

Vysoká škola: Strojní a textilní

Katedra: KVS

Fakulta: Textilní

Školní rok: 1966/67

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. Malíka Dušana

obor Obráběcí stroje.

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

- Název tématu:
- I. Navrhněte zařízení pro kontinuální měření šířky textilní tkaniny u fixačního rámu firmy n.p. TOTEX.
 - II. Uvažujte, že šířka tkaniny kolísá v rozmezí $\pm 0,5$ cm.
 - III. Zhodnoťte stávající používané systémy.
 - IV. Pokud možno proveďte ověření navrhovaného systému v provozu.

Pokyny pro vypracování:

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962. Věstník MŠK XVII, sešit 24 ze dne 31.8.1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5

✓ 111/66 S

Rozsah grafických laboratorních prací: Výkresová dokumentace jednoho typu zařízení.

Rozsah průvodní zprávy: 50 stran

Seznam odborné literatury:

Mirtes: Stejnosměrné zesilovače.
Výzkumná zpráva fy. Artos.

Vedoucí diplomní práce: Ing. Milan Kyncl C.Sc.

Konsultanti:

Ing. Miloslav Batica n.p. Totex Chrastava,
Ing. Antonín Blirka n.p. Totex Chrastava
Jaroslav Boštický n.p. Totex Liberec

Datum zahájení diplomní práce: 26.IX.1966.

Datum odevzdání diplomní práce: 5.XI.1966.

L. S.

S. Němec

Vedoucí katedry

Simon

Děkan

v Liberci dne dne 24.VIII. 1966.

Ú v o d.

Textilní úpravárenství má za úkol změnit vlastnosti a vzhled zboží a vystupňovat jeho jakost, přičemž je zboží podrobena různým technologickým procesům. Vzniká přitom řada měřících a regulačních problémů.

Jedním z druhů technologických procesů ~~textilního~~ úpravárenství je fixace textilních tkanin. Fixace může být buď fixace barvy, nebo fixace tvaru.

Při fixaci tvaru se tkanina napne napínacím rámem a vystaví působení tepla, jehož působením proběhnou v materiálu tkaniny různé změny, mimo jiné i změna rozměru. Jelikož tkanina na výstupu z fixačního rámu se vlivem elasticity materiálu smrští, musí být při fixaci napnuta na větší šířku.

Abychom mohli nastavit na vstupu fixačního rámu šířku napínacích řetězů a tím i tkaniny, musíme znát skutečnou šířku tkaniny na výstupu. K tomu je zapotřebí umístit na výstup vhodné měřicí zařízení. Obsluha pak dle skutečné šířky tkaniny nastaví šířku napínacích řetězů. Může se to dít též automaticky pomocí regulačního zařízení ovládaného výstupním signálem z měřicího zařízení. Obsahem této diplomové práce je návrh takovéhoho zařízení.

1.00. Zhodnocení stávajících systémů.

Šířka tkaniny na výstupu z fixačního rámu se měří některým z dále uvedených způsobů.

1. Vizuelní měření
2. Měření pomocí mechanických čidel
3. Měření pomocí bezdotykových čidel

1.01. Vizuelní měření.

Při tomto způsobu měření měří obsluha šířku tkaniny vizuelním srovnáním šířky se stupnicí pevného pravítka umístěného na rámu stroje. Je zřejmé, že je to kontrola velmi nepřesná a může sloužit pouze jako informativní. Navíc je to měření přetržité, neboť obsluha nemůže stále sledovat pravítko.

1.02. Měření pomocí mechanických čidel.

Při tomto způsobu se používají mechanická čidla, která ohmatávají okraj tkaniny. Změna šířky se pak převádí na hydraulický, pneumatický nebo elektrický signál, kterým je řízen servomotor nastavující šířku napínacích řetězů. Jako příklad mohou sloužit dva přístroje jedné americké firmy /4/.

U prvního přístroje se musí světelná šířka určitého druhu posuvného měřítka nastavit ručně na požado-

vanou šířku. Obě čidla se však mohou v malém měřítku při malé změně šíře tkaniny vychýlit do strany tak, že stále doléhají na kraj tkaniny. Vzdálenost čidel se měří elektricky a lze ji odečíst na ukazateli cejchovaném v palcích.

Druhý přístroj měří šířku zcela samostatně. Pracuje rovněž s mechanickými čidly, která jsou namontována na malém vahadle. Každé vahadlo je poháněno elektromotorem a při spojení kontaktu jsou ovládána čidla tak, že automaticky dojíždějí ke krajům tkaniny. Vzdálenost čidel se přenáší ozubenými tyčemi a diferenciálním náhonem na jezdec potenciometru a tak se převádí na elektrickou hodnotu. Podle požadovaného uvolnění ± 1 mm se šířka vyznačuje na počítadle, které je provedeno jako samovyrovnávací doběhový regulátor. Aby se při chybějícím zboží zamezilo posuvu měřících vozíků směrem dovnitř, zapíná zvláštní čidlo motorky tak, že vozíky vyjedou směrem ven a tam čekají na zavedení nového zboží. Odchyluje-li se měřená šíře od šířky předem zvolené na nastavitelném číselníku, vytváří regulační automatika impulsy, kterých se např. může použít k přestavení napínavých řetězů.

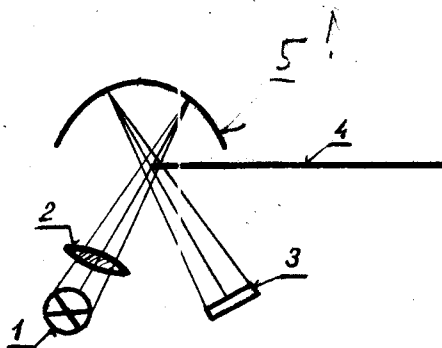
Tyto systémy jsou docela jednoduché, ale mají velkou nevýhodu v tom, že se nedají použít pro větší rychlosti stroje. Mechanické čidlo totiž při vyšších rychlostech nestačí sledovat okraj tkaniny a může zde vlivem nerovnosti okrajů tkaniny dojít k rozkmitání systému. Je zde i větší necitlivost t.zv. mrtvé pásmo,

které je způsobeno mechanickými vůlemi. Další nevýhodou je menší životnost způsobená omezenou dobou trvanlivosti převaděčů mech. pohybu.

1.03. Měření pomocí bezdotykových čidel.

U zařízení, která měří pomocí bezdotykových čidel, se většinou používají fotoelektrická čidla. Tato zařízení mohou, podobně jako předcházející, převádět změnu šířky plynule na elektrický signál, který je úměrný šířce tkaniny, anebo změnu šířky převedou na impuls. Tento impuls má konstantní velikost.

Jako příklad takového zařízení může sloužit zařízení fy Erhardt & Leimer o.H.G. (obr. 1.). Tkanina svým okrajem zablokuje paprsek světla a tím se mění osvětlení fotonky. Signál z fotonky se vede do zesilovače, který pak ovládá servomotor nastavení řetězu.



Obr. 1.
1-žárovka, 2-optický systém, 3-fotonka, 4- tkanina

čidlo
je
výkon

Zařízení, používající bezdotykových čidel, jsou sice mnohem složitější, ale to je vyváženo větší životností a schopností pracovat při vyšších rychlostech. Nejsou zde mechanické převaděče pohybu na el. signál, které jsou dost provozně nespolehlivé.

*fotografie propeřeno!
farbam! Blinka!
-11-
slabá verze!
y.*

2.00. Návrh zařízení pro měření šířky tkaniny.

Na základě zhodnocení dosavadních systémů, jsem se rozhodl pro zařízení pracující s bezdotykovým čidlem fotoelektrickým.

Zařízení sestává (obr.23) ze dvou snímačů 1.,2., (foto 1,2 , výkr. 0MP001) umístěných po obou stranách tkaniny 5. Součtový signál z obou snímačů je veden do rozdílového zesilovače 3, kde se porovnává s nastaveným signálem. Velikost nastaveného signálu odpovídá signálu ze snímačů při střední poloze tkaniny. Při stejných signálech, t.j. je-li šířka tkaniny přesně taková na jakou jsou nastaveny snímače, je výstupní signál ze zesilovače nulový. Při pohybu tkaniny do stran se vstupní, a tím i výstupní, signál nemění, neboť o co se změní signál jednoho snímače, o to se změní i signál druhého snímače, ale s opačnou polaritou; to zn., že společný signál obou snímačů zůstane stejný. Signál se mění pouze při změně šířky tkaniny. Výstupní signál ze zesilovače se vede do vyhodnocovacího zařízení, které určí smysl změny a pomocí indikačního zařízení signalizuje zvětšení, nebo zmenšení šířky tkaniny.

2.01. Stručný popis jednotlivých částí zařízení.2.01.1. Snímač.

Snímač sestává ze žárovky-1 umístěné v ohnisku paraboly-2,. Světlo odražené parabolou prochází ~~šterbinama~~^{clony} 3,-4 a dopadá na parabolu-5, která jej soustřeďuje na fotonku-6 (foto 3;4). Signál z fotonky závisí na množství dopadajícího světla, které je určeno velikostí zakrytí šterbiny tkaninou⁷ (obr. 24).

2.01.2. Zesilovač.

Zesilovač je tvořen dvěma tranzistorovými rozdílovými stupni (obr. 25). Signál z obou snímačů je veden na jeden vstup a na druhý je veden porovnávací signál. Rozdíl obou signálů se zesílí v obou stupních a je veden do vyhodnocovacího a indikačního zařízení.

2.01.3. Vyhodnocovací a indikační zařízení.

Vyhodnocovací a indikační zařízení je tvořeno polarizovaným relé a dvěma indikačními žárovkami. Polarizované relé sepíná dle polarity výstupního signálu ze zesilovače, na jednu, nebo druhou stranu. Tím rozsvěcuje jednu, nebo druhou indikační žárovku. Polarita signálu je závislá na smyslu změny šířky tkaniny. Obsluha změny nastavení napínavých řetězců tak, aby obě žárovky nesvítily.

Citlivost celého systému se dá nastavit potencimetrem na požadovanou velikost.

2.01.4. Napájecí a stabilizační obvod.

I když rozdílový zesilovač není příliš citlivý na změny napájecího napětí / 5 /, je utoho- to zařízení provedena stabilizace napájecího napětí. Jako stabilizátoru je zde použito můstko- vého stabilizátoru se Zenerovými diodami (obr. 21) Stabilizátor je napájen ze zdvojovače napětí (obr. 25)

3.00 Základy teorie transistorů a jejich obvodů.3.01 Úvodní poznatky o polovodičích.

Polovodiče jsou tuhé látky, které nejsou ani dobrými vodiči, ani dobrými izolanty. Když však izolant zahřejeme na vysokou teplotu, uvolní se vlivem teploty některé elektrony a izolant může vést. Pokud vnitřní atomové vazby nejsou příliš stabilní, může látka poměrně dobře vést proud i za pokojové teploty. Takovou látku nazýváme polovodičem.

Nejčastěji užívanými polovodiči jsou germanium a křemík. Mají krystalovou mříž ve tvaru krychle se čtyřmi dvojitými souvstažnými vazbami na každý atom. U čistého polovodiče jsou všechny valenční elektrony vázány, takže nemohou volně procházet krystalem; krystal je nevodivý. Tyto vazby se však teplem velmi snadno poruší a polovodič se stane vodivým.

Vodivost polovodiče můžeme také zvýšit přímísením nečistot. Přimísíme-li do krystalu malé množství pětimocného prvku (As, Sb), pak některá místa krystalové mříže, která byla dosud osazena atomem polovodiče, budou nyní obsazena atomem pětimocného prvku. Protože však jenom čtyři z pěti valenčních el. se mohou vázat s elektrony sousedních atomů polo-

vodiče, zůstane pátý elektron volný, takže se může působením vnějšího elektrického pole pohybovat. Takové nečistoty nazýváme donory a vodivost nazýváme vodivostí typu N.

Přimísíme-li do polovodiče naopak trojmocný prvek (Al, Ga, In), nejsou všechny vazby splněny a do neúplné vazby může přeskočit elektron ze ^{blízkých} sousedních atomů, čímž se poloha neobsazeného místa přenesse na místo porušené dvojice, což může pokračovat, takže za působení vnějšího el. pole se poloha chybějícího elektronu posunuje ve směru pole a celek působí navenek stejně, jako ^{by} se pohyboval náboj stejné velikosti, jako má elektron, avšak kladný. Pohyblivým neobsazeným místům říkáme díry. Tento druh vodivosti nazýváme vodivostí typu P a nečistoty nazýváme akceptory.

3.02. Průchod proudů polovodiči.

Elektrony a díry mají v polovodiči jistou konečnou pohyblivost, která je přímo úměrná převrátné hodnotě intenzity elektrického pole. Lze to vyjádřit vtahem:

$$\mu_n = v_n / E, \quad \mu_p = v_p / E$$

kde v_n a v_p jsou rychlosti posuvu elektronů a děr, E - intenzita el. pole a μ_n , μ_p jsou pohyblivosti.

Pohyblivost je dána dle /1/ : $\mu_n = \frac{4ql}{3(2\pi mT)^{1/2}}$ (2)

jednoty!
[L] 2

kde q -náboj elektronu, m - hmota elektronu, T -abs. teplota, l -střední volná dráha elektronů.

Uplatňují-li se při pohybu elektrony i díry, je výsledný proud součtem obou dílčích proudů. Proudová hustota je vyjádřena vztahem:

$$\sigma = q(N_n \cdot \mu_n + N_p \cdot \mu_p) \quad (3)$$

kde N_n a N_p jsou počty elektronů a děr v objemové jednotce hmoty.

Tepelná energie může v krystalu vyvolat volné nosiče elektron-díra. Elektrická vodivost reprezentovaná dvojicemi elektron-díra se nazývá vlastní vodivostí krystalu. Vzniklé nosiče však nemají dlouhou životnost- dojde k rekombinaci těchto nosičů. Při pokojové teplotě je střední životnost pro germanium asi 10^{-4} s./ / . Četnost uvolněných dvojic vzrůstá s teplotou a pro germanium lze napsat vztah / / :

$$N_i = 4,5 \cdot 10^{19} \exp(-4390/T) \quad (4)$$

Při dosažení určité teploty se počet vlastních nosičů zvětší tak, že zvětšení vodivosti, vzniklé nečistotami lze zanedbat. Tuto mezní teplotu nazýváme teplotou vnitřní vodivosti.

Uvažme, jak se chová polovodič, v němž se zahřátím uvolnily vlastní dvojice elektron-díra a kromě toho ještě další elektrony z atomů donorů.

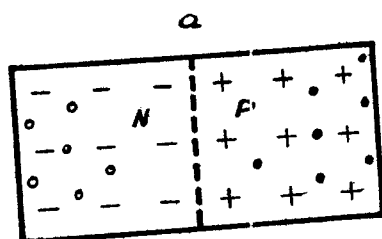
Zahřátím vzroste hustota elektronů a tím se také zvětší pravděpodobnost, že uvolněné elektrony zaplní většinu děr a tím se počet děr zmenší. Kvantita-

tivně to lze napsat s dostatečnou přesností vztahem (5):

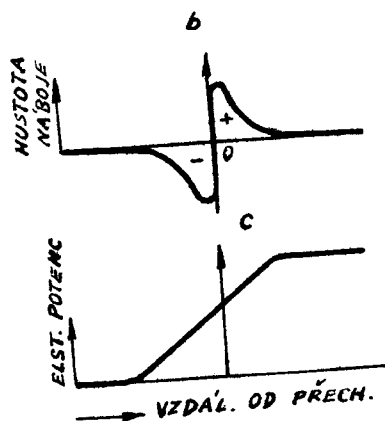
$$N_n N_p = N_i^2 \quad (5)$$

3.03. Tvorba P-N přechodu a jeho vlastnosti.

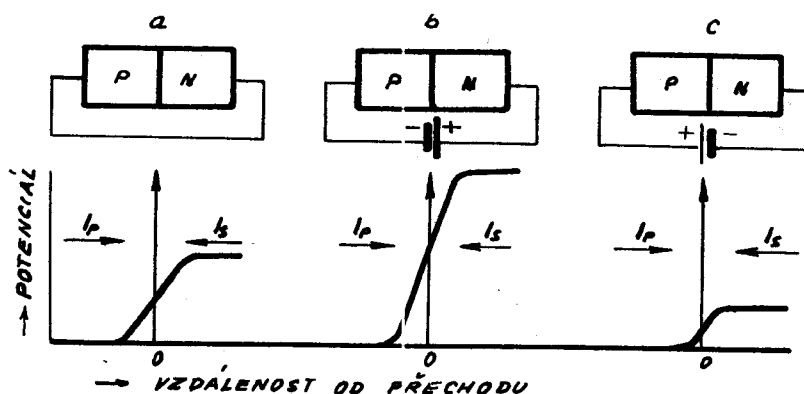
Stýká-li se v jednom krystalu část polovodiče typu N s částí polovodiče typu P (obr.2), vznikne P-N přechod. Pokud na něj nepůsobí vnější pole, proniknou některé elektrony difuzí z části N do P a opačně proniknou některé díry z P do N. Tento průtok trvá tak dlouho až elektrické pole, které vzniklo vplyvem elektrického náboje ionizovaných akceptorů a donorů. El. pole vyvolá proud opačného směru, než je směr proudu vplyvem gradientu koncentrace nosičů. V rovnovážném stavu, bez přiloženého vnějšího napětí je proud difuze I_p roven proudu, I_s , který vznikne působením vnitřního el. pole. Tento stav je zobrazen na obr.3a.



- ELEKTRON
- o DÍRA
- + DONOROVÝ IONT
- AKCEPTOROVÝ IONT



Obr.2
a-schéma P-N přechodu, b- rozložení hustoty náboje,
c-rozložení elstat. potenciálu.



Obr. 3

a- přechod bez napětí, b- přechod s napětím v závěr. směru, c- přechod s napětím v propustném směru.

Vnitřní el.pole představuje potenciálovou bariéru, která způsobuje vodivost přechodu pouze v jednom směru. Přiložíme-li napětí v nepropustném směru (obr. 3b), majoritní nosiče působením elstat. sil jsou oddalovány od přechodu, takže prakticky přechodem neteče proud. Zvyškový proud I_s , který teče opačným směrem, vyvolávají minoritní nosiče.

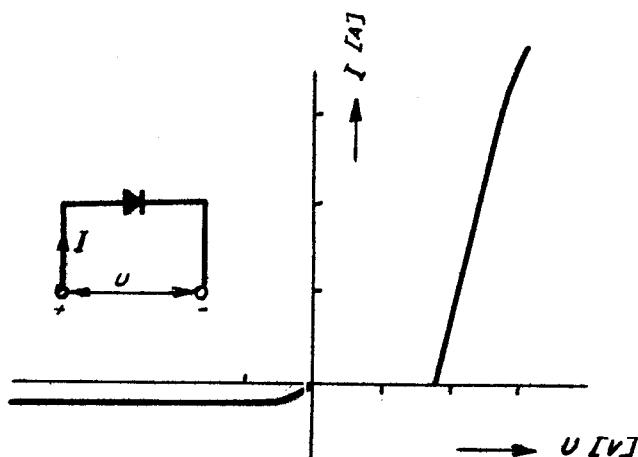
Přiložíme-li na přechod napětí v propustném směru (obr. 3c), majoritní nosiče procházejí přes přechod vlivem elstat. sil. Pozorujme proud děr. Tyto přecházejí do oblasti N, kde se rekombinují s elektrony, takže proud děr přechází postupně v proud elektronů. To samé platí i pro elektrony v opačném směru.

Přechod P-N představuje v propustném směru malý odpor a umožňuje dobré vstřikování minoritních nosičů,

což je velmi důležité pro tranzistorovou techniku. Na obr.4 je znázorněna závislost proudu přechodu na přiloženém napětí. Tato závislost lze vyjádřit vztahem:

$$I = I_{zs} (\exp qU/kT - 1) \quad (6)$$

kde I_{zs} - nasycený proud v závěrném směru
 k - Boltzmanova konstanta
 T - absolutní teplota přechodu
 q - náboj elektronu



Obr. 4

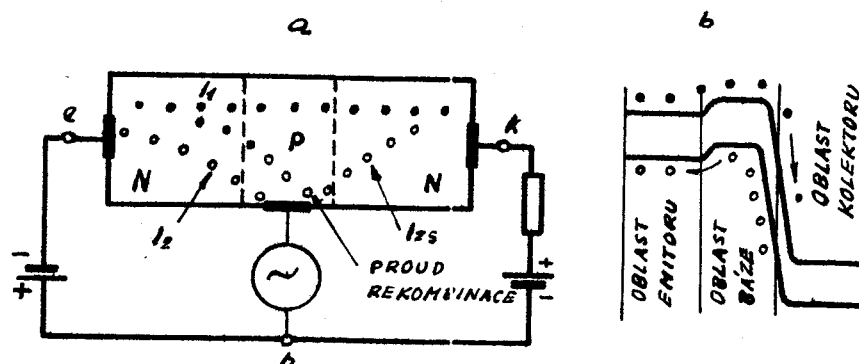
3.04. Podstata činnosti tranzistoru.

Vhodným uspořádáním F-N přechodů vzniká zesilovací prvek - tranzistor. Vsoučasné době hlavní typy tranzistorů jsou tranzistory N-P-N a P-N-P, tvořené třemi oblastmi polovodiče s příslušným typem vodivosti. Jednotlivé oblasti nazýváme emitor, báze a kolektor. Přechody mezi nimi nazýváme emitorový a kolekto-

rový přechod.

Pozorujme činnost tranzistoru při malých signálech. Pro typ N-P-N přikládáme mezi bázi a emitor stejnosměrné napětí velikosti několika desetin voltu; mezi bázi a kolektor napětí několik desítek voltů. Toto napětí je přiváděno přes zatěžovací odpor R_z . Polarita napětí je vždy taková, že emitorový přechod má napětí v propustném a kolektorový přechod v závěrném směru. Obvod báze je napájen střídavým generátorem. (obr.5).

Je-li napětí generátoru nulové, proud tečoucí tranzistorem se rozdělí na tři části. Jednou je proud I_{zs} (proud z kolektoru do báze), což je vlastně zpětný proud kolektorového přechodu. Tento proud nezávisí od přiloženého napětí a při dané teplotě je konstantní.



Obr. 5.

a - schéma, b - rozložení potenciálu.

Hlavním proudem je proud elektronů I_1 z emitoru přes bázi do kolektoru. Podíváme-li se na obr. 5b, vidíme, že elektrony v oblasti emitoru mají dostatek energie, aby překonali potenciální bariéru emitorového přechodu sníženou přiloženým napětím, difundují přes úzkou oblast báze s malými ztrátami vlivem rekombinace a sklouzávají z potenciální bariéry kolektorového přechodu ke kolektoru. Velikost tohoto proudu je především funkcí napětí na e. přechodu. Přes e. přechod teče ještě jedna část proudu. Je to proud děr I_2 z oblasti báze do emitoru. Tento proud je také funkcí přiloženého napětí. Poměr těchto proudů je dán vztahem / 1 /:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{L \delta_n}{w \delta_p} \quad (7)$$

kde L - difuzní dráha díry v oblasti N

w - šířka báze

δ_n - specifická vodivost oblasti N

δ_p - specifická vodivost oblasti P

Přivedeme-li na bázi střídavý signál, nastane modulace napětí na emitorovém a kolektorovém přechodu.

Změnu napětí na k. přechodu můžeme zanedbat vzhledem k velkému napětí na něm. Přiveďme na bázi kladnou půlvlnu signálu. Báze se stane kladnější, potenciálová bariéra e. přechodu se zmenší a do oblasti báze a tím i do kolektoru pronikne větší množství elektronů. Vnější napětím můžeme tedy regulovat proud tran-

zistoru. Vplyvem kladnějšího emitoru se proudy I_1
a I_2 zvětší o přírůstky proudů jednotlivých elektrod
přírůstek proudu emitoru $\Delta i_e = -\Delta(I_1 + I_2)$

$$\begin{array}{lll} \text{"-"} & \text{"-"} & \text{báze} \quad \Delta i_b = \Delta I_2 \end{array} \quad (8)$$

$$\begin{array}{lll} \text{"-"} & \text{"-"} & \text{kolektoru} \quad \Delta i_k = \Delta I_1 \end{array}$$

Tyto vztahy umožňují určit proudové zesilovací čini-
tele

$$\alpha = \left| \frac{\partial i_k}{\partial i_e} \right|_{U_k = \text{konst.}} \quad \beta = \left| \frac{\partial i_k}{\partial i_b} \right|_{U_k = \text{konst.}} \quad (9)$$

3.05. Matematické vyjádření vztahů mezi vstup- ními a výstupními veličinami tranzistoru.

Jak již bylo dříve uvedeno platí pro idealizova-
nou diodu tvořenou P-N přechodem vztah:

$$I = I_{zs} (\exp qu/kT - 1)$$

Při teplotě 25°C je

$$kT/q = U_0 \approx 0,026 \text{ V} \quad (10)$$

Při $U \gg 0$ (propustný směr) platí s dostatečnou
přesností zjednodušený vztah:

$$I = I_{zs} (\exp U/U_0) \quad (11)$$

Při $U \ll 0$:

$$I \approx I_{zs} \quad (11a)$$

Pro emitorový a kolektorový proud plošného tranzistoru platí téměř bez ohledu idealizované vztahy:

$$I_e = a_{11}(\exp \phi_e / U_0 - 1) - a_{12}(\exp \phi_k / U_0 - 1) \quad (12)$$

$$I_k = a_{21}(\exp \phi_e / U_0 - 1) - a_{22}(\exp \phi_k / U_0 - 1) \quad (13)$$

kde ϕ_e a ϕ_k jsou napětí na přechodech emitoru a kolektoru (kladný smysl přísluší spádu mezi P a N).

$$\text{přítom } a_{12} = a_{21} \quad (14)$$

Na základě těchto rovnic lze dospět k výrazům vyjadřujícím chování tranzistoru v třech oblastech stat. charakteristik (obr. 6) kde

v oblasti I (nevodivá)

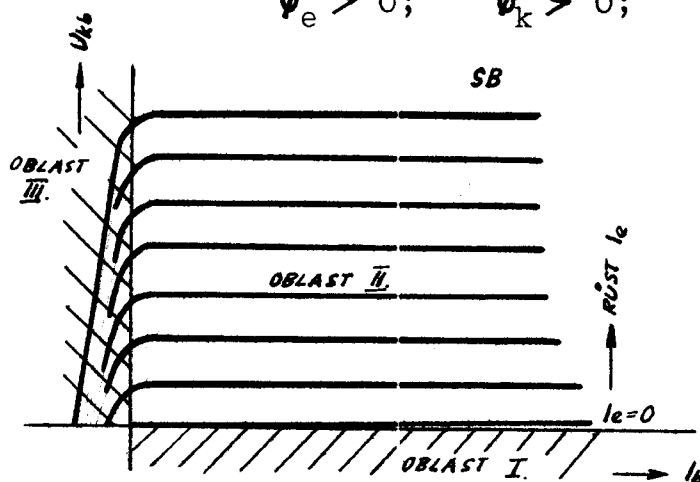
$$\phi_e < 0; \quad \phi_k < 0;$$

v oblasti II (aktivní)

$$\phi_e > 0; \quad \phi_k < 0;$$

v oblasti III (nasycená)

$$\phi_e > 0; \quad \phi_k > 0;$$



Obr. 5
Oblasti výstupních charakteristik tranz. v zapojení se společnouází - SB

Rovnice (12), (13) lze vyjádřit náhradním obvodem (obr. 7) v němž jsou oba přechody nahrazeny idealizovanými diodami a ideálními zdroji proudu. Z náhradního obvodu plyne:

$$I_e = I_{ed} - \alpha_r I_{kd} \quad (15)$$

$$I_k = I_{kd} - \alpha_n I_{ed} \quad (16)$$

kde α_n je proudové zesílení "normálního" zapojení SB a α_r je zesílení "inverzního" zapojení SB (zaměněny úlohy emitoru a kolektoru). Dosadíme-li z rovnice (6) za proudy diod I_{kd} a I_{ed} dostaneme:

$$I_e = I_{ez}(\exp \phi_e/U_o - 1) - I_{kz}(\exp \phi_k/U_o - 1) \quad (17)$$

$$I_k = I_{kz}(\exp \phi_k/U_o - 1) - I_{ez}(\exp \phi_e/U_o - 1) \quad (18)$$

Od těchto rovnic přejdeme k rovnicím (12), (13)

V oblasti I je při $\phi_e \ll 0$ a $\phi_k \ll 0$

$$\exp \phi_e/U_o \approx \exp \phi_k/U_o \approx 0 \quad (19)$$

tím se rovnice (17), (18) zjednoduší na tvar:

$$I_e = -I_{ez} + \alpha_r I_{kz} \quad (20)$$

$$I_k = -I_{kz} + \alpha_n I_{ez} \quad (21)$$

Pro nulový proud emitoru a kolektoru dostaneme:

$$I_{ez} = \alpha_r I_{kz} \quad \dots \text{při } I_e = 0 \quad (22)$$

$$I_{kz} = \alpha_n I_{ez} \quad \dots \text{při } I_k = 0 \quad (23)$$

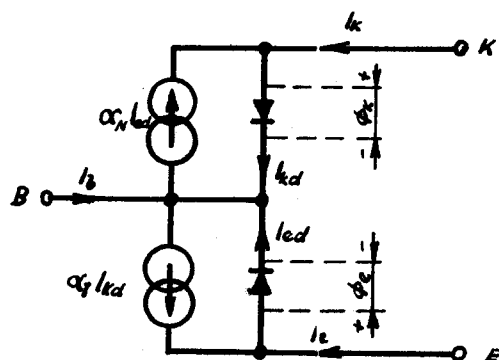
Dosadíme-li rovnici (23) do rovnice (20) a rovnici (22) do rovnice (21) dostaneme výrazy pro proudy

I_{ko} a I_{eo} t. j. proudy procházející přechodem kolektoru při $I_e = 0$ a přechodem emitoru při $I_k = 0$

$$I_{ko} = -I_{kz}(1 - \alpha_N \alpha_r) \quad (24)$$

$$I_{eo} = -I_{ez}(1 - \alpha_N \alpha_r) \quad (25)$$

pozn.: U tranzistorů P-N-P mají směry těchto proudů opačný směr než je uvedeno na obr. 7



Obr. 7

Náhradní obvod idealizovaného tranzistoru pro oblasti I, II, III,

Po dosazení do rovnic (17), (18) dostaneme

$$I_e = -\frac{I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp \phi_e / U_0 - 1) + \frac{\alpha_r I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp \phi_k / U_0 - 1) \quad (26)$$

$$I_k = \frac{\alpha_N I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp \phi_e / U_0 - 1) - \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp \phi_k / U_0 - 1) \quad (27)$$

Tím jsme definovali konstanty a_{11} až a_{22}
konstantami I_{eo} , I_{ko} .

$$a_{11} = - \frac{I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad a_{12} = + \frac{\alpha_r I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (28)$$

$$a_{21} = + \frac{\alpha_N I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad a_{22} = - \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (29)$$

$$I_{ko} = I_{eo} \quad (30)$$

3.05.1 Zjednodušené analytické vztahy

Dosadíme-li do rovnic (26), (27) z rovnice (19) dostaneme vztahy:

$$I_e = \frac{I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (1 - \alpha_N) \quad (31)$$

$$I_k = \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (1 - \alpha_r) \quad (32)$$

Použijeme-li obecného vztahu

$$I_b + I_e + I_k = 0 \quad (33)$$

dostaneme pro proud báze

$$I_b = - \frac{I_{eo}(1 - \alpha_N) + (1 - \alpha_r)I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (34)$$

V oblasti II při $\phi_k \ll 0$

$$I_e = - \frac{I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp \phi_e / U_0 - 1) - \frac{\alpha_r I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (35)$$

$$I_k = \frac{\alpha_N I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp \phi_e / U_0 - 1) + \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (36)$$

Sečteme-li obě rovnice dostaneme:

$$I_k = I_{ko} - \alpha_N I_e \quad (37)$$

anebo po dosazení z (33)

$$I_k = \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N} + \frac{\alpha_N}{1 - \alpha_N} I_b \quad (38)$$

Pro inverzní zapojení tranzistoru dostaneme analogicky:

$$I_e = I_{eo} - \alpha_r I_k \quad (40)$$

$$I_e = \frac{I_{eo}}{1 - \alpha_r} + \frac{\alpha_r}{1 - \alpha_r} I_b \quad (41)$$

Tyto vztahy platí pro oblast I a II.

Z nelineárních závislostí je důležitý vztah mezi proudem báze I_b a napětím na bázi U_b

$$U_b = -\phi_e \quad \dots \text{tranz. P-N-P}$$

$$U_b = +\phi_e \quad \dots \text{tranz. N-P-N}$$

Výraz definující tento vztah vyplyne z rovnic (35), (36)

$$I_b = -(I_k + I_e) = \frac{(1 - \alpha_r) I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} (\exp U_b / U_0 - 1) - \frac{(1 - \alpha_r) I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (42)$$

Při $U_b = 0$

$$I_b = - \frac{(1 - \alpha_r) I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_r} ; I_k = \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N \alpha_r} \quad (43)$$

Při $I_b = 0$

$$U_b = U_0 \ln \left[\frac{(1 - \alpha_r)}{1 - \alpha_N} \frac{I_{ko}}{I_{eo}} + 1 \right] ; I_k = \frac{I_{ko}}{1 - \alpha_N} \quad (44)$$

V oblasti III má důležitý význam napětí mezi kolektorem a emitorem U_{ke} a poměr změny U_{ke} k změně I_k t. j. dynamický odpor sepnutého tranzistoru

$$r_s = r_{ke} = dU_{ke} / dI_k.$$

Mají-li v oblasti III diody předpětí v propustném směru a $\phi_e \gg 0$, $\phi_k \gg 0$, vyplývá z rovnic (26), (27)

$$\phi_e = U_o \ln \left[- \frac{I_e + \alpha_r I_k}{I_{eo}} + 1 \right] \approx U_o \ln \left[- \frac{I_e + \alpha_r I_k}{I_{eo}} \right] \quad (45)$$

$$\phi_k = U_o \ln \left[- \frac{(I_k + \alpha_n I_e)}{I_{ko}} + 1 \right] \approx U_o \ln \left[- \frac{I_k + \alpha_n I_e}{I_{ko}} \right] \quad (46)$$

$$U_{ke} = \phi_k - \phi_e = U_o \ln \frac{(I_k + \alpha_n I_e) I_{eo}}{(I_e + \alpha_r I_k) I_{ko}} \quad (47)$$

Po dosazení z rovnice (30) a (33)

$$U_{ke} = \pm U_o \ln \frac{\alpha_r \left[1 - \frac{I_k}{I_b} \frac{1 - \alpha_n}{\alpha_n} \right]}{1 \pm \frac{I_k}{I_b} (1 - \alpha_r)} \quad (48)$$

Kladné znaménko platí pro tranzistor P-N-P, záporné pro N-P-N.

Dynamický odpor sepnutého tranzistoru

$$r_{ke} = \frac{dU_{ke}}{dI_k} = \pm U_o \left[\frac{1 - \alpha_n}{\alpha_n (I_b - I_k \frac{1 - \alpha_n}{\alpha_n})} + \frac{1 - \alpha_r}{I_b + I_k (1 - \alpha_r)} \right] \quad (49)$$

Je-li možno zanedbat $I_k(1 - \alpha_n)/\alpha_n$ a $I_k(1 - \alpha_r)$ vůči I_b pak platí přibližně

$$r_{ke} \approx U_o \left(\frac{1}{\alpha_n} - \alpha_r \right) \frac{1}{I_b} \quad (50)$$

3.05.2 Náhradní obvody tranzistorů.

Rovnice (35), (36) lze převést na jednodušší tvar,

$$I_e = - \frac{I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \exp \phi_e / U_0 + \frac{(1 - \alpha_N) I_{eo}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \quad (51)$$

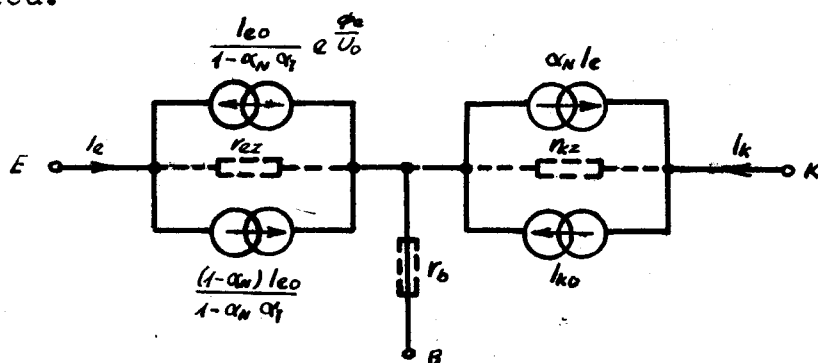
$$I_k = - \alpha_N I_e + I_{ko} \quad (52)$$

které vedou k náhradnímu obvodu tranzistoru na obr.8.

Do obvodu je zahrnut odpor báze, kterým se přihlíží k měrnému odporu polovodiče a svodové odpory kolektoru a emitoru r_{kz} a r_{ez} vyjadřující odpor přechodů při závěrném předpětí. Omezíme-li se pouze na malé signály, můžeme zapojení náhradního obvodu upravit podle obr. 9 , kde

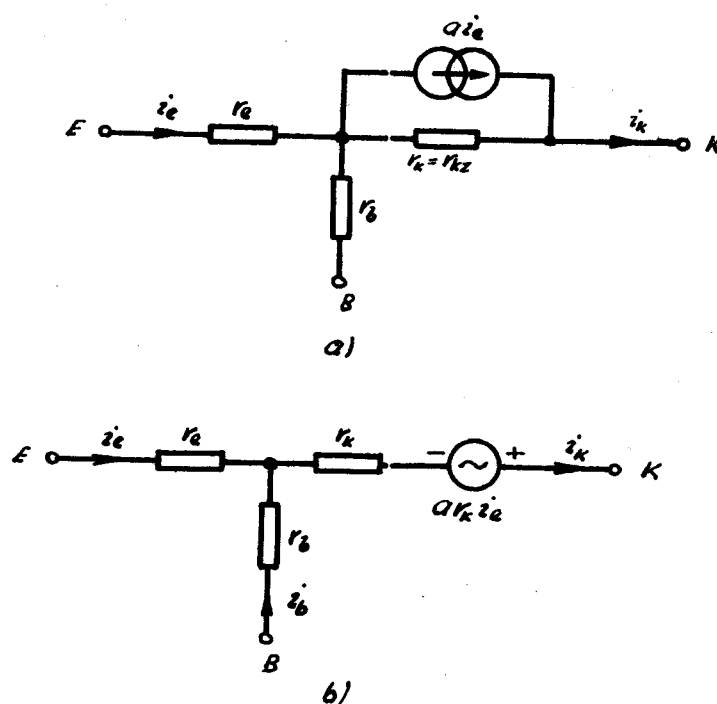
$$r_e = \frac{dU_e}{dI_e} = \frac{U_0}{I_e - \frac{I_{eo}(1 - \alpha_N)}{1 - \alpha_N \alpha_I}} = \frac{0,026}{I_e} \quad (53)$$

V upraveném obvodu je směr proudu změněn; zjednoduší se tím vztahy při výpočtu vícestupňových zesilovačů.



Obr. 8
Náhradní obvod tranzistoru.

Parametr α_N je nahrazen parametrem α . Tím je jednak odlišen poměr proudových změn $i_k/i_e = \alpha$ od poměrů klidových proudů $I_k/I_e = \alpha_N$ a jednak je vzat zřetel na definici proudového zesil. činitele $\alpha = -h_{21b}$, podle níž je α proudové zesílení tranzistoru v zapojení SB nakrátko.



Obr. 9

Upravený náhradní obvod tranzistoru.

Pro vztah mezi α a α vyplývá z obr. 9a výraz:

$$\frac{i_{k,k}}{i_e} = \alpha = -h_{21b} = \frac{a + \frac{r_b}{r_k}}{1 + \frac{r_b}{r_k}} \approx a \quad (54)$$

Protože je i nepatrný rozdíl mezi α_N a α můžeme psát docela přesně $a \approx \alpha \approx \alpha_N$

Pro dva okruhy náhradního obvodu můžeme napsat:

$$\begin{aligned} u_1 &= i_1(r_e + r_b) + i_2 r_b \\ u_2 &= i_1(r_k + r_b) + i_2(r_k + r_b) \end{aligned} \quad (55)$$

Po úpravě a porovnání s e čtyřpólovými rovnicemi dospějeme k výrazům vyjadřující vlastní parametry pomocí "h" parametrů, které se snáze měří a které také udává výrobce tranzistorů.

Upravíme-li si náhradní obvod z obr. 9b pro zapojení se společným emitorem SE (obr. 10a) dostaneme pro výstupní okruh rovnici

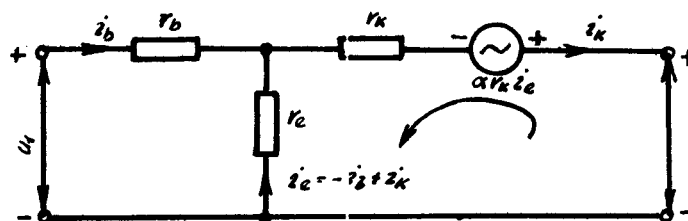
$$u_2 = \alpha r_k i_e - i_k r_k - i_e r_e \quad \text{kde } i_e = -i_b + i_k$$

po vyloučení i_e

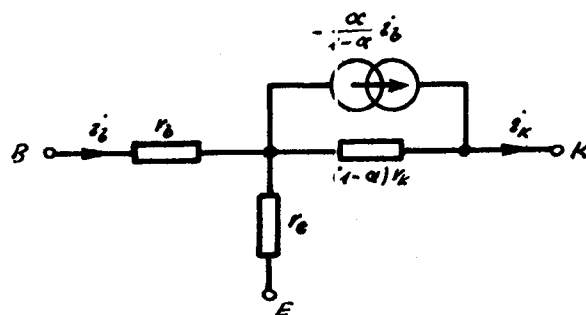
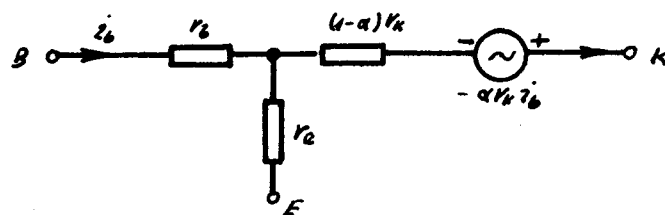
$$u_2 = -\alpha r_k i_b - (1 - \alpha) r_k i_k + r_e (i_b - i_k) \quad (56)$$

Je jasné, že chceme-li v náhradním obvodu použít zdroje napětí závislého na i_b , musíme změnit jeho polaritu a zaměnit odpor r_k odporem $(1 - \alpha) r_k$. (obr. 10b) Náhradní obvod ze zdrojem proudu je na obr. 10c. Proudové zesílení $\alpha/(1 - \alpha)$ považujeme za nový

parametr β - proudové zesílení v zapojení se spol.
emitemem.

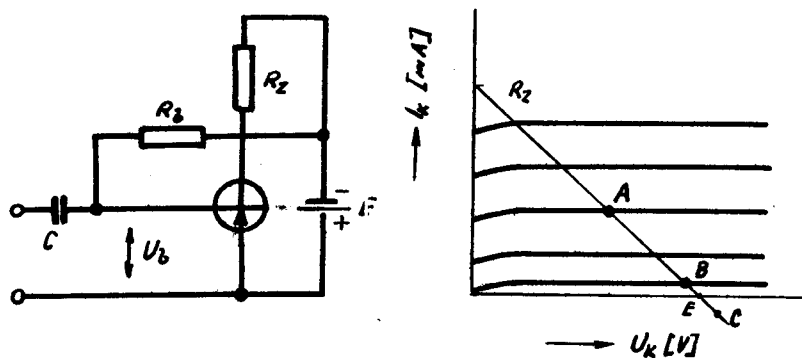


a)



Obr. 10

Náhradní obvody tranzistoru v zapojení SE



Obr. 11.

Zapojení SE a příslušné výstupní charakteristiky.

4.00. Napájecí obvody tranzistoru a stabilizace - pracovního bodu.

4.01. Určení pracovního bodu tranzistoru.

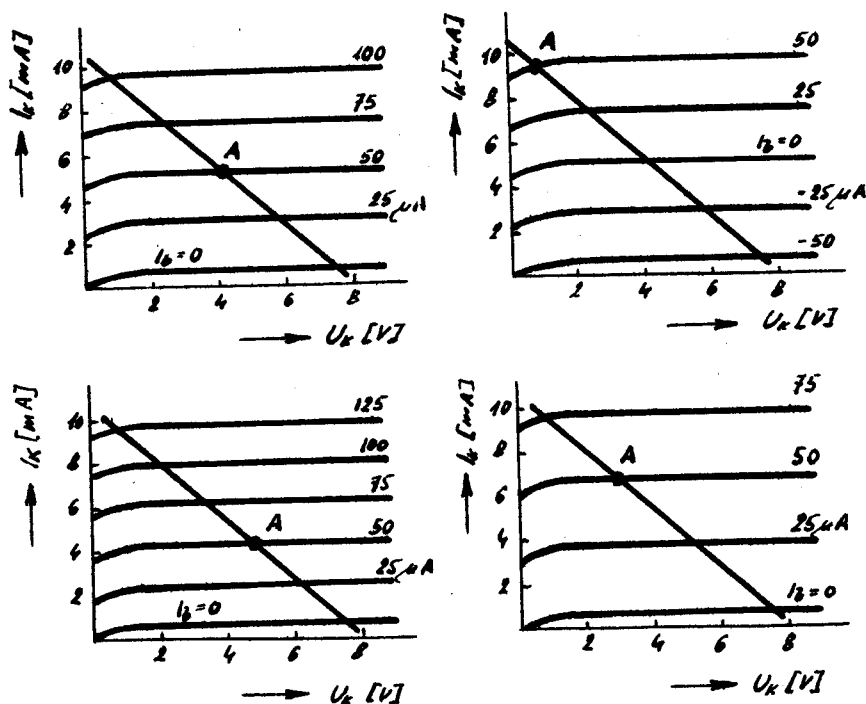
Podkladem pro volbu pracovního bodu jsou statické charakteristiky v příslušném zapojení. Poloha pracovního bodu je určena velikostí U_k , I_k , I_b .

(Uvažujeme zapojení SE, protože se nejčastěji vyskytuje. Úvahy však platí i pro ostatní druhy zapojení). Volíme ji tak, aby při maximálním rozkmitu signálu pracoval tranzistor ještě v propustné oblasti. Graficky je znázorněna poloha pracovního bodu na obr.11. Zatěžovací přímka R_z odpovídá odporu mezi kolektorem a emitorem a protíná osu kolektorového napětí v bodě E, který odpovídá napětí napájecí baterie. Polohu pracovního bodu na této přímce určuje proud báze. Podle jeho velikosti může tranzistor pracovat ve třídě A, B nebo C. Polohy těchto pracovních bodů jsou vyznačeny na obr.11. Proud určíme zařazením odporu R_b mezi zdroj kolektorového napětí a bázi. Jeho velikost určíme ze vztahu:

$$R_b = \frac{E - U_b}{I_b} \doteq \frac{E}{I_b} \quad (57)$$

Je zřejmé, že poloha prac. bodu bude závislá na změnách charakteristik a parametrů tranzistorů.

Tyto změny jsou vyznačeny na obr.12.



Obr. 12.

Změna polohy pracovního bodu v síti výstup. chrakt.
a - původní poloha, b - změna vzrůstem I_{ko}
c - změna zmenšením , d - změna zvětšením .

Z obrá 12 je zřejmé, že tranzistor může úplně ztratit schopnost pracovat.

4.02. Činitelé mající vplyv na polohu pracovního bodu.

Hlavním faktorem, který způsobuje změnu polohy pracovního bodu je změna zvyškového proudu. Zvyško-

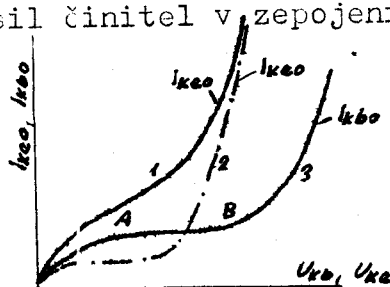
vý proud roste exponenciálně s teplotou. Teoreticky by neměl záviset na přiloženém napětí, ale ve skutečnosti vzrůstá s napětím vplyvem nečistot polovodiče. (Jedná se o povrchové nečistoty). Závislost I_{kbo} a I_{keo} je zobrazena na obr. 13. I_{kbo} je zvyškový proud při zapojení SB a I_{keo} je zvyškový proud při zapojení SE. Z průběhu grafu vidíme, že proud při malých napětích stoupá s napětím až dosáhne hodnoty, která je konstantní v širší oblasti. Když se velikost napětí blíží hodnotě průrazného napětí přechodu, zvyškový proud začne rychle narůstat. Průběh této křivky do značné míry mluví o kvalitě tranzistoru. Oblast A-B se požaduje co nejdelší. V oblasti B je def. maximální pracovní napětí. Tranzistory s křivkou (1) jsou teplotně nestabilní, mají malou účinnost a zkreslují signál.

I_{kbo} se zdvojnásobí při stoupnutí teploty o 8 - 10 °C, I_{keo} při stoupnutí teploty o 5 - 7 °C. Rychlejší růst I_{keo} s teplotou je způsoben tím, že při zapojení se spol. emitorem se vnitřní teplota tranzistoru zvětšuje vplyvem kolektorové ztráty zvyškového proudu, který v důsledku toho roste rychleji. Pro I_{kbo} a I_{keo} platí vztah:

$$I_{keo} = I_{kbo} (1 + \beta) \quad (58)$$

kde je proudový zesil. činitel v zapojení SE.

Obr. 13
Závislost I_{kbo} a I_{keo} na
napětí kolektoru



4.03 Volba velikosti stabilizačního činitele.

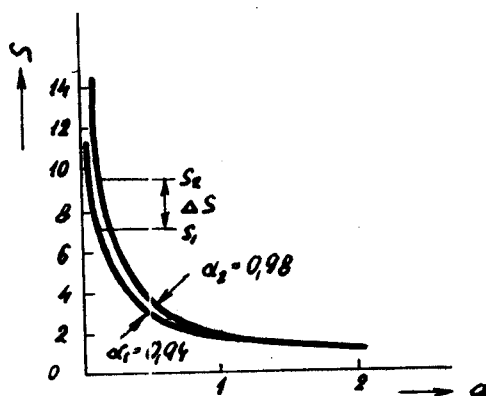
Stabilizační činitel je definován jako poměr přírůstku kolektorového proudu k přírůstku zbytkového proudu.

$$S = \frac{I_k}{I_{ko}} \quad (59)$$

Dle jednotlivých druhů stabilizačních zapojení můžeme stabilizačního činitele vyjádřit vztahem

$$S = \frac{1 + a}{1 - \alpha + a} \quad (60)$$

kde a je konstanta pro jednotlivé druhy zapojení / 1 /.
Grafické znázornění této rovnice je na obr. 14



Obrl4.

Z průběhu křivky je vidět, že s rostoucím a S ze začátku rychle klesá. Za ohybem křivky zůstává prakticky konstantní. Nejprísnější požadavky vyžadují hodnotu a v oblasti ohybu, kde má S hodnotu 1,5 - 2.

Další zvyšování α klade vysoké požadavky na napájecí zdroje, které nejsou úměrné ztlapšení teplotní stabilizace.

Uvečené hledisko volby činitele S vychází ze změny zvyškového proudu v závislosti na teplotě. Je nutno si uvědomit, že se jedná o teplotu přechodu. Při malých výkonech je to prakticky teplota okolí, při větších výkonech se zvyšuje teplota přechodu vlivem rozptylu energie na kolektorovém přechodu.

V tomto případě je teplota přechodu

$$t_p = t_o + K_t \cdot N_k \quad (61)$$

kde t_o - teplota okolí, K_t - teplotní odpor

N_k - Ztráta na kolektorovém přechodu

Přesně vzato měla by se uvažovat i ztráta na emizorovém přechodu. Jelikož však $U_{eb} \ll U_{kb}$ můžeme výraz

$N_e = U_{kb} I_e$ oproti $N_k = U_{kb} I_k$ zanedbat.

Celková ztráta na kolektoru bude

$$N_k = U_{kb} I_k + U_{kb} S I_{kbo} \quad (62)$$

a vnitřní teplota tranzistoru

$$t_p = t_o + K_t N_k$$

Pro tepelnou rovnováhu při libovolné teplotě můžeme napsat

$$t_1 = t_o + K_t U_{kb} I_k \quad (63)$$

a dále

$$t_p - t_1 = S K_t U_{kb} I_{kbo}(t_p) \quad (64)$$

Přitom platí

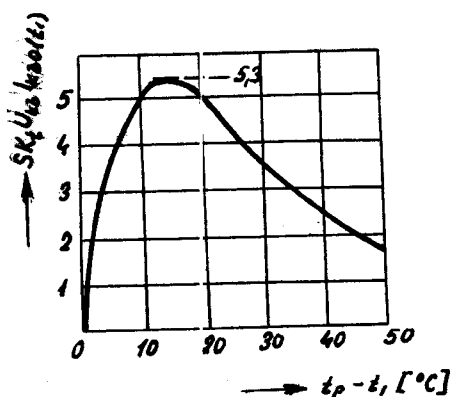
$$I_{kbo}(t_p) = I_{kbo}(t_1) \exp(t_p - t_1)k \quad (65)$$

dosadíme-li do vztahu (64) dostaneme

$$t_p - t_1 = SK_t U_{kb} I_{kbo}(t_1) \exp(t_p - t_1)k \quad (66)$$

Grafické řešení této rovnice pro germaniové tranzistory je na obr. 15. Vidíme, že existuje maximum hodnoty při které bude tranzistor ještě pracovat stabilně. Maximum má hodnotu 5,3. Při této hodnotě je $t_p - t_1 = 14,4$ °C. Má-li tedy tranzistor pracovat stabilně, nesmí teplota jeho kolektorového přechodu při použití max. činitele S, převyšovat teplotu okolí o víc než 14,4 °C. Tento závěr můžeme vyjádřit vztahem

$$S \leq \frac{5,3}{K_t U_{kb} I_{kbo}(t_1)} \quad (67)$$



Obr. 15.

Grafické řešení rovnice (66).

4.04. Teplotní stabilizace odporem v emitoru a děličem v bázi.

Jak bylo uvedeno v předcházejících statích
je nutno stabilizovat pracovní bod tranzistorů.
Jedním z neúčinnějších způsobů stabilizace je stabi-
lizace odporem v emitoru a děličem v bázi. Z obvodu
na obr. 16 dostaneme :

$$E - I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$$

$$E - I_4 R_4 - I_5 R_5 = 0$$

$$I_2 R_2 = I_4 R_4 = R_1 (I_{e1} + I_{e2})$$

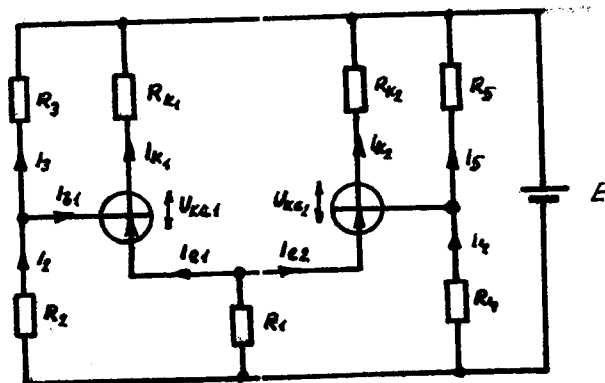
$$I_{b1} = -I_3 + I_2$$

$$I_{b2} = -I_5 + I_4$$

$$I_{k1} = \alpha_1 I_{e1} + I_{kbo1}$$

$$I_{k2} = I_{e2} \alpha_2 + I_{kbo2}$$

$$I_{e1,2} = I_{k1,2} + I_{b1,2}$$



Obr. 16.

Teplotní stabilizace odporem v emitoru a děličem
v bázi

Řešením těchto rovnic dospějeme ke vztahu:

$$I_{k1} \left[(1 - \alpha_1) + A + B \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right] - I_{kbo1} \left[1 + A + B \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right] - \frac{E}{R_3} =$$

$$= - I_{k2} \left[(1 - \alpha_2) + B + A \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right] + I_{kbo2} \left[1 + B + A \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right] + \frac{E}{R_5}; \quad (68)$$

Derivováním tohoto vztahu podle I_{kbo1} a I_{kbo2} dostaneme výrazy pro S_1 a S_2 , což jsou stabilizační činitelé, jejichž definice byla podána v kap.4.03.

Po zderivování a úpravě dostaneme

$$S_1 = \frac{1 + A + B \frac{\alpha_2}{\alpha_1}}{1 - \alpha_1 + A + B \frac{\alpha_2}{\alpha_1}} \quad (69)$$

$$S_2 = \frac{1 + B + A \frac{\alpha_1}{\alpha_2}}{1 - \alpha_2 + B + A \frac{\alpha_1}{\alpha_2}} \quad (70)$$

kde

$$A = R_1 \frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3}; \quad B = R_1 \frac{R_4 + R_5}{R_4 R_5}; \quad (71)$$

Vyjádříme-li si rovnici (68) pomocí stabilizačních činitelů dostaneme

$$\left(- \frac{E}{R_3} (S_1 - 1) + I_{k1} - S_1 I_{kbo1} \right) \frac{S_1 \alpha_1 - 1}{S_1 - 1} =$$

$$= \left(\frac{E}{R_5} (S_2 - 1) + I_{k2} - S_2 I_{kbo2} \right) \frac{S_2 \alpha_2 - 1}{S_2 - 1} \quad (72)$$

VŠST
LIBEREC

Zařízení pro měření šířky *
tkaniny.

DP

36

5. LISTOPADU 1966

D. Malík

Ze vztahu (72) si při známém $S_1, S_2, I_{k1}, I_{k2}, \alpha, \alpha_k$
 I_{kbo1}, I_{kbo2} a zvoleném poměru R_3/R_5 lehce spočítáme
pro dané napájecí napětí E velikost odporů R_3 a R_5 .
Ostatní odpory se určí z Ohmova zákona.

5.00. Přenosové konstanty zesilovacích stupňů.

K definici statického přenosu zesilovacích stupňů stačí obecně tři konstanty: Zesílení k_s , vstupní odpor r a výstupní odpor R_z .

Pokud jde o zesílení, máme na mysli u tranzistorových stupňů zesílení proudu

$$k_{si} = k_s = \frac{i_s}{i} \quad (73)$$

kde i_s je výstupní proud, i - vstupní proud stupně.

Chceme-li znát i napěťové zesílení použijeme vzta-

hu

$$k_{su} = \frac{u_s}{u} = \frac{i_s R_z}{i r} = k_{si} \frac{R_z}{r} \quad (74)$$

kde R_z - zatěžovací odpor, r - vstupní odpor,

5.01. Výpočet přenosových konstant rozdílových stupňů.

Jelikož je použito v navrhovaném zařízení rozdílových stupňů omezíme se pouze na tyto rozdílové stupně. Postup výpočtu přenosových konstant je však stejný i pro ostatní druhy zesilovacích stupňů.

Při výpočtu vyjdeme z náhradního schématu na obr. 17. Náhradní obvod definují rovnice

$$u_1 = i_1(R_{b1} + R_{e1} + R) + i_2 R - i_{s1}(R_{e1} + R) - i_{s2} R \quad (75)$$

$$u_2 = i_1 R + i_2(R_{b2} + R_{e2} + R) - i_{s1} R - i_{s2}(R_{e1} + R) \quad (76)$$

$$i_1(R_{e1} + R) + i_2 R - i_{s2}(R_k + R) - i_{s1}(R_{e1} + (1 - \alpha)r_{k1} + R_{z1} + R_k + R - \alpha r_{k1} i_1 = 0 \quad (77)$$

$$i_1 R + i_2(R_{e2} + R) - i_{s2}(R_{e2} + (1 - \alpha_2)r_{k2} + R_{z2} + R_k + R - i_{s1}(R_k + R) - \alpha_2 r_{k2} i_2 = 0 \quad (78)$$

kde

$$R_{b1,2} = R'_{b1,2} + r_{b1,2}$$

$$R_{e1,2} = R'_{e1,2} + r_{e1,2}$$

$$R_{z1} = \frac{R_z R_{k1}}{R_z + R_{k1} + R_{k2}} ; \quad R_{z2} = \frac{R_z R_{k2}}{R_z + R_{k1} + R_{k2}} ;$$

$$R_k = \frac{R_{k1} R_{k2}}{R_z + R_{k1} + R_{k2}} ;$$

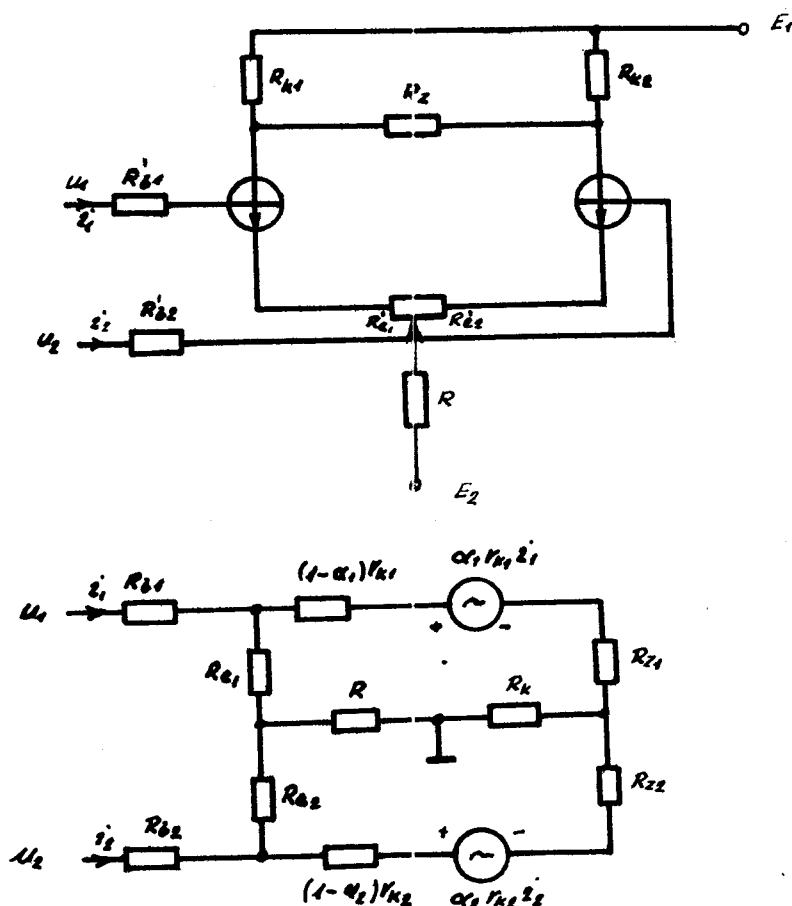
Odpory r_b , r_e , r_k jsou jednotlivé odpory elektrod

Odpory R_{z1} , R_{z2} , R_k vznikly přeměnou trojúhelníku

R_{k1} - R_{k2} - R_z na hvězdu R_{z1} - R_{z2} - R_k /11/.

Vstupní odpor určíme z rovnic (75) a (76) a zesílení určíme z rovnic (77) a (78).

Náhradní obvod je sestaven ze dvou základních obvodů SE odvozených v kapitole 3.05.2.



Obr.17.

Tranzistorový rozdílový stupeň a příslušný náhradní obvod.

5.01.1 Výpočet zesílení.

Zesílení rozdílového stupně je definováno jako poměr rozdíllů výstupních signálů k rozdílu vstupních.

$$K_{Si} = \frac{i_{s1} - i_{s2}}{i_1 - i_2} \quad (79)$$

Odečteme-li od sebe rovnice (77) a (78) dostaneme

$$i_1(R_{e1} - \alpha_1 r_{k1}) - i_2(R_{e2} - \alpha_2 r_{k2}) - i_{s1}(R_{e1} + (1 - \alpha_1)r_{k1} + R_{z1} + i_{s2} R_{e2} + (1 - \alpha_2)r_{k2} + R_{z2}) = 0 \quad (80)$$

Z této rovnice vyplyne pro $i_2=0$, $i_{s2}=0$ výraz
pro k_{sil}

$$k_{sil} = \frac{R_{e1} - \alpha_1 r_{k1}}{R_{e1} + (1 - \alpha_1)r_{k1} + R_{z1}} \quad (81)$$

Analogicky pro $i_1=0$, $i_{s1}=0$ dostaneme k_{si2}

$$k_{si2} = \frac{R_{e2} - \alpha_2 r_{k2}}{R_{e2} + (1 - \alpha_2)r_{k2} + R_{z2}} \quad (82)$$

Jelikož $R_e \ll r_k$ můžeme rovnice (81), (82) zjednodušit na tvar

$$\begin{aligned} k_{sil,2} &= \frac{R_{e1,2} - \alpha_{1,2} r_{k1,2}}{R_{e1,2} + (1 - \alpha_{1,2})r_{k1,2} + R_{z1,2}} = \\ &= \frac{-\alpha_{1,2}}{1 - \alpha_{1,2}} \frac{1}{1 + \frac{R_{e1,2} + R_{z1,2}}{(1 - \alpha_{1,2})r_{k1,2}}} = \end{aligned}$$

$$\pm - \beta_{42} \frac{1}{1 + \frac{R_{e1,2} + R_{z1,2}}{(1 - \alpha_{41}) r_{k1,2}}} \quad (83)$$

5.01.2. Výpočet vstupního odporu.

Vstupní odpor stupně je definován jako poměr vstupního napětí k vstupnímu proudu:

$$r = \frac{u}{i} \quad (84)$$

Dosadíme-li do rovnic (75), (76) výraz $i_s = k_{si} i$ dostaneme po úpravě

$$\frac{u_1}{1 - k_{si1}} = i_1 \frac{R_{b1}}{1 - k_{si1}} + R_{e1} + R - Ri_2 \frac{1 - k_{si2}}{1 - k_{si1}} \quad (85)$$

$$\frac{u_2}{1 - k_{si2}} = \frac{R_{b2}}{1 - k_{si2}} + R_{e2} + R - Ri_1 \frac{1 - k_{si1}}{1 - k_{si2}} \quad (86)$$

Dosadíme-li teď rovnici (86) při $u_2 = 0$ do rovnice (85) dostaneme po úpravě

$$r_1 = \frac{u_1}{i_1} = (1 - k_{si1}) T_1 + R - \frac{R^2}{T_2 + R} \quad (87)$$

Podobným postupem dostaneme výraz pro r_2

$$r_2 = \frac{u_2}{i_2} = (1 - k_{si2}) T_2 + R - \frac{R^2}{T_1 + R} \quad (88)$$

kde

$$T_{1,2} = \frac{R_{bl,2}}{1 - k_{sil,2}} + R_{el,2} \quad (89)$$

Je-li $T_{1,2} \ll R$, lze rovnici (88) upravit na tvar

$$r_{1,2} = (1 - k_{sil,2}) (T_1 + T_2) \quad (90)$$

5.01.3. Výpočet výstupního odporu.

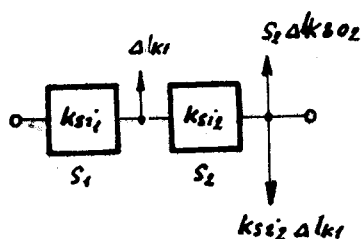
Výstupní odpor se vypočte ze vztahu/5/:

$$r_{sl,2} = \frac{r_{k,2}}{\beta_{1,2}}$$

6.00. Teplotní stabilizace stejnosměrných zesilovačů.

U stejnosměrných zesilovačů je teplotní stabilita mnohem závažnějším problémem, než je tomu u zesilovačů střídavých. Stejnosměrné zesilovače pracují totiž s přímovězanými stupni, takže se změny jednoho stupně přenášejí na druhý, zesílené proudovým zesílením dalšího stupně. U střídavých zesilovačů tento problém odpadá, neboť u těch jsou jednotlivé stupně odděleny a stačí provést stabilizaci každého stupně zvlášť.

Budeme se zabývat dvoustupňovým zesilovačem jehož blokové skupinové schema je na ob.18.



Obr. 18.

Skupinové schema dvoustupňového zesilovače.

Přírůstek proudu I_{k1} prvního tranzistoru je zesílen k_{si2} krát, Celkový přírůstek ΔI_{k2} způsobený změnami I_{kbo1} a I_{kbo2} , vyjadřuje rovnice

$$I_{k2} = k_{si2} S_1 \Delta I_{kbo1} + S_2 \Delta I_{kbo2} \quad (91)$$

Má-li se zajistit kompenzace vlivu teploty, musí být změna proudu $I_{k2} = C$ pro zvolený rozsah teplot. Z této podmínky plyne

$$k_{si2} S_1 \Delta I_{kbo1} + S_2 \Delta I_{kbo2} = 0 \quad (92)$$

Lze toho dosáhnout splněním jedné ze čtyř podmínek uvedených v dalším textu, za předpokladu, že proudy

ΔI_{kbo1} a ΔI_{kbo2} mají totéž znaménko. Podmínky kompenzace jsou

$$\begin{aligned} k_{si2} < 0, \quad S_1 < 0, \quad S_2 < 0 \\ k_{si2} < 0, \quad S_1 > 0, \quad S_2 > 0 \\ k_{si2} > 0, \quad S_1 < 0, \quad S_2 > 0 \\ k_{si2} > 0, \quad S_1 > 0, \quad S_2 < 0 \end{aligned} \quad (93)$$

Teplotní kompenzaci lze provést také tak, že pro zesilovač použijeme jednoho tranzistoru typu P-N-F a jednoho N-P-N. Rovnici (92) lze splnit i jinými způsoby. Z rovnice (92) plyne za předpokladu stejného S_1 a S_2

$$\Delta I_{kbo2} = -k_{si2} I_{kbo1} \quad (93)$$

Z této podmínky je zřejmé, že pro každé k_{si2} lze vybrat dvojici tranzistorů tak, aby byla splněna rovnice (93) a naopak pro každou hodnotu ΔI_{kbo1} lze podle rovnice (93) zvolit k_{si2} . Musíme si však uvědomit, že k splnění předpokladu $S_1 \approx S_2$ je též třeba, aby R_{G1a} a R_{G2} byly přibližně stejné.

VŠST LIBEREC	Zařízení pro měření šířky tkaniny.	DP	45
		5. LISTOPADU 1966	
		D. Malík	
R_g - odpor (vnitřní) zdroje signálu pro stupeň. Při tomto způsobu teplotní kompenzace je třeba, abychom v prvním stupni použili tranzistoru s malým I_{kbo} a v druhém s velkým I_{kbo}.			

7.00. Stabilizace napětí.

K napájení měřících a regulačních obvodů používáme často zdroje, které mají velmi "tvrdé" napětí, možno říci konstantní. Používá se k tomu součástek u kterých napětí vzniklé průchodem proudu, je velmi málo závislé na tomto proudu. Používá se k tomu doutnavek nebo zvláštních polovodičových prvků -
- Zenerových diod.

Na obr. 19. je charakteristika Zenerovy diody, na obr. 20.a je základní zapojení stabilizačního obvodu a na obr. 20b je jeho náhradní chema. Pro stabilizaci se využívá malého dynamického odporu r_z , který dioda vykazuje, prochází-li jí tzv. Zenerův proud I_z .

Podmínky funkce obvodu na obr. 20a jsou:

- 1) vstupní napětí U_i musí být větší než $|U_z|$
- 2) sériový odpor R_s musí být zvolen tak, aby zatěžovací přímka protla charakteristiku v oblasti Z, jak ukazuje např. přímka 1 na obr. 19. Z obr. 19 současně vyplývá stabilizační mechanismus Zenerovy diody. Zvětší-li se napětí o ΔU_i (viz přímka 2), zvětší se napětí na diodě pouze o ΔU_o , čili o hodnotu podstatně menší než ΔU_i . Volba pracovního bodu diody v oblasti Z je na jedné straně omezena největším Zenerovým proudem I_{zn} , popř. největším elektric-

kým výkonem, který se může na diodě proměnit v teplo. Jelikož tento výkon je přibližně $P_{zm} \doteq U_Z I_Z$ musí platit

$$I_{zm} \leq \frac{P_{zm}}{U_Z} \quad (94)$$

Nedoporučuje se zpravidla volit pracovní proud menší než $I_Z = 0,2 I_{zm}$, protože potom je již napětí na diodě silně závislé na proudu procházejícím diodou.

Závislost na svorkách diody můžeme v prvním přiblížení vyjádřit vztahem

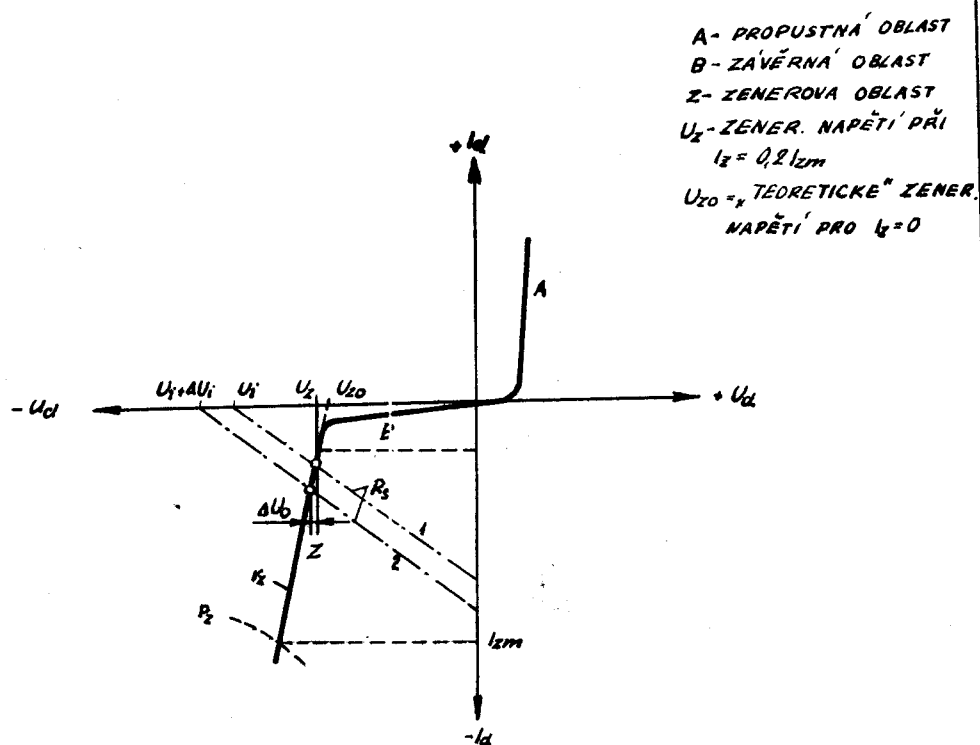
$$U_o = U_Z + (I_Z - 0,2 I_{zm}) r_Z = U_{zo} + I_Z r_Z \quad (95)$$

kde U_{zo} je jakési teoretické napětí pro $I_Z = 0$

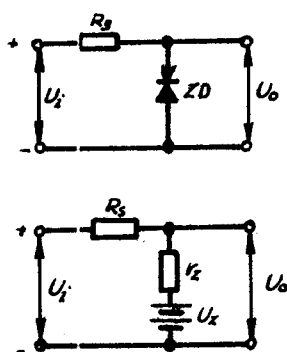
Podle toho lze tedy vlastnosti diody, pracující v oblasti Z, přibližně zobrazit lineárním obvodem skládajícím se z ideálního zdroje napětí U_Z v sérii s odporem r_Z . Toto náhradní schema je na obr. 20b.

7.01. Místkový stabilizátor se Zenerovou diodou.

Pomocí jednoduchého stabilizačního obvodu obr. 20a lze dosáhnout činitele stabilizace asi 200 a v kaskádním zapojení dvou těchto obvodů přibližně 3000. Stabilizační činitel je definován jako poměr relativní změny vstupního napětí k relativní změně výstupního napětí. Označíme-li si relativní změnu



Obr. 19.
Charakteristika Zenerovy diody



Obr. 20

- a - základní zapojení stabilizačního obvodu
b - přibližné náhradní schema

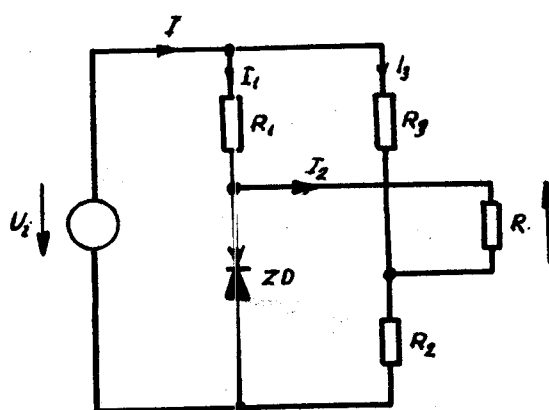
vstupního napětí jako $\frac{4U_Z}{U_{Z0}}$ a relativní změnu

výstupního napětí jako $\frac{4U_Z}{U_{Z0}}$ dostaneme

$$S_u = \frac{\Delta U_i / U_i}{\Delta U_o / U_o} = \frac{U_o}{U_i} \frac{\Delta U_i}{\Delta U_o} \quad (96)$$

Čím je tento činitel větší, tím méně závisí výstupní napětí na vstupním napětí.

Je-li relativní změna výstupního napětí pro určité pásmo relativní změny vstupního napětí nulová, je činitel stabilizace nekonečný, stabilizace je ideální. Takové stabilizace se dosahuje složitými elektronkovými nebo tranzistorovými stabilizátory. Je zajímavé, že i pomocí jedné nebo i dvou ZD a pomocí dalších dvou nebo tří odporů se dá dosáhnout v určitém rozmezí ideální stabilizace. Tento obvod je můstkový stabilizátor (obr. 21).



Obr. 21.

Můstkový stabilizátor napětí s jednou ZD

Stabilizační funkce je následující: Zvýší-li se vstupní napětí U_i , stoupne i proud protékající ZD a tím stoupne napětí na ní v bodě A. Současně stoupne i napětí v bodě B na odporu R_2 . Je-li přírůstek na odporu R_2 stejný, jako na diodě, výstupní napětí mezi body AB se nezmění a obvod stabilizuje ideálně. Stoupne-li napětí v bodě B méně než v A, stabilizace je nedokonalá, činitel stabilizace S_u 1. Stoupne-li napětí v bodě víc než v A, obvod je přestabilizován, výstupní napětí klesá i když vstupní napětí stoupá. Aby se dosáhlo ideální stabilizace nutno volit $R_2 = R_d$; R_d je dynamický odpor ZD v oblasti Z.

8.00. Numerický výpočet zesilovače.

Schema celého zesilovače je na obr. 25. Při výpočtu použijeme vztahů, které byly odvozeny v kapitolách předcházejících.

8.01. Koncový stupeň

Koncový stupeň je symetrický rozdílový stupeň. Symetrický stupeň byl použit proto, že umožňuje docílit dobrou teplotní stabilitu, bez větší ztráty zesílení, je málo citlivý k změnám napájecího napětí a umožňuje získat symetrický výstupní signál, který potřebujeme pro polarizované relé.

8.01.1 Výpočet kolektorových odporů.

Při výpočtu vycházíme z daných a zvolených hodnot:

Napájecí napětí (zvoleno) $E_1 = +12 \text{ V}$
 $E_2 = \text{pro výpočet}$

Odpor cívky relé HL 100 11 $R_Z = 6,3 \text{ k}$

Přítah relé $2,2 \pm 20\% A_Z$

Počet závitů 17000

Provozní příkon 0,36 mW

Minimální příkon 0,05 mW

1. Spínací proud

$$I_{sp} = \frac{\text{ampérzávitů}}{\text{počet závitů}} = \frac{2,2}{17000} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

Jelikož relé pracuje přetržitě volíme si max. pří-

kon $P_m = 1mW$

2. maximální spínací proud vypočteme ze vztahu

$$P_m = R_z \cdot I_{spm}^2$$

$$I_{spm} = \sqrt{\frac{P_m}{R_z}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{6,3 \cdot 10^3}} = 0,4 \cdot 10^{-3} A$$

Při výpočtu kolektorových odporů vycházíme spodemíky

$$I_{spm}(R_z + R_g) = E_1 - U_k - 0,3$$

U_k - potenciál kolektoru předcházejícího stupně;
ten odhadneme +2V.

$$R_g = \frac{E_1 - U_k - 0,3}{I_{spm}} - R_z = \frac{12 - 2 - 0,3}{0,4 \cdot 10^{-3}} - 6,3 \cdot 10^3 =$$
$$= 18 \cdot 10^3 = 18 k\Omega \quad R_g = R_9$$

Maximální proud kolektoru se vypočte ze vztahu

$$I_m = \frac{2R + R}{R_g} I_{spm} = \frac{2 \cdot 18 + 6,3}{18} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 0,94 \cdot 10^{-3} A$$

Klidový pracovní bod musí být $I_{k3} \geq \frac{I_m}{2}$

$$I_{k3} \text{ volíme } 0,6 \cdot 10^{-3} A \quad I_{k4} = I_{k3}$$

Napětí kolektoru

$$U_k = U_{k4} = E_1 - I_{k3} \cdot R_g = 12 - 0,6 \cdot 18 = 1,2V$$

8.01.2 Charakteristické hodnoty pro pracovní bod

Pro pracovní bod $U_k = 1,2V$, $I_k = 0,6mA$ tranzistoru
106 NU 70, který je použit v koncovém stupni.

byly nalezeny tyto hodnoty:

vstupní odpor	$h_{11} = 2,16 \text{ k}\Omega$
zpětný napěťový činitel	$h_{12} = 9,7 \cdot 10^{-4}$
proudový zesilovací činitel	$h_{21} = 45$
výstupní vodivost	$h_{22} = 37 \cdot 10^{-6} \text{ S}$

Protože "h" parametry se hodí lépe pro vyjádření vlastností tranzistorů na základě měření, než pro výpočet, přepočtem je na hodnoty náhradního obvodu T, který se lépe hodí pro výpočet.

$$r_e = \frac{h_{12}}{h_{22}} = \frac{9,7 \cdot 10^{-4}}{37 \cdot 10^{-6}} = 26,2 \Omega$$

$$r_k = \frac{1 + h_{21}}{h_{22}} = \frac{1 + 45}{37 \cdot 10^{-6}} = 1,2 \cdot 10^6 = 1,2 \text{ M}\Omega$$

$$r_b = h_{11} - \frac{h_{12}(1 + h_{21})}{h_{22}} = 2,16 \cdot 10^3 - \frac{9,7 \cdot 10^{-4}(1 + 45)}{37 \cdot 10^{-6}} = 3,4 \cdot 10^3 = 3,3 \text{ k}\Omega$$

8.00.3. Výpočet zesílení.

Zesílení vypočteme ze vztahu (83) ve kterém za výraz $1 - \alpha$ dosadíme ekvivalentní výraz $\frac{1}{1 + \beta}$

Nejdřív si musíme vypočítat hodnoty R_e a R_z

$$R_e = r_e = 26,2 \Omega$$

$$R_s = \frac{R \cdot R_g}{R_g + 2R_k} = \frac{18 \cdot 6 \cdot 10^5}{(6,3 + 2 \cdot 18) \cdot 10^3} = 2,55 \cdot 10^3 = 2,55 \text{ k}\Omega$$

$$k_{si3} = k_{si4} = \beta \frac{1}{1 + \frac{(R_e + R_8)(1 + \beta)}{r_k}} =$$
$$= -45 \frac{1}{1 + \frac{(0,026 + 2,55)(1 + 45) \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^6}} = -41$$

8.01.4. Vstupní odpor.

K výpočtu použijeme vztahů (87), (89)

$$T_3 = T_4 = \frac{r_b}{1 - k_{si3}} + r_e = \frac{3,3 \cdot 10^3}{1 + 41} + 26,2 = 105 \Omega$$

Emitterový odpor volíme $R_{10} = 1 \text{ k}\Omega$

$$r_3 = r_4 = (1 - k_{si3}) \left[T_3 + R_{10} - \frac{R_{10}^2}{T_4 + R_{10}} \right] =$$
$$= (1 + 41) \left[0,105 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^3 - \frac{1 \cdot 10^6}{(0,105 + 1) \cdot 10^3} \right] = 8,4 \text{ k}\Omega$$

8.01.5. Napájecí napětí E_3

$$E_3 = 2 \cdot I_{k3} R_{10} + U_{kl} = 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3 + 2 = 3,2 \text{ V}$$

8.01.6. Rozkmit proudu báze.

K výpočtu použijeme vztahu (73)

$$k_{si} = \frac{i_s}{i}$$

$$i_{b3} = i_{b4} = \frac{-I_m}{k_{si3}} = \frac{0,94 \cdot 10^{-3}}{41} = 23 \cdot 10^{-6} = 23 \mu\text{A}$$

Při výpočtu zesílení nebylo uvažováno rozdělení výstupního proudu mezi zátěž a kolektorové odpory. Skutečné zesílení bude:

$$k'_{si} = \frac{i'_s}{i} = k_{si} \frac{R_8}{2R_8 + R_z} = -41 \frac{18}{2 \cdot 18 + 6,3} = 17,5$$

8.02. Vstupní zesilovač

Jako vstupního zesilovače je použito rozdílového stupně, který umožňuje porovnat signál ze snímačů se signálem, který odpovídá nastavené šířce tkaniny. Ve vstupním zesilovači jsou použity tranzistory 156 NU 70.

8.02.1 Kolektorové odpory.

Pracovní bod tranzistorů vstupního zesilovače volíme, tak aby stupeň měl co nejmenší šum (malé U_k a I_k), ale ještě dostatečné zesílení. S ohledem na tyto požadavky volíme $U_{k'} = 2 \text{ V.}$, $I_{k'} = 0,3 \text{ mA.}$ Kolektorové odpory vypočteme ze vztahu

$$R_1 = R_2 = \frac{E_1 - U_k}{I_k} = \frac{12 - 2}{0,3 \cdot 10^{-3}} = 33,3 \text{ k}\Omega$$

8.02.2 Výpočet emitorového odporu.

Na emitorovém odporu povolíme úbytek celého napájecího napětí $E_2 = -12 \text{ V.}$ Odpor vypočteme ze vztahu

$$R_3 = \frac{U_{e1} - E_2}{2 I_k} \approx -\frac{0 - (-12)}{2 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}} = 20 \cdot 10^3 = 20 \text{ k}\Omega$$

8.02.3 Charakteristické hodnoty tranzistorů.

V literatuře /5/ byly pro zvolený pracovní bod nalezeny hodnoty:

$$r_e = 88 \Omega$$

$$r_K = 1,2 \text{ M}\Omega$$

$$r_b = 1,6 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 80$$

8.02.4. Výpočet zesílení.

K výpočtu zesílení použijeme vztahu (83) upraveného stejně jako v kap. 8.01.3.

$$R_z = \frac{r_3 R_1}{r_3 + R_1} = \frac{8,4 \cdot 33 \cdot 10^6}{(8,4 + 33) \cdot 10^3} = 6,5 \cdot 10^3 = 6,5 \text{ k}\Omega$$

$$k_{sil} = \frac{1}{1 + \frac{(R_e + R_z) \cdot (1 + \beta)}{r_k}} =$$

$$= -80 \frac{1}{1 + \frac{(88 \cdot 10^{-3} + 6,5) \cdot 10^3 (1 + 80)}{1,2 \cdot 10^6}} = -55$$

Uvažujeme-li rozdělení výstupního proudu zatěžovacími odpory dostaneme

$$K_{sil} = k_{sil} \frac{R_b}{R_1 + r_3} = -55 \frac{33 \cdot 10^3}{(0,088 + 33) \cdot 10^3} = -54,8$$

což je téměř původní hodnota.

8.02.5. Výpočet vstupního a výstupního odporu.

K výpočtu použijeme vztahů (87), (89)

$$T_1 = T_2 = \frac{r_b}{1 - k_{sil}} + r_e = \frac{1,6 \cdot 10^3}{1 + 55} + 88 = 117 \Omega$$

$$r_1 = r_2 = (1 - k_{sil}) \left[T_1 + R_3 - \frac{R_3^2}{T_2 + R_3} \right] =$$

$$= (1 + 55) \left[117 + 20 \cdot 10^3 - \frac{20^2 \cdot 10^6}{117 + 20 \cdot 10^3} \right] = 16,5 \text{ k}\Omega$$

Výstupní odpor vypočtem s dostatečnou přesností /5/ ze vztahu:

$$r_{s1} = r_{s2} = \frac{r_{k1}}{\beta_1} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{80} = 15 \text{ k}\Omega$$

8.02.6. Rozkmit proudu báze.

$$i_{b1} = i_{b2} = \frac{-I_{b3}}{\beta_{si}} = \frac{-23 \cdot 10^{-6}}{-54,8} = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

8.02.7. Výpočet stabilizačních odporů.

Nejdříve vypočtem stabilizačního součinitele koncového stupně. Použijeme k tomu vztahu (70), (69). Vzhledem k tomu, že je počito shodných tranzistorů, $S_3 = S_4$, $A = B$, $\alpha_j = \alpha_f$.

$$A = R_{10} \frac{r_{s1} + R_1}{r_{s1} \cdot R_1} = \frac{15 \cdot 10^3 + 33 \cdot 10^3}{15 \cdot 33 \cdot 10^6} \cdot 1 \cdot 10^3 = 0,097$$

$$S_3 = \frac{1 + A \cdot 2}{1 - \alpha_f + 2A} = \frac{1 + 2 \cdot 0,097}{1 - 0,98 + 2 \cdot 0,097} = 5,78$$

V důsledku souměrnosti je i u prvního stupně

$$S_1 = S_2 \quad R_3 = R_5$$

Pro výpočet S_1 použijeme vztahu (92). Jelikož u použitých tranzistorů je kolektorový proud velmi malý, je zbytkový proud pouze funkcí okolní teploty. protože se pro výpočet ^{zbytkový} obou zbytkových proudů používá stejného vztahu, můžeme ΔI v rovnici (92) místo

ΔI_{kbo1} a ΔI_{kbo2} psát I_{kbo1} , I_{kbo2} .

$$k_{si3} S_1 I_{kbo1} + S_2 I_{kbo2} = 0$$

$$S_1 = - \frac{-S_3 I_{kbo2}}{k_{si3} I_{kbo2}} = \frac{-5,78 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}}{-41 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 1,27$$

kde zbytkový proud tranz. 156 NU 70 $I_{kbo1} = 0,5 \cdot 10^{-6} A$

106 NU 70 $I_{kbo2} = 4,5 \cdot 10^{-6} A$

Odpor R_3 vypočteme z upraveného vztahu (72)

$$R_3 = \frac{E(S_1 - 1)}{I_{k1} - S_1 I_{kbo1}} = \frac{24(1,27 - 1)}{0,3 \cdot 10^{-3} - 1,27 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 21,6 \text{ k}\Omega$$

Volíme $R_3 = 22 \text{ k}\Omega$

Vzhledem k tomu, že proud báze je vzhledem k proudu, který teče děličem je zanedbatelný, volíme $R_2 = 22 \text{ k}$

Odpor R_4 a R_5 budou mít stejnou velikost.

Přidáním děliče na vstup se zmenšil vstupní odpor zesilovače a tudíž se musí ve stejném poměru zvětšit vstupní proud zesilovače.

$$i_1 = i_{b1} \frac{2r_1 + R_3}{R_3} = 0,42 \cdot 10^{-6} \frac{2 \cdot 16,5 + 22}{22} =$$
$$= 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

8.02 Přenosové konstanty zesilovače.8.02.1 Vstupní odpor zesilovače.

$$r = \frac{R_3 \cdot r_1}{R_3 + r_1} = \frac{22 \cdot 16,5 \cdot 10^3}{(22 + 16,5) \cdot 10^3} = 9,4 \text{ k}\Omega$$

8.02.2 Zesílení celého zesilovače.

a) proudové

$$k_{si} = \frac{I_{spm}}{i_1} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 10^{-6}} = 380$$

b) napěťové

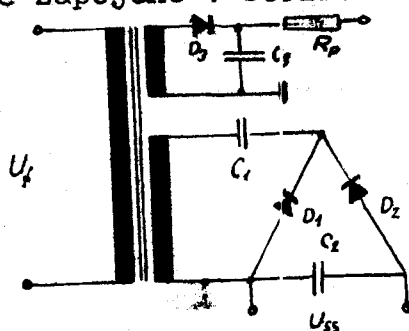
$$k_{su} = k_{si} \frac{R_z}{r} = 380 \frac{6,3}{9,4} = 255$$

c) výkonové

$$k_v = k_{si} \cdot k_{su} = 380 \cdot 255 = 97\ 000$$

9.00 Výpočet napájecích zdrojů.9.01. Napájecí a stabilizační zdroj zesilovače.9.01.1. Napájecí část.

Pro napájení zesilovače je použito zdvojovače napětí, což není nic jiného, než dva jednocestné usměrňovače zapojené v seri. Schema zdvojovače je na obr.22



Obr.22.

Schema zdvojovače napětí ~~a zdroje pro žárovky.~~

Velikost stejnosměrného napětí, které dá násobič napětí o n stupních, vypočteme ze vzorce / 2 /:

$$U_{ss} = 1,175 \cdot n \cdot U_f$$

kde U_{ss} - stejnosměrné napětí zdroje *ve V*

U_f - napětí transformátoru *ve V*

n - počet stupňů násobiče

1,175 - konstanta, která koriguje platnost vzorce s ohledem na ztráty.

Napětí U_f si zvolíme $U_f = 24V$

$$U_{ss} = 1,175 \cdot 2 \cdot 24 = 56,5V$$

Pro výpočet kapacity uvádí literatura /2/ vzorec

$$C = \frac{I \cdot 2n(n+2) \cdot 10^6}{f \cdot U_{ss}}$$

kde C - kapacita kondenzátoru v μF

U_{ss} - stejnosměrné napětí ve V

I - odebíraný proud v A

f - kmitočet sítě v Hz

n - počet stupňů násobiče

Odhadneme odebíraný proud na 0,4 A

$$C_1 = C_2 = \frac{0,4 \cdot 4 \cdot (2+2) \cdot 10^6}{50 \cdot 56,5} = 2,27 \cdot 10^3 \mu F$$

Vzhledem k velikosti odebíraného proudu volíme usměr. diody 33 NP75 .

9.01.2. Stabilizační část.

Jako stabilizátoru je použito můstkového stabilizátoru se ZD. Schema zapojení je na obr.21.

Jelikož potřebujeme na výstupu můstku napětí 24V, což nám jedna ZD nedá, volíme dvě diody 7 NZ 70 zapojené v serii. ZD 7 NZ 70 má Zenerovo napětí

$U_Z = 14 V$ a doporučený pracovní bod $I_Z = 50 mA$.

Schema na obr. 21 popisují tyto rovnice:

$$I_1 R_L = U_1 - U_0$$

$$I_3 R_L = U_1 - U_0 + U_2$$

$$(I_3 + I_2)R_d = U_o - U_2$$

$$I_1 - I_2 - I_d = 0$$

Řešením těchto rovnic pro $U_z = 24V$

$$U_o = 2 \cdot U_z = 28V$$

$$U_1 = 55V$$

$$I_d = I_z = 50 \text{ mA}$$

$$R_d = 2 \cdot R_z = 12 \Omega$$

kde r_z je dynamický odpor ZD ve zvoleném pracovním bodě, který pro 7 NZ 70 činí 6Ω .

dostaneme:

$$I_1 = 132 \text{ mA}$$

$$I_2 = 82 \text{ mA}$$

$$I_3 = 248 \text{ mA}$$

$$R_1 = 204 \Omega$$

$$R_2 = 293 \Omega$$

celkový proud odebíraný můstkem je ~~330~~ 380 mA.

9.02. Zdroj pro napájení žárovek.

Jelikož z obvodu žárovek je odebírán porovnávací signál pro rozdílový zesilovač, je nutno napájecí napětí žárovek usměrnit. Stabilizaci zde není nutno provádět, neboť žárovky vzhledem ke svému nelineárnímu odporu stabilizují samy.

Výstupní napětí z usměrňovače volíme 24V.

Toto napětí bylo zvoleno z důvodů možnosti výměny osvětlovacích žárovek za žárovky s větším napájecím

napětím. Použité žárovky TESLA 7V-0,3A. Odebíraný proud je tedy $2,0,3 = 0,6A$. Z toho důvodu volíme usměrňovací diodu 43 NP 75.

Srážecí odpor vypočteme ze vztahu

$$R_p = \frac{E - U}{I} = \frac{24 - 7}{0,6} = 28,4 \Omega \text{ volíme } R = 28,8 \Omega$$

kde E - napětí zdroje, U - napětí žárovky,

I - Odebíraný proud

Odpor R_p rozdělíme na dvě části z nichž jednu použijeme pro získání porovnávacího napětí.

$$R_p = R_{15} + R_{16}$$

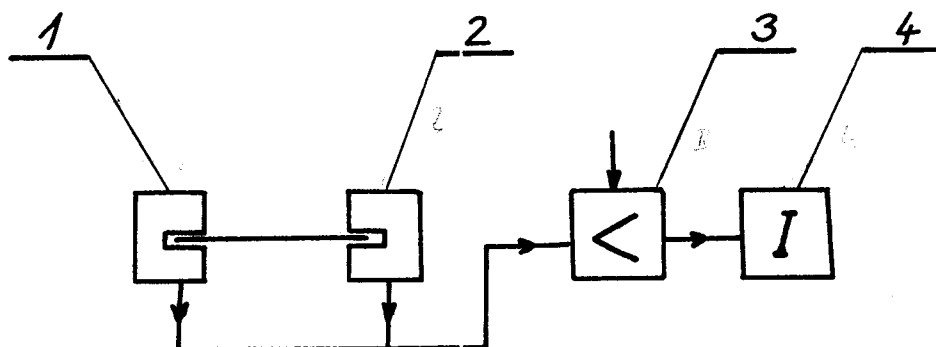
$$R_{15} = 22 \Omega$$

$$R_{16} = 6,8 \Omega$$

Odpor R_{16} použijeme jako zdroje napětí pro porovnávací signál. Velikost tohoto napětí vypočítáme ze vztahu

$$U_2 = R_{16} \cdot I = 6,8 \cdot 0,6 = 4,08V$$

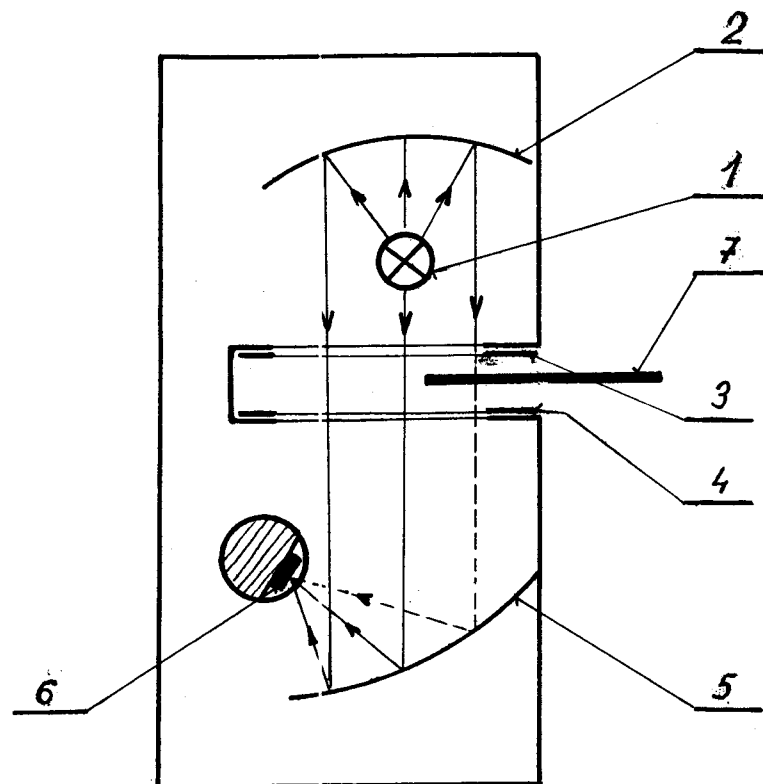
Ostatní odpory v zesilovači byly navrženy dle citu.



Obr. 23

Blokové schéma zařízení.

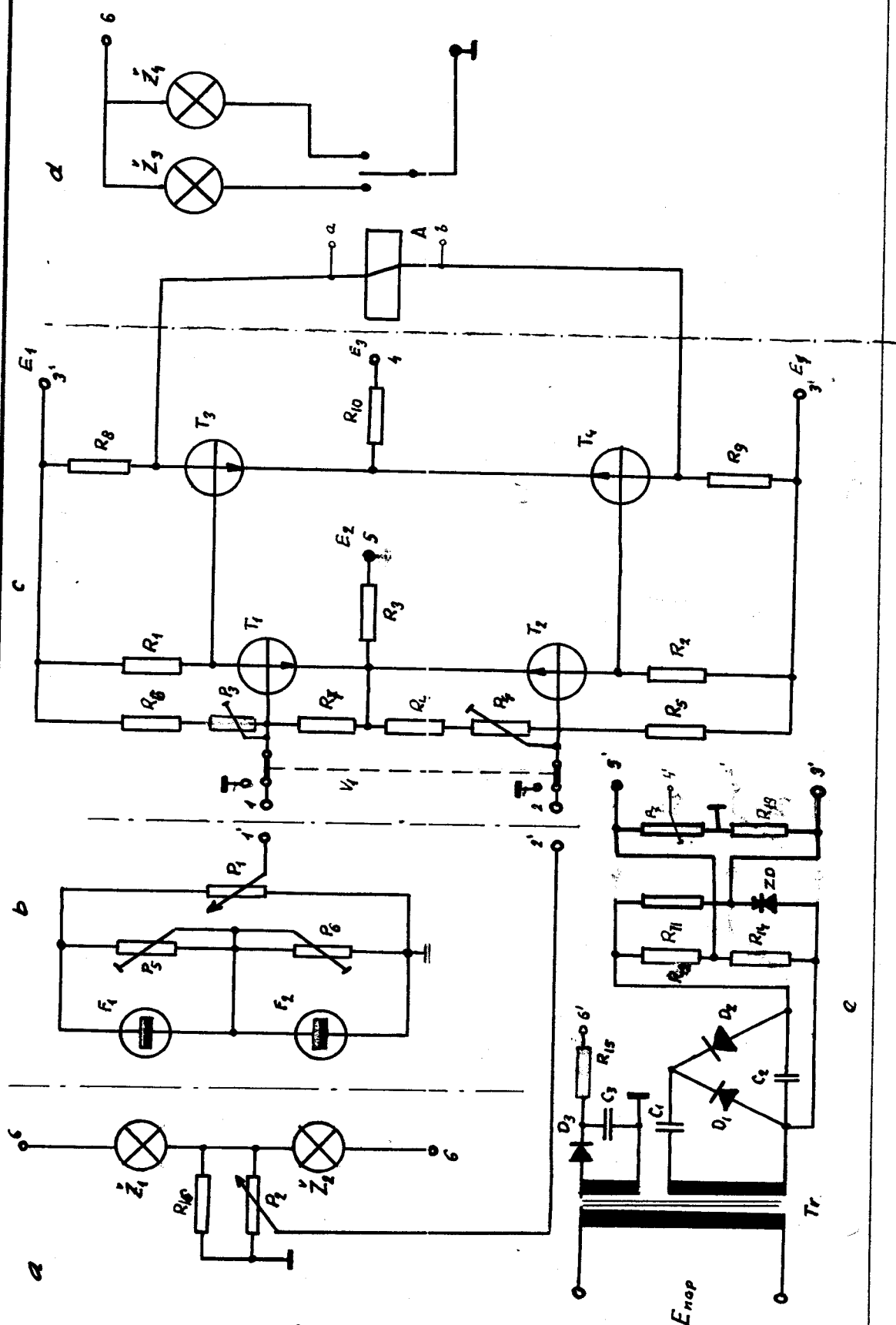
1,2 - snimač, 3 - rozdílový zesilovač, 5 - vyhodnocovací a indikační zařízení.



Obr. 24

Schema snimače.

1 - žárovka, 2 - parabola, 3,4 - clona, 5 - parabola
6 - Fotonka



Obr. 25

Schema zapojení celého zařízení.

Použité součástky na obr. 25

Odporů:

R ₁	33 k	P ₁	50 k
R ₂	33 k	P ₂	100 k
R ₃	20 k	P ₃	2k5
R ₄	20 k	P ₄	2k5
R ₅	22 k	P ₅	100 k
R ₆	20 k	P ₆	100 k
R ₇	22 k	P ₇	150
R ₈	18 k		
R ₉	18 k		
R ₁₀	1 k		
R ₁₁	200		
R ₁₂	200		
R ₁₃	150		
R ₁₄	12		
R ₁₅	22		
R ₁₆	6,8		

Kondenzátory:

C ₁	2G5
C ₂	2G5
C ₃	200 M

Diody:

D ₁	33 NP 70
D ₂	33 NP 70
D ₃	43 NP 70
ZD	2x7 NZ 70

Tranzistory:

T ₁	156 NU 70
T ₂	156 NU 70
T ₃	106 NU 70
T ₄	106 NU 70

Fotonky:

F ₁	1 PP 75
F ₂	1 PP 75

Ostatní:

- A - polarizované relé HL 100 11
- V₁ - dvoupólový přepínač
- T_F - trafo 220/2x24
- Ž₁ - Ž₄ žárovky TESLA 7V - 0,3A

10.00. Uvedení zařízení do chodu.

Nejdříve se nastaví, při zkratovaných vstupních svorkách přepínačem V_1 , pracovní bod tranzistorů T_1 a T_2 ($I_k=0,3$ mA) pomocí potenciometru P_3 a P_4 . Pak se potenciometrem P_7 nastaví proud 0,6mA tranzistorů T_3 a T_4 ; případné odchylky se poopraví změnou nastavení pot. P_3 a P_4 , tak aby mezi svorkama a-b bylo nulové napětí. Nastavení zesilovače se pak již při provozu nemění. Před připojením snímačů nutno nastavit u obou fotonek F_1 a F_2 stejný signál pomocí pot. P_5 a P_6 . Nyní je možno připojit snimače na vstup. Při zakryté šterbině jednoho ze snímačů a nastavené citlivosti potenciometrem P_1 , se zařízení opět vynuluje pot. P_2 . Tím je zařízení připraveno k užívání.

Při dalším uvádění do chodu obsluha pouze vynuluje zařízení, při zkratovaných vstupních svorkách, pomocí pot. P_4 a při připojených snímačích pomocí pot. P_2 . Po delší době provozu je nutno znova nastavit stejný signál obou fotonek potenciometry P_5 a P_6 ; případně také vyměnit žárovky.

VŠST
LIBEREC

Zařízení pro měření
šířky tkaniny.

DP

68

5. LISTOPADU 1966

D. Malík

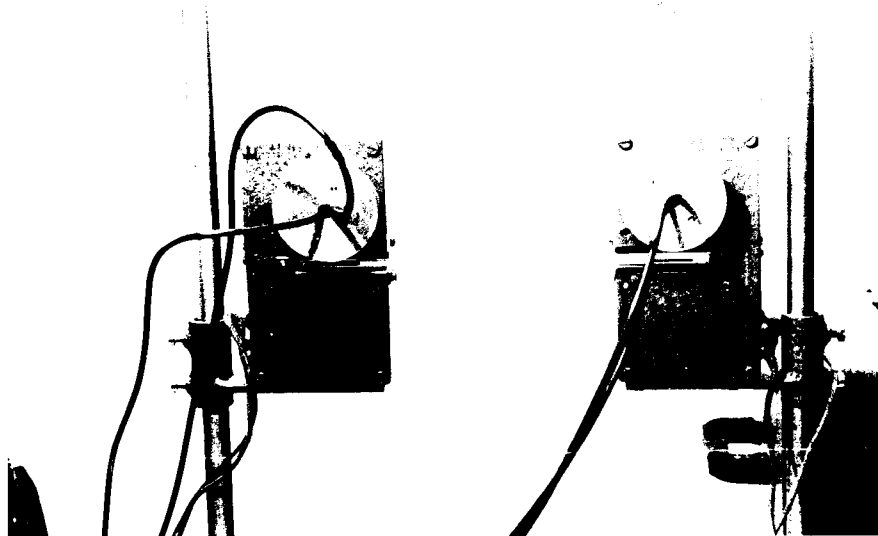


Foto č. 1
Celkový pohled na snimače.

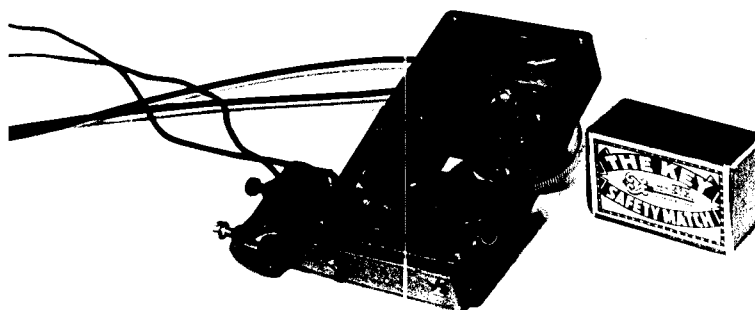


Foto č. 2
Pohled do vnitřku snimače.

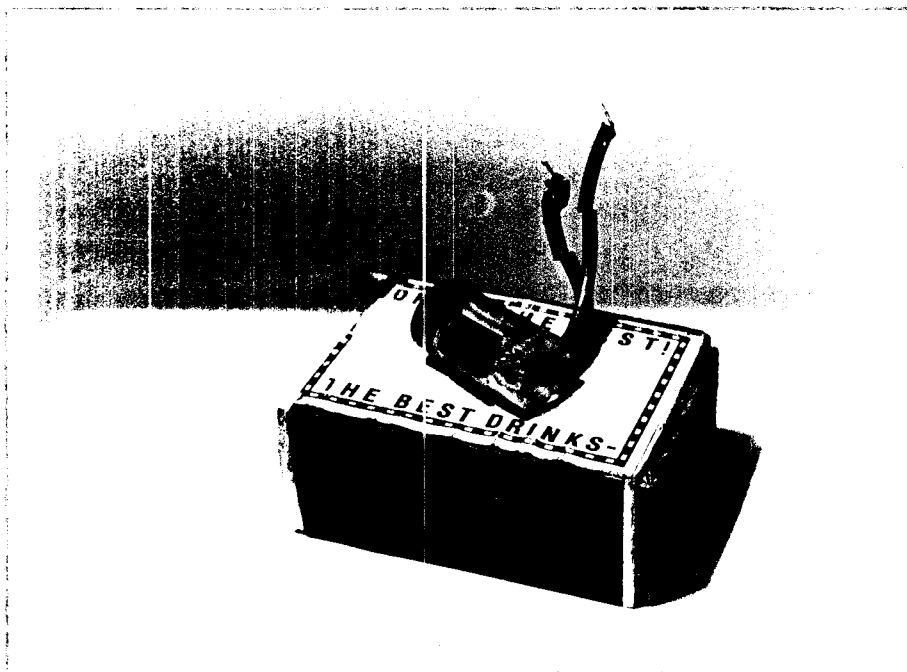


Foto č. 3.
Celkový pohled na čidlo.

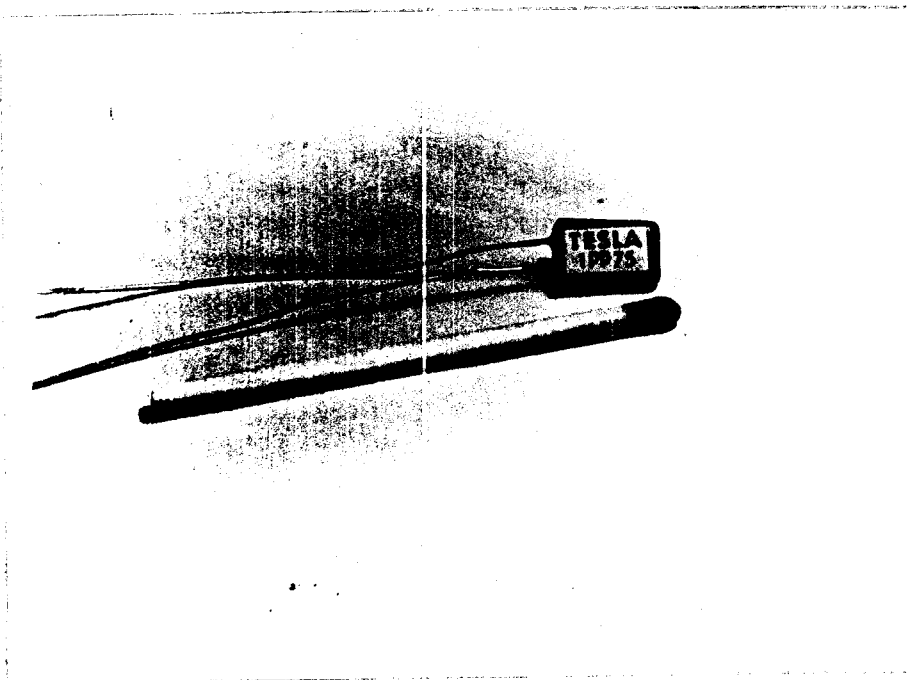


Foto č. 4. - Fotozónka 1 PP 75

VŠST
LIBEREC

Zařízení pro měření
šířky tkaniny.

DP

70

5. LISTOPADU 1966

D. Malík

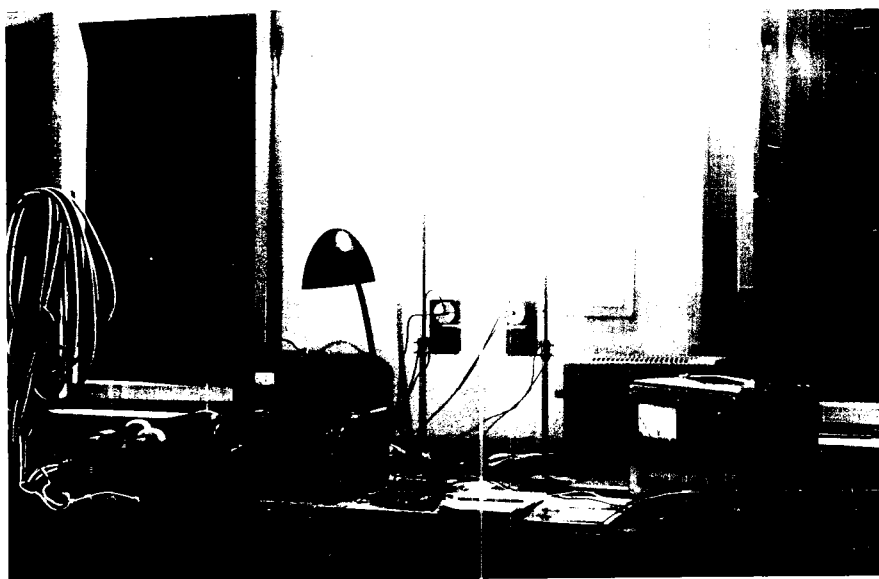


Foto č. 5

Pohled na aparaturu při zkušebním provozu.

11. 00. Závěr.

Navrhované zařízení nebylo možno pro nedostatek času, způsobený opožděnou výrobou snimačů v n.p. TOTEX, odzkoušet v provozních podmínkách na fixačním rámu. Bylo provedeno poze laboratorní předběžné odzkoušení (foto č. 5).

U zařízení bylo možno nastavit citlivost, při šterbině 6×20 mm, až ± 1 mm na sepnutí relé. Při zkoušení se také zjistilo, že intenzita osvětlení na šterbinách není rovnoměrná v důsledku čehož docházelo, při nastavení maximální citlivosti, k sepnutí relé i při pohybu do stran o ± 3 mm. Zmíněná nerovnoměrnost byla způsobena sečítáním odraženého světla od paraboly a přímého světla zdroje a nerovnoměrností kvality povrchu parabol.

Změnu signálu z fotonek, při pohybu do stran, se podařilo částečně odstranit za cenu snížení maximální citlivosti vložení rozptylového elementu (pauzovací papír) mezi šterbinu a zdroj světla. Maximální citlivost nyní činila ± 2 mm. Při pohybu do stran se měnila na $\pm \frac{2}{4}$ nebo $\pm \frac{4}{2}$ podle smyslu posunutí.

Uvedený nedostatek by se dal odstranit umístěním zdroje světla mimo osu šterbiny, podobně jak jak je to provedeno u snimačů.

VŠST LIBEREC	Zařízení pro měření šířky tkaniny.	DP 72
		5. LISTOPADU 1966
		D. Malík
Též nebylo možno dlouhodobě odzkoušet žárovky a zjistit jejich životnost a pokles svítivosti. Změna svítivosti se dá u navrhovaného zařízení kompenzovat nastavením potenciometrů P_5 a P_6. Při větším poklesu svítivosti bude nutno vyměnit žárovky. Např. fy ERHARDT & LEIMSE doporučuje vyměnit u svého zařízení žárovky po dvou týdnech provozu. Životnost žárovek se dá zvýšit až na 250% při snížení napájecího napětí na 90% /11/. Svítivost přitom poklesne na 70%. Snížením napětí na 95% poklesne svítivost na 83% a životnost stoupne na 160% proti jmenovité hodnotě. Při zvýšení napětí na 105% klesne životnost na 50% a svítivost se zvýší pouze na 118%. Životnost by šlo zvýšit také použitím automobilních žárovek s jódovým cyklem, které mají životnost několik let. Tyto žárovky se prozatím u nás nevyrábějí, ale v dohledné době se mají zavést do výroby. Přes uvedené nedostatky bude jistě toto zařízení vhodným doplňkem fixačního rámu n.p. TOTEX. Navíc je zde možnost použít navrhované zařízení pro automatickou regulaci šířky připojením akčního členu, který by byl ovládán relém podobně jako indikační žárovky.		

VŠST LIBEREC	Zařízení pro měření šířky tkaniny.	DP 73
		5. LISTOPADU 1966
		D. Malík

12.00. Seznam použité literatury.

1.	Ing. S. Holenda	, Tranzistory v teorii a praxi
2.	K. Donát	Měření a výpočty v amatérské radiotechnice
3.	Z. Fibich	Zenerovy diody
4.		Melliand Textilberichte I - 1965
5.	Ing. B. Mirtes CSc.	Stejnoseměrné zesilovače
6.		Konstrukční katalog elektronek TESLA, sv. III. B. Tranzistory
7.		Konstrukční katalog elektronek TESLA, sv. III. A. POLOVODIČOVÉ DIODY A USMĚRŇOVAČE
8.	R. F. Shea	Základy tranzistorových obvodů
9.		Sdělovací technika 3 - 1965
10.		Firemní literatura fy Erhardt & Leimer
11.	Ing. J. Sítč	Elektrické zařízení a příslu- šenství motorových vozidel

13.00. Seznam fotografií a výkresů

- Foto
- 1 - Celkový pohled na snimače
 - 2 - Pohled do vnitřku snimače
 - 3 - Celkový pohled na čidlo
 - 4 - Fotonka 1 PP 75
 - 5 - Pohled na aparaturu při zkušebním provozu

Výkresy:

- | | |
|----------|----------|
| 0 MP 001 | 4 MP 018 |
| 2 MP 001 | 4 MP 019 |
| 2 MP 002 | 4 MP 020 |
| 3 MP 001 | 4 MP 021 |
| 3 MP 002 | 4 MP 022 |
| 3 MP 003 | 4 MP 023 |
| 3 MP 010 | 4 MP 024 |
| 4 MP 013 | 4 MP 025 |
| 4 MP 014 | 4 MP 026 |
| 4 MP 015 | 4 MP 027 |
| 4 MP 016 | 4 MP 041 |

O b s a h.

Úvod	1
1.00. Zhodnocení stávajících systémů	2
1.01. Vizuelní měření	2
1.02. Měření pomocí mechanických čidel	2
1.03. Měření pomocí bezdotykových čidel	4
2.00. Návrh zařízení pro měření šířky tkaniny	6
2.01. Stručný popis jednotlivých částí	6
2.01.1. Snimač	6
2.01.2. Zesilovač	7
2.01.3. Vyhodnocovací a indikační zařízení	7
2.01.4. Napájecí a stabilizační obvod	8
3.00. Základy teorie tranzistorů a jejich obvodů	9
3.01. Úvodní poznatky o polovodičích	9
3.02. Průchod proudu polovodiči	10
3.03. Tvorba P-N přechodu a jeho vlastnosti	12
3.04. Podstata činnosti tranzistoru	14
3.05. Matematické vyjádření vztahů mezi vstupními a výstupními veličinami tranzistoru	17
3.05.1 Zjednodušené analytické vztahy	21
3.05.2 Náhradní obvody tranzistorů	24
4.00. Napájecí obvody tranzistoru a stabilizace pracovního bodu	28
4.01. Určení pracovního bodu tranzistoru	28
4.02. Činitelé mající vliv na polohu pracovního bodu	29
4.03. Volba velikosti stabilizačního činitele	31
4.04. Teplotní stabilizace odporem v emitoru a děličem v bázi	34
5.00. Přenosové konstanty zesilovacích stupňů	37
5.01. Výpočet přenosových konstant rozdílových stupňů	37
5.01.1 Výpočet zesílení	39
5.01.2 Výpočet vstupního odporu	41

VŠST LIBEREC	Zařízení pro měření šířky tkaniny.	DP	76
		5. LISTOPADU 1966	
		D. Malík	
5.01.1. Výpočet výstupního odporu		42	
6.00. Teplotní stabilizace stejnosměrných zesilovačů		43	
7.00. Stabilizace napětí		46	
7.01. Místkový stabilizátor se Zenerovou diodou		47	
8.00. Numerický výpočet zesilovače		51	
8.01. Koncový stupeň		51	
8.01.1 Výpočet kolektorových odporů		51	
8.01.2. Charakteristické hodnoty pro pracovní bod		52	
8.01.3. Výpočet zesílení		53	
8.01.4. Vstupní odpor		54	
8.01.5. Napájecí napětí E_3		54	
8.01.6. Rozkmit proudu báze		54	
8.02. Vstupní zesilovač		55	
8.02.1. Výpočet emitorového odporu		55	
8.02.2. Kolektorové odpory		55	
8.02.3. Charakteristické hodnoty tranzistorů		56	
8.02.4. Výpočet zesílení		56	
8.02.5. Výpočet vstupního a výstupního odporu		57	
8.02.6. Výpočet stabilizačních odporů		57	
8.02.7. Rozkmit proudu báze		57	
8.03. Přenosové konstanty celého zesilovače		59	
8.03.1. Vstupní odpor zesilovače		59	
8.03.2. Zesílení celého zesilovače		59	
9.00. Výpočet napájecích zdrojů		60	
9.01. Napájecí a stabilizační zdroj zesilovače		60	
9.01.1. Napájecí část		60	
9.01.2. Stabilizační část		61	
9.02. Zdroj pro napájení žárovek		62	
10.00. Uvedení zařízení do chodu		68	

VŠST
LIBEREC

Zařízení pro měření
šířky tkaniny.

DP

77

5. LISTOPADU 1966

D. Malík

11.00.	Závěr	71
12.00.	Seznam použité literatury	73
13.00.	Seznam fotografií a výkresů	74

VŠST
LIBEREC

Zařízení pro měření šířky
tkaniny.

DP

10

5 LISTOPADU 1966

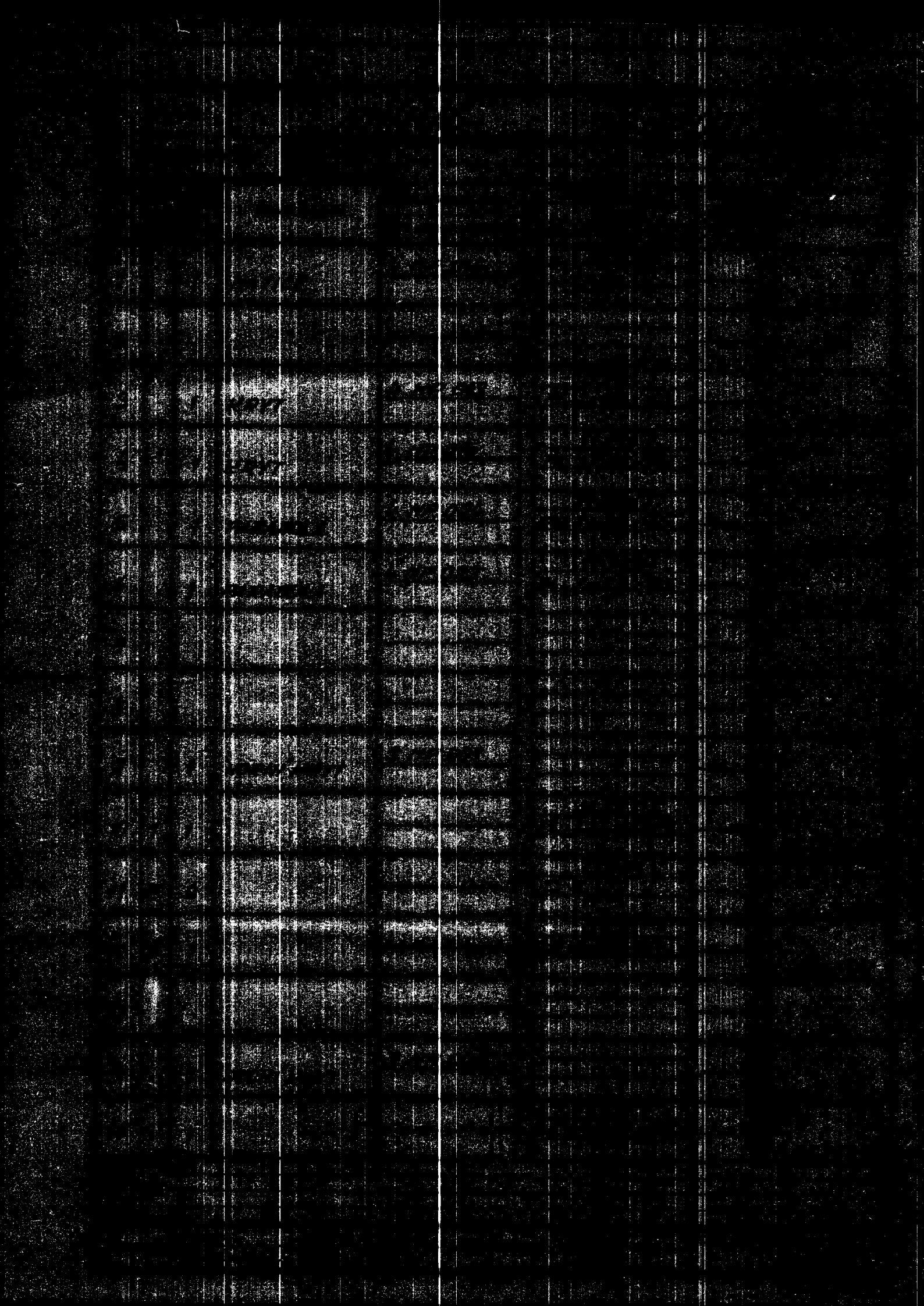
D, Malík

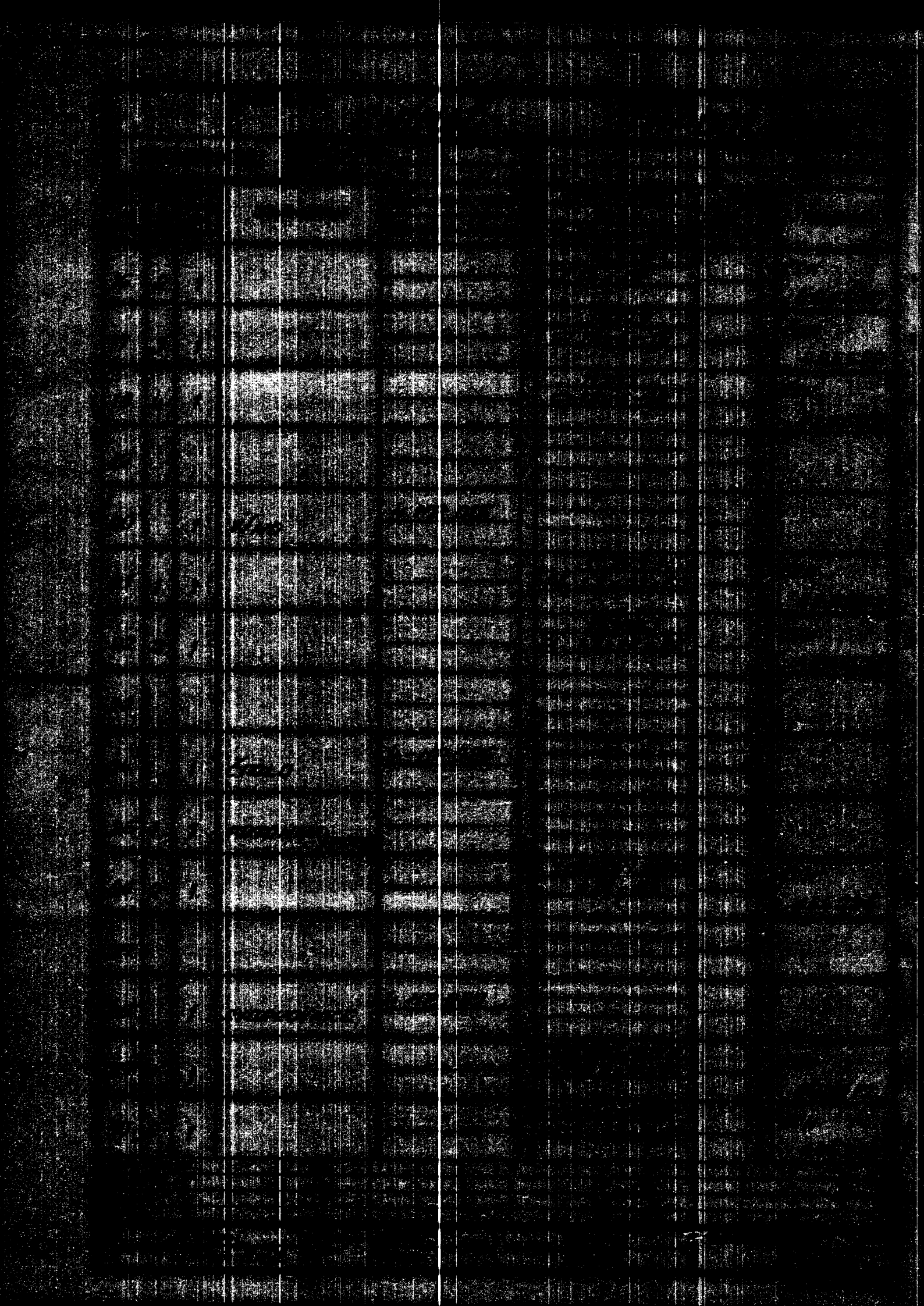
Prohlášení.

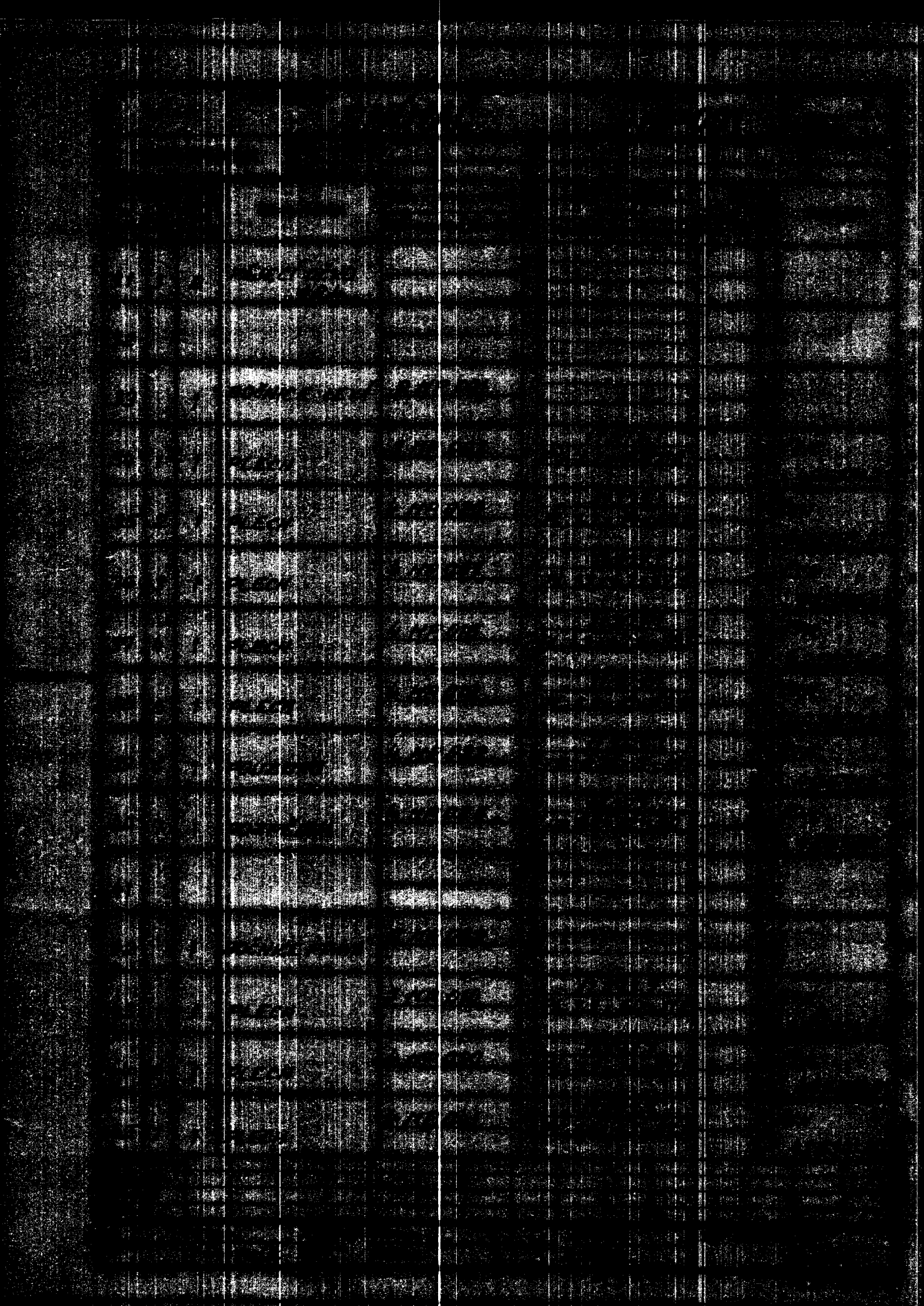
Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samo-
statně.

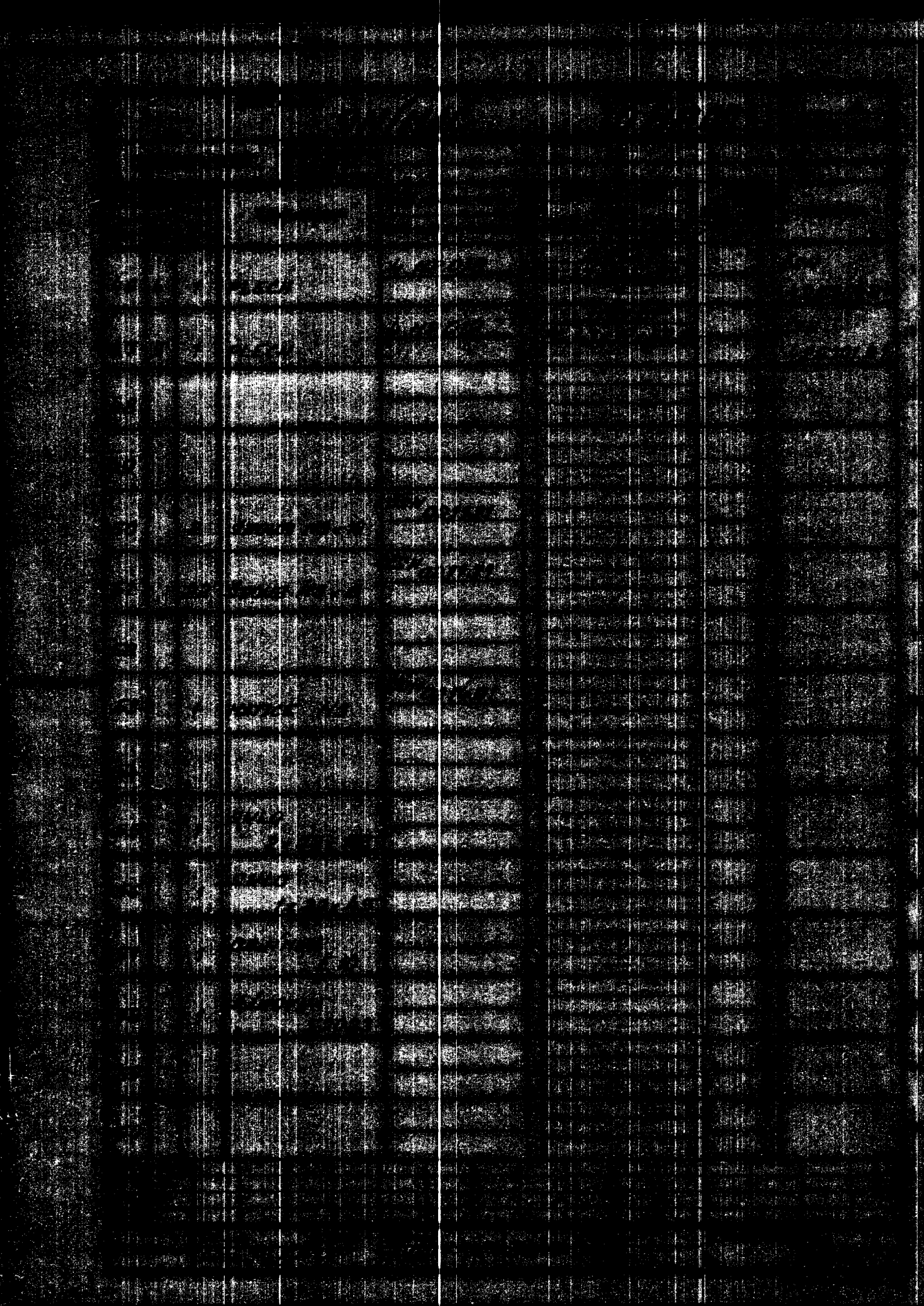
Dušan Malík

Dušan Malík

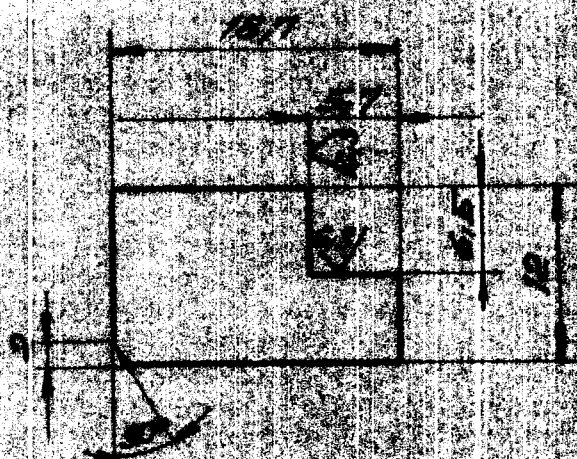




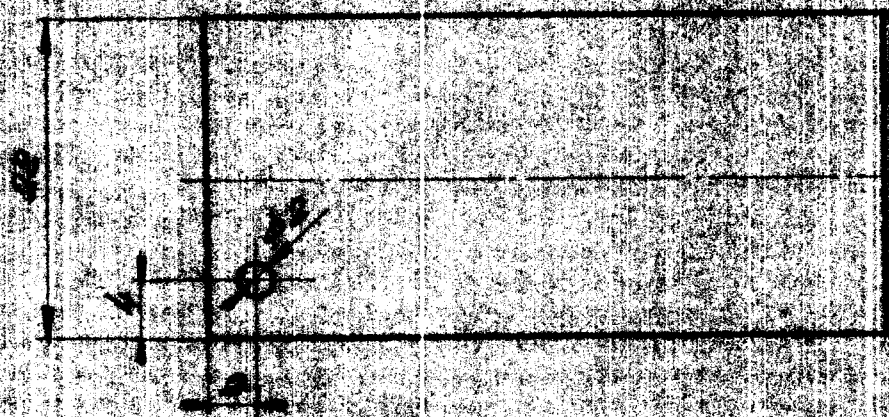
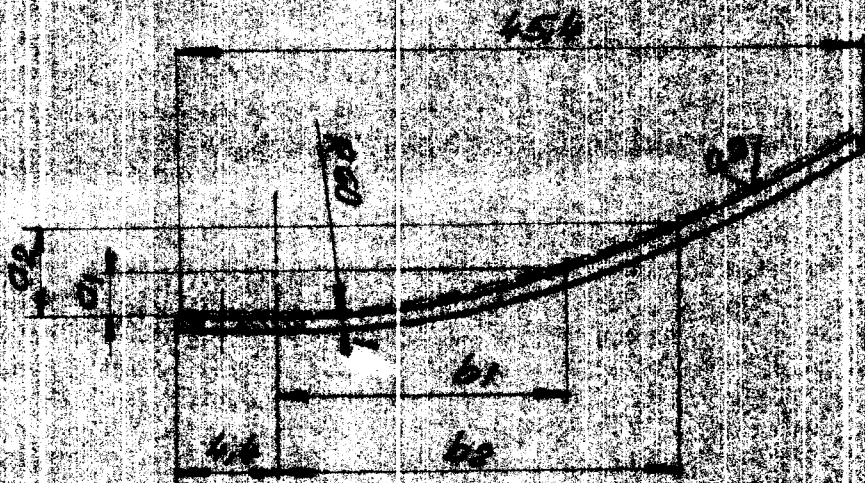




~ (V)

[illegible]

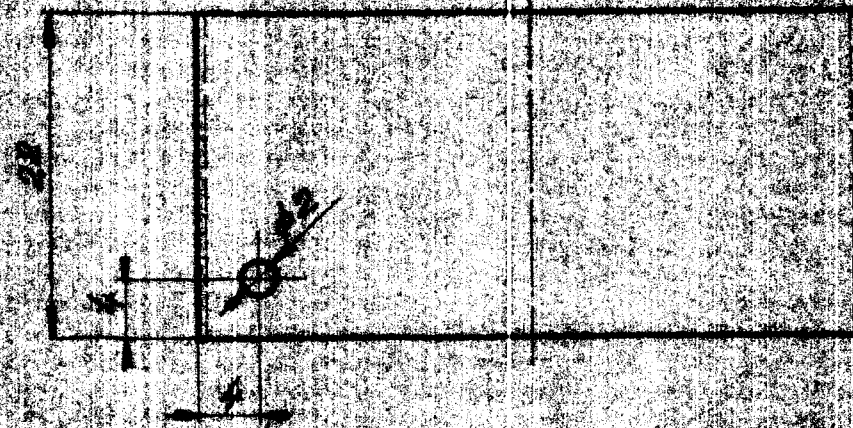
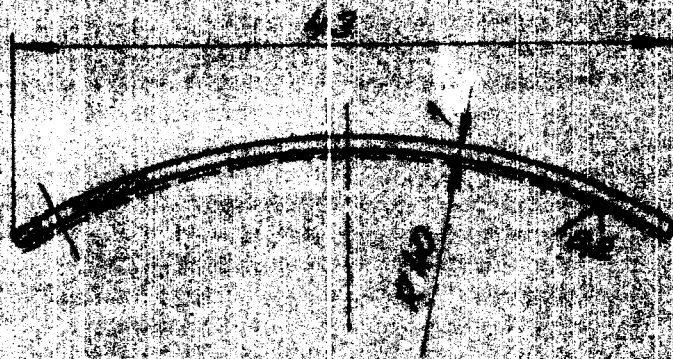
W(18)



	1	2	3	4
0	3	6	9	12
1	10	20	30	40

[illegible]

2071



CHROMIUM LENS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

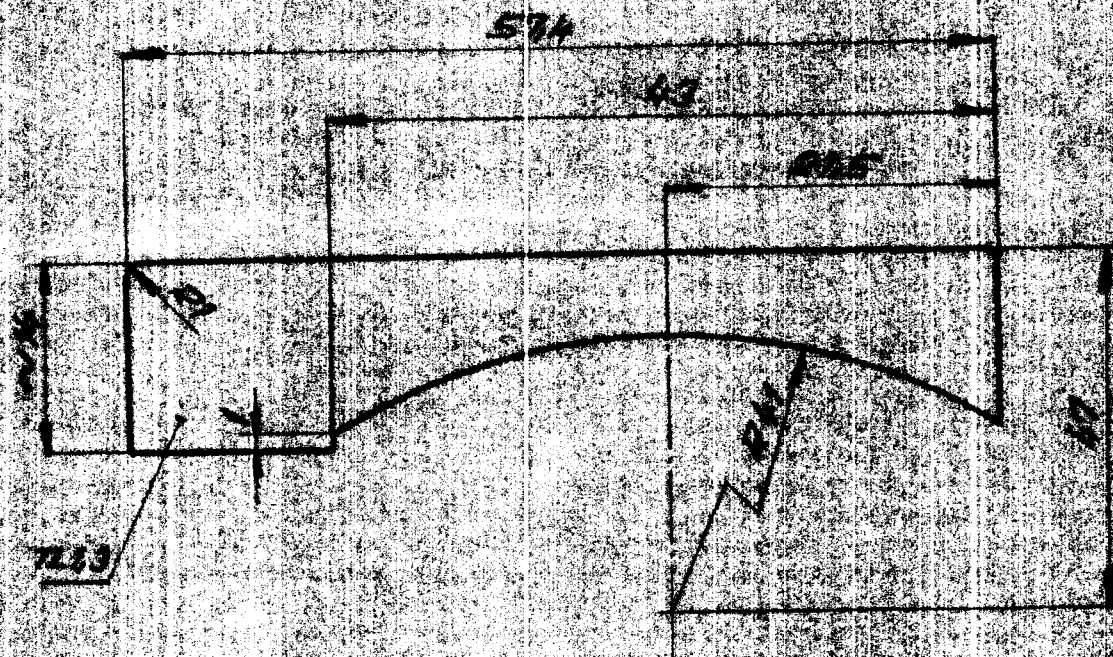
100

2-1

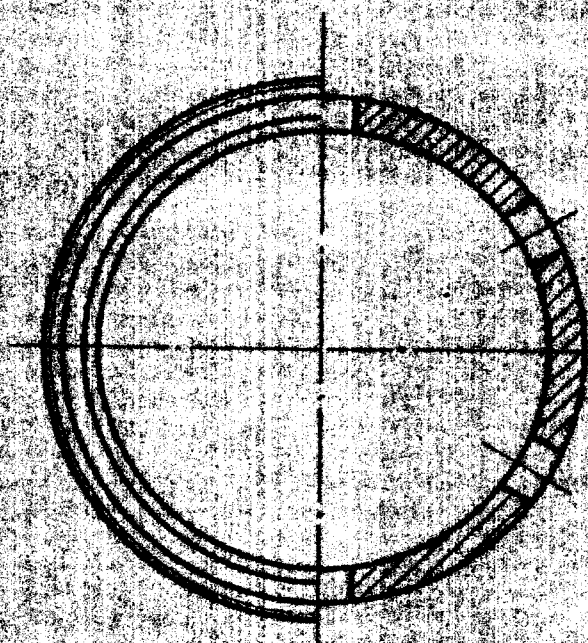
Y9ST
LIBREC

PARABOLA

4 MP 023

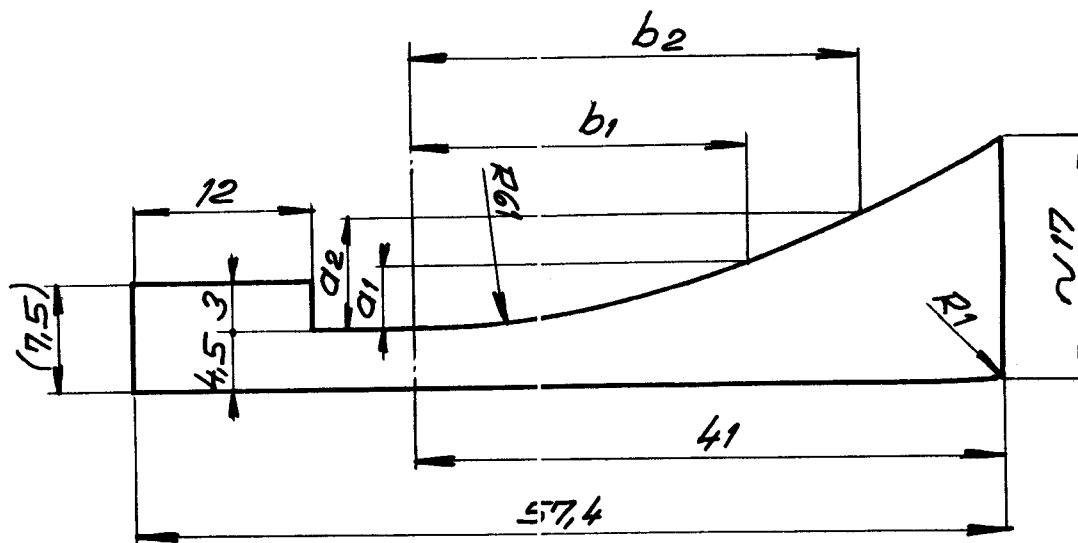


2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	
2:1		VS ST		LIBREC		PLECH		4 MP 020	



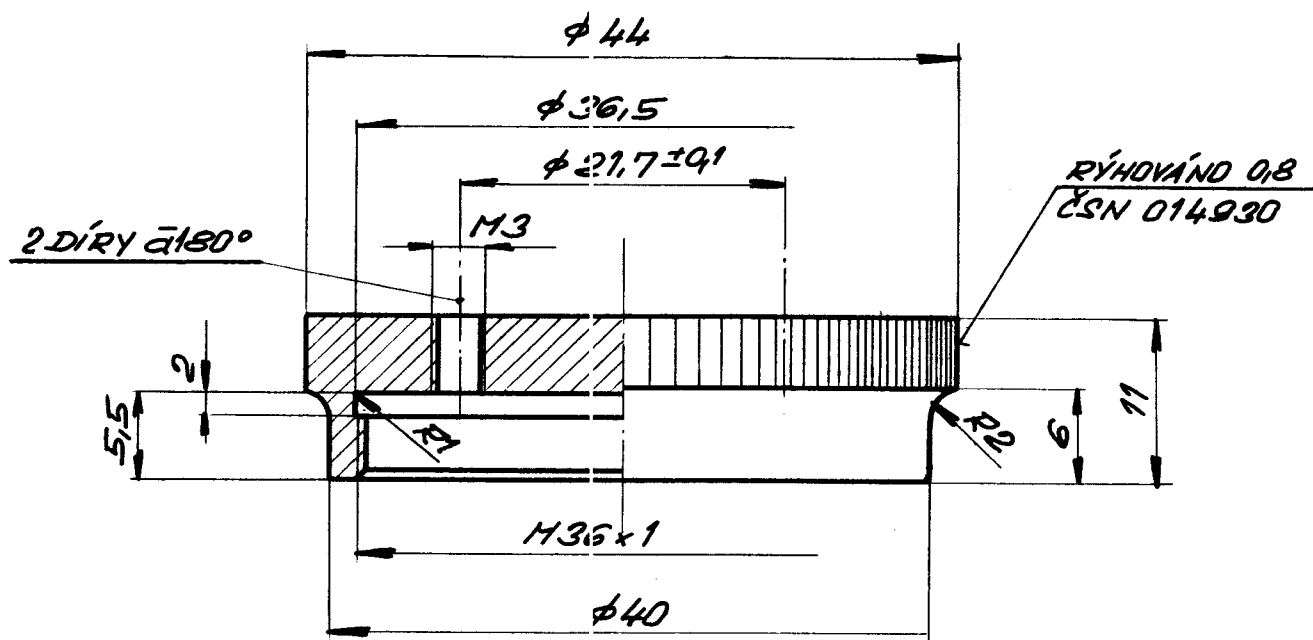
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41																																																																																																																							

~



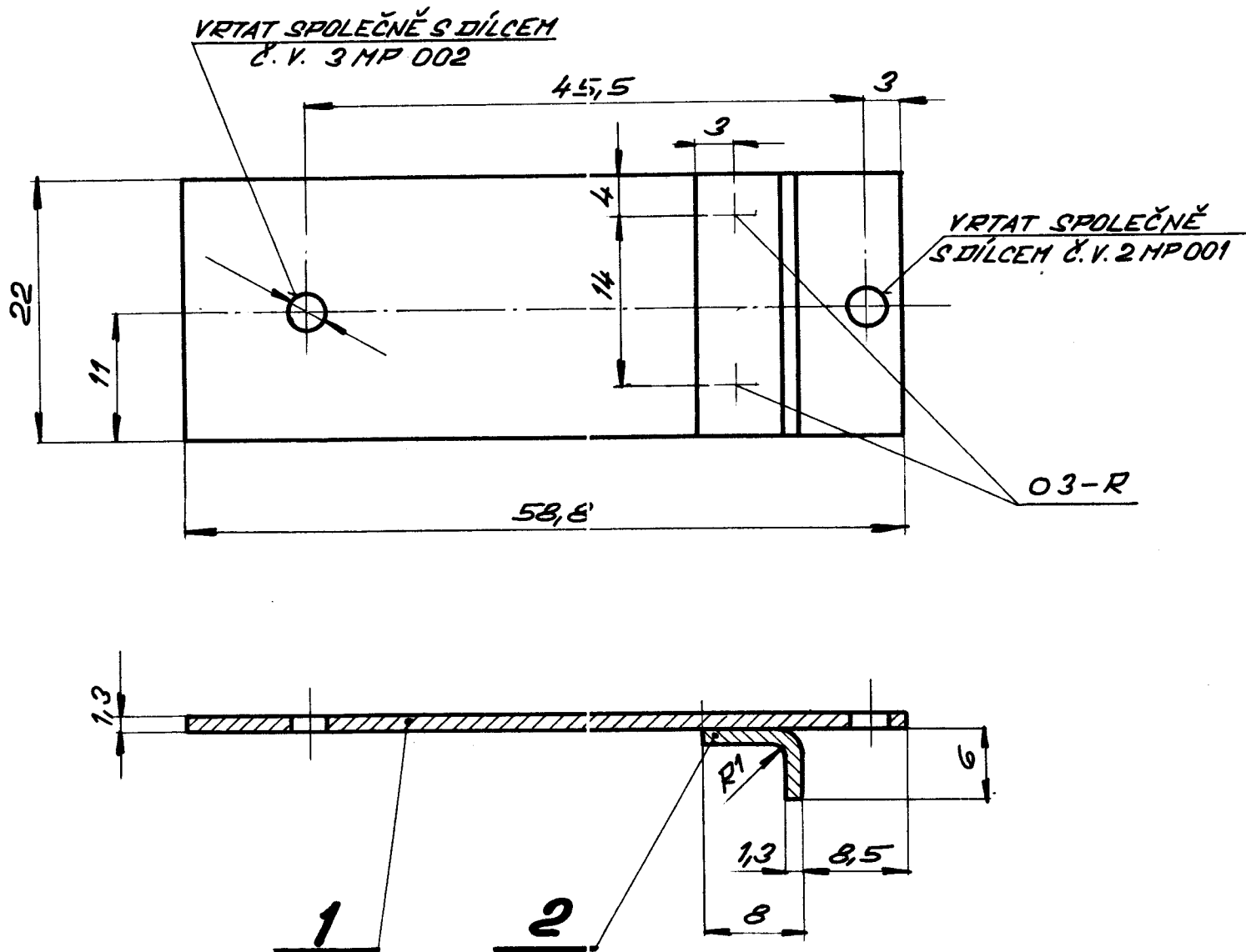
	1	2	3	4
a	4	7	10	13
b	22,1	29,2	35	39,8

						2MP002		5
PLECH		1,3 x 17 x 57,5		ČSN 425301.21		113'73.1		1
2MP001								5
Poz. 1	Název — Rozměr	Polotovár	Mater. konečný	Mater. výchozí	Tr. odt.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu
Poznámka				Celková čistá váha kg				
Měřítko	Kreslil	Prozkoušel	Norm. ref.	Vyr. projedn.	Schválil	Dne	2. 11. 1966	
2:1								
VŠST		Typ		Skupina		Stav výkresu		Nový výkres
LIBEREC		Název		PLECH		4 MP 019		
						Počet listů		1st



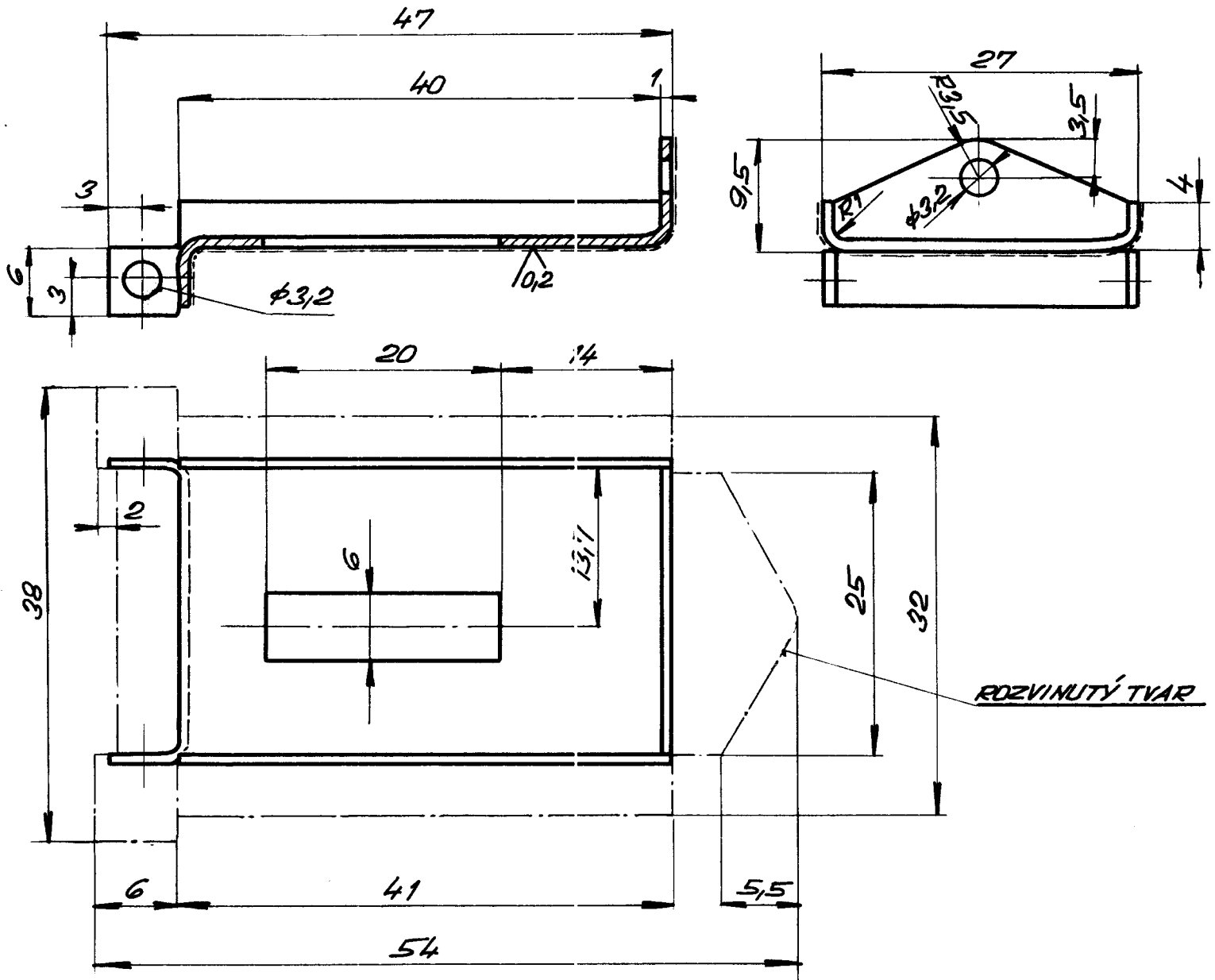
1. HRANY SRAŽENY 0,5 x 45°

$\phi 45-15$		ČSN 425510	11500.0	1	OMP001		1		
Podstata	Název — Rozměr	Polotovary	Mater. konečný	Mater. výchozí	Tr. odp.	C. váha	H. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko 2:1	Kreslil	Malik		C. snímku		Změna Datum Podpis Inženýr Stupeň			
	Průzkoušel								
	Norm. ref.								
	Vyr. projedn.	Schválil	C. transp.						
		Dne 2. 11. 1966							
VŠST LIBEREC		Typ Mátice		Stary výkres		Nový výkres			
				4 MP 016					
				List					



1	PLECH 1,3x12x22	ČSN 425301.21	11 373.1	1						2
1	PLECH 1,3x22x60	ČSN 425301.21	11 373.1	1						1
									0 MP 001	20
Pozice	Název — Rozměr	Polotovár	Mater. konečný	Mater. výchozí	Tr. odp.	Č. váha	Hk. váha	Číslo výkresu	Pos.	
Poznámka				Celková čistá váha kg						
Materiál	Kontrola	MATE	Č. změny	Změna		Datum	Podpis	Index změny		
	Přezkoušel									
	Norm. ref.									
	Vyr. projedn.									
2:1		Schválil	Č. transp.							
		Dne 2. 11. 1966								
VŠST LIBEREC		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres				
		Název		4 MP 015						
				Podpis řídícího						
				List						

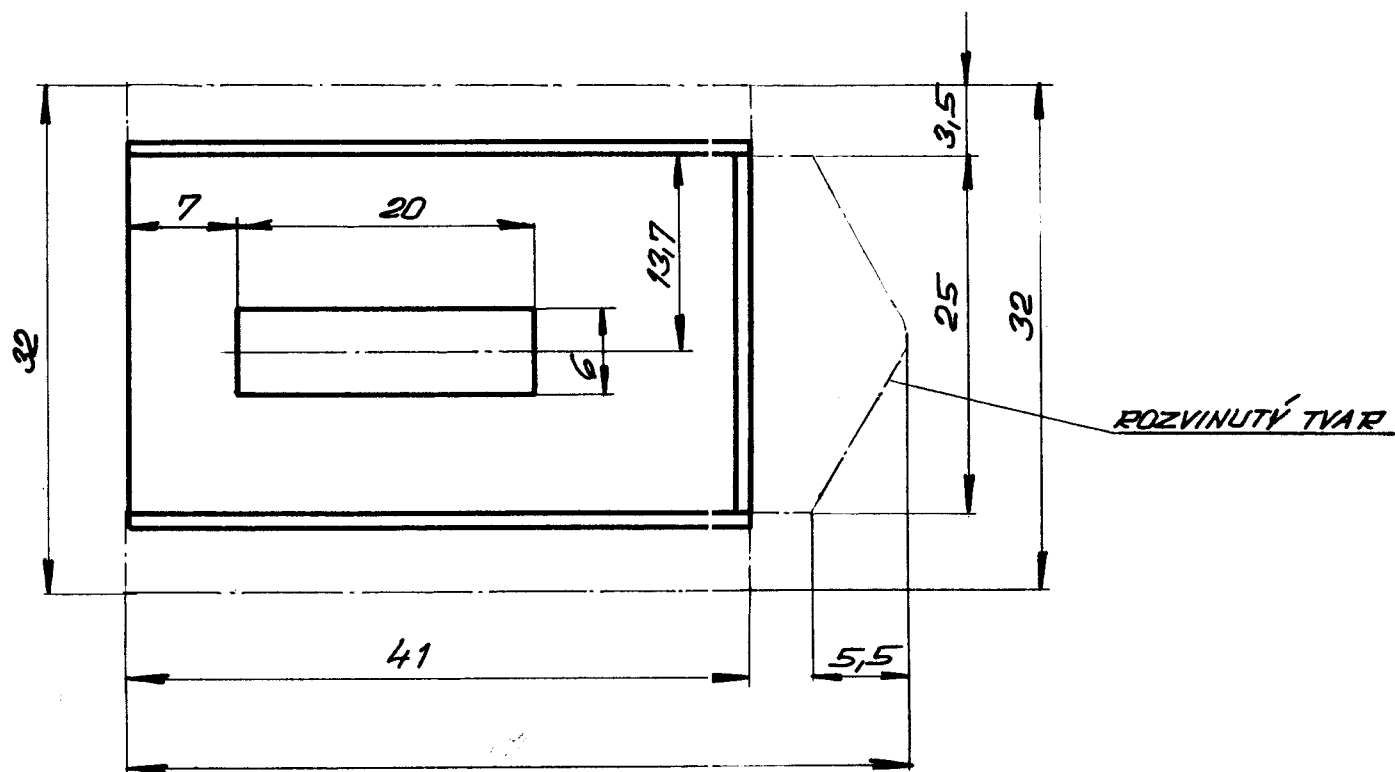
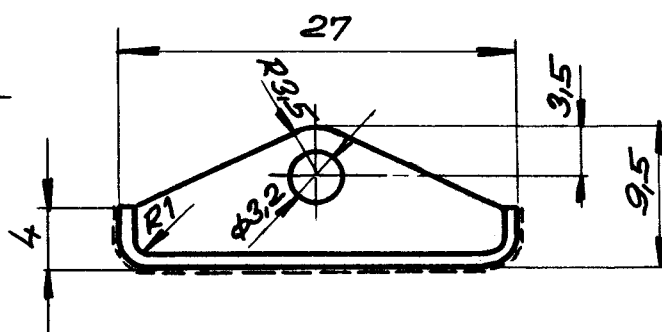
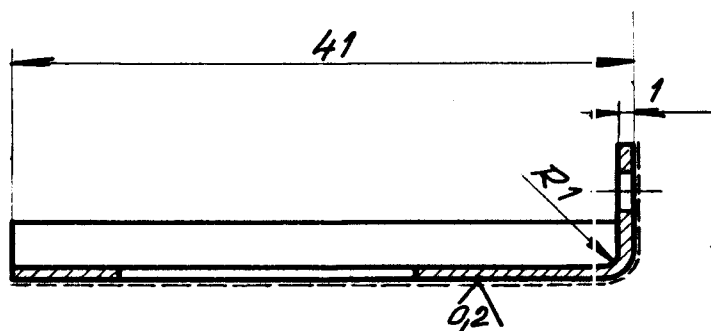
~(0,2)



1. ——— CHROMOVÁNO, LEŠTĚNO

PLECH 1x38x55		ČSN 425301.21	11373.1	1	0 MP001		4		
Pozice:	Název — Rozměr	Polotovar	Mater. konečný	Mater. výchozí	Tř. odp.	Č. váha	H. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko	Kreslil	Malik	Č. snímku	Změna		Datum		Podpis	
2:1	Přezkoušel								
	Norm. ref.								
	Vyr. projedn.	Schválil	Č. transp.						
Dne 2. 11. 1966									
VŠST LIBEREC		Typ Název	Skupina	Starý výkres		Nový výkres			
		KRYT		4 MP014					
				Počet listů		List			

~ (0,2)



1. — — — CHROMOVÁNO, LEŠTĚNO

PLECH 1x32x50		ČSN 425301.21	11373.1	1	0 MP 001	3							
Posetis	Název — Rozměr	Polotovár	Mater. konečný	Mater. výchozí	Tr. mě.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.				
Poznámka				Celková čistá váha kg									
Měřitko 2:1	Kreslil	Yabk	C anímku	Změna	Datum	Podpis	Index změny	x					
	Přezkoušel												
	Norm. ref.												
	Výr. projedn.	Schválil											
		Dne 2. 11. 1966	C transp.										
VŠST LIBEREC		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres							
KRYT		Název	4 MP 013										
			Podpis										
			List										