	24-VNRO-S12	1	Glentor	801
29	Manometr	GMM 100-400	1	Glentor	1 294
30	Manometr	GMM 100-1000	1	Glentor	1 854
31	Tlakový snímač + konektor s kabelem 5 m	PBT-RM040SG1SSNAMA0Z + YG2A14-050VB3XLEAX	1	SICK	3 949
32	Tlakový snímač	DMP 334 140-1004-1-1-100-200-2-041	1	BD Sensors	7 201

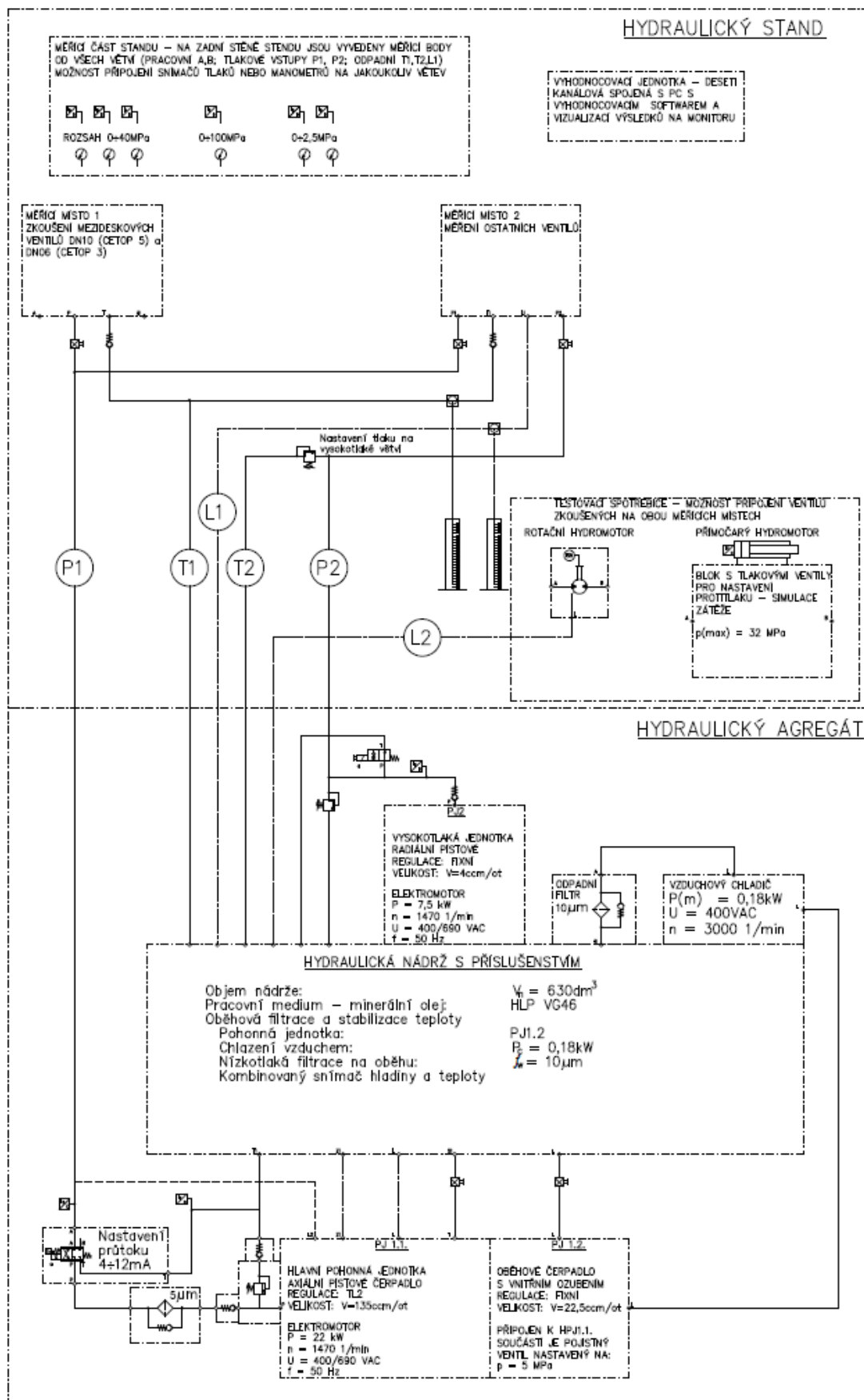
5.3.2 Specifikace prvků zkušebního stolu

Pol.	NÁZEV PRVKU	TYP	KS	DODAVATEL	Cena bez DPH (Kč)
ZKUŠEBNÍ STŮL					
1	Pojistný ventil přímořízený	DBDH 10 G1X/630	1	Bosch Rexroth	12 795
2	Pojistný ventil nepřímoořízený	DB 10 G1-5X/350 (R900617093)	2	Bosch Rexroth	10 514
3	Třícestný kulový ventil	PV3 DN50 3000psi L 1123 1	1	Glentor	5 208
	Koncový spínač	IM04-0BPS-ZUB	2	SICK	2 855
4	Třícestný kulový ventil	BK3 30S 25 L 1123 0	1	Glentor	2 087
	Koncový spínač	IM04-0BPS-ZUB	2	SICK	2 855
5	Třícestný kulový ventil	BK3 12L 10 L 1123 0	1	Glentor	932
	Koncový spínač	IM04-0BPS-ZUB	2	SICK	2 855
6	Uzavírací ventil	BKH 30S 30 L 1123 1	2	Glentor	1 244
7	Uzavírací ventil vysokotlaký	HRKH 3/8 NPT 10	2	Glentor	1 808
8	Uzavírací ventil	BKH 12L 10 L 1123 1	1	Glentor	681
9	Koncový spínač	IM04-0BPS-ZUB	1	SICK	2 855
10	Zpětný ventil	RS 42L	3	Glentor	636
11	Zpětný ventil	RS 30S	2	Glentor	694
12	Připojovací deska Dn10	RD 10 MS	1	Glentor	1 537
13	Redukční mezideska Dn10/Dn06	RED 10-6	1	Glentor	1 908
14	Odměrný válec	2000ml	2	Labor-komplet	411
15	Přímoočarý hydromotor	HM Ø100/Ø63 - 500 oko-oko	1	Glentor	18 645
16	Snímač polohy	EDS 500	1	Microepsilon	1 421
17	Rotační hydromotor	104-1022-006	1	Glentor	10 020
18	Inkrementální snímač	TRD-S1000-BD	1	Tecon	2 377
19	Manometr	GMM 100-400	2	Glentor	1 294
20	Manometr	GMM 100-1000	1	Glentor	1 854
21	Manometr	GMM 100-25	1	Glentor	891
22	Tlakový snímač + konektor s kabelem 5 m	PBT-RM040SG1SSNAMA0Z + YG2A14-050VB3XLEAX	3	SICK	3 949
23	Tlakový snímač	DMP 334 140-1004-1-1-100-200-2-041	1	BD Sensors	7 201
24	Tlakový snímač + konektor s kabelem 5 m	PBT-RM2X5SG1SSNAMA0Z + YG2A14-050VB3XLEAX	2	SICK	850

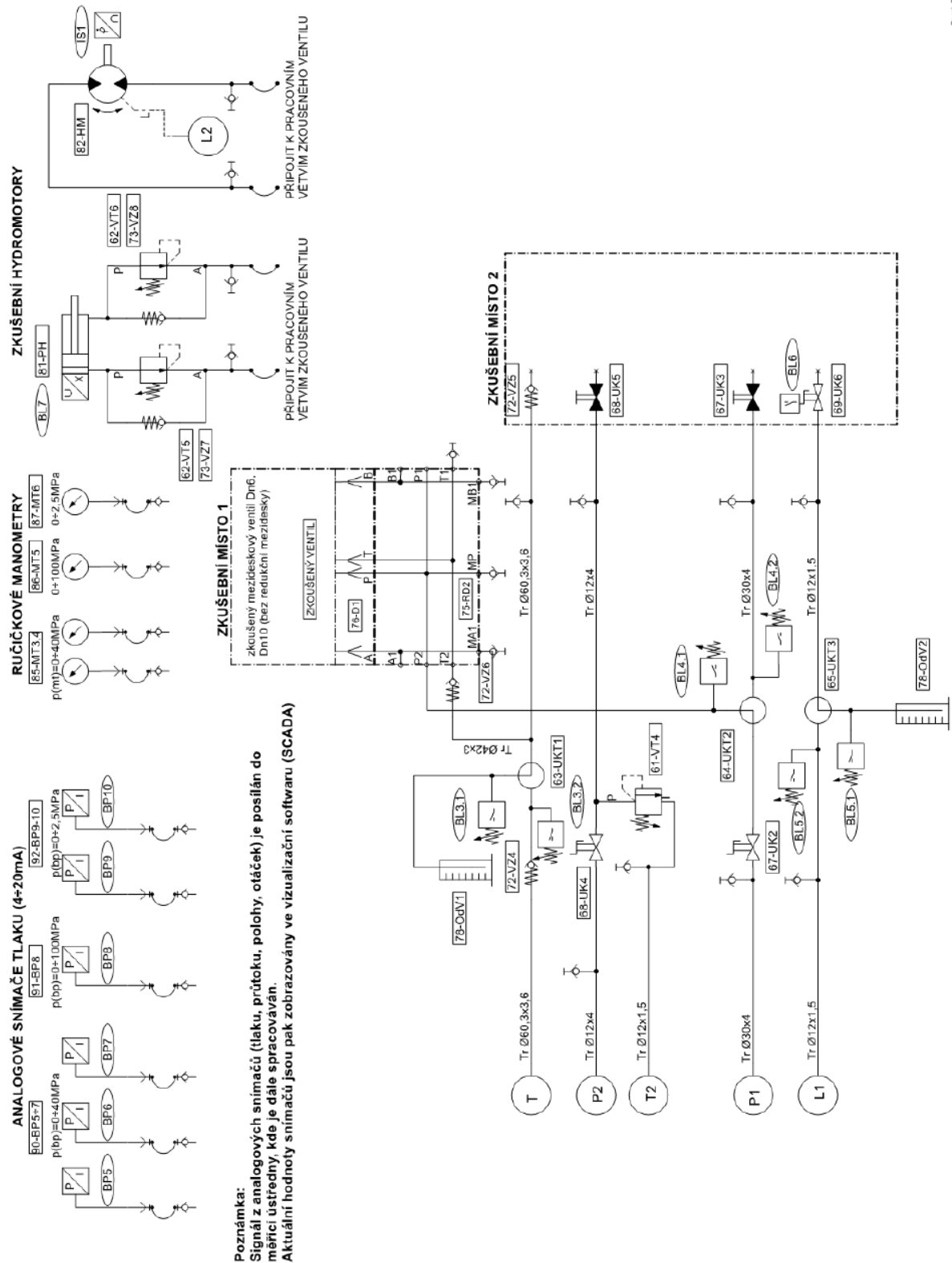
5.4 Blokové a funkční schéma hydraulického obvodu

Po vytipování základních prvků pro návrh zkušebny jsem pro přehlednost nakreslil jednoduché blokové schéma zkušebního standu a hydraulického agregátu, dále schéma hydraulického obvodu zkušebny.

Pro sestavení hydraulických schémat jsem použil freeware program Scheme Editor 6 od firmy Bosch Rexroth [5] a pro blokové schéma jsem použil program AutoCAD 2020.



Obr. 52 Blokové schéma zkušebny



Obr. 54 Schéma zkušebního stolu

6 Finanční zhodnocení a závěr

Hlavním úkolem této bakalářské práce bylo vytvořit podklad pro rozhodování při realizaci nové zkušebny rozvaděčů a tlakových ventilů. Na základě těchto vzniklých podkladů se bude rozhodovat, zda se firma Glentor s.r.o. rozhodne jít cestou vyšších výkonů, nebo střední cestou.

Tato práce ukázala návrh zkušebny, která by byla z finančního hlediska akceptovatelná, tedy střední cestou. Samostatný hydraulický agregát by přišla na přibližně 578 324 Kč bez DPH. Zkušební stůl pak na 96 932 Kč bez DPH. Pro konečnou kalkulaci ceny je potřeba u externích dodavatelů poptat a nechat si vypracovat návrh na elektrické vybavení zkušebny a řídicího systému PLC (Programmable Logic Controller). Návrh na výrobu testovacího stolu a skříně. Celková cena by se teoreticky mohla vyšplhat na více jak 1 200 000 Kč bez DPH. Zde se už nacházíme ve fázi rozhodování, zda se taková investice finančně vyplatí. Největším faktorem pro realizaci samotné zkušebny bude analýza trhu a zjištění možností využití zkušebny mezi zákazníky. Další faktor bude vymezený rozpočet pro investice v příštích několika letech.

Samotná práce na návrhu zkušebny se potkávala s řadou překážek. Několikrát docházelo k úpravám prvků při vytváření optimálního návrhu. Prvky samotné vytvářeli překážky, i když byly vytipovány správně, ale v průběhu návrhu hydraulického obvodu jsme je museli změnit.

Seznam použitých zdrojů

- [1] EXNER, H. Základy hydraulických systémů a základní hydraulické komponenty. 3. vyd. G.L. Rexroth GmbH, 2005
- [2] SCHMITT, Arno. Příručka hydrauliky. G.L. Rexroth GmbH, 1991
- [3] PIVOŇKA, Josef. Tekutinové mechanismy. Praha: SNTL, 1987.
- [4] Řídicí a regulační technika. Argo-hytos [online]. Dostupné z: <https://www.argo-hytos.com/cz/vyroby/ridici-a-regulacni-technika.html>
- [5] Bosh Rexroth [online]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com>
- [6] Vzduchový chladič. Hennlich [online]. Dostupné z: https://www.hennlich.cz/uploads/cz_vzduchov%C3%BD_chladi%C4%8D_HCA_03.pdf
- [7] Čerpadlo HPR. Linde hydraulics [online]. Dostupné z: <https://www.linde-hydraulics.com/en-gb/HPR>
- [8] Siemens. Elektromotory Moravec [online]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net>
- [9] Fluidní technika: průmyslová hydraulika : základy. 2. doplněné vydání. Brno: Bosch Rexroth, spol. s.r.o. (školení a poradenství), 2006.
- [10] FLUID FILTRATION. Filtration Group [online]. Dostupné z: <https://store.filtration-group.com/content/industrial-filtration-product-library-fluid>
- [12] KOPÁČEK, Jaroslav a Bohuslav PAVLOK. Tekutinové mechanismy. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1994. ISBN 80-7078-238-2.
- [13] Asa Hydraulik GmbH [online]. Dostupné z: <https://www.asahydraulik.com/index.php?&sub1=5&sub2=23&sub3=38>
- [14] PARMAFLUID S.R.L. [online]. Dostupné z: <http://www.parmafluid.com/>
- [15] Chant Engineering Co. Inc. [online]. Dostupné z: <https://chantengineering.com/>
- [16] Hydratron Ltd [online]. Dostupné z: <https://www.hydratron.com/>
- [17] KOSTKA, Ervín. Návrh hydraulického stavu pro zkoušení proporcionálních rozváděčů [online]. Ostrava, 2012. Dostupné také z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/93701/KOS376_FS_N2301_3909T001_16_2012.pdf?sequence=1. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava.
- [18] Hydrocom, spol. s.r.o. [online]. Dostupné z: https://www.hydrocom.cz/images/Sortiment/Rozvadece/Mobilni_rozvadece/HDS11/HDS11.pdf
- [19] KTR Systems GmbH [online]. Dostupné z: <https://otools.ktr.com/pumpselect/>

Seznam obrázků

Obr. 1 Zkušebna firmy Parmafluid [14].....	11
Obr. 2 Statická – Q charakteristika rozvaděče, jmenovitý průtok $220 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ [17].....	13
Obr. 3 Zkušebna pro rozvaděče a ventily ve firmě Glentor	14
Obr. 4 Přímý řízený ventil pro omezení tlaku,	15
Obr. 5 Schématická značka jednostupňového ventilu – přímý řízený [1]	16
Obr. 6 Zapojení pojistného ventilu [1]	16
Obr. 7 Způsob tlumení u jednostupňového ventilu,	17
Obr. 8 Dvoustupňový – nepřímý řízený pojišťovací ventil	18
Obr. 9 Schématická značka nepřímý řízeného pojišťovacího ventilu [2]	19
Obr. 10 Funkce redukčního ventilu.....	19
Obr. 11 Tlakový redukční ventil, jednostupňový.....	20
Obr. 12 Schématická značka tlakového redukčního ventilu, jednostupňový [1]	21
Obr. 13 Tlakový redukční ventil, dvoustupňový	22
Obr. 14 Schématická značka tlakového redukčního ventilu, dvoustupňový [1]	22
Obr. 15 Schématické značky přípojovacích ventilů [1]	23
Obr. 16 Přímý řízený ventil pro připojení tlaku	24
Obr. 17 Ventil pro připojení tlaku s použitím jako postupový.....	25
Obr. 18 Hydraulický obvod se zařazeným tlakovým přípojovacím ventilem [1].....	26
Obr. 19 Hydraulický obvod se zařazeným tlakovým odpojovacím ventilem [1]	26
Obr. 20 Základní poloha a mezipolohy rozvaděči [1].....	27
Obr. 21 Šoupátkový rozvaděč,	28
Obr. 22 Schématická značka šoupátkového rozvaděče [2]	29
Obr. 23 Jednostupňový šoupátkový rozvaděč.....	29
Obr. 24 Dvoustupňový šoupátkový rozvaděč	30
Obr. 25 Uzavírací prvky sedlových ventilů	31
Obr. 26 Sedlový rozvaděč	31
Obr. 27 Schématická značka sedlového rozvaděče [1]	32
Obr. 28 Jednostupňový sedlový rozvaděč [1]	32
Obr. 29 Dvoustupňový sedlový rozvaděč [1].....	33
Obr. 30 Tabulka propojení šoupátek [4]	34
Obr. 31 Charakteristika rozvaděčů [4]	35
Obr. 32 Sériové a paralelní zapojení rozvaděče	35
Obr. 33 Základní uspořádání vnitřních zapojení [18]	36
Obr. 34 Technické údaje čerpadla Linde HPR-02 [7].....	39
Obr. 35 Čerpadlo Linde [7].....	39
Obr. 36 Popis čerpadla [7].....	40
Obr. 37 Technické údaje oběhového čerpadla pro Linde HPR-02 [7].....	41
Obr. 38 Technické parametry SIEMENS 1LE1503-1EB43 [8].....	41
Obr. 39 Elektromotor Siemens [8]	41
Obr. 40 Graf průtoku pro Linde 135, při daném tlaku	43
Obr. 41 Sání zubového čerpadla [13].....	43
Obr. 43 Popis pístového čerpadla [9]	44
Obr. 42 Radiální pístové čerpadlo [5]	44
Obr. 44 Technické parametry SIEMENS 1LE1003-1CB23 [8]	45
Obr. 45 Δp -Q charakteristika Pi 50004 filtru [10]	46
Obr. 46 Δp -Q charakteristika Pi 40025 filtru [10]	47
Obr. 47 Vratný filtr [10].....	47

Obr. 48 Vzduchový chladič [6].....	48
Obr. 49 Diagram [6].....	49
Obr. 50 Popis regulace [4].....	50
Obr. 51 Charakteristika otevření šoupátka [5]	52
Obr. 52 Blokové schéma zkušebny	55
Obr. 53 Schéma hydraulického agregátu	56
Obr. 54 Schéma zkušebního stolu.....	57

Seznam použitých zkratek a symbolů

Δp	[Pa]	Tlakový spád
p	[Pa]	Tlak
p_1	[Pa]	Otevírací tlaky ventilu 1
p_2	[Pa]	Otevírací tlaky ventilu 2
p^3	[Pa]	Otevírací tlaky ventilu 3
p_A	[Pa]	Maximální výstupní tlak
p_E	[Pa]	Maximální vstupní tlak
p_{\min}	[Pa]	Minimální tlak
p_m	[Pa]	Maximální tlak
p_n	[Pa]	Jmenovitý tlak
p_o	[Pa]	Otevírací tlak
ρ	[kg/m ³]	Měrná hmotnost
m	[kg]	Hmotnost hmotného tělesa
Q	[dm ³ .min ⁻¹]	Jmenovitý průtok
Q_{\max}	[dm ³ .min ⁻¹]	Maximální jmenovitý průtok
$V_{(\min)}$	[l]	Minimální objem nádrže
y	[m]	Výchylka
$y(t)$	[m]	Výchylka je funkcí času
S	[m ²]	Plocha, do které působí otevírací tlak
g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
t	[s]	Čas
D_n	[mm]	Dimenze
V_g	[m ³ /ot ⁻¹]	Geometrický objem
n	[ot/s ⁻¹]	Otáčky
η_t	[-]	Účinnost celková
η_v	[-]	Účinnost objemová
η_m	[-]	Účinnost mechanická
μ	[-]	Průtokový součinitel
P_o	[W]	Výkon elektromotoru
P_{ch}	[W]	Chladicí výkon
P_z	[W]	Ztrátový výkon
IPG		Čerpadlo s vnitřním ozubením
EPG		Čerpadlo s vnějším ozubením
LS		Load sensing
BP		Snímač tlaku
BT		Snímač teploty
BQ		Snímač průtoku
IS		Inkrementální snímač otáček
BL		Snímač polohy
PH		Přímočarý hydromotor
HM		Hydraulický hydromotor