

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
MATERÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA**

**NÁVRH ELEKTROHYDRAULICKÉHO RIADIACEHO
SYSTÉMU PRE VÝŤAH**

BAKALÁRSKA PRÁCA

MTF-5310-59969

2011

Tomáš Štefanko

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
MATERIALOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA**

**NÁVRH ELEKTROHYDRAULICKÉHO RIADIACEHO
SYSÉMU PRE VÝŤAH**

BAKALÁRSKA PRÁCA

MTF-5310-59969

Študijný program: výrobné zariadenia a systémy

Číslo a názov študijného odboru: 5.2.50 výrobná technika

Školiace pracovisko: Katedra technologických zariadení a systémov, Ústav výrobných systémov a aplikovanej mechaniky, MTF STU, Trnava

Vedúci záverečnej práce/školiťel: Ing. Roman Ružarovský, PhD.

Trnava 2011

Tomáš Štefunko



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študent: **Tomáš Štefunktó**
ID študenta: 59969
Študijný program: výrobné zariadenia a systémy
Študijný odbor: 5.2.50 výrobná technika
Vedúci práce: Ing. Roman Ružarovský, PhD.
Miesto vypracovania: Katedra technologických zariadení a systémov, Ústav výrobných systémov a aplikovanej mechaniky, MTF STU, Trnava

Názov práce: **Návrh elektrohydraulického riadiaceho systému pre výťah**

Špecifikácia zadania:

Úvod

1. Stavba a metodika tvorby elektrohydraulického riadiaceho systému
2. Analýza požiadaviek a činnosti pre elektrohydraulické riadenie výťahov
3. Návrh elektrohydraulického riadiaceho systému pre výťah
4. Verifikácia navrhovaného hydraulického riadiaceho systému

Záver

Riešenie zadania práce od: 14. 02. 2011

Dátum odovzdania práce: 03. 06. 2011



Tomáš Štefunktó
Študent

prof. Ing. Karol Velíšek, CSc.
Vedúci pracoviska

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

SÚHRN

ŠTEFUNKO, Tomáš: Návrh elektrohydraulického riadiaceho systému pre výťah. [Bakalárska práca]/ Tomáš Štefunkt. - Slovenská technická univerzita v Bratislave; Materialovotechnologická fakulta v Trnave; Katedra technologických zariadení a systémov. - Vedúci bakalárskej práce: Ing. Roman Ružarovský, PhD. - Trnava 2011, 50 s. Práca sa zaoberá spojením hydrauliky a elektroniky pri návrhu riadiacich systémov. Používaním elektrohydraulických riadiacich systémov v praxi pri stavbe výťahov a zdvíhacích zariadení. Návrhom hydraulickej a elektrickej schémy zapojenia. Základnými konštrukčnými časťami hydrauliky a elektroniky. Ďalej práca obsahuje návrh a verifikáciu elektrohydraulického riadiaceho systému pre zdvíhacie zariadenie.

Kľúčové slová: elektrohydraulický systém riadenia, hydraulický valec, zdvíhacie zariadenie.

ABSTRACT

ŠTEFUNKO, Tomáš: Projection electro-hydraulic control system for lift. [Bachelor thesis]/ Tomáš Štefunktó. – Slovak University of Technology in Bratislava; Faculty of Materials Science and Technology in Trnava; Department of Technological Devices and Systems, - Supervisor: Ing. Roman Ružarovský, PhD. - Trnava 2011, 50 p.

Bachelor thesis deals with the combination of hydraulics and electronics to design control systems. By using electrohydraulic control systems in a practice in the construction of lifts and lifting equipment. Projection of the hydraulic and electrical diagrams. Essential structural components of hydraulics and electronics. Bachelor thesis includes the design and verification of an electrohydraulic control system for lifting equipment.

Key words: electro-hydraulic control system, hydraulic cylinder, lifting equipment.

POĎAKOVANIE

Chcel by som sa poďakovať Ing. Romanovi Ružarovskému za poskytnutie podkladov k práci a odborné vedenie.

OBSAH

ÚVOD	9
1 STAVBA A METODIKA TVORBY ELEKTROHYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU.....	10
1.1 HYDRAULIKA	10
1.2 ELEKTROHYDRAULIKA	11
1.3 VYUŽITIE ELEKTROHYDRAULICKÝCH ZDVÍHACÍCH ZARIADENÍ	12
1.3.1 Zdvíhacie zariadenia	12
1.3.2 Osobné výtťahy	13
1.4 METODIKA TVORBY ELEKTROHYDRAULICKÉHO ZARIADENIA A SCHÉMA ZAPOJENIA...	14
1.4.1 Hydraulická schéma zapojenia	14
1.4.2 Elektrická schéma zapojenia.....	19
2 ANALÝZA POŽIADAVIEK A ČINNOSTÍ NA ELEKTROHYDRAULICKÉ RIADENIE VÝŤAHOV	24
2.1 ANALÝZA POŽIADAVIEK NA ELEKTROHYDRAULICKÝ RIADIACI SYSTÉM.....	24
2.1.1 Hnacia časť	24
2.1.2 Časť riadenia energie	27
2.1.3 Komponenty zdrojovej časti	29
2.1.4 Signálová riadiaca časť	31
2.2 ANALÝZA POŽIADAVIEK PRE RIADENIE ELEKTROHYDRAULICKÝCH ZDVÍHACÍCH ZARIADENÍ	33
3 NÁVRH ELEKTROHYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU PRE VÝŤAH .	34
3.1 STANOVENIE PROBLEMATIKY	34
3.2 NÁVRH HYDRAULICKEJ SCHÉMY ZAPOJENIA	35
3.3 VÝPOČET HYDRAULICKÉHO ZARIADENIA	36
3.4 VYPRACOVANIE HYDRAULICKEJ SCHÉMY ZAPOJENIA.....	41
3.5 NÁVRH ELEKTRICKEJ SCHÉMY ZAPOJENIA.....	42
4 VERIFIKÁCIA NAVRHOVANÉHO HYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU	45
ZÁVER	48
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	49

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

F	zaťažujúca sila
A	plocha všeobecne
η	účinnosť všeobecne
p	tlak
d	priemer
φ	pomer plôch A_K a A_{KR}
A_K	plocha piesta
A_{KR}	plocha piesta na strane piestnej tyče
F_{Vdov}	dovolená vzperná sila
E	modul pružnosti
I	statický moment plochy
L_k	voľná vzperná dĺžka
v	bezpečnostný faktor
U	napätie
R	odpor
I	intenzita prúdu
P	výkon
Q	prietok
n	otáčky
V	výtlačkový objem, potrebný objemový zdvih
d_K	priemer piestu
d_{ST}	priemer piestnej tyče
p_{stat}	statický prevádzkový tlak v pieste
Δp	zmena tlaku
h	výška zdvihu
Q_V	potrebný objemový prietok čerpadla
Q_{Vmax}	objemový prietok čerpadla
$V_{\text{čerp}}$	objemový zdvih čerpadla
t_{SCH}	čas spätného chodu
v_{SCH}	rýchlosť spätného chodu
v_m	požadovaná rýchlosť prúdenia v hadici
$Q_{Vspät'}$	odtok pri spätnom zdvihu
p_p	prevádzkový tlak

ÚVOD

Elektrohydraulické riadiace systémy sú systémy zložené z hydraulických a elektrických prvkov. Hydraulika prenáša signály pomocou kvapaliny, sú to vo väčšine prípadov oleje. Električka zase prenáša signály pomocou elektrických signálov. Tu sa môžu spojiť ich výhody a zmenšiť nevýhody. Hydraulika môže pracovať s pomerne veľkými silami na relatívne malom priestore. Čo sa môže inak vyjadriť aj ako vysoká hustota signálu. Pričom električka zase vyniká rýchlosťou a dĺžkou prenosu signálu. Ak sa teda zvolí ako signálová a riadiaca časť, umožní sa pružnejšia aplikácia hydraulických systémov. Navyše hydraulické zariadenia sú v mnohých prípadoch nezastupiteľné vďaka hydraulickému valcu, ktorý vykonáva síce iba priamočiary pohyb, no mechanickými prevodmi sa môže pomocou neho vykonávať takmer ľubovoľná operácia. Ďalej sú tu servoventily, ktoré umožňujú výrazné zosilnenie vstupných signálov, a tým uľahčujú riadenie ľuďom. Elektrické zariadenia zase poskytujú možnosti riadenia na vysokej úrovni, napríklad spracovanie signálu cez PLC.

Hydraulické výťahy boli v minulosti veľmi obľúbené, do príchodu trakčných výťahov. Teda výťahov so závažím, ktoré vyvažovalo váhu výťahu. No hydraulické výťahy si našli svoje miesto aj v tejto dobe. A používajú sa prevažne na nízke zdvihy, väčšinou ako nákladné hydraulické výťahy, zdvíhacie plošiny, zdvíhacie zariadenia. Použitím elektrického spracovania signálu sa umožnila väčšia konkurencieschopnosť hydraulických výťahov a zabezpečil sa väčší komfort.

Pri návrhu elektrohydraulických systémov sa zväčša vychádza z noriem zvlášť pre hydraulické systémy a zvlášť z noriem pre elektrické systémy. A sú určité hierarchie postupu dimenzovania jednotlivých dielov a súčastí, ktoré sú dané hlavne z požiadaviek na elektrohydraulické zariadenie a ich základnými fyzikálnymi veličinami.

Pričom treba ešte zvlášť vychádzať z noriem pre konštrukcie výťahov, z požiadaviek bezpečnosti výťahu, elektrických i hydraulických zariadení, ich správneho a dlhodobého udržateľného chodu.

1 STAVBA A METODIKA TVORBY ELEKTROHYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU

1.1 Hydraulika

Prenos energie v tekutinovom mechanizme (TM) sa viaže na hmotnosť nositeľa energie, teda tekutinu. Vzhľadom na požiadavky intenzifikácie práce a znižovania hmotnosti systému je snaha, aby sa prenos energie viazal na čo najmenšiu hmotnosť tekutiny, čiže aby hustota prenosu energie bola čo najväčšia, a tým zariadenie čo najmenšie. TM je teda zariadenie, ktoré využíva tekutinu na prenos energie a informácie medzi rôznymi miestami v priestore. TM predstavuje dynamickú sústavu, umožňujúcu prenášať a ovládať tok energie podľa vyžadovaných podmienok. Pritom nastáva spravidla zmena, transformácia jednotlivých foriem energie, resp. parametrov prenosu. V TM sa spravidla transformuje mechanická energia na energiu tekutiny a opačne [6]. Pri výbere najvhodnejšej tekutiny sú na výber dve možnosti:

- hydraulika – nositeľom energie je kvapalina,
- pneumatika – nositeľom energie je vzdušnica, čo môže byť kvapalina alebo para.

Pod pojmom hydraulika sa rozumie produkovanie síl a pohybov prostredníctvom tlakových kvapalín. Tlakové kvapaliny sú v tomto prípade médium slúžiacim na prenos energie[5].

Popri hydraulike a pneumatike existujú aj ďalšie techniky, pomocou ktorých sa môžu produkovať potrebné sily, pohyby a riadiace signály. Sú to mechanika a električka. Berie sa preto do úvahy, že každá technika má svoje prioritné využitie. Porovnanie troch najzákladnejších techník - hydrauliky, pneumatiky a električky sa nachádza v tabuľke Tab. 1.1 na nasledujúcej strane[5].

Najdôležitejšie výhody hydrauliky sú:

- prenos veľkých síl pri použití malých súčiastok, to znamená veľký merný výkon (hustota výkonu),
- presné polohovanie,
- rozbeh z pokojového stavu pod maximálnou záťažou ,
- rovnomerné, od zaťaženia nezávislé pohyby, pretože kvapaliny sú prakticky nestlačiteľné - možnosť použitia regulačných ventilov,
- jemné činnosti a prepínania,
- dobrá ovládateľnosť a regulovateľnosť,

- veľmi dobrý odvod tepla[5].

V porovnaní s inými technikami vykazuje hydraulika nasledovné nevýhody:

- znečisťovanie okolia presakujúcim olejom (nebezpečenstvo úrazu a požiaru)
- citlivosť na nečistoty
- nebezpečenstvo kvôli vysokým tlakom (rezný prúd)
- teplotná závislosť
- nepriaznivá účinnosť [5].

	Elektrika	Hydraulika	Pneumatika
Netesnosti		znečistenie	žiadne nevýhody okrem energetických strát
Vplyvy na okolie	nebezpečenstvo explózie v určitom prostredí, nezávislosť od teploty	citlivosť na výkyvy teploty, nebezpečenstvo požiaru pri netesnostiach	bez rizika explózie, citlivosť na zmeny teploty
Akumulácia energie	obtiazna, len v malých množstvách s batériami	obmedzená, za pomoci plynu	jednoduchá
Doprava energie	neobmedzená, s energetickými stratami	do 100 m rýchlosť prúdenia $v = 2-6$ m/s, rýchlosť signálu do 1000 m/s	do 1000 m rýchlosť prúdenia $v = 20-40$ m/s rýchlosť signálu 20-40 m/s
Pracovná rýchlosť		$v = 0,5$ m/s	$v = 1,5$ m/s
Náklady na zabezpečenie energie	nízke 0,25	vysoké 1	veľmi vysoké 2,5
Lineárne pohyby	obtiazne a drahé, malé sily, regulácia rýchlosti len pri vysokých nákladoch	jednoduché pri použití valcov, dobrá regulovateľnosť rýchlosti, veľmi veľké sily	jednoduché pri použití valcov, obmedzené sily, rýchlosť závislá od záťaže
Rotačné pohyby	jednoduché a výkonné	jednoduché, vysoké krútiace momenty, nízky počet otáčok	jednoduché, nízky výkon, vysoký počet otáčok
Presnosť nastavenia polohy	dosiahnuteľná presnosť +/- 1 mm a presnejšie	podľa záťaže môže byť dosiahnutá presnosť +/- 1 mm	bez zmeny záťaže je možné dosiahnuť presnosť až 1/10 mm
Tuhosť	dosiahnuteľné veľmi dobré hodnoty pomocou mechanických medzičlánkov	dobrá, pretože olej je nestlačiteľný, okrem toho úroveň tlaku je podstatne vyššia ako pri pneumatike	zlá, pretože vzduch je stlačiteľný
Sily	nepreťažiteľnosť, horšia účinnosť cez sériovo zapojené mechanické prvky, možnosť dosiahnuť veľmi vysoké sily	odolné proti preťaženiu, pri veľkom systémovom tlaku do 600 bar môžu byť dosiahnuté veľmi veľké sily $F < 3000$ kN	odolné proti preťaženiu, sily sú obmedzené tlakom vzduchu a priemerom valca $F < 30$ kN pri až 6 bar

Tab. 1.1 Porovnanie elektriky, hydrauliky a pneumatiky, [5]

1.2 Elektrohydraulika

Prenos energie v hydraulike sa spája s prenosom informácií. Pritom sa vyžaduje prenos

a spracovanie informácií minimálne potrebnou energiou. Systém prenosu energie sa teda skladá z nasledujúcich častí:

- výkonného obvodu, ktorý zabezpečuje prenos energie s minimálnou hmotnosťou,
- riadiaceho obvodu, ktorý sa využíva na zabezpečenie vyžadovaného priebehu práce stroja, a to s minimom sprostredkujúcej energie [6].

S prudkým rozvojom elektroniky a číslicového riadenia sa výhody elektriky a hydrauliky mohli spojiť do elektrohydrauliky. Pri aplikovaní ktorej sa objavili nové možnosti využitia hydrauliky.

Elektrohydraulické systémy pozostávajú z hydraulických a elektrických komponentov:

- pohyby a sily sú vytvárané hydraulicky,
- vstup signálu a spracovanie signálu sa však realizuje pomocou elektrických a elektronických komponentov[3].

Využitie elektriky prípadne elektroniky v hydraulických zariadeniach je výhodné z nasledujúcich dôvodov:

- Elektrické signály môžu byť prenášané vodičom veľmi jednoducho, rýchlo a na veľmi veľkú vzdialenosť. Mechanický (ťahadlo, lanový kladkostroj) alebo hydraulický prenos signálu (tlakové hadice, rúry) je podstatne drahší a náročnejší. Z tohto dôvodu sa napr. v lietadlách používajú hlavne elektrohydraulické systémy.
- V automatizačnej technike je signál spracovaný zvyčajne elektricky. Elektrohydraulické zariadenia sa preto najefektívnejšie používajú v automatizovaných výrobných zariadeniach (napr. v plne automatizovanej lisovacej linke pre obrábanie blatníkov automobilov).
- U mnohých zariadení sú nevyhnutné komplikované riadiace procesy (napr. spracovanie plastov). V takýchto prípadoch je elektrické riadenie často jednoduchšie a oveľa lacnejšie ako mechanická alebo hydraulická regulácia [3].

1.3 Využitie elektrohydraulických zdvíhacích zariadení

1.3.1 Zdvíhacie zariadenia

V nasledujúcich desiatkach rokov bude zníženie nákladov a energetická účinnosť dominujúcim faktorom úspechu pre všetky odvetvia. V súčasnej dobe hydraulický priemysel nie je schopný splniť tieto požiadavky: hydraulické systémy a komponenty sú jednoducho príliš drahé a príliš neefektívne. Nie je alternatíva pre hydraulický valec. Bez pocitu tepla súťaže, hydraulický priemysel nemá dostatočnú motiváciu investovať do

nových produktov a technológií. S ohľadom na neistú budúcnosť sa bude účinnosť priemyslu meniť. Ak sa to stane, vytvoria sa na trhu príležitosti k plnému využitiu potenciálneho vysokého výkonu, krútiaceho momentu a hustoty sily v kombinácii s flexibilitou riadenia a správy napájania. Kvapalná energia naozaj nemá alternatívu. Je odsúdená k inováciám[1].

U elektrohydraulických zdvíhacích systémov je zdvih zväčša zabezpečovaný pohybom hydraulického valca. Teda hydraulika sa tu využíva hlavne tam kde je hydraulický valec nezastupiteľný.

- Napríklad pri zdvíhaní veľkých pozemných nádrží sa využívajú hydraulické valce, uspôsobené na veľký prítok oleja na zabezpečenie veľkého tlaku a zároveň rovnomerné napúšťanie oleja do jednotlivých valcov pre rovnomernú prácu a teda aj zdvih. Elektrohydraulický zdvíhací systém tu zabezpečuje hlavne vysoký a rovnomerný zdvih pri veľkých tlakoch [8].
- Pracovný valec s viacstupňovým piestom je vhodný na zdvíhanie v malom rozsahu na stavbách i v strojárstve, na jemné výškové nastavenie objektov s veľkou hmotnosťou v obmedzenom priestore. Piesty sú vybavené stieracími krúžkami proti vniknutiu nečistôt. Povrchovo upravené vypaľovanou farbou [7].
- Elektrohydraulické zdvíhacie systémy využívané v autoservisoch na zdvíhanie aut. Či už sú to dvoj alebo štvorstĺpové elektrohydraulické zdvíhadlá.
- Nožnicové plošiny
 - mobilné, statické
 - jedno nožnicové, viac nožnicové
 - tandemové zdvíhacie plošiny
 - nožnicové plošiny s otočnou nákladovou plochou

1.3.2 Osobné výťahy

Existujú tri typy výťahov: trakčné, bubnové a elektrohydraulické. Pričom najčastejšie používané výťahy pri preprave osôb sú trakčné. Vzhľadom na to, že vo všeobecnosti je elektrohydraulický typ menej účinný ako trakčný. Preto ak sa rozhodujeme navrhnúť výťah do viacposchodových budov, treba zväziť použitie trakčného typu výťahu [9]. V elektrohydraulických výťahoch je pohon kabíny zabezpečený pohybom hydraulického valca, ktorý buď priamo, alebo cez laná a kladku zdvíha kabínu. Priamy hydraulický pohon

je lacnejší a konštrukčne jednoduchší, na druhej strane však limitovaný dĺžkou piestu, preto sa hodí pre zdvihy do 3 metrov. Nepriamy hydraulický pohon je vhodný pre budovy do 8 poschodí (max. zdvih 21 metrov) [10].

Hlavné znaky hydraulických výťahov:

- hydraulické výťahy sa vyznačujú jednoduchou konštrukciou, vysokou účinnosťou a bezporuchovou prevádzkou
- sú určené pre stredné a nízke budovy, kde výťahy vystačia s nižšou rýchlosťou (okolo 0,6 m/s)

Výhody hydraulických výťahov :

- možnosť umiestnenia strojovne kdekoľvek v rozsahu 0 až 20 m od šachty
 - neprenáša sa hluk od pohonu do kabíny
- ľahká aplikácia vyslobodzovacích akcií
 - ľahké vyslobodenie osôb
 - možnosť použitia modulu pre automatický návrat kabíny v prípade výpadku napájania výťahu
- vysoká presnosť zastavenia
 - odstránenie nepríjemných prekážok pre osoby s obmedzenou schopnosťou pohybu
- konštantný relevelling
 - dorovnanie kabíny výťahu v priebehu nakládky/vykládky bremena
- jedna kotevná stena
 - stavebne menej náročná konštrukcia šachty
 - veľká variabilnosť [2].

1.4 Metodika tvorby elektrohydraulického zariadenia a schéma zapojenia

1.4.1 Hydraulická schéma zapojenia

Zobrazuje usporiadanie výkonových častí elektrohydraulického zariadenia. Pomocou symbolov a znakov znázorňuje ako sú jednotlivé prvky navzájom spojené. Pre zostavenie prehľadnej schémy zapojenia je ignorované skutočné priestorové usporiadanie prvkov.

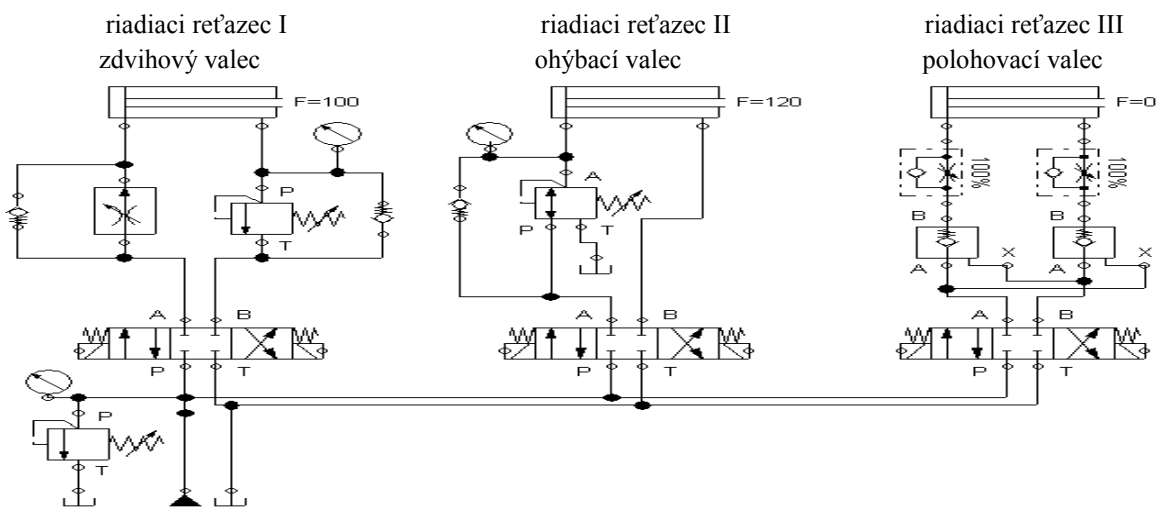
Hydraulická schéma pre elektrohydraulické zariadenie sa kreslí nasledovne:

- hydraulická energia je pripojená,

- o elektrická energia odpojená [3].

Ak predpokladáme rozsiahle vedenie s viacerými pracovnými prvkami, mali by sme ho rozdeliť na jednotlivé riadiace reťazce (Obr. 1.1):

- o Jeden pracovný prvok a k nemu prislúchajúca časť riadenia energie tvoria riadiaci reťazec.
- o Komplexné riadenia pozostávajú z viacerých riadiacich reťazcov. Tieto sú v schémach zapojenia usporiadané vedľa seba a označené poradovou číslovkou.
- o Riadiace reťazce by mali byť zakreslené podľa možností vedľa seba v poradí priebehu pohybu [3].



Obr. 1.1 Riadiace reťazce [5]

Značenie prvkov v hydraulickej schéme je podľa poradia delené do skupín:

- o skupina 0, všetky prvky zdroja energie,
- o skupina 1, 2, 3..., označenie jednotlivých riadiacich reťazcov (normálne pre každý valec jedno skupinové číslo).

Ďalej sa prvky riadiaceho reťazca označujú číslom prístroja:

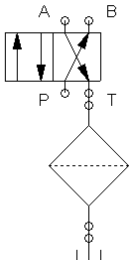
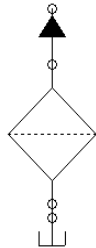
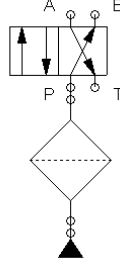
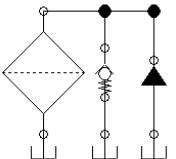
- o .0 – pracovný prvok, napr. 1.0, 2.0 (alebo pomocou písmena A, napr. 1A1, 1A2),
- o .1 – nastavovací prvok, napr. 1.1, 2.1,
- o .2, .4 – párne čísla: všetky prvky ktoré ovplyvňujú chod vpred,
- o .3, .5 – nepárne čísla: všetky prvky ktoré ovplyvňujú spätný chod,
- o .01, .02 – prvky medzi nastavovacím prvkom a pracovným prvkom, napr. škrtiaci ventil, napr. 1.01, 1.02) [3].

Doplňkovo môžu byť v hydraulickej schéme zapojenia uvedené údaje o čerpadlách, tlakových ventiloch, tlakomeroch, valcoch, hydromotoroch, rúrach a hadiciach. Ku každej schéme zapojenia hydraulického zariadenia patrí aj kusovník[3].

Komponenty zdrojovej časti:

❖ Tu sa rieši hlavne zapojenie filtrov v schéme

Sú to prietokové čističe, v ktorých sa nečistoty zachytávajú pri prietoku priepustnou stenou [6]. Dôležité parametre sú jemnosť filtra a zapojenie filtra do sústavy (Tab. 1.2).

	Filtrácia hlavného toku			Filtrácia vedľajšieho toku
	Filter spätného toku	Sací filter	Tlakový filter	
Schéma zapojenia				
Výhody	kvalitná bezproblémová údržba	chráni čerpadlo pred znečistením	u ventilov citlivých na znečistenie možnosť použitia filtrov s menšími pórnami ako u iných	menšie filtre možno použiť ako prídavné
Nevýhody	nečistoty budú zachytávané až na výstupe hydraulických prvkov	zlá prístupnosť, problémy s nasávaním pri jemnej pórovitosti filtrov Dôsledok: kavitácia.	drahé	znížená schopnosť odstraňovania nečistôt
Poznámky	často používaný	použiteľný dodatočne ako väčší filter pred čerpadlo	vyžaduje tlaku vzdorný kryt a indikátor znečistenia	filtrovaná bude len časť objemového prietoku

Tab. 1.2 Filtrácia hlavného a vedľajšieho toku [5]

Časť riadenia energie

Tok energie sa privádza k pohonu (pracovná časť mechanizmu) cez časť riadenia energie podľa požiadaviek riadenia výkonovej časti. Používajú sa k tomu:

❖ Rozvádzače

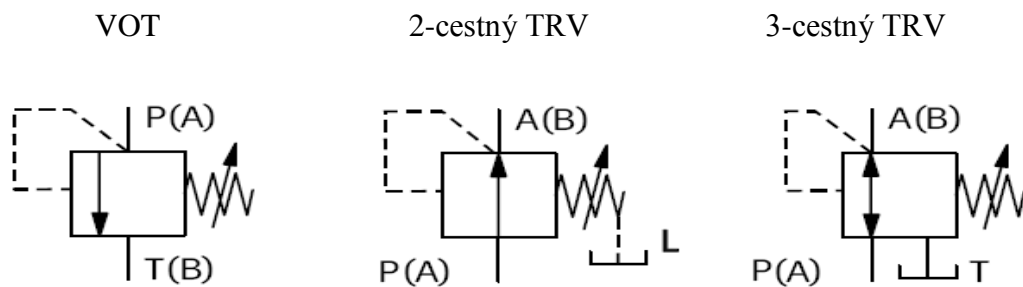
Rozvádzače sa značia číslicami, napríklad 3/2, prvé číslo udáva počet ciest, druhé počet polôh. Číta sa dvojpohový trojcestný ventil. Úplne rozdelenie rozvádzačov sa nachádza v tabuľke Tab. 1.3.

Rozvádzače		
2/2 – rozvádzač	kľudová (výhodisková) poloha „uzavretá“ (P,A)	
	kľudová poloha „prietok“ (P→A)	
3/2 – rozvádzač	kľudová poloha „uzavretá“ (P,T→A)	
	kľudová poloha „prietok“ (P→A,T)	
4/2 – rozvádzač	kľudová poloha „prietok“ (P→B,A→T)	
5/2 – rozvádzač	kľudová poloha „prietok“ (A→R,P→B,T)	
4/3 – rozvádzač	stredová (výhodisková) poloha „uzavretá“ (P,A,B,T)	
4/3 – rozvádzač	stredová poloha „obtok čerpadla“ (P→T,A,B)	
4/3 – rozvádzač	stredová poloha „H“ (P→A→B→T)	
4/3 – rozvádzač	stredová poloha „pracovné prípojky odľahčené“ (P,A→B→T)	
4/3 – rozvádzač	stredová poloha „pracovné prípojky pod tlakom“ (P→A→B,T)	

Tab. 1.3 Používané druhy rozvádzačov [5]

❖ Tlakové ventily

Tlakové ventily sa používajú na riadenie a regulovanie tlaku v hydraulickom zariadení a v jeho častiach. Ich značenie je zobrazené na Obr. 1.2.






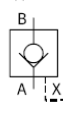

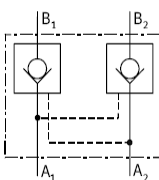
Obr. 1.2 Tlakové ventily [4]

❖ Uzatváracie ventily

Uzatváracími ventilmi sa blokuje objemový prietok v jednom smere a prepúšťa voľný prietok v protismere.

Rozlišujú sa uzatváracie ventily (Tab. 1.3):




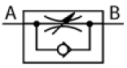

- spätné (nezaťažené, zaťažené pružinou)
- uzatvárateľné a riadené spätné ventily [5].

	nezaťažný spätný ventil
	spätný ventil zaťažný pružinou
	uzatvárateľný spätný ventil, predreguláciou (riadiacim signálom) je zabránené otváraníu ventilu
	riadený spätný ventil, predreguláciou (riadiacim signálom) je zabránené zatváraníu ventilu
	prepínací ventil
	riadený dvojité spätný ventil

Tab. 1.4 Uzatváracie ventily [5]

❖ Prietokové ventily

Prietokové ventily sa používajú, aby sa znížila rýchlosť valca alebo otáčky motora. Pretože sú obe veličiny závislé od objemového prietoku, musí byť zmenšený práve tento prietok [5]. Základné typy sú zobrazené v tabuľke Tab. 1.5.

	škrtiaci ventil
	clonový ventil
	nastaviteľný škrtiaci ventil
	škrtiaci spätný ventil
	2-cestný regulačný prietokový ventil

Tab. 1.5 Prietokové ventily [4]

Pohon – akčná časť

Hydromotor alebo aj hydrostatický prevodník, pomocou ktorého sa sprostredkuje prevod energie z kvapaliny na pevné časti. Jedná sa o prvok s opačnou funkciou ako čerpadlo. Hydromotor je spravidla výstupným členom hydrostatického mechanizmu.

Podľa charakteru pohybu akčného člena sa rozoznávajú hydromotory:

- z priamočiarym pohybom (pomocou valcov),
- z rotačným pohybom [6].

Hydraulické valce

Pomocou nich sa premieňa hydraulická energia na mechanickú. Pritom je vykonávaný lineárny pohyb, preto sú označované. Rozlišujú sa dva základné typy hydraulických valcov – jednočinný a dvojčinný Obr. 1.3.

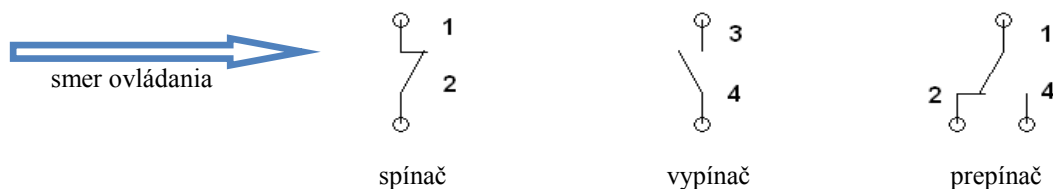


Obr. 1.3 Jednočinný a dvojčinný hydraulický valec

- Jednočinný valec, jednočinné valce sa používajú všade tam, kde sa vyžaduje hydraulická práca iba v jednom smere pohybu.
- Dvojčinný valec, pri dvojčinnom valci môžu byť obe plochy piesta v styku s tlakovou kvapalinou. Preto je možné, aby takýto valec konal prácu v oboch smeroch.

1.4.2 Elektrická schéma zapojenia

Tu sa pripojenia obvodových členov s jednoduchými kontaktmi označujú jednocifernými číslami. Vypínače majú funkčné čísla 1 a 2, spínače 3 a 4. Pripojenia prepínačov sa označujú číslami 1, 2 a 4. Označenie je ukázané na Obr. 1.4[3].



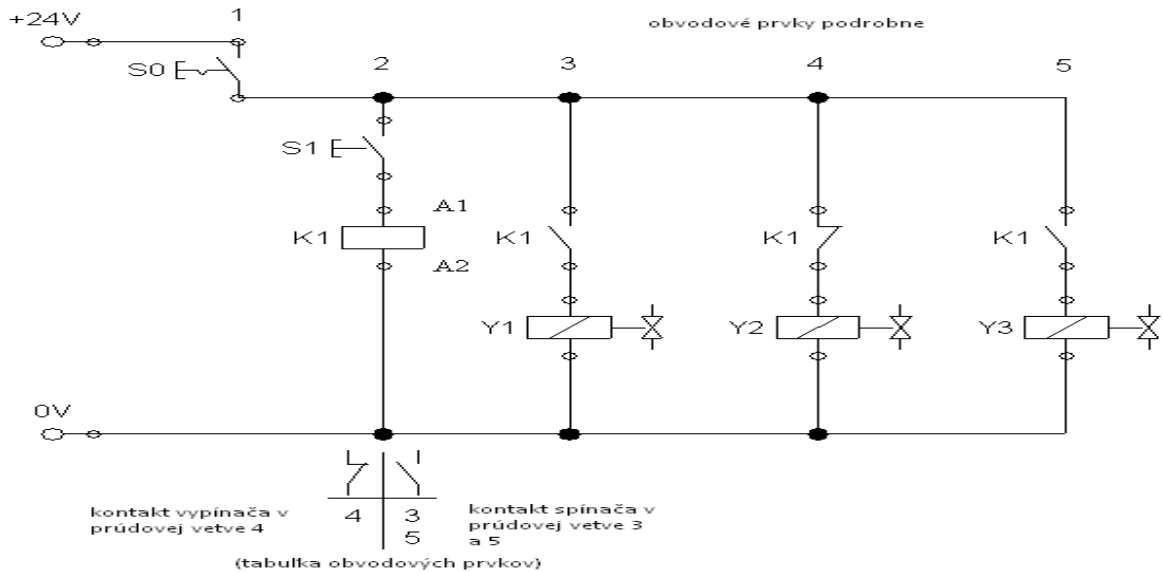
Obr. 1.4 Označenia pripojení elektrických obvodových prvkov [3]

Pripojenia pomocných obvodových prvkov (kontakty relé) sa označujú dvojčifernými číslami:

- prvá číslica je poradová,

- o druhá číslica je funkčná [3].

V schémach zapojenia sa vinutia (cievky) relé označujú písmenom K a vzostupne číslami napr. K1, K2. Pripojenia vinutí sú označené A1 a A2. Spínače sa označujú S0, S1, kde ako S0 sa označuje hlavný vypínač. A magnetická cievka, slúžiaca ako rozhranie medzi signálovou riadiacou časťou a výkonovou časťou elektrohydraulického zariadenia je označovaná písmenom Y, napr. Y1 a Y2. Pozri Obr. 1.5[3].



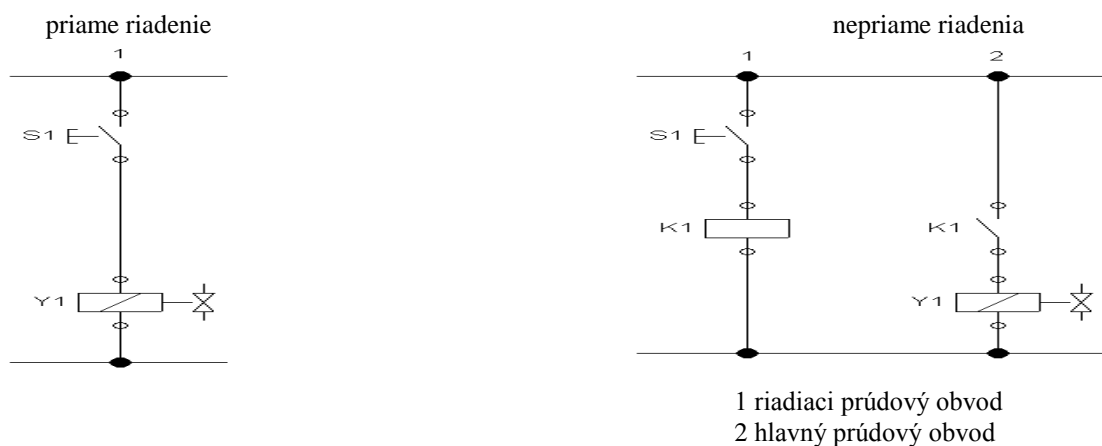
Obr. 1.5 Označenie prípojok relé a tabuľka obvodových prvkov [3]

Priame a nepriame riadenie magnetických ventilov

Ventily sú v elektrohydraulike riadené elektromagnetmi. Zdvihové magnety zaujímajú dve koncové polohy:

- o prvá koncová poloha sa dosahuje prechodom prúdu,
- o druhá poloha je v bezprúdovom stave dosiahnutá pomocou vratnej pružiny.

Rozdiel medzi priamym a nepriamym riadením je zobrazený na Obr. 1.6 [3].



Obr. 1.6 Priame a nepriame riadenie [3]

Logické obvody

Logické funkcie sú funkcie, pomocou ktorých sú spájané binárne signály podľa pravidiel Boolovskej algebry na to máme k dispozícii 4 základné funkcie, vid' tabuľku Tab. 1.6.

Rovnosť	vstupný a výstupný signál majú rovnakú hodnotu
Negácia	výstupný signál má opačnú hodnotu ako vstupný
Konjunkcia (A)	výstupný signál má hodnotu 1 práve vtedy, keď všetky vstupné signály majú hodnotu 1
Disjunkcia (ALEBO)	výstupný signál má hodnotu 1 vtedy, keď aspoň jeden vstupný signál má hodnotu 1

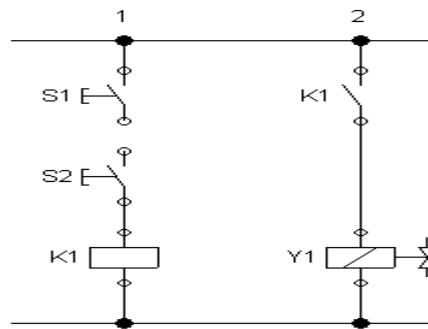
Tab. 1.6 Základné logické funkcie [3]

Z týchto základných funkcií sa dajú zostaviť všetky ostatné logické funkcie. Pri logickej funkcii A sú dva signály prepojené tak, že prúd tečie iba vtedy, keď existujú obidva (=1). V elektrotechnike sa realizuje cez sériové zapojenie odpovedajúcich vstupných prvkov[3]. Príklad je uvedený na obrázku Obr. 1.7.

pravdivostná tabuľka

S3	S4	K1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Booleovská rovnica
 $K1 = S3 \wedge S4$



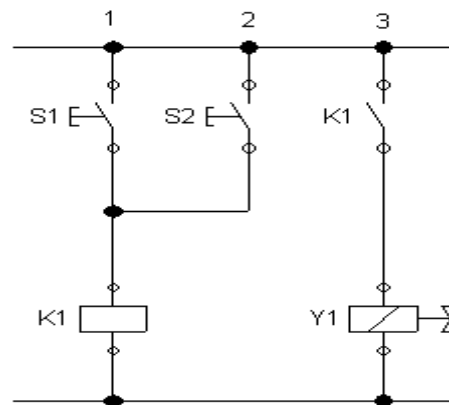
Obr. 1.7 Funkcia – A [3]

Pri funkcii – ALEBO je nutné navzájom spojiť dva prvky vstupu signálu (tlačidlo S1 a tlačidlo S2) tak, aby sa valec pri stlačení jedného z nich alebo pri súčasnom stlačení oboch vysunul. Pri elektrickej realizácii funkcie ALEBO budú oba prvky vstupu signálu zapojené paralelne (Obr. 1.8). Z pravdivostnej tabuľky vyplýva, že prúd preteká K1 vtedy, keď sú buď jeden alebo obidva prvky vstupu signálu činné [3].

pravdivostná tabuľka

S1	S2	K1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Booleovská rovnica
 $K1 = S1 \vee S2$



Obr. 1.8 Funkcia – ALEBO [3]

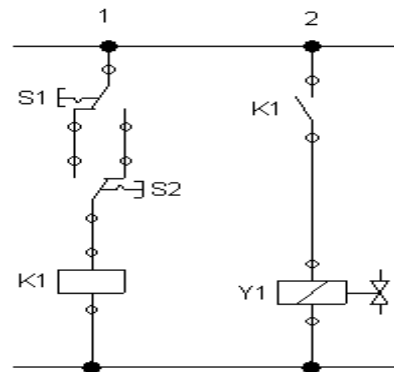
Aby mohla byť pri funkcii Exklusiv – ALEBO (EXOR) vytvorená elektrická schéma zapojenia, musí sa funkcia rozdeliť do troch logických funkcií: konjunkcia (A), disjunkcia (ALEBO), ako aj negácia (NIE). Booleovská rovnica a odpovedajúca schéma logického obvodu sa odvodzujú z pravdivostnej tabuľky na Obr. 1.9:

- najskôr budú znegované vstupné signály NIE,
- potom budú vstupné signály a negácia spojené funkciou A,
- nakoniec budú oba výrazy spojené funkciou ALEBO [3].

pravdivostná tabuľka

S1	S2	K1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Booleovská rovnica

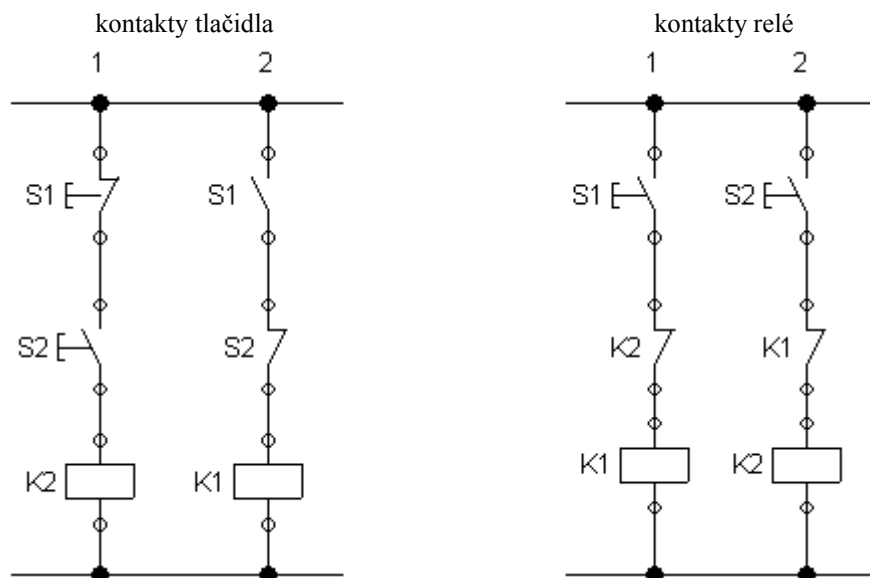
$$K1 = (\overline{S1} \wedge S2) \vee (S1 \wedge \overline{S2})$$


Obr. 1.9 Funkcia Exklusiv – ALEBO [3]

Zápis signálu

Zápis signálu sa môže v elektrohydraulických zariadeniach uskutočniť dvoma spôsobmi:

- v hydraulickej výkonovej časti magnetickými impulznými ventilmi, ktoré ukladajú dané nastavenie do pamäte pomocou západky (aretácie), alebo trením,
- a v elektrickej časti riadenia signálov pomocou polohovacieho spínača alebo pomocou samodržného zapojenia.



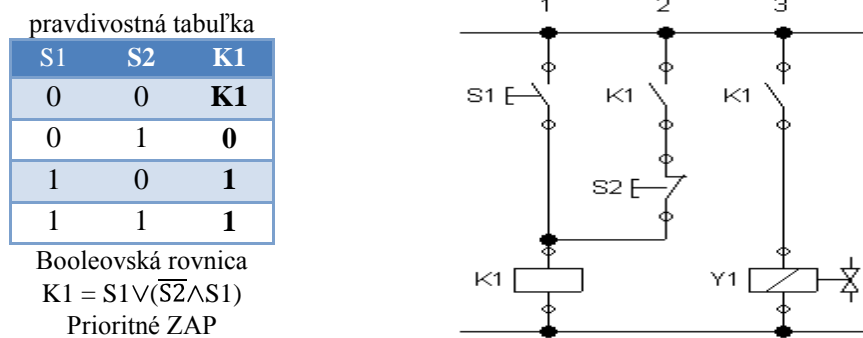
Obr. 1.10 Blokovanie pomocou kontaktov cez tlačidlá a cez kontakty relé [3]

Napríklad ak chceme aby bola vždy riadená iba jedna cievka magnetického ventilu, musia byť oba vstupné signály vzájomne blokované. Blokovanie môže byť realizované kontaktmi tlačidla alebo cez kontakty relé (kontakty stýkačov). Schéma zapojenia sa nachádza na predchádzajúcej strane na Obr. 1.10[3].

Nevýhody:

- o kontaktmi tlačidla – blokovanie nie je účinné pokiaľ kontakt zostáva mechanicky spojený (zlepený)
- o kontaktmi relé – pri súčasnom zopnutí S1 a S2 môžu obe relé spínať [3].

Ďalej samodržné zapojenie sa používa na to, aby sa kontakty po uvoľnení tlačidla nevrátili späť do pôvodnej polohy. Cievka relé sa musí tak dlho napájať prúdom, až pokiaľ nie je napájanie prúdom prerušené iným signálom, pozri obrázok Obr. 1.11.



Obr. 1.11 Elektrické samodržné zapojenie, dominantne zapnuté [3]

Ak bude tlačidlo S1 „zapnuté“ stlačené, bude cievka relé napájaná prúdom. Kontakty sa prepínajú, kontakt K1 sa spína. Po opätovnom uvoľnení tlačidla S1 zostáva cievka relé napájaná prúdom cez kontakt K1: Drží sa sama. Vstupný signál bude teda uložený do pamäte. Stlačením tlačidla S2 bude prívod prúdu na cievku prerušený a kontakty K1 sa vypínajú [3].

Sekvenčné riadenie

Je riadenie s vynútením priebehom – krokový priebeh. V ktorom bude zopnutie v ďalšom kroku realizované pomocou toho, že snímač koncovej polohy zosníma dosiahnutie koncovej polohy.

Snímače sa používajú na to, aby zaznamenali informácie o stave zariadenia a odoslali ich do riadiacej časti. V elektrohydraulickom zariadení sú snímače používané, aby spĺňali predovšetkým nasledujúce úlohy:

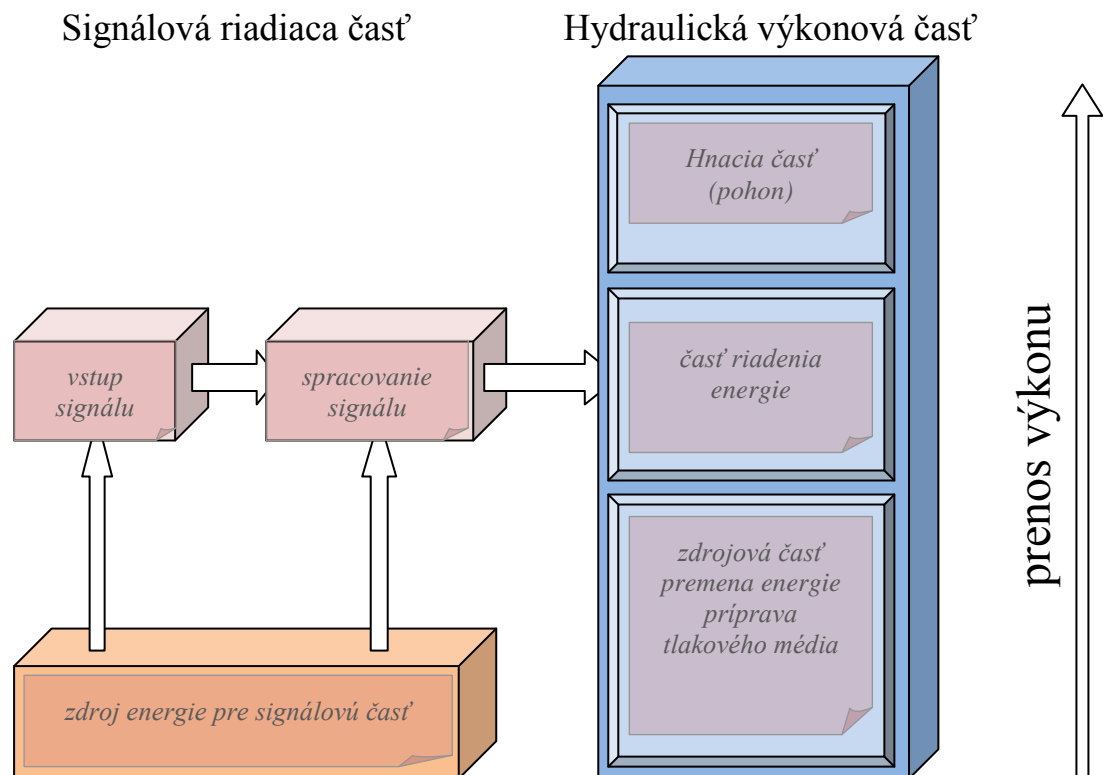
- o meranie a kontrola tlaku a teploty tlakovej kvapaliny
- o záznam o priblížení, pozícii alebo koncovej polohe pracovných prvkov [3].

2 ANALÝZA POŽIADAVIEK A ČINNOSTÍ NA ELEKTROHYDRAULICKÉ RIADENIE VÝŤAHOV

2.1 Analýza požiadaviek na elektrohydraulický riadiaci systém

Pred samotným návrhom riešenia je potrebné aby sa analyzovali požiadavky, ktoré budú od budúceho systému požadované. Schematické usporiadanie elektrohydraulického zariadenia (Obr. 2.1) sa skladá z dvoch hlavných konštrukčných prvkov:

- Signálová riadiaca časť so vstupom signálu, spracovaním signálu a zdrojom energie pre signálovú časť.
- Hydraulická výkonová časť so zdrojovou časťou, časťou riadenia energie a pohonom.



Obr. 2.1 Schematické usporiadanie elektrohydraulického zariadenia, [3]

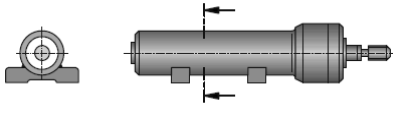


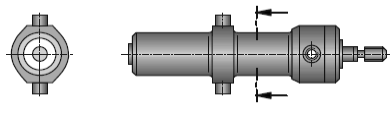
2.1.1 Hnacia časť

Je to časť hydraulického systému, ktorá vykonáva potrebné pohyby v pracovnom priestore.

Hydraulické valce

Hydraulický valec premieňa hydraulickú energiu na energiu mechanickú. Koná priamočiary pohyb, preto sa označuje aj ako lineárny motor. Rozlišujú sa dva základné typy hydraulických valcov – jednočinný a dvojčinný[5].

- Spôsoby upevnia, základne spôsoby upevnenia sú ukázané v tabuľke Tab. 2.1.

pätkové upevnenie	
prírubové upevnenie	
otočné vyhotovenie	
otočné upevnenie s čapmi	

Tab. 2.1 Spôsoby upevnenia [4]

- Tesnenia

Úlohou tesnení je zabrániť úniku oleja a z neho vyplývajúcim stratám v hydraulických komponentoch [5].

- Odvzdušnenie

Hydraulické valce sa dodávajú s odvzdušňovacími skrutkami na oboch koncových polohách. Tieto pripojenia sa môžu použiť aj na pripojenie meracích prístrojov tlaku [5].

Charakteristické údaje pri výpočte hydraulických valcov

- Zaťažujúca sila F

Pre výber valca je nutné poznať zaťažujúcu silu F . Požadovaný tlak p je volený podľa druhu použitia. Pritom treba vziať do úvahy hydraulicko – mechanickú účinnosť η_{hm} . So stúpajúcim tlakom sa účinnosť zlepšuje. Jej hodnota leží v rozmedzí 0,85 a 0,95. Priemer piestu d sa potom vypočíta [5]:

$$F = p \cdot A \cdot \eta_{hm}$$

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{F}{p \cdot \eta_{hm} \cdot \pi} \quad d = \sqrt{\frac{4F}{p \cdot \eta_{hm} \cdot \pi}}$$

Okrem toho sa pri dvojčinných valcoch stanovuje prednostné párovanie pomeru plôch φ = plocha piesta A_K k ploche piesta na strane piestnej tyče A_{KR} [5].

$$\varphi = \frac{A_K}{A_{KR}} \quad A_{KR} = A_P - A_{ST}$$

- Bezpečnosť pri vzpere

Pre tlakové zaťaženie je možné vypočítať dovolenú vzpernú silu F_{vdov} , podľa vzťahu [5]:

$$F_{vdov} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_K^2 \cdot v}$$

Kde:

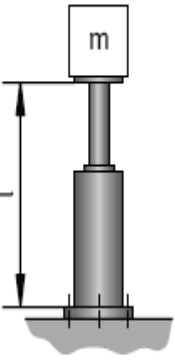
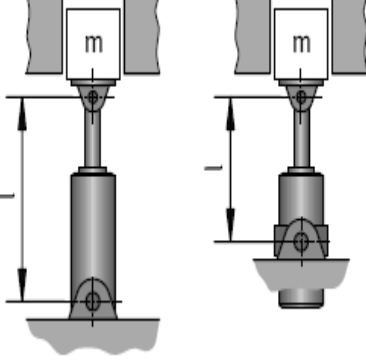
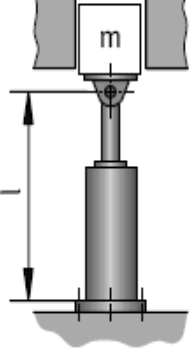
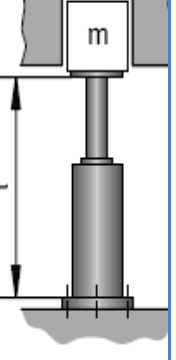
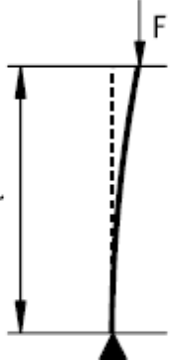
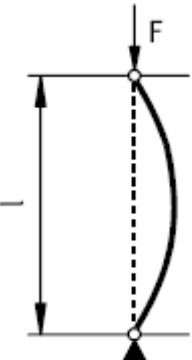
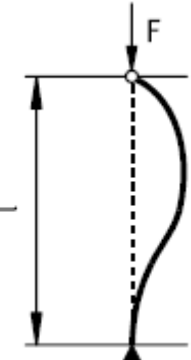
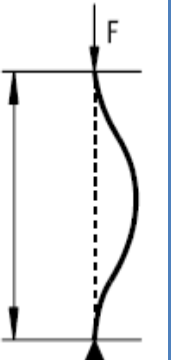
E – je modul pružnosti $\left[\frac{\text{daN}}{\text{dm}^2} \right]$ (pre ocel' = $2,1 \cdot 10^6$)

I – je statický moment plochy $[\text{cm}^4]$ (pre $\varnothing = \frac{d^4 \cdot \pi}{64} = 0,0491 \cdot d^4$)

L_K – je voľná vzperná dĺžka $[\text{cm}]$

v – bezpečnostný faktor 2,5 – 3,5

Voľná vzperná dĺžka L_K je závislá od spôsobu zaťaženia, pozri Tab. 2.2.

prípád 1	prípád 2 (základný prípad)	prípád 3	prípád 4
			
jeden koniec voľný, jeden pevne votknutý	dva konce upevnené kĺbmi	jeden koniec upevnený kĺbom, jeden pevne votknutý	dva konce pevne votknuté
			
$l_K = 2l$	$l_K = l$	$l_K = l \cdot \sqrt{1/2}$ ($l \cdot 0,707$)	$l_K = 1/2 l$

Tab. 2.2 Spôsoby votknutia podľa Eulera [5]

Hydraulické motory

Premieňajú hydraulickú energiu na energiu mechanickú a vytvárajú rotačné pohyby (rotačný pohon). Zdvihový objem je zadaný výrobcom hydromotorov v cm^3 na otáčku

a k tomu je udaný aj regulačný rozsah otáčavej rýchlosti, v ktorej pracuje motor efektívne. Zo zdvihnutého objemu a požadovaného počtu otáčok sa vypočíta objemový prietok potrebný pre motor.

Hydraulické motory majú spravidla rovnakú konštrukciu ako hydraulické čerpadlá. Delia sa na:

- konštantné motory, konštantný zdvihový objem,
- nastaviteľné motory, nastaviteľný zdvihový objem [5].

2.1.2 Časť riadenia energie

Elektrohydraulické ventily

Ventily sa v elektrohydraulike riadia elektromagnetmi. Zdvihové magnety zaujímajú dve koncové polohy:

- prvá koncová poloha sa dosahuje prechodom prúdu,
- druhá poloha je v bezprúdovom stave dosiahnutá pomocou vratnej pružiny [3].

Elektrický výkon magnetickej cievky, relé a stýkačov sa vypočíta pomocou Ohmovo zákona a vzorca na výpočet elektrického výkonu[5]:

$$U = R \cdot I$$

Kde:

U je napätie [V],

R je odpor [Ω],

I je intenzita prúdu [A].

$$P = U \cdot I$$

Kde P je výkon [W]. Zo vzorcov vyplýva že $P = \frac{1}{R}$.

Hydraulické ventily

Tok energie sa privádza k pohonu (pracovná časť mechanizmu) cez časť riadenia energie podľa požiadaviek riadenia výkonovej časti. Používajú sa k tomu:

❖ Rozvádzače

Rozvádzacie ventily sú prvky, ktoré menia, otvárajú alebo zatvárajú prietokové cesty v hydraulickom zariadení. Tým je riadený smer pohybu a prerušenie činnosti pracovných prvkov. Rozvádzacie ventily sa rozdeľujú na:

- spojito pracujúce rozvádzačie ventily, tieto ventily majú okrem dvoch ľubovoľných polôh ľubovoľné množstvo medzipolôh s rôznymi škrtiacimi účinkami. Patria sem proporcionálne ventily a servoventily,
- binárne pracujúce rozvádzačie ventily, majú vždy pevný počet spínacích polôh. Tieto sa v praxi zjednodušene nazývajú rozvádzače. Patria do oblasti tzv. logickej hydrauliky [5].

❖ Tlakové ventily

Úlohou tlakových ventilov je riadiť a regulovať tlak v hydraulickom zariadení a v jeho častiach.

Ventily obmedzujúce tlak (VOT) používajú ako:

- bezpečnostné ventily, ventily obmedzujúce tlak primontované ku čerpadlu, aby ho chránili pred preťažením, je pevne nastavený na maximálny tlak čerpadla.
- Stabilizačné (prispôsobovacie), pôsobia proti hmotnosti záťaže. Ventil musí byť tlakovo vyrovnaný a pripojenie nádrže zaťažiteľné.
- Brzdíacie ventily, zabraňujú tlakovým špičkám, ktoré môžu vzniknúť následkom sily od záťaže pri náhlom uzavretí ventila.
- Postupné (pripojovacie ventily, tlakovo pripojovacie ventily), pri prekročení nastaveného tlaku otvárajú prepojenia k ďalším spotrebičom [5].

Tlakové regulačné ventily (TRV) regulujú vstupný tlak na predvolený vstupný tlak.

Poznáme:

- 2-cestný tlakový regulačný ventil, tento ventil sa používa na regulovanie tlaku na určitú hodnotu, ak je nutné aby v jednom zariadení pôsobili rozdielne tlaky.
- 3-cestný tlakový regulačný ventil, spôsob činnosti 3-cestného je z hľadiska prietoku identický s 2-cestným tlakovým regulačným ventilom. Rozdiel je v tom, že nárastom tlaku na výstupe sa umožní prietok z výstupu do nádrže[5].

❖ Prietokové ventily

Prietokové ventily sa používajú na zníženie rýchlosti valca alebo zníženie otáčok motora. Pretože sú obe veličiny závislé od objemového prietoku, musí byť zmenšený práve tento prietok. Kritéria pre nastaviteľné škrtiace ventily:

- vytváranie odporu,
- nemeniaci sa odpor pri meniacej sa teplote tlakovej kvapaliny, t.j. nezávislosť od viskozity,
- presná nastaviteľnosť, jemná nastaviteľnosť je o. i. závislá od pomeru plochy prierezu ku obvodu prierezu,

- lacná konštrukcia[5].

2-cestné regulačné prietokové ventily môžu byť použité na reguláciu prítoku, odtoku alebo na obtokovú reguláciu. Nevýhodou obtokovej regulácie je vznik nerovnomerností hodnoty prietoku kolísaním počtu otáčok[5].

2.1.3 Komponenty zdrojovej časti

Výkonová časť hydraulického zariadenia sa rozdeľuje na zdrojovú časť, časť riadenia energie a akčnú (pohonovú) časť. Pre premenu energie – elektrickej na mechanickú a následne na hydraulickú sa používajú tieto prvky [5]:

❖ **Elektromotor**

❖ **Spaľovací motor**

❖ **Spojka**

Spojky sú umiestňované v zdrojovej časti medzi motorom a čerpadlom. Prenášajú na čerpadlo krútiaci moment vyprodukovaný motorom.

❖ **Čerpadlo**

Čerpadlo je hydraulický prvok určený na prenos energie z poháňacieho motora na kvapalinu. Z pracovného procesu priameho pôsobenia činného elementu na kvapalinu vyplývajú aj základné vlastnosti čerpadiel, ku ktorým patria najmä [6]:

1. Veľkosť tlaku zodpovedá celkovému odporu, ktorý vyplýva z vonkajších odporov, vnútorných odporov a objemového prietoku [5].

2. Prietok čerpadla, ktorý závisí od jeho pracovného objemu a pohybovej frekvencie, je nerovnomerný. Nerovnomernosť klesá so zvyšovaním počtu činných prvkov [6].

- Pracovný objem, alebo výtlakový objem V , je určujúcim parametrom pre veľkosť čerpadla . Predstavuje objem kvapaliny, ktorú čerpadlo vytlačí za jednu otáčku alebo zdvih. Pomocou neho si môžeme vyjadriť objemový prietok čerpadla [5]:

$$Q = n \cdot V .$$

- Prevádzkové otáčky (pohybová frekvencia) n sú najdôležitejším kritériom pre výber čerpadiel, pretože objemový pretok Q je závislý od otáčok. Mnoho čerpadiel je možné používať len pre určitý počet otáčok a nesmú byť zaťažované v stave nečinnosti. Najbežnejšie otáčky čerpadiel sú $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ [5].

K posúdeniu čerpadiel sa v praxi používajú charakteristické krivky (charakteristiky):

- objemový prietok Q ,
- výkon P ,
- účinnosť h v závislosti od tlaku v konštantných otáčkach.

Podľa výtlakového objemu je možné hydraulické čerpadlá rozdeliť na tri základné typy:

- konštantné čerpadlá - majú konštantný výtlakový objem,
- nastaviteľné čerpadlá - majú prestaviteľný výtlakový objem,
- regulačné čerpadlá - majú reguláciu tlaku, objemového prietoku, prípadne aj výkonu regulovaného výtlakového objemu[5].

❖ **Ochranné zariadenie**

Ide zväčša o poistný ventil (ventil obmedzujúci tlak), ktorý je spravidla tesne za čerpadlom, alebo priamo v bloku čerpadla[6].

Dôležitou súčasťou zdrojovej časti sú prvky pre prípravu tlakovej kvapaliny:

❖ **Filter**

Sú to prietokové čističe, v ktorých sa nečistoty zachytávajú pri prietoku priepustnou stenou [6]. Dôležité parametre sú jemnosť filtra a zapojenie filtra do sústavy. Jemnosť filtra je udávaná veľkosťou častí nečistôt v μm . Rozlišujeme:

- absolútnu jemnosť – udáva veľkosť najväčších častí, ktoré ešte môžu prejsť filtrom,
- nominálnu jemnosť – častice nominálnej veľkosti pórov, ktoré budú zachytávané pri opakovanom prietoku,
- stredná veľkosť – rozmer priemernej veľkosti filtra podľa Gaussovho rozdelenia,
- β -hodnota – udáva koľkokrát viac častí nad určitú veľkosť sa nachádza v prítoku k filtru ako v odtoku filtra [5].

❖ **Chladič**

- vzduchový chladič: dosiahnuteľná teplotná diferenciacia do 25°C ,
- vodný chladič: dosiahnuteľná teplotná diferenciacia do 35°C ,
- chladenie oleja chladiacim médiom zo vzduchom chladeného chladiaceho zariadenia: pokiaľ má byť odvedené veľké množstvo tepla[5].

❖ **Ohrievač**

Na ohrev a predhrev tlakovej kvapaliny sa používajú ohrievacie vložky a prietokové predhrievače [5].

❖ **Teplomer**

❖ **Zariadenie na meranie tlaku**

❖ **Tlaková kvapalina**

Tlakové kvapaliny musia spĺňať veľmi rozdielne nároky:

- prenos tlaku,
- mazanie pohyblivých prvkov zariadení,
- chladenie, to znamená odvod vzniknutého tepla pomocou premeny energie (tlakové straty),
- tlmenie chvení a vibrácií, ktoré sú spôsobené tlakovými rázmi,
- ochrana proti korózii,
- eliminácia trenia (mechanického opotrebenia),
- prenos signálov[5].

Najdôležitejším charakteristickým znakom hydraulických olejov je viskozita, ktorou je špecifikované vnútorné trenie kvapaliny. [5].

Pri použití treba dávať pozor na vzťah viskozity a teploty kvapalín, pretože viskozita sa mení s teplotou kvapalín.

Závislosť viskozity a tlaku hydraulických olejov má tiež svoj význam, pretože viskozita sa zvyšuje s narastajúcim tlakom[5].

❖ Nádrž

Pre veľkosť nádrže stacionárnych zariadení je smerodajný objem kvapaliny dodávaný čerpadlom v priebehu 3 až 5 minút. Ďalej je potrebné rátať s vytvorením vzduchového vankúša cca. 15% k vyrovnaniu kolísania hladiny[5].

2.1.4 Signálová riadiaca časť

V elektrohydraulike sa signálová riadiaca časť rozdeľuje na funkčné oblasti vstupov signálu (senzorická časť) a spracovanie signálu (procesná časť).

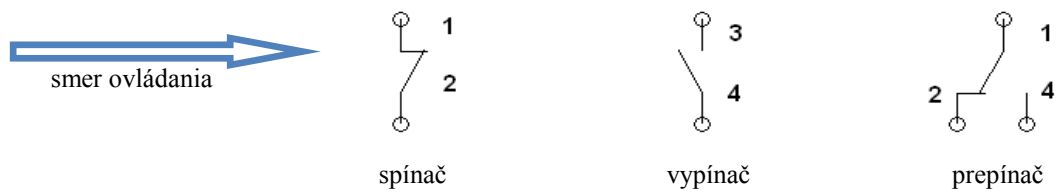
U vstupov signálu treba vo všeobecnosti rozlišovať medzi signálmi, ktoré sú vyslané operátorom (pomocou tlačidlového spínača, atď.) a signálmi, ktoré sú prijímané priamo v zariadení (snímač koncovej polohy, bezdotykový spínač, snímač teploty, tlaku.)

Spracovanie signálu sa uskutočňuje v elektrohydraulických zariadeniach buď cez elektrické zapojenie alebo PLC. Existujú aj čisto pneumatické a zriedkavo čisto hydraulické možnosti zapojenia, ktorými sú signály spracovávané.

Elektromagnety ventilov tvoria rozhranie medzi signálovou riadiacou časťou a výkonovou časťou elektrohydraulického zariadenia. Vo všeobecnosti sa na ovládanie magnetických ventilov používajú magnety na jednosmerný prúd s napätím 24 V. V napäťovom rozsahu od 110 V – 220 V sa používajú aj magnety na striedavý prúd [3].

Základné pripojenia elektrických obvodových prvkov

Poznáme tieto tri druhy Obr. 2.2:



Obr. 2.2 Označenia pripojení elektrických obvodových prvkov [3]

Snímače

V elektrohydraulickom zariadení sú snímače používané, aby spĺňali predovšetkým nasledujúce úlohy:

- meranie a kontrola tlaku a teploty tlakovej kvapaliny,
- záznam o priblížení, pozícii alebo koncovej polohe pracovných prvkov[3].

Používajú sa nasledovné snímače:

- Mechanický snímač koncovej polohy je elektrický tlačidlový spínač, ktorý bude aktívny, keď sa bude časť stroja alebo obrobok nachádzať v určitej polohe.
- Tlakový spínač, rastúci význam získavajú membránové tlakové spínače, ktoré využívajú jeden z nasledujúcich fyzikálnych efektov:
 - odpor,
 - piezoodporový efekt,
 - piezoelektrický efekt,
 - kapacitný efekt[3].
- Bezdotykové spínače sa vyznačujú oproti mechanicky ovládaným snímačom koncovej polohy tým, že sa spúšťajú bez účinku vonkajšej mechanickej sily. Poznáme nasledujúce skupiny bezdotykových spínačov:
 - Jazýčkové spínače - ak sa dostane do poľa pôsobnosti kontaktných jazýčkov magnet, jazýčky sa spoja a môžu ďalej prenášať elektrický prúd.
 - Indukčné bezdotykové spínače.
 - Kapacitné bezdotykové snímače merajú zmenu kapacity, ktorá je vyvolaná priblížením sa objektu v elektrickom poli kondenzátora.
 - Z optických bezdotykových spínačov rozlišujeme tri typy:
 - jednocestná optická závora – prijímač prijíma optický signál z vysielateľa, ak optické spojenie medzi nimi je prerušené, generuje spínací signál,

- reflexná optická závora – vysielateľ je zároveň aj prijímač, ktorý prijíma odrazený optický signál z reflektora (ktorí ten signál odráža). Ak sa optický signál preruší snímač generuje spínací signál,
- reflexný optický snímač (difúzny) – to isté ako reflexná optická závora, len optický signál sa odráža od prekážky (obrobok)[3].

2.2 Analýza požiadaviek pre riadenie elektrohydraulických zdvíhacích zariadení

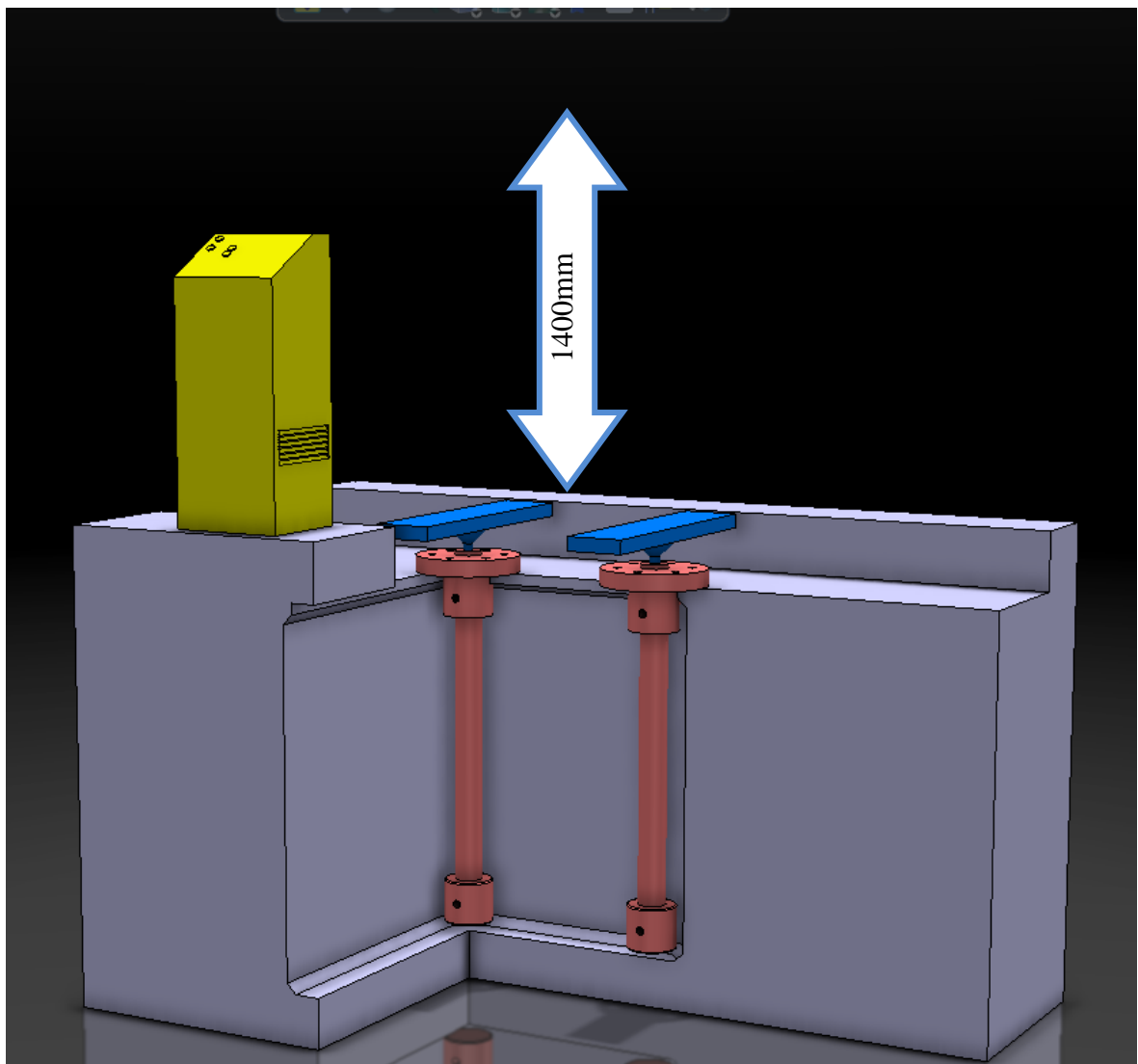
Zdvíhacie zariadenia sú určené na zdvíhanie záťaže kolmo hore proti pôsobeniu gravitačnej sily. Pričom priamy pohyb piestnej tyče sa môže prenášať na samotnú zdvíhanú plošinu alebo objekt mechanickým prevodom aby sa dosiahol vyšší zdvih. V tejto práci sa použije hydraulický valec na priamy zdvih. Je technicky a finančne jednoduchším riešením pri nízkych zdvihoch. Základné požiadavky na tento systém sú:

- použitie dvojčinného valca pre riadenie oboch smerov pohybu,
- plošina sa môže dvíhať pomocou jedného alebo viac valcov so synchronným pohybom,
- zdvíhanie plošiny bez jej uchytenia vo vodiacich častiach, nakoľko by museli byť veľmi presné aby nedochádzalo k energetickým stratám,
- podľa požadovanej záťaže sa musí piestna tyč skontrolovať bezpečnosť pri vzpere,
- bremeno nesmie poškodiť hydraulický systém,
- dve polohy zastavenia, presné polohovanie plošiny,
- konštantná rýchlosť pri rôznej záťaži,
- plošina sa nesmie zosunúť pri výpadku prúdu,
- bezpečnostné tlačidlo, ktoré zariadenie vráti do pôvodnej polohy.

3 NÁVRH ELEKTROHYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU PRE VÝŤAH

3.1 Stanovenie problematiky

Rieši sa návrh elektrohydraulického zariadenia určeného na zdvíhanie karosérie auta. A tým umožnenie pracovníkom vo výrobe opravu nedostatkov na spodnej časti karosérie. Zdvihnutie karosérie sa požaduje do výšky 1,4 m. A keďže sa oprava karosérie uskutočňuje mimo výrobnjej linky, nie sú kladené špeciálne požiadavky na rýchlosť zdvihu.



Obr.3.1 Zdvíhacie zariadenie z dvoma synchronnými valcami

Na zdvíhanie bremena sa použijú dva synchronne valce, ktoré nebudú zaťažené rovnakou silou no je známe maximálne možné zaťaženie na jeden valec. Približná schéma zariadenia sa nachádza na Obr. 3.1. Ďalšie vlastnosti zariadenia:

- vysoký zdvih bremena bez vodiaceho zariadenia,

- z hľadiska bezpečnosti sa použijú pomalé rýchlosti zdvihu,
- v prípade poruchy možnosť piestov vrátiť sa do pôvodnej polohy,
- v strednej polohe sa použije obtok čerpadla,
- riadenie sa uskutoční elektricky,
- napätie na trojfázovom motore sa rovná 400 V.

Požiadavky

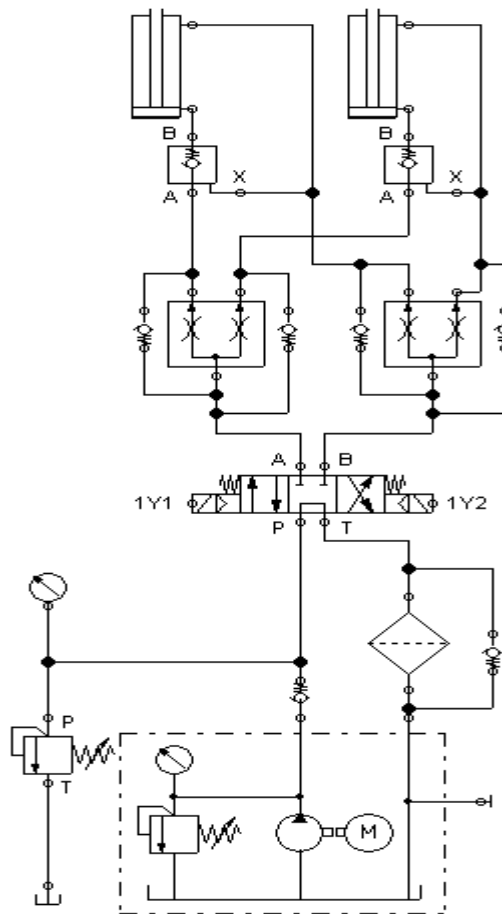
- maximálna sila pôsobiaca na jeden valec 7,5 kN,
- použitý valec sa má nastaviť na prevádzkový tlak 160 barov,
- zdvih valca je 1400 mm,
- čas za ktorý sa má bremeno zdvihnúť viac ako 25s.

3.2 Návrh hydraulickej schémy zapojenia

Predbežný návrh hydraulickej schémy zapojenia znázornený na Obr. 3.2. Jednotlivé časti sú zavedené do schémy zapojenia z nasledujúcich dôvodov:

- hydraulické čerpadlo zabezpečuje potrebný výtlakový objem, potrebný tlak,
- nezaťažný spätný ventil umiestnený za čerpadlom sa používa na ochranu čerpadla pred poškodením,
- tlakový ventil, ventil obmedzujúci tlak, umiestnený za spätným ventilom má chrániť celú sústavu pred tlakom vyšším ako je nastavený prevádzkový tlak hydraulickej sústavy,
- filter spolu s odpruženým spätným ventilom:
 - filter slúži na filtráciu nečistôt z tlakovej kvapaliny,
 - odpružený spätný ventil slúžni na to aby nedochádzalo k prehrievaniu tlakovej kvapaliny pri strednej polohe rozvádzacieho ventilu,
- 4/3 – rozvádzač elektromagneticky riadený, stredná poloha „obtok čerpadla“, to znamená že počas zastavenia alebo dosiahnutia koncovej polohy nebude musieť čerpadlo znášať prevádzkový tlak, do strednej polohy je vystredený pomocou dvoch pružín,
- dva deliče prítoku, delia prítok na polovicu, a tým umožňujú približne synchronný pohyb valcov, prvý riadi prítok tlakovej kvapaliny do valcov pri zdvihu, druhý riadi prítok do valcov pri spätnom zdvihu a tým sa zabezpečí synchronný pohyb v oboch smeroch pohybu,

- odpružené spätné ventily na obtok deličov prietoku pri odtoku tlakovej kvapaliny z valcov,
- riadený späť ventil, predreguláciou (riadiacim signálom) je zabránené zatváraní ventilu, slúži na zabezpečenie valcov pred poklesom z dôvodu netesností v rozvádzacom ventile, pri stredovej polohe „obtok čerpadla“ sa nezatvára hneď nakoľko tlak z uzavretej riadiacej prípojky X môže unikať iba netesnosťami rozvádzacieho ventilu,
- dva hydraulické valce, pomer plôch 2:1.



Obr. 3.2 Predbežný návrh zapojenia hydraulického obvodu zdvíhacieho zariadenia

3.3 Výpočet hydraulického zariadenia

Určenie veľkosti valca

Pri výbere veľkosti valca sa vychádza zo zadaného menovitého tlaku valca 160 bar, maximálnej sily pôsobiacej na jeden valec $F = 7500 \text{ N}$, maximálneho zdvihu $h = 1400 \text{ mm}$. Keďže sa bremeno na dvoch valcoch bude dvíhať do vysokej výšky 1400 mm, bude rozhodujúca **pevnosť na vzper piestnej tyče**.

Z grafu pevnosti pri vzpere (Príloha 1) sa na základe požadovanej výšky zdvihu a záťaže zvolí priemer piestnej tyče $d_K = 36$ mm, ktorej maximálny zdvih dosahuje $h_{max} = 2180$ mm. Ostatné parametre sa volia podľa tabuľky pre pomer plôch φ (Príloha 2).

$$\varphi = \frac{A_K}{A_{KR}}, \text{ kde}$$

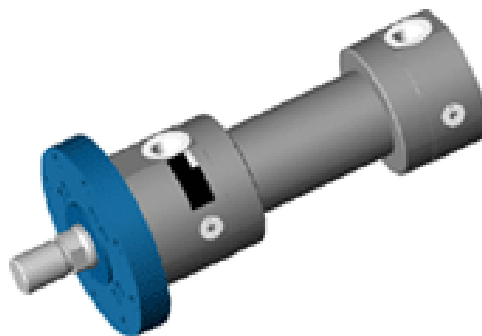
A_K je plocha, na ktorú pôsobí tlaková kvapalina na strane piestu bez piestnej tyče a plocha A_{KR} je plocha piestu na strane piestnej tyče.

Ak sa pomer plôch zvolí $\varphi = 2:1$, následne sa pomocou tohto pomeru určia z tabuľky pre pomer plôch základné rozmery valca, ktoré sa nachádzajú v tabuľke Tab. 3.1.

Pre $\varphi = 2:1$, skutočný pomer $i = 2,08$			
Priemer piestu	d_K	36 mm	0,36 dm
Priemer piestnej tyče	d_{ST}	50 mm	0,5 dm
Plocha piesta bez piestnej tyče	A_K	1960 mm ²	0,1960 dm ²
Plocha piesta na strane piestnej tyče	A_{KR}	946 mm ²	0,0946 dm ²

Tab. 3.1 Základné rozmery valca

Podľa katalógu sa volí hydraulický valec série CDH1, pre zdvihy do 6000mm bude upevnení pomocou kruhovej príruby na konci čela[11], pozri Obr. 3.3.



Obr. 3.3 Hydraulický valec CDH1 pre zdvihy do 6000 mm [11]

Výpočet tlakového obmedzovacieho ventilu

Prepočet statického prevádzkového tlaku pre oba piesty zadaných rozmerov:

$$p_{stat} = 2 \cdot \frac{F}{A_K \cdot \eta_{mh}} = 2 \cdot \frac{7500}{1960 \cdot 0,95} = 8,5 \text{ MPa} = 85 \text{ bar}$$

Δp vedenia podľa tabuľky pre odpor potrubia < 2 bar

Δp prístrojov približne 10% prevádzkového tlaku = 16 bar

Δp spätného pohybu pri $\varphi = 2 : 1$ je $\frac{6 \text{ bar}}{2} = 3$ bar

$$p_{max} = p_{stat} + \Delta p_{\text{vedenia}} + \Delta p_{\text{prístrojov}} + \Delta p_{\text{spätného pohybu}} = 85 + 2 + 16 + 3 = 106 \text{ bar}$$

Použijem nastavenie tlaku na tlakovom obmedzovacom ventile **160 bar**.

Výpočet potrebného objemového toku čerpadla

Najskôr sa počíta objemový zdvih, je to objem, ktorý musí čerpadlo vytlačiť pre dosiahnutie požadovaného zdvihu valcov $h = 1400 \text{ mm}$.

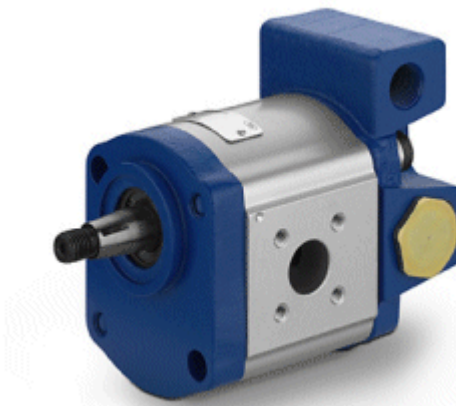
$$V = h \cdot 2 \cdot A_K = 1400 \cdot 2 \cdot 1960 = 5488000 \text{ mm}^3 = 5,488 \text{ dm}^3$$

Bude postačujúce ak výsledný objem bude vytlačený za 25s, a na základe potrebného času na zdvih sa vypočíta potrebný objemový prietok čerpadla:

$$Q_V = \frac{V}{t} = \frac{5,488}{25} = 0,2195 \text{ dm}^3/\text{s} = 13,17 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Z katalógu sa volí zubové čerpadlo Model F, component series 1X, NG 14 s prepravovaným objemom $14 \text{ cm}^3/\text{ot}$ ($0,014 \text{ dm}^3/\text{ot}$) pri otáčkach 1000 min^{-1} [11], pozri Obr. 3.4. Potom sa vypočíta objemový prietok čerpadla:

$$Q_{V\text{max}} = V_{\text{čerp}} \cdot n = 0,014 \cdot 1000 = 14 \text{ dm}^3/\text{min}$$



Obr. 3.4 Zubové hydraulické čerpadlo model F [11]

Stanovenie veľkosti zásobníka

Veľkosť zásobníka sa stanovuje podľa prepravovaného objemu čerpadla za jednu otáčku a pomocou dvoch súčiniteľov:

$$V_z = (3 \div 5) \cdot V_{\text{čerp}} + \text{vzduchový vankúš (10 \div 15\%)}$$

$$V_z = 4 \cdot 14,4 \cdot 1,13 = 65 \text{ dm}^3 = 65 \text{ litrov}$$

Výpočet rýchleho spätného chodu

$$v_{SCH} = \frac{Q_{Vmax}}{2 \cdot A_{KR}} = \frac{14}{2 \cdot 0,0946} = 73,996 \text{ dm/min} = \frac{73,996}{10 \cdot 60} = 0,1233 \text{ m/s}$$

Pri výške zdvihu $h = 1,4 \text{ m}$ bude rýchly spätný chod trvať po dobu:

$$t_{SCH} = \frac{h}{v_{SCH}} = \frac{1,4}{0,1233} = 11,35 \text{ s}$$

Výpočet prierezu vedenia

Jednotlivé hadice budú vyberané z katalógu[12].

❖ Nasávacie potrubie

Je to potrubie, ktoré vedie z výstupu nádrže do vstupu čerpadla. Pri nasávacom potrubí sa používa maximálna rýchlosť prúdenia $1,5 \text{ ms}^{-1}$ (3). Zvolí sa stredná hodnota prúdenia $v_m = 1 \text{ ms}^{-1}$ (600 dm/min):

$$A = \frac{Q_{Vmax}}{v_m} = \frac{14}{600} = 0,0233 \text{ dm}^2 = 233 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{233 \cdot 4}{\pi}} = 17,2 \text{ mm}$$

Volí sa hadica DN 19 **svietivosť 3/4''**, **d = 19 mm**

❖ Pracovné vedenie A

Pracovné vedenie A sa najprv počíta po delič prietoku a potom sa vypočítajú priemery pre vedenia $A_{1,2}$ od deliča prietoku po valec. Keďže vo vedení A vzniká väčší prietok pri spätnom zdvihu dimenzuje sa na tento prietok:

$$Q_{Vspät} = Q_{Vmax} \cdot i = 14 \cdot 2,08 = 29,12 \text{ dm}^3/\text{min}$$

Ak sa zvolí rýchlosť prúdenia $v_m = 2 \text{ m/s}$ (1200 dm/min) potom sa získa výsledný priemer:

$$A = \frac{q_{Vspät}}{v_m} = \frac{29,12}{1200} = 0,02427 \text{ dm}^2 = 242,7 \text{ mm}^2$$

$$d_a = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{242,7 \cdot 4}{\pi}} = 17,5 \text{ mm}$$

Volí sa hadica DN 19 **svietivosť 3/4''**, **19x1m**

❖ **Pracovné vedenia A_{1,2}** majú potrebnú plochu prierezu o polovicu menšiu:

$$A_{1,2} = \frac{A}{2}$$

$$d_{a\ 1,2} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{242,7 \cdot 4}{2 \cdot \pi}} = 12,4 \text{ mm}$$

Volia sa hadice DN 12 **svietivosť 1/2'' , 12,7x2m**

❖ **Pracovné vedenie B**

Vo vedení B počas spätného zdvihu prúdi objem $q_{v\text{spät}} = 14 \text{ dm}^3/\text{min}$, zvolená rýchlosť prúdenia je $v_m = 3 \text{ m/s}$ (1800 dm/min):

$$A = \frac{q_{v\text{spät}}}{v_m} = \frac{14}{1800} = 0,00777 \text{ dm}^2 = 77,7 \text{ mm}^2$$

$$d_b = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{77,7 \cdot 4}{\pi}} = 9,9 \text{ mm}$$

Volí sa hadica DN 12, **svietivosť 1/2'' , 12,7x1m**

❖ **Pracovné vedenia B_{1,2}:**

$$d_{b\ 1,2} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{77,7 \cdot 4}{2 \cdot \pi}} = 7 \text{ mm}$$

Volia sa hadice DN 8 **svietivosť 5/16'' , 7,9x1m**

Určenie hnacieho výkonu elektromotora

Na výpočet sa použije rovnica z nasledujúcimi premennými:

$p_p = 160 \text{ bar}$ - prevádzkový tlak

$q_{v\text{max}} = 14 \text{ dm}^3/\text{min}$ - maximálny objemový prietok čerpadla

$\eta = 90\%$ - účinnosť čerpadla

$$P = \frac{q_{v\text{max}} \cdot p_p}{600 \cdot \eta} = \frac{14 \cdot 160}{600 \cdot 0,9} = 4,15 \text{ kW}$$

Z katalógu sa volí sa trojfázový elektromotor W22 s maximálnym príkonom $P = 5,5 \text{ kW}$ [13].

Výpočet maximálneho elektrického prúdu

Motor pracuje v trojfázovej sieti (faktor reťazenia $\sqrt{3} = 1,732$ s výkonovým ukazovateľom $\cos\varphi = 0,8$), $\eta = 0,85$ (bežná hodnota):

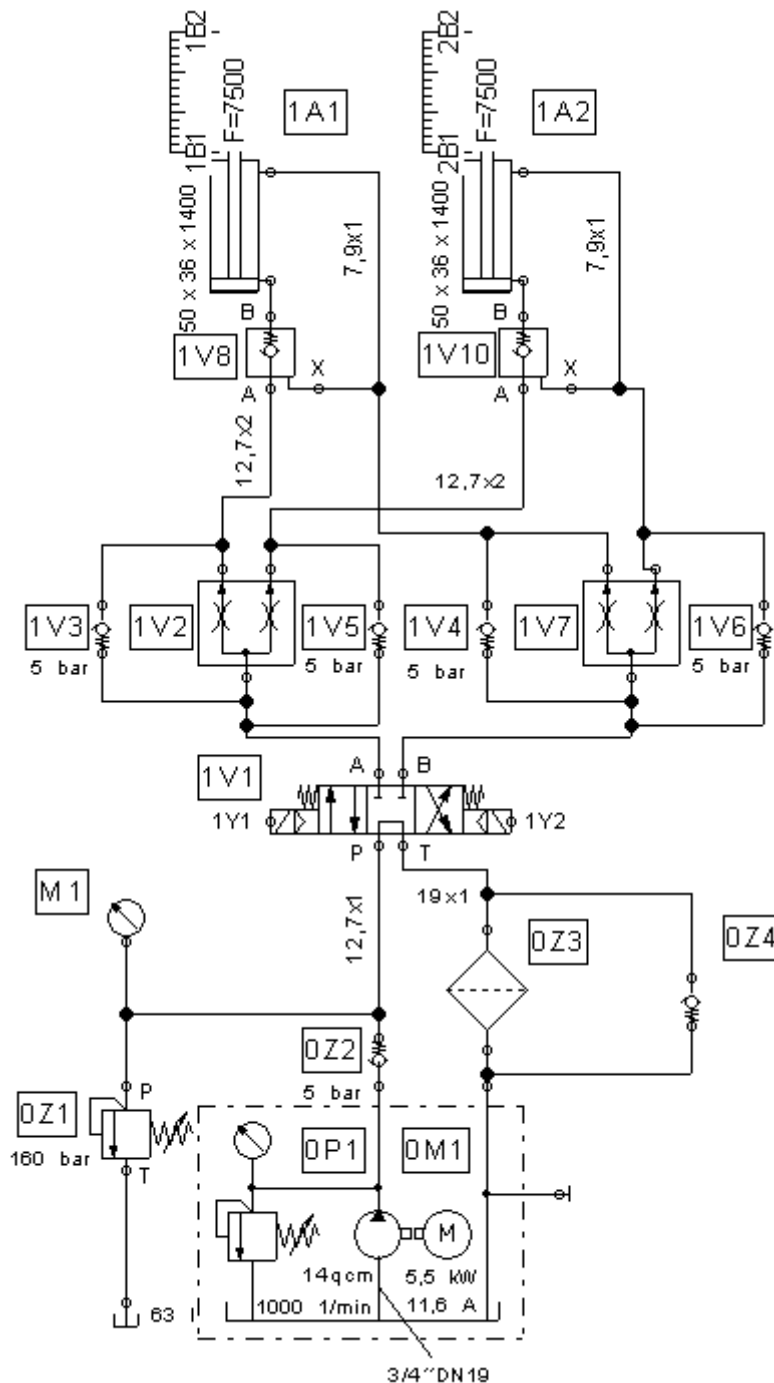
$$P = U \cdot I \cdot 1,75 \cdot \cos\varphi \cdot \eta$$

$$I = \frac{P}{U \cdot 1,75 \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{5500}{400V \cdot 1,75 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 11,55 \text{ A}$$

Prívody a poistky musia byť dimenzované na hodnotu 11,55 A.

3.4 Vypracovanie hydraulickej schémy zapojenia

Vypočítané údaje sa doplnia do schémy zapojenia a zostaví sa kusovník hydraulickej schémy zapojenia Obr. 3.5.



Ozn.	súčiastka
1A1	dvojčinný valec
1A2	dvojčinný valec
1V8	riadený spätný ventil
1V10	riadený spätný ventil
1V6	spätný ventil s pružinou
1V5	spätný ventil s pružinou
1V4	spätný ventil s pružinou
1V3	spätný ventil s pružinou
1V2	delič prietoku
1V7	delič prietoku
1V1	4/3 – cestný ventil
M1	merač tlaku
OZ4	spätný s pružinou
OZ2	spätný s pružinou
OZ3	filter
OZ1	Ventil obmedzujúci tlak
OP1	Zubové čerpadlo
OM1	elektromotor

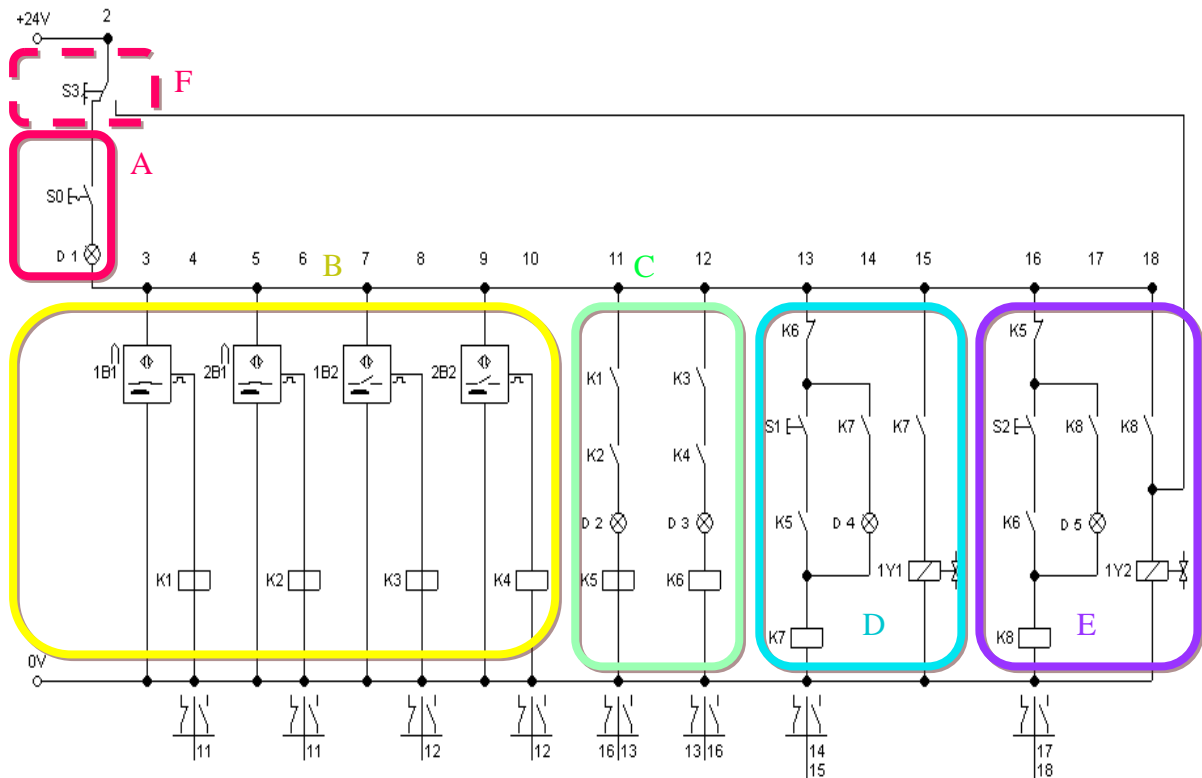
Obr. 3.5 Výsledná hydraulická schéma zapojenia

3.5 Návrh elektrickej schémy zapojenia

Elektrická schéma zapojenia (Obr. 3.6) sa odvíja od požiadaviek kladených na funkčnosť elektrického riadenia. Základné požadované funkcie sú:

- vypínač pre zapnutie a vypnutie prístroja (polohovací spínač S0),
- tlačidlo(spínač S1, samodržiaci), pri ktorom sa spustí zdvih piestnej tyče ale len pod podmienkou, že sú obe piestne tyče valca zasunuté v pôvodnej polohe, ak oba valce dosiahnu koncovú polohu uvoľní sa elektromagneticky riadený ventil a pomocou pružín sa prepne do strednej polohy (samodržný obvod sa preruší),
- tlačidlo(spínač S2, samodržiaci), pri ktorom sa spustí spätný zdvih piestnej tyče ale len pod podmienkou, že sú obe piestne tyče valca vysunuté v koncovej polohe, ak oba valce dosiahnu počiatočnú polohu uvoľní sa elektromagneticky riadený ventil a pomocou pružín sa prepne do strednej polohy (samodržný obvod sa preruší),
- bezpečnostné tlačidlo, ktoré dokáže v prípade poruchy zasunúť valce späť do počiatočnej polohy (prepínač S3, pri prepnutí vypne hlavné tlačidlo a spustí chod späť).

Na základe týchto požiadaviek sa navrhne elektrická schéma riadenia Obr. 3.6.



Obr. 3.12.1 Návrh schémy elektrického riadenia

Navrhnutá elektrická schéma sa dá opísať pomocou 6 základných častí:

- A. polohovací hlavný spínač S0, pre zapnutie a vypnutie prístroja, a dióda signalizujúca zapnutie prístroja,
- B. indukčné bezdotykové spínače, ktoré snímajú koncové polohy valcov (1B1 a 2B1 spínajú ak sú piestne tyče zasunuté, 1B2 a 2B2 spínajú ak sú piestne tyče vysunuté v koncovej polohe) a v prípade zopnutia vedú signál na relé K1, K2, K3, K4.
- C. Logická spojka A,
 - K1 a K2 pri zopnutí uzatvárajú kontakty v prúdovej vetve 11, pri súčasnom uzavretí kontaktov K1 a K2 sa uzavrie prúdová vetva 11, následne spína **relé K5** a zažne sa žiarovka, ktorá bude obsluhu signalizovať, že **oba valce sú zasunuté v počiatocnej polohe**,
 - ak v prúdovej vetve 12 spína **relé K6** rozsvieti sa žiarovka, čo bude obsluhu signalizovať že **oba valce sú vysunuté v koncovej polohe**.
- D. Samodržné zapojenie spínača S1 pre vysunutie piestnych tyčí valca do koncovej polohy:
 - prúdová vetva 13 je riadiaci prúdový obvod, nachádza sa tu:
 - **otvárací kontakt K6**, ktorý preruší samodržné uzavretie riadiaceho prúdového obvodu 13 „ak piestne tyče sa vysunuli do koncovej polohy“,
 - samotné spínacie tlačidlo S1,
 - **uzatvárací kontakt K5**, ktorý pri uzavretí umožní uzavretie riadiaceho prúdového obvodu 13 pomocou spínača S1 „ak piestne tyče sú zasunuté“,
 - **relé K7**,
 - pomocou prúdovej vetvy 14 bude spínať relé K7 aj po uvoľnení spínača S1,
 - prúdová vetva 15 je hlavný prúdový obvod tu sa pri spínaní K7 (v riadiacom prúdovom obvode) uzavrie kontakt K7 a tým sa aj uzavrie hlavný prúdový obvod. Magnetická cievka 1Y1 4/3 – cestného magnetického ventilu sa **zopne a piestne tyče hydraulických valcov sa vysunú**.
- E. Samodržné zapojenie spínača S2 pre zasunutie piestnych tyčí valca do počiatocnej polohy:
 - riadiaci prúdový obvod 14

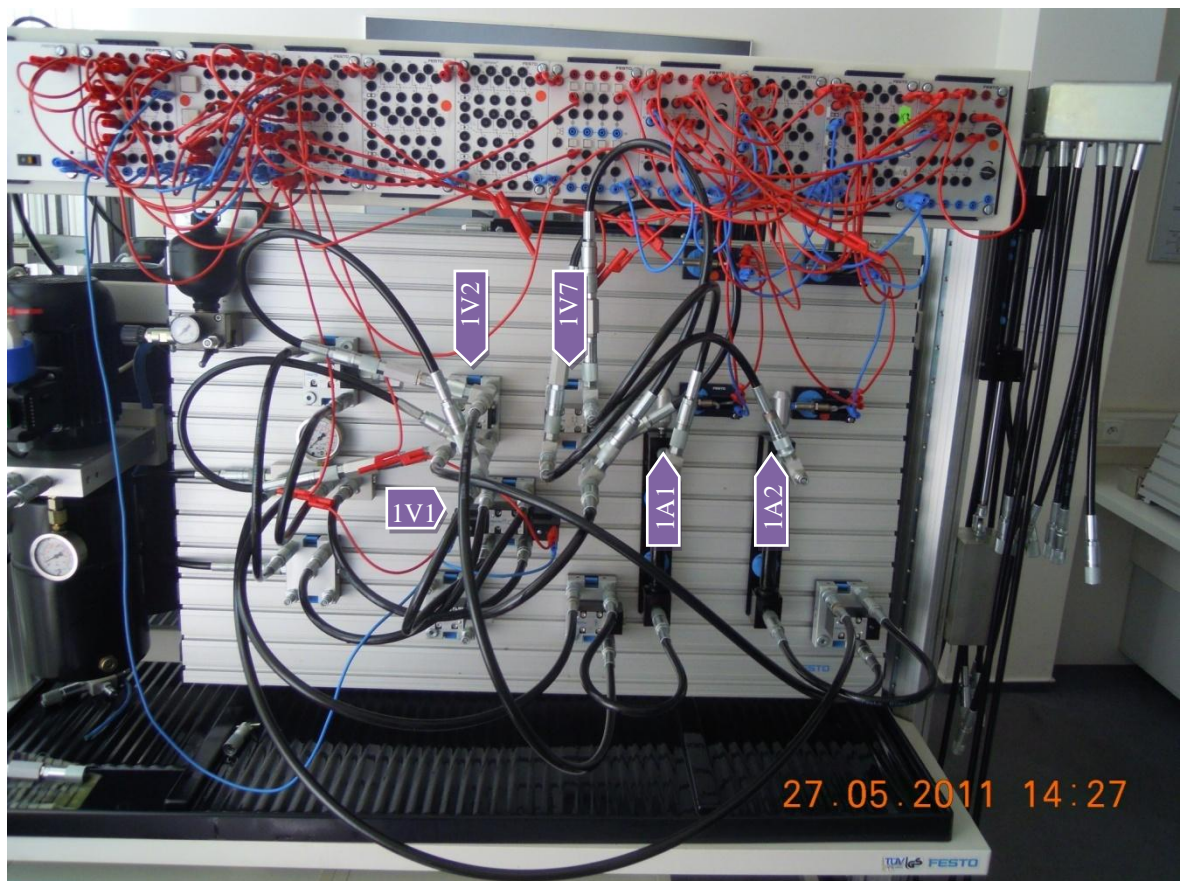
- **otvárací kontakt K5**, „ak piestne tyče sa zasunuli do počiatkovej polohy“,
 - samotné spínacie tlačidlo S2,
 - **uzatvárací kontakt K6**, „ak piestne tyče sú vysunuté v koncovej polohe“
 - **relé K8**,
- prúdová vetva 15, samodržné zapojenie pomocou uzatváracieho kontaktu K8,
 - hlavný prúdový obvod 16, pri uzavretí kontaktu K8 magnetická cievka 1Y2 prepne 4/3 cestný magnetický ventil a **piestne tyče hydraulických valcov sa zasunú.**
- F. prepínač S3 na prúdovej vetve 2 v normálnej polohe vedie prúd do prúdovej vetvy 1, po prepnutí vedie prúd do prúdovej vetvy 17 priamo na cievku 1Y2, ktorá prepne ventil 1V1 do polohy b.

4 VERIFIKÁCIA NAVRHOVANÉHO HYDRAULICKÉHO RIADIACEHO SYSTÉMU

Na poskladanom hydraulickom riadiacom systéme (Obr. 4.1) sa odskúšal základný princíp navrhovaného elektrohydraulického riadiaceho systému, synchrónny zdvih dvoch hydraulických valcov 1A1 a 1A2 v nezaťaženom stave, pomocou dvoch deličou prietoku 1V2 a 1V7. Vyskúšali sa základné funkcie hydraulického systému:

- **voľný obeh, prístroj vypnutý Obr. 4.1**

Elektromagnetický 4/3 – cestný ventil 1V1 sa pomocou pružín nastavil do strednej polohy „obtok čerpadla“ čerpadlo je teda odľahčené počas prestojov. Piestne tyče piestov 1A1 a 1A2 sú zasunuté, sú v počiatočnej pozícii.

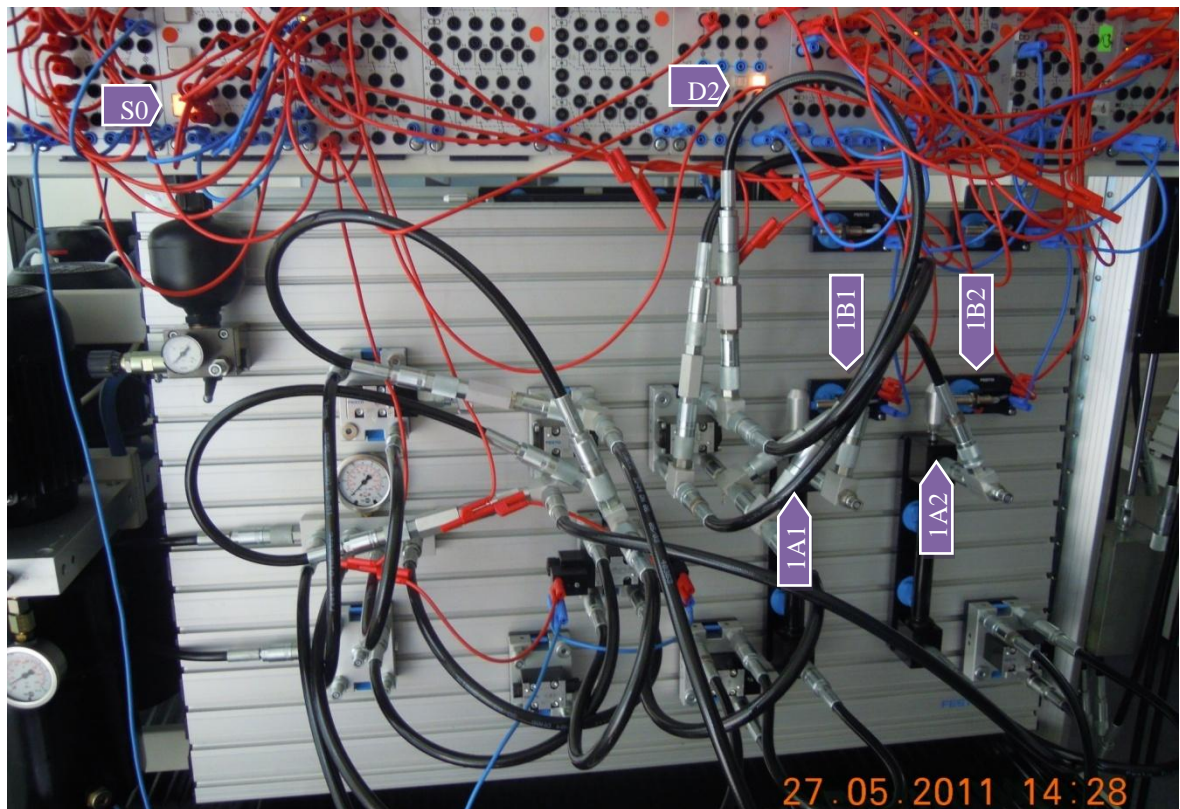


Obr. 4.1 Voľný obeh, prístroj vypnutý

- **voľný obeh, prístroj zapnutý Obr. 4.2**

Pomocou hlavného prepínača S0 sa zapne prístroj. Keďže sú oba piesty zasunuté na počiatočnú polohu - indukčné bezdotykové snímače 1B1 a 1B2 sa zopnú a rozsvieti sa

svetlo D2 signalizujúce, že oba piesty sú zasunuté. Obsluha tak vie či je zariadenie pripravené na zdvih.



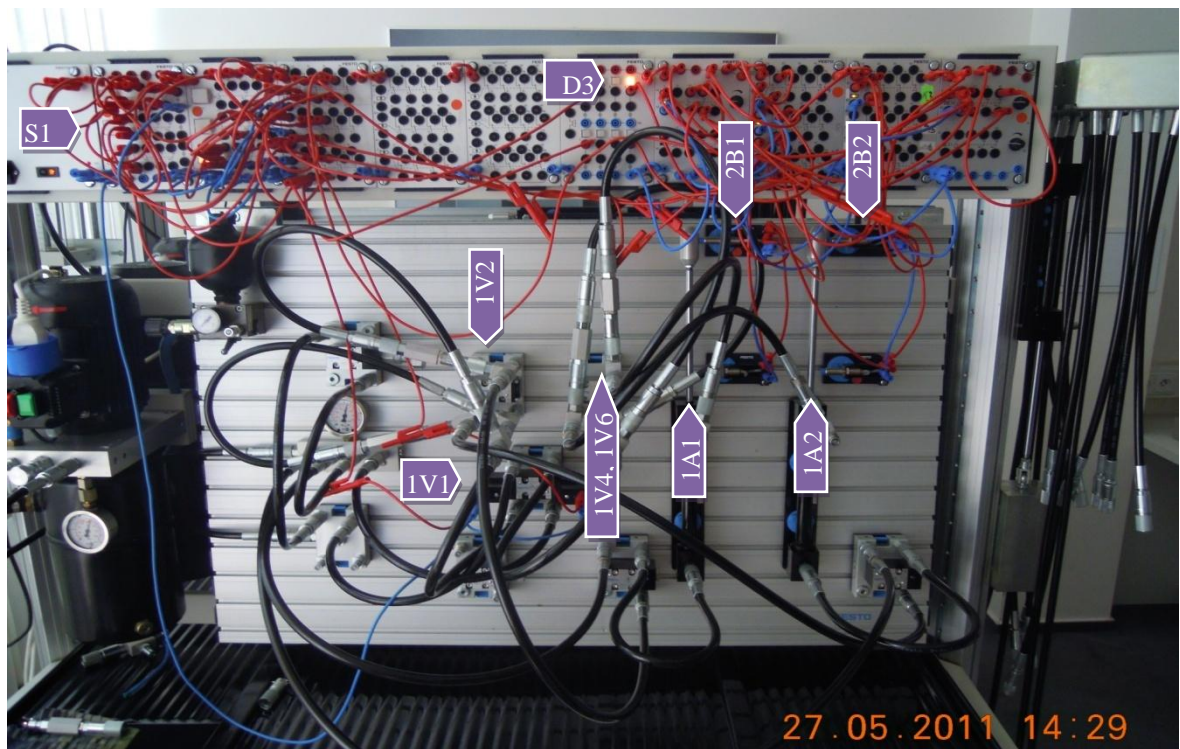
Obr. 4.2 Voľný obeh, prístroj zapnutý

- **zdvíhanie Obr. 4.3**

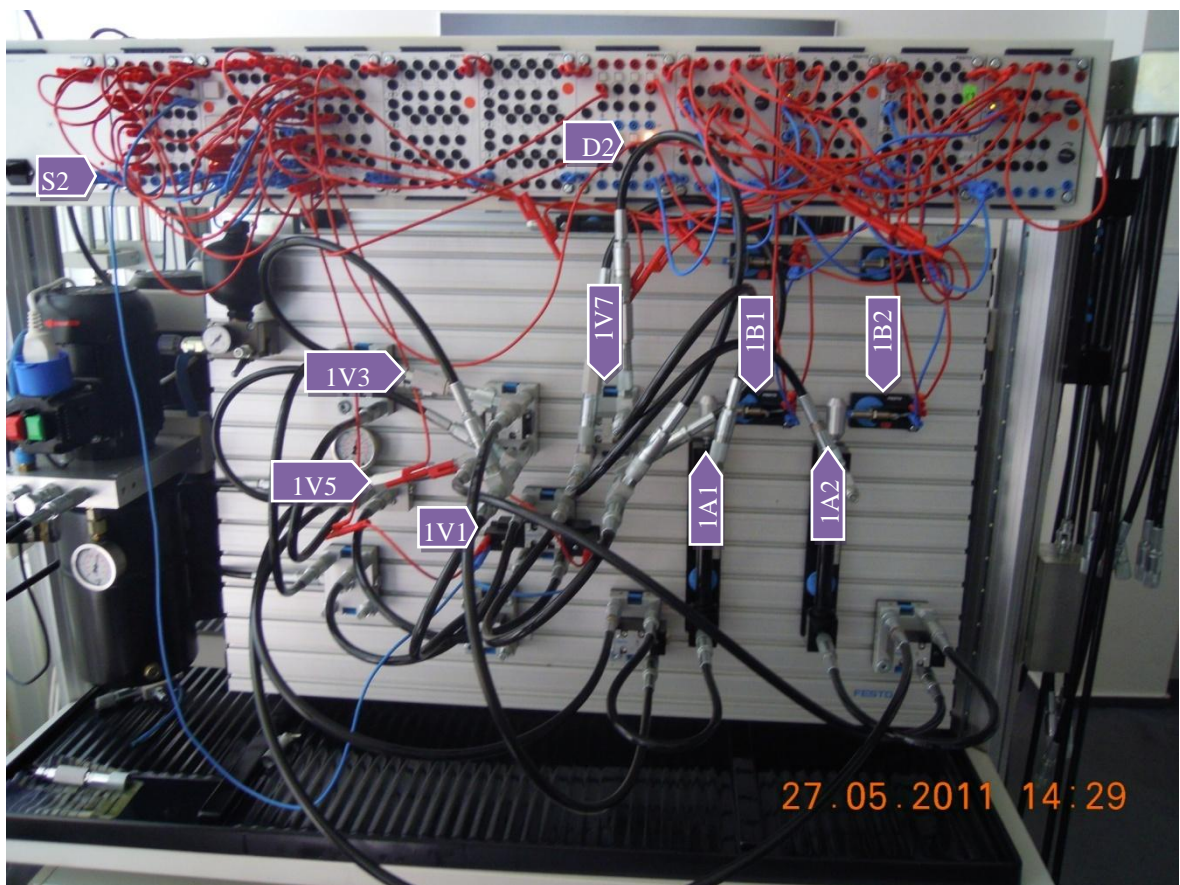
Pomocou spínača S1 sa prepne 4/3 – cestný ventil 1V1 do polohy a. Prietok vstupujúci do hydraulických valcov delí delič prietoku 1V1, druhý delič prietoku je obchádzaný pomocou spätných ventilov 1V4 a 1V6. Piestne tyče hydraulických valcov 1A1 a 1A2 sa vysunú do koncovej polohy. Indukčné bezdotykové spínače 2B1 a 2B2 sa zopnú, rozsvieti sa svetlo D3 signalizujúce, že obe piestne tyče sú vysunuté do koncovej polohy. 4/3 – cestný ventil 1V1 sa prepne do strednej polohy pre obtok čerpadla.

- **klesanie Obr. 4.4**

Pomocou spínača S2 sa prepne 4/3 – cestný ventil 1V1 do polohy b. Prietok vstupujúci do hydraulických valcov delí delič prietoku 1V7, druhý delič prietoku je obchádzaný pomocou spätných ventilov 1V3 a 1V5. Piestne tyče hydraulických valcov 1A1 a 1A2 sa zasunú do počiatkovej polohy. Indukčné bezdotykové spínače 1B1 a 1B2 sa zopnú a rozsvieti sa svetlo D2 signalizujúce, že obe piestne tyče sú zasunuté. 4/3 – cestný ventil 1V1 sa prepne do strednej polohy pre obtok čerpadla.



Obr. 4.3 Zdvihanie



Obr. 4.4 Klesanie

ZÁVER

Pri riešení elektrohydraulického riadiaceho systému aplikovaného na zdvíhacie zariadenie sa použil hydraulický systém založený na synchronnom pohybe dvoch valcov. Tento synchronný pohyb sa dosahuje delením prietoku na dve rovnaké časti. Čo v praxi nie je úplne možné, lebo sa vyskytujú drobné odchýlky v delení prietoku, ktoré sa potom musia dorovnať v koncových polohách. Preto pri návrhu bolo veľmi dôležité aby sa zdvíhacie zariadenie pohybovalo len v koncových polohách a teda pri riadení zdvíhacieho zariadenia obsluhou sa dalo prepínať len medzi dvoma polohami. Z toho dôvodu sa použilo sekvenčné riadenie, teda riadenie pomocou spínania indukčných spínačov v koncových polohách. Tu sa prenáša dôležitosť dojazdu valcov do koncových polôh na presnosť nastavenia a umiestnenia indukčných spínačov aby nedošlo k predčasnému zopnutiu spínača a tým sa zabránilo úplnému dojazdu hydraulických valcov čo by malo za následok nevyrovnanie chýb pri delení prietoku. Čo už je otázkou aplikácie danej navrhutej schémy zapojenia elektrohydraulického riadenia.

Následne pri aplikácii na konkrétne požiadavky bolo treba vypočítať a zvoliť vhodné parametre jednotlivých častí hydraulického systému. Nakoľko bol požadovaný vysoký zdvih a zdvíhaná záťaž predstavovala skôr spodnú hranicu aplikácie hydraulických valcov. Pri výpočte parametrov hydraulického valca na základe predpokladaného zaťaženia silou a predvoleného pracovného tlaku nevychádzali priemery piestnej tyče v takých hodnotách aby dosahovala požadovaný zdvih. Preto bolo potrebné zvoliť priemer piestnej tyče podľa maximálneho zdvihu. Tento priemer sa už dal jednoducho zvoliť z tabuľky.

V konečnom dôsledku navrhnuté elektrohydraulické riadenie spĺňa funkčné požiadavky kladené na riešené zdvíhacie zariadenie.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. ACHTEN, P. *Conviced to innovation in fluid power*. Breda: Innas B, 2010. ISSN 0959-6518
2. BOCKO, P., BORIS, F. *Teória dopravných a manipulačných zariadení : Osobné výťahy* [online]. Strojnícka fakulta Technickej Univerzity v Košiciach [cit. 2011-1-20]. Dostupné na internete <:<http://www.pbocko.szm.com/projects/publications/2000/osobne%20vytahy.pdf>>
3. MERKLE, D., SCHRADER, B., THOMES, B. *Hydraulika : Základný stupeň*. Bratislava: Festo, 2005. 236 s. D:LB-501-DE
4. MERKLE, D., SCHRADER, B., THOMES, B. *Hydraulik : Grundstufe*. Berlin: Springer-Verlag, 2004. 233 s. ISBN 3-540-21495-X
5. MERKLE, D., RUPP, K., SCHOLZ, D. *Elektrohydraulika : Základný stupeň*. Bratislava: Festo, 2005. 204 s. D.LB-TP601-D
6. PACIGA, A., IVANTYŠYN, J. *Tekutinové mechanizmy*. Bratislava: ALFA, 1985. 288 s. 63-558-85
7. Ponuka Hydraulické zdvíhacie zariadenia [online]. Uni-Max : internetový obchod [cit. 2011-1-20]. Dostupné na internete <:<http://www.uni-max.sk/hydraulicke-zdvihacie-zariadenia/manipulacna-technika/>>
8. Tnak Lifting and Stabilization : Seminar Manual [online]. MIX BROSS.Tank Services, [cit. 2011-1-20]. Dostupné na internete <:http://howtolifftanks.com/uploads/3000337-Mix_InsidepagesSmall.pdf>
9. *Report on Energy efficiency of building transport equipment*, as part of the ABCB`S energy efficiency project [online]. 8/2004 [cit. 2011-01-20]. Dostupné na internete <:www.abcb.gov.au>
10. Typy výťahů, výťahových kabin a príslušenstvý : Hydraulické [online]. Výťahy MüHLBACHER, [cit. 2011-1-20]. Dostupné na internete <:<http://www.vytahy-muhlbacher.cz/vytahy/hydraulicke-50/>>
11. Products: Technologies: Industrial Hydraulics [online]. Bosch Rexroth AG, [cit. 2011-5-25]. Dostupné na internete <:http://www.boschrexroth.com/business_units/bri/en/products/index.jsp>
12. Hydraulické rúrky a hadice [online]. HYDROMA: Hydraulické systémy, [cit. 2011-5-25]. Dostupné na internete <:<http://www.hydrroma.sk/html/vyhledavanie/?search=127.10566>>
13. Elektromotory WEG [online]. Ľubomír Krivosúdsky - elektroservis, [cit. 2011-5-25]. Dostupné na internete <http://www.elektro-motory.sk/news/elektromotory-weg/>

Čestné prehlásenie

Čestne prehlasujem, že bakalársku prácu „Návrh automatizovanej linky na výrobu plastových nádob v sterilnom prostredí“ som vypracoval samostatne na základe poznatkov získaných počas štúdia a informácií z dostupnej literatúry uvedenej v práci.

V Trnave, 3. júna 2011

.....

Tomáš Štefunko