

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
MATERIÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA
SO SÍDLOM V TRNAVE**

**NÁVRH HYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU
PRE MONTÁŽNE ZARIADENIE**

BAKALÁRSKA PRÁCA

MTF-5310-56834

2011

MICHAL KMEŤ

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
MATERIÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA
SO SÍDLOM V TRNAVE**

**NÁVRH HYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU
PRE MONTÁŽNE ZARIADENIE**

BAKALÁRSKA PRÁCA

MTF-5310-56834

Študijný program:	výrobné zariadenia a systémy
Číslo a názov študijného odboru:	5.2.50 výrobná technika
Školiace pracovisko:	Ústav výrobných systémov a aplikovanej mechaniky
Vedúci záverečnej práce/školiťel:	Ing. Roman Ružarovský, PhD.
Konzultant:	Ing. Roman Ružarovský, PhD.

TRNAVA 2011

MICHAL KMEŤ



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študent: **Michal Kmet'**
ID študenta: 56834
Študijný program: výrobné zariadenia a systémy
Študijný odbor: 5.2.50 výrobná technika
Vedúca práce: Ing. Roman Ružarovský, PhD.
Miesto vypracovania: Katedra technologických zariadení a systémov, Ústav výrobných systémov a aplikovanej mechaniky, MTF STU, Trnava

Názov práce: **Návrh hydraulického riadiaceho systému pre montážne zariadenie**

Špecifikácia zadania:

- Úvod
- 1. Stavba a metodika tvorby hydraulického riadiaceho systému
- 2. Analýza požiadaviek pre hydraulické riadenie montážnych zariadení
- 3. Návrh hydraulického riadiaceho systému pre vybrané montážne zariadenie
- 4. Verifikácia navrhovaného hydraulického riadiaceho systému
- Záver

Riešenie zadania práce od: 14. 02. 2011

Dátum odovzdania práce: 03. 06. 2011

L. S.

Michal Kmet'
Študent


prof. Ing. Karol Velišek, CSc.
Vedúci pracoviska


prof. Ing. Karol Velišek, CSc.
Garant študijného programu

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel poďakovať môju vedúcemu Ing. Romanovi Ružarovskému, PhD. za odbornú pomoc a cenné rady, ktoré mi poskytol pri vypracovaní bakalárskej práce.

SÚHRN

Bakalárska práca je zameraná na návrh hydraulického riadiaceho systému pre montážne zariadenie. Pozornosť je venovaná hlavne návrhu daného montážneho zariadenia. Práca je rozložená na štyri časti (kapitoly) – teoretická, analyzáčnā, návrhovā a praktická časť.

Prvá kapitola sa venuje stavbe a metodike tvorby hydraulického riadiaceho systému. Táto časť približuje samotnú hydrauliku, jej jednotlivé rozdelenia a čiastočne aj jej komponenty. Druhá kapitola sa zaoberá analýzou požiadaviek pre hydraulické riadenie montážnych zariadení vo všeobecnosti. Najdôležitejšia tretia časť je samotný návrh hydraulického riadiaceho systému. Záverečná kapitola sa zaoberá verifikáciou navrhovaného hydraulického systému a jeho praktickým ukážkam.

Kľúčové slová : Hydraulický riadiaci systém, montážne zariadenie, stavba, metodika, analýza, verifikácia, požiadavka.

ABSTRACT

The bachelor work is oriented on design of hydraulic control system for mounting device. We pay attention mainly to this mounting device. The bachelor work is divided into 4 parts (chapters) – theoretical, analyzing, design and practical part.

The first chapter is based on structure and methodology of creating hydraulic control system. In this part we will take a closer look at hydraulics, its individual partitions and partly at its components. The second chapter is dealing with analysis of requirements for hydraulic control mounting devices in general. The most important third part is design of hydraulic control system. The last chapter deals with verification of designed hydraulic system and its practical demonstration.

Key words: Hydraulic control system, mounting device, structure, methodology, analysis, verification, requirement.

OBSAH :

ZOZNAM ILUSTRÁCIÍ.....	9
ZOZNAM TABULIEK	10
ÚVOD.....	11
1. HYDRAULICKÉ RIADIACE SYSTÉMY	12
1.1 Hydraulika.....	12
1.2 Použitie hydrauliky	12
1.2.1 Stacionárna hydraulika	13
1.2.2 Mobilná hydraulika.....	13
1.2.3 Vlastnosti hydraulických zariadení.....	14
1.3 Základné parametre hydrauliky.....	15
1.3.1 Tlak v hydraulike	15
1.3.2 Prietok v hydraulike.....	15
1.4 Tlaková kvapalina	16
1.4.1 Úlohy tlakových kvapalín.....	16
1.4.2 Rozdelenie tlakových kvapalín.....	17
1.5 Stavba hydraulického zariadenia.....	18
1.5.1 Otvorené hydraulické obvody.....	20
1.5.2 Uzavreté hydraulické obvody	20
1.6 Hydraulický pohon.....	21
1.6.1 Priamočiare hydraulické valce.....	21
1.6.2 Hydromotory.....	23
1.7 Hydraulické riadiace prvky	24
1.7.1 Tlakové ventily	24
1.7.2 Rozvádzacie ventily.....	26
1.7.3 Uzatváracie ventily	27
1.7.4 Prietokové ventily	29

1.8	Hydraulické čerpadlá	31
1.9	Príslušenstvo	32
1.9.1	Prvky na prenos kvapaliny.....	32
1.9.2	Prvky na snímanie a meranie veličín	33
1.9.3	Zásobníky.....	34
1.9.4	Hydraulické filtre	35
2.	POŽIADAVKY PRE HYDRAULICKÉ MONTÁŽNE ZARIADENIA.....	36
2.1	Analýza požiadaviek	36
2.2	Požiadavky na komponenty hydraulických zariadení.....	37
2.2.1	Pohon zariadenia.....	37
2.2.2	Riadenie energie zariadenia	38
2.2.3	Zdroj energie	40
3.	NÁVRH HYDRAULICKÉHO MONTÁŽNEHO ZARIADENIA.....	41
3.1	Stanovenie problematiky zariadenia	41
3.2	Návrh a stanovenie veličín hydraulického zariadenia.....	44
3.2.1	Návrh predbežnej hydraulickej schémy zapojenia	44
3.2.2	Krokový diagram priebehu činností zariadenia	45
3.2.3	Návrh hydraulických valcov	46
3.2.4	Výpočet objemového prietoku čerpadla	48
3.2.5	Dimenzovanie veľkostí zásobníka	48
3.2.6	Výpočet prierezu vedení	49
3.2.7	Určenie hnacieho výkonu elektromotora	49
3.2.8	Výpočet maximálneho elektrického prúdu	50
3.2.9	Vypracovanie hydraulickej schémy zapojenia	50
4.	VERIFIKÁCIA NAVRHOVANÉHO HYDRAULICKÉHO ZARIADENIA.....	52
	ZÁVER	55
	ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV.....	56

ZOZNAM ILUSTRÁCIÍ :

Obr. 1	Obrábacie zariadenie - CNC sústruh	13
Obr. 2	Stavebný stroj – pásový bager	14
Obr. 3	Schéma stavby hydraulického mechanizmu	18
Obr. 4	Spôsob tvorenia signálov – ovládanie ventilov	19
Obr. 5	Schéma jednoduchého otvoreného obvodu	20
Obr. 6	Schéma jednoduchého uzavretého obvodu	20
Obr. 7	Jednočinný plunžrový valec v reze	22
Obr. 8	Dvojčinný hydraulický valec – teleskopický	22
Obr. 9	Rozdelenie hydromotorov podľa konštrukcie	23
Obr. 10	Axiálny piestový hydromotor	24
Obr. 11	Ručne ovládané ventily obmedzujúce tlak	25
Obr. 12	Priamo ovládaný regulačný ventil	25
Obr. 13	Priamo ovládaný rozvádzač ventil – pákami	27
Obr. 14	Jednosmerné spätné ventily	28
Obr. 15	Riadené spätné ventily	29
Obr. 16	Škrtiace ventily so spätnou väzbou	30
Obr. 17	Prietokové 2-cestné regulačné ventily	30
Obr. 18	Rozdelenie hydraulických čerpadiel podľa konštrukcie	31
Obr. 19	Hydraulické piestové čerpadlo	32
Obr. 20	Hadicové vedenie	33
Obr. 21	Tlakový elektrický snímač s digitálnym výstupom	34
Obr. 22	Hydraulický agregát so zásobníkom	34
Obr. 23	Schéma toku energie a pracovnej kvapaliny	37
Obr. 24	Dvojčinný hydraulický valec	38
Obr. 25	Redukčný tlakový ventil	39

Obr. 26	4- cestný trojpolohový rozvádzač ventil.....	39
Obr. 27	Uzatvárací ventil	39
Obr. 28	Škrtiaci ventil.....	40
Obr. 29	Konštantné objemové čerpadlo.....	40
Obr. 30	Normalizované lisované súčiastky.....	41
Obr. 31	Schéma pohybov montážnej jednotky	43
Obr. 32	Návrh predbežnej schémy hydraulického zapojenia	45
Obr. 33	Krokový diagram znázorňujúci operácie upínanie a lisovanie.....	45
Obr. 34	Schéma zapojenia hydraulického riadenia montážneho zariadenia.....	51
Obr. 35	Základná poloha hydraulických valcov	52
Obr. 36	Vedľajšia operácia - upínanie	53
Obr. 37	Hlavná operácia - lisovanie.....	53
Obr. 38	Návrat do základnej polohy	54
Obr. 39	Zaistenie polohy hydraulických valcov – spätným ventilom	54

ZOZNAM TABULIEK :

Tab. 1	Rozdelenie ekologických kvapalín	18
Tab. 2	Príklady spínacích polôh a označovanie ciest.....	26
Tab. 3	Rozdelenie a označovanie uzatváracích ventilov	28
Tab. 4	Technické údaje lisovacieho valca	46
Tab. 5	Technické údaje upínacieho valca	48
Tab. 6	Technické údaje čerpadla	48
Tab. 7	Označenie hydraulických prvkov v schéme	50

ÚVOD

Hydraulika sama o sebe predstavuje významný prostriedok, bez ktorého sa človek v živote ťažko zaobíde. Už oddávna človek používal nástroje a postupom času aj stroje na uľahčenie fyzickej práce. Jedným s týchto prostriedkov sú aj hydraulické zariadenia, ktoré zohrávajú v súčasnosti významnú úlohu vo všetkých riadiacich a výrobných procesoch.

Tieto zariadenia sú významnou časťou automatizácie a mechanizácie. Stále napredovanie a rozvoj techniky dáva hydraulike nové podoby, ktoré nachádzajú svoje uplatnenie v širokej škále rôznych zariadení a strojov. Hydraulické mechanizmy majú v porovnaní s inými mechanizmami viaceré výhody, z ktorých najvýznamnejšie sú vysoká výkonnosť, dobrá spoľahlivosť a jednoduchosť. Dokážu vyvinúť dostatočne veľké sily na zdvíhanie, prenášanie a na ďalšie mnohé iné operácie.

Človek dochádza do styku s hydraulikou pomerne často, ako napríklad v práci, doma alebo vo voľnom čase.

1. HYDRAULICKÉ RIADIACE SYSTÉMY

1.1 Hydraulika

S príchodom nových technológií do rôzneho odvetvia priemyslu, dochádza k rozšíreniu využívania oblasti hydrauliky . Pre jednotlivé oblasti hydrauliky existuje mnoho názvov, pod pojmom hydraulika sa rozumie produkovanie síl a pohybov prostredníctvom tlakových kvapalín. Tlakové kvapaliny sú v tomto prípade médium slúžiacim na prenos energie [1].

Podľa základnej formy energie použitej v zariadení na prevod energie je možné rozdeliť hydraulické systémy na :

- hydrostatické mechanizmy (využíva sa tlaková energia),
- hydrodynamické mechanizmy (využíva sa kinetická energia),
- hydrotermické mechanizmy (využíva sa tepelná energia),
- hydrodeformačné mechanizmy (využíva sa deformácia).

Medzi najpoužívanjšie zariadenia v oblasti automatizácie a mechanizácie sú v tejto dobe hydrostatické mechanizmy [2].

1.2 Použitie hydrauliky

Pre zvládnutie svojho života potrebuje človek veľkou silou podporné pohyby. Sila svalov je už viac ako 200 rokov nahrádzaná prostredníctvom strojov. Medzi prvé zostavené stroje , kde bola využitá hydraulika sa môžu zaradiť hydraulické lisy. V šesťdesiatych rokoch to boli predovšetkým hydraulické mechanizmy, ktoré sa uplatnili pri vytváraní prvých konfigurácií priemyselných robotov.

Veľký význam hydrauliky v modernej automatizačnej technike je očividný predovšetkým z veľkého rozsahu jej využitia .

Jedným zo základných rozdelení hydrauliky je :

- stacionárna hydraulika,
- mobilná hydraulika.

1.2.1 Stacionárna hydraulika

Stacionárna hydraulika je viazaná pevne na jednom mieste . Typickou oblasťou využitia je výroba v obrábacích zariadeniach ako napr. CNC obr.1 . Pri týchto zariadeniach sú obrobky upínané hydraulicky. Posuvy nástrojov a pohon hriadeľov môže byť taktiež riešené hydraulicky .

Významné sú aj oblasti hydrauliky ako výťahy, vstrekovacie zariadenia, zdvíhacie a ťažné zariadenia, dopravné linky, valcovacie trate , lisovacie zariadenia a mnohé iné . Pri stacionárnej hydraulike sú používané prevažne elektromagnetické riadiace prvky [1] .



Obr. 1 Obrábacie zariadenie - CNC sústruh [10]

1.2.2 Mobilná hydraulika

Táto hydraulika je charakterizovaná pohybom napr. na kolesách alebo na pásoch. Oblasť využitia sú v stavebných strojoch, v poľnohospodárskych strojoch, v zdvíhadlách, v ťažných zariadeniach, v chápadlách, vo vyklápacích strojoch a vo veľa ďalších. Sprievodným znakom mobilnej hydrauliky je, že riadiace prvky sú vo viacerých prípadoch uvádzané do činnosti ručne .

Pri stavebných strojoch, napr. bagre obr. 2 , ponúka hydraulika pohon pre všetky pracovné pohyby (zdvíhanie, otáčanie, atď.), ako aj pohon pohybového mechanizmu . Ďalej možno uviesť ďalšie oblasti použitia hydrauliky : baníctvo, lodiarstvo, výroba lietadiel, chemický priemysel, textilné stroje. Všetky ďalšie možnosti použitia sú zhrnuté pod jeden termín : Všeobecná konštrukcia strojných zariadení, v ktorom sa skrýva veľké množstvo zaujímavých aplikácií hydrauliky [1] .



Obr. 2 Stavebný stroj – pásový bager [11]

1.2.3 Vlastnosti hydraulických zariadení

Hydraulické zariadenia majú svoje priaznivé a nepriaznivé vlastnosti . Všetade tam ,kde sú použité tieto zariadenia , by mali prevládať kladné vlastnosti nad zápornými . Niekedy sa používajú len pre niektorý atribút, ktorý nejde dosiahnuť inými prostriedkami [3].

- Hlavné výhody hydrauliky :

- prenos veľkých síl pri použití malých súčiastok, to znamená vysoký merný výkon,
- vysoká flexibilita priestorového uloženia pohonov a zariadení,
- rozbeh z pokojového stavu pod maximálnou záťažou,
- samomazanie a s tým spojený bezporuchový chod,
- dobrá ovládateľnosť a regulovateľnosť,
- veľmi dobrý odvod tepla,
- jednoduchá ochrana proti preťaženiu .

- Nevýhody týkajúce sa hydrauliky :

- hrozba znečistenia okolia presakujúcim médiom (nebezpečenstvo úrazu),
- citlivosť voči teplotným zmenám kvapaliny pod tlakom,
- nákladné riadenie systému (napr. technologická náročnosť alebo nepretržitý dozor),
- citlivosť na nečistoty , z tohto dôvodu je nutné kontrolovať a filtrovať kvapalinu,
- nebezpečenstvo kvôli vysokým tlakom (rezný prúd).

1.3 Základné parametre hydrauliky

1.3.1 Tlak v hydraulike

Hydraulika je náuka o silách a pohyboch, ktoré sú prenášané pomocou tlakových kvapalín. Priradiť ju je možné k hydromechanike, ktorá sa rozdeľuje na dve časti :

- na hydrostatiku – pôsobenie tlaku na danú plochu,
- na hydrodynamiku – silové pôsobenie hmotnosti násobené zrýchlením.

Hydrostatický tlak v kvapalinách je spôsobený ich hmotnosťou. V gravitačnom poli pôsobí tiaž silou na vrstvy pod nimi. Gravitačná sila prepočítaná na plochu vyjadruje hydrostatický tlak v danej výške (hlbke) [4].

$$- p_s = h \cdot \rho \cdot g ,$$

$$p_s = \text{hydrostatický tlak [tlak od tiaže]} \quad [\text{Pa}],$$

$$h = \text{výška kvapalinového stĺpca} \quad [\text{m}],$$

$$\rho = \text{hustota kvapaliny} \quad [\text{kg/m}^3],$$

$$g = \text{gravitačné zrýchlenie} \quad [\text{m/s}^2].$$

Hydrostatický tlak nie je závislý od tvaru nádoby, ale je závislý iba od výšky kvapalinového stĺpca a hustoty kvapaliny.

1.3.2 Prietok v hydraulike

Pod pojmom objemový prietok sa rozumie objem kvapaliny, ktorý pretečie v určitom časovom úseku cez potrubie. V hydraulike sa objemový prietok označuje Q [4].

$$- Q = V / t ,$$

$$Q = \text{objemový prietok} \quad [\text{m}^3/\text{s}],$$

$$V = \text{objem} \quad [\text{m}^3],$$

$$t = \text{čas} \quad [\text{s}].$$

1.4 Tlaková kvapalina

Pracovná kvapalina je plnohodnotným prvkom hydraulického systému . Plní plnú radu funkcií, je mechanicky, tepelne a chemicky namáhaná a vyžaduje si rovnako dôležitú údržbu ako hociktorý iný prvok hydraulického obvodu . Značnou voľbou pracovnej kvapaliny ovplyvňuje budúcu spoľahlivú funkciu celého systému a náklady na jeho riadenie a údržbu. Kvapalina môže byť tiež významným zdrojom informácií o pracovnom stave hydraulického systému. Metódami technickej diagnostiky kvapalín môže zistiť pred poruchové stavy zariadení a včas reagovať [5].

Pracovné kvapaliny je možné rozdeliť podľa ich použiteľnosti hľadiska ako spĺňajú požiadavky na :

- horľavosť,
- biologickú odbúrateľnosť,
- vzájomnú miešateľnosť,
- jedovatosť.

Napriek tomu možnosti ich použitia sú veľmi rozsiahle , ako napr. : pri zariadeniach na tlakové liatie , pri kováčskych lisoch , v regulačných zariadeniach turbín v elektrárnach, v hutníctve a na valcovacích tratiach , v baníctve pri ťažbe uhlia [1].

1.4.1 Úlohy tlakových kvapalín

Bezchybná činnosť , životnosť, bezpečnosť prevádzky , úspornosť hydraulických zariadení sú rozhodujúcou a konečnou voľbou pre použitie kvapaliny .Vo všeobecnosti musia hydraulické oleje, respektíve kvapaliny spĺňať nasledujúce požiadavky [6] :

- prenos tlaku bez toho, aby sa tlakom menil podstatne ich objem ,
- zabezpečenie dobrej schopnosti znášať zaťaženie medzi pohybujúcimi sa plochami,
- znižovanie trenia a znižovanie opotrebenia,
- ochrana mazacích povrchov kovov proti účinkom korózie,
- odolnosť voči oxidácii, aby mazacia schopnosť ostala počas celej doby používania,
- potláčanie tvorby peny bez toho, aby tým bola ovplyvnená schopnosť odlučovať vzduch,

- rýchle oddelenie vlhkosti, alebo vzniknutej vody od prevádzkovej kvapaliny tak, aby sa zabránilo tvorbe nežiaducich emulzií,
- dobrá čistiaca schopnosť, aby sa nečistoty neusadzovali na prvkoch a pod. ,
- dostatočne malá viskozita aj pri nízkych teplotách .

1.4.2 Rozdelenie tlakových kvapalín

Tlakové kvapaliny môžeme rozdeliť na :

- hydraulické oleje,
- ťažko zápalné kvapaliny,
- ekologické kvapaliny.

Vlastnosti tlakových kvapalín závisia tak od základnej kvapaliny, ako aj od malých množstiev primiešaných prísad .

Hydraulické oleje – sú všeobecne kvapaliny vyrobené destiláciou ropy a upravené rôznymi technológiami pre získanie potrebných vlastností . Zodpovedajú norme *DIN 51524* a *51525* a delia sa do troch skupín :

- *HL* – Hydraulický olej na ochranu proti korózii a zvýšenie odolnosti proti starnutiu. Používajú sa v zariadeniach , v ktorých sa vyskytujú vysoké tepelné namáhania a z dôvodu výskytu vody.
- *HLP* – Hydraulický olej so zvýšenou ochranou proti opotrebeniu. Tieto oleje sa používajú v zariadeniach, kde dochádza rôznym druhom treniam .
- *HV* – Hydraulický olej s najmä minimálnou viskóznou a teplotnou závislosťou . Používajú sa pri nízkych a často sa meniacich teplotách .

Ťažko zápalné tlakové kvapaliny – sú kvapaliny, alebo zmesi kvapalín, ktoré nahrádzajú hydraulické oleje v zariadeniach , kde hrozí nebezpečie výbuchu alebo požiaru. Tieto tlakové kvapaliny sa vyskytujú s obsahom a bez obsahu vody. Prehľad kvapalín :

- *HFA* – sú zložené s olejovo-vodných emulzií,
- *HFB* – vodovo-olejové emulzie,
- *HFC* – vodné roztoky , napr. voda – glykol,
- *HFD* – kvapaliny bez obsahu vody , napr. ester fosfátu .

Ekologické kvapaliny – v porovnaní s hydraulickým olejom znižujú zaťaženie životného prostredia pri haváriách. Rozdelenie ekologicky šetrných kvapalín podľa ISO je uvedené v tab.1.

Tab. 1 Rozdelenie ekologických kvapalín [5]

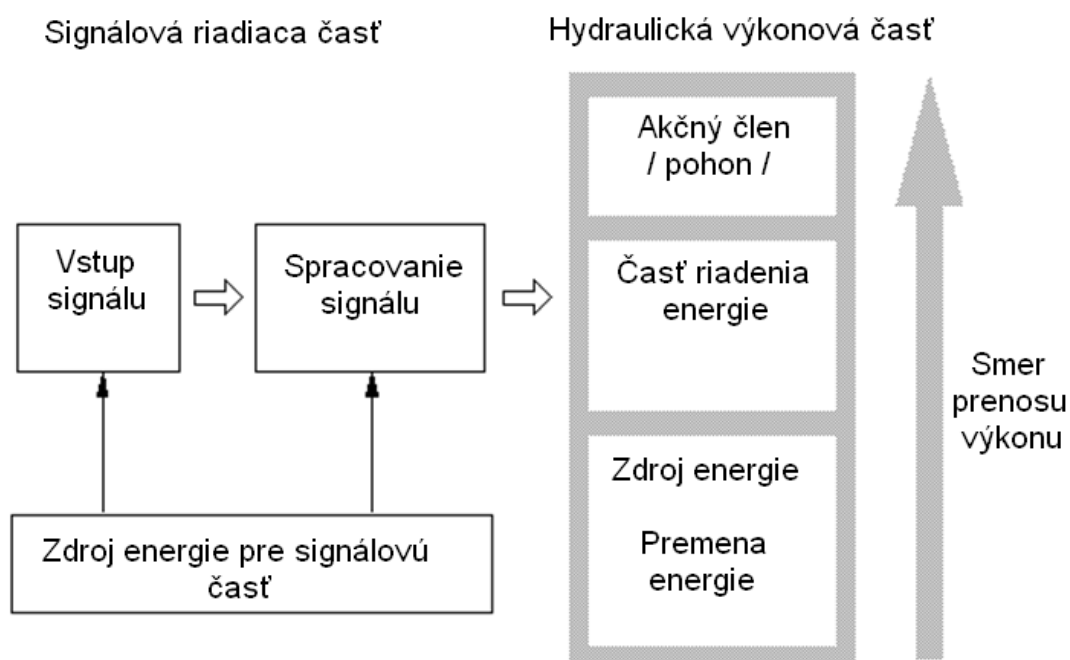
Druh kvapaliny	Označenie
roślinný olej	HTG
polyglykoly	HPG
syntetické estery	HE

V praxi je viac ako 80 % všetkých tlakových kvapalín v hydraulických zariadeniach na vysokom stupni znečistenia. Triedy znečistenia merané podľa SAE AS 4059 >12A alebo > ISO 22/19/16 nie sú v hydraulických zariadeniach žiadnou zvláštnosťou. O to dôležitejšia je efektívna starostlivosť o olej [12].

1.5 Stavba hydraulického zariadenia

Hydraulický mechanizmus je možné rozdeliť do konkrétnych stavebných celkov, obr. 3:

- riadiaca signálová časť,
- výkonová silová časť : zdrojová časť , pohonná časť , časť riadenia energie .



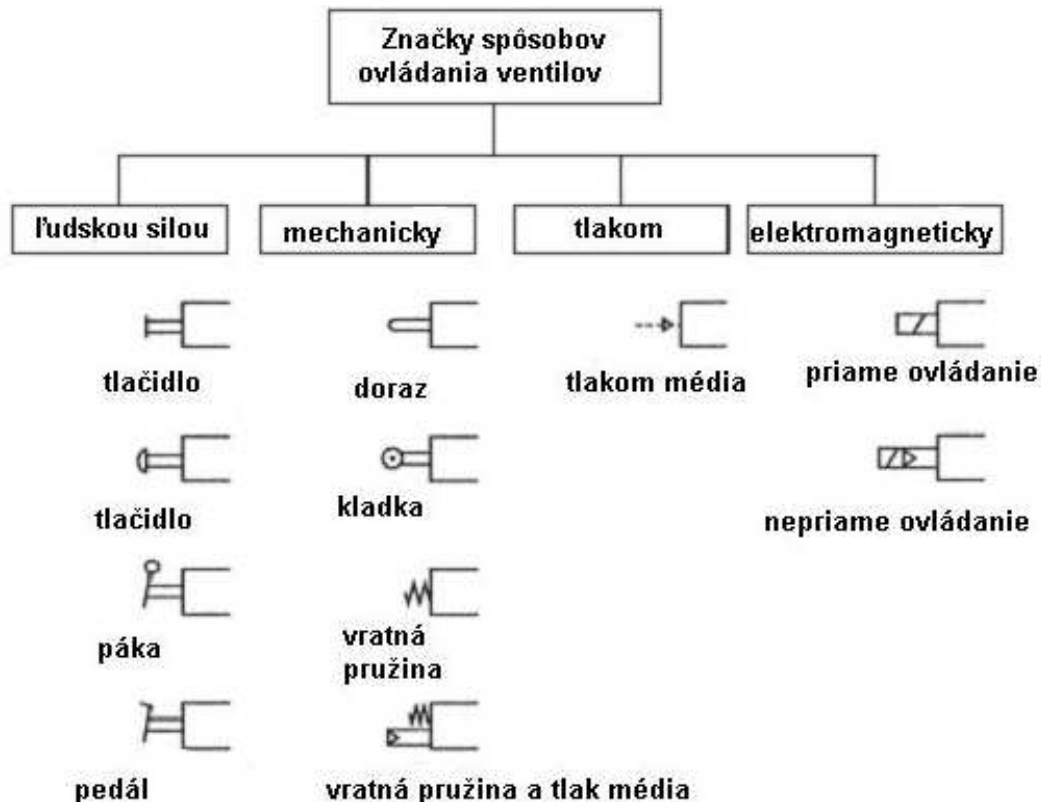
Obr. 3 Schéma stavby hydraulického mechanizmu

Zdrojová časť – v tejto časti hydraulického zariadenia sa vytvára hydraulická energia a prebieha tu príprava tlakovej kvapaliny. Na premenu elektrickej energie na mechanickú a potom na hydraulickú za pomoci prvkov ako : elektromotor , spaľovací motor, spojka, čerpadlo, ukazovateľ tlaku a ochranné zariadenie [6].

Časť riadenia energie – je to tok privádzaný k pohonu podľa požiadaviek riadenia výkonovej časti , sú to riadiace prvky prietoku a tlaku.

Pohonná časť- vykonáva rôzne pohyby stroja alebo výrobného zariadenia. Energia dosiahnutá v tlakovej kvapaline sa využíva pre pohyb alebo pre sily . Dosahuje sa to pomocou hydromotorov a valcov.

Signálová časť pozostáva zo signálových vstupov (senzory, snímače) a časť spracovania signálov (procesory) . Signály môžu byť tvorené , obr. 4 : manuálne, mechanicky, tlakom nejakého média a špeciálne na dlhšie vzdialenosti. Pre spracovanie signálov existujú možnosti : človek, elektrotechnika, elektronika, pneumatika, mechanika a hydraulika [1].



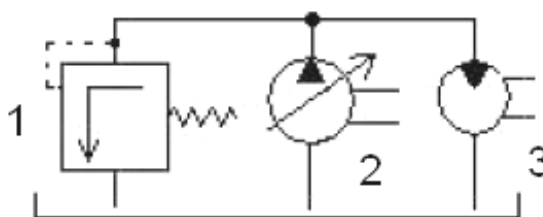
Obr. 4 Spôsob tvorenia signálov – ovládanie ventilov [7]

Podľa základného usporiadania stavebných celkov sa hydraulické obvody rozdeľujú na :

- otvorené obvody (hlavná časť kvapaliny sa po odovzdaní energie hydromotoru vracia do nádrže),
- uzavreté obvody (hlavná časť kvapaliny po odovzdaní energie plynulo vracia na vstup do hydrogenerátora).

1.5.1 Otvorené hydraulické obvody

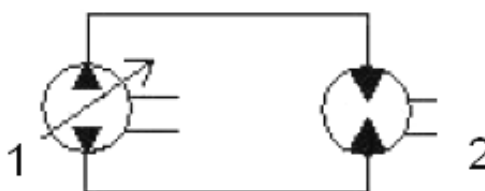
Tieto obvody sa používajú v hydraulických mechanizmoch v priemysle a na mobilných pracovných strojoch na riadiacu a pracovnú hydrauliku. Otvorené hydraulické obvody sú vhodné najmä pre jednoduché zariadenia napr. ako na obr. 5 , ktoré majú nízku náročnosť z hľadiska výkonu stroja a pre priamočiare pohony [6].



Obr. 5 Schéma jednoduchého otvoreného obvodu (1- Tlakový ventil , 2- Regulačný hydrogenerátor , 3- Hydromotor)

1.5.2 Uzavreté hydraulické obvody

Majú rovnomerný pracovný pohyb, pretože systém pracuje do protikladu ako na obr. 6 a z toho vyplýva zvýšená stabilita i pri častej reverzácii pohybu. Používajú sa najmä v pohonoch pojazdu mobilných pracovných strojov , u rozličných pomocných pohonoch a pohonoch stacionárnych hydraulických zariadení [6].



Obr. 6 Schéma jednoduchého uzavretého obvodu (1- Obojsmerný regulačný hydrogenerátor , 2 – Obojsmerný hydromotor)

1.6 Hydraulický pohon

Hydraulický pohon je zariadenie určené k tomu, aby predpísaným spôsobom uviedol poháňaný stroj, alebo jeho časť do požadovaného pohybového stavu.

Hydraulické pohony sú rozdelené podľa vykonávania pohybu výstupného člena na :

- lineárne pohony (priamočiare valce),
- rotačné pohony (hydromotory) .

1.6.1 Priamočiare hydraulické valce

Hydraulické valce premieňajú hydraulickú energiu na mechanickú energiu , sú to tzv. aktuátory. Valce sa preto často označujú ako protiklad rotačných pohonov pod názvom lineárne pohony . Jednoducho povedané valec je veľmi jednoduchým hydraulickým zariadením . V tlakovo utesňovacom valci, ktorý je obohatený o vstupné a výstupné napájanie sa pohybuje piest s piestnou tyčou. Tesnenia, tlmenie , odsávanie a upevňovacia technika ich však robí vysoko hodnotenými zariadeniami [9].

Na základe funkčnosti sú rozlíšené dva typy hydraulických valcov :

- jednočinný valec,
- dvojčinný valec .

Jednočinné valce majú v styku s tlakovou kvapalinou iba jednu stranu piestu . Preto môže valec vykonávať pohyb alebo prácu iba v jednom smere. Tieto valce pracujú tak ,že tlaková kvapalina prúdi do pracovného priestoru piestu . Na piest je vplyvom záťaže vyvíjaný tlak. Po prekonaní tohto zaťaženia sa piest posúva do prednej koncovej polohy .

Pri spätnom posuve je pracovný priestor piestu prepojený prostredníctvom potrubia a rozvádzacieho ventilu s nádržou , zatiaľ čo tlakové potrubie je rozvádzacím ventilom uzavreté. Spätný zdvih je spôsobený vlastnou tiažou, pomocou pružiny alebo záťažou. Pri tom vzniknuté sily musia prekonať trecie sily vo valci, ako aj v potrubiach a ventiloch a vytlačiť tlakovú kvapalinu do odtokového potrubia [1].

Jednočinné valce sa používajú všade tam , kde je potrebné vykonanie práce iba v jednom smere. Príklady použitia : zdvíhanie obrobkov, upínanie , spúšťanie , hydraulické výtťahy, nožnicové zdvíhacie stoly, zdvižné plošiny a atď. [1].

Jednočinné hydraulické valce :

- jednostupňové (plunžrový na obr. 7),
- viacstupňové (teleskopické) .

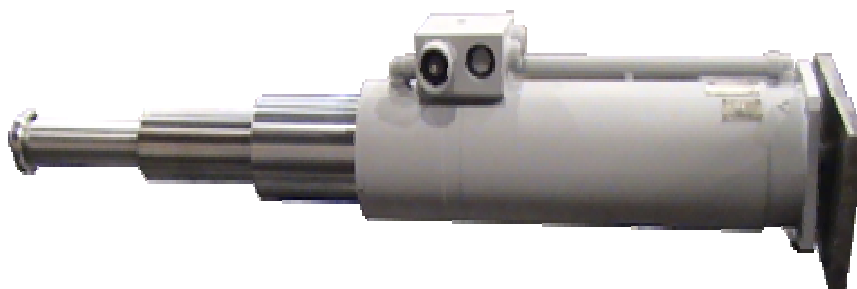


Obr. 7 Jednočinný plunžrový valec v reze [13]

Dvojčinné valce môžu mať v styku s tlakovou kvapalinou obe strany , respektíve plochy valca. Preto je možné, aby takýto valec konal prácu v oboch smeroch.

Dvojčinné hydraulické valce môžu byť vyhotovené ako :

- diferenciálny valec,
- synchronný valec,
- valec s tlmením koncových polôh,
- teleskopický valec, obr. 8,
- tandemový valec .



Obr. 8 Dvojčinný hydraulický valec – teleskopický [14]

Tieto valce pracujú na princípe :

Tlaková kvapalina prúdi do pracovného priestoru piestu a pôsobí na plochu piestu A . Vonkajšie a vnútorné odpory vytvárajú tlak . Zo vzťahu $F = p \cdot A$, vyplýva sila F z tlaku p a plochy piestu A . Tým sa prekonajú odpory a piestna tyč sa vysúva. Dochádza k premene hydraulickej energie na mechanickú, ktorá je k dispozícii pre spotrebič. Piestna tyč sa zasúva a olej je piestom vytláčaný z pracovného priestoru piestu [1].

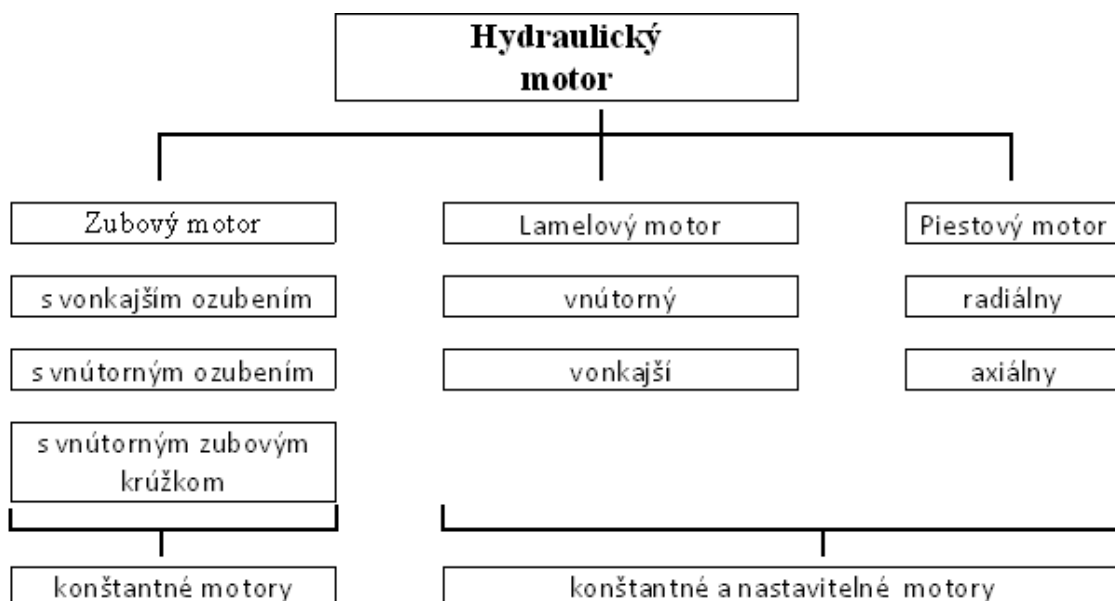
Dvojčinné valce majú pri rovnakom objemovom prietoku rozdielne rýchlosti vysúvania a zasúvania piestnej tyče. Čím má piestna tyč väčší prierez , tým rýchlejšie sa piest zasúva, pretože plniaci sa priestor na tejto strane piesta je menší [9].

1.6.2 Hydromotory

Hydraulické motory sú vo všeobecnosti pohony, kde hnacia časť vykonáva rotačný alebo kyvný pohyb. Možno ich rozdeliť podľa konštrukcie obr. 9 na zubové , piestové a lamelové motory .

Hydromotory sa spravidla delia na :

- konštantné motory = konštantný zdvihový objem ,
- nastaviteľné motory = nastaviteľný zdvihový objem .



Obr. 9 Rozdelenie hydromotorov podľa konštrukcie

U hydromotorov dochádza k premene tlakovej energie kvapaliny na mechanickú energiu . Svojou konštrukciou , stavbou a funkciou zodpovedajú hydraulickým čerpadlám. Základným konštrukčným parametrom hydromotorov je geometrický objem, od ktorého sú odvodzované vzťahy na určenie výkonových veličín a konštrukčných parametrov [6].

Parametre hydromotora (obr.10) umožňujú voľbu vhodných hydraulických komponentov už počas plánovania. Vypovedajú o tom pri akých prevádzkových podmienkach je možné dosahovať dobrú funkčnosť a dlhú životnosť hydromotorov [9].



Obr. 10 Axiálny piestový hydromotor [15]

1.7 Hydraulické riadiace prvky

Vzhľadom na rôzne úlohy , ktoré riadiace prvky plnia je ich možné deliť na :

- tlakové ventily,
- rozvádzače ventily,
- uzatváracie ventily,
- prietokové ventily.

1.7.1 Tlakové ventily

Úlohou tlakových ventilov je ovplyvňovať tlak v celom hydraulickom zariadení alebo aspoň v jeho časti.

Tlakové ventily sa rozdeľujú podľa činnosti na :

- ventily obmedzujúce tlak ,
- tlakové regulačné ventily , tzv. redukčné ventily .

Ventily obmedzujúce tlak na obr.11 sú konštruované ako sedlové alebo ventily s posúvačom. Používajú sa na nastavenie a obmedzenie tlaku v hydraulickom zariadení . Pomocou tlakovej pružiny môže byť u týchto tlakových ventilov tesniaci prvok tlačný na vstupnú prípojku alebo posúvač posúvaný cez otvor prípojky nádrže . Toto je možné vykonávať len v pokojovom stave [9].



Obr. 11 Ručne ovládané ventily obmedzujúce tlak [16]

Pracujú na nasledovnom princípe :

Na plochu činného prvku pôsobí vstupný tlak, ktorý vytvára zároveň silu. Sila pružiny je nastaviteľná . Pokiaľ sila, ktorá vzniká pôsobením vstupného tlaku prekročí pružinu, ventil sa začne otvárať. Zvyšujúci tlak zapríčiňuje stále sa otváranie ventilu dovtedy , pokým nebude odtekať celý objemový tok čerpadla do nádrže. Ventily obmedzujúce tlak majú v hydraulických rôzne použitia ako napr. : bezpečnostné ventily , stabilizačné ventily, brzdiace ventily alebo postupové ventily [1].

Tlakové regulačné ventily na obr. 12 sa používajú na zníženie pracovného tlaku kvapaliny v hydraulickom systéme, pre použitie v riadiacich obvodoch alebo pri vedľajších operáciách. Slúžia k zmene vstupného tlaku (vyššieho) na tlak výstupný (nižší) .



Obr. 12 Priamo ovládaný regulačný ventil [16]

Popis funkcie regulačných ventilov :

Pokiaľ na ich vstupe tlak neprekročí nastavenú hodnotu, tak na ich výstupe tok kvapaliny ventilom voľne preteká . V prípade, že sa tlak na vstupe zvýši nad nastavenú hodnotu na výstupe, tak sa presunie riadiaci člen ventilu a priškrtnie prietok [6].

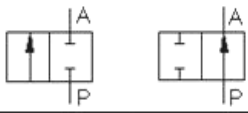
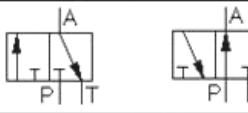
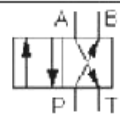
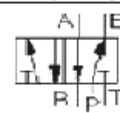
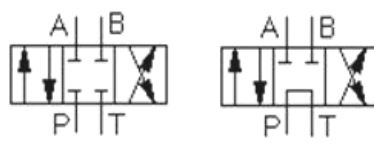
1.7.2 Rozvádzače ventilov

Riadia smer prúdenia tlakovej kvapaliny a tým a smer pohybu a polohovanie pracovných prvkov mechanizmu. Tieto ventily môžu byť ovládané manuálne, mechanicky, elektricky, pneumaticky alebo hydraulicky [1].

Rozvádzače sa rozdeľujú podľa počtu polôh a počtu prípojných ciest na, tab. 2 :

- dvojpohodové : 2/2 , 3/2 , 4/2 , 5/2 ,
- trojpohodové : 4/3 ,
- viacpohodové .

Tab. 2 Príklady spínacích polôh a označovanie ciest

Dvojpohodové rozvádzače	2 - cestný	
	3 - cestný	
	4 - cestný	
	5 - cestný	
Trojpohodové rozvádzače	4 - cestný	

Polohou je každé pripojenie prípojov, ktoré umožňuje rozvádzač trvalo nastaviť. Okrem prepojovacích obrázkov v jednotlivých polohách uvádzajú výrobcovia aj

prepojovacie obrazce v medzi polohách. Cesty v tab. 2 sú pripojovacie miesta k hlavnému hydraulickému vedeniu [6].

Označenie pripojenia býva spravidla *P* (prírodné tlakové vedenie - "pressure"), *T* (nádrž - "tank"), *A* a *B* (vedenia s riadeným smerom prietoku) . Pri ovládaní polôh posúvača tlakovým médiom sú riadiace vedenia *X* a *Y* .

Zásadne sa pri rozvážacích ventiloch rozhoduje medzi priamym a nepriamym spôsobom ovládania. Pri priamom spôsobe ovládania ako na obr. 13 sa posúvač v telese ventilu pohybuje ručne, mechanicky, pneumaticky, hydraulicky alebo elektromagneticky.



Obr. 13 Priamo ovládaný rozvážací ventil – pákami [15]

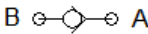
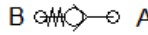
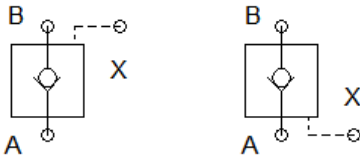
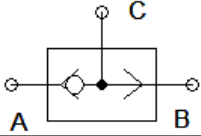
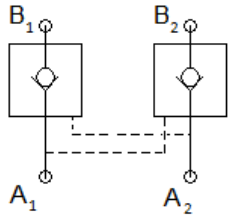
Priamo ovládané ventily je možné prepínať do viacerých polôh .Pri vyšších tlakoch vznikajú také rušivé sily, že bezpečné prehodenie napríklad pomocou elektromagnetu už nie je možné . V týchto prípadoch sa používajú nepriamo účinkujúce , často nazývané nepriamo ovládané rozvážacie ventily. Pri nepriamo riadených ventiloch ovládacia sila len uvoľní prístup pomocného tlakového média a až ten prepne polohu ventilu [9].

1.7.3 Uzatváracie ventily

Uzatváracie ventily v tab. 3 sa rozdeľujú na :

- spätné ventily (nezaťažené a zaťažené pružinou) ,
- riadené spätné ventily .

Tab. 3 Rozdelenie a označovanie uzatváracích ventilov

Nezaťažný spätný ventil	
Zaťažný spätný ventil s pružinou	
Riadený spätný ventil (riadiacim signálom)	
Prepínací ventil	
Riadený dvojité spätný ventil	

Pracujú na nasledovnom princípe :

Tesniaci prvok (kužeľ, guľička) je zatláčaný do odpovedajúcej dosadanej polohy. Ventil môže byť otvorený objemovým prietokom v smere toku tak , že tesniaci prvok bude nadvihovaný z dosadanej polohy [1].

Spätné ventily na obr. 14 majú za úlohu, objemový prietok v smere povoliť a v protismere voľný prietok uzavrieť. Uzavieranie má byť voľno-netesné, preto sú tieto ventily prevažne realizované v sedlovej konštrukcii. Uzatváracie členy sú použité guľky , kužeľ alebo tanier ventilu. Použitie spätných ventilov je veľmi mnohostranné . V niektorých prípadoch sa tiež používajú ako tlakové ventily a je možné ich použiť ako tlakové ventily k otváraní obtoku napr. pri znečistení filtra [9].



Obr. 14 Jednosmerné spätné ventily [17]

Riadené spätné ventily na obr. 15 môžu byť otvorené hydraulicky aj proti príslušnému tlaku. Pri týchto ventiloch môže byť prietok v protismere uvoľnený pomocou riadiaceho signálu. Uzatváracie plochy spätných kužeľov alebo guliek sú menšie, a preto vzniká prebytok sily v smere otvárania . Tieto ventily sa používajú tam, kde na jednej strane je potrebné zabrániť pohybu valca v stave pokoja a v smere blokovania. Na druhej strane by mali byť pohyby vykonané v blokovanom smere na povel [9].



Obr. 15 Riadené spätné ventily [16]

1.7.4 Prietokové ventily

Prietokové ventily ovplyvňujú rýchlosť valca a otáčky motora. Pretože sú obe veličiny závislé od objemového prietoku, musí byť zmenšený práve tento prietok.

Prietokové ventily sa podľa ich riadiacej alebo regulačnej funkcie rozdeľujú na :

- škrtiace ventily ,
- regulačné prietokové ventily.

Princíp zmenšovania prietoku vo ventile :

Zmenšením prietokového prierezu vo ventile dôjde pred ním ku zvýšeniu tlaku. Tento tlak spôsobí otvorenie ventilu obmedzujúceho tlak a tým rozdelenie objemového prietoku. Rozdelením prietoku sa dosiahne to, že tok potrebný pre dané otáčky alebo pre vysunutie piesta tečie ku pracovnému prvku a zvyšok je odvádzaný preč cez ventil obmedzujúci tlak do tlakovej nádrže [1].

Škrtiace ventily na obr. 16 umožňujú plynulé riadenie prietoku pracovnej kvapaliny v celom rozsahu prietoku. To znamená, že odpor proti prietoku je premenlivý. Škrtiace

teliesko môže byť v tvare ihly, posúvača so zrazenou nábehovou hranou alebo s trojuholníkovým zápichom. Často sú používané s požiadavkami škrtiť prietok iba v jednom smere a v opačnom smere prietok uvoľniť. Toto sa dosahuje použitím škrtiacich ventilov s paralelne pripojeným jednosmerným ventilom s tzv. spätnou väzbou [6].



Obr. 16 Škrtiace ventily so spätnou väzbou [17]

Podľa konštrukcie je možné rozdeliť škrtiace ventily na :

- škrtiace ventily neregulačné, clony a dýzy ,
- škrtiace regulačné ventily, spätný škrtiaci ventil .

Regulačné prietokové ventily na obr. 17 majú dve škrtiace miesta paralelne zapojené, jedno nastaviteľné a jedno tlakovo riadené. Tlaková váha regulačného ventilu má za úlohu zastaviť rozdiel tlakov na pevne nastaviteľnom mieste škrtenia a s tým aj objemový prietok. Menovitá hodnota rozdielu tlakov bude zadaná pomocou sily pružiny, ktorá je pôsobiaca na regulačný piest v podobe tlakovej váhy. Pri poklese tlakov sa správa regulačný ventil ako škrtiaci ventil. V hydraulických obvodoch je najčastejšie používaný dvojcestný regulačný prietokový ventil [9].



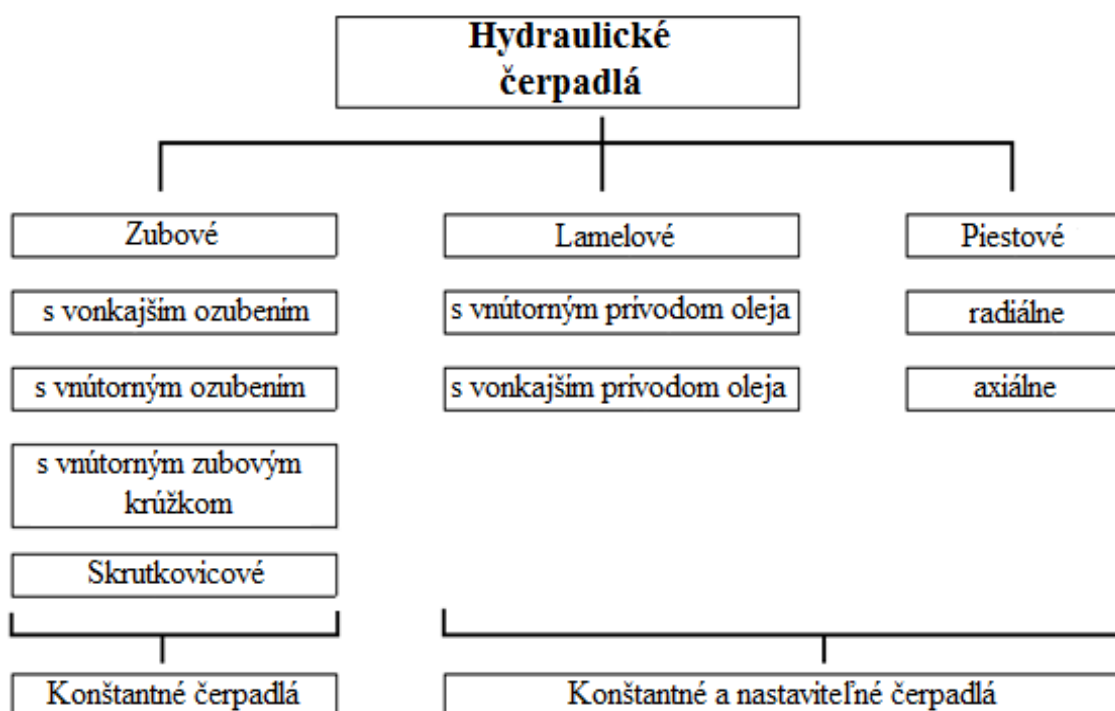
Obr. 17 Prietokové 2-cestné regulačné ventily [16]

1.8 Hydraulické čerpadlá

Sú to zariadenia, prostredníctvom ktorých sa transformuje mechanická energia hnacieho agregátu na hydraulickú energiu. Prenos kvapaliny – čerpací proces – je charakterizovaný dopravou určitého množstva kvapaliny zo zásobnej nádrže na miesto určenia.

Hydraulické čerpadlá je podľa obr. 18 možné rozdeliť na :

- konštantné čerpadlá = konštantný výtlakový objem,
- nastaviteľné čerpadlá = prestaviteľný výtlakový objem,
- regulačné čerpadlá = regulácia tlaku, prietoku a aj výkonu výtlakového objemu.



Obr. 18 Rozdelenie hydraulických čerpadiel podľa konštrukcie

Kvapalinou v hydraulických čerpadlách, ako nositeľom energie, býva olej alebo kvapalina s veľmi dobrou mastiacou schopnosťou. Ich stavba a konštrukcia sa vyznačujú špecifickými vlastnosťami, ktoré ich predurčujú ako pohonné jednotky s malou hmotnosťou a veľkým výkonom, najčastejšie s možnosťou reverzácie pohybu (vo funkcii motora aj generátora).

Pri niektorých čerpadlách je veľkosť a ich komôr nastaviteľná z dôvodu ich prevádzky. Pri konštantných otáčkach sa týmto spôsobom mení výtlak. Zubové a skrutkovicové čerpadlá sú vždy konštantné čerpadlá. Lamelové a piestové čerpadlá (obr. 19) sú schopné prevádzky v oboch konštrukčných prevedeniach (konštantnom a nastaviteľnom) [1].



Obr. 19 Hydraulické piestové čerpadlo [18]

1.9 Príslušenstvo

Pod pojmom hydraulické príslušenstvo sú myslené viaceré prvky bez ktorých by chod hydraulického zariadenia nebol možný. Tieto prvky slúžia hlavne na prenos energie, na spojenia alebo upevnenia stavebných prvkov a spĺňajú kontrolne funkcie.

Medzi dôležité prvky hydraulického príslušenstva patria hlavne:

- prvky na prenos kvapaliny,
- prvky na snímanie a meranie veličín ,
- mnohé ďalšie hydraulické prvky : filtre, zásobníky, chladenie, atď.

1.9.1 Prvky na prenos kvapaliny

Na prenos pracovnej kvapaliny sa používajú vedenia, ktoré spájajú jednotlivé hydraulické komponenty. V závislosti na podmienkach prevádzky hydraulického zariadenia, tlaku alebo pracovnej kvapaline môžu byť vyhotovenia vedení [6] :

- hadicové vedenia,
- potrubia.

Hadicové vedenia sú ohybné spojenia, ktoré sa používajú medzi pohyblivými hydraulickými prístrojmi alebo tam, kde je priestorovo nevýhodné uloženie potrubia, napr. v mobilnej hydraulike [1].

V hydraulických systémoch sú často využívané hadice s rôznych materiálov, ktorý závisí od druhu prepravovanej kvapaliny a od pracovného tlaku. Najčastejšie preferované sú kaučukové (gumené) hadice, ktoré sa skladajú z viacerých vrstiev ako na obr. 20 alebo kovové pružné hadice.



Obr. 20 Hadicové vedenie [19]

Hadicové vedenia môžu byť prepojené s prístrojmi, alebo vzájomne pomocou skrutkových alebo rýchlo uzatvárateľnými spojkami.

Potrubia tzv. rúrové vedenia sa podľa normy používajú bezšvové presné oceľové rúry. Hrúbku steny potrubí sa určuje podľa maximálneho tlaku v potrubí a podľa bezpečnostnej rezervy pre tlakové nárazy pri zapojení. Potrubia sa používajú hlavne v potravinárskom alebo v chemickom priemysle [1].

1.9.2 Prvky na snímanie a meranie veličín

Dôvody hlásenia chýb a porúch sú v hydraulických zariadeniach sprostredkované väčšinou iba prostredníctvom meraní. Najdôležitejšie merania používané v hydraulike sa rozdeľujú na základe toho, akú fyzikálnu veličinu registrujú [9].

Medzi najpoužívanejšie snímače (senzory), ktoré snímajú fyzikálne veličiny patria :

- snímače tlaku,
- snímače objemového prietoku,
- snímače teploty,
- snímače otáčok,
- snímače rýchlosti.

Vyhotovenia snímačov v meracej technike možno rozdeliť na mechanické a na elektrické. Pri elektrickom spôsobe snímania ako na obr. 21 je informácia o zmene fyzikálnej veličiny vyhodnocovaná elektricky. Snímanie sa realizuje prostredníctvom prenosu dát z miesta merania do vyhodnocovacieho zariadenia.



Obr. 21 Tlakový elektrický snímač s digitálnym výstupom [15]

Pri mechanických snímačoch sa okamžite indukuje zmena snímanej veličiny. Napríklad pri meraní teploty je teplotou ovplyvnená zmena objemu tekutiny uzavretej v kapiláre.

1.9.3 Zásobníky

Zásobník tlakovej kvapaliny je dôležitá súčasť hydraulického zariadenia. Vykonáva viacero úloh ako príjem zásoby oleja, odvod stratového oleja, vylúčenie vzduchu, sedimentáciu nečistôt a separáciu kondenzačnej vody. Zásobník je súčasťou hydraulického agregátu obr. 22, ktorý sa skladá okrem nádrže aj z čerpadla, chladiča a hydraulickej kvapaliny .



Obr. 22 Hydraulický agregát so zásobníkom [20]

1.9.4 Hydraulické filtre

Úlohou filtrov je filtrácia pracovnej kvapaliny hydraulického zariadenia, kde je kvapalina (olej) vedená pórovitým materiálom, na ktorom sa nečistoty zachytávajú. Je to najúčinnnejší spôsob znižovania hladiny zabudovanej, prenikajúcej a generovanej kontaminácie [6].

2. POŽIADAVKY PRE HYDRAULICKÉ MONTÁŽNE ZARIADENIA

2.1 Analýza požiadaviek

Pri všetkých montážnych zariadeniach s hydraulickým riadením je potrebné vychádzať z vopred daných alebo získaných podmienok pre zariadenia. Tieto požiadavky respektíve podmienky zohrávajú dôležitú úlohu pri návrhu a pri konštrukcii montážnych zariadení.

Rozdeľujú sa na :

- konštrukčné požiadavky,
- technologické požiadavky,
- prevádzkové požiadavky,
- bezpečnostné požiadavky.

Konštrukčné požiadavky sú jednou z hlavných častí, ktoré sú nevyhnutné pri návrhu hydraulických zariadení. Pod týmito požiadavkami je myslená v prvom rade konštrukcia a to :

- konštrukcia hydraulického zariadenia (veľkosť a zástavbová plocha),
- konštrukcia jednotlivých komponentov zariadenia (tvar , rozmery, použitie).

Technologické požiadavky na hydraulické zariadenia vyplývajú z technologického postupu montáže alebo výroby, ktorú uskutočňujú. Napríklad ako lisovanie, upnutie, posuv a rôzne ďalšie.

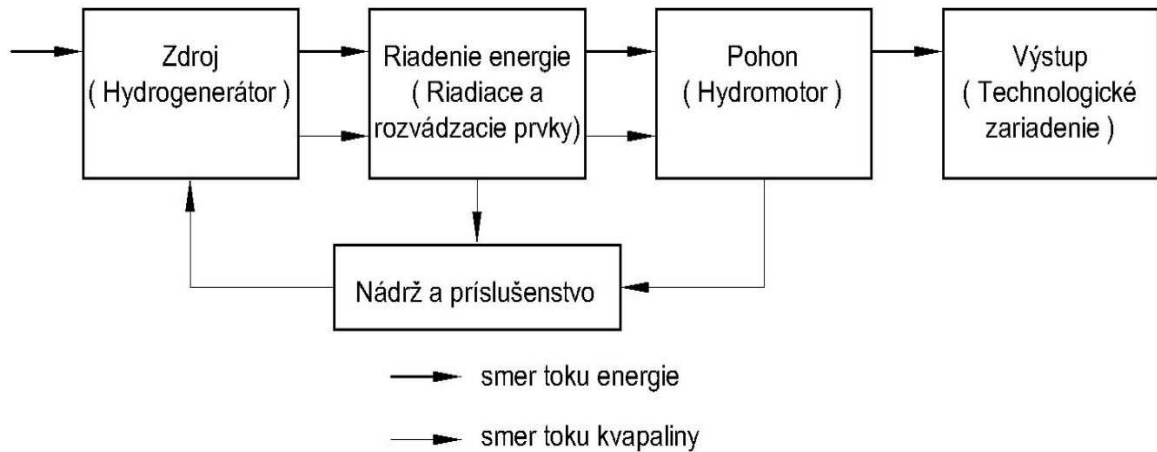
Prevádzkové požiadavky vychádzajú z daných podmienok hydraulického zariadenia . Medzi hlavné požiadavky na výrobné alebo montážne zariadenia patria :

- vykonávané pohyby zariadenia (hore, dole, pootočené, rotácia...),
- riadenie zariadenie (mechanické, elektrické, ...),
- prevádzkové hodnoty fyzikálnych veličín (teplota, tlak, objemový prietok, ...).

Bezpečnostné požiadavky patria medzi najdôležitejšie. Zahŕňajú bezpečnostné predpisy, normy a nariadenia podľa zákonov a noriem. Ich úlohou je zabráňovať tomu, aby nedochádzalo k znečisťovaniu prostredia, k ohrozeniu zdravia pri práci a rôzne iné.

2.2 Požiadavky na komponenty hydraulických zariadení

Základná stavba hydraulických zariadení vyplýva prednostne z požiadavky na prenos energie. Tok energie a tok pracovnej kvapaliny v hydraulických mechanizmoch je zobrazený na obr. 23 .



Obr. 23 Schéma toku energie a pracovnej kvapaliny

Hydraulický obvod sa skladá z týchto hlavných častí [6] :

- pohon = hydromotor alebo niekoľko hydromotorov spojených s poháňaným technologickým zariadením,
- riadenie energie = rozvod kvapaliny, kde základnými prvkami sú rozvádzače, vedenie, tlakové ventily a iné riadiace prvky,
- zdroj tlakovej kvapaliny = jeden, alebo aj viacero hydrogenerátorov,
- nádrž a príslušenstvo.

2.2.1 Pohon zariadenia

Hydraulický pohon alebo prevod využíva k prenosu energie medzi vstupom a výstupom kvapaliny. Kvapaliny môžu byť nositeľmi viacerých druhov energie, napr. energie tlakovej, kinetickej alebo tepelnej [5].

Podľa vykonávania pohybu výstupného člena rozdeľujem pohony:

- lineárne pohony,
- rotačné alebo kyvné pohony.

Lineárne pohony – valce, obr. 24 – sú hnacie prvky, ktoré menia hydraulický výkon na mechanický. Vytvárajú lineárne pohyby pomocou tlaku na plochu piesta [1].

Na základe ich funkčnosti sa rozdeľujú na dva konštrukčné typy :

- jednočinné valce (plunžrový, teleskopický, ...),
- dvojčinné valce (teleskopický, tandemový, ...).



Obr. 24 Dvojčinný hydraulický valec [21]

Rotačné alebo kývne pohony – hydromotor – sú podobne ako valce, pohonné prvky, ktoré sú riadené pomocou ventilov. Taktiež menia hydraulický výkon na mechanický ale s tým rozdielom, že vytvárajú rotačné alebo kývne pohyby [1].

2.2.2 Riadenie energie zariadenia

V hydraulických systémoch majú riadiace prvky veľmi dôležitú úlohu. Slúžia na riadenie veľkosti tlaku a prietoku, ktoré okrem toho riadia smer a rýchlosť prietoku a pripojenie hydromotorov ku zdroju .

Z konštrukčného hľadiska sa delia :

- tlakové ventily,
- rozvádzačie ventily,
- uzatváracie ventily,
- prietokové ventily.

Tlakové ventily sú hydraulické prvky ovplyvňujúce tlak obr. 25, resp. sú riadené veľkosťou tlaku. Zároveň sú riadiace prvky, ktoré majú tlak na vstupe nezávislý od pretoku. Maximálny prietok prechádzajúci cez ventil závisí od menovitej svetlosti [6].



Obr. 25 Redukčný tlakový ventil [21]

Rozvádzacie ventily sú hydraulický prvky, ktoré rozdeľujú a nastavujú cestu objemového prietoku ku spotrebnému zariadeniu, obr. 26. Na základe typov ich konštrukcie môžu byť rozvádzače v prevedení so sedlom alebo posúvačom [9].



Obr. 26 4-cestný trojpolohový rozvádzač ventil [21]

Uzatváracie ventily obr. 27 sú stavané na hradenie prietoku. Blokujú objemový prietok v jednom smere a prepúšťajú voľný prietok v protismere. Používajú sa tam, kde je požadované tesné uzatvorenie prietoku v jednom smere. Tieto ventily sú konštruované ako sedlové, aby bolo blokovanie absolútne nepriepustné [1].



Obr. 27 Uzatvárací ventil [21]

Prietokové ventily ako na obr. 28 sa používajú takmer vo všetkých hydraulických obvodoch z dôvodu zníženia rýchlosti vysúvania a zasúvania valca alebo zníženia otáčok hydromotora. Tieto ventily môžu byť zoradené tesne na valci a umožňujú tiež pri určitých zapojeniach hydraulické upnutie piesta [9].



Obr. 28 Škrtiaci ventil [21]

2.2.3 Zdroj energie

Zdrojom energie v hydraulických zariadeniach sú hydraulické čerpadlá nazývané aj hydrogenerátory. Hydrogenerátory sú hydraulické prevodníky alebo zariadenia, ktorými pri doprave kvapaliny statickým alebo dynamickým účinkom sa zvyšuje jej tlak . V praxi sú súčasťou tzv. srdcom hydraulických agregátov ako na obr. 29.

Z konštrukčného hľadiska sa delia na :

- konštantné čerpadlá (zubové),
- nastaviteľné čerpadlá (lamelové),
- regulačné čerpadlá (piestové).



Obr. 29 Konštantné objemové čerpadlo [21]

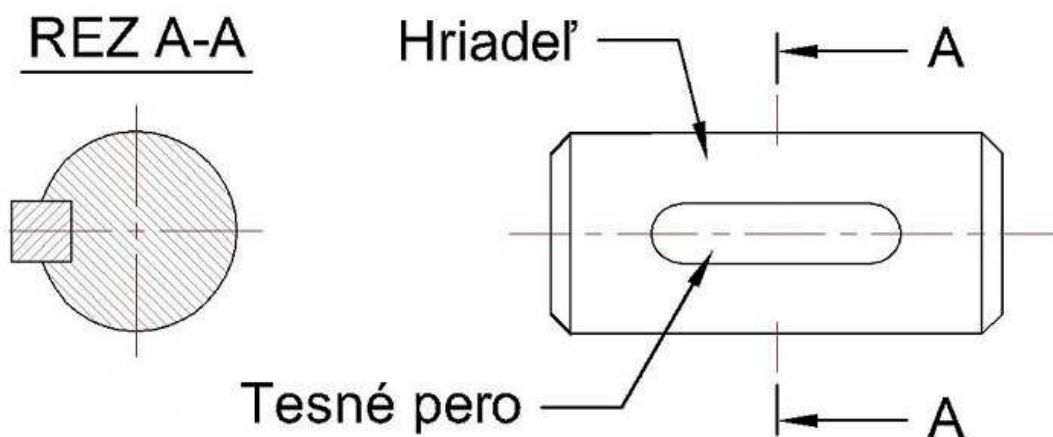
3. NÁVRH HYDRAULICKÉHO MONTÁŽNEHO ZARIADENIA

3.1 Stanovenie problematiky zariadenia

Navrhované montážne zariadenie je súčasťou výrobnjej linky, v ktorej sa jednotlivé operácie technologického postupu na obrábanej súčiastke robia v pracovných staniciach. Tieto stanice sú umiestnené za sebou pozdĺž vhodného presúvacieho mechanizmu alebo dopravníka.

Celé toto zariadenie tvorí jednotný výrobný celok. Jednotlivé pracovné stanice sú zoradené za sebou do úsekov tak, že obrobok je opracovaný buď celkom, alebo je na ňom vykonaná technologicky súvislá časť operácií [2].

Jedným z úsekov je aj navrhované hydraulické montážne zariadenie. Pracovná stanica bude spájať normalizované súčiastky lisovacím spojom. Montovaný polovýrobok sa skladá z dvoch súčiastok na obr. 30 . Takto zhotovený polovýrobok je potom ďalej určený na ďalšie spracovanie vo výrobnjej linke.



Obr. 30 Normalizované lisované súčiastky (hriadeľ, pero)

Polovýrobok zhotovený lisovaním sa skladá z hriadeľa a z tesného pera. Hriadeľ je vyrábaný z konštrukčnej oceli z materiálu 11 700 a z polotovaru kruhovej tyče $\phi 22$ podľa STN 42 6510 [8]. Tesné pero 6e7x6x25 podľa STN 02 2562 [8] je z konštrukčnej oceli z materiálu 11 600.

Montážna jednotka, ktorá je navrhovaná, bude vykonávať dve technologické operácie :

- hlavná operácia = lisovanie,
- vedľajšia operácia = upínanie.

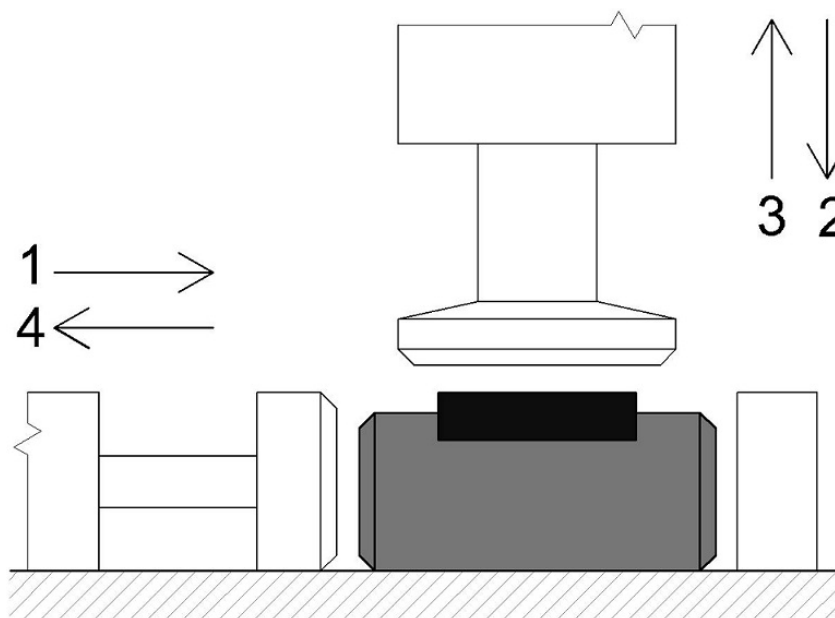
Technologická operácia – lisovanie obr. 31 :

- konštrukčné požiadavky :
 - lisovací nástroj je pomerne jednoduchého tvaru z tvrdého a z húževnatého materiálu, aby nedochádzalo k zmene tvaru nástroja,
 - žiadne obmedzenie veľkosti zastavovanej plochy, zariadenie sa bude nachádzať vo výrobnnej hale,
- technologické požiadavky :
 - lisovacia sila je dostatočne veľká, aby zabezpečila spojenie dvoch súčiastok, vyplýva z technologických požiadaviek na výrobu hriadeľa s perom,
 - maximálny zdvih lisovacieho nástroja,
- prevádzkové požiadavky :
 - pohyb dole je pomalý z hľadiska dosiahnutia maximálnej lisovacej sily (dochádza k lisovaniu súčiastok),
 - pohyb späť je naopak rýchly (skrátenie vedľajších časov),
 - riadenie je vykonávané mechanicky a čiastočne automaticky pomocou hydraulikkej kvapaliny,
 - lisovacieho zariadenie je synchronizované s prevádzkou upínacieho zariadenia,
- bezpečnostné požiadavky :
 - v prípade poruchy dochádza k zastaveniu nástroja,
 - počas prevádzky nie je možné zasahovať do pracovnej zóny zariadenia,
 - počas stop polohy sa nesmie čerpadlo zaťažovať prevádzkovým tlakom a tlaková kvapalina nebude prehriata.

Technologická operácia – upínanie obr. 31 :

- konštrukčné požiadavky :
 - upínacia čeľusť má tvar prizmy (upnutie valcového tvaru),
 - čeľuste vyrobené materiálu, ktoré nepoškodia polotovary,

- upínacie zariadenie je súčasťou a teda príslušenstvom ku lisovaciemu zariadeniu,
- technologické požiadavky :
 - upínacia sila je dostatočne veľká na upnutie, aby nedochádzalo k posunutiu alebo k pohybu súčiastky,
- prevádzkové požiadavky :
 - výsuvný pohyb je pomalý pre dosiahnutie max. upínacej sily (upínanie súčiastky),
 - pohyb späť je rýchly (skrátenie vedľajších časov),
 - riadenie je vykonávané ako u operácii lisovanie s pomocou tlakovej hydraulického kvapaliny,
 - prevádzka upínača je synchronizovaná s prevádzkou lisovacieho nástroja,
- bezpečnostné požiadavky :
 - ak nastane porucha tak zariadenie zastane,
 - počas prevádzky nie je možné zasahovať do pracovnej zóny zariadenia,
 - počas stop polohy sa nesmie čerpadlo zaťažovať prevádzkovým tlakom a tlaková kvapalina nebude prehriata.



Obr. 31 Schéma pohybov montážnej jednotky (1. Upnutie , 2. Lisovanie , 3.- 4. Spätný pohyb)

Bezpečnostné technické požiadavky sú riešené podľa normy *DIN EN 982*. Údaje pre vypracovanie a riešenie hydraulických zariadení udáva norma *DIN 24 346* [1].

3.2 Návrh a stanovenie veličín hydraulického zariadenia

V prvom rade je dôležité stanoviť a definovať postupnosť krokov, ktoré vedú k vyriešeniu problému, a to navrhnúť lisovacie zariadenie s upínačom z ohľadom na technologický postup výroby hriadeľa s perom.

Návrh zariadenia vyplýva z hlavných konštrukčných, bezpečnostných a hlavne technologických požiadaviek, a to stanovenie maximálnej lisovacej a upínacej sily. Návrh sa bude vyvíjať na základe jednotlivých krokov:

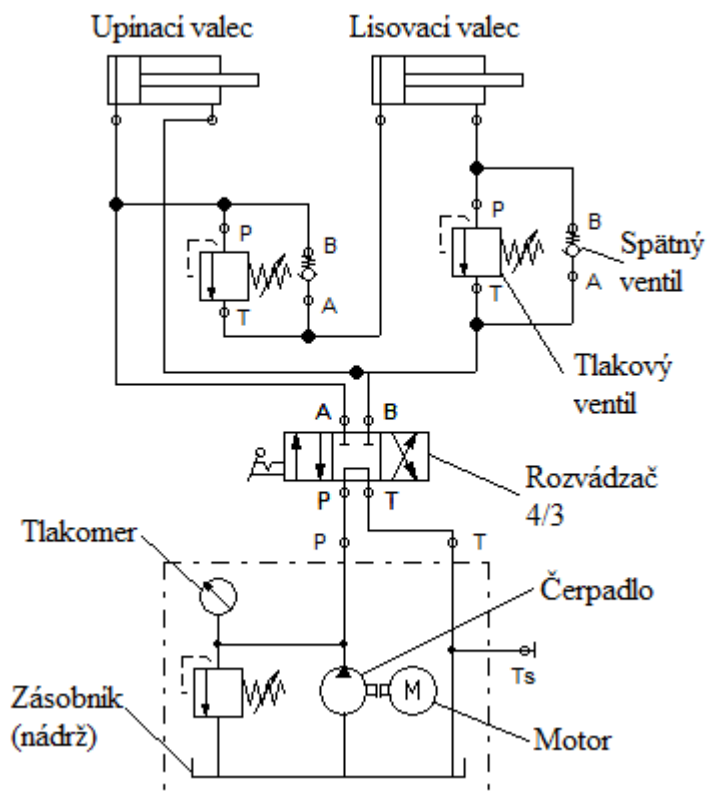
1. návrh predbežnej hydraulickej schémy zapojenia,
2. vytvorenie diagramu priebehu činností zariadenia,
3. stanovenie veľkosti hydraulických valcov na základe výpočtov,
4. výpočet potrebného objemového prietoku čerpadla,
5. dimenzovanie veľkosti zásobníka,
6. výpočet prierezu vedení,
7. určenie hnacieho výkonu elektromotora,
8. výpočet maximálneho elektrického prúdu,
9. vypracovanie hydraulickej schémy zapojenia.

3.2.1 Návrh predbežnej hydraulickej schémy zapojenia

Zdrojová časť hydraulického obvodu má za úlohu vytvárať energiu tlakového média. Túto energiu vytvára hydraulický agregát na obr. 32, ktorý sa skladá z čerpadla, z motora, z tlakového ventilu a zásobníka tlakového média. Čerpadlo (hydrogenerátor) s motorom premieňajú mechanickú energiu na tlakovú energiu, ktorá je za pomoci čerpadla vháňaná do celého obvodu. Tlakový ventil slúži na nastavenie max. tlaku média v obvode, ktoré sa dá odčítať za pomoci tlakomeru. Použitý zásobník alebo nádrž je zdrojom a uchovávateľom tlakového média.

Riadenie je vykonávané 4/3 rozvádzačom s medzi polohou, ktorý je znázornený na obr.32. Ovládanie ventilu je mechanické, za pomoci páky s aretačnými polohami.

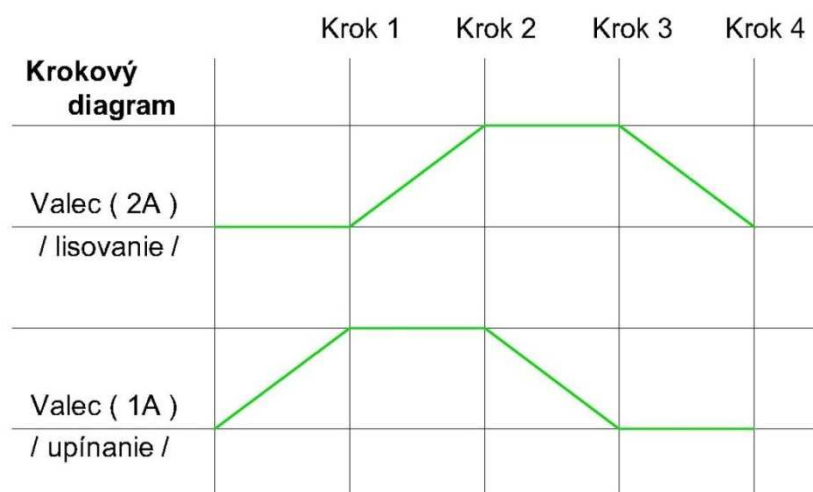
Upínanie a lisovanie súčiastky je zabezpečené dvojčinnými hydraulickými valcami. Synchronizáciu valcov budú zaobstarávať tlakové ventily so spätnými ventilmi. Spätné ventily budú v tomto prípade použité, tzv. ako bajpas, na prechod tlakového média.



Obr. 32 Návrh predbežnej schémy hydraulického zapojenia

3.2.2 Krovový diagram priebehu činností zariadenia

Krovový diagram na obr. 32 je použitý ku grafickému znázorneniu sledu funkcií hydraulických jednotiek zariadenia. Náorne a prehľadne znázorňuje väzbu medzi jednotlivými prvkami obvodu a mechanizmy zariadenia (pohony, ventily) v danom slede, potrebnom k realizácii technologických operácií.



Obr. 33 Krovový diagram znázorňujúci operácie upínanie a lisovanie

3.2.3 Návrh hydraulických valcov

Lisovací hydraulický valec vychádza z určeného prevádzkového tlaku $p = 150$ barov (15 MPa) a lisovacej sily $F_I = 20$ kN, ktorá je navrhovaná podľa parametrov podobného lisovacieho zariadenia dostupnom na internete [22].

- plocha piesta A_k :

$$A_k = \frac{F_1}{p} = \frac{20\,000\text{ N}}{15\text{ MPa}} = 1333,33\text{ mm}^2$$

- priemer piesta D_I :

$$D_I = \sqrt{\frac{4 \cdot A_k}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1333,33\text{ mm}^2}{\pi}} = 41,21\text{ mm}$$

Podľa katalógu [23] je navrhovaný normalizovaný valec s priemerom piesta $D_{V_I} = 50$ mm, kde plocha piesta je potom : $A_{k1} = 2\pi r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 25^2 \text{ mm}^2 = 1962,5\text{ mm}^2$

- prepočet statického prevádzkového tlaku podľa určenia rozmeru valca:

$$p_{sta} = \frac{F_1}{A_{k1}} = \frac{20\,000\text{ N}}{1962,5\text{ mm}^2} = 10,2\text{ MPa}$$

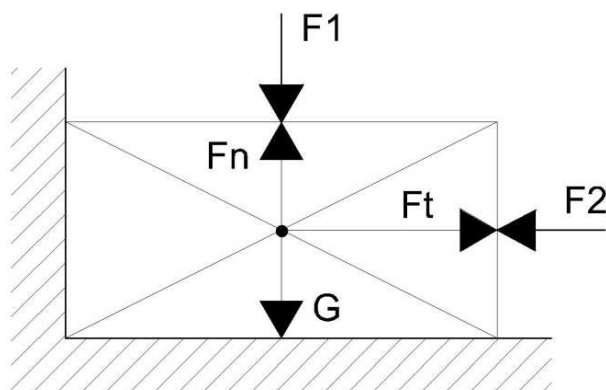
Prípustná hodnota 20 MPa pre valec nebude prekročená. Takže valec je zvolený podľa technických parametrov v tab. 4.

Tab. 4 Technické údaje lisovacieho valca [23]

Technické údaje dvojčinného valca :	
Priemer piesta $D_{V_I} = 50$ mm	Max. prípustný tlak $p = 20$ MPa
Priemer piestnice $d_{V_I} = 25$ mm	Menovitý tlak $p_m = 16$ MPa
Pracovný zdvih $h_I = 160$ mm	Skúšobný tlak $p_s = 24$ MPa

Upínací hydraulický valec je určený prevádzkovým tlakom $p = 150$ barov (15 MPa) a upínacej sily F_2 , ktorá je volená tak, aby nedochádzalo k deformácii polovýrobku.

- upínacia sila F_2 :



F_1 = lisovacia sila,
 F_2 = upínacia sila,
 F_t = trecia sila,
 F_n = normálová sila,
 G = gravitačná tiaž .

$$F_2 = f \cdot (F_1 + G) = 0,2 \cdot (20000N + 5,8N) = 4001 N = 4 kN$$

Gravitačná tiaž $G = 5,8$ N a koeficient trenia $f = 0,2$ podľa STN [8].

- plocha piesta A_k :

$$A_k = \frac{F_2}{p} = \frac{4000N}{15 MPa} = 266,67 mm^2$$

- priemer piesta D_2 :

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_k}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 266,67 mm^2}{\pi}} = 18,43 mm$$

Podľa katalógu [23] je navrhovaný normalizovaný valec s priemerom piesta $D_{v2} = 32$ mm, potom plocha piesta: $A_{k2} = 2\pi r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 16^2 mm^2 = 1607,68 mm^2$

- prepočet statického prevádzkového tlaku podľa určenia rozmeru valca:

$$p_{sta} = \frac{F_2}{A_{k2}} = \frac{4000 N}{1607,68 mm^2} = 2,5 MPa$$

Prípustná hodnota 20 MPa pre valec nebude prekročená. Takže valec je zvolený podľa technických parametrov v tab. 5.

Tab. 5 Technické údaje upínacieho valca [23]

Technické údaje dvojčinného valca	
Priemer piesta $D_{v2} = 32 \text{ mm}$	Max. prípustný tlak $p = 20 \text{ MPa}$
Priemer piestnice $d_{v2} = 18 \text{ mm}$	Menovitý tlak $p_m = 16 \text{ MPa}$
Pracovný zdvih $h_2 = 80 \text{ mm}$	Skúšobný tlak $p_s = 24 \text{ MPa}$

3.2.4 Výpočet objemového prietoku čerpadla

- objemový zdvih čerpadla V :

$$V = h_{12} \cdot A_{k12} = (160 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) \cdot (1962,5 \text{ mm}^2 + 1607,68 \text{ mm}^2) = 856843,2 \text{ mm}^3 = 0,857 \text{ dm}^3$$

Tento objem sa musí zaplniť približne za $t = 5 \text{ s}$, potom predbežný objemový prietok q_v je :

$$q_v = \frac{V}{t} = \frac{0,857 \text{ dm}^3 \cdot 60}{5 \text{ min}} = 10,3 \text{ dm}^3 / \text{min}$$

Navrhované čerpadlo má zvolený maximálny objemový prietok $q_{max} = 11 \text{ dm}^3 / \text{min}$, podľa katalógu [24] a jeho technické parametre sú uvedené v tab. 6 .

Tab. 6 Technické údaje čerpadla [24]

Technické údaje zubového čerpadla	
Geometrický objem $V_g = 11 \text{ cm}^3 / \text{ot.}$	Max. prípustný tlak $p = 30 \text{ MPa}$
Otáčky $n = 1000 \text{ ot./min}$	Prietok $q_{max} = 11,0 \text{ lit./min}$

3.2.5 Dimenzovanie veľkostí zásobníka

- pre veľkosť zásobníka je vzťah :

$$V = (3 \text{ až } 5) \cdot V_{\xi} + \text{vzduch. vankúš} (10 \text{ až } 15 \%) = 4 \cdot 11 \text{ dm}^3 \cdot 1,12 = 49,3 \text{ dm}^3$$

Podľa katalógu [25] je navrhovaný zásobník s objemom $V = 50 \text{ dm}^3$.

3.2.6 Výpočet prierezu vedení

- stredná rýchlosť prúdenia v_m vedenia bude 1 m/s, potom prierez vedenia A_v je:

$$A_v = \frac{q_{max}}{v_m} = \frac{11 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}}{600 \text{ dm} \cdot \text{min}} = 0,0183 \text{ dm}^2 = 183 \text{ mm}^2$$

- vnútorný priemer vedenia d_v :

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot A_v}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 183 \text{ mm}^2}{\pi}} = 15,27 \text{ mm}$$

Zvolené vedenie podľa katalógu [26] je s rozmermi $1/2''$, so svetlosťou vedenia (hadice) DN 10, s vonkajším priemerom $D_v = 17 \text{ mm}$ a vnútorným priemerom $d_v = 15 \text{ mm}$.

3.2.7 Určenie hnacieho výkonu elektromotora

Pre výpočet výkonu sa použije číselná rovnica, pri ktorej sa vypočíta výkon P v kW, kde sa použije prevádzkový tlak $p = 150 \text{ bar}$ (15MPa) a objemový prietok čerpadla $q_{\xi} = 11 \text{ l/min}$, s účinnosťou $\eta = 89 \%$.

$$P = \frac{q_{\xi} \cdot p}{600 \cdot \eta} = \frac{11 \text{ l/min} \cdot 150 \text{ bar}}{600 \cdot 0,89} = 3,09 \text{ kW}$$

Elektromotor bude zvolený podľa katalógu [27] s maximálnym výkonom $P = 4 \text{ kW}$.

3.2.8 Výpočet maximálneho elektrického prúdu

Motor pracuje v trojfázovej sieti (faktor reťazenia 1,732) s výkonovým ukazovateľom $\cos\varphi = 0,8$ a účinnosťou $\eta = 85 \%$ (bežná hodnota).

- elektrický prúd I :

$$I = \frac{P}{U \cdot 1,732 \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{4000 \text{ W}}{400\text{V} \cdot 1,732 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 8,5 \text{ A}$$

Elektrické zariadenia použité v hydraulickom zariadení musia byť dimenzované na hodnotu $I = 8,5 \text{ A}$

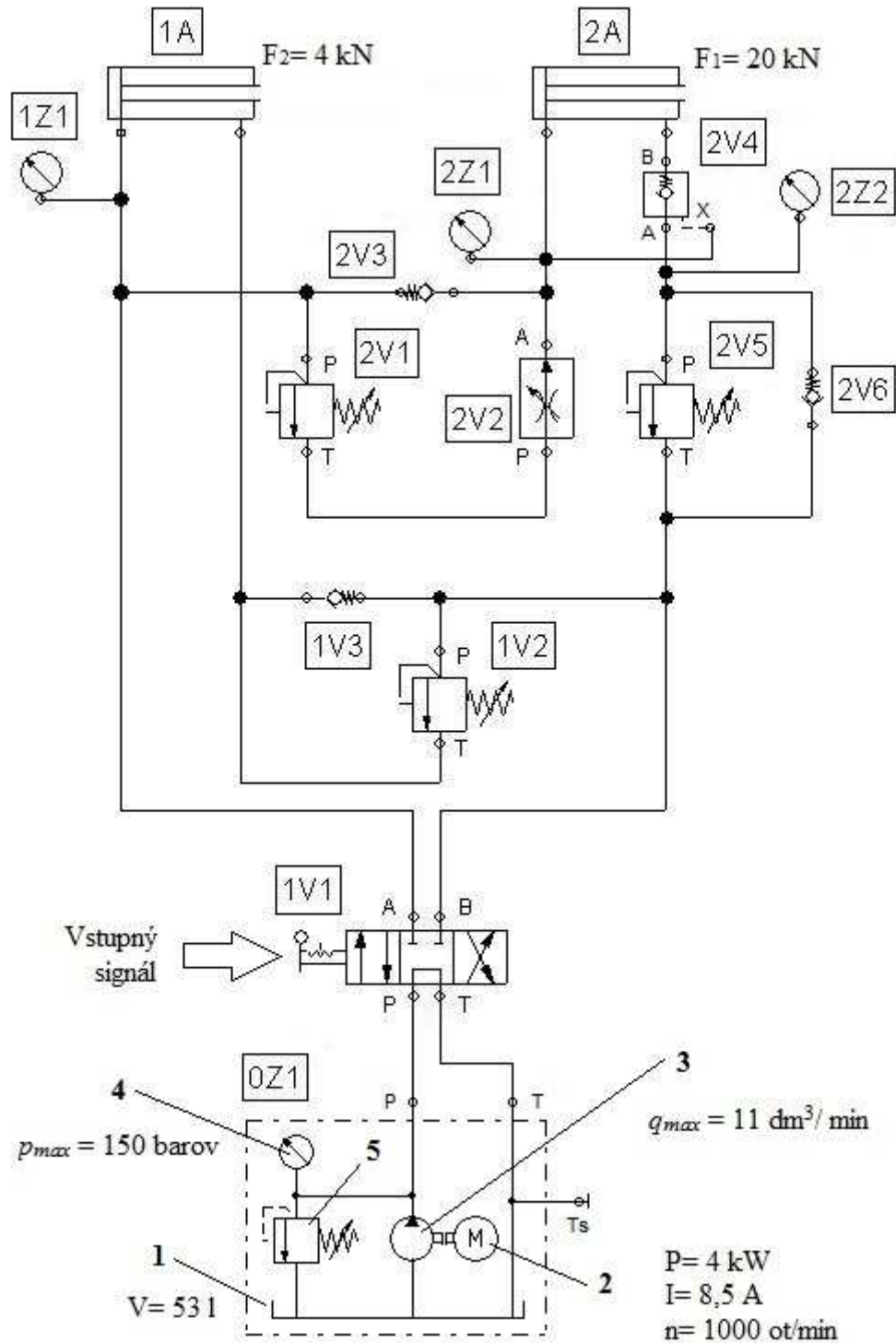
3.2.9 Vypracovanie hydraulickej schémy zapojenia

Schéma je navrhnutá z vypočítaných a z určených konštrukčných prvkov, ktoré sú označené podľa tab.7. Navrhované hydraulické prvky sú zostavené podľa katalógov a prislúchajú k nim dané technické parametre.

Tab. 7 Označenie hydraulických prvkov v schéme

Hydraulické komponenty :	Označenie :	Popis :
Hydraulické valce	1A	Upínací valec
	2A	Lisovací valec
Ventily	1V1	Rozvádzač ventil 4/3 –mechanické ovládanie,
	1V2, 2V1, 2V5	Tlakové ventily – nastaviteľné,
	1V3, 2V3, 2V4, 2V6	Uzatváracie ventily – spätné ventily (2V4 – riadený spätný ventil),
	2V2	Prietokový ventil – nastaviteľný,
Príslušenstvo	1Z1, 2Z1, 2Z2	Tlakomery
	0Z1	Hydraulický agregát : 1- zásobník, 2- motor, 3- čerpadlo, 4- tlakomer, 5- tlakový ventil,

Konečná hydraulická schéma hydraulického riadenia aj s jednotlivými vypočítanými veličinami je zostavená na obr. 34.



Obr. 34 Schéma zapojenia hydraulického riadenia montážneho zariadenia

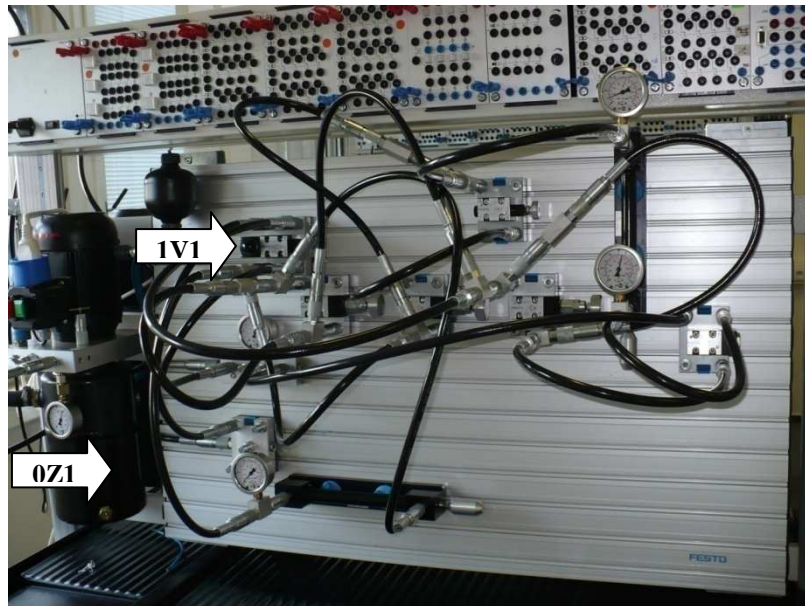
4. VERIFIKÁCIA NAVRHOVANÉHO HYDRAULICKÉHO ZARIADENIA

Verifikácia hydraulického riadiaceho systému sa vykonáva na základe navrhutej schémy a vopred navrhnutých požiadaviek. Navrhnuté hydraulické zariadenie zabezpečuje hlavnú operáciu lisovanie a vedľajšiu operáciu upínanie (súčiasok).

Funkcia hydraulického zariadenia pozostáva s niekoľkých krokov :

1. Krok - základná poloha,
2. Krok - upínanie,
3. Krok - lisovanie,
4. Krok - návrt do základnej polohy,
5. Bezpečnostná požiadavka.

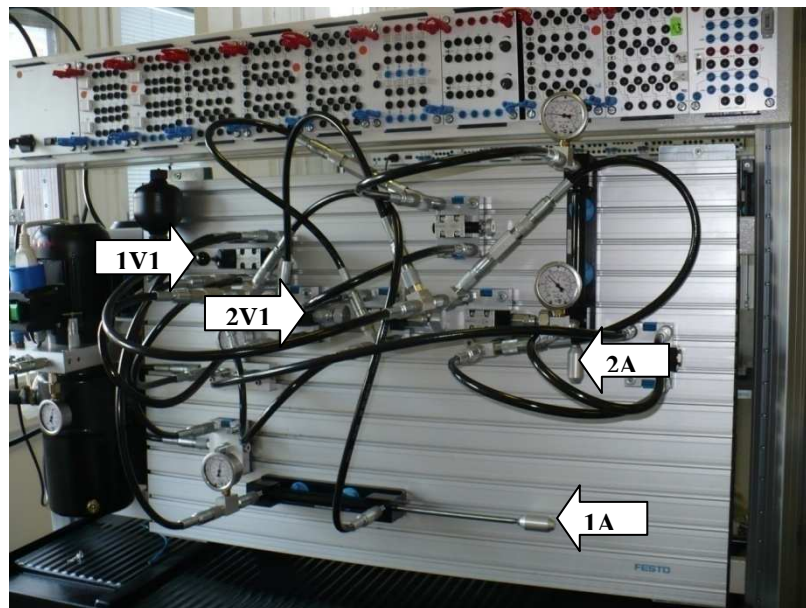
1. Krok - obr. 35 : Po spustení čerpadla (0Z1) začne prúdiť tlaková kvapalina – olej zo zásobníka hadicovým vedením. Rozvádzací ventil 4/3 (1V1) je v strednej polohe 2, v tzv. neutrálnej polohe. Hydraulické valce sú nehybné = v základnej polohe.



Obr. 35 Základná poloha hydraulických valcov

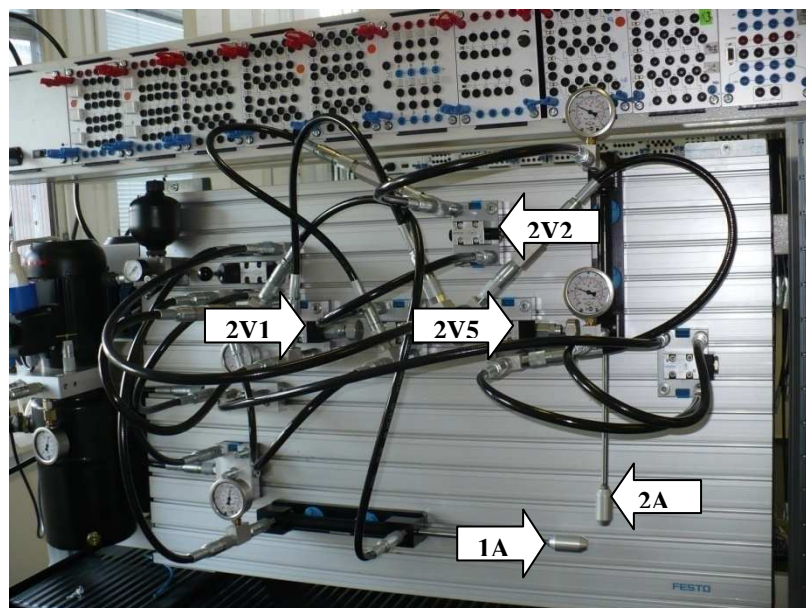
2. Krok - obr. 36 : Keď sa prepne za pomoci páky rozvádzač (1V1) do polohy 1, tak začne prúdiť tlaková kvapalina – olej vedeniami k hydraulickým valcom. Prvý sa vysúva upínací valec (1A), a zároveň dochádza k upínaniu súčiasky. Vysúvanie je pomalé, aby

bola zabezpečená max. upínacia sila. Rýchlosť vysúvania je riadená tlakovým ventilom (2V1). Lisovací valec (2A) je stále v základnej polohe.



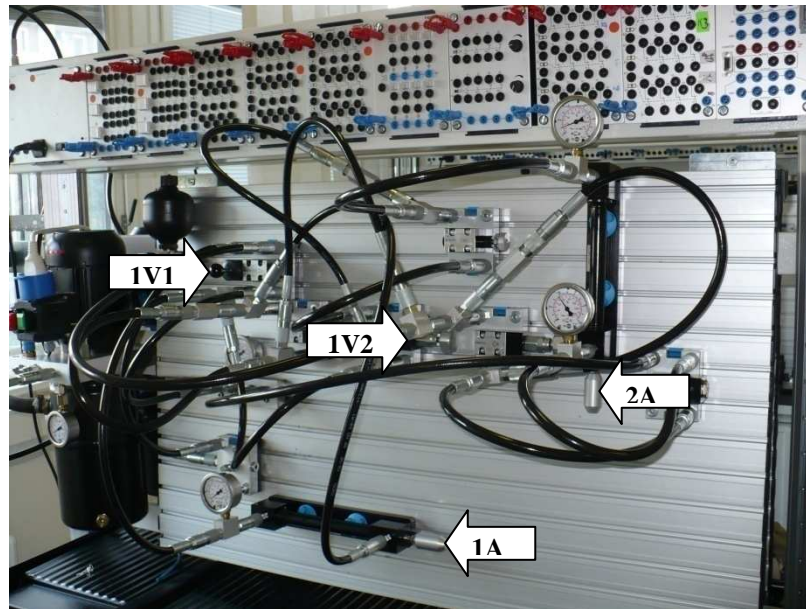
Obr. 36 Vedľajšia operácia - upínanie

3. Krok - obr. 37 : Vysunutí upínacieho valca (1A) sa dosiahne potrebný nastavený tlak v tlakovom ventile (2V1). To zabezpečí, že kvapalina – olej prúdi k lisovaciemu valcu (2A) cez škrtiaci ventil (2V2). Dôsledok škrtenia a pôsobenia tlakového ventilu (2V5) je plynulé a pomalé vysúvanie valca. Pomalé vysúvanie zabezpečuje max. lisovaciu silu.



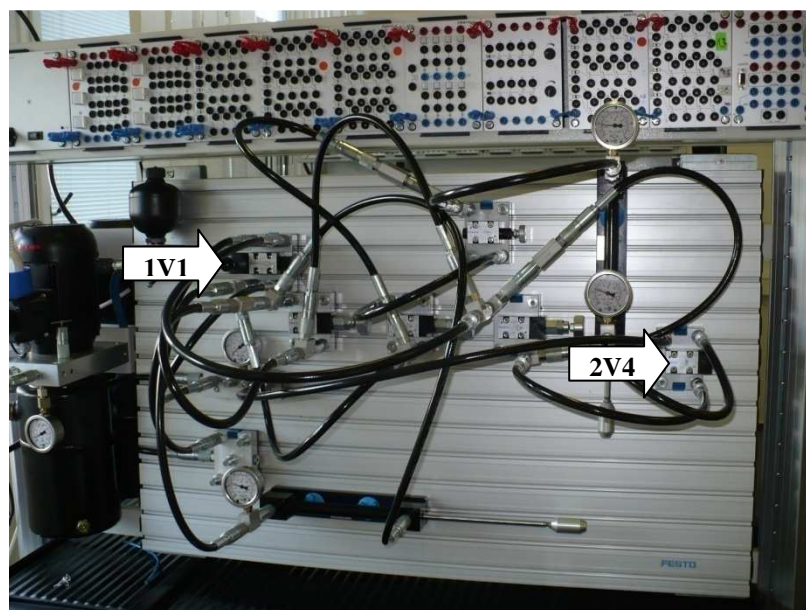
Obr. 37 Hlavná operácia - lisovanie

4. Krok - obr. 38 : Prepnutím rozvádzača (1V1) do polohy 3 je spôsobený návrat valcov do základnej polohy. Nastáva zasunutie lisovacieho valca (2A) . Po návrate do jeho krajnej polohy sa začne zasúvať aj upínací valec (1A) a to prostredníctvom tlakového ventilu (1V2).



Obr. 38 Návrat do základnej polohy

Bezpečnostná požiadavka - obr. 39 : Túto požiadavku zabezpečuje riadený spätný ventil (2V4). Pri strednej polohe 2 rozvádzača (1V1) zablokuje tok tlakovej kvapaliny, a tým aj pohyb hydraulických valcov. Zabráňuje preťaženiu čerpadla a hydraulického obvodu.



Obr. 39 Zaistenie polohy hydraulických valcov – spätným ventilom

ZÁVER :

V bakalárskej práci je uvedený okrajový opis hydraulických mechanizmov a ich častí. Cieľom je priblížiť hydrauliku s rôznych hľadísk, ale hlavne vysvetliť jej stavebné komponenty a ich funkciu . V práci sa vyskytuje veľa teoretických poznatkov a čiastočne aj praktických ukážok z hydrauliky.

Výsledkom práce je zostavená hydraulická schéma riadenia pre montážne zariadenie. Navrhnutým zariadením je hydraulický lis, ktorý je určený pre hlavnú operáciu lisovanie. Lisované sú dve normalizované súčiastky podľa normy STN (hriadel s tesným perom). Zariadenie vykonáva aj vedľajšiu operáciu upínanie, bez ktorej by nebolo možné dosiahnuť samotné lisovanie. Tieto dve operácie sú navzájom synchronné, aby bola zabezpečená plynulosť výroby.

Navrhnutá schéma riadiaceho systému bola zapojená a následne overená. Zariadenie bolo funkčné a nevykazovalo žiadnu chybu. Pri verifikácii zariadenia boli dodržané bezpečnostné požiadavky, aby nedošlo k ohrozeniu zdravia pri práci, znečisteniu prostredia alebo poškodeniu samotných prístrojov.

Takto navrhnuté a odskúšané hydraulické zariadenie je možné charakterizovať ako pilotnú operáciu výrobného zariadenia, ktoré je možné rozšíriť o ďalšie operácie s následným využitím vo výrobnom procese v rôznych priemyselných odvetviach .

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV :

- [1] MERKLE, D., SCHRADER, B., THOMES, M. *Hydraulik lehrb.* Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co., 2003. 236 s. D:LB-501-DE
- [2] VELÍŠEK, K., KOŠTÁL, P. *Mechanizácia a automatizácia.* Bratislava: STU, 2007. 187 s. ISBN 978-80-227-2753-2
- [3] ROH, J. *Tekutinové mechanizmy.* Praha: VŠZ, 1994. 168 s. ISBN 80-213-0172-4
- [4] DRÁBKOVÁ, S. *Mechanika tekutin.* Ostrava: VŠB – TUO, 2007. 257 s. ISBN 978-80-248-1508-4
- [5] PAVLOK, P., HRUŽÍK, L., BOVA, M. *Hydraulická zařízení strojů.* Ostrava: VŠB, 2007. 123 s. CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414
- [6] STRÁŽOVEC, I., KUČÍK, P. *Tekutinové mechanizmy.* Žilina: ŽU, 2000. 222 s. ISBN 80-7100-804-4
- [7] JAVOROVÁ, A., MATÚŠOVÁ, M. *Mechanizácia a automatizácia. Návod na cvičenia.* Trnava: AlumniPress, 2007. 174 s. ISBN 978-80-8096-001-8
- [8] BARTOŠ, J., A KOLEKTÍV, *Strojnícke tabuľky.* Bratislava : Alfa , 1972 . 478 s. ISBN 63-386-72
- [9] Waller, D., Werner, H. *Teachw. hydraulik.* Denkendorf: OCKER Ingenieurbüro, 2003. 218 s. D.S501-C-SIBU-D
- [10] SLOVTOS. *Univerzálny hrotový sústruh S280 CNC* [online]. Dostupné na internete : <http://www.slovtos.sk/files/produkty/10-Prospekt-S-280-CNC.pdf> [8.11.2010; 18:00].
- [11] Construction Equipment at China Machinery. *CT40 Excvator* [online]. Dostupné na internete : <http://www.cmec-hb.com/product/CT40-Excavator.html> [8.11.2010; 18:12].
- [12] Hansa-flex. *Minimalizácia opotrebovania. Predĺženie životnosti* [online]. Dostupné na internete : http://sk.hansa-flex.com/riesenia/fluid_service.html [9.11.2010; 16:06].
- [13] HYCOCANADA. *Introduction to Hydraulic Cylinder Basics* [online]. Dostupné na internete : <http://www.hycocanada.com/cylinderintro.html> [10.11.2011; 21:24].
- [14] V&P Hydraulic. *Telescopic Custom Hydraulic Cylinder* [online]. Dostupné na internete : <http://www.vphyd.com/cylinders/telescopic/double/custom.htm> [2.12.2010; 14:00].

- [15] DIRECTINDUSTRY. *Hydraulics: Cylinders, Pumps, Solenoid Valves* [online]. Dostupné na internete : <http://www.directindustry.com/cat/hydraulics-cylinders-pumps-solenoid-valves-G.html> [5.12.2010; 13:52].
- [16] Finotec-Hydraulics. *Hydraulic valves* [online]. Dostupné na internete : <http://www.hydraulicvalvesf.com/> [24.1.2011; 22:40].
- [17] *Hanshang Hydraulic valve* [online]. Dostupné na internete : <http://www.china-hydraulicvalves.com/products.htm> [25.1.2011; 21:30].
- [18] *Hydraulic Piston Pump* [online]. Dostupné na internete : <http://www.indiamart.com/company/771278/products.html> [8.2.2011; 16:00].
- [19] GOODYEARP. *ARMORCOAT AR16SC* [online]. Dostupné na internete : <http://www.goodyearrep.com/productsdetail.aspx?id=1818> [26.2.2011; 19:20].
- [20] Universal Aerospace. *Hydraulic Power Unit (HPU)* [online]. Dostupné na internete : http://www.universalfareast.com/products_gse.htm [3.3.2011; 18:17].
- [21] FESTO. *Hydraulics* [online]. Dostupné na internete : <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/equipment-sets/hydraulics/?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4yMC41MDI> [5.3.2011; 11:25].
- [22] VESIP. *Hydraulický lisovací stroj LEA – 50* [online]. Dostupné na internete : http://www.vesip.sk/content/lisovaci_stroj_LEA_50 [14.3.2011; 17:00].
- [23] Hydraulika-DS. *Priamočiary hydromotor HM1.2 dvojčinný* [online]. Dostupné na internete : http://www.hydraulikads.sk/sk/page_5.htm [26.3.2011; 20:05].
- [24] BASEKO. *Zubové čerpadlo XV2P/11* [online]. Dostupné na internete : <http://www.ehydraulika.eu/hydraulika/eshop/1-1-Hydraulicke-cerpadla/1-2-Zubove-cerpadla/5/47-XV2P-11-erpadlo-zubov-15-lit-min> [11.4.2011; 13:00].
- [25] *Hydraulický zásobník* [online]. Dostupné na internete : http://www.sllp.sk/uploads/attachments/Hydraulick%C3%A9n%C3%A1dr%C5%BEE_1.pdf [12.4.2011; 15:30].
- [26] Hydroma. *Vysokotlakové hadice* [online]. Dostupné na internete : <http://www.hydroma.cz/files/product/1/8/364/data/127-10565.pdf> [12.4.2011; 15:40].
- [27] Hydroma. *Motor asynchronní patko-přírubový* [online]. Dostupné na internete : <http://www.hydroma.cz/files/product/3/37/6829/data/IP%2055.pdf> [14.4.2011; 16:45].

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne, a že som uviedol všetku použitú literatúru súvisiacu so zameraním bakalárskej práce.

V Trnave, dňa 24. mája 2011

.....

Podpis