

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

1998

MARTIN LACHMAN

Fakulta strojní

Katedra aplikované kybernetiky

Školní rok: 1997/98

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Martina LACHMANA

obor 23-40-8 Automatizované systémy řízení ve strojírenství

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

NÁVRH A ODZKOUŠENÍ STAVU PRO TESTOVÁNÍ
ELEKTRICKÝCH SERVOPOHONŮ

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte zkušební stav pro testování elektrických servopohonů s využitím pohonů MICROTEK a ostatních zařízení, která jsou k dispozici na KVS. Požadavky na řešené zařízení:
 - Tři motory spojené ozubenými koly (dva motory v polohové nebo rychlostní nebo proudové smyčce a třetí motor jako zatěžovací v proudové smyčce). Motory upevněné na úhelnících bude na stavu možno přemísťovat dle požadavků měření.
 - Hlavní měřené veličiny vyvedené na zdířky, možnost jednoduchého přepínání regulace do polohové nebo rychlostní nebo proudové smyčky.
2. V rámci práce změřte frekvenční a přechodové charakteristiky pohonů.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran + výkresy elektrické
a strojní části dle potřeby
Seznam odborné literatury:

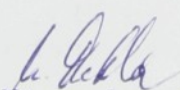
1. JAREŠ, D.: Návrh a odladění nelineárního počítačového modelu servopohonu pro posuvy NC obráběcích strojů. Diplomová práce TU Liberec-fakulta strojní, 1996.
2. SKALLA, J.: Návrh a dimensování polohových servomechanismů obráběcích strojů. Habilitační práce, TU Liberec, 1995.
3. SOUČEK, P.: Pohony výrobních zařízení (Servomechanismy). Skripta ČVUT, Praha 1994.
4. Přednášky z předmětů Automatizace výrobních strojů a Technická kybernetika.
5. Výzkumné zprávy VÚOSO.

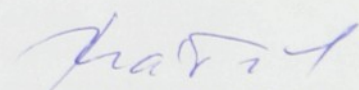
Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jan Skalla, CSc.

Zadání diplomové práce: 31. 10. 1997

Termín odevzdání diplomové práce: 22. 5. 1998




Doc. Ing. Miroslav Olehla, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.
Děkan

V Liberci dne 31. 10. 1997

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra aplikované kybernetiky

Obor: automatizované systémy řízení ve strojírenství

Zaměření: automatické řízení technologických procesů

NÁVRH A ODZKOUŠENÍ STAVU PRO TESTOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH SERVOPOHONŮ

DESIGN AND EXAMINATION THE STAND FOR TESTING ELECTRIC SEVODRIVES

Martin Lachman

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Skalla, CSc. KVS

Počet stran:..... 44

Počet příloh

a tabulek:..... 7

Počet obrázků:..... 16

Datum: 22. 5. 1998

ANOTACE

Řešitel: Martin Lachman

NÁVRH A ODZKOUŠENÍ STAVU PRO TESTOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH SERVOPOHONŮ

Diplomová práce obsahuje návrh zkušebního stavu pro testování elektrických servopohonů. Je zde vysvětleno a popsáno složení jednotlivých variant uspořádání zkušebního stavu, včetně výkresové dokumentace spojovacích součástí. Jsou zde též popsány způsoby měření rychlosti a polohy. V závěru diplomové práce jsou teoreticky popsány, naměřeny a zhodnoceny přechodové a frekvenční charakteristiky.

DESIGN AND EXAMINATION THE STAND FOR TESTING ELECTRIC SERVODRIVES

The graduation paper contains design of the stand for testing electric servodrives. Here is explained composition of various testing arrangements, including mechanical and electrical drawings. The paper also deals with basic measurements of speed and position. In the end graduation paper gives a theoretical description, measuring result and evaluating of transient and frequency characteristics.

Zpracovatel: TU v Liberci, KKY

Dokončeno: 1998

Archivní označ. právy:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci dne 22. 5. 1998

Martin Lachman

Martin Lachman

Poděkování:

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu diplomové práce
panu Doc. Ing. Janu Skalloví CSc. a panu Doc. Ing. Milanu Slavíkovi CSc.
za cenné rady, připomínky a náměty při vypracování mé diplomové práce.

V Liberci dne 22. 5. 1998

Martin Lachman

Martin Lachman

Obsah

1. Úvod

2. Teorie k zadanému problému

- 2.1. Obecný popis testovaných pohonů
- 2.2. Charakteristiky elektrických pohonů posuvů
- 2.3. Snímače otáček
 - 2.3.1. Stejnoseměrné tachogenerátory
- 2.4. Snímače polohy
 - 2.4.1. Fotoelektrické snímač polohy
 - 2.4.2. Rotační inkrementální čidla

3. Zpracování zadaného tématu

- 3.1. Návrh zkušebních stavů
- 3.2. Tranzistorový měnič
- 3.3. Provozní stavy servopohonu
- 3.4. Umístění zkušebního stavu na základní desce

4. Frekvenční a přechodové charakteristiky

- 4.1. Vnější popis systému
- 4.2. Frekvenční přenos a frekvenční charakteristika
- 4.3. Přechodová charakteristika
- 4.4. Naměřené charakteristiky
 - 4.4.1. Amplitudová frekvenční charakteristika
 - 4.4.2. Odezva soustavy na skok vstupního signálu

5. Závěr

6. Seznam použité literatury

7. Seznam příloh

Seznam použitých zkratk a symbolů

I_a	proud kotvy tachodynamy
$I_m F(j*\omega)$	imaginární část komplexního čísla
i_m	proud kotvou
k	statické zesílení soustavy
k_R	činitel úměrnosti
k_T, k'_T	konstrukční konstanty tachogenerátoru
R_a	odpor kotvy tachodynamy
$R_e F(j*\omega)$	reálná část komplexního čísla
U_d	výstupní napětí polohového regulátoru
U_i	indukované napětí zatíženého tachodynamy
U_m	napětí na kotvě motoru
U_r	výstupní napětí otáčkového regulátoru
U_{T0}	indukované napětí na prázdně
U_t	napětí tachodynamy
$\bar{x}$	vstupní harmonický signál
X_m	amplituda vstupního signálu
$\bar{y}$	výstupní harmonický signál
Y_m	amplituda výstupního signálu
ΔU	úbytek napětí v obvodu kotvy tachogenerátoru
ΔU_i	úbytek indukovaného napětí vlivem reakce kotvy
ΔU_K	úbytek napětí na kluzném kontaktu mezi kartáčem a komutátorem
φ	fázový posuv
φ_e	signál polohové odchylky
φ_m	úhlové natočení hřídele
φ_z	žádaná poloha
ω	úhlová frekvence
ω_m	rychlost otáčení motoru

1. Úvod

Cílem mé diplomové práce je navrhnout a odzkoušet stav pro testování elektrických servopohonů s využitím pohonů MICROTEK. Pohony mají být upevněny na úhelnících a na stavu se budou přesunovat dle požadavků měření. Na tomto stavu mají být změřeny frekvenční a přechodové charakteristiky pohonů. Řešení této práce jsem rozdělil do následujících kapitol:

2. Teorie k zadanému problému - na začátku této kapitoly je uveden obecný popis testovaných pohonů s blokovým schématem, kde jsou zakresleny a popsány jednotlivé veličiny. V další části jsou uvedeny statické a dynamické charakteristiky elektrických pohonů posuvů, jejich popis a stručné vysvětlení. V poslední části této kapitoly pak rozebírám způsob měření rychlosti a polohy. Zvláště je zde kladen důraz měření rychlosti pomocí tachodynamu a měření polohy pomocí inkrementálních čidel.

3. Návrh zkušebního stavu - v této kapitole je uveden návrh dvou zkušebních stavů. První je pro vymezení vůlí v převodech a druhý pro měření statických a dynamických charakteristik servopohonů. Tyto stavy byly navrženy tak, aby splňovaly všechny na ně kladené požadavky. Dále jsou zde popsány jednotlivé části zkušebního stavu.

4. Frekvenční a přechodové charakteristiky - na začátku této kapitoly jsou stručně vysvětleny pojmy frekvenční přenos, frekvenční charakteristika v komplexní rovině, amplitudová a fázová frekvenční charakteristika v logaritmických souřadnicích. Dále je zde uveden popis přechodových charakteristik. Na konci kapitoly jsou přiloženy naměřené průběhy frekvenční charakteristiky a odezva soustavy na různé úrovně skoku vstupního signálu.

2. Teorie k zadanému problému

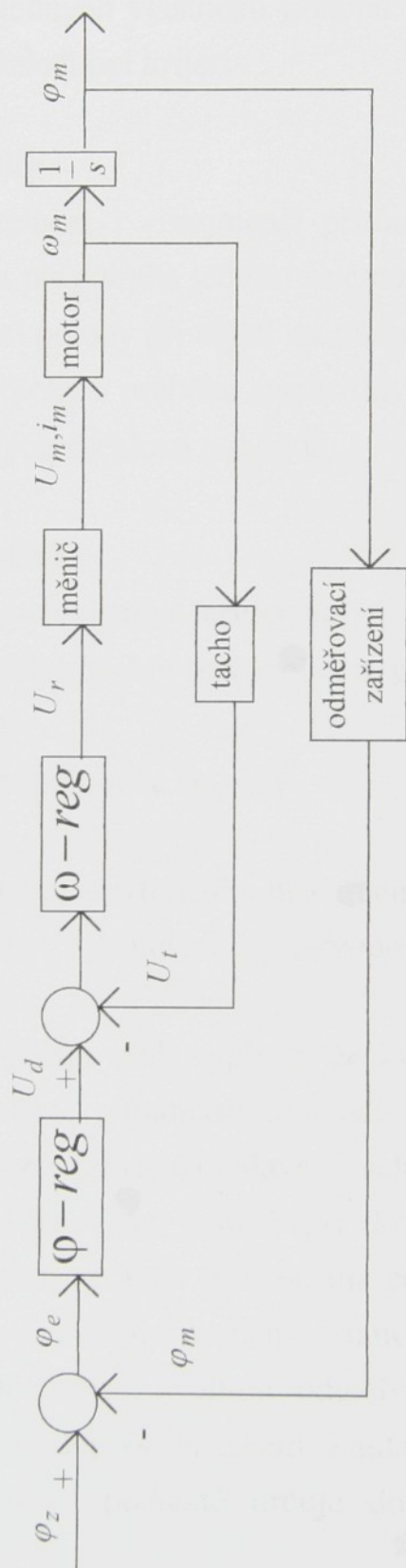
2.1. Obecný popis testovaných pohonů

Vývoj pohonů posuvů směřuje jednoznačně k používání tranzistorových měničů, díky nimž tranzistorové pohony řádově převyšují tyristorové pohony zejména v parametrech dynamické tuhosti, dosažitelného zesílení polohové smyčky a rovnoměrnosti pohybu při malých rychlostech.

Blokové schéma řízení polohového servopohonu na obr.1. je známé kaskádní uspořádání polohového a rychlostního regulátoru. Rychlostní regulátor (ω - reg), měnič, motor a tachodynamo tvoří rychlostní smyčku, která slouží k úpravě statických a dynamických vlastností pohonu. Rychlostní smyčce je nadřazena polohová smyčka. Diferenční člen (φ - reg) porovnává skutečnou polohu udávanou odměřovacím zařízením s žádanou polohou zadávanou řídicím systémem a na základě jejich rozdílu vytváří signál polohové odchylky

$$U_d = K_d * \varphi_e = K_d * (\varphi_z - \varphi_m) \quad (1)$$

Diferenční člen je většinou navržen jako P-regulátor a proto jej pokládáme za člen 1. řádu (zpoždění vznikající v číslicových obvodech řízení polohy zanedbáváme).



Obr.1. Blokové schéma řízení polohového servopohonu

2.2. Charakteristiky elektrických pohonů posuvů

Pro posouzení výsledných vlastností pohonů posuvů řízených v polohové smyčce jsou používána následující kritéria :

1) Statické charakteristiky

- citlivost (přistavitelnost) - nejmenší přírůstek polohy, který je pohon schopen realizovat při pohybu jedním směrem
- hystereze nastavení polohy při najetí na souřadnici ze dvou stran
- chyba nastavení polohy v průběhu celého zdvihu souřadnice
- rovnoměrnost malých rychlostí pohonu

2) Dynamické charakteristiky

- propustné pásmo rychlostního servopohonu
- přechodový děj polohového servopohonu při skokové změně vnějšího točivého momentu
- dosažitelné zesílení polohové smyčky

Mimo to se měří zatěžovací charakteristiky pro určení parametrů přenosu pohonu, přechodové charakteristiky rychlostního servopohonu a plynulost malých rychlostí v polohové vazbě.

Z řady měření různých pohonů však vyplývá, že kvalita vlastního servopohonu má na některé výše uvedené parametry jen malý vliv. Citlivost a hystereze nastavení polohy je totiž ovlivněna hlavně velikostí pasivních odporů v posuvovém mechanismu. Pohon sám o sobě (při zkouškách na zkušebním stavu, t.j. s volným hřídelem), je-li správně seřízen, má citlivost a hysterezi zpravidla lepší než 3 inkrementy (0,003 mm). Další statická charakteristika - chyba nastavení polohy je dána pouze kvalitou odměřování. Dále se ukazuje, že požadavek na přechodový děj (s obsahem kmitavých složek do 20%) při skokovém zadání rychlosti v podstatě určuje dosažitelné zesílení polohové

smyčky a lze jej s tímto parametrem sloučit. Můžeme tedy uzavřít, že chování a kvalitu vlastního pohonu z hlediska regulace plně určují :

- zatěžovací charakteristika
- rovnoměrnost malých rychlostí pohonu
- propustné pásmo
- dosažitelné zesílení polohové smyčky
- přechodový děj při skokové změně vnějšího točivého momentu

3) Zatěžovací charakteristiky

Udávají závislost otáčivého rychlosti pohonu na zatěžujícím točivém momentu. Zatěžovací charakteristiky se měří při zablokovaném regulátoru pohonu. Na vstup měniče zadáváme konstantní řídicí napětí U_r a pohonu je vnucována rychlost pomocí druhého zatěžujícího pohonu. Proud kotvou je snímán bočníkem. Z napětí tachodynamu určujeme rychlost pohonu. Povelový signál pro zatěžující pohon má pilový průběh a frekvenci 5 - 10 mHz.

4) Rovnoměrnost malých rychlostí (pohonu v rychlostní smyčce)

Udává v jistém smyslu dynamickou tuhost pohonu. Záznam rychlosti pohonu totiž zobrazuje odezvu pohonu na řadu poruch vznikajících převážně v motoru. Poruchy většinou souvisí s lamelovou frekvencí motoru a s magnetickými nesymetriemi. Tento parametr je velmi citlivý na změnu dynamické tuhosti. Nevýhodou je , že charakter a velikost poruch jsou závislé na provedení motoru a tedy hodnota nerovnoměrnosti otáčení se může lišit i pro dva motory téhož typu. Měření rovnoměrnosti chodu však je velmi snadné a představuje nejjednodušší metodu zjištění kvality pohonu.

Vlastní měření se provádí tak, že rychlostnímu pohonu zadáváme povelové napětí odpovídající požadované rychlosti a zapisovačem zaznamenáváme průběh napětí zpětnovazebního tachodynamu. Vyhodnocuje se nerovnoměrnost chodu, převzato z literatury [2] Výzkumné zprávy VÚOSO

$$\delta = \frac{\omega_{\Delta+} - \omega_{\Delta-}}{\omega_{\text{stř}}} \quad (2)$$

V praxi se používá vzorec:

$$\delta = 2 \frac{n_{\Delta+} - n_{\Delta-}}{n_{\Delta+} + n_{\Delta-}} \quad (3)$$

kde $n_{\Delta+}$ resp. $n_{\Delta-}$, je maximální resp. minimální okamžitá hodnota rychlosti pohonu při dané střední rychlosti.

Zpravidla se požaduje, aby bylo $\delta \leq 0,1$. Rychlost pohonu, při které je $\delta = 0,1$ se považuje za minimální rychlost pohonu a regulační rozsah pohonu v rychlostní smyčce se udává obvykle

$$A = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}(\delta = 0,1)} \quad (4)$$

5) Propustné pásmo rychlostního servopohonu

Definujeme ho jako největší frekvenci sinusového vstupního signálu, při které amplituda výstupního signálu (napětí tachodynamy) nepoklesne více než o 3dB (t.j. na 70,8% amplitudy při nízkých frekvencích) a při které fázový posuv výstupního signálu vůči vstupnímu nepřekročí 90 stupňů. Propustné pásmo se zjišťuje měřením frekvenční charakteristiky pohonu. Je třeba zdůraznit, že výsledky měření silně závisí na dynamických vlastnostech zkušebního stavu. Je-li totiž vlastní frekvence setrvačné zátěže na pružině spojky srovnatelná s vlastní frekvencí rychlostního servopohonu, nelze motor a zátěž považovat za jedinou setrvačnou hmotu, ale za dvouhmotový systém. Natačením zátěže vůči motoru ($\varphi_m - \varphi_z$) vzniká točivý moment úměrný tuhosti K_z a koeficientu viskozního tlumení β_z spojky,

$$M_z = K_z (\varphi_m - \varphi_z) + \beta_z (\omega_m - \omega_z) \quad (5)$$

který působí na motor a působí tzv. zpětné ovlivnění motoru zátěží. Následkem zpětného ovlivnění poklesne vlastní frekvence motoru a vzroste vlastní frekvence zátěže. Proto je třeba pro měření frekvenčních charakteristik používat svěrné spojení setrvačné hmoty s hřídelí motoru. Zajištění perem v žádném případě nestačí.

6) Dosažitelné zesílení polohové smyčky

Ověřujeme měřením přechodových dějů polohové odchylky při skokové změně zadané rychlosti. Dosažitelné zesílení polohové smyčky je největší zesílení, při kterém obsah kmitavých složek nepřevyší 20% ustálené hodnoty a při kterém nedochází k překmitu při zastavení. Posuzování obsahu kmitavých složek přechodového děje se provádí odhadem a je tedy do jisté míry subjektivní. Proto také dosažitelné zesílení udáváme jako rozpětí (např. $K_v = 20$ až 30 [1/s]).

2.3. Snímače otáček

Pro tento účel jsou využívány speciální elektrické stroje malého výkonu, nazývané tachogenerátory. U těchto snímačů bývá požadována přímá úměrnost mezi výstupním napětím (indukovaným ve vinutí kotvy) a vstupní úhlovou rychlostí nebo otáčkami, tedy :

$$U_{T0} = k_T * \omega = k_T * \frac{d\varphi_m}{dt} \text{ nebo } U_{T0} = k'_T * n \quad (6)$$

Rovnice (6) je rovnicí statické charakteristiky tachogenerátoru ve stavu naprázdno. Tachogenerátor je možno použít jako :

- snímač signálu úhlové rychlosti otáčení hřídele
- snímače signálu derivace úhlového natočení hřídele

Ve skutečných podmínkách nepracuje tachogenerátor nikdy naprázdno. Zatěžovací proud způsobí úbytek napětí na vnitřním odporu (nebo impedanci) vinutí a dále snížení indukovaného napětí vlivem reakce kotvy, tedy :

$$U_T = U_{T0} - \Delta U_i - \Delta U \quad (7)$$

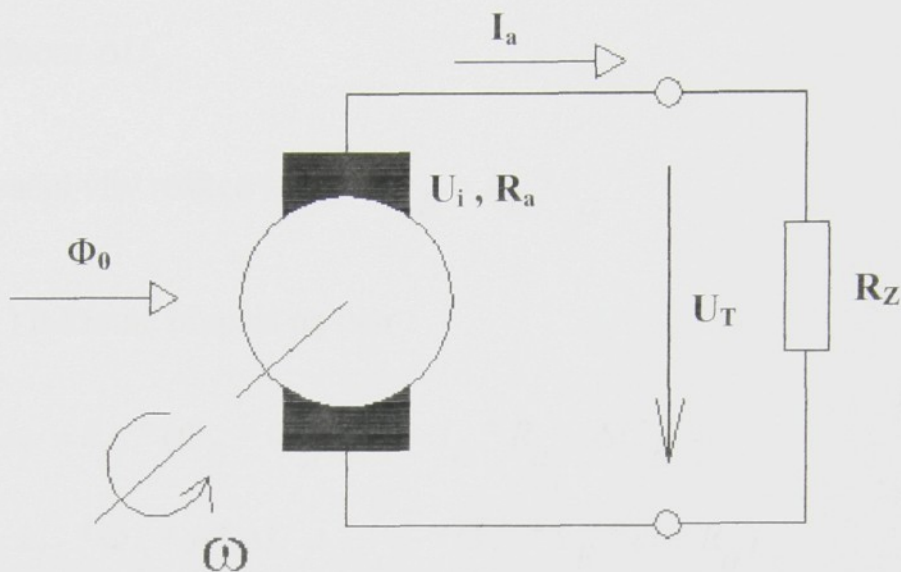
Průběh převodní charakteristiky může být též ovlivněn změnami teploty tachogenerátoru. U tachogenerátorů které mají vinutí kotvy na rotoru, je třeba uvažovat vliv kluzných kontaktů, t. j. jejich přechodový odpor a vznik šumu výstupního napětí, který se projevuje jako rušivý signál. Střídavé tachogenerátory mají kromě výše uvažované chyby amplitudové i chybu fázovou, což je změna fáze výstupního napětí při změnách režimu práce tachogenerátoru.

2.3.1. STEJNOSMĚRNÉ TACHOGENERÁTORY (TACHODYNAMA)

Jsou to stejnosměrné generátory malého výkonu, které se používají tam, kde je nezbytné získání stejnosměrného napětí, nebo kde je nutno vyloučit fázovou chybu. Protože jsou tachogenerátory měřicím prvkem, je požadována vysoká přesnost a linearita převodní charakteristiky $U_T = f(\omega)$. Z tohoto důvodu se používají tachodynamy s cizím buzením, které bývá v praxi realizováno dvěma způsoby, přičemž obě provedení jsou prakticky rovnocenná:

- elektromagnetické (budícím vinutím)
- permanentními magnety

Při rozboru vlastností tachodynamu vyjdeme z obr.2 :



Obr.2. Principiální schéma tachodynamu

Z rovnice (7) plyne, že převodní charakteristika zatíženého tachodynamu bude určena vztahem :

$$U_T = U_i - I_a * R_a - \Delta U_K \quad (8)$$

$U_i = U_{T0} - \Delta U_i$ indukované napětí zatíženého tachodynamu

a komutátorem (9)

$U_{T0} = k_U * \Phi_o * \omega$ úbytek indukovaného napětí , způsobený vlivem

reakce kotvy (10)

Úbytek napětí na kluzném kontaktu ΔU_K při malých zatěžovacích proudech roste se zvětšováním proudu, ale při překročení určité velikosti proudu zůstává konstantní. V důsledku toho existuje kolem počátku statické charakteristiky pásmo necitlivosti.

Reakce kotvy zeslabuje budící tok Φ_0 a způsobuje snížení indukovaného napětí o hodnotu ΔU_i .

$$\text{Demagnetizační vliv reakce kotvy : } \Phi_R = k_R * I_a \quad (11)$$

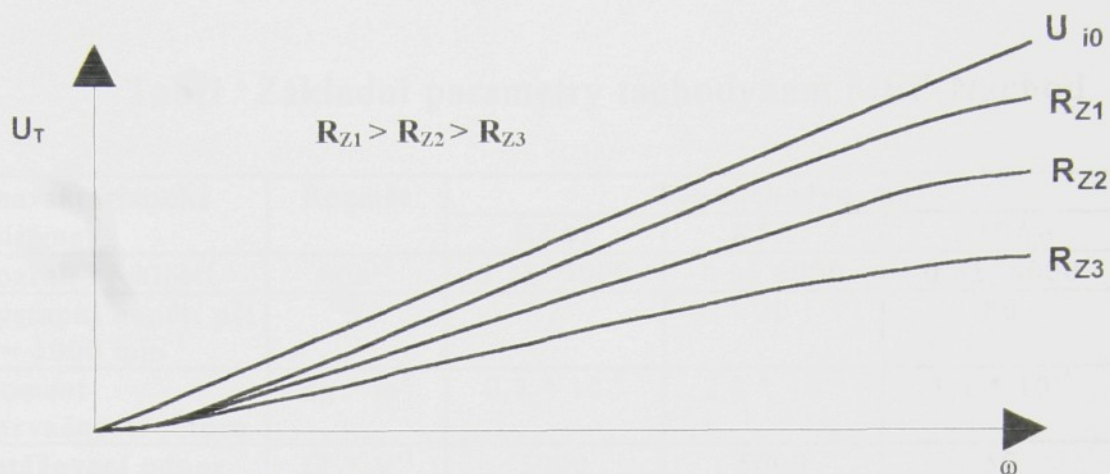
Rovnici (8) můžeme přepsat na tvar :

$$\begin{aligned} U_T &= k_U * (\Phi_0 - \Phi_R) * \omega - I_a * R_a - \Delta U_K = \\ &= k_U * \Phi_0 * \omega * \Delta U_K - \frac{U_T}{R_Z} * (k_U * k_R * \omega + R_a) \end{aligned} \quad (12)$$

z literatury [3] Singule, V. Nosek, J.: Elektrické měření neelektrických veličin. Skripta VUT, Brno 1998 :

$$U_T = \frac{k_U * \Phi_0 * \omega - \Delta U_K}{1 + \frac{k_U * k_R * \omega + R_a}{R_Z}} \quad (13)$$

Z rovnice (13) je patrné , že statická charakteristika tachodynamy je nelineární i při konstantní hodnotě úbytku ΔU_K . Průběh statické charakteristiky tachodynamy pro různé hodnoty odporu R_Z je uveden na obr.3.



Obr.3. Statická charakteristika tachodynamu

Při zanedbání ΔU_K , lze definovat poměrnou chybu převodní charakteristiky:

$$\Delta U_T = \frac{U_{i0} - U_T}{U_{i0}} = \frac{1}{1 + \frac{R_Z}{k_U * k_R * \omega + R_a}} \quad (14)$$

Ze vzorce plyne, že ΔU_T klesá s rostoucím R_Z a roste s ω . Proto se předepisuje velká hodnota R_Z a rozsah povolených otáček je omezen. Na celkové chybě tachogenerátoru se ještě podílí také zvlnění výstupního napětí a nesymetrie výstupního napětí při změně směru otáčení. Pro omezení těchto vlivů se dělají konstrukční úpravy tachodynam. U běžných typů tachodynam je třeba počítat s celkovou chybou statické charakteristiky $0,5 \div 1,0\%$.

Tab.1. Základní parametry tachodynam MEZ Náchod

Charakteristická veličina	Rozměr	Typ tachodynamy		
		K4A2	K5A7	K10A6
Rozsah rychlosti	min^{-1}	0 až 5000	0 až 6000	0 až 6000
Výstupní napětí při $n = 1000 \text{ min}^{-1}$	V	2	20	80
Moment setrvačnosti rotoru	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Zatěžovací odpor na 1V výstupního napětí	$\Omega \cdot \text{V}^{-1}$	5000	5000	50
Příkon nezatíženého dynamu při $n=10^3 \text{ min}^{-1}$	W	0,4	0,33	0,5
Hmotnost	Kg	0,15	0,60	1,80

Jako snímače veličin otáčivého pohybu se dále používají např. :

- Asynchronní tachogenerátory
- Synchronní tachogenerátory
- Stroboskopy
- Optoelektrické snímače

2.4.SNÍMAČE POLOHY

Rozdělení odměřovacích čidel polohy podle různých hledisek:

1. Podle charakteru měřené veličiny:

- rotační
- posuvné

2. Podle místa odměřování:

- přímé umístěno přímo na hřídeli motoru
- nepřímé umístěno na pohybové ose za převodovkou

3. Podle charakteru měřené hodnoty:

- absolutní jednoznačně každé poloze v celém rozsahu je přiřazen signál
- cyklicky absolutní čidlo je absolutní v rozsahu určitého intervalu, navíc se musí sčítat počet intervalů
- inkrementální dráha se odměřuje sčítáním elementárních přírůstků , každému přírůstku odpovídá impuls určitého znaménka podle smyslu pohybu

4. Podle fyzikálního principu:

- odporové snímání snímání pomocí potenciometrů
- induktivní princip především resolvery a indukotosyny
- fotoelektrický princip nejčastěji jsou v současné době užívány inkrementální optická čidla polohy i absolutní fotoelektrická čidla

2.4.1. Fotoelektrický snímač polohy

a) Fotoelektrická čidla s absolutním odměřováním polohy

U absolutních čidel se užívá většinou binárního nebo Grayova kódu, přičemž počet stop je závislý na měřené délce. Každá stopa má samostatné snímání, ale zpracování výstupního signálu z jednotlivých fotoelektrických čidel je společné.

Nevýhodou klasického binárně kódovaného měřítka je změna většího počtu řádů při přechodu z čísla na číslo, kde i nepatrná chyba v rozmístění čidel může vést k chybě čtení. Tento nedostatek bývá odstraňován např. :

- vhodným kódem
- vhodnou logikou čtení

Vhodným kódem je často užívaný bezpečnostní cyklický kód (Grayův), kde posunutím políček je dosaženo bezpečnostního efektu tím, že při přechodu na sousední hodnotu se mění vlastnost políček vždy jen v jedné stopě.

b) Fotoelektrická čidla s inkrementálním odměřováním polohy

Dělení inkrementálních čidel :

- lineární inkrementální čidla
- rotační inkrementální čidla

Jejich základní částí je měřítko nebo kotouč opatřený světlými a tmavými proužky v pravidelných roztečích $\Delta s = \lambda$ (tzv. jednotkový krok), přičemž každá poloha je dána určitým počtem jednotkových kroků (dráhových přírůstků) z polohy předcházející. Proto se tento způsob odměřování nazývá přírůstkový (inkrementální). Přiměření polohy ukazuje čítač hodnotu vztaženou zvolenému počátku, takže při pohybu v jednom směru jsou impulsy čítačem přičítány, v opačném odečítány.

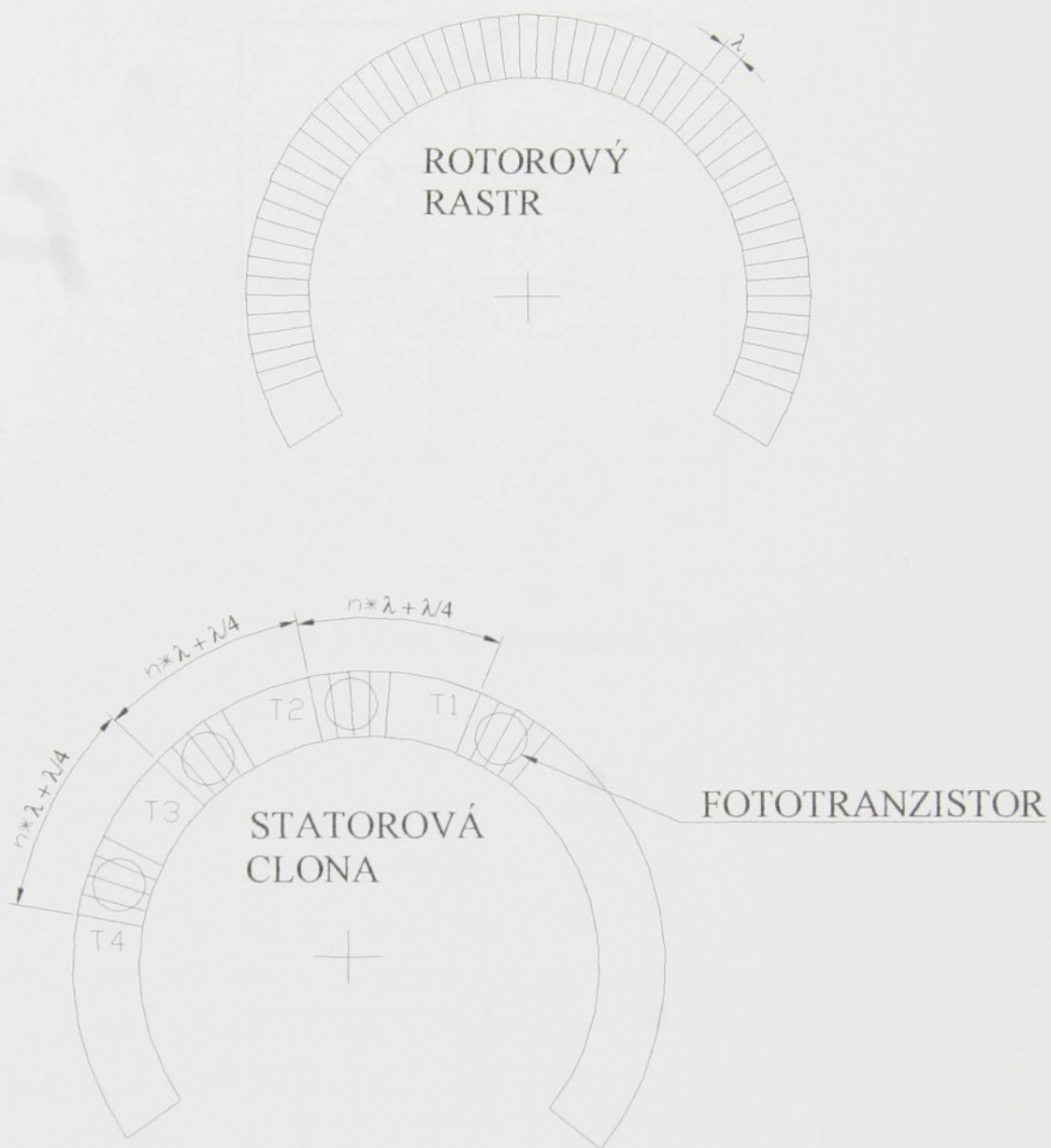
2.4.2. Rotační inkrementální čidla

Rotorový rastr má až 5000 rysek na otáčku, podle provedení a požadované přesnosti, s poměrem průhledné a neprůhledné části 1:1. Statorová clona má 4 segmenty, se stejným dělením jako rotor, posunuté vzájemně o $1/4$ rozteče λ , které propouštějí světlo na fototranzistory $T_1 \div T_4$. Segmenty statoru příslušející fototranzistorům T_1 a T_3 jsou vzájemně natočeny o $\frac{\pi}{2}$ takže při pootočení hřídele se T_1 otevírá a současně T_3 zavírá, tím je dosaženo strmé změny proudu přivedeného na bázi zesilovacího tranzistoru. Totéž se o $1/4$ rozteče později děje s fototranzistory T_2 a T_4 .

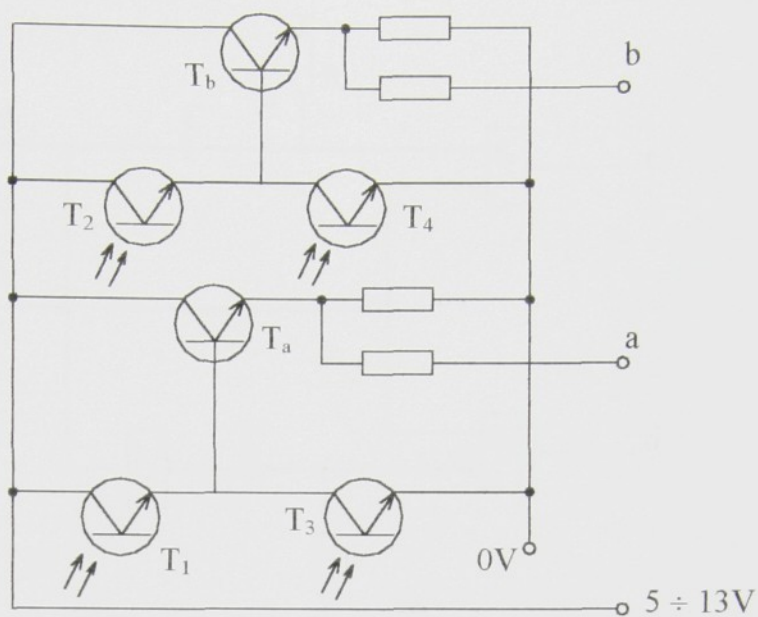
Posunutí výstupů a, b $1/4$ základní rozteče umožňuje rozlišit směr pohybu. Pro snadné vyhodnocování pomocí logického obvodu, který je uveden na obr.7., je nutné vytvořit inverzní signál $\bar{a}$. Vlastní logický obvod se skládá z jednoho negačního členu a dvou logických součinů, které reagují jen na kladný signál. Signály $a, \bar{a}$ jsou před vstupem do logických součinů derivovány RC obvodem. Na výstupy c a d mohou pronikat jen náběžné hrany signálů $a, \bar{a}$.

Při kladném smyslu pohybu se objeví impulsy pouze na výstupu c, při opačném smyslu pohybu pouze na výstupu d.

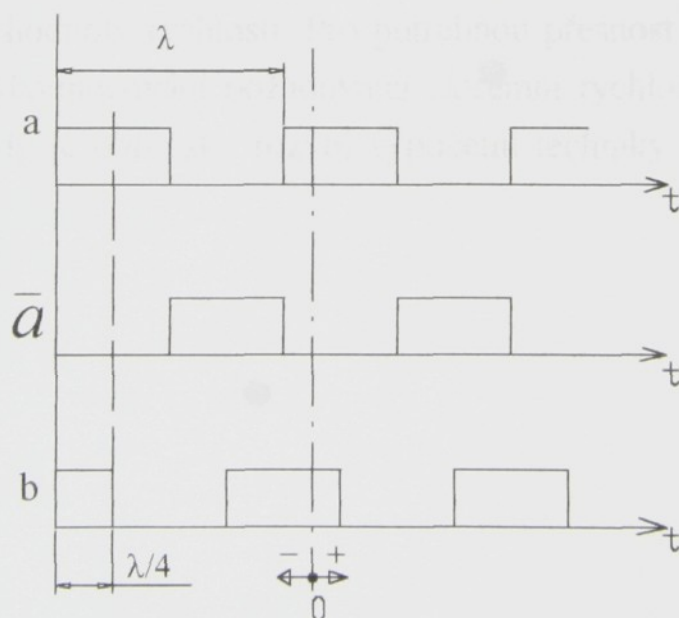
Níže jsou uvedeny obrázky 4, 5, 6, 7, které názorně vysvětlují popisovanou problematiku a její realizaci.



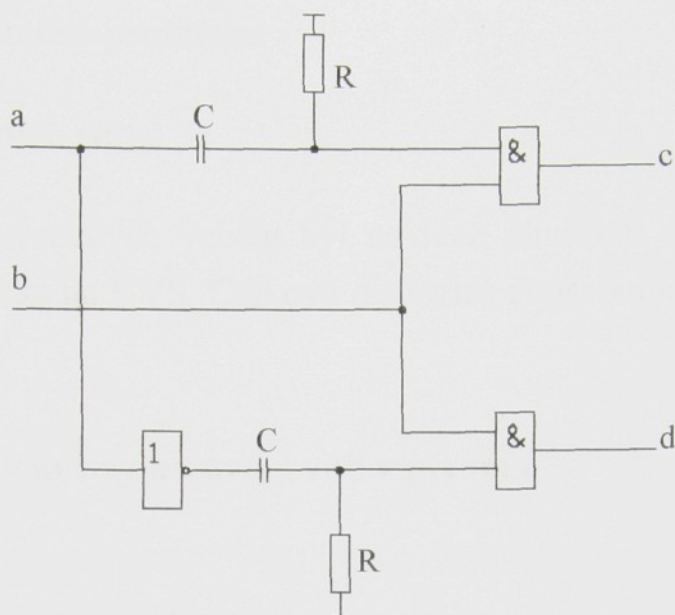
Obr.4. Konstrukční uspořádání čidla



Obr.5. Zapojení snímacích tranzistorů



Obr.6. Tvar výstupních signálů z tranzistorového zesilovače



Obr.7. Logický obvod pro vyhodnocení směru pohybu

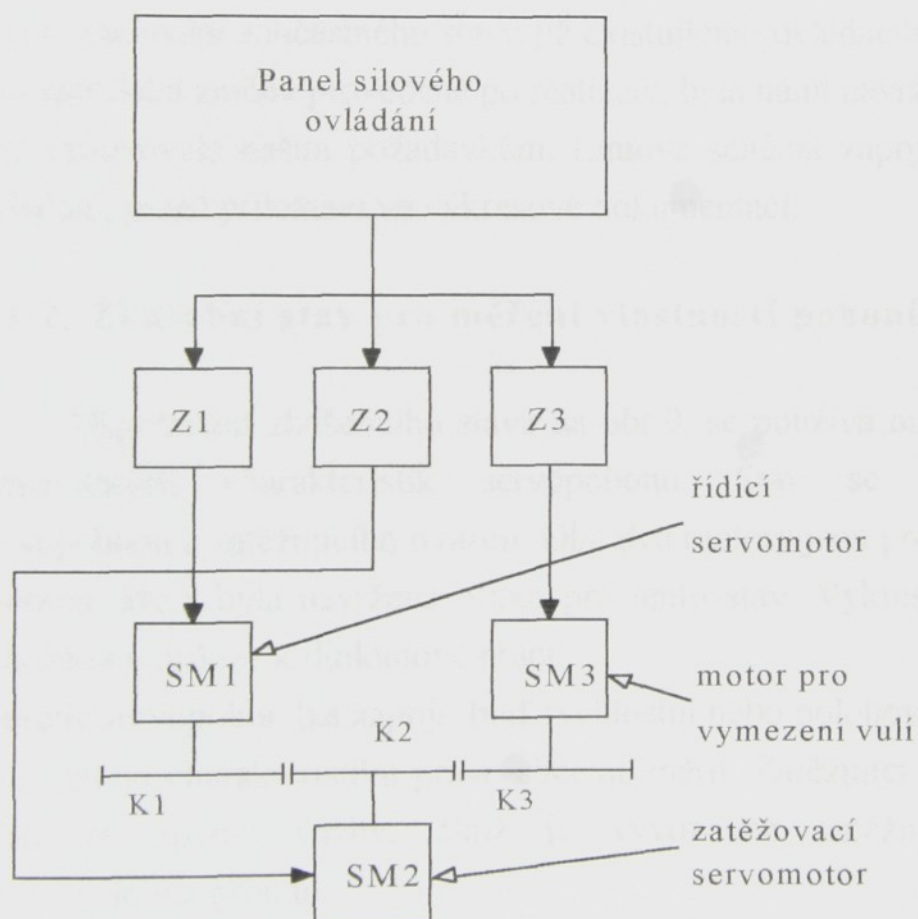
Závěrem k této části bych chtěl podotknout, že nejmoderněji se pro snímání rychlosti užívá zprostředkované informace od optického inkrementálního snímače polohy s ultrajemným dělením (až 8024 rysek na 1 otáčku), které běžně dosahují až $32 \cdot 10^6$ impulsů na otáčku. Tyto informace jsou zpracovávány přes derivační člen na hodnoty rychlostí. Pro potřebnou přesnost informací je přitom tímto způsobu vyhodnocování požadována extrémní rychlost řídicího počítače. V dnešní době, kdy je obrovský rozvoj výpočetní techniky, to již není zase až takový problém.

3. Zpracování zadaného problému

3.1. Návrh zkušebních stavů

Pro měření uvedených veličin byl navržen zkušební stav, který využívá zařízení nacházející se na KVS. Celková dispozice zkušebního stavu je na obr.8. a 9.

3.1.1 Zkušební stav pro vymezování vůlí v převodu



Obr.8. Uspořádání zkušebního stavu pro zkoušení pohonů s vůlí

Zkušební stav na obr.8 se skládá z panelu silového ovládání, tranzistorových měničů Z_1 , Z_2 , Z_3 , řídicího servomotoru SM1, zatěžovacího servomotoru SM2 a servomotoru pro vymezení vůle SM3. Na obrázku je naznačena základní myšlenka vlastního vymezení: servomotor SM1 pohání ozubené kolo K1, které následně pohání ozubené kolo K2, tedy zátěž. Servomotor SM3 vytváří předpínací moment, který slouží k vymezení vůle.

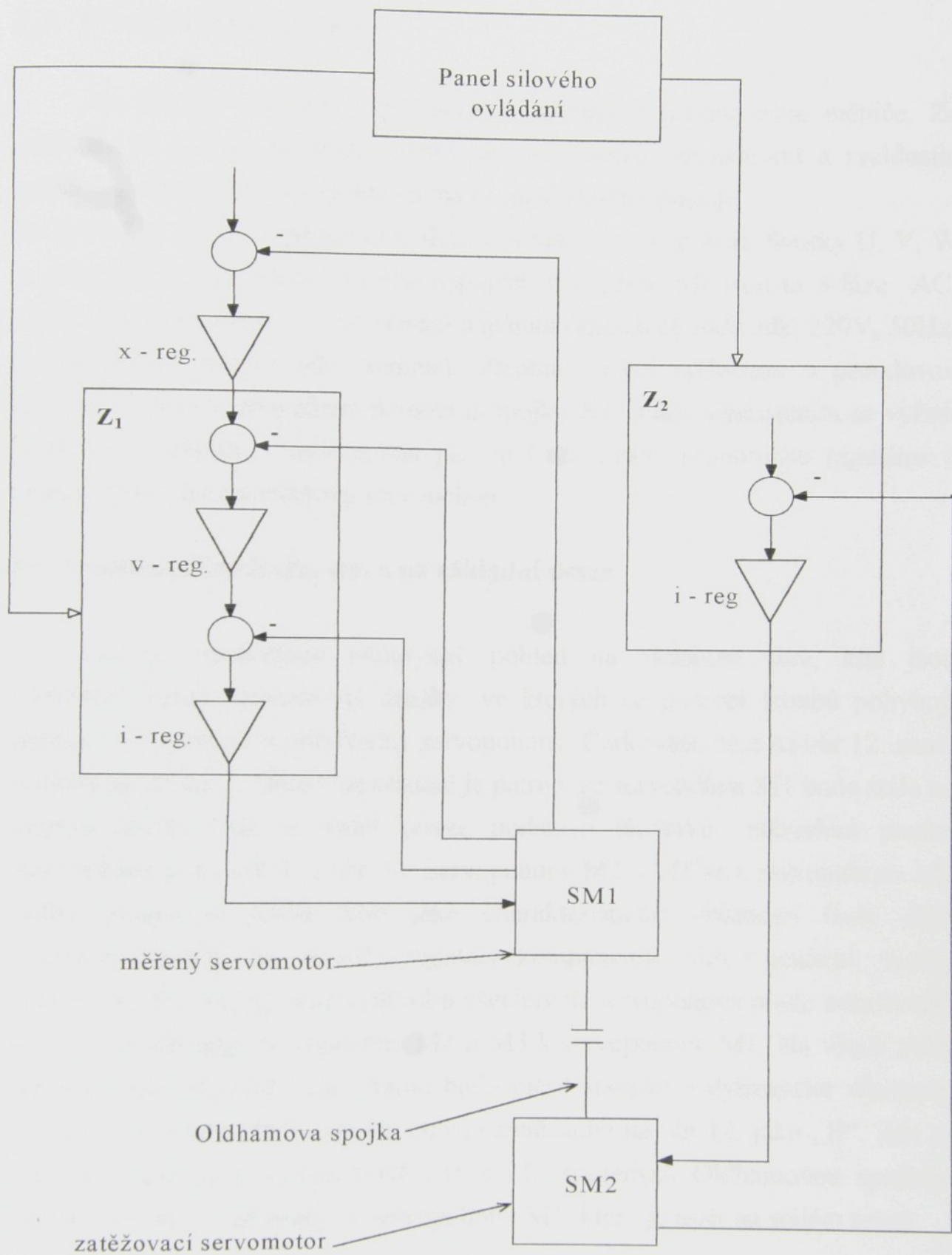
Na výstupním kuželovém hřídeli servomotoru je osazena příruba, na kterou je přišroubováno ozubené kolo pomocí 6 šroubů, všechna 3 ozubená kola jsou stejná. Výkresy, příruby i ozubeného kola, jsou přiloženy v dokumentaci.

Panel silového ovládání byl navržen vzhledem k dostupnosti součástek na KVS a s přihlédnutím k tomu, že již podobný panel byl na KVS v minulosti realizován. Po prostudování současného stavu již existujícího ovládacího panelu doplněného o konstrukční změny provedené po realizaci, byla námi navržena úprava zapojení, aby vyhovovala našim požadavkům. Liniové schéma zapojení, panelu silového ovládání, je též přiloženo ve výkresové dokumentaci.

3.1.2. Zkušební stav pro měření vlastností pohonů

Uspořádání zkušebního stavu na obr.9. se používá na měření statických a dynamických charakteristik servopohonu. Stav se skládá z měřeného servopohonu a zatěžujícího motoru. Oba dva motory jsou propojeny Oldhamovou spojkou, která byla navržena přímo pro tento stav. Výkresová dokumentace je přiložena v příloze k diplomové práci.

Měřený servopohon lze zapojit buď rychlostní nebo polohové zpětné vazbě podle toho, jakou charakteristiku právě chceme měřit. Zatěžující motor je zapojen do proudové zpětné vazby, čímž je vyvozován zátěžný moment úměrný přicházejícímu proudu.



Obr.9. Uspořádání zkušebního stavu pro měření vlastností pohonu

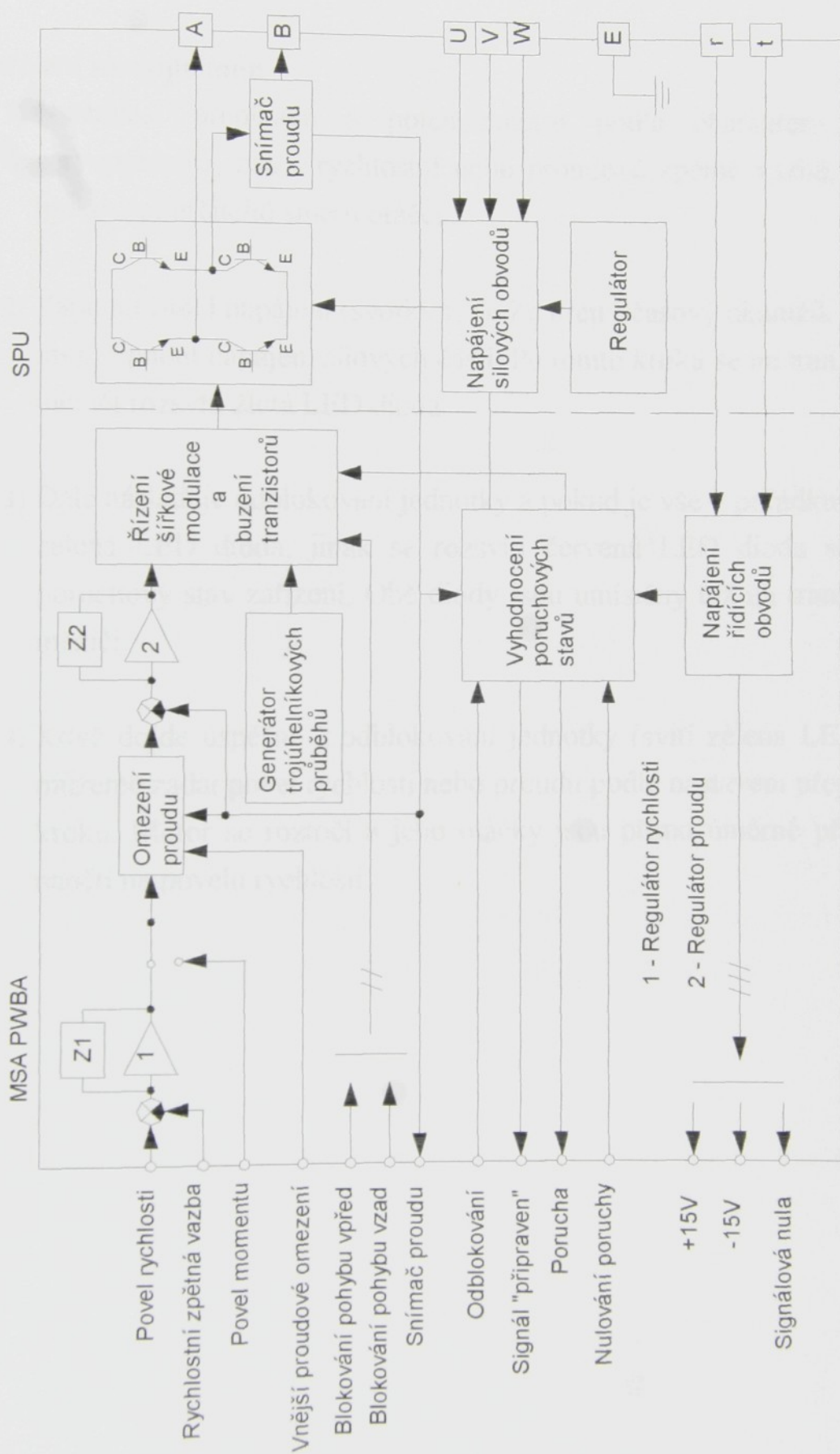
3.2. Tranzistorový měnič

Na obr.10. je znázorněno blokové schéma tranzistorového měniče. Ze schématu je patrné, že tranzistorový měnič obsahuje proudovou a rychlostní zpětnou vazbu. Polohová zpětná vazba se musí externě připojit.

Na svorky A , B se připojuje přes tlumivku vlastní servopohon. Svorky U, V, W se používají na přivedení silového napájení, konkrétně zde jsou to 3-fáze AC, 110V, 50Hz. Na svorky r, t se přivádí napájení řídicích obvodů zde: 220V, 50Hz. Svorka E se používá jako zemnicí. Přepínání mezi rychlostní a proudovou zpětnou vazbou je provedeno pomocí propojky X2, jejím přemístěním se vyřadí rychlostní regulátor a servopohon pak je řízen pouze proudovým regulátor a funguje tedy jako momentový servopohon.

3.4. Umístění zkušebního stavu na základní desce

Obr.12. znázorňuje půdorysný pohled na zkušební stav, kde jsou v základní desce vyfrézovány drážky, ve kterých se pomocí šroubů pohybují úhelníky, na nichž jsou připevněny servopohony. Čárkovaná čára na obr.12. značí půdorys úhelníku. Z tohoto uspořádání je patrné, že servopohon M1 bude stále na stejném místě, (zde je vidět pouze podstava úhelníku, zakreslení pozice servopohonu je na obr.8. a obr.9.). Servopohony M2 a M3 se k servopohonu M1 budou přisunovat podle toho jaké charakteristické vlastnosti budu chtít momentálně měřit. Pro zkoušky regulace kompenzující vůli v ozubení, využiji sestavu označenou „A“, kde využívám všechny tři servopohony podle rozestavení na obr.8. a přisunuji servopohony M2 a M3 k servopohonu M1. Na všech třech jsou nasazena ozubená kola. Pokud budu měřit statické a dynamické vlastnosti servopohonů podle obr.9., využiji stavu označeného na obr.12. jako „B“. Zde se využívá pouze dvou servopohonů M1 a M2 spojených Oldhamovou spojkou. Servopohon M2 se přisunuje k servopohonu M1, který je opět na stálém místě.



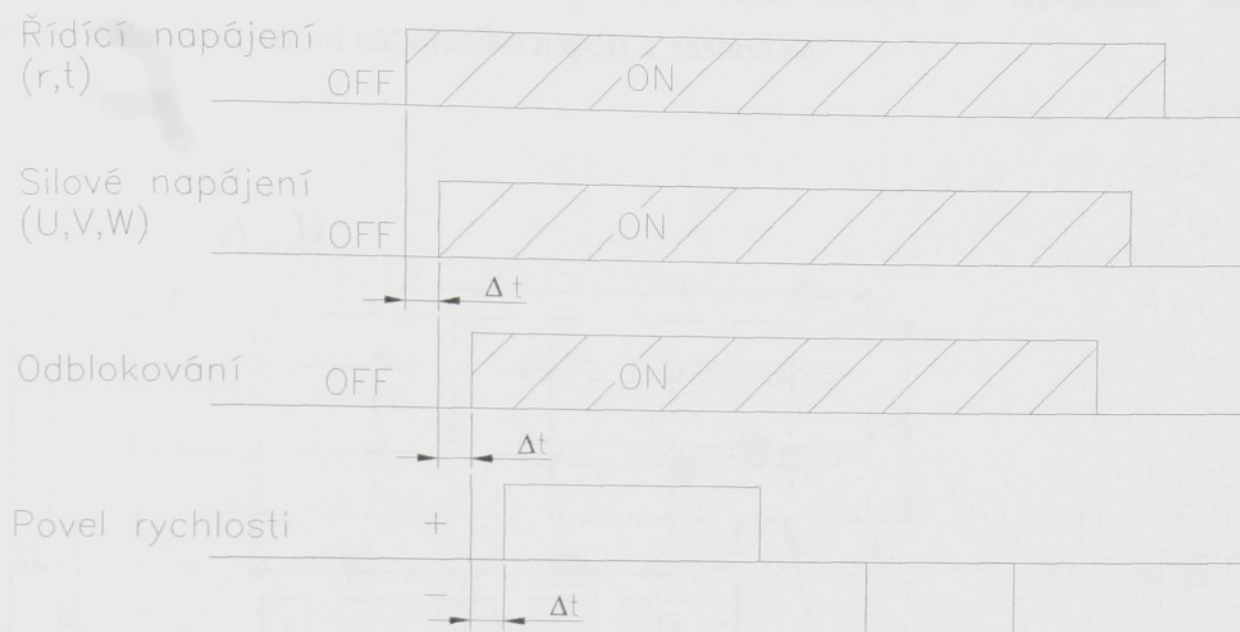
Obr.10. Blokové schéma tranzistorového měniče MSAMP - 10

3.3. Provozní stavy servopohonu

a) Seřízení servopohonu

- 1) Nastavení přepínačů a potenciometrů podle charakteru používání servopohonu, zda v rychlostní nebo proudové zpětné vazbě, popřípadě blokování určitého směru otáčení.
- 2) Zapnout řídicí napájení (svorky r, t). Za určitý časový okamžik Δt (řádově ms), sepnout napájení silových částí. Po tomto kroku se na tranzistorovém měniči rozsvítí žlutá LED dioda.
- 3) Dále následuje odblokování jednotky a pokud je vše v pořádku rozsvítí se zelená LED dioda, jinak se rozsvítí červená LED dioda signalizující poruchový stav zařízení. Obě diody jsou umístěny též na tranzistorovém měniči.
- 4) Když dojde úspěšně k odblokování jednotky (svítí zelená LED dioda), můžeme zadat povel rychlosti nebo proudu podle nastavení přepínačů v 1. kroku. Motor se roztočí a jeho otáčky jsou přímo úměrné přivedenému napětí na povelu rychlosti.

Průběhy jednotlivých veličin jsou znázorněny v časovém diagramu na obr.11.



Obr.11. Časový diagram spouštění servopohonu

b) Zastavení servopohonu

Když chceme zastavit servopohon bez polohové zpětné vazby, může se stát, že motor se stále nepatrně otáčí, ačkoliv povel rychlosti je nastavený na 0V (čemuž odpovídá nulová rychlost). To je způsobeno rozvážením regulátoru (driftem) v řídicím obvodu servopohonu. Nulové otáčky servomotoru mohou být dosaženy následovně:

1) Kompenzace driftu otáček na nulu

U odblokované jednotky se přeruší povel rychlosti a kompenzovat zbytkové otáčky pomocí potenciometru RV3 na tranzistorovém usměrňovači dokud se motor úplně nezastaví.

2) Zablokování jednotky

Zablokování se provede rozpojením kontaktů na ovládacím panelu a tím bude blokováno řízení koncových tranzistorů. Motor je následkem toho v podstatě odpojen od napájecího napětí a zastaví se.

Obr.12. Umístění drážek pro upevnění motorů

4. Frekvenční a přechodové charakteristiky

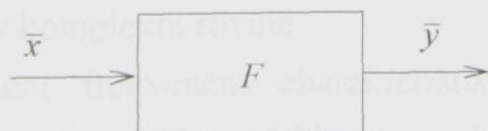
4.1. Vnější popis systému

Vyjadřuje dynamické vlastnosti relací mezi vstupem a výstupem systému. Při vnějším popisu systému považujeme systém za „černou skříňku“ se vstupem a výstupem. Nevíme, co se děje uvnitř, nemusíme znát strukturu systému. Analyzujeme pouze reakci systému na vstupní signály.

4.2. Frekvenční přenos a frekvenční charakteristika

Abychom mohly zjistit popis dynamických veličin frekvenčním přenosem nebo frekvenční charakteristikou musíme jako vstupní signál zajistit harmonický průběh.

Frekvenční přenos - je poměr výstupní veličiny ke vstupní, za předpokladu, že obě jsou harmonické funkce času, v ustáleném stavu po odeznění přechodového děje a jsou symbolicky vyjádřeny fázory.



Vstupní harmonický signál: $\bar{x} = X_m * e^{j \cdot \omega \cdot t}$ (15)

Výstupní harmonický signál: $\bar{y} = Y_m * e^{(j \cdot \omega \cdot t + \varphi)}$ (16)

Frekvenční přenos: $\bar{F} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{Y_m * e^{(j \cdot \omega \cdot t + \varphi)}}{X_m * e^{j \cdot \omega \cdot t}} = \frac{Y_m}{X_m} * e^{j \cdot \varphi}$ (17)

$$\frac{Y_m}{X_m} = A(\omega) \dots \text{amplituda frekvenčního přenosu, nazývá se modulem} \quad (18)$$

Fázový posuv φ vyjadřuje o jakou hodnotu se předbíhá nebo zpožďuje signál výstupu k signálu vstupu.

Zápis frekvenčního přenosu pomocí časových konstant a pomocí polynomů :

$$F(j \cdot \omega) = k * \frac{(1 + j \cdot \omega \cdot \tau_1) \cdot (1 + j \cdot \omega \cdot \tau_2) \cdot \dots \cdot (1 + j \cdot \omega \cdot \tau_m)}{(1 + j \cdot \omega \cdot T_1) \cdot (1 + j \cdot \omega \cdot T_2) \cdot \dots \cdot (1 + j \cdot \omega \cdot T_n)} =$$

$$= \frac{b_m (j \cdot \omega)^m + \dots + b_1 (j \cdot \omega) + b_0}{a_n (j \cdot \omega)^n + \dots + a_1 (j \cdot \omega) + a_0} \quad (19)$$

Nutná fyzikální podmínka $m \leq n$

1) Frekvenční charakteristika v komplexní rovině

Frekvenční charakteristika systému je grafické zobrazení frekvenčního přenosu, je to geometrické místo koncových bodů vektoru $F(j \cdot \omega)$ pro $\omega \in \langle 0, \infty \rangle$, zakreslené v komplexní rovině.

Pro sestavení frekvenční charakteristiky v komplexní rovině si upravíme frekvenční přenos (19) na složkový tvar komplexního čísla:

$$F(j \cdot \omega) = R_e F(j \cdot \omega) + j I_m F(j \cdot \omega) \quad (20)$$

Frekvenční charakteristika je graf frekvenčního přenosu $F(j \cdot \omega)$ pro parametr ω měnící se od nuly do nekonečna. Na osu x se vynáší reálná část komplexního čísla a na osu y se vynáší imaginární část komplexního čísla. Ze

vzorce (21) plyne, že reálná i imaginární část frekvenčního přenosu jsou funkcí parametru ω .

2) Frekvenční charakteristika v logaritmických souřadnicích

Místo zobrazení frekvenčního přenosu charakteristikou v komplexní rovině se používá samostatné zobrazení amplitudy $A(\omega)$ a fáze $\varphi(\omega)$ na frekvenci. Tyto křivky se nazývají amplitudovou a fázovou charakteristikou. Pro zobrazení se používají logaritmické souřadnice pro ω a pro $A(\omega)$, lineární souřadnice pro $\varphi(\omega)$. Na osu pořadnic amplitudové charakteristiky se vynášejí absolutní hodnota frekvenčního přenosu v decibelech.

$$/F(j \cdot \omega)/_{dB} = 20 * \log /F(j \cdot \omega)/ \quad (21)$$

$$\varphi(\omega) = \arg F(j \cdot \omega) \quad (22)$$

Zavedením logaritmických frekvenčních charakteristik dochází ke zjednodušení výpočtů charakteristik složených systémů a v jejich jednoduchém sestavování. Násobením přenosů při sériovém zapojení systémů se totiž v logaritmických charakteristikách zjednoduší na sečtení charakteristik.

Ukázka násobení přenosů $F_1(j \cdot \omega)$ a $F_2(j \cdot \omega)$:

$$\begin{aligned} F(j \cdot \omega) &= F_1(j \cdot \omega) * F_2(j \cdot \omega) = /F_1(j \cdot \omega)/ * e^{j \cdot \varphi_1(\omega)} * /F_2(j \cdot \omega)/ * e^{j \cdot \varphi_2(\omega)} = \\ &= /F_1(j \cdot \omega)/ * /F_2(j \cdot \omega)/ * e^{j \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)(\omega)} \end{aligned} \quad (23)$$

Platí následující výpočet:

$$20 * \log / F(j \cdot \omega) / = 20 * \log / F_1(j \cdot \omega) / + 20 * \log / F_2(j \cdot \omega) \quad (24)$$

$$\varphi(\omega) = \arg F(j \cdot \omega) = \varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega) \quad (25)$$

Při kreslení logaritmické amplitudové charakteristiky se výsledný přenos rozdělí na sériové zapojení dílčích přenosů.

4.3. Přechodová charakteristika

Je grafickým vyjádřením dynamických vlastností především členů, které pracují se stejnosměrnými signály, u kterých se mění jejich úroveň.

Obecně platí, když zavedeme na vstup vyšetřovaného členu časovou změnu vstupního signálu, potom časová odezva signálu na výstupu tohoto členu nám dává obraz o dynamických vlastnostech tohoto členu.

Aby výsledky a závěry byly srovnatelné, vybíráme vždy typické vstupní signály, především tzv. jednotkový skok.

Jednotkový - Heavisideův skok je definován:

$$u(t) = \eta(t) = 1 \text{ pro } t \geq 0 \quad (26)$$

$$u(t) = \eta(t) = 0 \text{ pro } t \leq 0 \quad (27)$$

Druhy přechodových charakteristik :

- a) Monotónní
- b) Zákmitové

Monotónní přechodová charakteristika je taková, že je trvale rostoucí v čase.

U zákmitové přechodové charakteristiky se definují amplitudy 1. a 2. půlperiody Δy_1 , Δy_2 a jejich velikost se dává do poměru $\frac{\Delta y_2}{\Delta y_1}$ a tento poměr je ukazatelem tlumení harmonického průběhu (jakost rezonančního obvodu).

Přechodové charakteristiky lze vytvořit:

- a) Výpočtem
- b) Měřením

Měření přechodových charakteristik:

- 1) Musíme zajistit skokovou změnu vstupního signálu
- 2) Zaznamenat odezvu

Skokovou změnu vstupního signálu především jeho průběh vážeme na dobu přechodu T_p :

a) Členy s velkou dobou přechodu T_p (10s a více)

Vstupní signál, skok se realizuje tím, že se připne ke zdroji elektrické energie, velikost energie volíme tak, aby nedošlo k přetížení.

Záznam odezvy je možný:

- 1) Ručně - sledování ukazovacího přístroje + měření času
- 2) Automaticky - pomocí zapisovacího přístroje

b) Členy se střední dobou přechodu T_p (od $\frac{1}{20}$ s do 10s)

Vstupní signál u elektrických členů se bere z generátoru obdélníkového průběhu, nebo pomocí elektrických spínačů připojují zařízení k síti.

Záznam odezvy: alespoň smyčkové oscilografy

c) Členy s krátkou dobou přechodu T_p (kratší než $\frac{1}{20}$ s)

Jako zdroj vstupního signál se použije generátor obdélníkových impulsů.
Záznam odezvy se provádí osciloskopem.

4.4. Naměřené charakteristiky

4.4.1. Amplitudová frekvenční charakterisitka

Amplitudová frekvenční charakteristika byla naměřena až po seřízení propustného pásma.

Vstupní napětí $U_{vst} = 2,75$ V

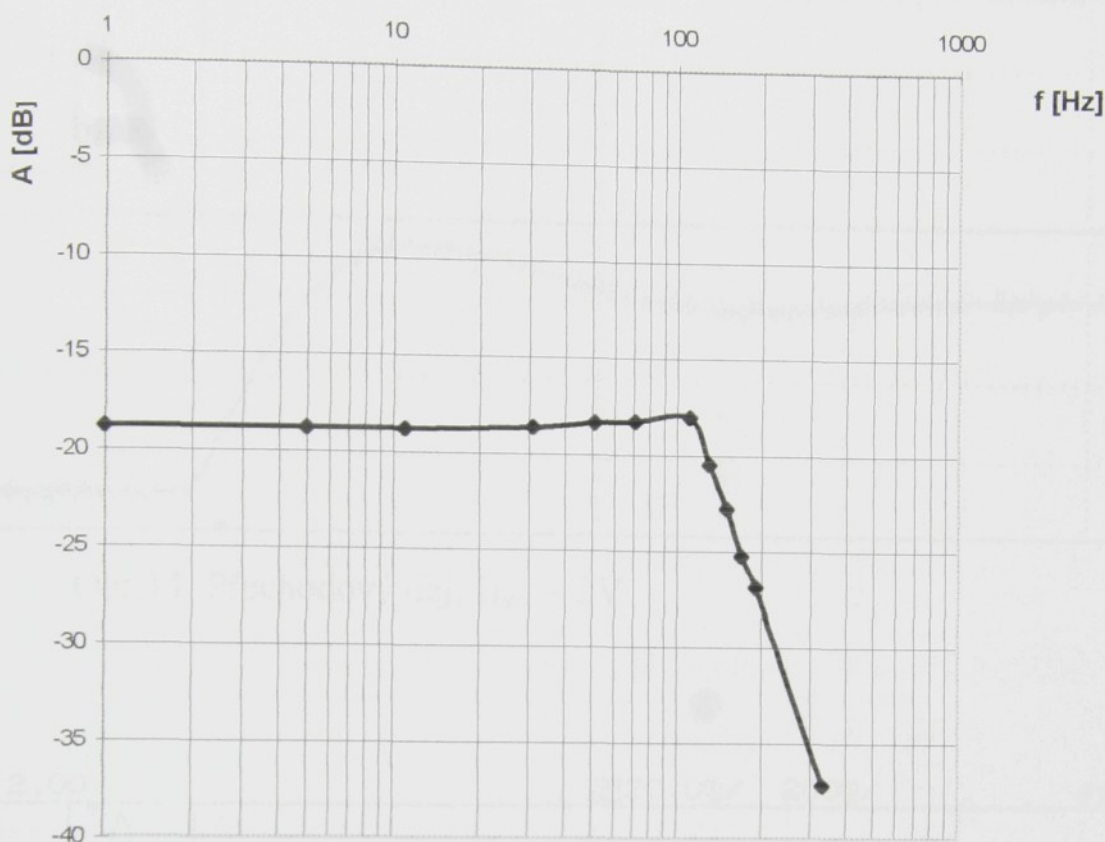
$$A = 20 * \log \left| \frac{U_{výst}}{U_{vst}} \right|$$

(28)

f [Hz]	U _{výst} [mV]	A [dB]
1	315	-18,82
5	315	-18,82
11	315	-18,82
31	322	-18,63
51	333	-18,34
71	335	-18,29
111	345	-18,03
130	260	-20,49
150	200	-22,77
170	150	-25,26
190	125	-26,85
330	38	-37,2

Tab.2. Naměřené hodnoty amplitudové frekvenční charakteristiky

Amplitudová logaritmická frekvenční charakteristika

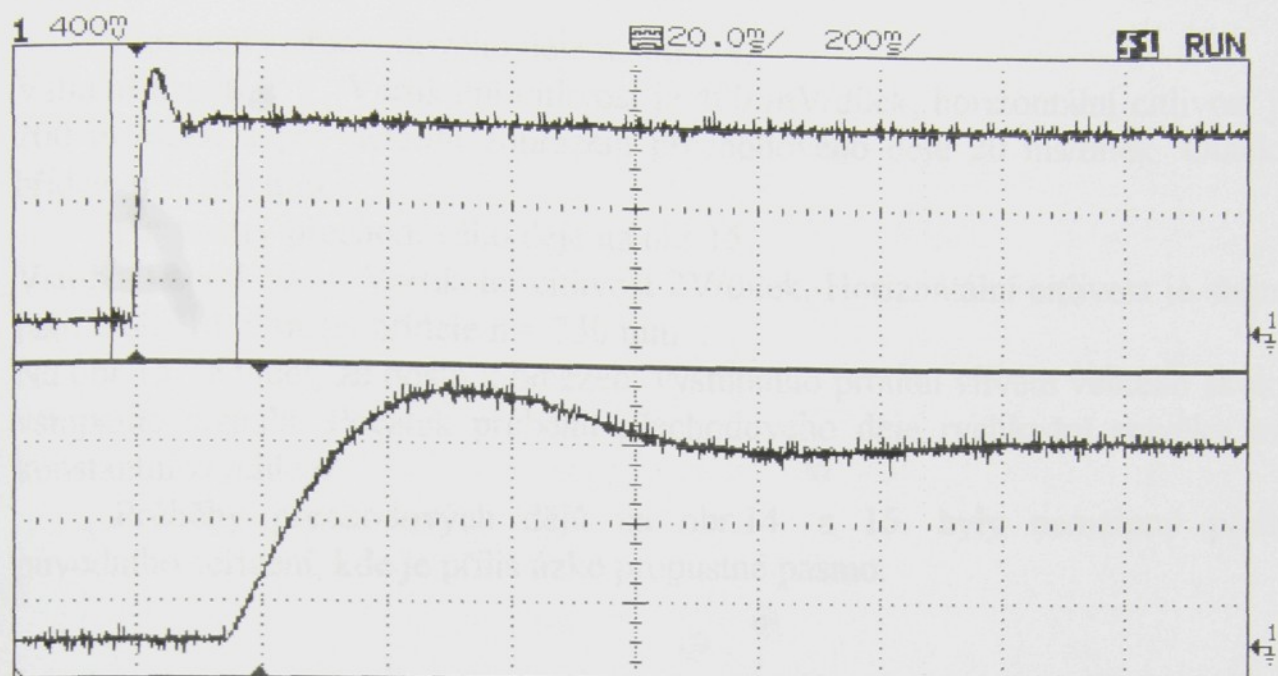


Obr.13. Amplitudová frekvenční charakteristika v logaritmických souřadnicích

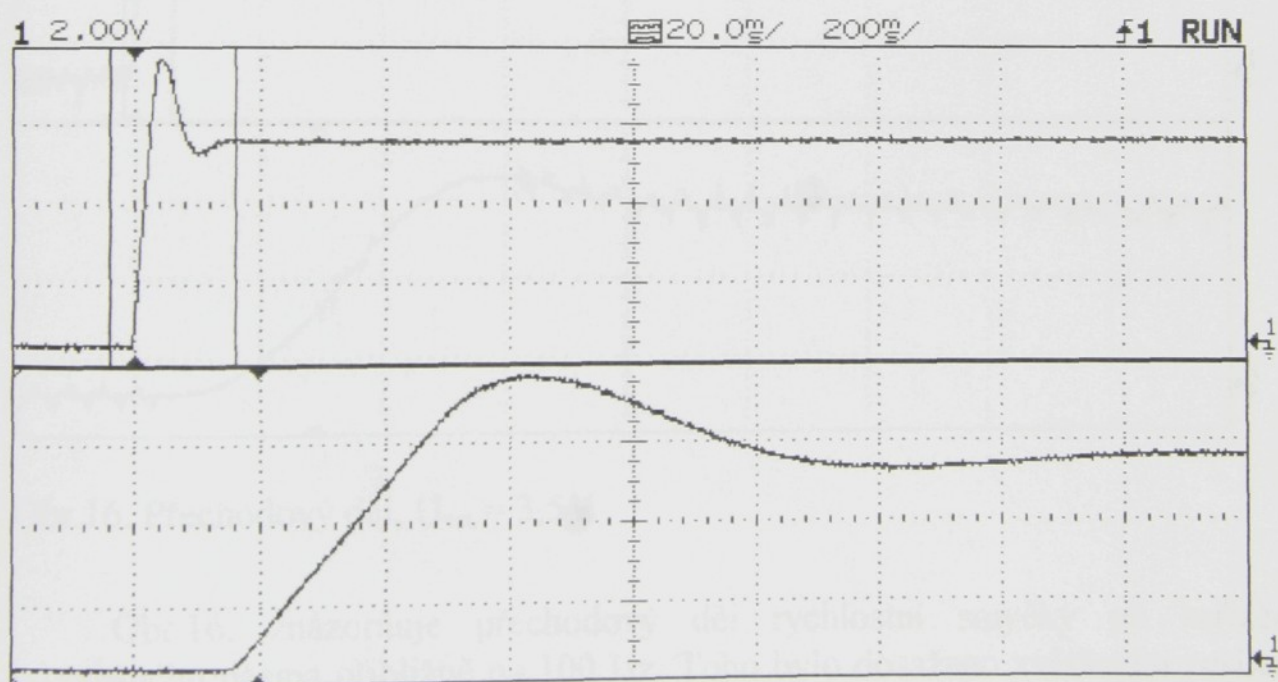
Propustné pásmo rychlostního servopohonu lze odhadnout podle obr.13. na 100 Hz. U těchto systémů rozhoduje fázová charakteristika, která má posuv -90° v okolí rezonanční špičky amplitudové charakteristiky.

4.4.2. Odezva soustavy na skok vstupního signálu

V této kapitole jsou uvedeny 3 obrázky přechodových dějů rychlostní smyčky pro různé velikosti skoku vstupního signálu. Jako vstupní signál byl použit generátor obdélníkového průběhu.



Obr.14. Přechodový děj, $U_{vst} = 2V$



Obr.15. Přechodový děj, $U_{vst} = 10V$

Parametry přechodového děje na obr.14.

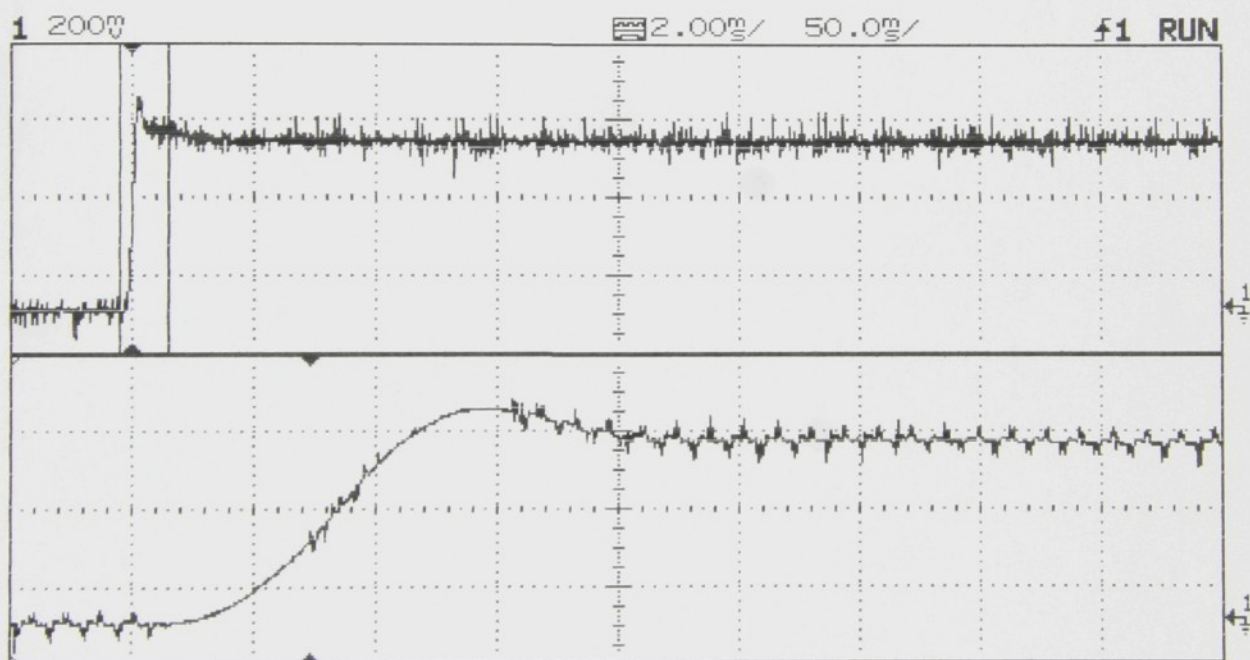
Vstupní napětí 2 V. Vertikální citlivost je 400 mV/dílek, horizontální citlivost je 200 ms/dílek a pro detailní zobrazení přechodového děje 20 ms/dílek. Otáčky hřídele $n = 146 \text{ min}^{-1}$.

Parametry přechodového děje na obr.15.

Vstupní napětí 10 V. Vertikální citlivost 2V/dílek. Horizontální citlivost je stejná jako u obr.14. Otáčky hřídele $n = 730 \text{ min}^{-1}$.

Na obr.15. je vidět, že došlo k omezení výstupního proudu vlivem velkého skoku vstupního signálu. Počátek průběhu přechodového děje rychlostní smyčky má konstantní zrychlení.

Průběhy přechodových dějů na obr.14. a 15. byly naměřeny podle původního seřízení, kde je příliš úzké propustné pásmo.



Obr.16. Přechodový děj, $U_{\text{vst}} = 3,5 \text{ V}$

Obr.16. znázorňuje přechodový děj rychlostní smyčky po seřízení propustného pásma přibližně na 100 Hz. Toho bylo dosaženo zvětšením zesílení rychlostní smyčky.

Parametry přechodového děje na obr.16.

Vstupní napětí 3,5 V. Vertikální citlivost je 200 mV/dílek, horizontální citlivost je 50 ms/dílek a pro detailní zobrazení přechodového děje 2 ms/dílek. Otáčky hřídele $n = 255 \text{ min}^{-1}$.

5. Závěr

Byl navržen zkušební stav, který umožňuje měřit statické a dynamické charakteristiky servopohonů. V uspořádání se třemi motory je možné provádět pokusy s vymezením vůle v kinematickém řetězci pohonu. V rámci práce byly navrženy a vyrobeny potřebné mechanické díly a provedeno elektrické zapojení pohonů. Pohony byly odzkoušeny a byly změřeny základní dynamické charakteristiky. Zkušební stav může být využit pro další diplomovou práci nebo pro výzkum v oblasti pohonů posuvů.

6. Seznam použité literatury

- [1] Přednášky z předmětů Automatizace výrobních strojů, Technická kybernetika, Měřicí přístrojová technika a Základy robotiky.
- [2] Výzkumné zprávy VÚOSO.
- [3] Singule, V., Nosek, J.: Elektrické měření neelektrických veličin. Skripta VUT, Brno 1988.
- [4] Firemní literatura: MICROTEK

7. SEZNAM PŘÍLOH

[1] **Příloha č.1**

Výkres příruby

[2] **Příloha č.2**

Výkres spojky

[3] **Příloha č.3**

Výkres části spojky

[4] **Příloha č.4**

Liniové schéma zapojení panelu silového ovládání

[5] **Příloha č.5**

Výkres ozubeného kola

P r o h l á š e n í
k využívání výsledků diplomové práce

Jsem si vědom(a) toho, že diplomová práce je majetkem školy a že s ní nemohu sám (sama) bez svolení školy disponovat, že diplomová práce může být zapůjčena či objednána (kopie) za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po 5ti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně TU v Liberci, kde je uložena.

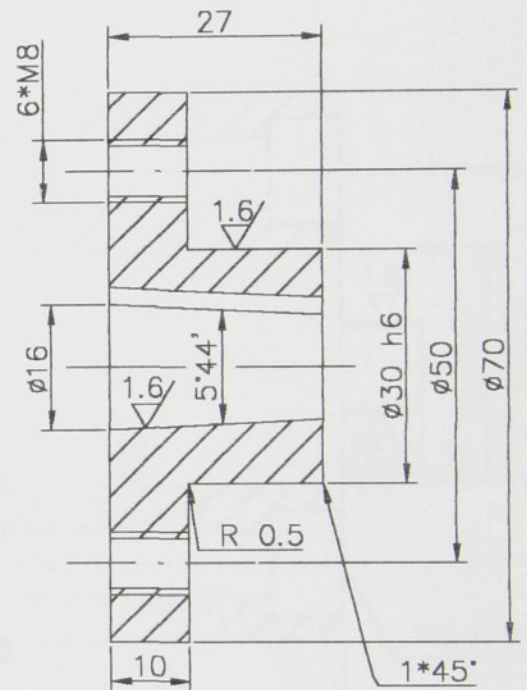
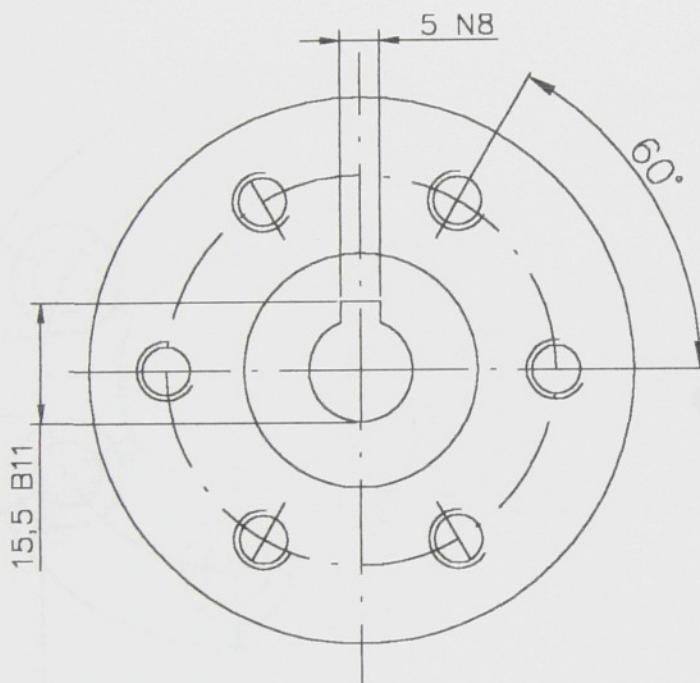
Jméno a příjmení (rodné): MARTIN LACHMAN

Adresa: PROTIFAŠISTICKÝCH BOJOVNÍKŮ 400 SJČÍN

Podpis: Lachman

Příloha č.1.

3.2 (✓)

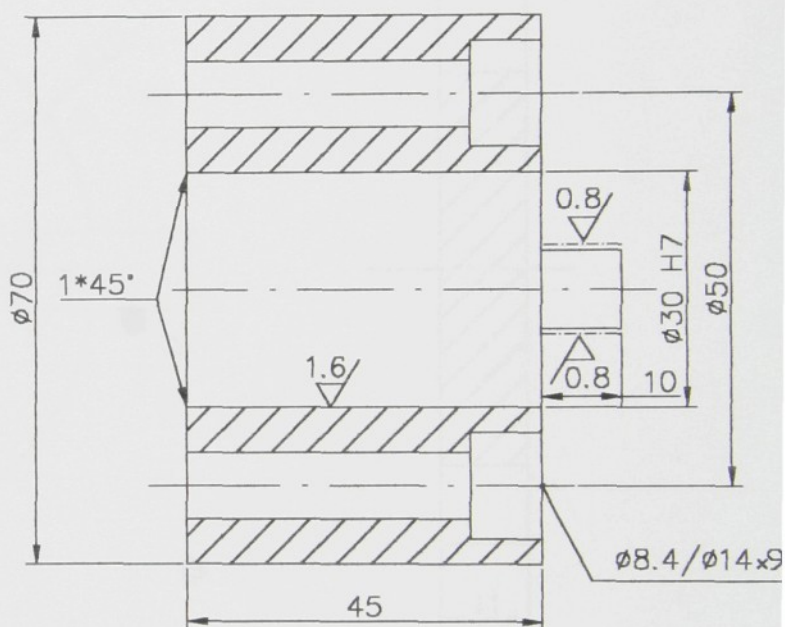


ISO 2768-mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015

NENÍ-LI UVEDEN PARAMETR DRSNOSTI, PŘEDPIS JE V Ra

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN. MAT.	11500	T.O.	HMOTNOST kg	MĚŘ.	1:1
ROZM.-POLOT.	Ø80-35	ČSN 42 6510	Č. SN.	TŘ. Č.	
Č. POM. ZAŘ.			POZN.	Č.KUSOVNÍKU	
VYPR. MARTIN LACHMAN	NORM.REF.		STARÝ V.	Č.V.	
PŘEZK.					
TECHN.	SCHVÁLIL				
NÁZEV	PŘÍRUBA		4-KKY-01		
			Listů		List

Příloha č.2.

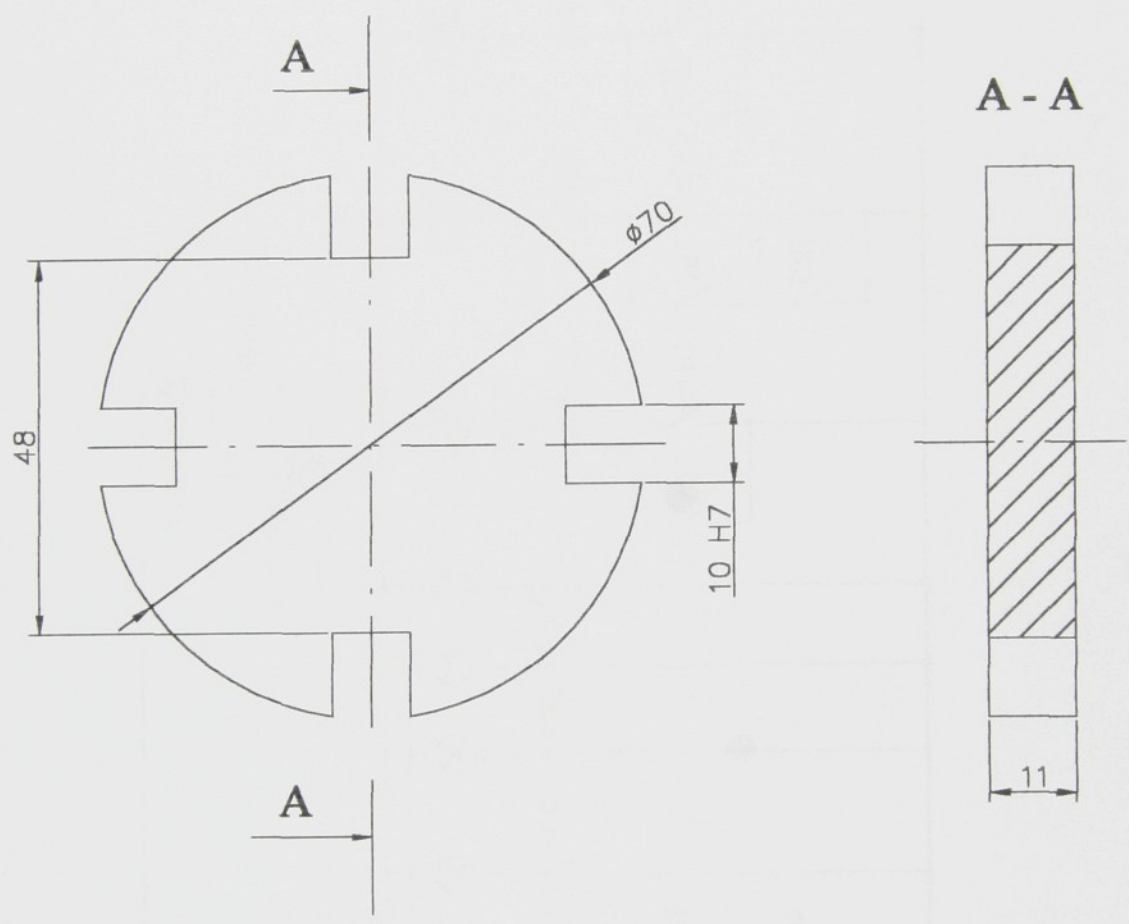


CEMENTOVAT h0,7...0,9 HRC 63

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN. MAT. 14220		T.O.		HMOTNOST kg	MĚŘ. 1:1
ROZM.-POLOT. Ø80-55		ČSN 42 6510		Č. SN.	TR. Č.
Č. POM. ZAŘ.				POZN.	Č.KUSOVNÍKU
VYPR. MARTIN LACHMAN		NORM.REF.		STARÝ V.	Č.v.
PŘEZK.					
TECHN.		SCHVÁLIL			
NÁZEV				4-KKY-02	
SPOJKA				Listů	
				List	

Příloha č.3.

3.2 / (✓)



ISO 2768—mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015
NENÍ—LI UVEDEN PARAMETR DRSNOSTI, PŘEDPIS JE V Ra

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	TU LIBEREC	
ZN. MAT.		T.O.		HMOTNOST kg	MĚŘ. 1:1
ROZM.—POLOT. $\phi 80-20$ SILON				Č. SN.	TŘ. Č.
Č. POM. ZAŘ.				POZN.	Č.KUSOVNÍKU
VYPR. MARTIN LACHMAN		NORM.REF.		STARÝ V.	Č.v.
PŘEZK.					
TECHN.		SCHVÁLIL			
NÁZEV Část spojky				4—KKY—03	
				Listů	List

Příloha č.4.

Schéma zapojení panelu silového ovládání

