

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní
Katedra: obrábění a montáže Školní rok: 1985-86

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DILA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Petra Holce
obor 23 - 20 - 8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Mechanizace zkušebního zařízení servoventilů pro
provádění zkoušek pomocí řídicího počítače

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor stávajícího stavu zkoušení servoventilů v závodě TOS Vrchlabí
2. Možnosti úpravy stávajícího zkušebního zařízení s ohledem na připojení řídicího počítače
3. Navrhnout a konstrukčně zpracovat napájecí kostku rotačního měřícího hydromotoru včetně ovládání režimů měření servoventilu a příslušných obvodů
4. Navrhnout vhodné upínání servoventilu
5. Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu

V 230/4
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran textu

Seznam odborné literatury:

Chvála, B. - Votava, J.: Přípravky a podávací zařízení,
ČVUT, Praha 1980

Kopáček, J.: Hydraulické mechanismy. VŠB, Ostrava 1970

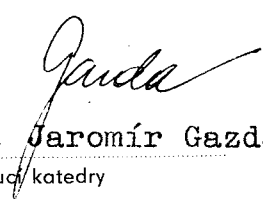
Podklady n.p. TOS Rakovník, závod Vrchlabí

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Josef Cerha, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1985

Termín odevzdání diplomové práce: 23. 5. 1986

L. S.


Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.

Děkan

v Liberci dne 20. 9. 1985

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obr 23 - 20 - 8

stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření

jednouúčelové obráběcí a montážní stroje

Katedra obrábění a montáže

MECHANIZACE ZKOUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ SERVOVENTILU
PRO PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK POMOCÍ ŘÍDÍCÍHO POČÍTAČE

Petr Holec

vedoucí práce: Doc. Ing. Josef Cerba CSc.

VŠST Liberec

Ročník práce a příloh:

Počet stran	49
Počet obrázků	22
Počet příloh a tabulek	4
Počet výkresů	14

23. května 1986

Místopřesežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne 23.5.1986

Petr Holc

Obsah

1.	Úvod	8
2.	Stávající stav zkoušení servoventilů	9
2.1.	Popis funkce a konstrukce servoventilů SV 4, SV 5 a SV 6	9
2.1.1.	Servoventil SV 4	9
2.1.2.	Servoventil SV 5	12
2.1.3.	Servoventil SV 6	13
2.2.	Podmínky zkoušení dle zkušebního předpisu ZP 0099.3	14
2.3.	Rozbor stávajícího stavu zkoušení servoventilů v závodě TOS Vrchlabí	16
3.	Měření elektrohydraulických servoventilů	21
3.1.	Statické charakteristiky	21
3.1.1.	Zatěžovací charakteristiky	22
3.1.2.	Průtokové charakteristiky	23
3.1.3.	Tlakové charakteristiky	28
3.2.	Dynamické charakteristiky	30
4.	Možnosti úpravy stávajícího zkušebního zařízení	32
5.	Konstrukční řešení napájecí kostky a ovládání režimů měření servoventilů	35
5.1.	Napájecí kostka	35
5.2.	Dálkové ovládání	36
6.	Upínání servoventilů	41
7.	Ekonomické hodnocení zkušebního zařízení pro servoventily	42
7.1.	Kmenový list	43
7.2.	Mimoeconomické účinky	45

8.

Závěr

47

9.

Seznam použité literatury

49

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A	- amplituda	dB
D	- průměr pístu	mm
I	- řídicí proud	mA
I _n	- jmenovitý proud	mA
K _{pi}	- tlakové zesílení	Pa/A
K _{qi}	- průtokové zesílení	Pa/A
M _t	- míra přes válečky	mm
Q	- průtok	dm ³ /min
Q _{max}	- maximální průtok	dm ³ /min
B ₁	- geometrická veličina	mm
a	- geometrická veličina	mm
c	- geometrická veličina	mm
d	- průměr roztečné kružnice pastorku	mm
f	- budicí frekvence	Hz
h	- zdvih	mm
m	- modul ozubení	mm
p	- tlak	Pa
p ₁	- tlak v první větvi	Pa
p ₂	- tlak ve druhé větvi	Pa
p _n	- jmenovitý tlak	Pa
p _o	- odpadní tlak	Pa
p _s	- střední tlak	Pa
p _y	- napájecí tlak	Pa
p _s	- tlakový spád	Pa
p _z	- tlakový spád zátěže	Pa
r	- poloměr válečku	mm
x	- geometrická veličina	mm
z	- počet zubů	

- úhel záběru
- úhel fázového posuvu

úhlový stupeň

úhlový stupeň

1. Úvod

Na XVII. sjezdu Komunistické strany Československa byl schválen dokument Hlavní směry hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1986 - 1990 a výhled do roku 2000. Tento dokument v plné šíři odpovídá požadavku politiky strany na urychlení dynamiky hospodářského a sociálního rozvoje společnosti cestou všestranné intenzifikace našeho národního hospodářství na základě vědeckotechnického pokroku a mezinárodní spolupráce s členskými zeměmi RVHP, na zabezpečení růstu životní úrovně lidu.

Použití hydraulických mechanismů při řešení složitých problémů vyskytujících se při konstrukci moderních strojů a zařízení je již v dnešní době naprostou samozřejmostí. Ať se jedná o kteroukoliv oblast strojírenství, všude se nacházejí nové aplikace využívající výhodných vlastností hydrauliky. K hlavním požadavkům na konstrukci strojů patří snadnost řízení parametrů a možnost jejich spojitě změny ve velkém rozsahu. Splnění těchto požadavků zajišťují servoventily.

V souvislosti s rychlým rozvojem automatizace a robotizace výrobních procesů bylo v n.p.TOS Rakovník, závod Hydraulika Vřehlaví vyvinuta nová řada servoventilů. Tyto servoventily jsou kompletovány s rotačními nebo přímočarými hydromotory na servopohony, které jsou určeny především pro pohony obráběcích strojů.

Tato nová výroba si vyžádala rekonstrukci stávajícího zkušebního zařízení servoventilů a řízení pomocí počítače. Zkušební zařízení musí splnit podmínky zkušebního předpisu ZP 0099.3. Je nutné zaručit jeho vysokou spolehlivost a bezpečnost, neboť na něm bude prováděna kontrola všech typů servoventilů.

2. STÁVAJÍCÍ STAV ZKOUŠENÍ SERVOVENTILŮ

Servoventily se používají v elektrohydraulických řídicích obvodech pro automatické nebo programové řízení veličin (rychlosti, síly, polohy, kroutícího momentu) hydraulických motorů s rotačním i přímočarým pohybem. Mohou pracovat s rychlostní i polohovou vazbou a svými parametry vyhovují náročným požadavkům pohonů posuvových jednotek číslíkové řízených obráběcích strojů.

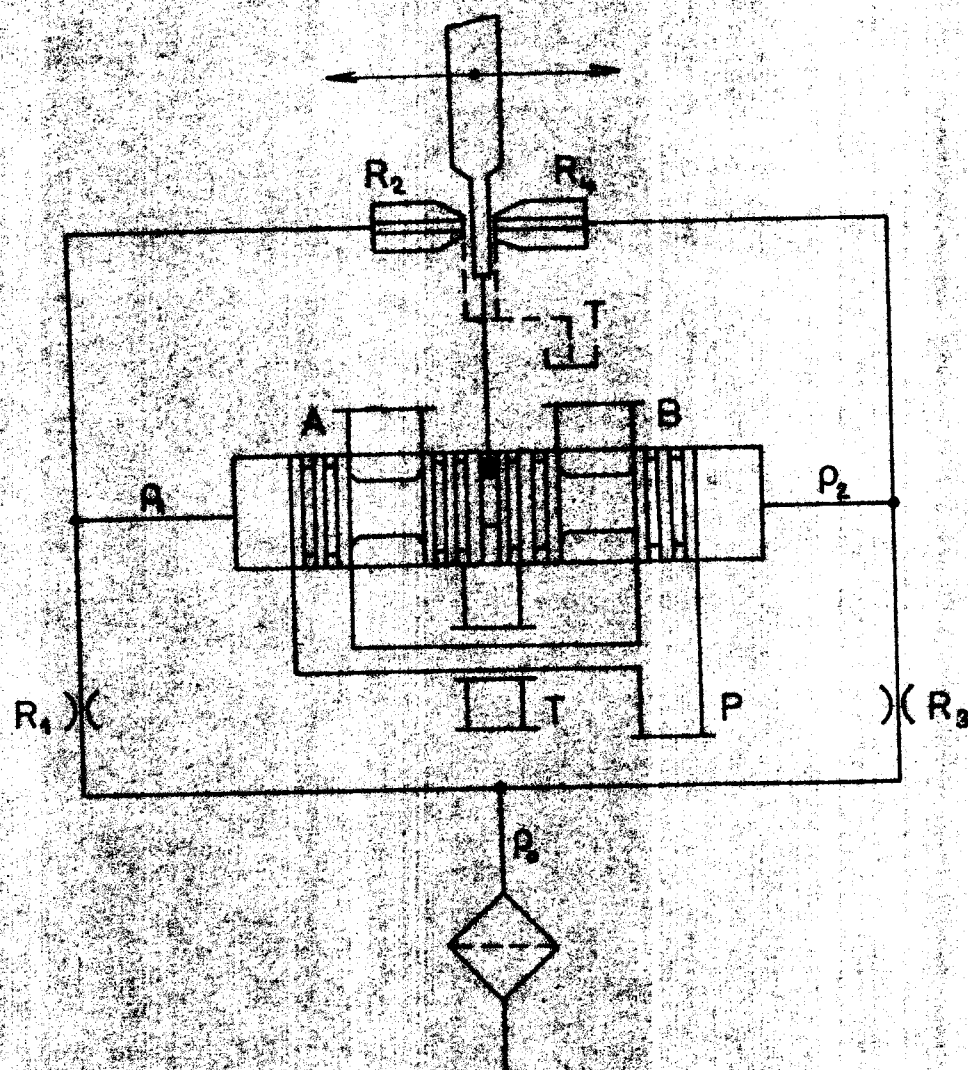
V současné době se v TOSu Vrchlabí vyrábějí servoventily SV 4, SV 5 a připravuje se výroba servoventilu SV 6. Tyto servoventily jsou dvoustupňové hydraulické zesilovače ovládané elektromagnetickým převodníkem. Slouží k řízení průtoku ve velkém rozsahu malými vstupními signály. Vstupním signálem je elektrický proud. Mezi hlavní přednosti patří velké výkonové zesílení (výkony řádově mW jsou řízeny signály v mW), dobré statické a dynamické vlastnosti a možnost spojení výhodných vlastností hydraulických akčních prvků - hydromotorů (malá hmotnost) a elektrických řídicích prvků. Využití starobnice elektronických zpětnovazebních prvků a integrovaných zesilovačů umožňuje snadnou přizpůsobivost realizovaných elektrohydraulických servomechanismů rychlostních, sílových nebo polohových. Pro vlastní návrh zkoušebního zařízení je nutné dobře znát funkci servoventilů a jejich charakteristiky.

2.1. Popis funkce a konstrukce servoventilů SV 4, SV 5 a SV 6

2.1.1. Servoventil SV 4

Servoventil SV 4 (obr. 1.) sestává z elektromechanického převodníku, tryskového zesilovače a čtyřramenného šoupátka. První stupeň, klapka - tryska, je ovládán symetrickým torque - motorem. Mezi prvním a druhým stupněm zesilovače je zařazena mechanická zpětná

vazba, která zajišťuje proporcionální závislost výstupního proudu kapaliny na vstupním elektrickém proudu. Elektromechanický převodník sestává z dvojice cívek, pólových nastavců a pohyblivé kotvy s níž je pevně spojena klapka tryskového zesilovače. Kotva je uložena na pružné tekotěsné trubičce, která odděluje prostor převodníka od hydraulické části. Permanentní magnety mezi nastavitel zajišťují magnetickou polarizaci ve vzduchové mezeře. Průtokem elektrického proudu cívkami vzniká přídatný magnetický tok, který způsobí vychýlení kotvy. Směr a velikost vychýlení odpovídá polaritě a velikosti elektrického proudu.

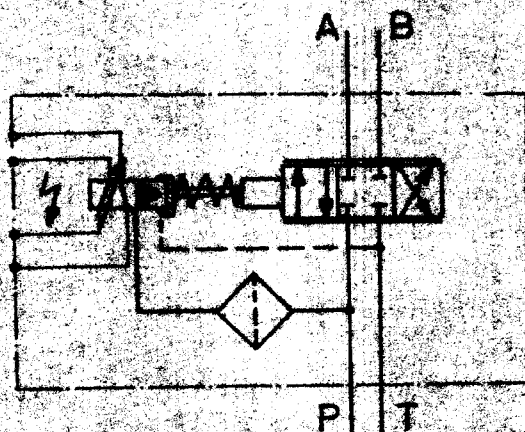


Obr. 1.

Tryskový zesilovač typu klapka - tryska představuje úplný hydraulický můstek v jehož větvích jsou zapojeny předřadné trysky R_1 , R_3 a řídicí trysky R_2 , R_4 (obr. 1.). Mezi řídicí trysky je vložena klapka elektromechanického převodníku, která mění odpor řídicích trysek ve vzájemně opačném smyslu. Změna odporů způsobí změnu tlaků p_1 a p_2 na diagonále můstku. Tím vzniká osová síla na řídicí šoupátko a vychýlí drátek mechanické zpětné vazby. Vzniklý moment působící na klapku kompenzuje moment vyvolaný účinkem řídicího elektrického proudu. Vyrovnaním sil dojde k rovnovážnému stavu při kterém je řídicí šoupátko v nové poloze přímo úměrné polaritě a velikosti elektrického proudu. Můstek tryskového zesilovače je připojen na přívodní kanál P přes interní síťový čistič.

Čtyřhranné válcové šoupátko se třemi nákrážky je přesně naladěné v tak zvaném plovoucím pouzdře uloženém na „0“ kroužcích v tělese s předlitými kanály. Pouzdro je zajištěno proti axiálnímu posuvu výstředníkem, kterým je možné pouzdro záměrně posouvat při nastavení nuly. Čtyři hrany nákrážky tvoří s hranami otvorů v pouzdru pevně vázané proměnné podpory, jejichž velikost se řídí posunutím šoupátka. Jestliže se šoupátko posune například vlevo, dojde k propojení kanálů P s A a B s T, přičemž ostatní hrany mají podobnou funkci jako škrťací ventily zařazené na vstup a výstup hydromotoru. Velikost odporu je přitom úměrná posunutí šoupátka. Celkové uspořádání zajišťuje lineární závislost průtoku do hydromotoru na vstupním elektrickém proudu při konstantním zatížení. Směr průtoku závisí na polaritě řídicího proudu.

Hydraulické schéma servoventilu SV 4 ukazuje obr.2.



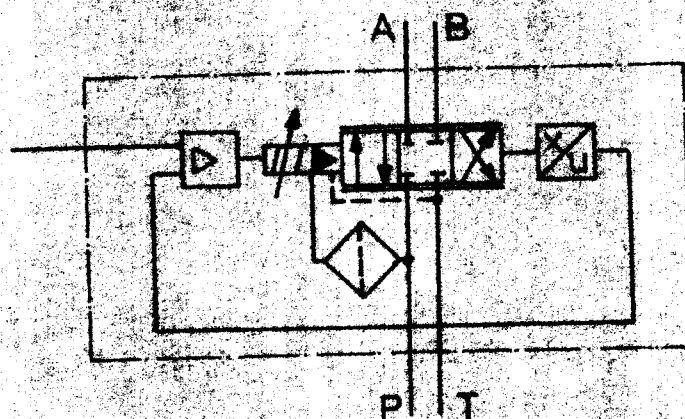
Obr.2.

2.1.2. Servoventil SV 5

Dalším servoventilem, který se v TOSu Vrchlabí vyrábí, je dvoustapňový servoventil SV 5 s elektrickou polohovou zpětnou vazbou u druhého stupně. První stupeň, klopka - tryska, je ovládán symetrickým torque - motorem. Druhý stupeň je uložen v kostce. Pouzdro s nalisovaným šoupátkem je opět v plovoucím pouzdře a je utěsněno „O“ kroužky. Jeho poloha je držena nulovacím výstředníkem. Poloha šoupátka je odměřována indukčním snímačem polohy. Příslušná elektronika pro řízení a vyhodnocení výstupního napětí indukčního snímače polohy je umístěna přímo v krytu servoventilu nad torque - motorem. Vnější řízení je elektrickým napětím ± 10 V. Řídicí napětí se porovnává s napětím z indukčního snímače polohy, které je úměrné výchylce šoupátka. Odchylkou je řízen regulátor ovládající proud přicházející do cívek elektrohydraulického převodníku tak, aby odchylka byla minimální. Elektrický proud v cívkách způsobí vychýlení járyčka mezi tryskami. Vzniklý tlakový spád představuje šoupátko pevně spojené s jádrem indukčního snímače. Výchylka šoupátka je tedy úměrná velikosti řídicího napětí.

Smysl průtoku servoventilem je možno měnit přiváděním řídicího signálu na invertující nebo neinvertující vstup. Elektroniku servoventilu je nutno napájet stabilizovaným stejnosměrným napětím ± 15 V a stejnosměrným napětím $+ 5$ V. Připojovací rozměry servoventilů SV 5 a SV 4 jsou shodné se servoventily firmy Moog řady 76.

Hydraulické schéma servoventilu SV 5.

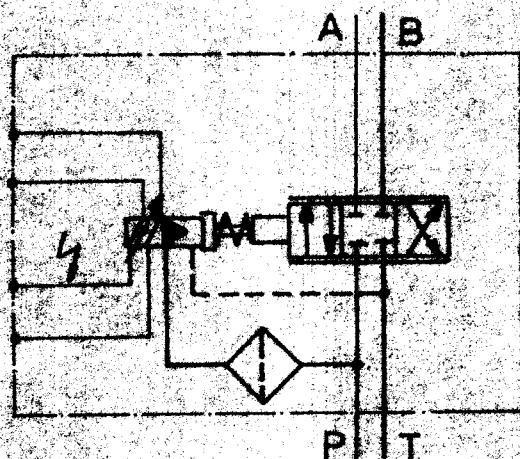


Obr. 3.

2.1.3. Servoventil SV 6

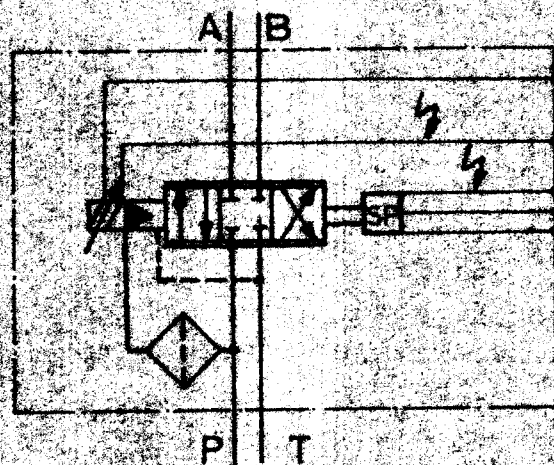
Nová řada průmyslových servoventilů SV 6, která se nyní připravuje v TOSu Vrchlabí je dalším vývojovým stupněm elektrohydraulických převodníků, navazujícím na dosavadní servoventily SV 4 a SV 5. Bude vyráběn s mechanickou i elektrickou zpětnou vazbou v rozšířené řadě tlaků 25 MPa a s jmenovitými průtoky od $6,3 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ do $63 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$. Při konstrukci byly respektovány požadavky uživatelů na snížení hmotnosti a vnějších rozměrů vzhledem k předpokládanému užití u robotů a manipulátorů. Proto je těleso z hliníkové slitiny a elektronika pro elektrickou zpětnou vazbu na rozdíl od servoventilu SV 5 není přímo na servoventilu. Provozní podmínky zůstávají stejné.

Hydraulické schéma servoventilu SV 6 s mechanickou zpětnou vazbou ukazuje obr.4.



Obr.4.

Hydraulické schéma servoventilu SV 6 s elektrickou zpětnou vazbou ukazuje obr.5.

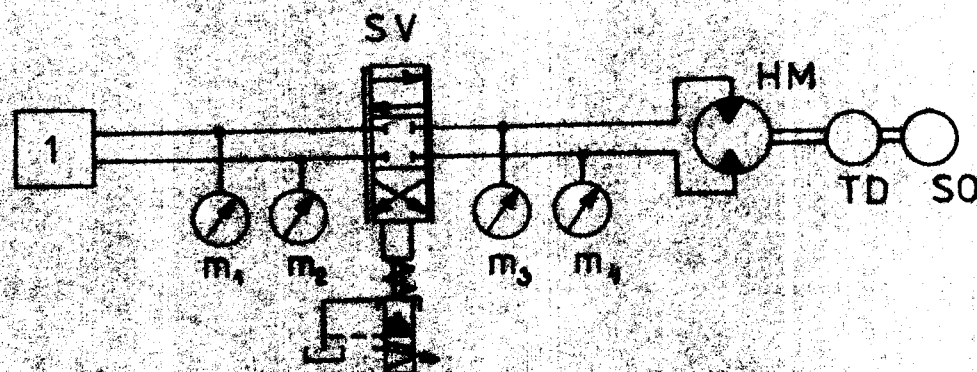


Obr.5.

2.2. Podmínky zkoušení dle zkušebního předpisu ZP 0099.3

Tento zkušební předpis platí pro servoventily SV 4-25, SV 4-40, SV 4-63 o jmenovitých průtocih $25 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$, $40 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$, $63 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ pro servoventily SV 5 a SV 6 platí stejný předpis.

1. Ze zdroje je napájeno osm zkušebních pracovišť.
- 2a. Na zkušebním pracovišti č.1 je na úhelníku upevněn hydromotor MRAK 5-40 s tachodynamem K5A, snímačem otáček a napájecí deskou s vývody pro měření tlaku na vstupu, obou motorech a odpadu.



Obr.6.

HM hydromotor MRAK 5-40

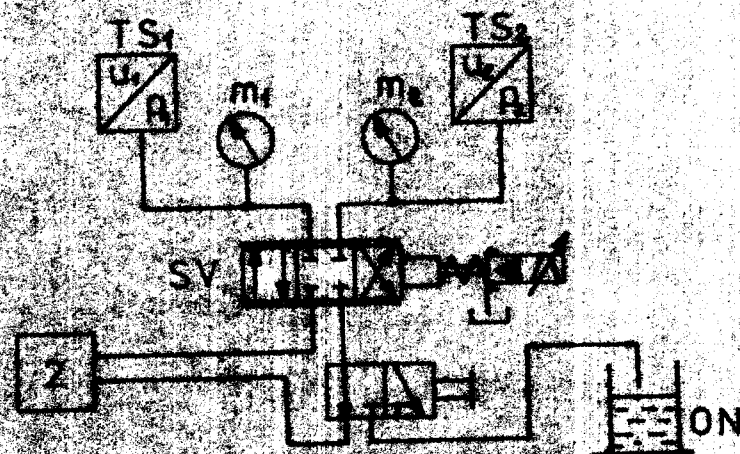
TD tachodynamo K5A

SO snímač otáček

SV měřený servoventil

m_1, m_2, m_3, m_4 manometry 0 - 25 MPa

- 2b. Zkušební pracoviště č.2 je vybaveno kostkou pro snímání tlakových charakteristik a kontrolu ztrátových průtoků.



Obr.7.

TS_1, TS_2 tlakové snímače
 ON odměrná nádoba
 SV měřený servoventil
 M_1, M_2 manometry 0 - 25 MPa

- 2c. Pracoviště 5.3 je určeno pro provádění dynamického záběhu dle technologického postupu.
- 2d. Pracoviště 5.4 je určeno pro nastavování pojišťovacích ventilů napájecí desky servoventilu.
- 2e. Pracoviště 5.5, 6, 7, 8 jsou rezervy nebo mohou sloužit pro případné zdvojení některého výše uvedeného pracoviště.
- 3. Olej OT - H2
- 4. Čistota oleje odpovídající filtraci $< 10 \mu m$.
- 5. Teplota oleje při měření je $323 \pm 2^\circ K$.
- 6. Snímání statických charakteristik se provádí trojúhelníkovým signálem frekvencí 0,01 Hz pomocí měřicí soupravy pro servoventily. Zápisy všech charakteristik se provádí na souřadnicovém zapisovači BAK 5T, který je určen pro záznam ve dvou vzájemně kolmých souřadnicích.
- 7. Ke zkoušce je dodán servoventil seřízený dle technologického postupu.
- 8. Před zkouškou je servoventil ohřát na měřicím hydromotoru při vstupním tlaku 10 MPa pětiminutovým provozem frekvencí 0,01 Hz harmonickým signálem o amplitudě 100 %.

2.3 Rozbor stávajícího stavu zkoušení servoventilů v závodě IOS Vrchlabí

Stávající zkušební zařízení je umístěno ve druhém poschodí na zkušebně servotechniky, kde je i centrální zdroj tlakové kapalin a axiálními pístovými hydrogenerátory typu PPAR2 - 63 - 41 pracujícími s regulací na konstantní tlak. Tento zdroj tlakové kap-

P_1, P_2 hydrogenerátory PPAR 1-63-21 (PPAR 1-100-21)
 VP_1, VP_2, VP_3 přepouštěcí ventily VP 2-20
 t, CH, F zařízení pro regulaci teploty a filtraci
 ZO zařízení pro ohřev
 m_1, m_2 manometry 0-25 MPa
 F filtr Moog DHF 3605
 ZV_1, ZV_2 zpětné ventily JHDZs 20

Na rozvodné kostce je osm logických prvků, které sestávají z pouzdra a šoupátka přepouštěcího ventilu VP 2-10 a jsou ovládané miniaturními rozváděči. K nim je přes zpětné ventily napojeno přírodní potrubí od zkušebních přípravků. Vysoká péče je na zkušebně servotechniky věnována hydraulickému oleji.

Podle stávajícího zkušebního předpisu ZP 0099.3 se na jednom zkušebním stole provádí technologické zkoušky a na druhém zkušebním stole se provádí montáž, odzkoušení a seřízení servoventilů po vystárnutí.

Technologické zkoušky se provádí na třech přípravcích. Na první přípravku se provádí dynamický záběh dvojice pouzdro - šoupátko (pouzdro je hotové, šoupátko zalícované do pouzdra s přídavkem na opracování hran). Na druhém přípravku se provádí proplach kostky servoventilu bez předřadných trysek a na třetím přípravku se provádí proplach kostky s předřadnými tryskami.

Druhý zkušební stůl slouží pro konečnou montáž servoventilů, jejich konečné seřízení a odzkoušení po vystárnutí. První seřízení se provádí po montáži a prohrátí servoventilu, další seřízení po vychlazení a opětovém prohrátí servoventilu. Zde se také provádí měření průtokových a tlakových charakteristik. Ty se měří na dvou přípravcích manuálně. Je zde také pracoviště s napájecím ústředím, které slouží pro zkoušky servopohonu SH 4

s hydromotorem MRAK 5-40 a servoventilem SV 4.

Z kapacitních důvodů bylo toto zkušební pracoviště zdvoje-
no a jako zdroj tlakové kapaliny byl použit typizovaný hydrau-
lický agregát SA3-250. Hydraulické schéma ukazuje příloha
č. 3-KOM-OS-115/00-00-01.

Seřízení a kontrola servoventilu se provádí dle návodky
následovně:

- upnout kostku na měřicí hydromotor
- přišroubovat proplachovací desku a propláchnout po dobu jedné
minuty při vstupním tlaku 16 MPa.
- sejmout proplachovací desku
- nasadit první stupeň na kostku tak, aby kulička zapadla do dráž-
ky v šoupátku
- stejnoměrně dotáhnout šrouby demagnetovaným šroubovákem a upra-
vit polohu vývodu sívek pod krytem a ten volně přiklopit
- nastavením vyatředníkem seřídit nulu a zkontrolovat, zda lze
rozvádět v obou směrech. Pokud nelze, pak pomocí přípravku
upravit polohu prvního stupně.
- zkontrolovat, případně upravit seřízením edmagnetováním nebo při-
magnetováním řídicího stupně
- provést zkoušku tlakového driftu, zkoušku stoptestem a zkoušku
hysterese
- provést záznam průtokových charakteristik dle zkušebního předpi-
su a odstranit závady
- přemontovat servoventil na měření tlakových charakteristik,
odstranit závady a změřit tlakové charakteristiky a celkové
stráty dle zkušebního předpisu
- opakovaným ohřevem zajistit dlouhodobou stabilitu nuly tak, aby
vyhověla zkušebnímu předpisu

- připevnit kryt
- sejmut ventil z měřicího hydromotoru.

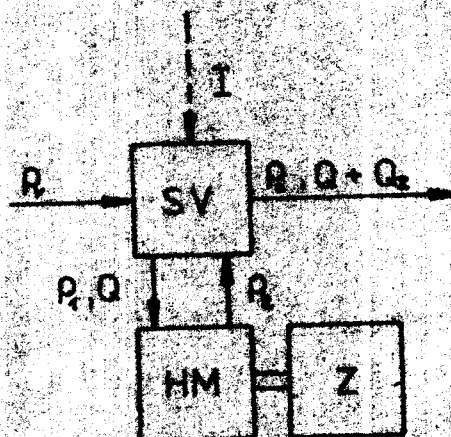
Oddělení technické kontroly provede kontrolu dle zkušebního předpisu a záznam pro archiv. Tento úkon možno provádět až po 24 hodinách od předchozí operace. Za přítomnosti OTK se ventil zaplombuje a potvrdí se osvědčení o jakosti a kompletnosti výrobku.

3. MĚŘENÍ ELEKTROHYDRAULICKÝCH SERVOVENTILŮ

3.1 Statické charakteristiky

Statické charakteristiky jsou závislosti mezi hlavními veličinami servoventilů: proudem I , průtokem Q a tlakovým spádem Δp_s v ustálených stavech. Protože při vyhodnocení statických charakteristik předpokládáme nezávislost na čase, představují tyto charakteristiky soustavy křivek vždy dvou veličin servoventilu, přičemž třetí veličina je parametrem soustavy.

Schema zapojení zkoušeného servoventilu je na obr.9.



Obr.9.

- Q pracovní průtok oleje do řízeného hydromotoru
 Q_z ztrátová spotřeba na servoventilu vzniklá prosáknutím šoupátka
SV měřený servoventil
HM hydromotor
Z zatížení
 p_s napájecí tlak

p_0 odpadní tlak

p_1, p_2 tlaky v přípojevacích hrdlech pro hydromotor

Pro toto zapojení platí, že tlakový spád Δp_s je tlaková diference mezi vstupem a výstupem servoventilu, zmenšená o rozdíl tlaků na přípojevacích hrdlech pro hydromotor $-\Delta p_z$. Je to tedy tlakový spád na hranách šoupátka, zvětšený o vnitřní průtokové ztráty v kanálech servoventilu.

Platí tedy:

$$\Delta p_s = (p_v - p_1) + (p_2 - p_0) \quad (1)$$

$$\Delta p_z = p_1 - p_2 \quad (2)$$

$$\Delta p_s = p_v - p_0 - \Delta p_z \quad (3)$$

Servoventily pracují obvykle v hydraulických systémech s atmosférickou nádrží, proto pro běžná měření můžeme hodnotu odpadního tlaku p_0 zanedbat proti napájecímu tlaku p_v .

Potom platí:

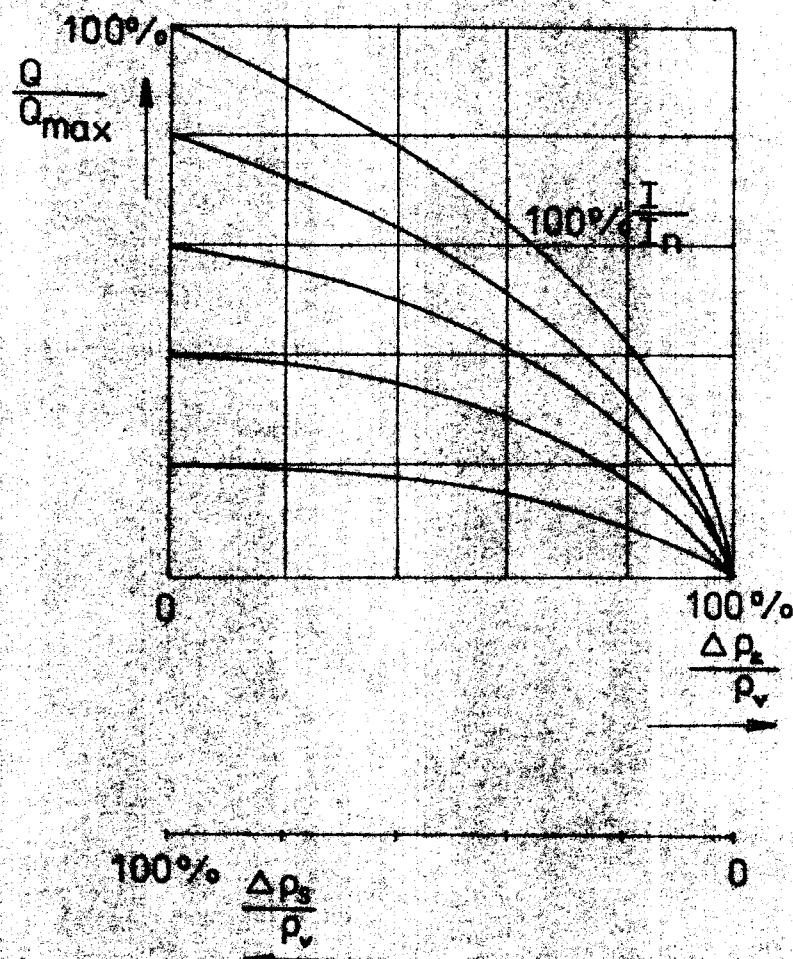
$$\Delta p_s \approx p_v - \Delta p_z \quad (4)$$

3.1.1. Zatěžovací charakteristiky

Tyto charakteristiky udávají závislosti průtoku Q na tlakovém spádu zátěže Δp_z . Parametrem systému křivek je řídicí proud I . Charakteristiky mají parabolický průběh, který je určen turbulentním průtokem na hranách šoupátka. Pro průtok Q platí:

$$Q = k \cdot I \cdot \sqrt{\Delta p_z} \quad (5)$$

Při vynášení charakteristik bývá zvykem používat poměrné hodnoty v procentech, vztažené k maximálnímu průtoku při nezatíženém hydromotoru $Q_{\max}$, napájecímu tlaku p_v a jmenovitému proudu I_n . Viz obr.10.



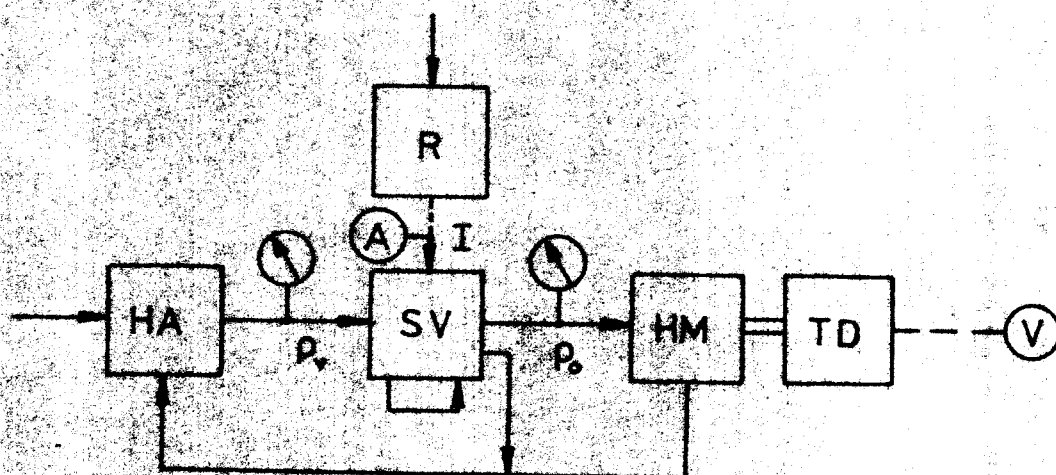
Obr.10.

3.1.2. Průtokové charakteristiky

Na obr.11. je schéma jednoduchého měřicího obvodu pro měření průtokových charakteristik.

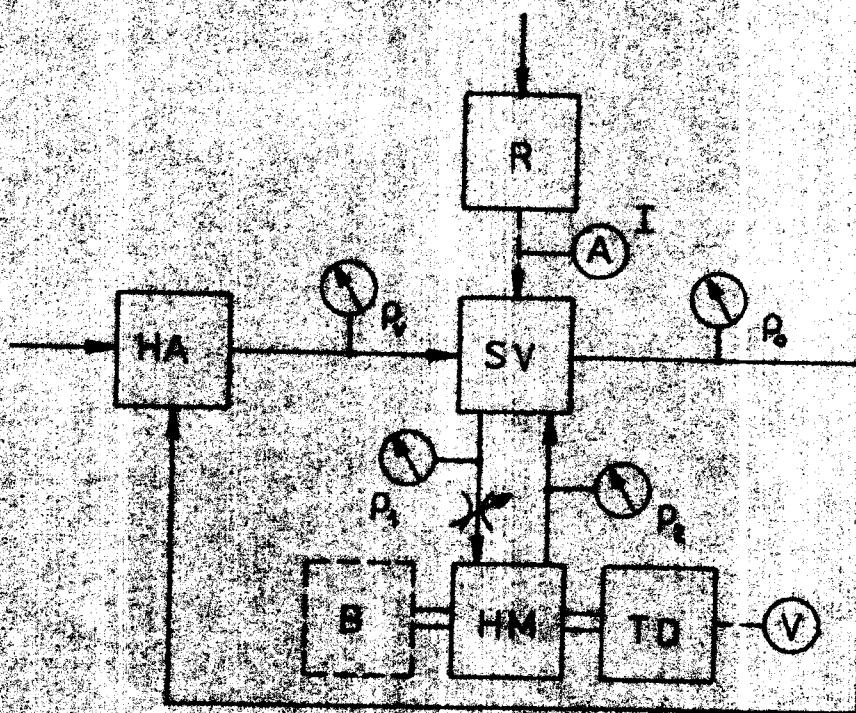
Servoventil je řízen regulátorem, jehož výstupní proudový signál se měří ampérmetrem. Průtok servoventilem se měří hydromotorem v odpadním potrubí, který je spojen s tachodynamem. Vývody servoventilu pro řízený průtok jsou propojeny. Ventil je opatřen samostatným odpadem a tryskou. Tlakový spád se nastavuje řízením tlakové regulace agregátu a měří se rozdílem údajů manometrů na vstupu a výstupu ze servoventilu. Výhodou tohoto zapojení je

jednoduchost a umístění měřicího hydromotoru v beztlakovém odpadním potrubí. Servoventil však nepracuje s jmenovitým vstupním tlakem, takže měření nezachytí případné účinky absolutního tlaku.



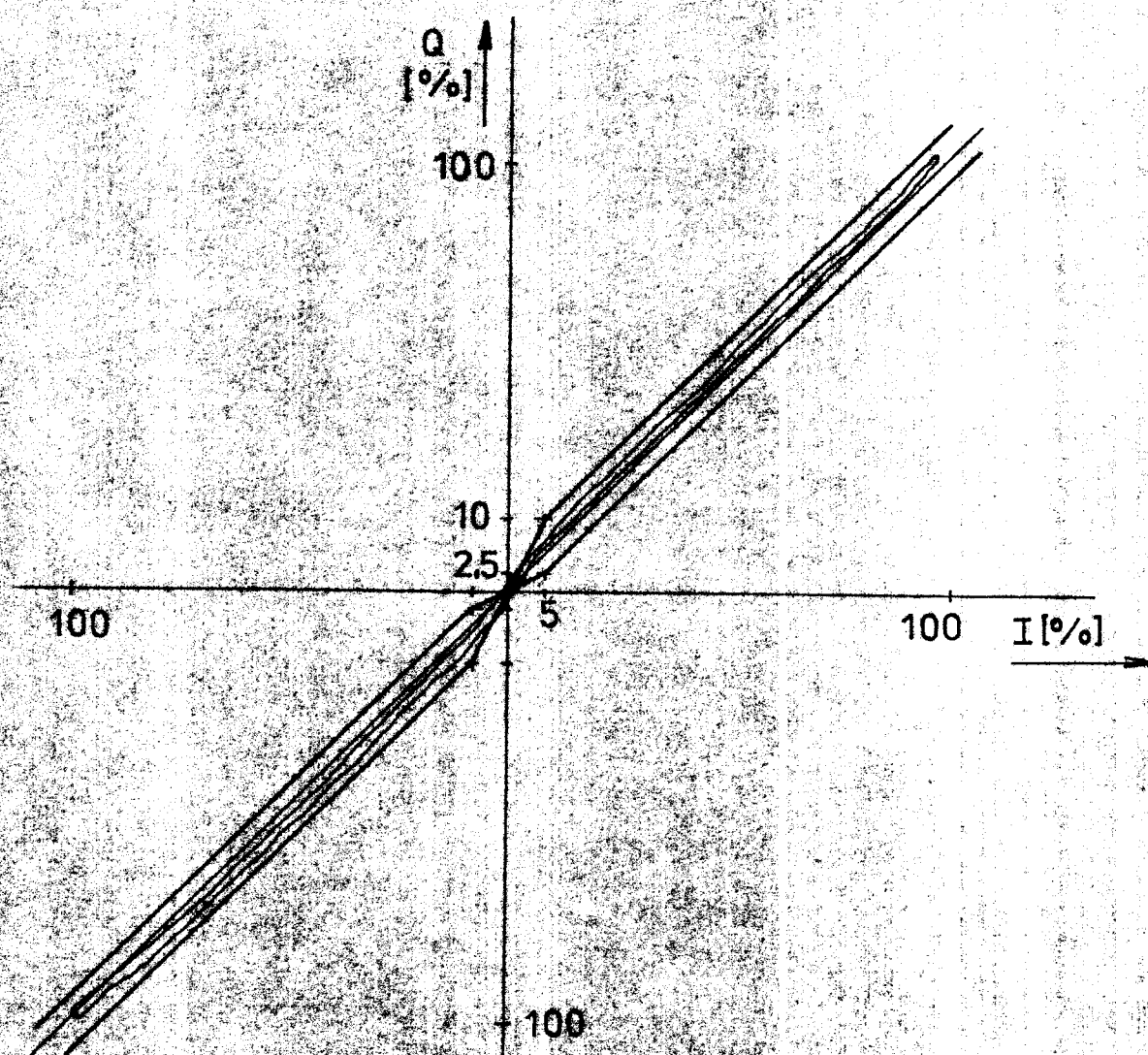
Obr. 11.

Složitější, ale přesnější způsob měření představuje zapojení dle obr. 12. Servoventil pracuje stále se jmenovitým napájecím tlakem a není nutný samostatný odpad z trysek. Tlakový spád se nastavuje škrticím ventilem nebo brzdou hydromotoru. Tlakový spád na servoventilu je dán vztahem (1), kde tlak p_o můžeme zanedbat.



Obr. 12.

Pro spojitý zápis průtokové charakteristiky při konstantním tlakovém spádu Δp_g se použije zapojení dle obr. 11. Na souřadnicový zapisovač se připojí signál řídicího proudu a signál tachodynamu. Při měření se zanedbá tlakový spád na hydromotoru i v odpadním potrubí, takže nastavením vstupního tlaku p_v regulací agregátu se zároveň nastaví Δp_g . Regulátor se budí harmonickým signálem s malou frekvencí (asi 0,1 Hz). Zapisovač spojitě zaznamená příslušnou průtokovou charakteristiku včetně vlivu nelinearit, aby měření mělo plnou hodnotu, je nutno osy grafického záznamu předem označovat v jednotkách proudu a průtoku. Není-li k dispozici zapisovač, je možno měření a vyhodnocení provést i na osciloskopu, nejlépe s paměťovým záznamem.



Obr. 13.

Průtokové charakteristiky se měří na pracovišti č.1.(obr.13).

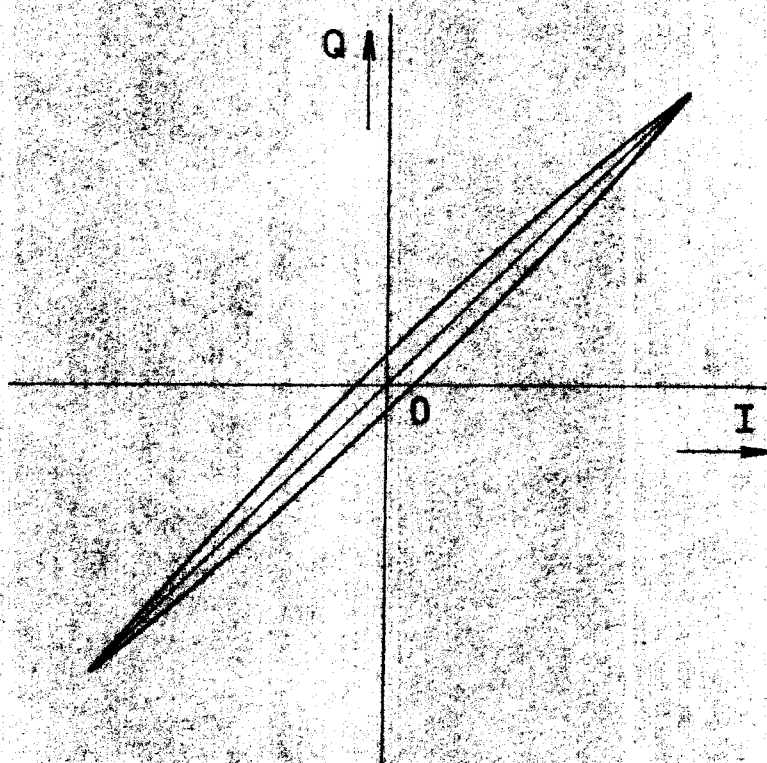
V pásmu signálu $\pm 5 \%$ je průtokové zesílení K_{qi} předepsané v mezích

$$50 \% \leq K_{qi} \leq 200 \% \quad (6)$$

V pásmu signálu $5 + 100 \%$ je průtokové zesílení předepsané v mezích

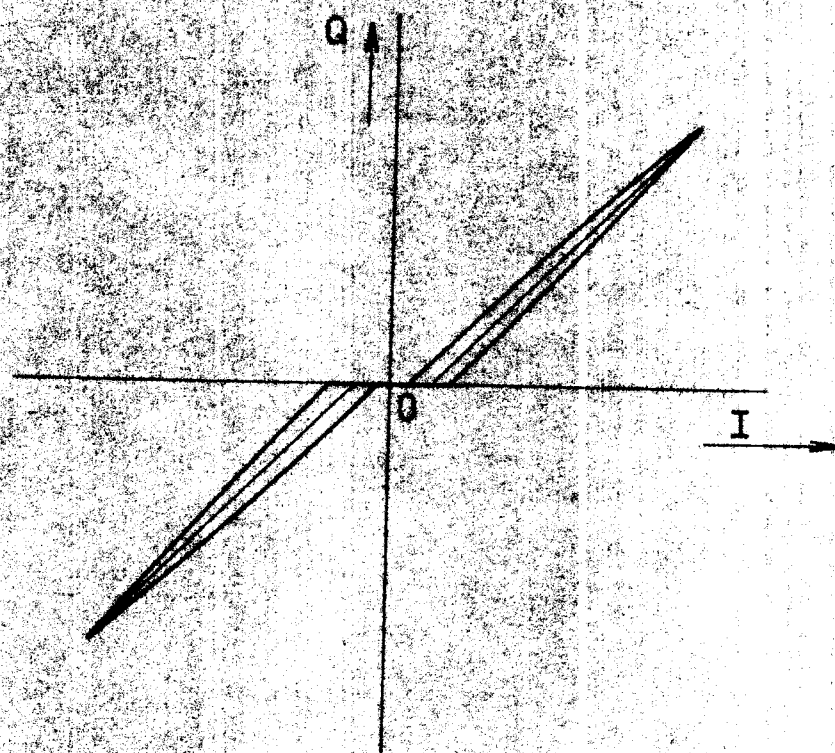
$$90 \% \leq K_{qi} \leq 110 \% \quad (7)$$

Na rozdíl od hydraulických rozváděčů, zhotovují se servoven-tily vesměs s nulovým překrytím řídících hran a s lineární průtokovou charakteristikou (obr.14.).



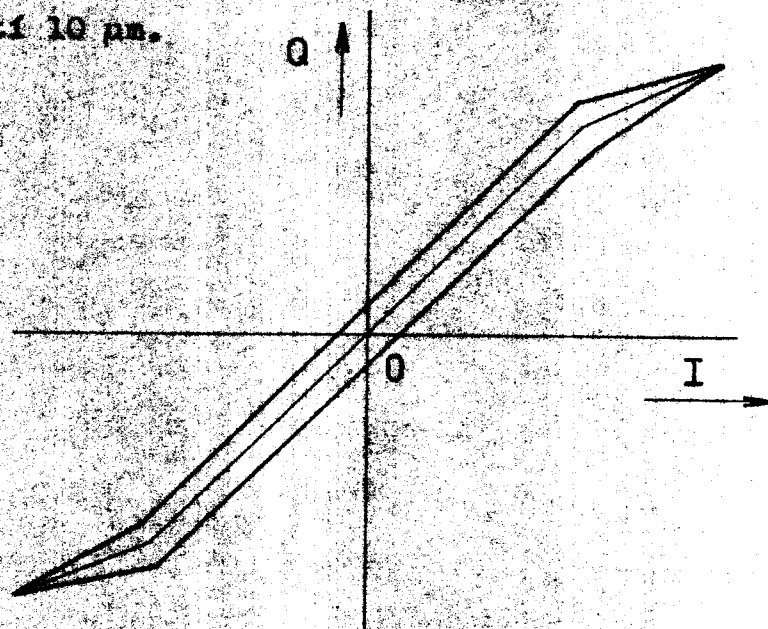
Obr.14.

Budou-li mít řídící hrany šoupátka pozitivní překrytí, byť i jen velmi malé, bude průtoková charakteristika vykazovat v okolí nuly pásmo necitlivosti (obr.15.). Pozitivní překrytí hran je využíváno tam, kde se vyžaduje absolutní odpojení obou vývodů k pohonu (např. u rychlostních serv). Není však přípustné u polohových servomechanismů.



Obr.15.

V případě záporného překrytí hran tj. nedokrytí hran, dostaneme lomenu průtokovou charakteristiku (obr.16.). Negativní překrytí hran je vždy spojeno se ztrátovým únikem oleje v nulové poloze servoventilu. Je tudíž většinou nežádoucí. K vytvoření negativního překrytí hran může však dojít i během provozu, v důsledku opotřebení (ošlehání) řídicích hran. Proto je nutné před vstup každého servoventilu zařazovat plnoprůtočný hydraulický filtr s filtrační schopností 10 μm .



Obr.16.

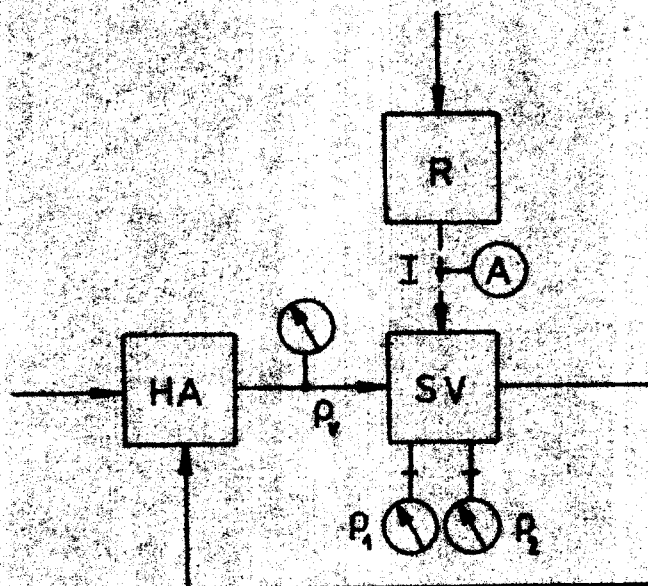
3.1.3 Tlakové charakteristiky

Tlaková charakteristika je závislost přírůstku tlakového spádu zátěže Δp_z na řídicím proudu I při nulovém pracovním průtoku Q . Z rovnice pro Q musí platit:

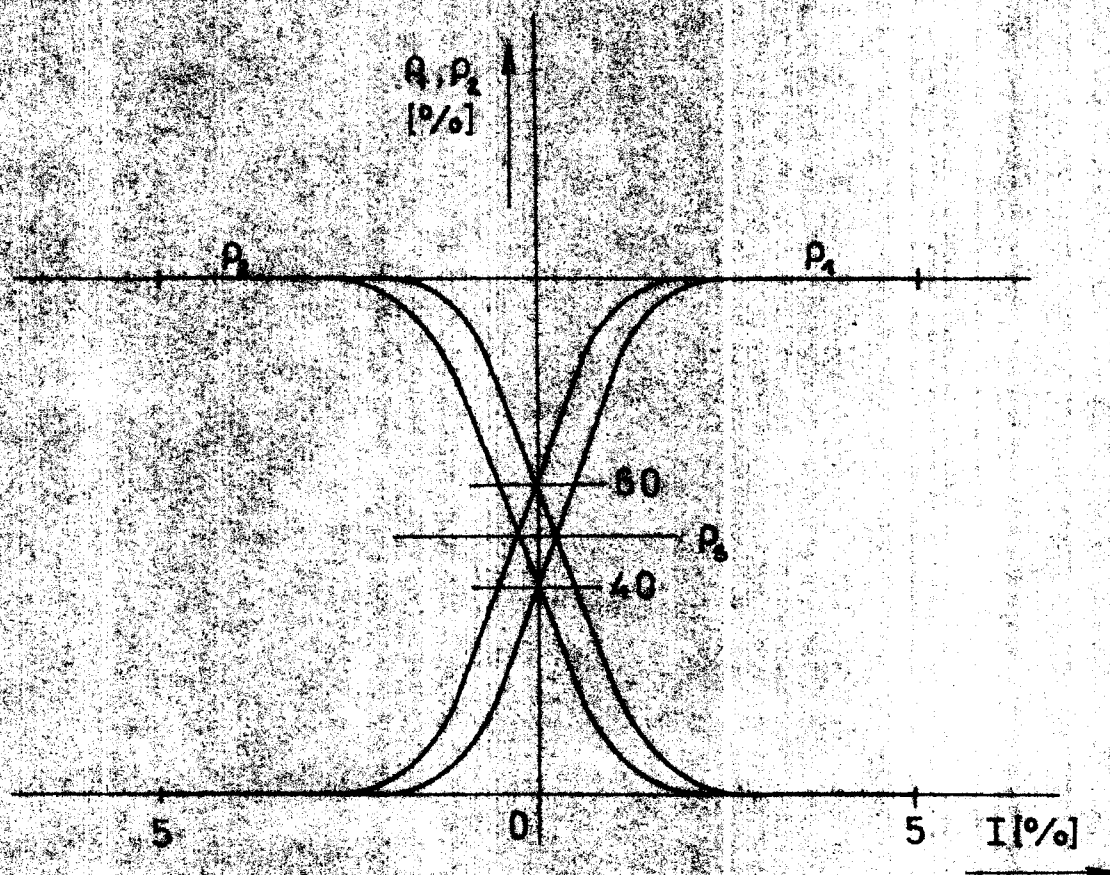
$$\sqrt{\Delta p_s} = \sqrt{p_v - \Delta p_z} = 0 \quad (8)$$

$$\Delta p_z = p_v \quad (9)$$

Měření tlakové charakteristiky je obvykle obtížnější, protože nárůst tlaku v závislosti na řídicím proudu je velmi strmý a probíhá v blízkosti nuly, kde se projevuje vliv výrobní nepřesnosti hran šoupátka. Může se projevit i nestabilita střední polohy šoupátka, která nedovolí změření průběhu tlakové charakteristiky. Protože tlaková charakteristika se měří při nulovém průtoku, zaslepují se při měření vývedy pro řízený průtok (obr.17.) a v místech zaslepení se měří závislost tlaků p_1 a p_2 na proudu I (obr.18.).



Obr.17.



Obr.18.

Podle naměřené závislosti, která je na obr.18., se také měří střední tlak. Pro přípustné hodnoty středního tlaku platí:

$$p_n = (0,4 + 0,6) p_n, \quad (10)$$

kde p_n je hodnota jmenovitého tlaku.

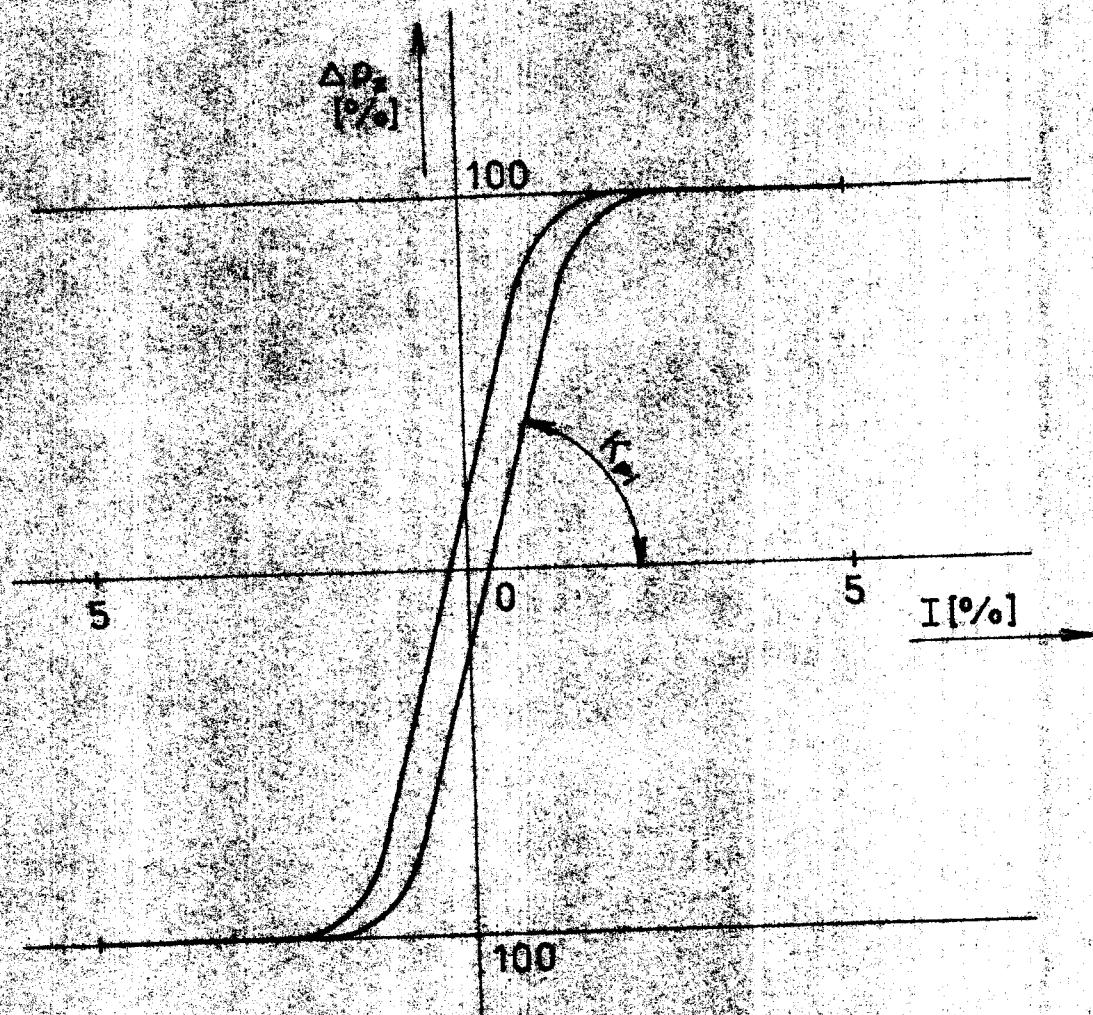
Pro tlakové zesílení K_{pi} platí vztah:

$$K_{pi} \geq \frac{0,3 p_n}{0,01 I_n}, \quad (11)$$

kde I_n je hodnota jmenovitého proudu. Geometrické znázornění tlakového zesílení je na obr.19.

Výsledná tlaková charakteristika se určí z rozdílu tlaků p_1 a p_2 podle vztahu (2). Viz obr.19.

Skutečné průběhy průtokové a tlakové charakteristiky zaznamenané na souřadnicovém zapisovači BAK 32 ukazují přílohy č. 4-KOM-OS-115/00-00-03 a č. 4-KOM-OS-115/00-00-04.

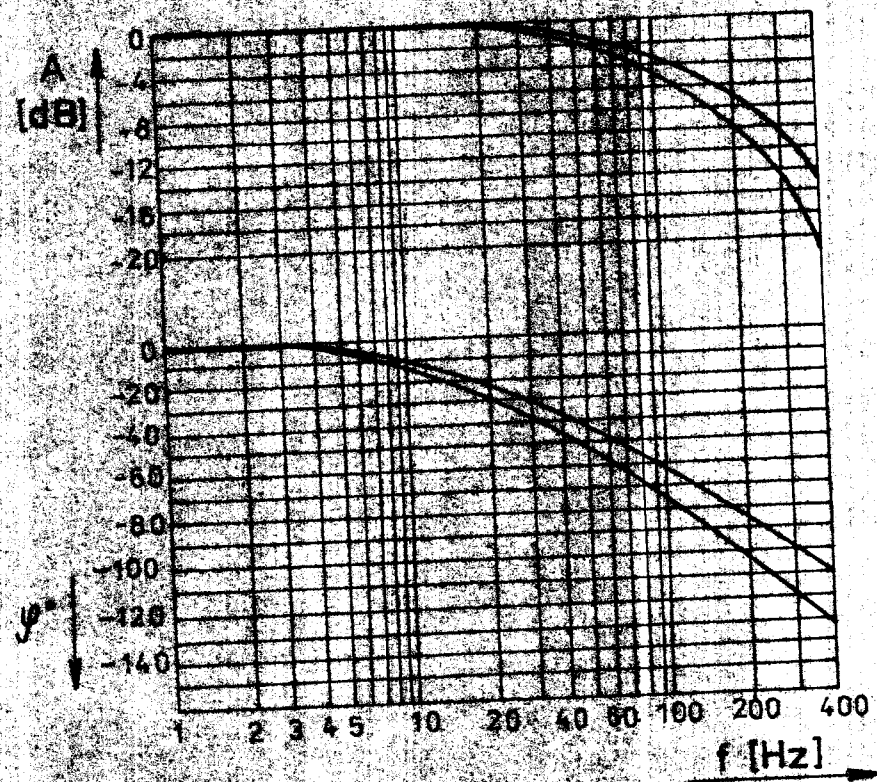


Obr.19.

3.2. Dynamické charakteristiky

Nejvíce používaná a dostupná metoda měření dynamických charakteristik je frekvenční metoda. Je založena na principu lineárních systémů u nichž harmonickým buzením dostáváme opět harmonickou odezvu stejné frekvence, ale s odlišnou amplitudou a fázově posunutou. Jestliže na vstup servoventilu přivedíme sinusový průběh řídicího proudu s konstantní zvolenou amplitudou a postupně měníme frekvenci, získáme z amplitudy a fázového posuvu sinusového průběhu dodávaného množství amplitudovou a fázovou frekvenční charakteristiku (obr.20.). Pro amplitudu platí:

$$A = 20 \log \frac{Q}{Q_n} \quad [\text{dB}] \quad (12)$$



Obz. 20.

4. MOŽNOSTI ÚPRAVY STÁVAJÍCÍHO ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ

V nedávné době byl zpracován v závodě TOS Vrchlabí technologický projekt na rozšíření výroby servotechniky, ve které je uvažováno s rekonstrukcí stávajícího zkušebního zařízení. Zkušebna bude rozdělena opět na dvě základní části, t.j. na vlastní zkušebnu a na zdrojovnu. Z důvodu jednotnosti a možnosti náhrady budou použity typizované stavebnicové zdroje. Budou to hydraulické agregáty typu SA3-250 vybavené hydrogenerátory s průtokem $63 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ a provozním tlakem 16 MPa. Tyto hydrogenerátory jsou vybaveny regulací na konstantní tlak. V obvodu je udržován tlak nastavený řídicím ventilem a průtok se automaticky přizpůsobuje skutečné spotřebě při minimálních ztrátách energie. Tlakový ventil je nastavený o 1,5 MPa nad provozní hodnotu tlaku a jistí obvod proti přetlaku. Hydraulické agregáty budou vybaveny vodními chladiči a jemnými tlakovými filtry Hoog o filtrační schopnosti 5 μm . Tyto hydraulické agregáty budou z důvodu snížení hluku na zkušebně umístěny v samostatném prostoru zdrojovny. Vlastní zkušebna bude osazena řadou jednoúčelových zkušebních zařízení a centrálním zařízením pro rychlé snímání a vyhodnocování konečných zkoušek servoventilů a servopohonů - měřicí ústřednou.

Pro technologické zkoušky bude z kapacitních důvodů postačovat jedno pracoviště, na kterém se bude provádět dynamický záběh dvojice pouzdra - šoupátka (pouzdro hotové, šoupátko zalícované do pouzdra s přídatkem na opracování hran). Na druhém přípravku se bude provádět proplach kostky servoventilu bez předřadných trysek a na třetím proplach kostky s předřadnými tryskami. Je též možné sloučit druhý a třetí přípravek v jeden.

V zadaném úkolu je požadována úprava zkušebního zařízení,

kteřá spočívá v tom, že má být možné provádět záznam průtokových a tlakových charakteristik při jednom opnutí servoventilu. To umožní měření řízené pomocí počítače.

Servoventil se upne na měřicí hydromotor. Ten má na jednom konci hřídele pružnou spojku, přes kterou je připojeno tachodynamo K5A - výrobce MEZ Náchod - a na druhém konci je kotouč se zářezy pro spínač otáček. Mezi měřicí hydromotor typu MRAK 5-40 - výrobce TOS Vrchlabí - navrhují napájecí kostku s rotačním šoupátkem, které bude bez tlaku dálkově ovládáno. Dálkové ovládání otáčení rotačního šoupátka je navrženo ve třech alternativách.

1. V prvním návrhu by bylo možné použít kyvný hydromotor vlastní konstrukce. Tlaková kapalina je k dispozici od zkušebního stavu. Ovládání kyvného hydromotoru si vyžádá rozšíření hydraulického obvodu zkušebního stavu o miniaturní elektromagnetický rozváděč typu RSE1-042 R11/22050-1 a redukční ventil. Oba tyto prvky možno použít ze stavebnice hydraulického agregátu, který vyrábí také TOS Vrchlabí. Otáčení rotačního šoupátka se bude provádět bez tlaku, což si vyžádá velmi malý krouticí moment. Je však možno, zabudováním redukčního ventilu, tento krouticí moment měnit změnou redukovaného tlaku.
2. Ve druhém návrhu uvažují otáčení rotačního šoupátka malým přímočarým hydromotorem. Ozubení na pístnici zabírá do pastorku, který je nasazen na šoupátku a společným záběrem dojde k otočení o úhel 90° . Mezi náhon a rotační šoupátko je v obou případech vložen pružný člem umožňující seřízení krajních poloh šoupátka. Také v tomto případě by musel být hydraulický obvod rozšířen o elektromagnetický rozváděč RSE1-042-R11/22050-1 a o redukční ventil.

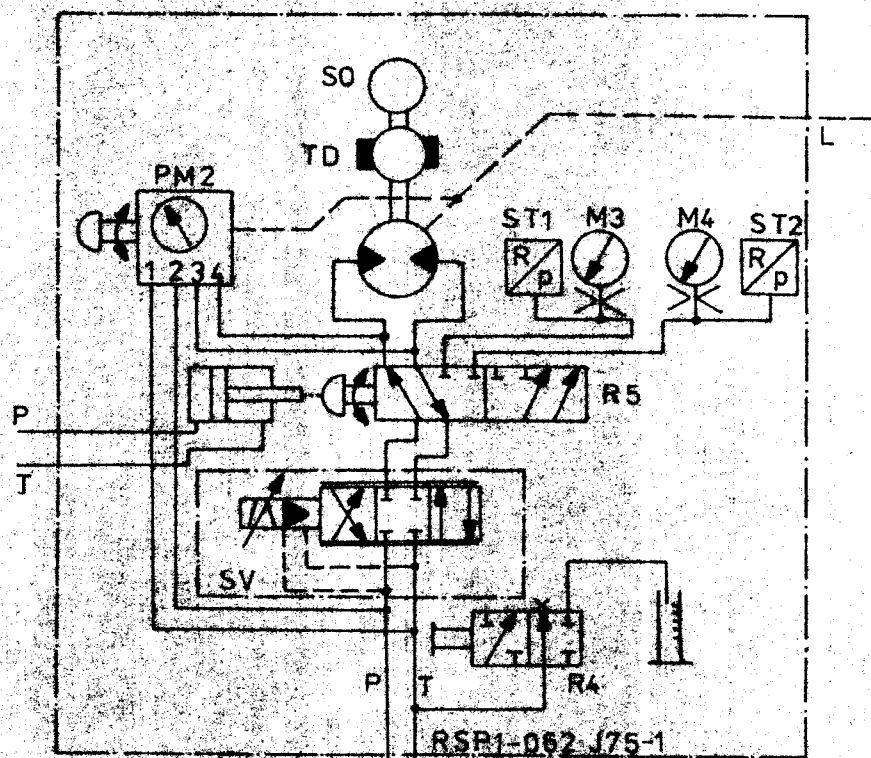
3. Ve třetím případě by bylo možné použít pneumatický kyvný motor vyráběný rakouskou firmou FESTO. V tomto případě by musel být ve zkušebně zavedený tlakový vzduch, odlučovač vody ze vzduchu, rozváděč a filtr. Z tuzemské výroby by bylo možné pro tento účel použít rozvodnou skříňku OSK-A, kterou vyrábí ZPA Prešov. Potřebné informace o uvedeném pneumatickém kyvném motoru jsem si vyžádal u zástupce firmy FESTO, která má u nás zastoupení a dodává většinu pneumatických ovládacích prvků do ČSSR. Protože závod nemá možnost si tyto pneumatické prvky obstarat z dovozu, bude výhodnější použít pro tento případ pohon hydraulický, který je možné sestavit z tuzemských řídicích prvků.

5. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NAPÁJECÍ KOSTKY A OVLÁDÁNÍ REŽIMŮ MĚŘENÍ SERVOVENTILU

Po konzultaci o jednotlivých návrzích se ukázalo, že výrobnímu záводу bude nejvíce vyhovovat druhý návrh, neboť po výrobní stránce je nejjednodušší. První alternativa, která počítá s použitím kyvného hydraulického motoru, by si vyžádala poměrně obtížnou výrobu křídla tohoto motoru. Zvláště provedení co nejdokonalejšího těsnění křídla by bylo velmi složité a vyžádalo by si použití speciálního těsnění. O důvodech nevhodnosti použití pneumatického kyvného motoru bylo pojednáno v předešlé kapitole. Dále je podrobně propracován druhý návrh.

5.1 Napájecí kostka

Pro zvolené řešení bylo třeba navrhnout napájecí kostku tak, aby splňovala požadavek pro měření tlakových a průtokových charakteristik na jedno upnutí servoventilu. Kostka je konstruována podle hydraulického schématu dle obr.21.

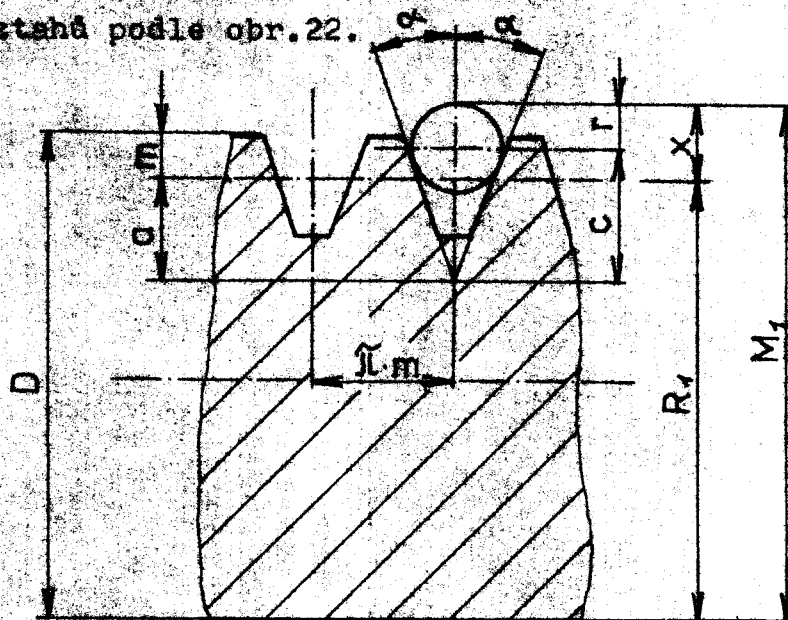


Obr. 21.

V napájecí kostce (číslo výkresu 1-KOM-OS-115/01-00-01) je vyroben přesný otvor, ve kterém se o 90° otáčí rotační šoupátko (č.v. 4-KOM-OS-115/01-00-03) a tím představuje kanály pro tlakové nebo průtokové charakteristiky. Vzniklé prosaky jsou odváděny do společného potrubí. Připojovací rozměry na kostce jsou navrženy pro servoventily SV 4 a SV 5.

5.2. Dálkové ovládání

Aby bylo umožněno dálkové ovládání natáčení rotačního šoupátka je k napájecí kostce připevněno dvěma šrouby těleso (č.v. 3-KOM-OS-115/01-00-06), ve kterém se pohybuje píst přímočarého hydromotoru (č.v. 4-KOM-OS-115/01-00-07). Ve střední části pístu je vyfrézováno hřebenové ozubení. Pro výrobu ozubení bylo třeba vypočítat míru přes válečky. Výpočet je odvozen z geometrických vztahů podle obr.22.



Obr.22.

$$c = \frac{r}{\sin \alpha} \quad (13)$$

$$a = \pi_{m.} \frac{\cotg \alpha}{4} \quad (14)$$

$$x = c + r - a \quad (15)$$

$$x = \frac{r}{\sin \alpha} + r - \pi \cdot m \cdot \frac{\cotg \alpha}{4} =$$

$$= r \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha} \right) - \pi \cdot m \cdot \frac{\cotg \alpha}{4} \quad (16)$$

Průměr válečku volím $d = 2,00$ mm pro modul ozubení $m = 1,00$ mm a pro úhel záběru $\alpha = 20^\circ$.

Potom platí:

$$x = 1 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin 20^\circ} \right) - \pi \cdot 1 \cdot \frac{\cotg 20^\circ}{4} = 1,766 \text{ mm}$$

Pro míru přes válečky platí:

$$M_1 = R_1 + x \quad (17)$$

kde $R_1 = D - m$

Průměr pístu: $D = 14,9$ mm

$$R_1 = 14,9 - 1 = 13,9 \text{ mm}$$

$$M_1 = 13,9 + 1,766 = \underline{15,666 \text{ mm}}$$

Do hřebenového ozubení zabírá pastorek (č.v. 3-KOM-OS-115/01-00-05), který je spojen s rotačním šoupátkem pomocí pružného členu (č.v. 4-KOM-OS-115/01-00-04). Ten také slouží k nastavení krajních poloh šoupátka. Zdvih pístu je dán velikostí dráhy potřebné k tomu, aby se pastorek otočil přesně o 90° a aby tak bylo umožněno potřebné propojení hydraulického obvodu. Velikost zdvihu je tedy taková, jaká přísluší jedné čtvrtině obvodu roztačné kružnice pastorku. Platí:

$$h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \quad (19)$$

$$d = m \cdot z \quad (20)$$

$$h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot m \cdot z \quad (21)$$

Pro zvolený počet zubů $z = 24$ bude zdvih pístu:

$$h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1.24 = 18,85 \text{ mm} \approx \underline{\underline{18,8 \text{ mm}}}$$

Axiální poloha rotačního šoupátka je zajištěna předpětím od pružiny. Tato pružina působí na šoupátko přes kuličku, aby bylo zajištěno jeho snadné otáčení. Šoupátko je vyrobeno z nástrojové manganovanočové oceli 19 314, která má velmi dobrou stálost rozměrů při tepelném zpracování, dobrou houževnatost i odolnost proti opotřebení. Šoupátko je v kostce nalícováno s vůlí $4+6 \text{ } \mu\text{m}$. Na jeho povrchu jsou vyrobeny kanálky, které svádí vzniklé prosaky do společného potrubí pro odvod prosaků.

Jelikož při měření průtokových charakteristik dochází ke vzájemnému překrytí dvou stejně velkých otvorů a je třeba, aby se tyto otvory překrývaly poměrně přesně, je kladen důraz na přesné polohování rotačního šoupátka. To se docílí správným seřízením polohy ledvinkovité drážky v pružném náboji. Pružný náboj je nasazený na hřídel pastorku. Tato hřídel je dutá a dvakrát podélně rozříznutá. Po správném seřízení polohy šoupátka následuje utažení stahovacího šroubu v pružném náboji. Tím dosáhneme pevné spojení s čepem šoupátka. To dovoluje dokonalý přenos krouticího momentu z pastorku na rotační šoupátko. Na levé straně hřídele pastorku je zářez pro šroubovák, který slouží pro pomocné ruční ovládání natáčení šoupátka v případě poruchy elektrohydraulického ovládání.

Aby nedocházelo k natáčení pístu kolem podélné osy po dobu jeho pracovního zdvihu, je v pístu vyfrézována drážka, do které zapadá kolík. Ten zachycuje nežádoucí krouticí momenty působící kolem osy pístu. Těsnění pístu je provedeno pomocí „O“ kroužků.

Prívod tlakové kapaliny je z hlavního zdroje přes redukční

ventil umožňuje nastavení redukovaného tlaku (příloha č. 3-KOM-OS-115/00-00-02). Dále je kapalina vedena do miniaturního rozváděče a odtud na jednu nebo na druhou stranu přímočarého hydromotoru. Tlaková kapalina je vedena přesnými ocelovými trubkami o světlosti Js4.

K napájecí kostce je pomocí desky (č.v. 4-KOM-OS-115/01-00-09) připevněn nástavec (č.v. 4-KOM-OS-115/01-00-10), ke kterému jsou napojeny tlakové snímače a kontrolní manometry sloužící pro odečítání hodnot tlaku naměřeného při tlakových charakteristikách.

Vlastní zkušební pracoviště (č.v. 1-KOM-OS-115/01-00-00) sestává z upínacího úhelníku, který je přišroubován na stůl zkušebního stavu a nese rotační hydromotor MRAK5-40-1. Z jedné strany hydromotoru je na hřídel pomocí spojky napojeno tachodynamo K3A, které vyrábí MEZ Náchod. Je to stejnosměrný stroj, jehož napětí je úměrné měřenému počtu otáček. Toto tachodynamo při otáčkách 1000 min^{-1} indukuje napětí 20 V. Na druhém konci hřídele hydromotoru je připevněn kotouč snímáče otáček. Kotouč má po obvodu zářezy, které jsou osvětlovány zdrojem světla. Světelný tok zdroje dopadající na fotenku je přerušován zářezy kotouče a tím jsou od fotonky vytvářeny proudové impulzy. Amplituda, časové trvání, četnost a kmitočet impulzů závisí na otáčkách hydromotoru. Napájecí kostka je připevněna k hydromotoru pomocí připojovací desky (č.v. 4-KOM-OS-115/01-00-02). Tyto části tvoří kompaktní celek. Napájecí kostka a připojovací deska jsou utěsněny „O“ kroužky.

Protože toto uvedené zkušební zařízení musí z ekonomických důvodů sloužit i pro zkoušky servoventilů SV 6, které mají jiné připojovací rozměry než servoventily SV 4 a SV 5, bylo třeba

také navrhnout redukční připojovací desku (č.v. 3-KOM-OS-115/
/01-00-13) . Tato redukční deska se upevní mezi napájecí kostku
a servoventil. Těsnění bude opět pomocí „O“ kroužků.

6. UPÍNÁNÍ SERVOVENTILŮ

Na uvedeném zkušebním zařízení budou upínány servoventily SV 4, SV 5 a SV 6 s různými připojovacími rozměry. Z toho důvodu a z důvodu malého počtu vyráběných servoventilů bylo dohodnuto, že se servoventily budou upínat na zkušební zařízení pomocí upínacích šroubů. Toto upínání má výhodu v tom, že horní část servoventilu je naprosto volná a tudíž je k němu dobrý přístup při mechanickém seřizování.

7. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO SERVOVENTILY

Pro hodnocení efektivnosti zkušebního zařízení pro servoventily s možností provádění tlakových a průtokových charakteristik na jedno upnutí zkoušeného servoventilu s využitím měřicí ústředny CIS 3000/X bylo použito platné metodiky „Hodnocení efektivnosti strojů a zařízení“ vydané SBČS Praha. Podle této metodiky byl podrobně vypracován kmenový list.

Měření a vyhodnocování průtokových a tlakových charakteristik dle stávajících technologických postupů provádí jednicový pracovník 8. kvalifikační třídy a trvá 72 normominuty (1,2 normohodiny). Zavedením měřicí ústředny dojde ke zkrácení zkušební doby na 30 normominut (0,5 normohodiny).

Ve výpočtu jsou mzdy pracovníka včetně sociálních dávek ohodnoceny na 40 000 Kčs/rok. Ostatní náklady jsou tvořeny dílenskou režii 360 % a celkové náklady jsou tvořeny mzdami, režijemi a odpisy. Odpisy pro měřicí zařízení jsou stanoveny 10 %.

Za výkony byly použity průměrné výkony pracovníků hydrauliky, což činí cca 350 000 Kčs na pracovníka za rok.

Investiční náklady na zkušební zařízení včetně měřicí ústředny CIS 3000/X - výrobek n.p. Metra Blansko - po upřesnění hardwaru činí 450 000 Kčs.

7.1. Kmenový list

Pro zdůvodnění strojů a zařízení, souboru těchto strojů, přístrojů, nářadí a montáže, nezahrnutých do rozpočtů staveb (dále jen SZMR).

Část A		u všech SZMR					
1 Název a typ SZMR					2 Počet kusů		
Zkušební zařízení servoventilů s vyhodnocováním měřicí ústřednou					1		
Realizace SZMR							
3 Zahájení realizace (měs./rok) 01/87		4 Navedení do provozu (měs./rok) 06/87		5 Země dovozu ČSSR			
6 Charakter SZMR							
7 druh	8 účel	9 zařazení	10 skupina	11 tech. úroveň	12 řád inovace		
IS	RP	HC	VS	11	5		
Jednorázové náklady (v tis. Kčs) hrazené:							
13 z invest. prostředků		450	18 dovoz z NSZ deviz fco				
14 z ř. 13 zahr. do inv. výst.			19 z toho z NSZ fco b. úroku				
15 z ř. 14 dovoz z NSZ			20 dovoz ze SZ fco				
16 z ř. 14 dovoz z SZ			21 z převedených prostředků				
17 z ř. 13 úvěr			22 D N Ů				
Hodnota likvidovaných a vyřazovaných základních prostředků (v tis. Kčs)							
23 pořizovací		24 zůstatková		25 výtěžek z likvid. ZP			
26 Doba odpisování SZMR v letech podle platných předpisů					10		
27 Cíl akce a mimoekonomické účinky							
Automatizace finálních zkoušek výrobku a vyhodnocování technických parametrů							
Ostatní údaje, charakterizující SZMR				měr. j.	stave. stav	po realiz.	stupeň využ.
27.1 Časové využití základních prostř.				hod.	1800	1800	100%
27.1.1 z toho jmenovitě hlavní SZMR				hod.	1800	1800	100%
27.1.2							
27.2 Technické (výkonové) parametry							
27.2.1 z toho jmenovitě hlavní SZMR							
27.2.2							
27.3 Kapacita v měrových jednotkách							
27.4 Do formuláře Příloha IV-2 je akce zařazena na ř. oddíl							

Část B		jen u SZNR s vyčíslitelnými ekonomickými účinky				
	28	Prostor hodnocení:				
	29	Nároky a účinky v tech. jednotkách a v tis.Kčs (roční)	Souč. stav (sr) 1986	srovn. základ (sr)	Stav po realiz. SZNR (sr) 1990	Změny realiz. absol. rel. sl.3-1sl.3-2
			1	2	3	4 5
Reční nároky a účinky v tis.Kčs	30	Výkony v technických jednotkách (i=2,08)	1200	2496	2500	+1300 x
	31	Počet pracovníků	1,72	3,58	1,72	0 -1,86
	31.1	Počet dělníků	0,72	1,5	0,72	0 -0,78
	31.2	Počet dělníků v hlavní (první) směně	1	2,08	1	0 -1,08
	32	Koeficient směnnosti	1		1	x
	33	Spotřeba el.energie v tis.kWh	nedojde k výraznější změně			
	34	Spotřeba paliva v tnp	"		"	"
	35	Spotřeba kovů v t	"		"	"
	36	Podlahová plocha v m ²	"		"	"
	37					
	38					
	40	Výkony (index růstu i = 2,08)	600	1248	1248	648 x
	41	Vývoz do NSZ fco		x		x
	41.1	Vývoz do NSZ ve VC		x		x
	42	Vývoz do SZ fco		x		x
	43	Spotřeba surovin a materiálů	neovlivňuje			
	44	Neinvestiční z NSZ fco		x		x
	44.1	dovoz		x		x
	45	ze SZ fco		x		x
	46	Odpisy ze zákł. prostředků celkem	0		45	45 +45
	47	Mzdy a ost. odměny za práci celkem	30	62,4	30	0 -32,4
	48	Ostatní náklady	108	224,6	108	0 -116,6
	48.1	z toho spotř. paliv, energií a RM				
	48.2					
	49	Náklady celkem (ř.43+46+47+48)	138	287,4	183	-104,4
	50	Zisk (ř.40-49)				
	51	Základní prostředky v pořiz.hodn.	0		450	450

Ukazatele doporučené stanovené pro hod.	52	Nákladová návratnost (ř.13-25):ř.49sl.5	let	4,33
	53	Zisková návratnost(ř.13-25):ř.50sl.4	let	
	54	Návratnost při absol.úspoře paliv, energií a pohonných hmot	let	
	55	Návratnost při absol.úspoře pracovníků	let	
	56	Devizová návratnost zvýšením vývozu ev.úsporou dovozu	let	
	57			
	58	Růst produktivity práce	%	108
	59	Investiční náklady na úsporu pracovníka	tis.Kčs	

Z kmenového listu je zřejmé :

1. jde o progresivní modernizaci splňující podmínky SBČS, t.j. akce nezvyšuje počet pracovníků, nevyžaduje nároky na podlahové plochy, nesnižuje směnnost a zvyšuje se produktivita práce o více než 60 % dosahuje se 108 % .
2. nákladová návratnost je kratší než 50 % TEŽ (technická ekonomická životnost měřicí ústředny) , t.j. $4,33 < 5$
3. jednoznačně jde o vysoce progresivní akci ve svých ekonomických účincích.

7.2. Mimeoekonomické účinky

Mezi mimoekonomické účinky je nutno počítat:

1. zvyšuje se podíl automatizace při zkouškách a měření
2. vylučuje se vliv obsluhy na průběh a kvalitu měření
3. měřicí ústředny je možno využít pro „statickou regulaci výrobních procesů“, t.j. trvalé sledování a vyhodnocování naměře-

ných parametrů

4. získají se poznatky pro další automatizaci finálních zkoušek jiných výrobků závodu.

8. ZÁVĚR

Tento úkol byl zadán závodem TOS Vrchlabí z důvodu nutnosti řešit problematiku automatizace zkoušení servoventilů.

Úroveň strojírenství je podmíněna vysokou kvalitou jednotlivých komponentů, z nichž strojírenský obor 336 - hydraulické prvky a agregáty patří mezi nejrychleji se rozvíjející obor.

Současný vývoj hydraulických prvků kladé požadavky na zvýšení technické úrovně výrobků, zvýšení společenské produktivity práce, snižování spotřeby energie a materiálu.

Úkol zadáný pro tuto diplomovou práci byl řešen tak, aby výroba byla co nejjednodušší a nejekonomičtější. Bylo použito pouze prvků vlastní výroby.

S ohledem na to, že obor servotechniky se stále rozvíjí, je třeba počítat s dalšími změnami a modernizací zkušebního zařízení.

P o d ě k o v á n í

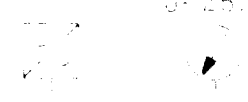
Závěrem bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce s.Doc.Ing. Josefu Cerhovi CSc. a pracovníkům závodu Hydraulika Vrchlabí, hlavně s.Ing. Antonínu Chalupovi, za jejich pomoc a cenné připomínky při vypracování diplomové práce.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

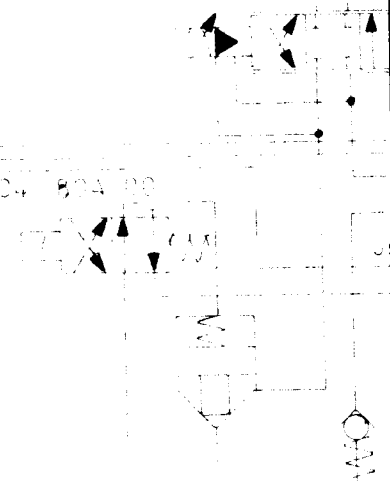
- /1/ Kopáček, J. : Hydraulické mechanismy. VŠB, Ostrava 1970
- /2/ Souček, P. : Servomechanismy. ČVUT, Praha 1982
- /3/ Vávra, Z. : Elektrohydraulické servopohony pro číslicově řízené obráběcí stroje. VUT, Brno 1973
- /4/ Kopáček, J. a kol. : Projektování hydraulických systémů. Dům techniky ČSVTS, Ostrava 1980
- /5/ Přímá literatura

MĚŘENÍ TLAKOVÝCH CHARAKTERISTIK

V2
0-25 MPa



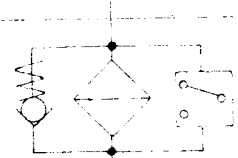
MRP52-4204 004 00



M1
0-25 MPa



VP2-04

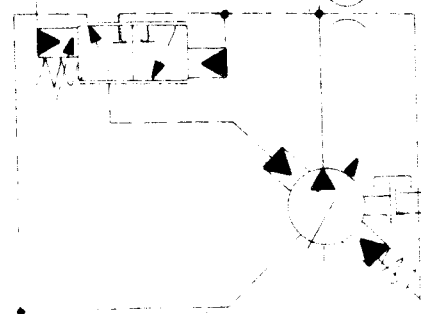


VP2-20-1/00

Js 20



VP2-04-00



H31
PPAR 1-53-42

KF 1801 0-20 MPa 1-60 MPa
380 V, M101

Js 32

MĚŘENÍ TLAKOVÝCH CHARAKTERISTIK

V2
0-25 MPa



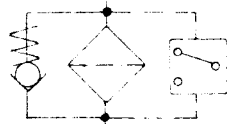
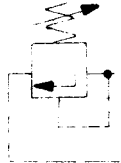
MĚŘENÍ TLAKY

MRPS2-4704-80A/00

M1
0-25 MPa



VP2-04



VP2-10-1/00

VP2-20-1/00

Js 20



H31
PPAR 1-63-42



4E 1801 0-25 MPa, 1+50 mm
380 V, M101

Js 34

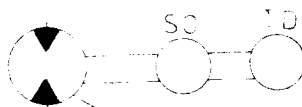
3

5 MPa



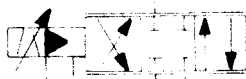
MĚŘENÍ SERVOVENTILU

MRA 4-40/0



RPR2-4205-82/00

MĚŘENÝ SV



N1

0-16 MPa

MRPS2-4204-80A/00



Js 20

1-16-005-02



1-16-005-02

ROZVODNÁ KOSTKA

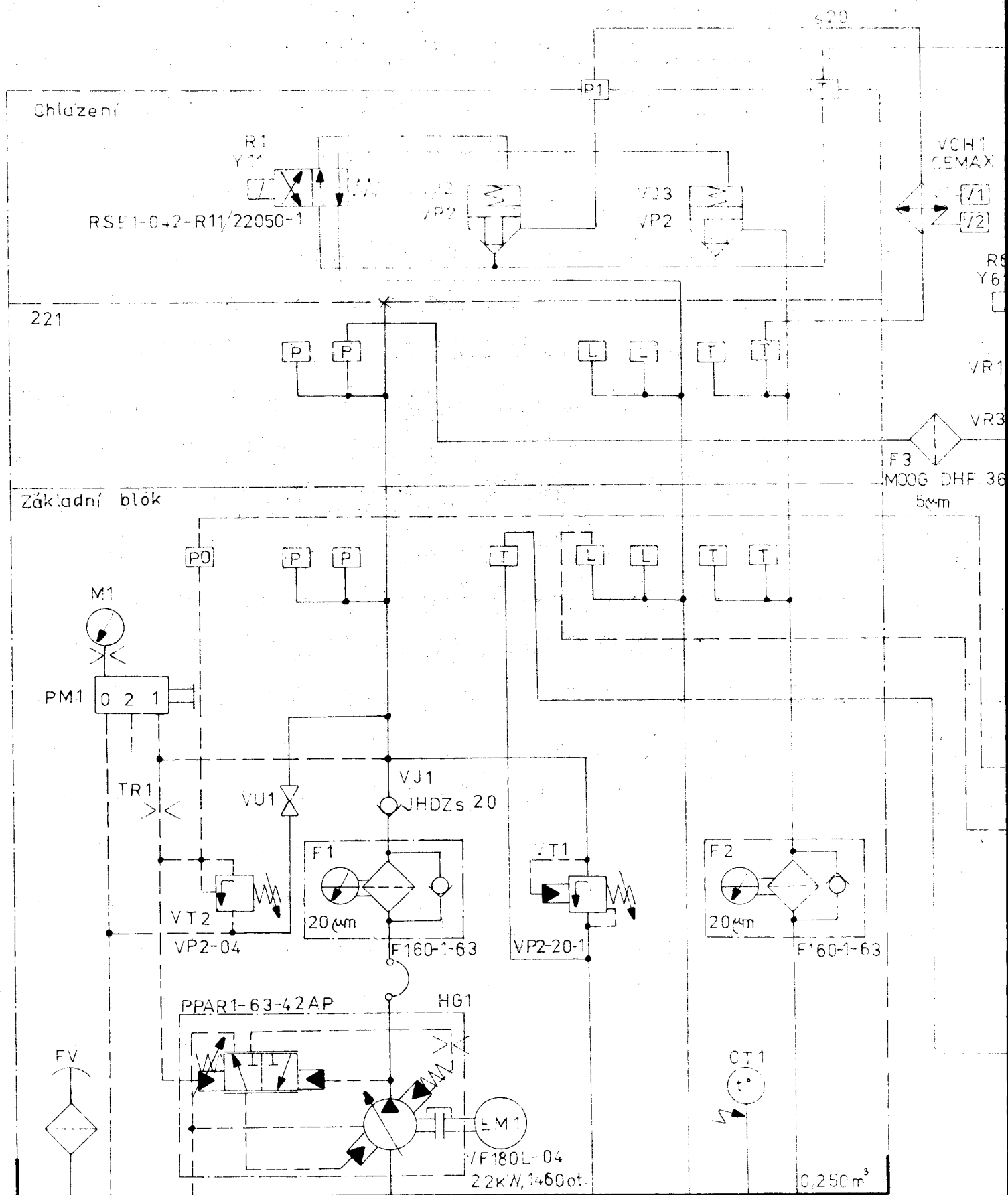
25

Js10

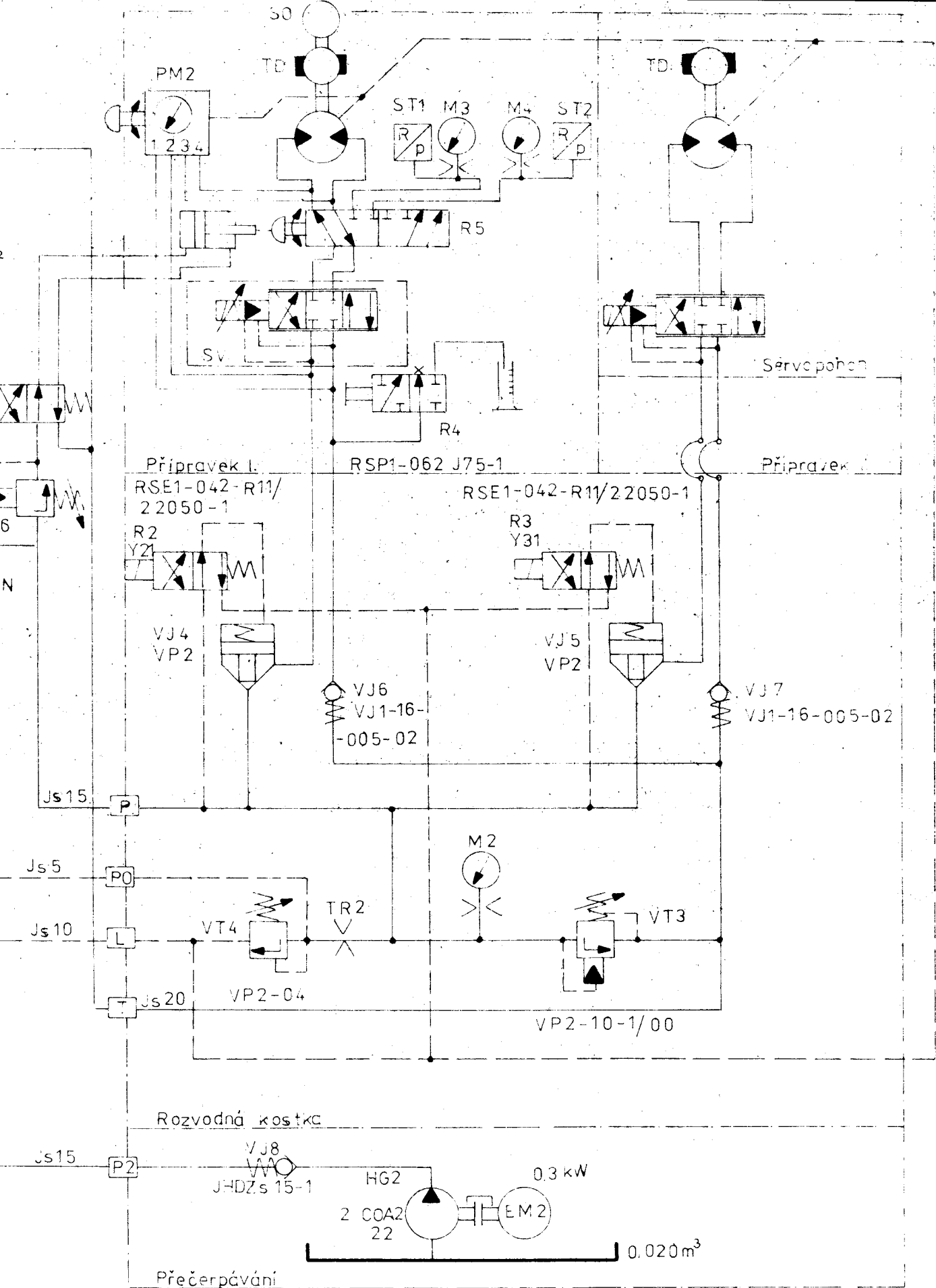
134 1386

HYDRAULICKÉ SCHEMA
- PŮVODNÍ STAV -

3-KOM-OS-115/00



SA3-250-00-0.221



KRESLIL

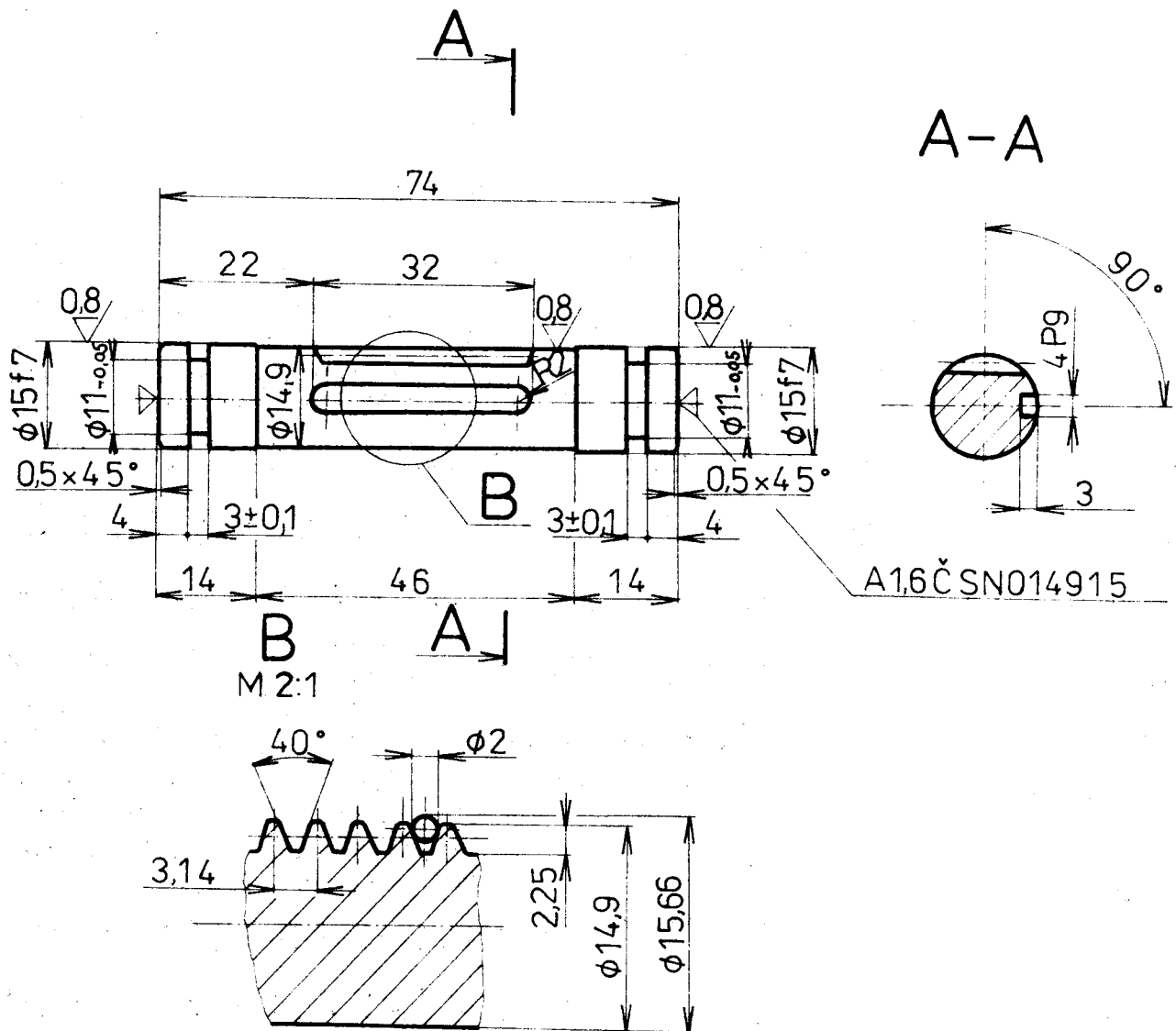
134 1986

Kolic

HYDRAULICKÉ SCHEMA
-NAVRŽENÝ STAV

3-KOM-OS-115/00-00-02

1,6
▽ (▽)



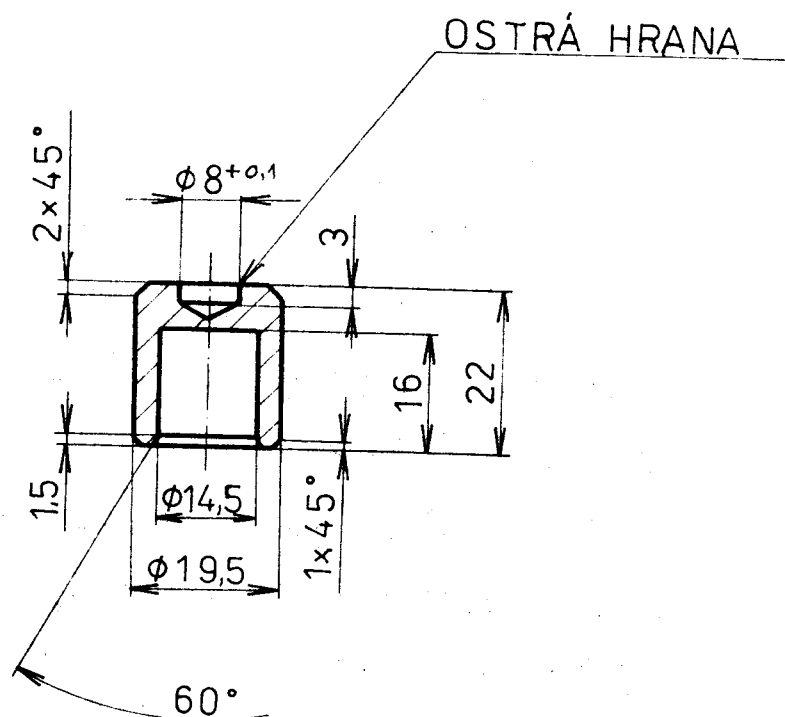
116000
 $\phi 18-78$ ČSN 425510 001

1:1

7.2.1986 Holc

PÍST

4-KOM-OS-115/01-00-07



11 109.0
 $\phi 20-25$ ČSN 426510 003

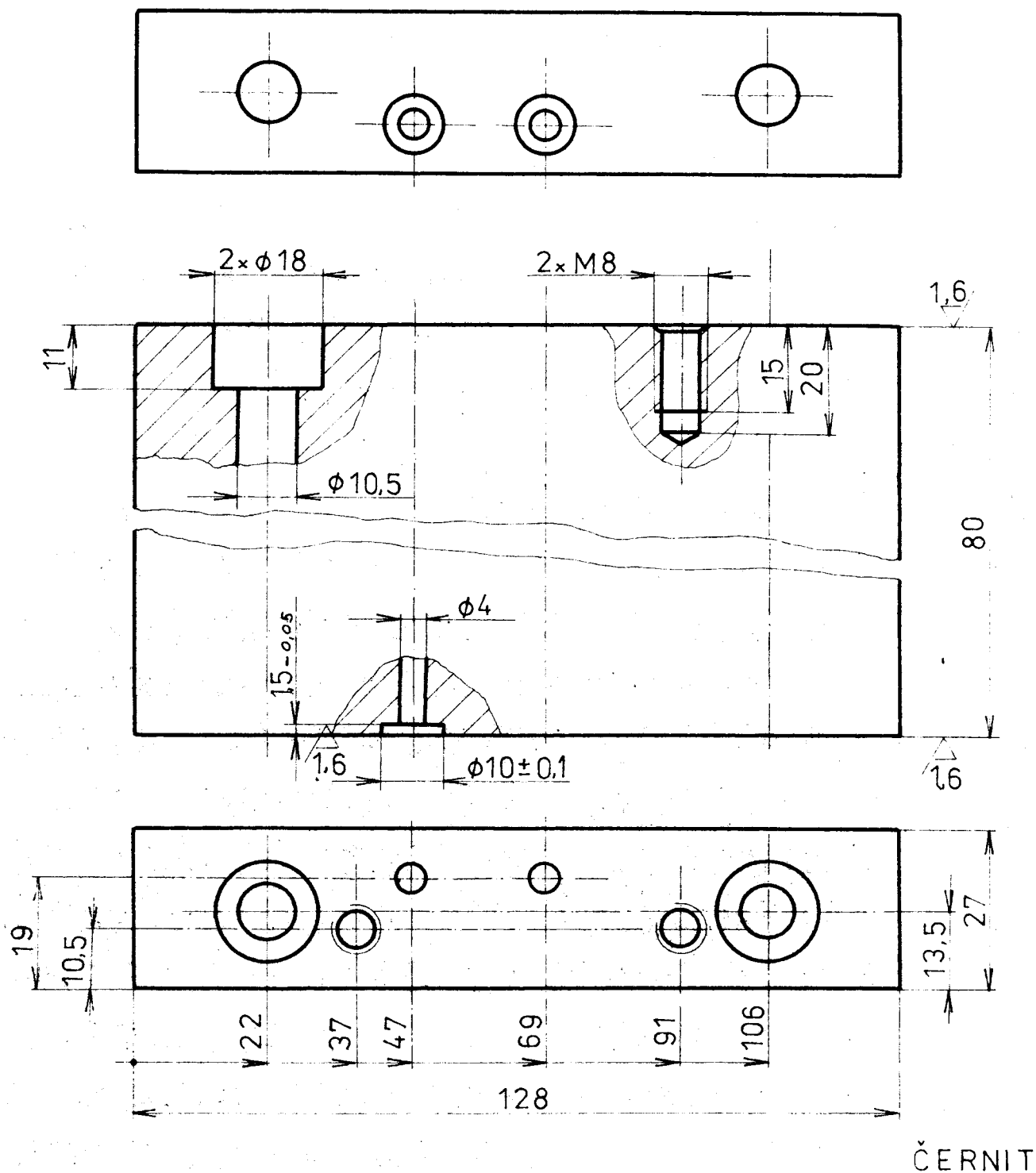
1:1

5.4.1986 *Stolec*

OPĚRKA

4-KOM-OS-115/01-00-08

3,2 (✓)



11 373.0 001
90x30-133 ČSN4255 22

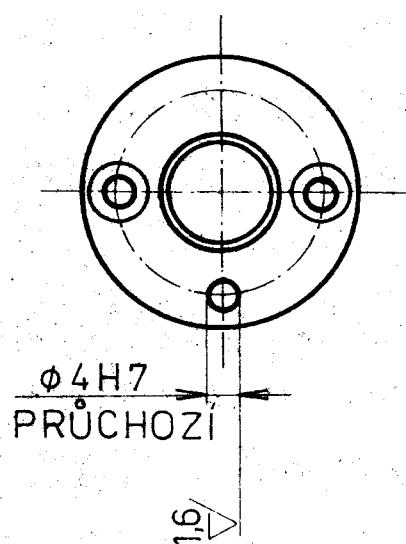
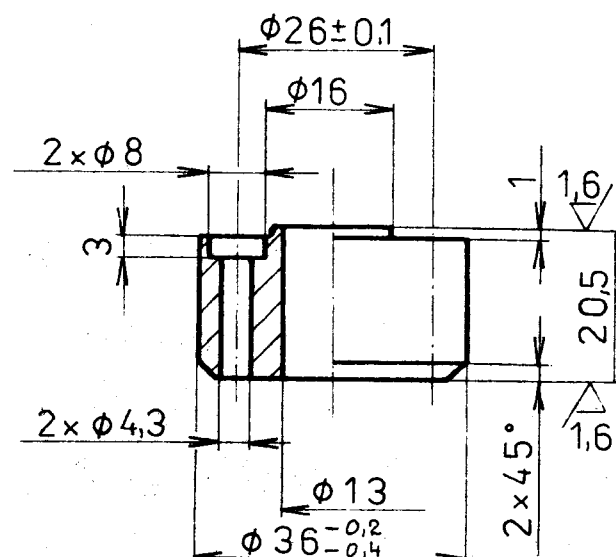
7.4.1986 Holec

1:1

DESKA

4-KOM-OS-115/01-00-09

3,2/ (▽)



11109.0 003
 $\phi 36-23$ ČSN 42 65 10

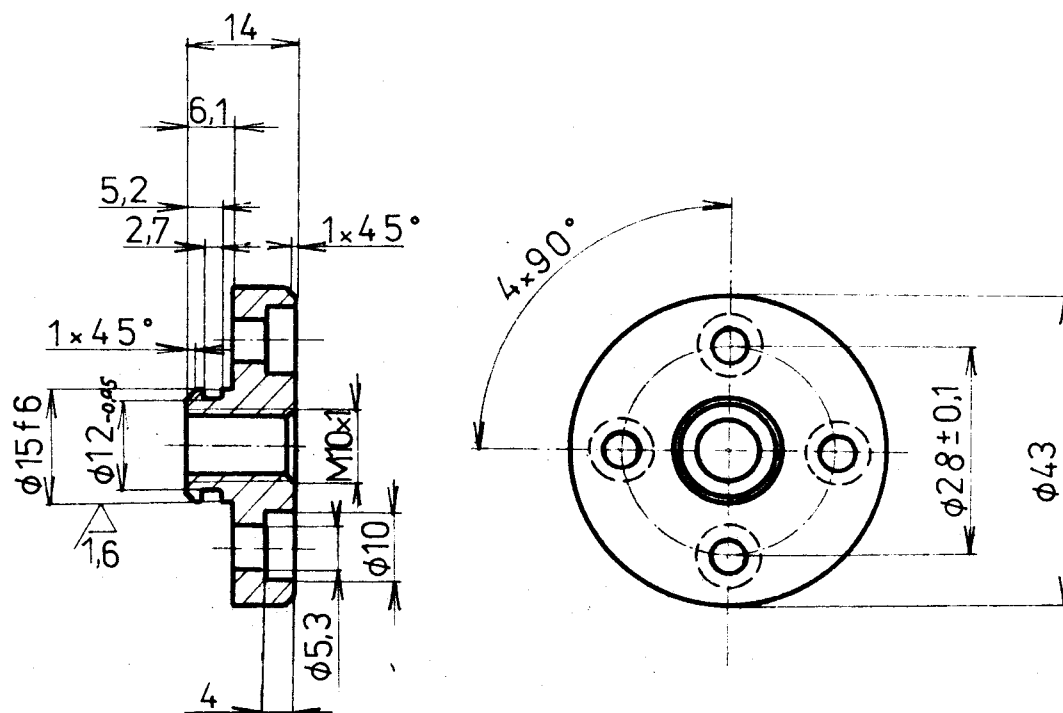
1:1

9.4.1986 Koles

VLOŽKA

4-KOM-OS-115/01-00-11

3,2/ $\sqrt{\text{R}}$



ČERNIT

11 6000
 $\phi 45-18$

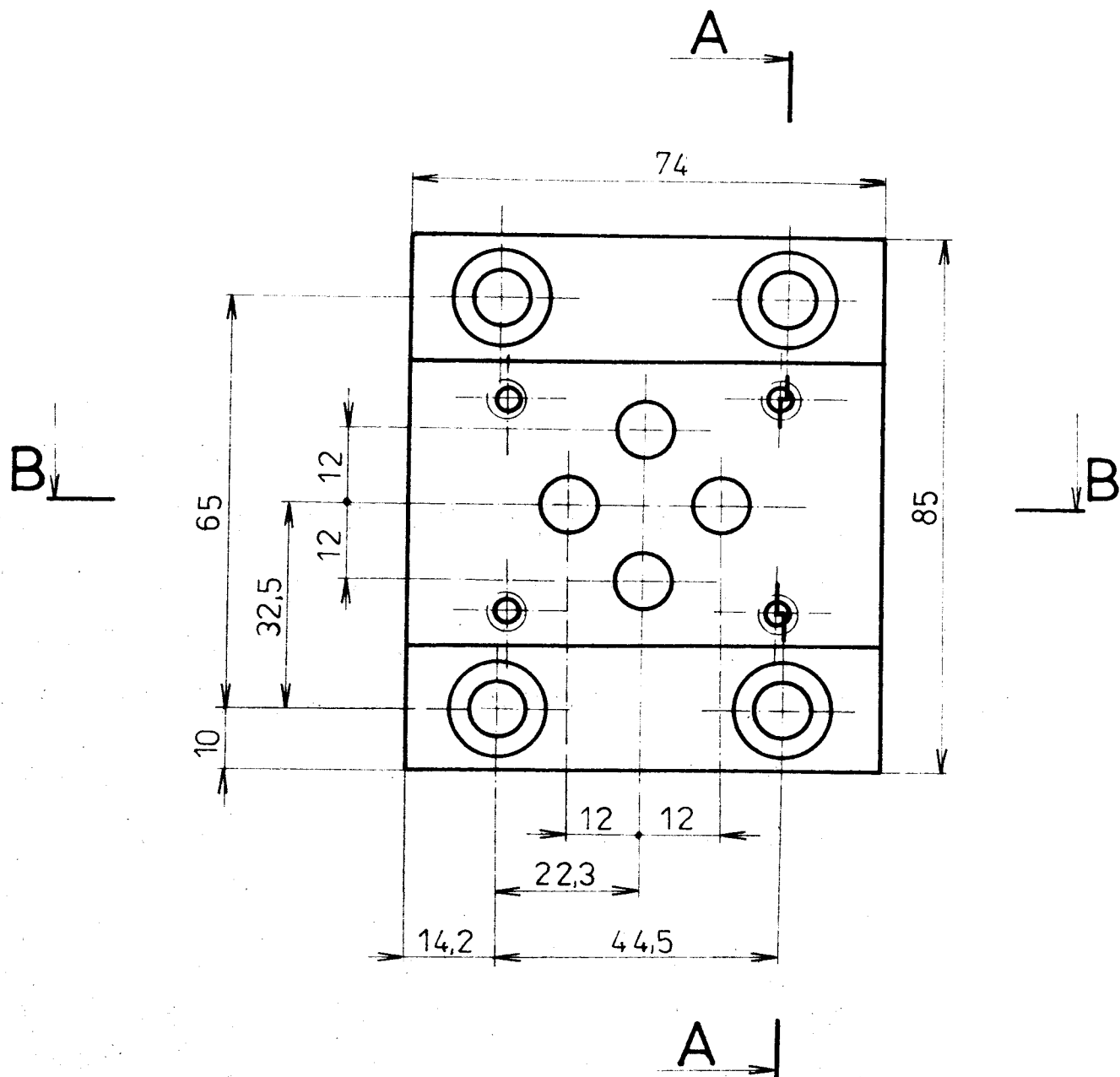
ČSN 425510 001

1:1

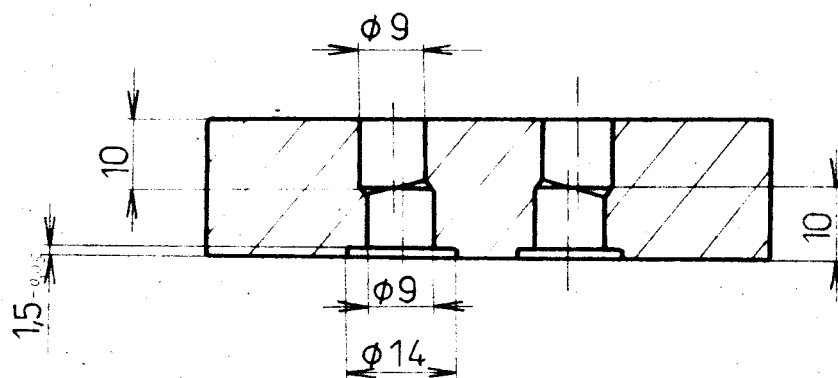
9.4.1986 Holec

VÍKO

4-KOM-OS-115/01-00-12

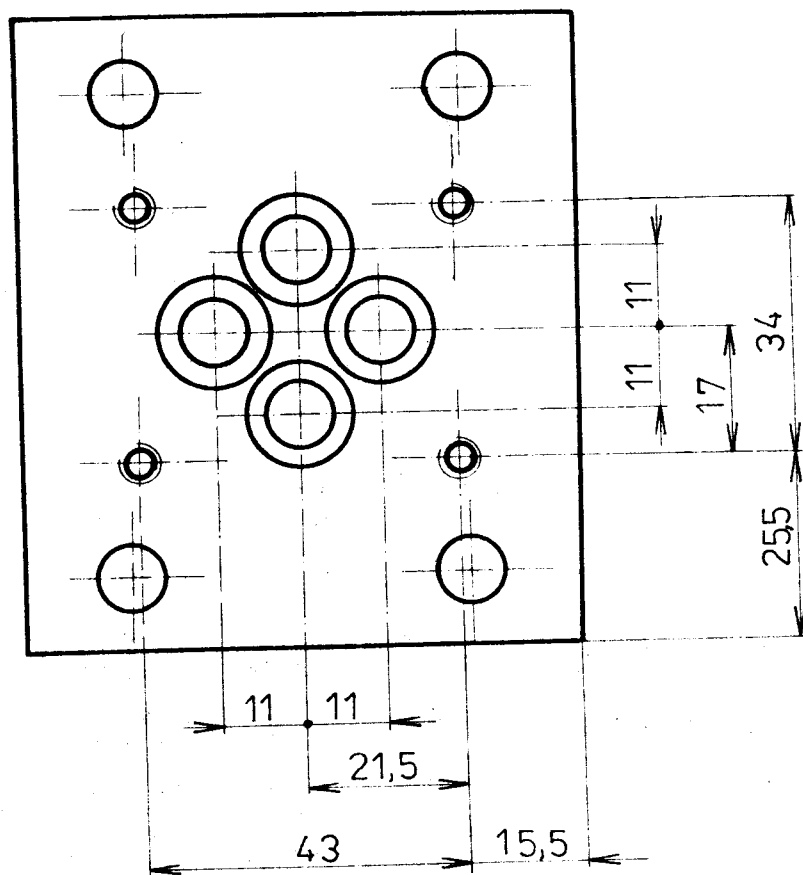
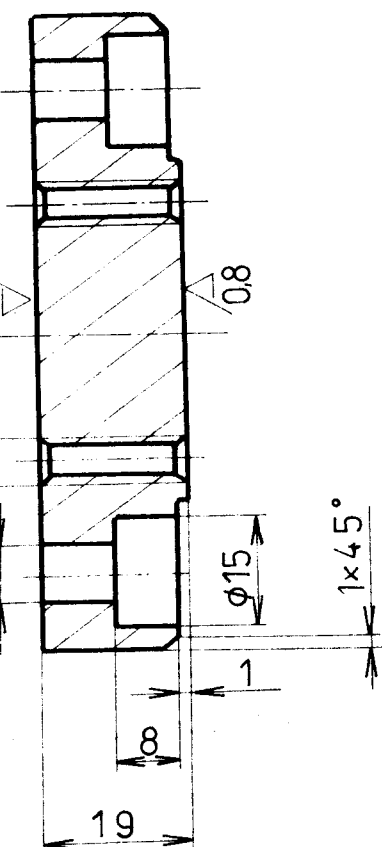


B-B



3,2
▽ (▽)

A-A



ČERNIT

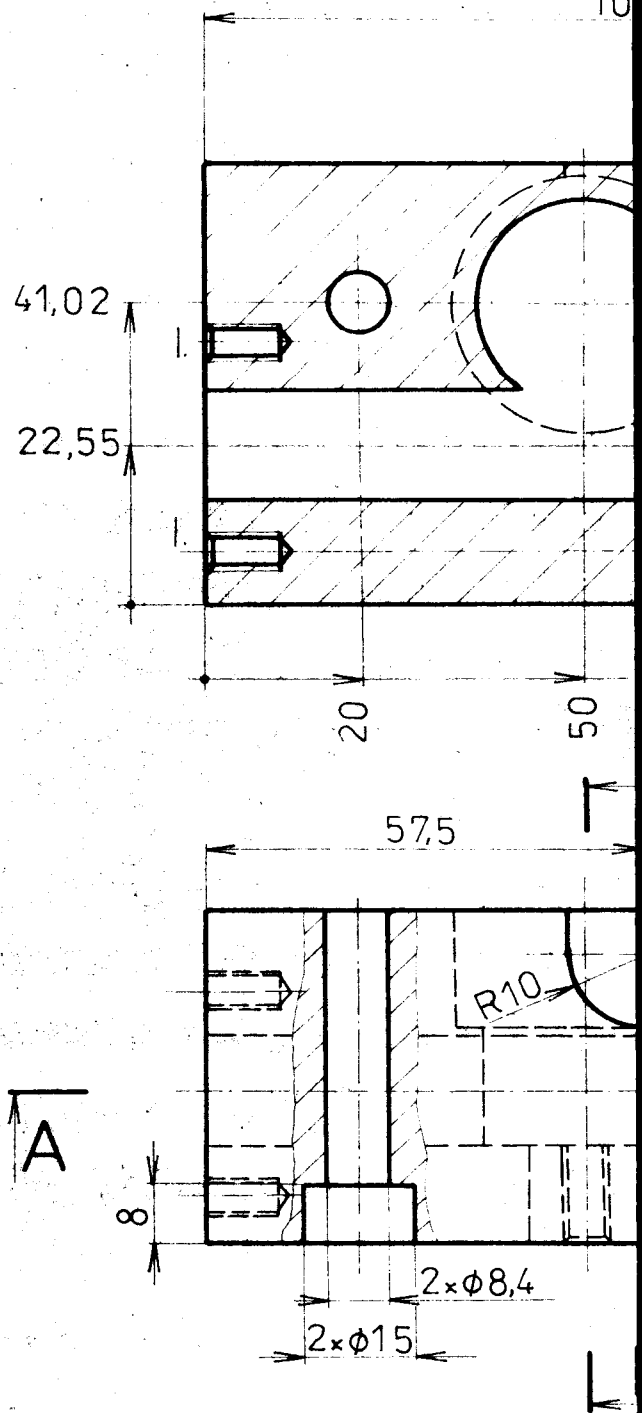
11600.0 001
70x20-85 ČSN425522
6.2.1986 Holec

1:1

REDUKČNÍ DESKA

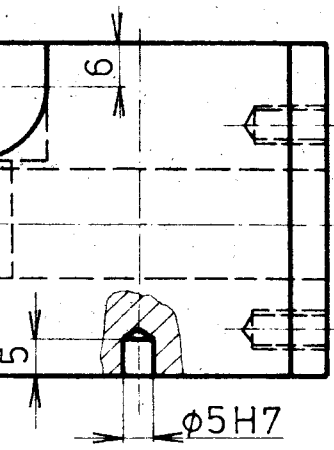
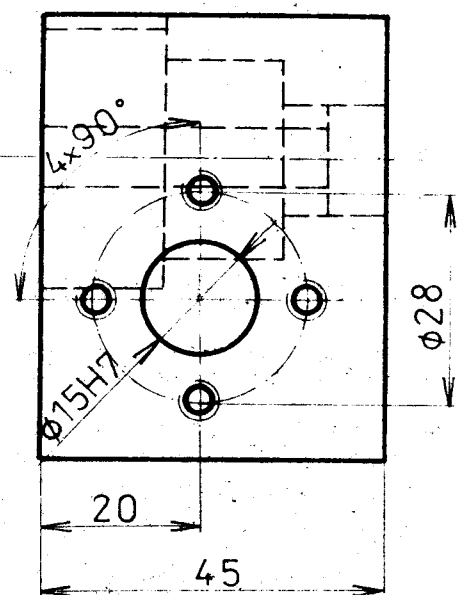
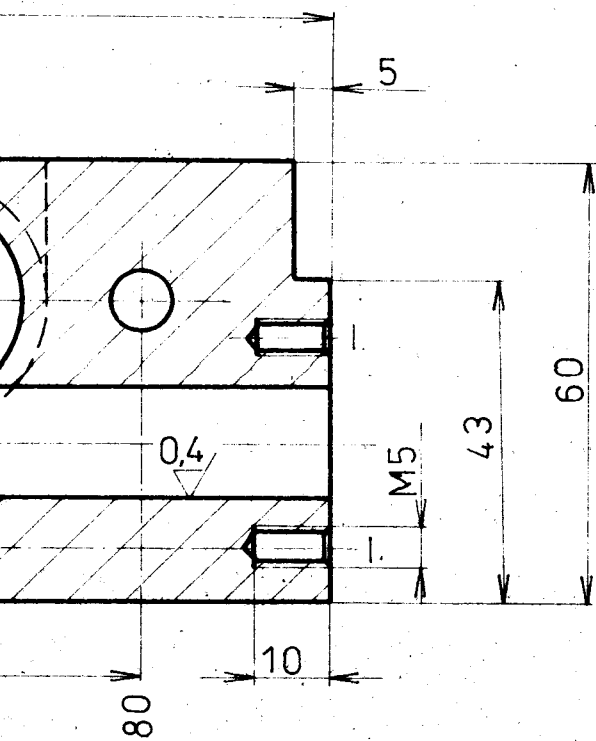
3-KOM-OS-115/01-00-13

A-



A

1,6



A

ČERNIT

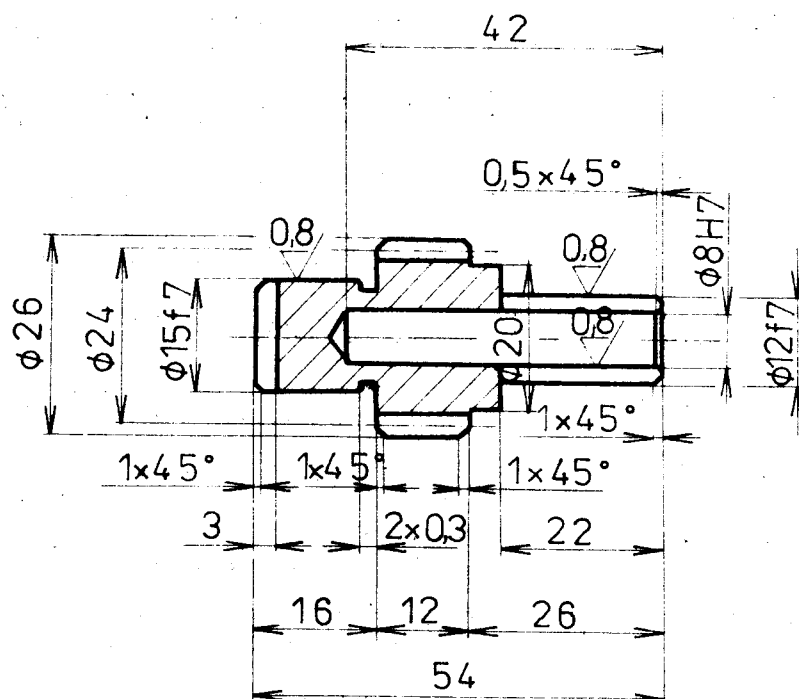
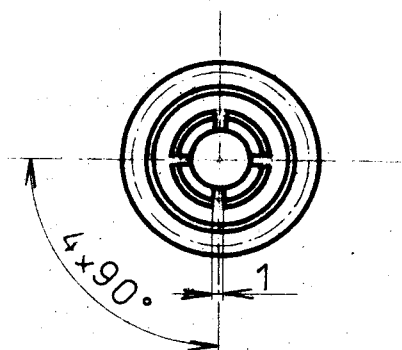
11 6000 001
65x65-110 ČSN425520

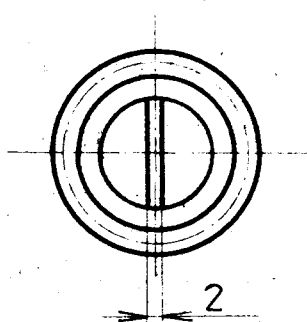
1:1

5.2.1986 *Stolec*

KOSTKA

3-KOM-OS-115/01-00-06



1
10
8
8
811 600.0
 $\phi 30-58$ ČSN 42 55 10⁰⁰¹

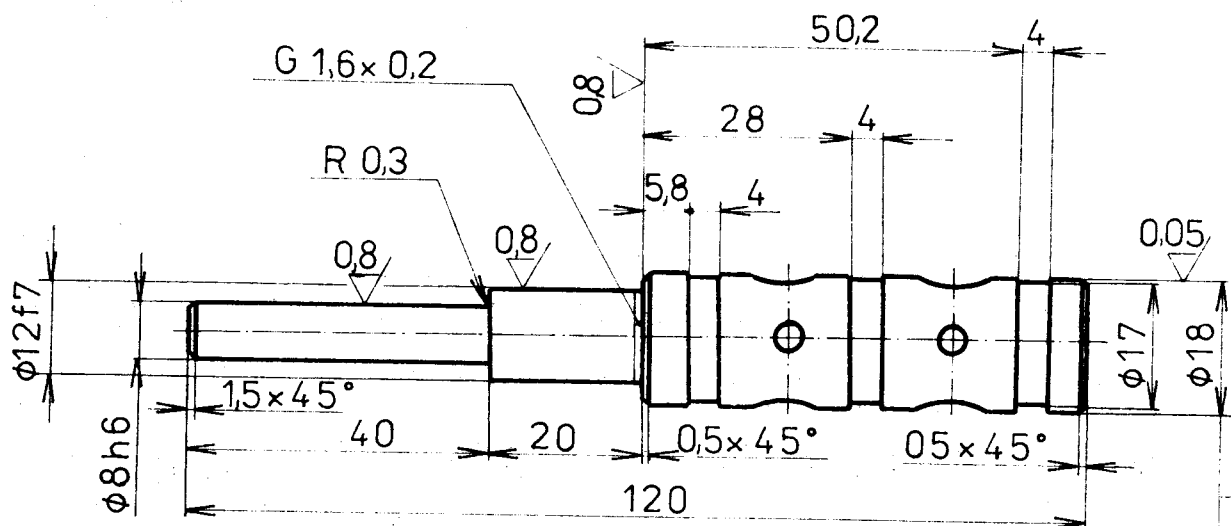
1:1

5.2.1986 *Kolec*

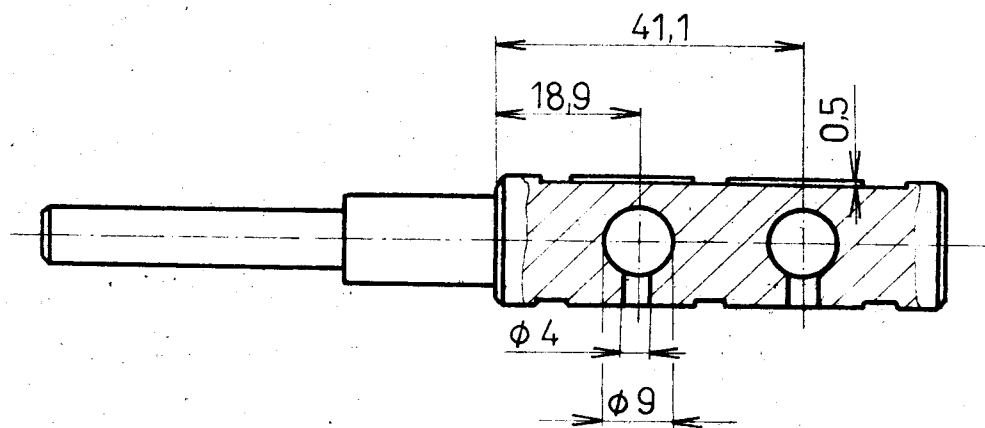
OZUBENÉ KOLO

3-KOM-OS-115/01-00-05

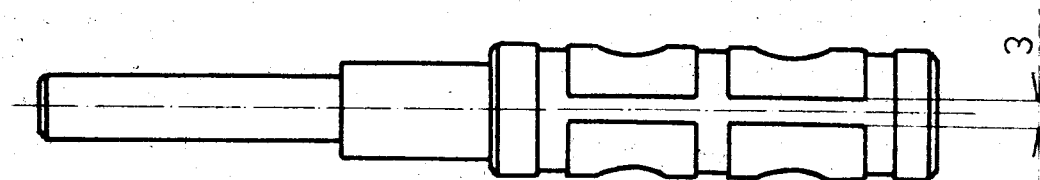
3,2 (▽)



LÍCOVAT DO KOSTKY S VŮLÍ
4 ÷ 6 μm



0,002



19 314.3
 $\phi 20-125$

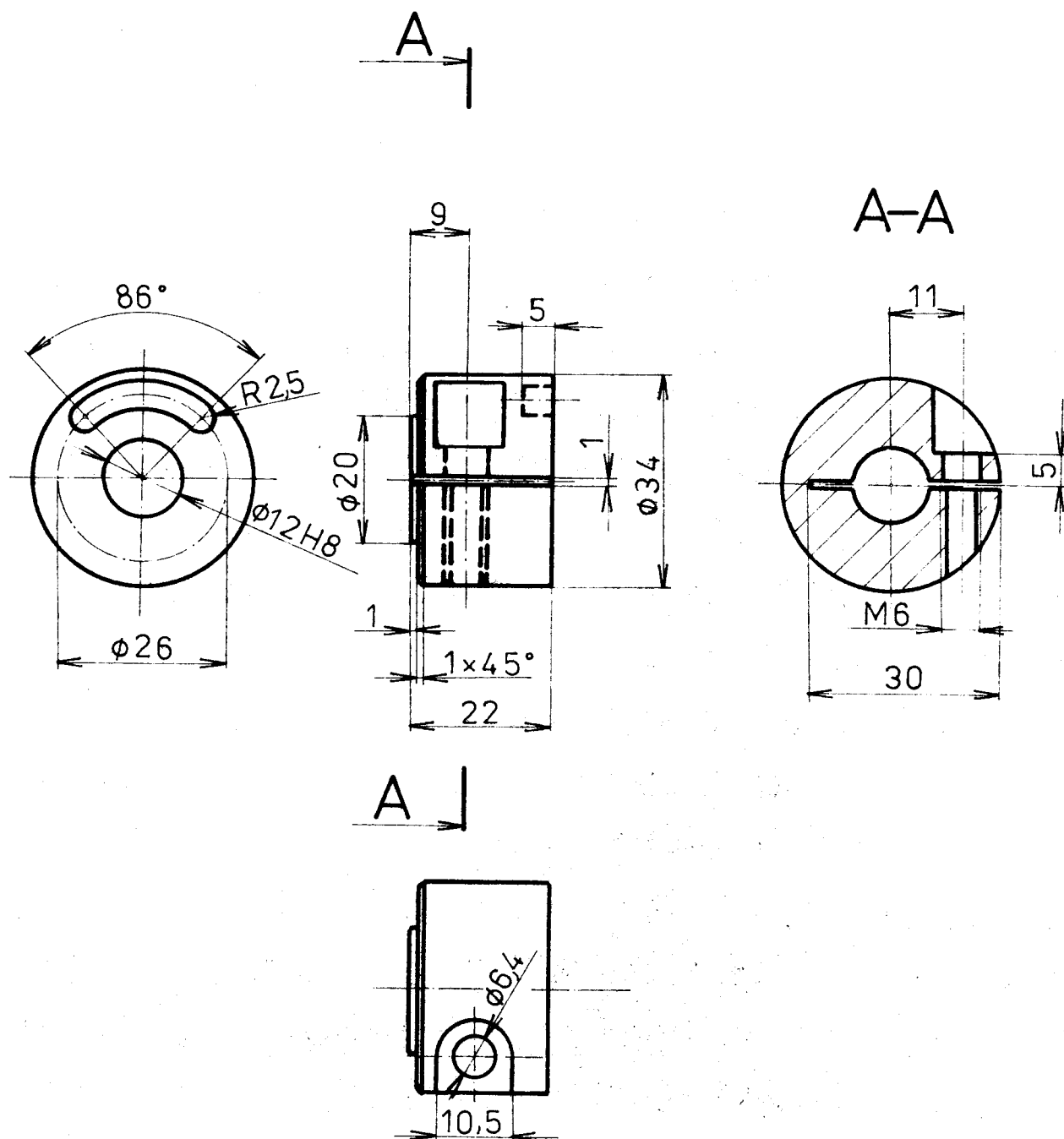
ČSN 42 65 10 002

1:1

5.2.1986 *Šolc*

ŠOUPÁTKO

4-KOM-OS-115/01-00-03



11109.0
 $\phi 36-25$

ČSN 425510 003

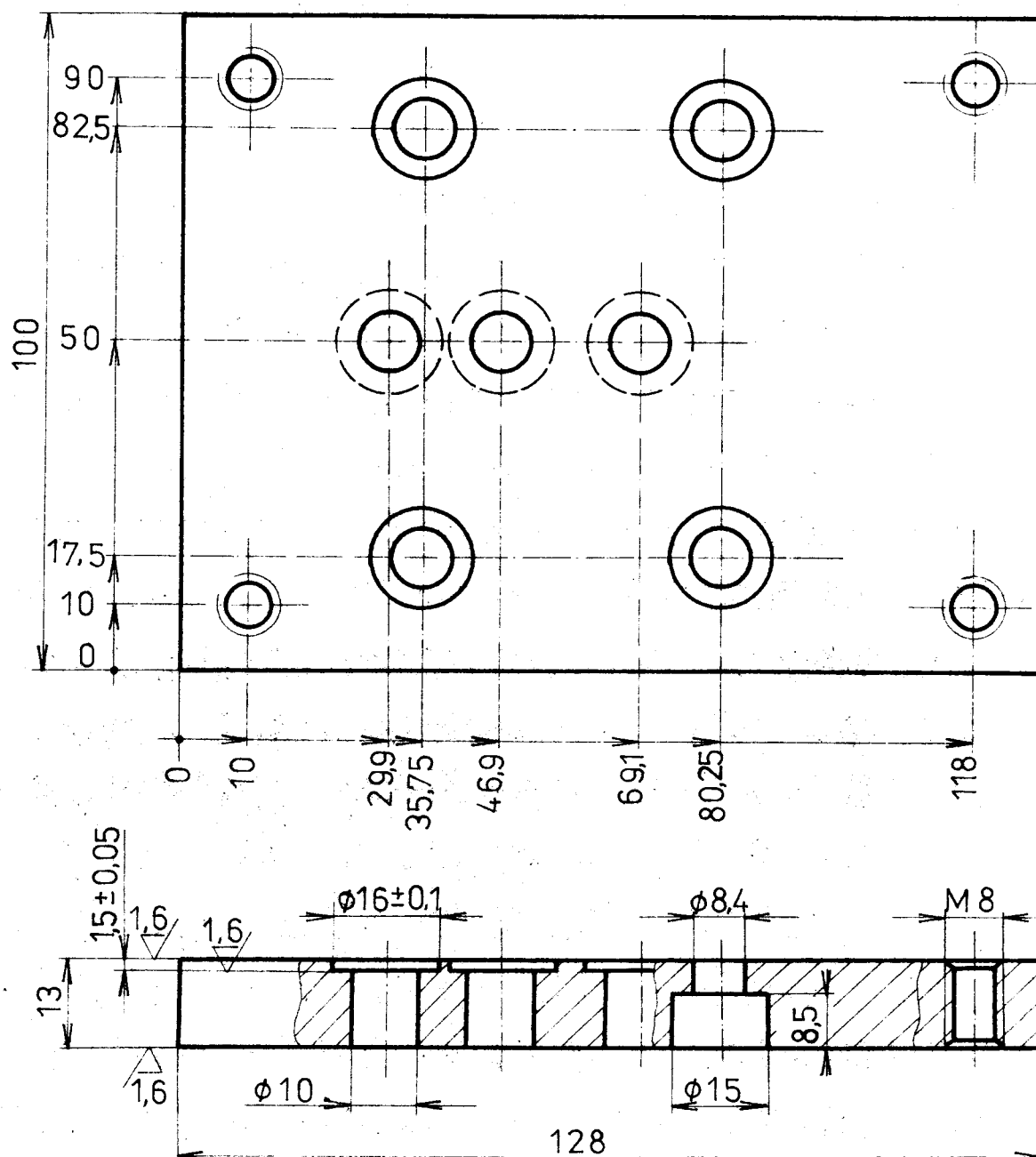
1:1

9.4.1986 Kolic

NÁBOJ

4-KOM-OS-115/01-00-04

3,2/ (▽)



11 600.0
110x110-135 ČSN 42 55 20 001

1:1

6.2.1986 *holec*

PODLOŽKA

4-KOM-OS-115/01-00-02

1	NAPÁJECÍ KOSTKA 4HR 110-135	ČSN 425520	11600.0	001	1-KOM-OS-115/ 01-00-01	1
1	PODLOŽKA 4HR 110-135	ČSN 425520	11600.0	001	4-KOM-OS-115/ 01-00-02	2
1	ŠOUPÁTKO KR 20-125	ČSN 426510	19314.4 19314.3	002	4-KOM-OS-115/ 01-00-03	3
1	NÁBOJ KR 36-25	ČSN 426510	11109.0	003	4-KOM-OS-115/ 01-00-04	4
1	OZUBENÉ KOLO KR 30-58	ČSN 425510	11600.0	001	3-KOM-OS-115/ 01-00-05	5
1	KOSTKA 4HR 65-110	ČSN 425520	11600.0	001	3-KOM-OS-115/ 01-00-06	6
1	PÍST KR 18-78	ČSN 425510	11600.0	001	4-KOM-OS-115/ 01-00-07	7
1	OPĚRKA KR 20-25	ČSN 426510	11109.0	003	4-KOM-OS-115/ 01-00-08	8
1	DESKA PLO 90x30-133	ČSN 425522	11373.0	001	4-KOM-OS-115/ 01-00-09	9
1	NÁSTAVEC 4HR 35-155	ČSN 426520	11600.0	001	4-KOM-OS-115/ 01-00-10	10
1	VLOŽKA KR 36-23	ČSN 426510	11109.0	003	4-KOM-OS-115/ 01-00-11	11
1	VÍKO KR 45-18	ČSN 425510	11600.0	001	4-KOM-OS-115/ 01-00-12	12
1	REDUKČNÍ DESKA PLO 70x20-85	ČSN 425522	11600.0	001	3-KOM-OS-115/ 01-00-13	13
						14
1	ÚHELNÍK	odlitek	422420	212	22858-961 C1	15
1	PŘÍRUBA KR 150-58	ČSN 425510	11600.0	001	22858-1115 D1	16
1	NÁBOJ KR 50-36	ČSN 427510	424201.6	812	22858-1116 E1	17
1	KOTOUČ KR 125-6	ČSN 427510	424201.6	812	22858-971 E1	18
1	VÍKO 4x150x150	ČSN 643410	PMMA		22858-1121 E1	19
1	MRYT. KR 80-10	ČSN 425510	11600.0	001		
1	TRKR 108x20-110	ČSN 425715	11353.0	002	716027-24 D3	20

Holce

ZKUSÉBNÍ ZAŘÍZENÍ
SERVOVENTILU

1-KOM-OS-115/01-00-00

1	PŘÍRUBA KR 110-50	PN KŽ 429720	422425	212	716027-16 D+	21
1	PODLOŽKA KR 40-8	ČSN 427510	424201.6	812	716027-23 F1	22
1	SPOJKA KR 30-43	ČSN 425516	19452.4 19452.3	001	716027-17 C2	23
1	SVĚRACÍ KROUŽEK KR 30-10	ČSN 426510	11107.0	003	716027-18 E1	24
1	SVĚRACÍ KROUŽEK KR 40-10	ČSN 426510	11107.0	003	716027-19 E1	25
1	KROUŽEK 22x2	ČSN 029281.2				26
3	KROUŽEK 10x2	ČSN 029281.2				27
6	KROUŽEK 12x2	ČSN 029281.2				28
4	KROUŽEK 6x2	ČSN 029281.2				29
2	ŠROUB M4x22	ČSN 021131.22				30
1	ŠROUB M6x14	ČSN 021133.52				31
2	ŠROUB M8x35	ČSN 021143.52				32
2	ŠROUB M10x80	ČSN 021143.52				33
6	ŠROUB M8x70	ČSN 021143.52				34
4	ŠROUB M8x16	ČSN 021143.52				35
3	ZÁTKA M10x1	ZN 021915				36
1	PRUŽINA 1,25x13,75x38x8,5	ČSN 026020.1				37
1	KULIČKA ø 8	ČSN 023680				38
1	ZÁTKA M22x1,5	ZN 021915				39
4	ŠROUB M12x40	ČSN 021143.52				40

kolle

20.4.1986

ZKUSĚBNÍ ZAŘÍZENÍ
SERVOVENTILU

1-KOM-OS-115/01-00-00

4	ŠROUB M5x20	ČSN 021143.52	41
4	ŠROUB M5x50	ČSN 021143.52	42
12	ŠROUB M5x12	ČSN 021131.22	43
4	ŠROUB M3x12	ČSN 021131.22	44
4	ŠROUB M10x25	ČSN 021143.52	45
4	ŠROUB M3x8	ČSN 021131.22	46
2	ŠROUB M6x12	ČSN 021183.47	47
4	ŠROUB M6x12	ČSN 021143.52	48
4	ŠROUB M4x6	ČSN 021131.22	49
2	TLAKOVÝ SNÍMAČ TT 25		50
2	MANOMETR A 100 0-16 MPa		51
1	ZÁSUVKA VS 17 KPM 2G1		52
1	HYDROMOTOR MRAK 4-40-1		53
1	TACHODYNAMO K 5 A 3		54
5	PŘÍPOJKA Js4	ČSN 137720	55
2	PŘÍPOJKA Js6	ČSN 137720	56
2	PŘÍPOJKA Js20	ČSN 137720	57
1	PŘÍPOJKA Js4	ČSN 137722	58
6	KROUŽEK 10x16	ČSN 029310.2	59
2	KROUŽEK 12x18	ČSN 029310.3	60

Holc

20.4.1986

ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ
SERVOVENTILU

1-KOM-OS-115/01-00-00

2	KROUŽEK 27x32	ČSN 029310.2	61
2	KROUŽEK 12x2	ČSN 029281	62
5	TRUBKA TRKR 5x0,5-1200	ČSN 426711	63
2	TRUBKA TRKR 8x1-2000	ČSN 426711	64
2	TRUBKA TRKR 22x1,5-4000	ČSN 426711	65
4	ŠROUB M8x45	ČSN 021143.52	66
2	KROUŽEK 15x11	ČSN 029280.1	67
2	KROUŽEK 6x10	ČSN 029310.2	68
2	KOLÍK 5x10	ČSN 022150	69
1	KOLÍK 4x14	ČSN 022150	70

Holc

20.4.1986

ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ
SERVOVENTILŮ

1-KOM-OS-115/01-00-00

PRŮTOKOVÉ CHARAKTERISTIKY

