



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

OPTIMALIZACE HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU PRO
FRÉZOVACÍ OBRÁBĚCÍ CENTRUM
OPTIMIZATION OF HYDRAULIC SYSTEM FOR MILLING MACHINING CENTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ SMÍŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

PROF. RNDR. ING. JOSEF NEVRLÝ, CSC.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Smíšek
který/která studuje v **bakalářském studijním programu**
obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Optimalizace hydraulického systému pro frézovací obrábecí centrum

v anglickém jazyce:

Optimization of hydraulic system for milling machining center

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukce optimalizovaného hydraulického systému pro frézovací obrábecí centrum s těmito parametry:

- výkon pohonu 28 kW
- provedení vřeteníku stroje:
 - a) s výsuvnou pinolou $W = 400$ mm
 - b) s výsuvným vyvrtávacím vřetenem $W = 800$ mm
 - c) s výsuvnou pinolou a přídatnými vřetenovými hlavami

Součástí řešení bude:

- návrh hydraulického agregátu
- výpočty spotřeby oleje, dimenzování pohonu
- návrh optimalizovaného řešení, sestava
- vyhodnocení optimalizace

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Návrh konstrukčních řešení

5. Výsledné konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva

Typ práce: konstrukční

Rozsah práce: 25 000 znaku (15 - 20 stran textu bez obrázku)

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty_uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2014.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

- (1) BAROŠKA, J. Hydrostatické mechanizmy. Hydropneutech, s. r. o., Žilina, 2012. 388 s. ISBN 978-80-970 897-2-6.
- (2) NEPRAŽ, F., NEVRLÝ, J., PEŇÁZ V., TŘETINA K. Modelování hydraulických mechanismů. Bosch Rexroth, s. r. o., Brno, 2002. 174 s. ISBN 80-214-2187-8.
- (3) PIVOŇKA J. a kol.: Tekutinové mechanismy. SNTL, Praha, 1987. 624 s. DT 621.22-23+621.5-23.

Vedoucí bakalářské práce: prof. RNDr. Ing. Josef Nevrlý, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.

Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr.

Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na návrh optimalizačního řešení hydraulického systému pro frézovací obráběcí centrum. Hlavními body práce jsou zhodnocení současného stavu, návrh optimalizačního řešení, konstrukční výpočty, výsledné optimalizované řešení a celkové shrnutí optimalizace. Zadávací firmou je HYTEK s.r.o. zabývající se konstrukcí hydraulických zařízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

akumulátor, multiplikátor, přímočarý hydromotor, čerpadlo, hydraulický agregát

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the design of optimized solution of the hydraulic system for milling machining centre. The main points of this work are to assess the current condition, design optimization solutions, construction calculations, final optimized solution and summary of the optimization. The contracting company is HYTEK Ltd. dealing with construction of hydraulic equipments.

KEY WORDS

accumulator, multiplier, linear hydraulic motor, pump, hydraulic power unit

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SMÍŠEK, T. Optimalizace hydraulického systému pro frézovací obráběcí centrum. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 48 s. Vedoucí bakalářské práce prof. RNDr. Ing. Josef Nevrlý, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Optimalizace hydraulického systému pro frézovací obráběcí centrum vypracoval a napsal samostatně pod vedením vedoucího práce prof. RNDr. Ing. Josefa Nevrlého, CSc. Dále prohlašuji, že všechny použité zdroje jsou uvedeny v seznamu zdrojů.

V Brně 30.5.2014

.....
Tomáš Smíšek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří napomáhali při vzniku této bakalářské práce, zejména pak panu prof. RNDr. Ing. Josefu Nevrlému, CSc. a Bohumilu Lukšičkovi z firmy HYTEK s.r.o. za jejich cenné poznatky a odborné vedení.

OBSAH

OBSAH	11
ÚVOD	12
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
1.1 Popis frézovacího obráběcího centra	13
1.2 Výčet činností hydraulického systému	15
1.3 Popis schématu stávajícího hydraulického obvodu	15
1.4 Popis mazání os	16
1.5 Popis hydraulického agregátu	18
1.6 Popis vyvažování	19
1.7 Popis řídicích bloků	20
1.7.1 Blok zpevnění os	20
1.7.2 Blok odepínání nástroje	20
1.7.3 Společný blok zásobníků nástrojů	21
1.8 Vedení tlakového oleje	23
1.9 Popis výměny nástroje	23
2 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ	24
2.1 Optimalizace vyvažování	25
2.1.1 Výpočet vyvažování a volba velikosti akumulátoru	25
2.2 Optimalizace zásobníků nástrojů	26
2.2.1 Volba elektrického motoru a čerpadla	27
2.3 Optimalizace agregátu	29
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	24
4 NOVÉ SCHÉMA OPTIMALIZOVANÉHO KOMBINOVANÉHO AGREGÁTU	30
5 VÝPOČET SPOTŘEBY OLEJE	32
6 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	34
6.1 Sestava kombinovaného agregátu	34
6.2 3D model sestavy kombinovaného agregátu	37
7 VYBRANÉ KOMPONENTY	38
7.1 Multiplikátor	38
7.2 Hydraulický pohon	39
8 DISKUZE	42
9 ZÁVĚR	43
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	45
12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	46
13 SEZNAM TABULEK	47
14 SEZNAM PŘÍLOH	48

ÚVOD

Stále rostoucí požadavky na rychlost, kvalitu a efektivitu při výrobě mají za následek postupné nahrazování dnes již zastaralých konvenčních (ručně ovládaných) strojů za stroje bezobslužné, automatizované, tak zvané CNC stroje a obráběcí centra. Automatizace je dnes považována za jedinou cestu k udržení kroku ve stále se zvyšující konkurenci. Mezi výhody programově řízených strojů patří pružnost, tedy schopnost přizpůsobit se i v malosériové výrobě měnícímu se sortimentu obrobků, spolehlivost a práce v automatickém cyklu, což má za následek radikální snížení vedlejších časů a z toho vyplývající zvýšení efektivity výroby. [1]

Výrazným rysem dnešních obráběcích a tvářecích strojů a center je jejich stovebnicovost (jednotlivé komponenty jsou často dodávány různými výrobci). Konstrukce je tedy v dnešní době stále více závislá na subdodávce z celého spektra dalších průmyslových odvětví (elektrotechnický a elektronický průmysl, výpočetní technologie, kontrolní a měřicí technika, hydraulika...). To umožňuje řadu optimalizací vedoucích ke zvýšení efektivity a zlevnění výroby strojů.

Cílem této bakalářské práce je optimalizace hydraulického obvodu konkrétního frézovacího obráběcího centra FU EFEKTIVE vyráběného závodem TOS Kuřim.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

1.1 Popis frézovacího obráběcího centra

1.1

Pojem CNC obráběcí centrum znamená číslicově řízený obráběcí stroj, který:

- a) má dostatečně velkou tuhost a přesnost
- b) dokáže provést automatickou výměnu nástrojů během pracovního cyklu
- c) je schopen provést více různých operací při jednom upnutí obrobku
- d) automaticky reguluje otáčky, řídí posuvy a jiné úkony
- e) nastavuje vzájemnou polohu obrobku a nástroje pomocí servomechanismů a odměřovacích zařízení, které tvoří regulační obvod pro polohování

Hlavními společnými znaky pro všechna obráběcí centra jsou vysoký rozsah a plynulá regulace řezných a posuvných rychlostí, zakrytované valivé vedení všech pohybů a zásobníky nástrojů různých typů.

CNC obráběcí centra rozdělujeme z technologického hlediska na obráběcí centra pro výrobu součástí rotačních (soustružnická obráběcí centra horizontální a vertikální) a na obráběcí centra pro výrobu součástí nerotačních (frézovací obráběcí centra horizontální a vertikální). [3]

FU EFEKTIVE vyráběné závodem TOS Kuřim je frézovací obráběcí centrum s posuvným stojanem, sloužící k opracování skříňových součástí. Vřeteník stroje je osazen vřetenovými hlavami pro pěti a víceosé obrábění nebo výsuvnou pinolou, které umožňují obrábění i tvarově velmi složitých obrobků.

Hlavní výhody FU EFEKTIVE:

- kratší čas a širší možnosti frézování tvarově složitějších obrobků oproti klasickým horizontálním vyvrtávačkám
- nízká energetická náročnost
- snadný odvod třísek a chladicí kapaliny
- kontinuální řízení v šesti a více osách
- kontinuální rotační osa pro zpevnění v libovolné poloze
- možnost rozšíření o další řízené osy (otočné stoly)
- stavebnicové provedení stroje
- všechny pracovní pohyby v lineárních osách zajišťuje vůči obrobku vřeteník
- nosnost otočného stolu 15 - 25 t
- rozměr otočného stolu až 2 x 3 m
- samosvorný systém upínání nástrojů
- možnost zpevnění rotační osy stolu v libovolné poloze
- využitelný posuv v ose X: 20 000 mm/min
- délka osy X až 20 m umožňující kombinaci řešení a rozdělení pracovního prostoru



obr. 1-1 frézovací obráběcí centrum FU EFEKTIVE [9]

Technické parametry:

výkon pohonu		[kW]	28
pracovní zdvih	X	[mm]	2000 / 3000 / 4000 / 5000 / 6000 / 8000 / 10000 / 15000 / 20000
	Y	[mm]	1250
	Z	[mm]	2000
	W	[mm]	400 (Ø 170) / 800 (Ø 130)
provedení vřeteníku			s výsuvnou pinolou W = 400 mm nebo s výsuvným vyvrtávacím vřetenem W = 800 mm s výsuvnou pinolou a přidavnými vřetenovým hlavami
upínací plocha stolu			volitelné
rozsah posuvů	X	[mm/min]	1 – 20000
	Y	[mm/min]	1 – 10000
	Z	[mm/min]	1 – 10000

X – podélný, Y – příčný, Z – svislý, W – výsuv vřetene [9]

1.2 Výčet činností hydraulického systému

1.2

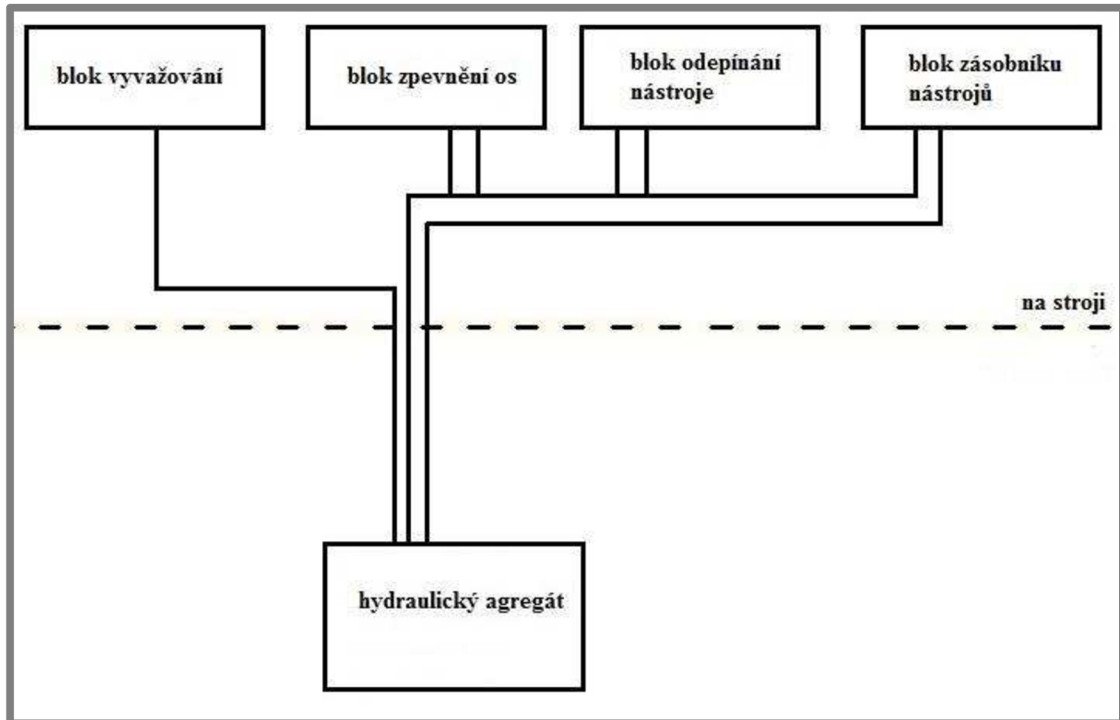
- a) **vyvažování vřeteníku** – vyvažování svislé osy Z
Vyvažování svislé osy Z pomáhá nadlehčovat vřeteník a pomáhá elektromotorům při pohybu vřeteníku po kuličkovém šroubu.
- b) **zpevnění os**
- c) **hydraulika pro zásobník nástrojů** – zásobník CTV (zásobník s dvouramennou rukou), výsun ruky a otáčení
- d) **odepínání nástroje ve vřetení** – nástroj se upíná pomocí pružin a odepíná hydraulicky
Rozváděč přivádí tlakový olej, který přemůže sílu pružin a odepne nástroj, pak je možné nástroj odepnout.
- e) **ruční uvolnění** - nástroje v zásobníku v případě nesprávného zasunutí

Pro všechny tyto činnosti je dodáván olej hydraulickým agregátem, viz obr. 1-2 blokové schéma hydraulického agregátu.

1.3 Popis schématu stávajícího hydraulického obvodu

1.3

Stávající schéma (viz příloha 1 schéma hydraulického obvodu FU – stávající) je rozděleno čerchovanou čarou, která určuje, který prvek a blok je na agregátu a který je umístěn na stroji. Všechny prvky umístěné na hydraulickém agregátu mají v kroužku uvedeno pořadové číslo odpovídající číslům uvedených v závorkách. Ve spodní části jsou prvky a bloky umístěné na hydraulickém agregátu a v horní části jsou regulační bloky umístěné na stroji a spotřebiče, v tomto případě válce (přímocharé hydromotory). U spotřebičů je uveden název spotřebiče, tedy jeho funkce, rozměry, minutová spotřeba oleje pro danou funkci a čas, za kterou je funkce spotřebiče provedena. Čerpadla (9) a elektromotory (12) mají zapsány jejich hlavní parametry. Konkrétně se jedná o příkon v kW a otáčky za minutu u elektromotorů a o tlak v MPa a množství oleje dodávané v litrech za minutu ve spojení s daným elektromotorem u čerpadel. Pojistňovací ventil (30) v bloku pod akumulátory (33) má uveden nastavený tlak v MPa a je zajištěn plombou. U akumulátorů je uveden plnicí tlak dusíku v MPa při nenaplněném akumulátoru olejem. Nad tlakovými spínači (20,59,69) je uveden tlak v MPa, na který jsou nastaveny. Zjednodušené blokové schéma viz obr. 1-2 blokové schéma stávajícího hydraulického obvodu.



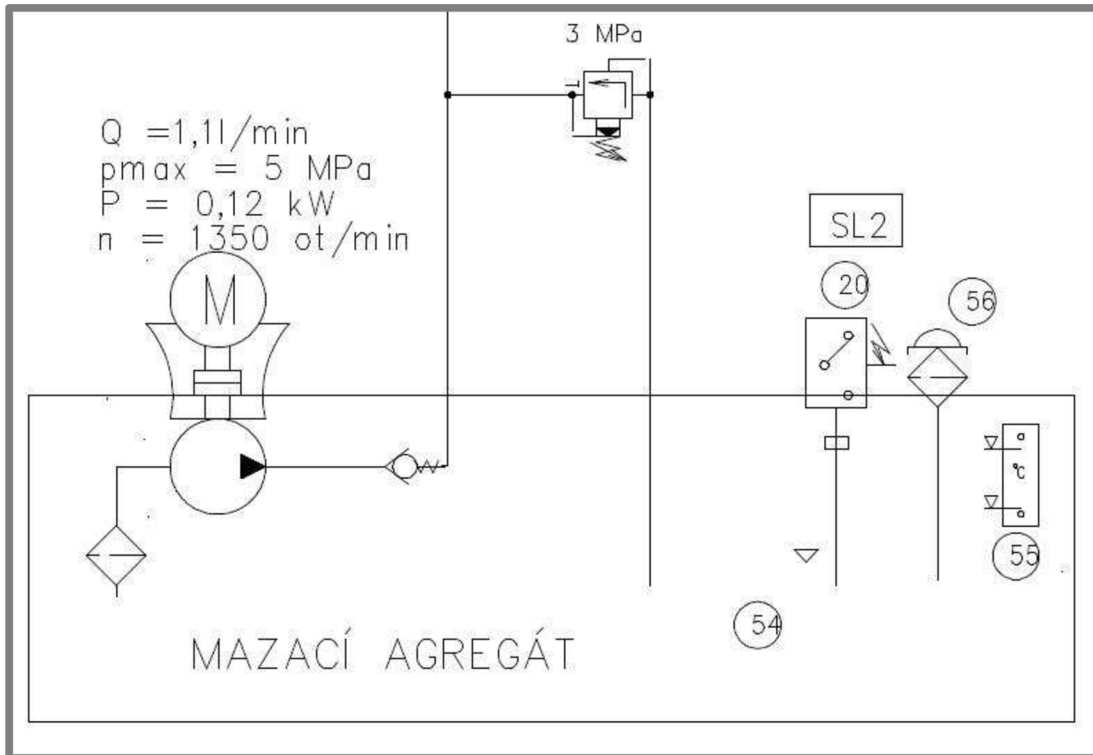
obr. 1-2 blokové schéma stávajícího hydraulického obvodu

1.4

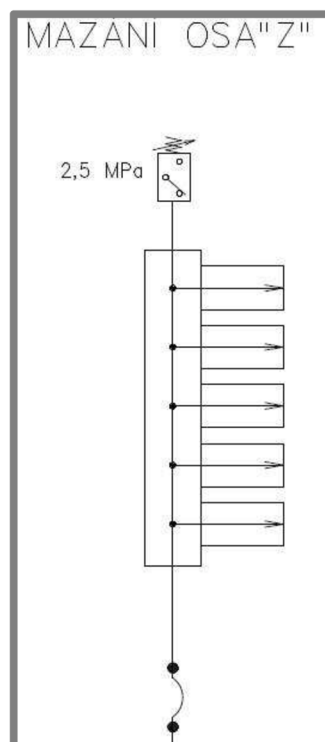
1.4 Popis mazání os

Osou v našem případě rozumíme pohon a vedení v daném směru pohybu po kuličkových šroubech, dále pouze mazání os X, Y a Z. Mazání os je ztrátové mazání, kde mazací olej je do stroje dodáván přes dva mazací agregáty. Mazací agregát číslo jedna maže svislou osu Z a mazací agregát číslo dvě maže podélnou osu X a příčnou osu Y. Rozděleno je to z důvodu, že osa X a Y jsou vodorovné a dle zkušeností z praxe se mažou méně často, než osa svislá. Četnost mazání je řízena počítačem stroje, kdy se sleduje délka pojezdu a po deseti metrech posuvu se příslušná osa namaže. Zdrojem tlakového oleje je zubové čerpadlo, které je spojeno přes přírubu a spojku s elektromotorem a dohromady tvoří pohon mazání. Obvod je jistián přepouštěcím ventilem nastaveným na tlak 3 MPa. Na sání čerpadla je umístěn sací koš. Na výstupu čerpadla je umístěn zpětný ventil, zabráňující zpětnému vytékání mazacího oleje do nádrže. Obvod je doplněn manometrem o rozsahu 0 až 6 MPa pro nastavení přepouštěcího ventilu. Tlakový olej je veden do rozváděcích kostek s dávkovači, které jsou umístěny na loži příslušné osy. Na kostce jsou umístěny dávkovače oleje. Ty dávkují patřičné množství oleje (podle velikosti dávkovače) do mazacích míst, jako jsou: ložiska kuličkových šroubů, matice kuličkových šroubů a kluzné plochy. Každá osa má pět dávkovačů. Na rozváděcí kostce je umístěn tlakový spínač, který vypíná elektromotor pohonu. Funkce dávkovačů spočívá v tom, že tlakový olej přes dávkovač projde, tím se naplní a při dalším cyklu tlakový olej přes dávkovač vystříkne požadované množství mazacího oleje. Na víku nádrže mazacího agregátu je dále umístěn elektrický hladinoměr, který signalizuje množství mazacího oleje v nádrži agregátu, a nalévací otvor se vzduchovým filtrem. [5]

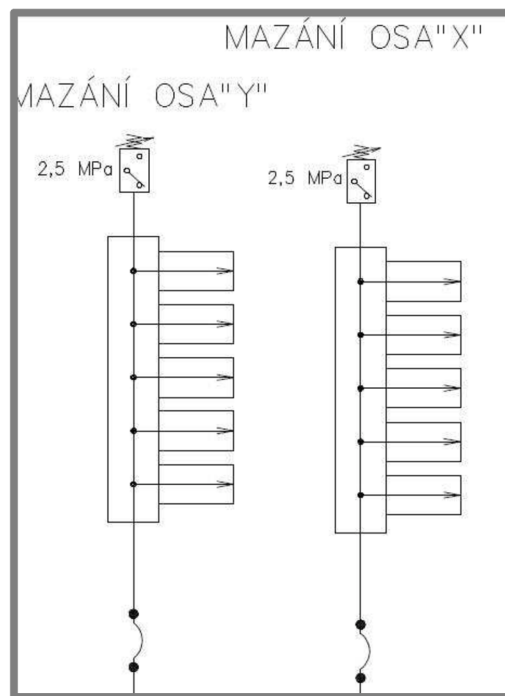
Kompletní schéma viz příloha 2 schéma mazání – stávající.



obr. 1-3 schéma mazacího agregátu 1 a 2



obr. 1-4 schéma bloku mazání osy Z



obr. 1-5 schéma bloku mazání osy X a Y

1.5

1.5 Popis hydraulického agregátu

Hydraulický agregát je řízený tlakovým spínačem, nastaveným na dvě hranice. Při poklesu tlaku pod 7 MPa zapne elektromotor, natlakuje akumulátor na nastavený tlak 8 MPa a vypne. Veškeré prosaky jsou pak doplňovány olejem z akumulátoru. Pokud budou prosaky větší, dojde k poklesu tlaku a opětovnému sepnutí spínače a natlakování akumulátoru na 8 MPa. Agregát je vybaven pojišťovacím ventilem pro případné selhání tlakového spínače. V případě poruchy by mohlo dojít k přehřátí oleje, což by signalizoval přidaný termostat. Agregát je dále opatřen multiplikátorem, který slouží k zvyšování tlaku v uzavřeném okruhu vyvažování. Pokud je ve vyvažovacím okruhu nedostatečný tlak (rozpoznávání pomocí tlakového spínače umístěného v systému vyvažování), dojde k zapnutí multiplikátoru, který v poměru 1:4 natlakuje olej do vyvažovacího systému na požadovaný tlak. Na dně nádrže je hydraulický agregát opatřen vypouštěcí zátkou. Na boku nádrže je umístěn vizuální hladinoměr s teploměrem. Na víku nádrže je umístěn nalévací otvor se vzduchovým filtrem, termostat, který signalizuje správnou teplotu oleje (max. 55° C oleje) a elektrický hladinoměr, sloužící k hlídání minimální hladiny oleje v nádrži. Hlavní pohonná jednotka agregátu je složena ze zubového hydrogenerátoru, spojky mezi čerpadlem a elektromotorem a příruby, která přidrží pohonnou jednotku na víku nádrže a propojuje elektromotor s čerpadlem. Dále je na víku nádrže umístěna výstupní kostka s výstupy P (tlak) a T (odpad). Na ní je umístěn akumulátor s pojišťovacím ventilem, který je tlakovou nádobou. Tlakovou nádobou rozumíme akumulátor, jehož součin jmenovitého objemu (dm^3) a jmenovitého tlaku (MPa) překročí hodnotu 10. Akumulátor je pak považován za tlakovou nádobu stabilní podle ČSN 69 0010. V našem případě tedy $12 \text{ dm}^3 * 9 \text{ MPa} = 108 > 10$ [4]. Akumulátor musí mít revizní knihu, zaplombovaný pojišťovací ventil s TUV (osvědčení o kvalitě pojišťovacího

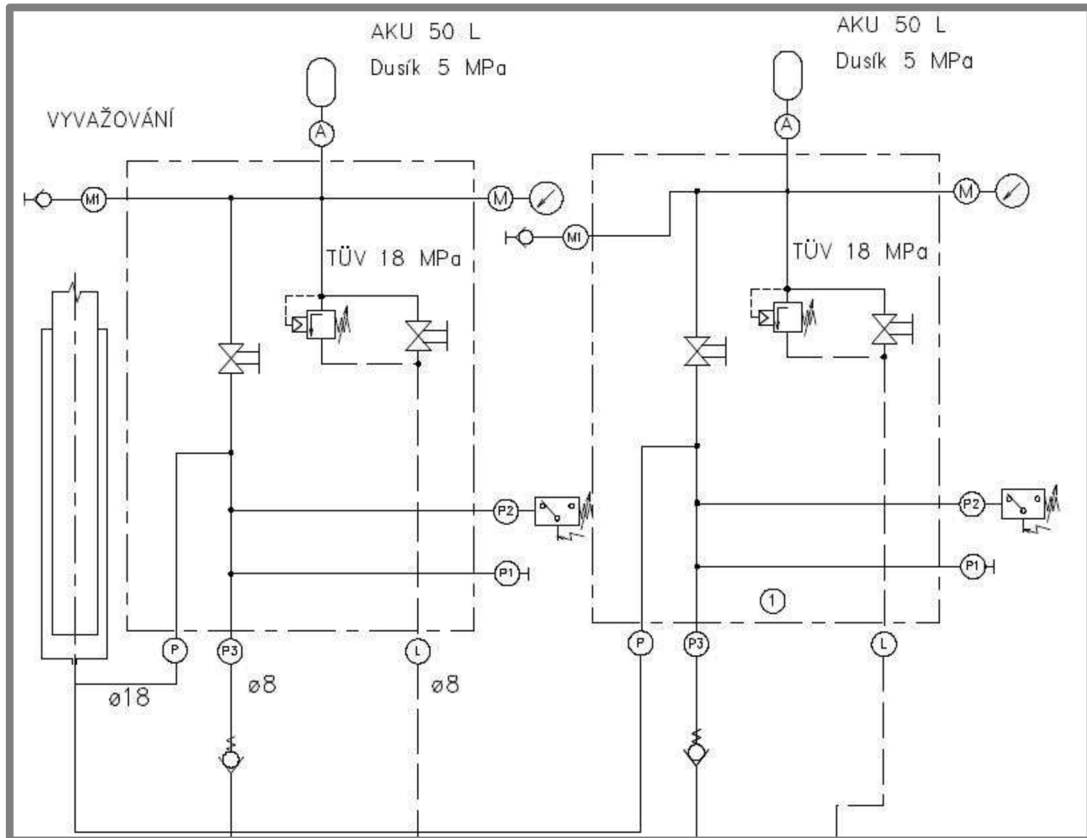
ventilu). Tlakové nádoby musí procházet revizními zkouškami, které provádí revizní technik. Na kostce je také vypouštěcí kohout pro případ nutnosti vypuštění naakumulovaného oleje z akumulátoru při opravě. Dále je na kostce umístěn multiplikátor, který plní funkci doplňování vyvažovacího okruhu. Na víku je umístěn odpadní filtr o filtrační schopnosti 25 MIC (mikronů) s elektrickou indikací zanesení. Foto stávajícího hydraulického agregátu:



obr. 1-6 stávající hydraulický agregát

1.6 Popis vyvažování

Obr. 1-7 schéma vyvažování znázorňuje schéma uzavřeného hydraulického obvodu, který je doplňován přes multiplikátor z agregátu. Uzavřený okruh tvoří: dva akumulátory o objemu 55 litrů, dva pojišťovací bloky, vypouštěcí ventil, tlakový spínač, přímočarý hydromotor (hydraulický válec) a manometr. Zdvih přímočarého hydromotoru (plunžru) ve vyvažovacím systému je 2000 mm. V horní poloze (kdy je olej z akumulátoru v přímočarém hydromotoru) signalizuje tlakový spínač nastavený na 13,4 MPa základní tlak pro plnění. Při poklesu tlaku dojde k zapnutí multiplikátoru. Při dosažení 15 MPa dojde k vypnutí multiplikátoru. Akumulátory jsou v tomto případě tlakové nádoby a podléhají velmi přísným předpisům, viz předchozí kapitola 1.5 Popis hydraulického agregátu, v našem případě tedy $15 \text{ dm}^3 \cdot 55 \text{ MPa} = 825 > 10$.



obr. 1-7 schéma bloku vyvažování

1.7

1.7 Popis řídicích bloků

1.7.1

1.7.1 Blok zpevnění os

Zpevnění pohonu os se využívá pro zvýšení tuhosti stroje při opracování obrobku, kdy osa není v pohybu. Zpevnění je prováděno přes 24 zpevnovacích válečků.

Blok zpevnění os, viz obr. 1-8 blok zpevnění os, je složen z šoupátkového rozváděče (typ šoupátka R11), jedná se o rozváděč dvoupolohový, jednomagnetový s pružinou, čtyřcestný o světlosti DN06. Z přípojovací kostky z mezidesky na které je umístěn tlakový spínač. Ten signalizuje nárůst tlaku při ukončení zpevnění.

1.7.2

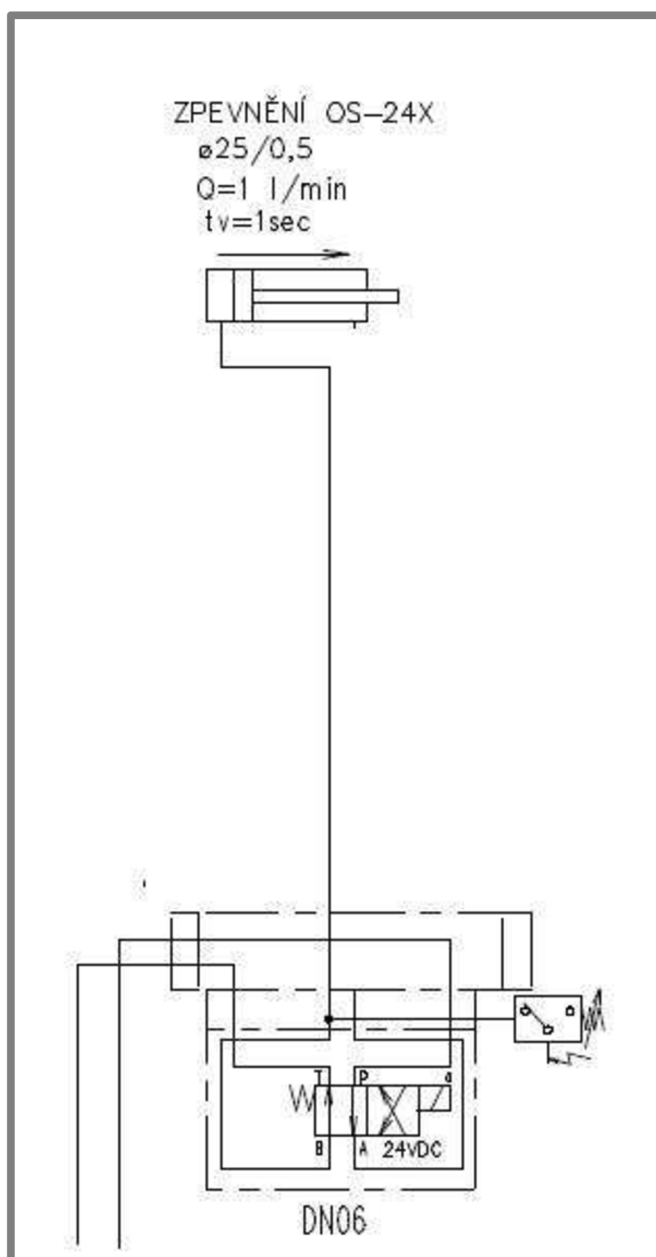
1.7.2 Blok odepínání nástroje

Upnutí nástroje je provedeno talířovými pružinami, které zajišťují upnutí nástroje i v případě selhání hydrauliky. Pro výměnu nástroje se využívá hydrauliky, která musí vyvinout větší sílu, než talířové pružiny, čímž dojde k odepnutí nástroje. K tomuto slouží blok odepínání nástroje.

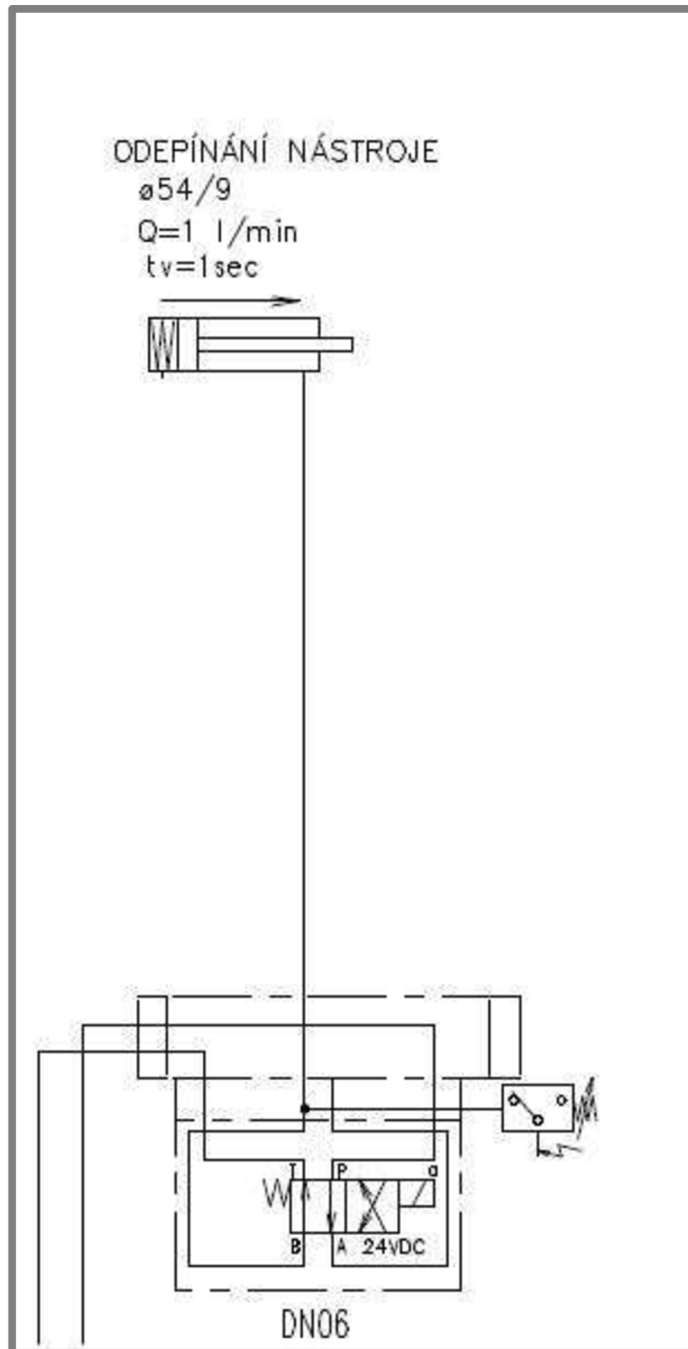
Blok odepínání nástroje ve vřetení, viz obr. 1-9 blok odepínání nástroje, je složen z šoupátkového rozváděče (typ šoupátka R11), jedná se o rozváděč dvoupolohový, jednomagnetový s pružinou, čtyřcestný o světlosti DN06 a z přípojovací kostky z mezidesky na které je umístěn tlakový spínač, signalizující nárůst tlaku při odepnutí.

1.7.3 Společný blok zásobníků nástrojů

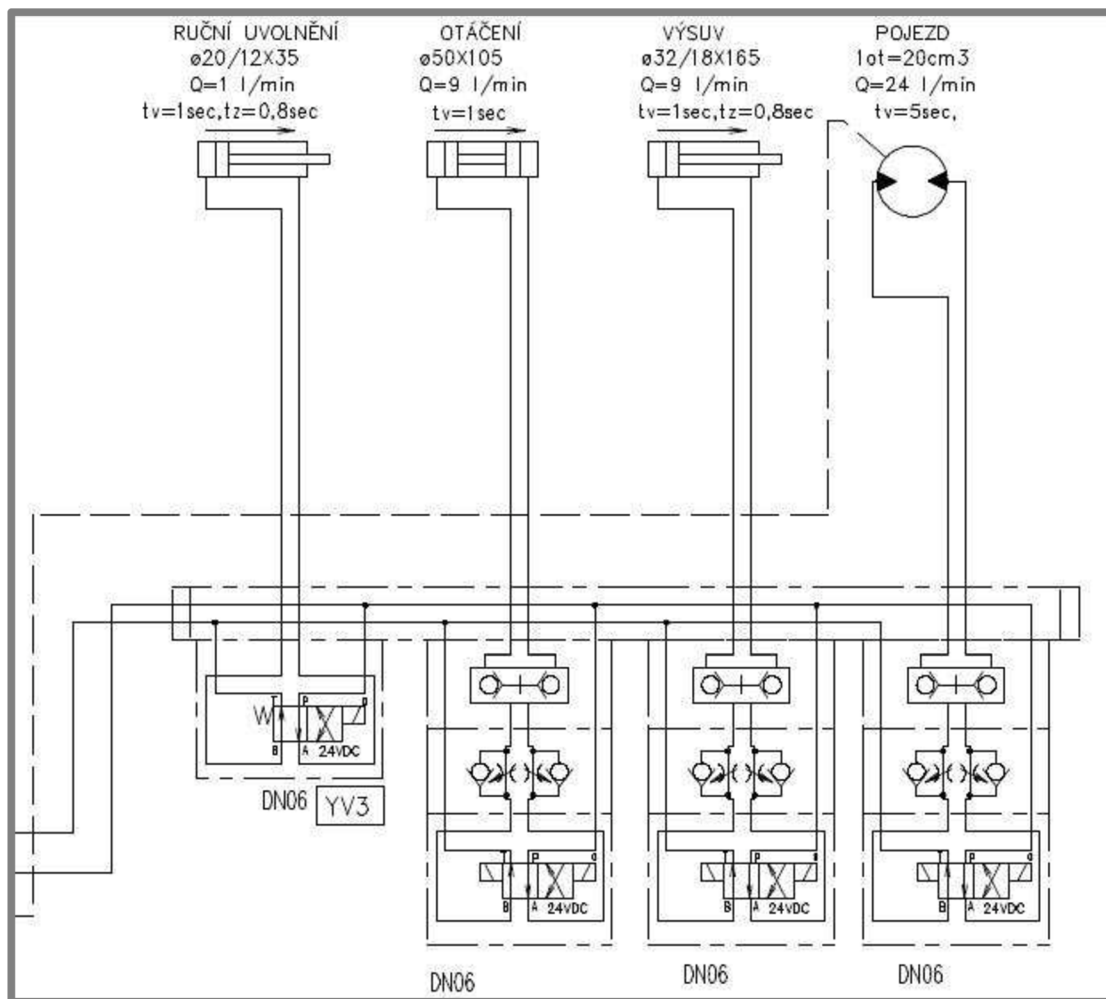
Společný blok zásobníků nástrojů, viz obr. 1-10 společný blok zásobníků nástrojů, obsahuje jeden dvupolohový, čtyřcestný, jednomagnetový rozváděč s pružinou o světlosti DN06, který slouží k ručnímu uvolnění nástroje v zásobníku při zablokování. Dále je společný blok zásobníku nástrojů složen ze dvou rozváděčů šoupátkového provedení (typ šoupátka J15), jedná se o rozváděče dvupolohové, dvoumagnetové, čtyřcestné o světlosti DN06 a ze dvou kusů škrticích mezidesek, které slouží k nastavení rychlosti vpřed a zpět při otáčení a vysunutí výměnné ruky. Pro zajištění krajních poloh je v obvodech vložen hydraulický zámek, který v případě vypnutí hydrauliky udržuje rameno v momentální poloze.



obr. 1-8 schéma bloku zpevnění os



obr. 1-9 schéma bloku odepínání nástroje



obr. 1-10 schéma společného bloku zásobníků nástrojů

1.8 Vedení tlakového oleje

Vedení tlakového oleje je provedeno žíhanými trubkami nebo hadicemi. Trubky jsou uchyceny po stroji pomocí plastových přichytek. Hadice jsou uloženy v nosičích kabelů.

1.8

1.9 Popis výměny nástroje

Jedná se o řetězový zásobník s 64 lůžky na uložení nástrojů, dvouramenné výměnné ruky opatřené vysouváním, zasouváním a otáčením.

Funkce je následující:

1. základní poloha je výměnná ruka vysunutá vpřed
2. zásobník zaveze požadovaný nástroj do nakládací polohy, ruka se zasune a nabere požadovaný nástroj
3. ruka vyjede vpřed a započne posun do nakládací polohy nástroje do vřetene
4. ruka zasune nástroj do vřetene a ve vřeteni se nástroj upne pomocí pružin
5. ruka vyjede ven do polohy přesuvné a přesune se před zásobník nástroje

1.9

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Vzhledem k vysoké konkurenci na světových trzích je nutné, aby výrobek splňoval vysoké technické parametry, které odpovídají současným trendům, při dosažení co nejnižších výrobních nákladů. Jedinou cestou k dosažení tohoto cíle je optimalizace stroje. Cílem této bakalářské práce je optimalizace hydraulického systému pro frézovací obráběcí centrum s parametry uvedenými v kapitole 1 Přehled současného stavu poznání. Hlavním cílem práce je snížení nákladů spojených s montáží a nákupem komponent a vylepšení mazacího systému os.

Optimalizace se bude skládat z:

- a) **optimalizace systému vyvažování nástroje**, kdy při dosavadním řešení jsou použity přímočaré hydromotory pracující v rozsahu 13,5 až 15 MPa. Některé moderní přímočaré hydromotory obdobných rozměrů umožňují práci do 25 MPa, není tak plně využíváno jejich technických parametrů.
- b) **Optimalizace systému mazání os** změnou systému mazání os je možno docílit dalšího výhodného technického řešení.

Součástí řešení bude:

1. návrh hydraulického agregátu
2. výpočty spotřeby oleje, dimenzování pohonů
3. návrh optimalizovaného řešení, návrh sestavy
4. vyhodnocení optimalizace

3 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

3.1 Optimalizace vyvažování

V současné konfiguraci není plně využíváno možností technických parametrů hyromotorů a akumulátorů. Z důvodu zjednodušení technického řešení a snížení nákladů na výrobu navrhuji optimalizované řešení, které spočívá v zmenšení objemu přímočarého hydromotoru a úspoře jedno akumulátoru a jednoho pojišťovacího bloku.

Z uvedeného popisu schématu a níže uvedených výpočtů vyplývá, že hydraulický obvod lze v hlavní části optimalizovat v uzavřeném okruhu vyvažování, kde je možno zvýšit zatížení elektromotorů na pohonech osy Z při změně přímočarého hydromotoru z průměru 63 mm na průměr 50 mm a zvýšení tlaku z 15 MPa na 25 MPa, což umožňují technické parametry nového přímočarého hydromotoru. Touto úpravou se podstatně zmenší objem oleje, který se přemísťuje z přímočarého hydromotoru do akumulátoru. Toto je doloženo výpočtem. Z praxe můžeme uvést, že rozdíl nadlehčovacích sil v horní poloze a spodní poloze osy Z může dosáhnout až 6000 N. Na tomto předpokladu je navržena úprava vyvažování:

1. Změníme přímočarý hydromotor z průměru 63 na 50.
2. Zvýšíme tlak z 15 MPa na 25 MPa.
3. Dva pneuhydraulické akumulátory IHV 50 nahradíme jedním IHV 50.
4. Náhradou dvou akumulátorů za jeden dojde k úspoře pojišťovacího bloku. Místo dvou pojišťovacích bloků použijeme pouze jeden.

3.1.1 Výpočet vyvažování a volba velikosti akumulátoru

průměr př. hydromot.:	$D = 50 \text{ mm}$
zdvih:	$h = 2000 \text{ mm}$
pracovní tlak:	$p = 20 \text{ MPa}$
čas zdvihu:	$t = 10 \text{ s}$
plocha pístu:	$S_p = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 50^2}{4} = 1962,5 \text{ mm}^2$
síla:	$F_1 = p \times D = 20 \times 1962,5 = 39250 \text{ N}$
objem:	$V = S_p \times h = 1962,5 \times 2000 = 3925000 \text{ mm}^3 = 3,925 \text{ l}$
množství:	$Q = V \times t \times 60 = 3,925 \times 10 \times 60 = 23,55 \text{ l/min}$
rychlost př. hydromot.:	$v = \frac{h}{t \times 1000} = \frac{2000}{10 \times 1000} = 0,2 \text{ m/s}$
vnitřní průměr trubky:	$d_t = 18 \text{ mm}$
změna objemu:	$\Delta V = V = 3,925 \text{ l}$
provozní tlak:	$p_1 = p = 20 \text{ MPa}$
změna tlaku na:	$p_2 = 23 \text{ MPa}$
koeficient plnění dusíkem:	$k_d = 0,8$ (volí se 0,5 až 0,8)
tlak dusíku:	$p_0 = k_d \times p_1 = 0,8 \times 20 = 16 \text{ MPa}$
koeficient poměru tlaku 1:	$x = \frac{p_0}{p_2} = \frac{16}{23} = 0,695652$
koeficient poměru tlaku 2:	$c = \frac{p_0}{p_1} = \frac{16}{20} = 0,8$

$$\text{velikost akumulátoru: } V_0 = \frac{\Delta V}{c^{0,7143} \times x^{0,7143}} = \frac{3,925}{0,8^{0,7143} \times 0,695652^{0,7146}} = 48,449567 \text{ l} \cong 48,5 \text{ l [4]}$$

Akumulátor volím z velikostí v řadě EPE:

0,2 l; 0,7 l; 1 l; 1,5 l; 3 l; 5 l; 15 l; 20 l; 25 l; 35 l; 55 l [11]

nebo z řady OLAER:

1 l; 1,6 l; 2,4 l; 3,7 l; 5 l; 6 l; 10 l; 11,2 l; 18,1 l; 22,5 l; 33,4 l; 48,7 l [7]

Volím tedy akumulátor řady OLAER o objemu 48,7 l

$$\text{síla: } F_2 = S_p \times p_2 = 1962,5 \times 23 = 45137,5 \text{ N}$$

$$\text{vyvažování: } \Delta F = F_2 - F_1 = 45137,5 - 39250 = 5887,5 \text{ N}$$

Rozdíl sil ΔF vyšel 5887,5 N, povolený maximální rozdíl je 6000 N. Zvolená konfigurace tedy vyhovuje požadavkům.

3.2

3.2 Optimalizace zásobníků nástrojů

Dále navrhuji úpravu na zásobníku nástrojů. Současně je používán zásobník nástrojů Gifu BT40 s hydromotorem pro pojezd výměnné ruky. Navrhujeme použít zásobník BT40, který nabízí stejná firma Gifu s řešením, kdy pojezd ruky je vyřešen elektromotorem. Touto záměnou dojde k velké úspoře množství oleje, potřebné pro plnění hydromotorů. Jedná se o 20 l/min. Tím lze snížit dodávané množství oleje u agregátu na 10 l/min a 3 kW pohonný motor nahradit elektromotorem 2,2 kW. Viz níže uvedené výpočty.



obr. 3-1 zásobník nástrojů BT40 [10]

3.2.1 Volba elektrického motoru a čerpadla

Výsuv ruky vpřed

počet kusů: $k = 1$
 prům. př. hydromot.: $D = 32 \text{ mm}$
 průměr pístu: $d = 0 \text{ mm}$
 zdvih: $h = 165 \text{ mm}$
 tlak: $p = 9 \text{ MPa}$
 plocha: $s = \pi \times \frac{D^2}{4} - \pi \times \frac{d^2}{4} = \pi \times \frac{32^2}{4} - \pi \times \frac{0^2}{4} = 803,84 \text{ mm}^2$
 objem: $V = s \times h = 803,84 \times 165 = 132633,6 \text{ mm}^3 = 0,1326336 \text{ l}$
 síla: $F = p \times s = 9 \times 803,84 = 7234,56 \text{ N}$
 začátek: $t_1 = 0 \text{ s}$
 konec: $t_2 = 0,9 \text{ s}$
 čas: $t = \Delta t = t_2 - t_1 = 0,9 - 0 = 0,9 \text{ s}$
 množství oleje: $Q = \frac{V}{t} \times k \times 60 = \frac{0,1326336}{0,6} \times 1 \times 60 \cong 8,842 \text{ l/min}$

Výsuv ruky zpět

počet kusů: $k = 1$
 prům. př. hydromot.: $D = 32 \text{ mm}$
 průměr pístu: $d = 18 \text{ mm}$
 zdvih: $h = 165 \text{ mm}$
 tlak: $p = 9 \text{ MPa}$
 plocha: $s = \pi \times \frac{D^2}{4} - \pi \times \frac{d^2}{4} = \pi \times \frac{32^2}{4} - \pi \times \frac{18^2}{4} = 549,5 \text{ mm}^2$
 objem: $V = s \times h = 549,5 \times 165 = 90667,5 \text{ mm}^3 = 0,0906675 \text{ l}$
 síla: $F = p \times s = 9 \times 549,5 = 4945,5 \text{ N}$
 začátek: $t_1 = 1 \text{ s}$
 konec: $t_2 = 1,6 \text{ s}$
 čas: $t = \Delta t = t_2 - t_1 = 1,6 - 1 = 0,6 \text{ s}$
 množství oleje: $Q = \frac{V}{t} \times k \times 60 = \frac{0,0906675}{0,6} \times 1 \times 60 \cong 9,067 \text{ l/min}$

Otočení ruky

počet kusů: $k = 1$
 prům. př. hydromot.: $D = 50 \text{ mm}$
 průměr pístu: $d = 0 \text{ mm}$
 zdvih: $h = 105 \text{ mm}$
 tlak: $p = 9 \text{ MPa}$
 plocha: $s = \pi \times \frac{D^2}{4} - \pi \times \frac{d^2}{4} = \pi \times \frac{50^2}{4} - \pi \times \frac{0^2}{4} = 1962,5 \text{ mm}^2$
 objem: $V = s \times h = 1962,5 \times 105 = 206062,5 \text{ mm}^3 = 0,2060625 \text{ l}$
 síla: $F = p \times s = 9 \times 1962,5 = 17662,5 \text{ N}$
 začátek: $t_1 = 3 \text{ s}$

konec: $t_2 = 4,4 \text{ s}$
čas: $t = \Delta t = t_2 - t_1 = 4,4 - 3 = 1,4 \text{ s}$
množství oleje: $Q = \frac{V}{t} \times 60 \times k = \frac{0,2060625}{1,4} \times 60 \times 1 \cong 8,831 \text{ l/min}$

Odepnutí

počet kusů: $k = 1$
prům. př. hydromot: $D = 54 \text{ mm}$
průměr pístu: $d = 0 \text{ mm}$
zdvih: $h = 9 \text{ mm}$
tlak: $p = 9 \text{ MPa}$
plocha: $s = \pi \times \frac{D^2}{4} - \pi \times \frac{d^2}{4} = \pi \times \frac{54^2}{4} - \pi \times \frac{0^2}{4} = 2289,06 \text{ mm}^2$
objem: $V = s \times h = 2289,06 \times 9 = 20574,54 \text{ mm}^3 = 0,0205754 \text{ l}$
síla: $F = p \times s = 9 \times 2289,06 = 20574,54 \text{ N}$
začátek: $t_1 = 5 \text{ s}$
konec: $t_2 = 6 \text{ s}$
čas: $t = \Delta t = t_2 - t_1 = 6 - 5 = 1 \text{ s}$
množství oleje: $Q = \frac{V}{t} \times 60 \times k = \frac{0,0205754}{1} \times 60 \times 1 \cong 1,236 \text{ l/min}$

Upnutí

Realizováno pomocí pružiny, spotřeba oleje je nulová.

Zpevnění osy

počet kusů: $k = 24$
prům. př. hydromot.: $D = 25 \text{ mm}$
průměr pístu: $d = 0 \text{ mm}$
zdvih: $h = 0,5 \text{ mm}$
tlak: $p = 9 \text{ MPa}$
plocha: $s = \pi \times \frac{D^2}{4} - \pi \times \frac{d^2}{4} = \pi \times \frac{25^2}{4} - \pi \times \frac{0^2}{4} = 490,87 \text{ mm}^2$
objem: $V = s \times h = 490,87 \times 0,5 = 245,35 \text{ mm}^3 = 0,00024535 \text{ l}$
síla: $F = p \times s = 9 \times 490,87 = 4417,83 \text{ N}$
začátek: $t_1 = 7 \text{ s}$
konec: $t_2 = 8 \text{ s}$
čas: $t = \Delta t = t_2 - t_1 = 8 - 7 = 1 \text{ s}$
množství oleje: $Q = \frac{V}{t} \times 60 \times k = \frac{0,00024535}{1} \times 60 \times 24 \cong 0,353 \text{ l/min}$

Pojezd ruky

realizováno hydromotorem

množství oleje na otáčku: $q = 20 \text{ cm}^3/\text{min}$
počet otáček: $n = 1000$
celkové množství oleje: $Q = \frac{q \times n}{1000} = \frac{20 \times 1000}{1000} = 20 \text{ l/min}$

Výkon elektromotoru pro dané množství

Odstraněním hydromotoru dojde k úspoře 20 l/min, stávající čerpadlo tedy lze nahradit menším. Volím nejbližší největší čerpadlo 10 l/min.

množství oleje: $Q = 10 \text{ l/min}$

účinnost: $\eta = 80 \%$

tlak: $p = 9 \text{ Mpa}$

výkon: $P = \left(p \times 10 \times \frac{Q}{612} \right) \times \frac{1}{\eta} \times 100 = \left(9 \times 10 \times \frac{10}{612} \right) \times \frac{1}{80} \times 100 =$

$1,838235 \text{ kW} \cong 1,84 \text{ kW}$

Volím elektromotor o výkonu 2,2 kW při 1500 ot/min.

3.3 Optimalizace agregátu

3.3

Další navrhovanou úpravou v nové koncepci je rozdělení hydraulického agregátu s jednou nádrží na dvě části (první část hydraulickou a druhou část mazací). Stávající řešení mazacího obvodu se jeví v určitých fázích různých výrobních procesů jako nevýhodné a to z toho důvodu, že osy X a Y jsou mazány současně. Proto se stává, že při určité fázi obrábění na stroji je například osa Y mazána, přestože není v činnosti. Tím dochází k nadměrnému mazání osy a mazací olej z velké části vytéká do chladicí kapaliny nástrojů a tím ji znehodnocuje. Nové řešení tuto nevýhodu eliminuje, jelikož je každá osa řízena samostatně přes rozvaděč z jednoho centrálního zdroje. Zjednodušené blokové schéma viz obr. 4-1 blokové schéma nového agregátu.

4 NOVÉ SCHÉMA OPTIMALIZOVANÉHO KOMBINOVANÉHO AGREGÁTU

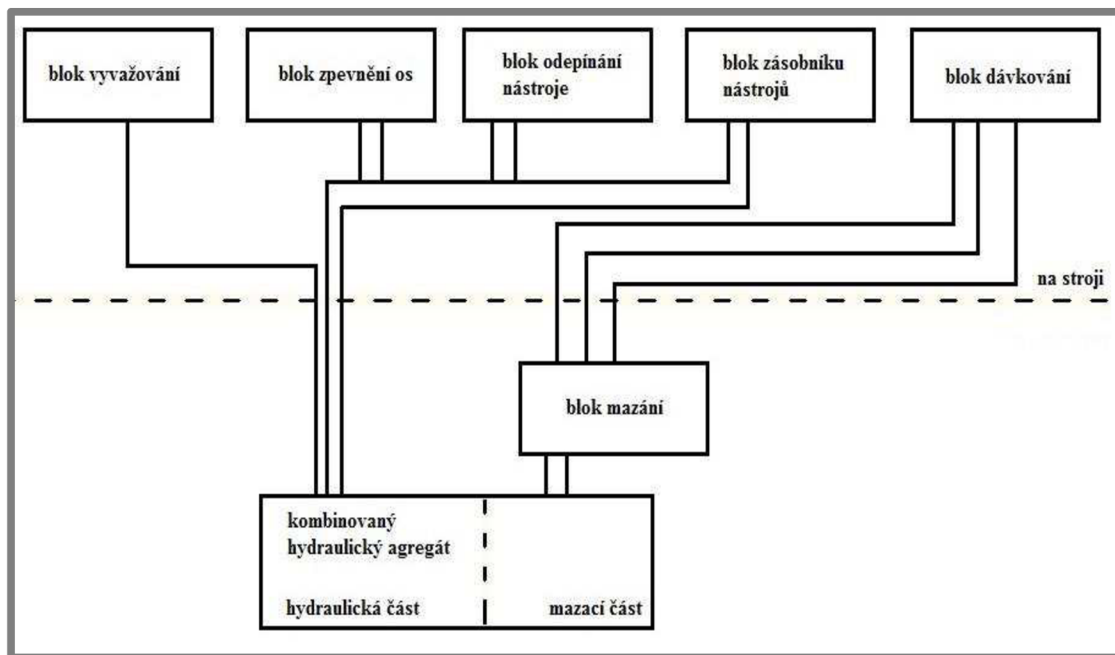
Podrobné schéma viz příloha 3 schéma FU – nové, zjednodušené blokové schéma viz obr. 4-1 blokové schéma nového agregátu. Všechny prvky v příloze 3 mají v kroužku uvedeno pořadové číslo odpovídající číslům uvedených v závorkách.

Nové schéma znázorňuje funkci hydraulického obvodu a mazacího obvodu celého stroje. Je rozděleno čerchovanou čarou na část na stroji (horní polovina) a ve spodní polovině je část nového kombinovaného agregátu.

V horní části zleva je uzavřený okruh vyvažování se zmenšeným vyvažovacím hydraulickým válcem (plunžrem) (38), jedním pneuhydraulickým akumulátorem (39), pojišťovacím blokem akumulátoru (40) a tlakovým spínačem (41). Dále jsou na stroji regulační bloky pro zpevnění os a odepínání nástrojů ve vřetení. Regulační bloky jsou tvořeny základovou deskou (42) pro připojení tlakového spínače (43) a jednomagnetovým dvoupolohovým rozváděčem o světlosti DN06 (44). Blok zásobníku nástroje (45), dodávaný výrobcem zásobníku, je tvořen třemi rozváděči na jedné připojovací desce. Slouží pro regulaci ručního uvolnění nástroje, otáčení ruky a výsuvu ruky. Funkce otáčení ruky a výsuvu ruky je jištěna hydraulickými zámky pro stabilizaci polohy. Na škrticích mezideskách je možné nastavit rychlost pohybu přímočarého hydromotoru vpřed i zpět. Poslední část na schématu je určena pro rozvodné kostky (46) s dávkovači oleje pro mazání a tlakové spínače (47) pro kontrolu a vypnutí pohonu mazání.

Spodní část znázorňuje nový kombinovaný agregát, složený z hydraulické a mazací části. Pohon hydraulické části (8,9,10,11) dodává tlakový olej do výstupní kostky, ve které je umístěn pojišťovací ventil (11) akumulátoru (16) s manometrem (35) a kohoutem vypouštění (6,7). Na horní části rozvodné kostky (3) je uložen membránový akumulátor o velikosti 3,5 l. Na kostce je dále umístěn elektrický multiplikátor (37) pro plnění uzavřeného okruhu vyvažování. Tlakový spínač (14) řídí zapnutí a vypnutí elektromotoru (11) hlavního pohonu. Na víku nádrže (2) je agregát vybaven odpadním filtrem s obtokem a elektrickou indikací zanesení (31). Dále je na víku umístěn termostat (34) pro kontrolu teploty oleje, elektrický hladinoměr (12) pro kontrolu dostatku oleje v nádrži a nalévací otvor se vzduchovým filtrem (27). Na boku nádrže (1) je vizuální hladinoměr (26) sloužící primárně pro kontrolu množství oleje při dolévání oleje do nádrže. Ve spodní části nádrže se nachází vypouštěcí zátka (48) sloužící k vypuštění oleje z nádrže.

Pohon mazací části (21,22,23,24) dodává tlakový olej přes zpětný ventil do připojovací desky (15). Na ní jsou uloženy tři jednomagnetové dvoupolohové rozváděče (17) pro rozvádění tlakového oleje do jednotlivých rozvodných kostek mazání na osách. Pod posledním rozváděčem je přepouštěcí ventil (36), sloužící k pojištění nastaveného tlaku mazání 3 MPa. Část mazacího agregátu je vybavena také elektrickým hladinoměrem (12) a nalévacím otvorem se vzduchovým filtrem (27). Důležitou částí tohoto obvodu je zpětný ventil (49) umístěný v odpadní větvi nádrže. Ten je nastaven na tlak 0,15 MPa. Zpětný ventil zajišťuje trvalý odpor v odpadu a tím se dosahuje správného nasátí mazacích dávkovačů.



obr. 4-1 blokové schéma nového kombinovaného agregátu

5 VÝPOČET SPOTŘEBY OLEJE

Spotřeba oleje u nového systému je pro všechny spotřebiče stejná jako u stávajícího, pouze dojde k eliminaci množství oleje pro pojezd ruky. Použijeme tedy hodnoty vypočítané v kapitole 3.2.1 Volba elektrického motoru a čerpadla. Je třeba ještě zkontrolovat rychlost proudění oleje, aby nedocházelo k velkým tlakovým ztrátám v potrubí a v krajním případě až k turbulentnímu proudění oleje. Proudění pak bude laminární. Firma Rexroth doporučuje a udává tabulku pro dimenzování světlostí potrubí pro jednotlivé vedení.

Doporučené hodnoty:

sací potrubí	0,5 až 0,8 m/s
odpadní potrubí	2 m/s až 4 m/s a
tlakové potrubí do 10 MPa	do 4 m/s
tlakové potrubí do 31,5 MPa	3m/s až 12 m/s

Výsuv ruky vpřed

zdvih:	$h = 165 \text{ mm}$
vnitřní průměr trub.: d_t	$d_t = 10 \text{ mm}$
čas:	$t = 0,9 \text{ s}$
množství oleje:	$Q = 8,842 \text{ l/min}$
rych. př. hydromot.:	$v = h \times t \times 0,001 = 165 \times 0,9 \times 0,001 = 0,183 \text{ m/s}$
rychlost proudění:	$v_p = 21,16 \times \frac{Q}{d_t^2} = 21,16 \times \frac{8,842}{10^2} = 1,871 \text{ m/s}$

Výsuv ruky zpět

zdvih:	$h = 165 \text{ mm}$
vnitřní průměr trub.: d_t	$d_t = 10 \text{ mm}$
čas:	$t = 0,6 \text{ s}$
množství oleje:	$Q = 9,067 \text{ l/min}$
rych. př. hydromot.:	$v = h \times t \times 0,001 = 165 \times 0,6 \times 0,001 = 0,275 \text{ m/s}$
rychlost proudění:	$v_p = 21,16 \times \frac{Q}{d_t^2} = 21,16 \times \frac{9,067}{10^2} = 1,919 \text{ m/s}$

Otočení ruky

zdvih:	$h = 105 \text{ mm}$
vnitřní průměr trub.: d_t	$d_t = 10 \text{ mm}$
čas:	$t = 1,4 \text{ s}$
množství oleje:	$Q = 8,831 \text{ l/min}$
rych. př. hydromot.:	$v = h \times t \times 0,001 = 105 \times 1,4 \times 0,001 = 0,075 \text{ m/s}$
rychlost proudění:	$v_p = 21,16 \times \frac{Q}{d_t^2} = 21,16 \times \frac{8,831}{10^2} = 1,869 \text{ m/s}$

Odepnutí

zdvih:	$h = 9 \text{ mm}$
vnitřní průměr trub.: d_t	$d_t = 10 \text{ mm}$
čas:	$t = 1 \text{ s}$
množství oleje:	$Q = 1,236 \text{ l/min}$
rych. př. hydromot.:	$v = h \times t \times 0,001 = 9 \times 1 \times 0,001 = 0,009 \text{ m/s}$
rychlost proudění:	$v_p = 21,16 \times \frac{Q}{d_t^2} = 21,16 \times \frac{1,236}{10^2} = 0,262 \text{ m/s}$

Upnutí

Upnutí je realizováno pomocí pružiny, spotřeba oleje je tedy nulová.

Zpevnění osy

zdvih: $h = 0,5 \text{ mm}$

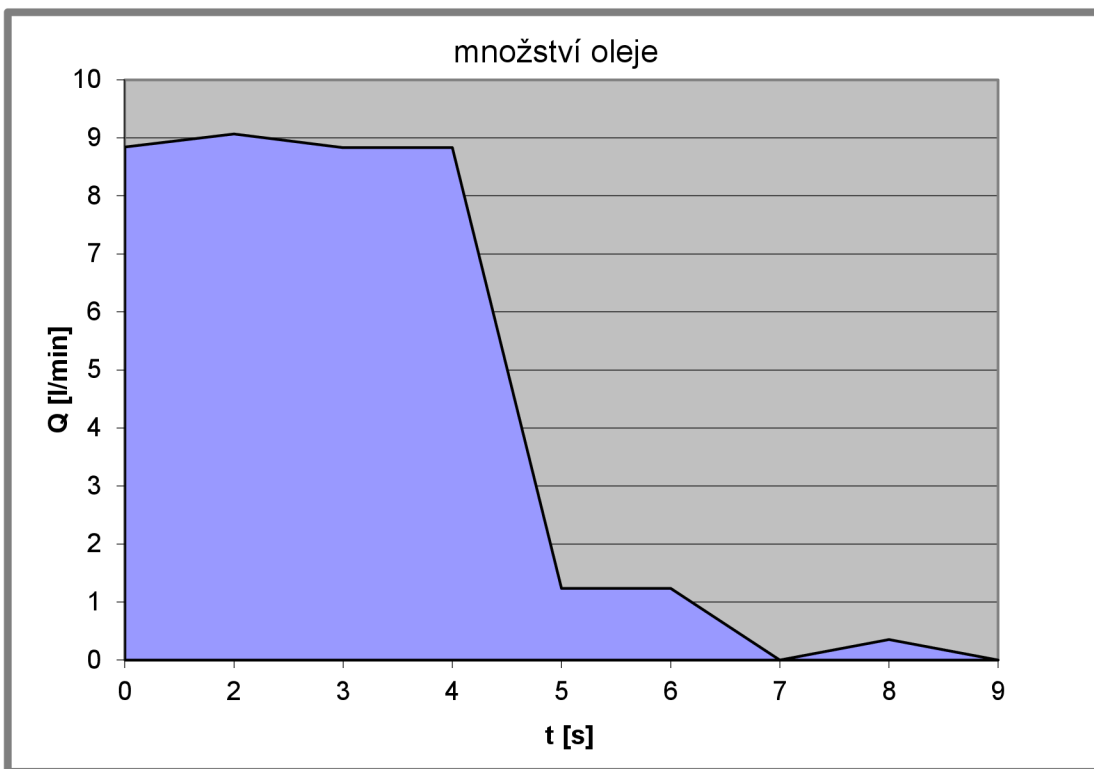
vnitřní průměr trub.: $d_t = 10 \text{ mm}$

čas: $t = 1 \text{ s}$

množství oleje: $Q = 0,353 \text{ l/min}$

rych. př. hydromot.: $v = h \times t \times 0,001 = 0,5 \times 1 \times 0,001 = 0,0005 \text{ m/s}$

rychlost proudění: $v_p = 21,16 \times \frac{Q}{a_t^2} = 21,16 \times \frac{0,353}{10^2} = 0,075 \text{ m/s}$



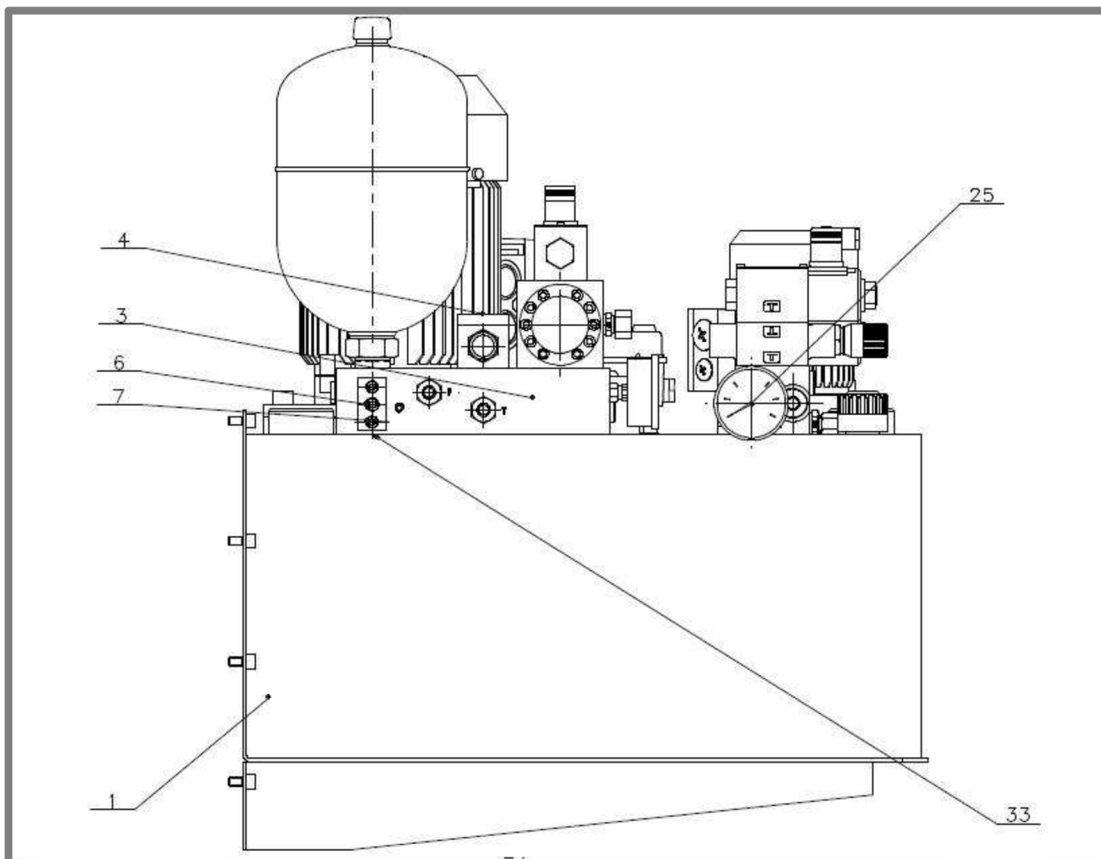
graf 5-1 průběh spotřeby oleje

6 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

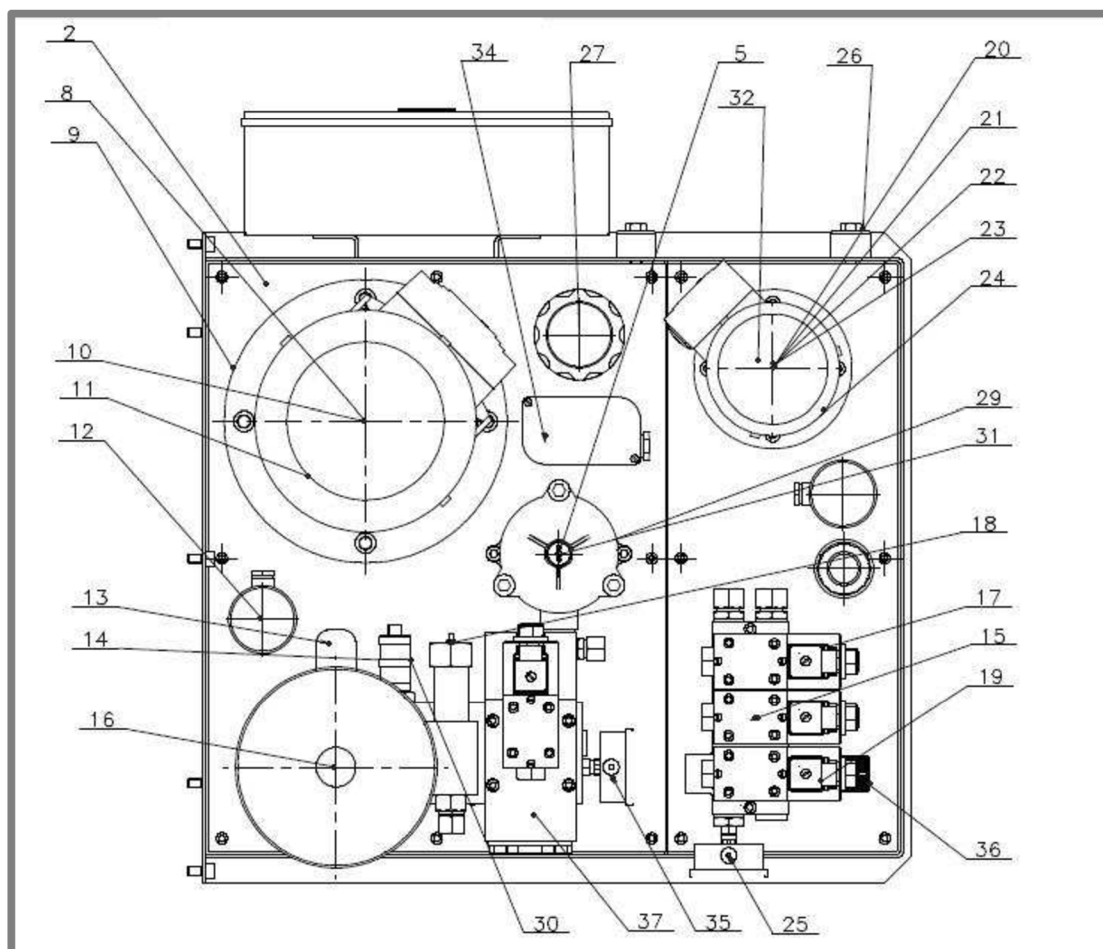
6.1

6.1 Sestava kombinovaného agregátu

Na základě výše uvedených výpočtů a navrhovaných optimalizací byl v pracovním prostředí VARI CAD vytvořen nový výkres sestavy a 3D model.



obr. 6-1 sestava nového kombinovaného agregátu z boku s pozicemi



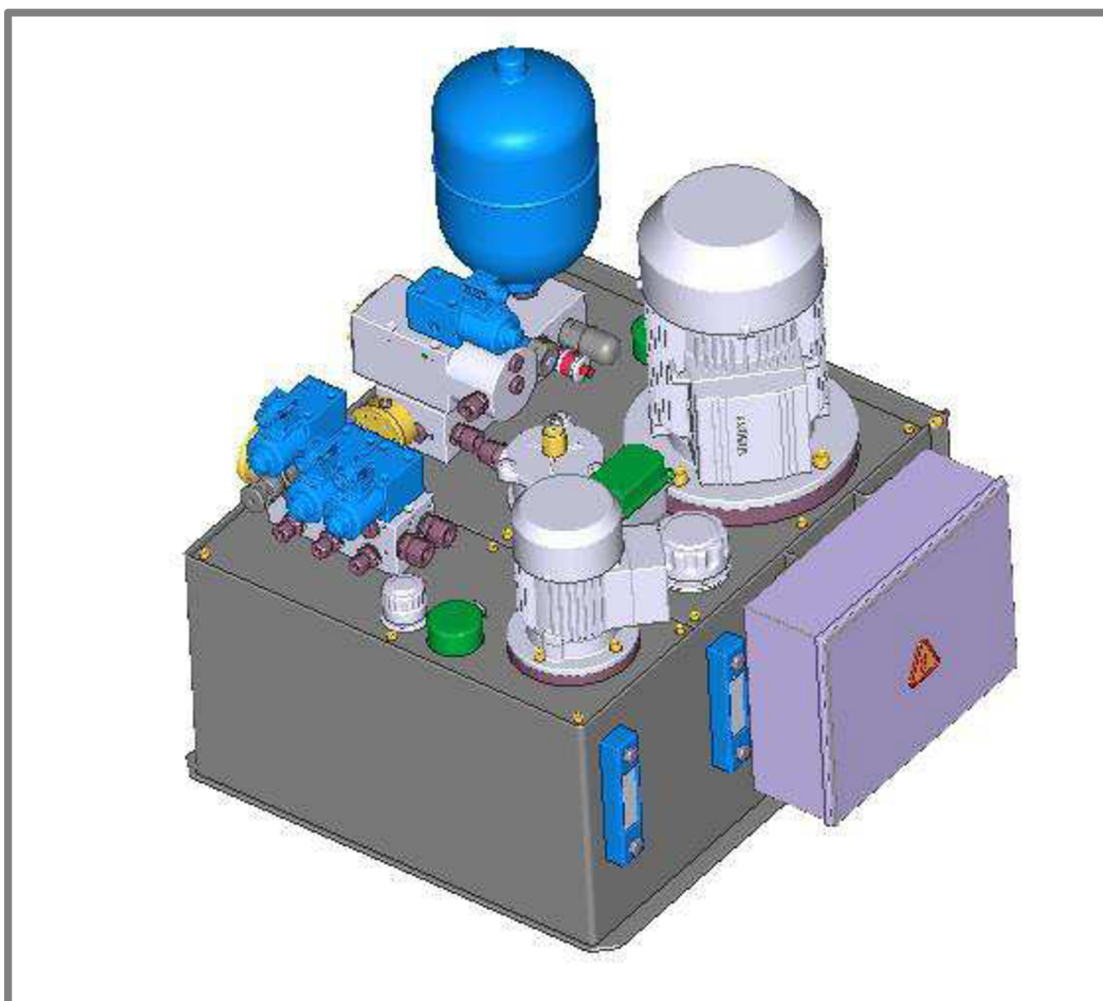
obr. 6-2 sestava nového kombinovaného agregátu shora s pozicemi

tab. 6-1 použité komponenty

Pořadí	Název prvku	Výrobce	Katalogové číslo	Počet kusů
1	Nádrž	HYTEK	14/030-2-0840	1
2	Víko	HYTEK	11/333-1-2796	1
3	Kostka AKU, PV,R (Fermat)	HYTEK	14/030-1-3451	1
4	Kostka A-B	HYTEK	96/01-1-0652	2
5	Krytka k tlakovému spínači	SUCO	1-1-66-621-010	3
6	Šroub vypouštěcí	HYTEK	1/95-1-0206	1
7	Víčko	HYTEK	11/333-1-2798	2
8	Zubové čerpadlo 06,2ccm	HYDROMA	OT200 P06 DG28P2	1
9	Příruba LMC250MFS2004E	HYDROMA	HL9L	1
10	Spojka AKG07FS200Z	HYDROMA	HE20	1
11	Elektromotor přírubový 2,2kW 1500ot/min IE2	SIEMENS	MA-AL100 - 2,2kW	1
12	Elektrický hladinoměr	OBZOR	221010-K24	2
13	Pojišťovací ventil-180	Q- Hydraulika	DBDS6K13/180C	1
14	Tlakový rozpínač 50-150 bar 1/4"	SUCO	0169 418 03 1 007	2
15	Připojovací deska	PQS Rakovník	DGMS3-3E-40	1
16	Akumulátor ELM3,5	OLAER	OLM3,5-250/90 G3/4"	1
18	Redukční ventil P Cetop 3, 14MPa	HYTOS	MRP-01-C-30	1
17	Rozváděč R11 Cetop 3	YUKEN	DSG-01-2B2-D24- N1-70	5
19	Konektor	IFM	E11509	1
20	Spojka AKG02FS100Z	HYDROMA	ND03	1
21	Zubové čerpadlo 1,05ccm	HYDROMA	OT100 P11 DG18P1	1
22	Elektromotor přírubový 0,12kW 1500ot/min	SIEMENS	MA-AL063 - 0,12kW	1
23	Příruba čerpadla LMC140MFS1004E	HYDROMA	LS141	1
24	Nádstavec	HYTEK	11/333-1-2840	1
25	Manometr glyc. 63 mm	TERMIS	60bar, spodní výv.	1
26	Optický hladinoměr	HYDROMA	LS127-1T/M12	2
27	Nalévací zátka	HYDROMA	TM 478 G100	2
29	Tlakový ROZPÍNAČ 1- 1,5 bar	SUCO	0167 406 12 1 017	1
30	Tlakový spínač 0-250bar	IFM	PK6521	1
31	Filtr odpadní	SOFIMA	RFM12 CDI B3 10/YO	1
32	Sací filtr	SOFIMA	MSZ101BMCVB10	1
33	Víčko vypouštěcí	HYTEK	11/333-1-2799	1
34	Termostat	TERMIS	TH143	1
35	Manometr glyc. 63 mm	TERMIS	250bar, zadní vývod	1
36	Přepouštěcí ventil P-T Cetop 3, 14MPa	YUKEN	MBP-01-C-30	1
37	Multiplikátor	HYTEK	MPE25	1

6.2 3D model sestavy kombinovaného agregátu

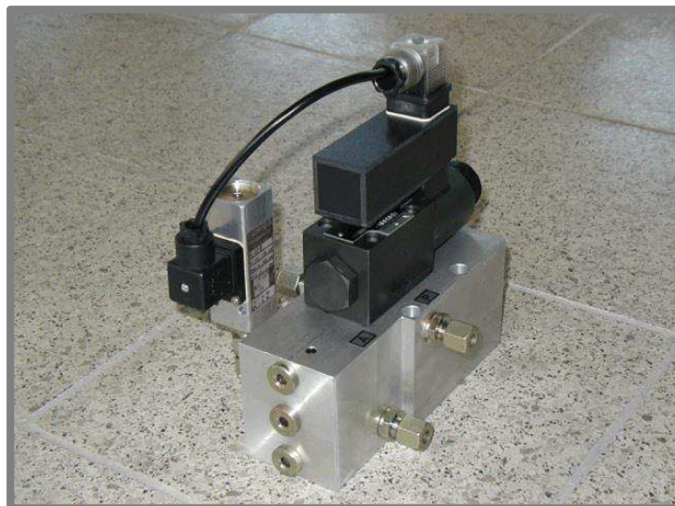
6.2



obr. 6-3 3D sestava nového kombinovaného agregát

7 VYBRANÉ KOMPONENTY

7.1 Multiplikátor

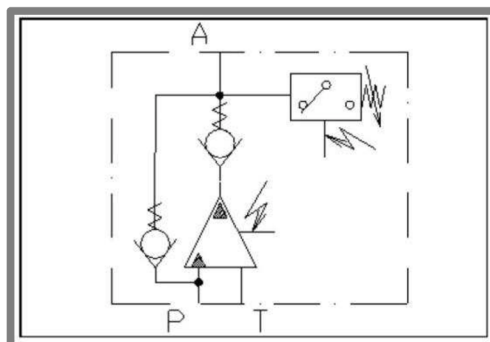


obr. 7-1 multiplikátor [6]

Elektricky ovládaný multiplikátor je zařízení, které násobí dodávaný vstupní tlak předepsaným poměrem multiplikace. Úměrně tomu snižuje množství dodávaného oleje na straně vstupního tlaku. Maximální výstupní tlak se nastaví pomocí tlaku vstupního „P“, který nesmí přesáhnout hodnotu 17 MPa. Výstupní tlak „A“ je ohraničen na tlakovém spínači a hodnota toho tlaku je nižší, než maximální výstupní tlak. [6]

tab. 7-1 parametry multiplikátoru [6]

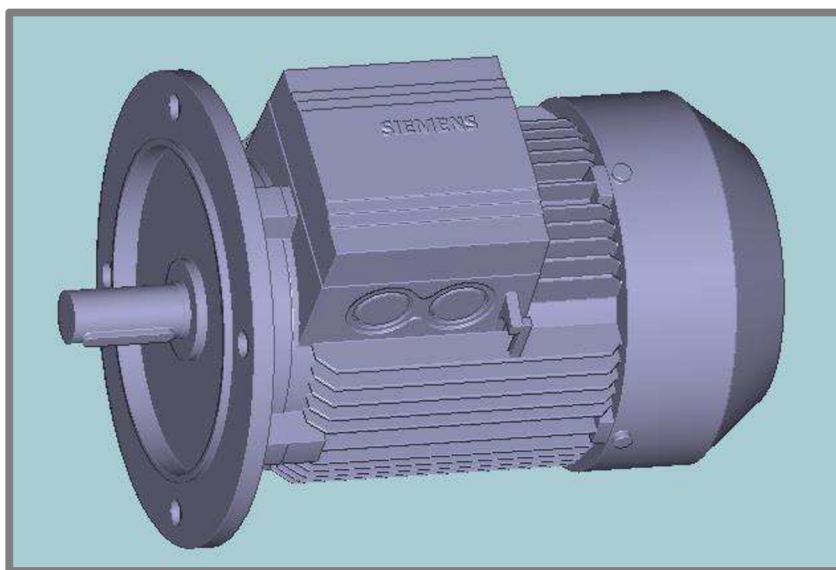
Maximální vstupní tlak	17	Mpa
Maximální výstupní tlak	40	Mpa
Ovládací napětí	24	V
Minimální dodávané množství na vstupu. (Pro menší množství nutno konzultovat.)	15	l/min



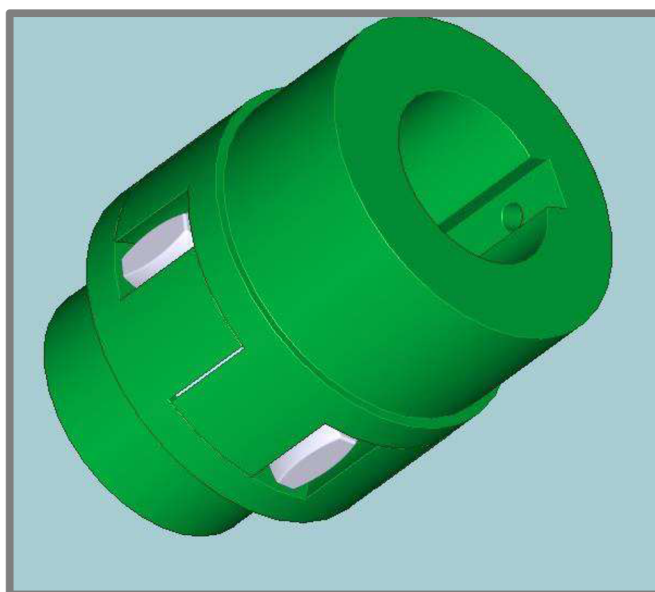
obr. 7-2 zapojení s plněním výstupního tlaku

7.2 Hydraulický pohon

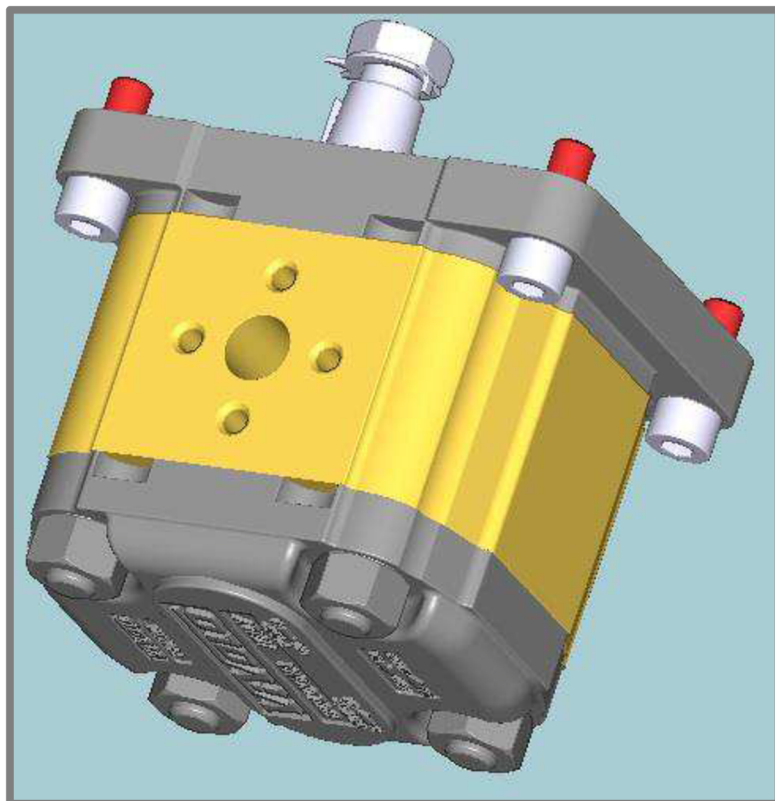
Hydraulický pohon slouží k přeměně elektrické energie na tlak oleje pro hydraulické agregáty. Je složen z přírubového elektromotoru (obr. 7-3), spojky (obr. 7-4), zubového čerpadla (obr. 7-5) a přírubové skříně (obr. 7-6), která tvoří spojovací část mezi motorem a čerpadlem. Spojka je složena ze dvou částí, z části na elektromotoru a části na čerpadle, mezi nimiž je vložen plastový kříž, který slouží k přenosu točivého momentu. Návrhy těchto pohonů byly provedeny pomocí programu vydaného firmou SOFIMA, který přiřazuje k danému elektromotoru příslušnou spojku a přírubu (viz tab. 6-1 Použité komponenty) Tento program je po registraci volně přístupný na internetu.



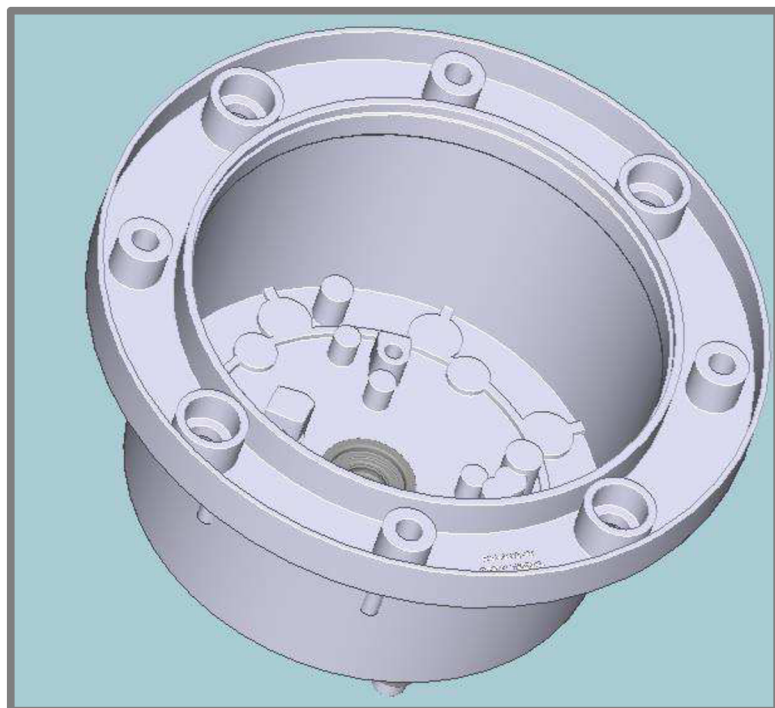
obr. 7-3 elektromotor



obr. 7-4 spojka



obr. 7-5 zubové čerpadlo



obr. 7-6 přírubová skříň

7.3 Hydraulický akumulátor

Úkolem akumulátoru je akumulovat a podle potřeby vydávat tlakovou energii kapaliny v hydraulickém obvodu. Akumulátory se dle konstrukce dělí na akumulátory pístové a akumulátory plynové. [2]

Při optimalizaci byl použit akumulátor plynový, plněný dusíkem IHV 50.



obr. 7-7 akumulátor IHV 50 [8]

tab. 7-1 parametry akumulátoru IHV 50 [8]

objem plynu	48	dm ³
provozní tlak	69	Mpa
hmotnost	318	kg
maximální průtok	900	l/min

8 DISKUZE

Cílem práce byla optimalizace hydraulického systému pro frézovací obráběcí centrum. K dosažení tohoto cíle vedou následující možnosti:

1. Optimalizace vyvažování nástroje

Jako jedinou možností optimalizace systému vyvažování nástroje se mi jevilo zmenšení objemu přímočarého hydromotoru a zvýšení tlaku v přímočarém hydromotoru, při zachování vyvažovací síly. Zmenšením objemu přímočarého hydromotoru došlo k úspoře jednoho akumulátoru a jednoho pojišťovacího bloku.

2. Optimalizace systému mazání

Jednou z možností optimalizace systému mazání os bylo přidat jeden mazací agregát, další variantou bylo přidat na mazací agregát dva elektricky ovládané rozváděče, které budou samostatně mazat osu X a Y. Třetí, mnou zvolenou možností, je pohon mazání sloučit do kombinovaného agregátu a přidat tři rozváděče, které budou mazat jednotlivé osy. Toto řešení se jeví z pohledu montáže, využití prostoru a ceny jako nejvýhodnější, proto bylo zvoleno toto řešení.

9 ZÁVĚR

Hlavním cílem optimalizace hydraulického obvodu bylo najít vhodné konstrukční řešení, které by vedlo ke snížení nákladů na montáž a nákup komponent při zachování stejných technických parametrů. Toho bylo docíleno díky následujícím optimalizacím:

1. optimalizace uzavřeného okruhu vyvažování

Dle výpočtů v kapitole 3.1.1 Výpočet vyvažování a volba velikosti akumulátoru a využití technických parametrů jednotlivých použitých prvků při zachování výkonu vyvažování došlo k výraznému snížení nákladů na nákup jednotlivých komponent. Byl použit přímočarý hydromotor o menším průměru 50 mm (původně 63 mm) a místo dvou akumulátorů IHV50 s pojišťovacími bloky byl použit jeden akumulátor IHV50 s jedním pojišťovacím blokem, což vedle snížení nákladů a náročnosti montáže vedlo také k úspoře prostoru na stroji. Použitím elektromotoru pro pohon zásobníku nástrojů bylo dále dosaženo snížení příkon hlavního elektromotoru z 3 kW na 2,2 kW a tím došlo k úspoře elektrické energie.

2. optimalizace systému mazání os

Mnou zvolená optimalizace mazacího systému os, sloučení hydraulického agregátu se dvěma mazacími agregáty a vytvoření jednoho kombinovaného agregátu s jednou dělenou nádrží a dvěma víky, vedla k úspoře prostoru na stroji a snížení náročnosti montáže agregátu. Současně dojde ke zvýšení komfortu při programování mazacího cyklu. Při původním provedení, kdy byly použity dva agregáty, jeden pro mazání vodorovných os X a Y a druhý pro mazání svislé osy Z, nebylo možné programovat cyklus mazání pro samostatnou osu. U optimalizovaného provedení má každý okruh samostatný rozváděč a tím je možné naprogramovat mazání dle konkrétních požadavků, využití a zatížení jednotlivých os.

3. optimalizace elektrického vedení

Poslední optimalizací hydraulického systému bylo sloučení ovládání prvků, které jsou řízeny elektrickým proudem, do jedné svorkovnice na boku nového kombinovaného agregátu. Touto optimalizací došlo k značným úsporám elektrického vedení.

Výsledná optimalizace hydraulického systému vede k výraznému snížení nákladů, zjednodušení konstrukčního řešení a zlepšení funkčnosti, čímž se výrobek stává konkurenceschopnějším.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010, 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3
- [2] NEPRAŽ, F., NEVRLÝ, J., PEŇÁZ V., TŘETINA K. *Modelování hydraulických mechanismů*. Bosch Rexroth, s. r. o., Brno, 2002. 174 s. ISBN 80-214-2187-8.
- [3] VAMPOLA, Lukáš. *Frézovací nástroje pro CNC obráběcí stroje*: Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství, 2009. 40 s. Vedoucí práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.
- [4] HYTOS Vrchlabí. *Všeobecné pokyny pro konstrukci, montáž, provoz a údržbu hydraulických zařízení*. HYTOS a.s., 56 s.
- [5] TriboTec. *Centální mazání*, TriboTec spol. s.r.o., 52 s.
- [6] HYTEK. *Elektricky ovládaný multiplikátor*, HYTEK spol. s r.o., 1 s.
- [7] OLAER. *Provozní předpisy*, OLAER CZ, s.r.o., Brno, 2004, 2 s.
- [8] OLAER. *Hydropneumatické vakové akumulátory*, OLAER CZ, s.r.o., Brno, 2004, 2 s.
- [9] Www.tos-kurim.cz [online]. 2014 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z WWW: <www.tos-kurim.cz/>
- [10] Www.atcgifu.com [online]. 2014 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z WWW: <www.atcgifu.com>
- [11] Www.epeitaliana.it [online]. 2014 [cit. 201-05-01]. Dostupné z WWW: <www.epeitaliana.it>
- [12] Www.sofima-hyd.com [online]. 2014 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z WWW: <www.sofima-hyd.com>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

k	počet kusů	[-]
D	průměr přímočarého hydromotoru	[mm]
d	průměr pístu	[mm]
h	zdvih	[mm]
p	tlak	[Mpa]
s	plocha	[mm ²]
V	objem:	[l]
F	síla	[N]
t ₁	začátek posuvu	[s]
t ₂	konec posuvu	[s]
t	celkový čas	[s]
Q	množství oleje	[l/min]
d _t	vnitřní průměr trubky	[mm]
v	rychlost přímočarého hydromotoru	[m/s]
v _p	rychlost proudění	[m/s]
P	výkon	[kW]
η	účinnost	[%]
q	množství oleje na otáčku	[cm ³ /min]
n	počet otáček	[-]
S _p	plocha pístu	[mm ²]
F ₁	síla v podlní poloze	[N]
F ₂	síla v horní poloze	[N]
p ₁	provozní tlak	[Mpa]
p ₂	tlak v horní poloze	[Mpa]
k _d	koeficient plnění dusíkem	[-]
p ₀	tlak dusíku	[MPa]
x	koeficient poměru tlaku 1	[-]
c	koeficient poměru tlaku 2	[-]
V ₀	objem akumulátoru	[l]
př. hydromot.	přímočarý hydromotor	
rych.	rychlost	
prům.	průměr	

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

obr. 1-1 frézovací obráběcí centrum FU EFEKTIVE	14
obr. 1-2 blokové schéma stávajícího hydraulického obvodu	16
obr. 1-3 schéma mazacího agregátu 1 a 2	17
obr. 1-4 schéma bloku mazání osy Z	17
obr. 1-5 schéma bloku mazání osy X a Y	18
obr. 1-6 stávající hydraulický agregát	19
obr. 1-7 schéma bloku vyvažování	20
obr. 1-8 schéma bloku zpevnění os	21
obr. 1-9 schéma bloku odepínání nástroje	22
obr. 1-10 schéma společného bloku zásobníků nástrojů	23
obr. 3-1 zásobník nástrojů BT40	26
obr. 4-1 blokové schéma nového kombinovaného agregátu	31
graf 5-1 průběh spotřeby oleje	33
obr. 6-1 sestava nového kombinovaného agregátu z boku s pozicemi	34
obr. 6-2 sestava nového kombinovaného agregátu shora s pozicemi	35
obr. 6-3 3D sestava nového kombinovaného agregát	37
obr. 7-1 multiplikátor	38
obr. 7-2 zapojení s plněním výstupního tlaku	38
obr. 7-3 elektromotor	39
obr. 7-4 spojka	39
obr. 7-5 zubové čerpadlo	40
obr. 7-6 přírubová skříň	40
obr. 7-7 akumulátor IHV 50	41

13 SEZNAM TABULEK

13

tab. 6-1 použité komponenty	36
tab. 7-1 parametry multiplikátoru	38
tab. 7-1 parametry akumulátoru IHV 50	41

14 SEZNAM PŘÍLOH

příloha 1	schéma hydraulického obvodu FU – stávající
příloha 2	schéma mazání – stávající
příloha 3	schéma FU – nové
příloha 4	přehled použitých značek