

Radiový Konstrukter

ROČNÍK IX

1973

č. 1

Konstrukce popisované v tomto časopisu bývají různé, od vysloveně povedených, jak po stránce vnějšího vzhledu, tak po stránce zapojení, funkční, do „nedotažených“, u nichž autor nebo autoři některou stránku přístroje zanedbali, ať již úmyslně (nechávací volné pole čtenářově fantazii a dovednosti) nebo neúmyslně.

O zařízení, jehož popis je v tomto čísle RK, lze zcela jednoznačně říci, že patří bezesporu a jednoznačně do kategorie těch prvních konstrukcí, těch, které jsou promyšleny do všech detailů. Bez nad-

zda tento zvyk není spíše zlozvykem, a jednak se přesvědčil prohlídkou obrázků a popisu mechanické výroby dílů (i celku) směšovacího pultu, co vše je v silách „domácího kutila“, když chce svoji práci ukončit tak, aby se za ni nemusel stydět (po žádné stránce).

Podobné konstrukce byly vždy oblíbeny, jak u čtenářů, tak u redakce – u čtenářů proto, že je u nich zaručena reprodukovatelnost a stavba podle návodu bývá obvykle zcela bez problémů, a u redakce proto, že zpracování rukopisu, který popisuje stavbu podobného zaří-

FINIS CORONAT OPUS

sázky patří do skupiny zařízení, o nichž platí, že by se za ně nemusel stydět ani běžný výrobní podnik.

Konečně, většině konstruktérů je známo, že není dnes problémem dosáhnout u běžných nf zařízení vynikajících parametrů. Daleko větším problémem je vnější úprava přístrojů – skříň, ovládací prvky (knoflíky), vyhovující rozmístění součástek atd. – vše to, čemu se říká finis (a co stručně vyjadřuje nadpis tohoto úvodníku), tj. konec, který korunuje dílo. Každý sám zná z vlastní zkušenosti, že teprve pěkný „kabát“ dá každému výrobku konečný charakter a skutečně „korunuje“ celou předchozí práci.

Tomu, kdo se zatím vždy spokojoval s tím, že „to hraje“, kdo odbývá jak vnitřní, tak vnější úpravu, tomu bychom doporučovali, aby jednak dobře uvážil,

zeni, je jednoduché, nic není třeba upravovat, doplňovat, měnit. Kromě toho bývá pravidlem, že se také zmenšuje možnost výskytu chyb na minimum.

Směšovací pult, jehož konstrukce je popsána detailně v tomto čísle, je ideálním zařízením pro všechny hudební soubory, menší hudební tělesa a po zjednodušení (např. při zmenšení počtu vstupů) i pro domácí fonoamatéry, kteří si nahrávají např. pásy k ozvučení filmů z několika modulačních zdrojů současně, nebo kteří zkoušejí kombinovat zvuk několika modulačních zdrojů při hledání nových zvukových efektů apod. Jeho konstrukce vychází především z potřeby snadné obsluhy, snadného přenášení a jednoduché instalace – všem těmto požadavkům vyhovuje téměř bezvýtku. Jeho výkonový zesilovač zaručuje navíc jakostní repro-

dukci v dostatečné síle, i když při konstrukci byli autoři omezeni nedostatkem vhodných tuzemských součástí, především koncových výkonových tranzistorů. I tak jsou však dosažené výsledky takové, že jistě uspokojí i nejnáročnější požadavky. Kromě toho je při konstrukci pamatováno i na možnost výměny jednot-

livých dílů směšovacího pultu, kdyby se během doby objevily buď nějaké nové součásti nebo různé speciální požadavky.

A tak na závěr nezbyvá autorům i redakci než přát všem, kdož se pustí do stavby směšovacího pultu, aby i v jejich případech „finis coronat opus“, konec korunoval dílo.

SMEŠOVACÍ PULT SE ZESILOVACEM

Ing. V. Voleník, J. Šimeček

Od uveřejnění posledního samostatného návodu na stavbu zesilovače pro hudební skupiny uplynulo již téměř patnáct měsíců. Protože se od té doby situace na tuzemském trhu nezměnila, rozhodli jsme se popsat konstrukci elektroakustického zařízení – směšovacího pultu s koncovými zesilovači – především pro hudební soubory. Při návrhu zařízení jsme vycházeli i z podstatného snížení cen téměř všech aktivních i pasivních elektronických prvků, k němuž došlo 1. ledna loňského roku. Snížení cen jistě značně rozšířilo okruh zájemců o stavbu podobného zařízení a dovoluje předložit návrh na jakostní (i když složité) zařízení s velkým počtem polovodičových i klasických součástí.

Základní požadavky

Ze zkušenosti techniků – zvukařů mnoha hudebních skupin vzešel požadavek na lehké, přenosné elektroakustické zařízení, které by bylo schopno zpracovávat signály alespoň z osmi zdrojů signálů, které by mělo oddělené korekce hloubek a výšek (včetně filtru „prezens“), hlukový a šumový filtr. Součástí tohoto zařízení by měl být koncový zesilovač

s výstupním jmenovitým výkonem nejméně 50 W.

Všechny požadavky je v současné době možné splnit přenosným zařízením, řešeným v podobě směšovacího pultu s vestavěným koncovým zesilovačem. Protože žádné podobné zařízení na tuzemském trhu není a nebylo dosud ani nikde zveřejněno, je obsah tohoto čísla RK věnován podrobnému stavebnímu návodu uvedeného zařízení ve dvoukanálovém (stereofonním) provedení. Jsme přesvědčeni, že toto elektroakustické zařízení s možností jak monofonního, tak i stereofonního provozu najde své uplatnění.

Pokud se týká elektrických vlastností, byly navrženy nejen na základě poznatků z praktického provozu podobných zařízení, ale především se přihlíželo k požadavkům příslušných norem. Proto je další odstavec věnován naší státní normě ČSN 36 7420 a západoněmecké normě DIN 45 500.

Normy ČSN 36 7420 a DIN 45 500

Většina autorů se při popisu elektroakustických zařízení dosud odvolávala na západoněmeckou tzv. „Hi-Fi normu“ DIN 45 500, list č. 6. Zájemci se mohou

s touto normou podrobně seznámit např. v [1], [2], [3]. Podstatně menší pozornost byla až dosud věnována naší státní normě ČSN 36 7420. Nebude proto jisté na závalu seznámit stručně zájemce s touto naší normou.

Norma má celkem čtyři kapitoly. Nejdůležitější údaje jsou obsaženy v kapitole III a IV. V kapitole III jsou uvedeny technické požadavky a v kapitole IV zkoušení zesilovačů s příslušnými měřicími metodami. Podle elektrických vlastností jsou zesilovače funkčně členěny do tří jakostních skupin. Pro předzesilovače první jakostní skupiny je předepsán jmenovitý kmitočtový rozsah od 40 do 16 000 Hz v tolerančním poli ± 1 dB. Odstup cizího napětí pro mikrofonní vstup je předepsán -50 dB, vstup určený pro přenosku má mít odstup cizího napětí -63 dB, rovněž vstup pro magnetofon a univerzální vstup mají mít odstup -63 dB. Harmonické zkreslení na kmitočtu 63 Hz nesmí být větší než 1 %. Na kmitočtu 1 000 Hz nesmí překročit zkreslení 0,5 %, na kmitočtu 5 000 Hz 1 %. Předzesilovače druhé jakostní skupiny mají mít kmitočtový rozsah od 63 Hz do 12 500 Hz v tolerančním poli ± 2 dB. Předepsané odstupy cizího napětí: mikrofonní vstup -46 dB, přenoska, magnetofon a univerzální vstup -60 dB. Harmonické zkreslení na kmitočtu 80 Hz nesmí být větší než 1,5 %, na kmitočtu 1 000 Hz 1 % a na kmitočtu 5 000 Hz rovněž 1 %. Požadavky na třetí jakostní skupinu není třeba uvádět, protože při našich úvahách budeme vycházet pouze z požadavků pro první jakostní skupinu. Předepsaný kmitočtový rozsah pro koncové zesilovače první jakostní skupiny je od 40 do 16 000 Hz v tolerančním poli 2 dB, odstup cizího napětí -70 dB. Harmonické zkreslení na kmitočtu 63 Hz nesmí být větší než 2 %, na kmitočtu 1 000 Hz 1 %, na kmitočtu 5 000 Hz 2 %. Pro druhou

jakostní skupinu je předepsán kmitočtový rozsah od 63 Hz do 12 500 Hz v tolerančním poli 3 dB. Odstupy cizího napětí musí být -66 dB. Harmonické zkreslení na kmitočtu 80 Hz a 5 000 Hz nesmí být větší než 2 %, na kmitočtu 1 000 Hz 1 %. Výkonové zesilovače musí mít kmitočtový rozsah shodný s kmitočtovým rozsahem předzesilovačů a koncových zesilovačů; rozdíl je pouze v tolerančním poli (pro první jakostní skupinu 4 dB a pro druhou jakostní skupinu 5 dB). Odstup cizího napětí pro výkonové zesilovače první jakostní skupiny musí být větší než: u mikrofonního vstupu -50 dB, u vstupu pro signál z přenosky -62 dB, z magnetofonu (a u vstupu „univerzál“) rovněž -62 dB. Harmonické zkreslení na kmitočtu 63 Hz nesmí být větší než 3 %; na kmitočtu 1 000 Hz 1,5 % a na kmitočtu 5 000 Hz nesmí být větší než 2 %. U zařízení druhé jakostní skupiny má být odstup cizího napětí u mikrofonního vstupu alespoň -46 dB, u ostatních vstupů je předepsán odstup cizího napětí -60 dB. Harmonické zkreslení na kmitočtu 80 a 5 000 Hz nesmí být větší než 3 %, na kmitočtu 1 000 Hz 2 %.

Téměř všechny požadavky na zesilovače první jakostní skupiny všeho druhu jsou totožné s požadavky, které předepisuje norma DIN 45 500, list č. 6. Jediný zásadnější rozdíl mezi oběma normami je v předepsané měřicí metodě odstupu cizího napětí. I když obě normy předepisují shodně odstup cizího napětí pro mikrofonní vstup výkonových zesilovačů -50 dB, vztahuje norma DIN tento odstup k výstupnímu výkonu 100 mW (u zesilovačů s výstupním jmenovitým výkonem do 20 W), zatímco norma ČSN k plnému výstupnímu výkonu; norma DIN je proti naší normě tedy přísnější. Na druhé straně je však norma DIN mírnější v požadavku na zkreslení při vyšších kmitočtech u předzesilovačů. I další ČSN předepisují zhruba stejné požadavky jako ostatní listy normy DIN 45 500. Tak např. norma ČSN 36 7401, která předepisuje požadavky na elektrické gramofony, vyžaduje přísnější požadavky jak na odstup, tak na odchylku od jmenovité rychlosti otáčení proti normě DIN 45 500, list č. 3.



Z uvedených faktů vyplývá, že nebude ničemu na závalu, budeme-li při určování elektrických vlastností zařízení podrobně popisovaného v dalších kapitolách vycházet především z normy ČSN 36 7420.

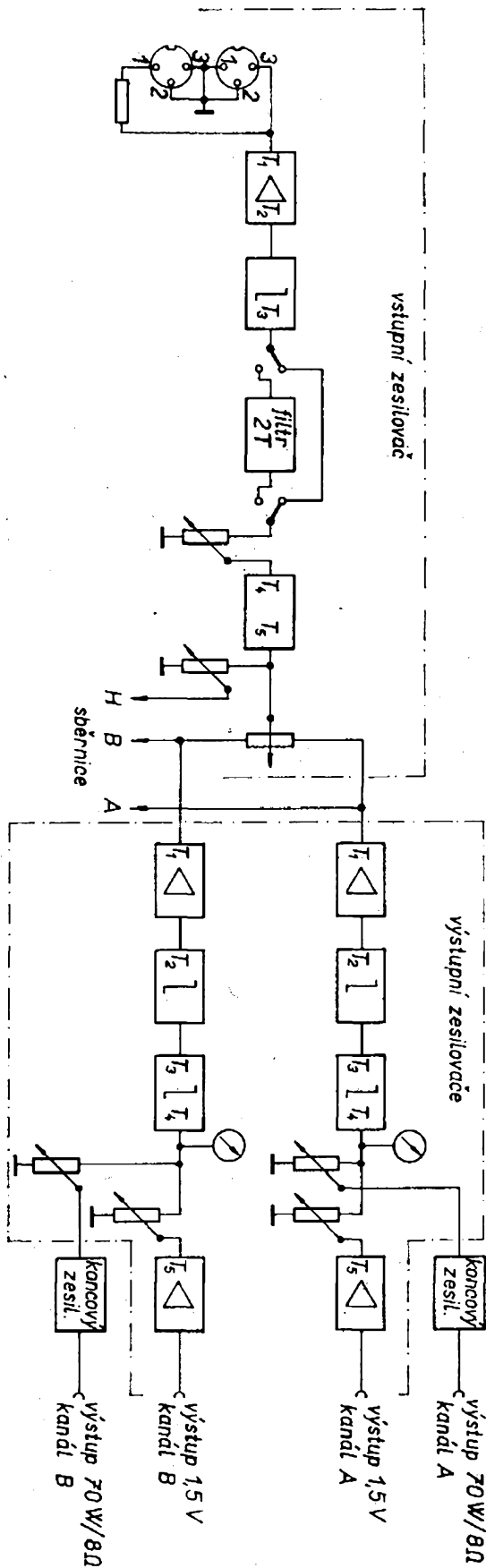
Protože se každý vážnější zájemce-amatér (který jeví zájem o stavbu popisovaného zařízení) chce co nejdříve seznámit se všemi vlastnostmi zařízení, jsou další odstavce věnovány výkladu koncepce zařízení podle blokového schématu a předběžným technickým parametřům.

Blokové schéma

Nejprve si všimněme dílčího blokového schématu na obr. 1, na němž je jedna vstupní jednotka, dvě výstupní jednotky a oba koncové zesilovače.

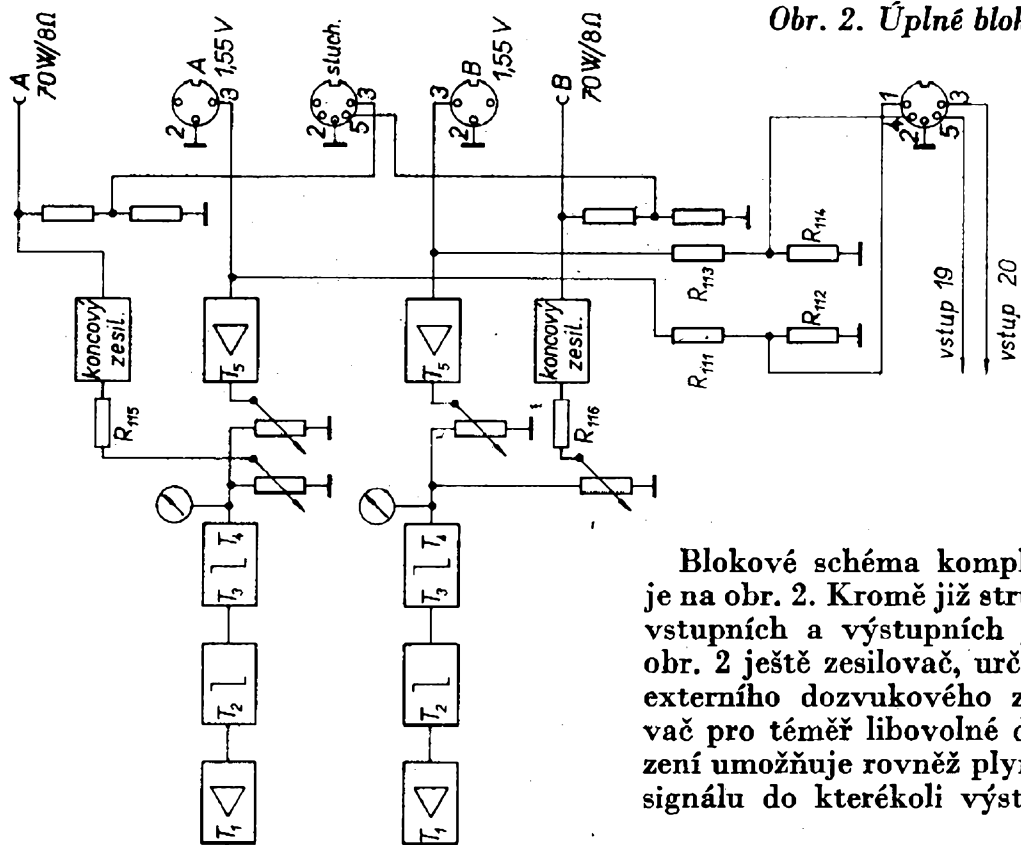
Vstupní jednotka se skládá ze vstupního zesilovače s plynule řízeným ziskem, zpětnovazebního korektoru hloubek a výšek, článku RC typu dvojité T (který se zapojuje u vstupních jednotek určených pro připojení kytarových snímačů), zesilovače složeného z tranzistorů T_4 a T_5 s kmitočtově závislým členem ve zpětnovazební smyčce pro zdůraznění kmitočtů v okolí 3,5 kHz (tzv. filtr prezens). Dvojitým potenciometrem je možné směřovat signály z kterékoli vstupní jednotky do kterékoli výstupní jednotky v libovolném poměru. Obě výstupní jednotky se skládají ze vstupního zesilovače s T_1 , zpětnovazebního korektoru pro zdůraznění hloubek a výšek s T_2 , aktivního hlukového a šumového filtru s T_3 a T_4 (jimiž lze volit téměř libovolnou šířku kmitočtového pásma), dále emitorového sledovače (T_5) a indikátoru výstupní úrovně. Zařazení hloubkového a výškového korektoru i do výstupních jednotek má velkou přednost v podstatném (v našem případě téměř dvojnásobném) zvětšení rozsahu uvedených korekcí.

Velmi důležitá je otázka volby počtu jednotlivých vstupů, v našem případě volby počtu vstupních jednotek. V současné době vyžaduje totiž většina skupin možnost připojit k zesilovači alespoň osm zdrojů různých signálů. Proto jsme se rozhodli navrhnout a zkonstruovat zařízení s deseti vstupními jednotkami, z nichž čtyři s možností připojit buď mikrofon nebo kytarový snímač.

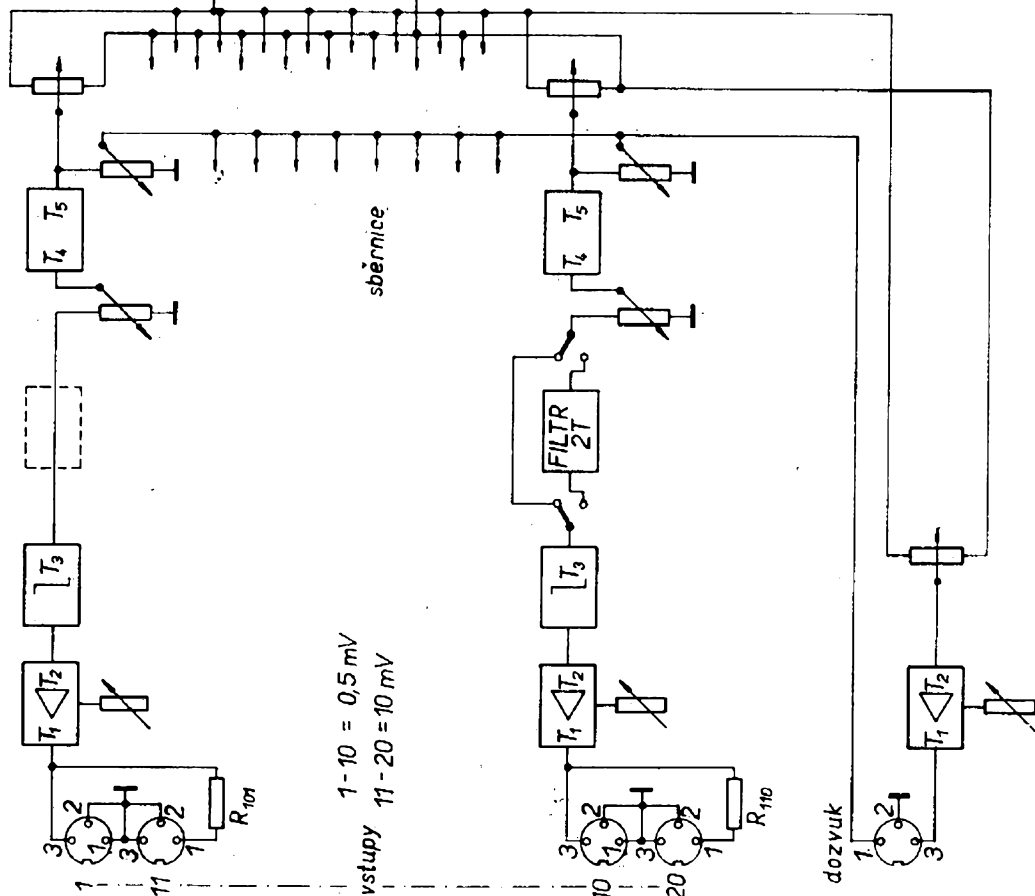


Obr. 1. Dílčí blokové schéma

Obr. 2. Úplné blokové schéma



Blokové schéma kompletního zařízení je na obr. 2. Kromě již stručně popsaných vstupních a výstupních jednotek je na obr. 2 ještě zesilovač, určený k připojení externího dozvukového zařízení. Zesilovač pro téměř libovolné dozvukové zařízení umožňuje rovněž plynulý „přechod“ signálu do kterékoli výstupní jednotky.



Každý vstup je opatřen dvěma konektory, na které můžeme připojit různé zdroje signálů jak se symetrickým, tak i s nesymetrickým výstupem. Každý z koncových zesilovačů je navržen s výstupním jmenovitým výkonem 70 W (sinus) na impedanci 8 Ω.

Směšovací pult má navíc samostatné výstupy u obou výstupních jednotek, určených pro buzení externích koncových zesilovačů. Tím je rozšířena univerzálnost tohoto zařízení.

Předběžné technické parametry

Počet vstupních jednotek: 10.
 Počet výstupních jednotek: 2.
 Zesilovač dozvuku: 1.
 Počet koncových zesilovačů: 2.

Vstup 1 až 6

jmenovitá vstupní citlivost
 konektor 1 až 6, kolík 3:
 0,5 až 25 mV,

vstupní impedance:
 1 až 6 kΩ na $f = 1$ kHz podle nastavení P_1 ;
 konektor 10 až 16, kolík 1:
 10 mV až 3 V,

vstupní impedance:
 100 kΩ;

kmitočtový rozsah:
 20 Hz až 20 kHz, ± 2 dB (korektory hloubek a výšek nastaveny na rovnoměrný průběh, všechny filtry vyřazeny);

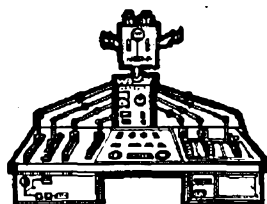
korektor hloubek:
 63 Hz, ± 14 dB (vstupní jednotka),
 63 Hz, ± 25 dB (včetně výstupní jednotky);

korektor výšek:
 14 kHz, ± 12 dB (vstupní jednotky),
 14 kHz, ± 22 dB (včetně výstupní jednotky);

korektor „prezens“:
 +12 dB na $f = 3,5$ kHz;

regulace zisku:
 mikrofonní vstup 35 dB,
 linkový vstup 50 dB;

přebuditelnost:
 30 dB.



Vstup 7 až 10

jmenovitá vstupní citlivost při vyřazeném článku T

konektor 7 až 10, kolík 3:
 viz konektor 1 až 6;

vstupní impedance:
 viz konektor 1 až 6;

konektor 17 až 20:
 viz konektor 1 až 6.

Jmenovitá vstupní citlivost při zařazeném dvojitém článku T

konektor 7 až 10, kolík 3:
 1,5 mV na $f = 1$ kHz;

konektor 17 až 20, kolík 1:
 30 mV;

vstupní impedance:
 100 kΩ.

Korektor hloubek, výšek a „prezens“:
 viz konektor 1 až 6.

Člen RC typu dvojité T:
 -30 dB na $f = 450$ Hz (vztaženo k $f = 1$ kHz).

Regulace zisku:
 viz konektor 1 až 6.

Šumový filtr:
 plynule laditelný od 5 kHz do 25 kHz se směrnicí 12 dB/oktávu.

Hlukový filtr:
 plynule laditelný od 20 Hz do 200 Hz se směrnicí 12 dB/oktávu.

Výstupní efektivní napětí směšovacího pultu:

1,5 V.

Max. výstupní efektivní napětí:

5 V.

Odstupy cizího napětí

mikrofonní vstup:

-63 dB při vstupní citlivosti 0,5 mV,
 -70 dB při vstupní citlivosti 1,5 mV;

kytarový vstup:

-65 dB při vstupní citlivosti 30 mV;

přeslech:

-50 dB na $f = 1\ 000$ Hz.

Harmonické zkreslení:

0,5 % při výstupním výkonu 50 W.

1 % při výstupním výkonu 70 W.

Jmenovitý výstupní výkon:

2 × 70 W (sinus).

Jmenovitá zatěžovací impedance:

8 Ω.

Osazení:

66 křemíkových tranzistorů typu KC509, KC507, KF507; KU601 2 ks, KD503 (2N3055, BD130) 4 ks.

V předcházejícím odstavci byly uvedeny technické parametry celého směřovacího pultu a koncových zesilovačů.

Pokud jde o dílčí technické parametry, jsou uvedeny ve většině případů vždy na konci popisu jednotlivých částí.

Kdo se rozhodne stavět uvedené zařízení, jistě si určí příslušný počet vstupních jednotek, jakož i počet členů RC typu dvojité T podle svých vlastních možností a potřeb.

Zasvěceným jistě neunikne skutečnost, že žádné podobné zařízení se dosud neobjevilo na tuzemském trhu a ani nebylo v žádné publikaci dosud zveřejněno. Pouze v n. p. TESLA Elektroakustika Bratislava a podniku Hi-Fi elektroakustika Praha vyrábějí stereofonní směšovací pulty (bez koncových zesilovačů velkých výkonů). Jedině stavební návod, který vyšel v [11], popisuje stereofonní směšovací pult s označením TMS 6 se šesti vstupními jednotkami. Tento stereofonní směšovací pult (kromě celé řady konstrukčních a elektrických nedostatků) nespĺňoval ani základní požadavky na

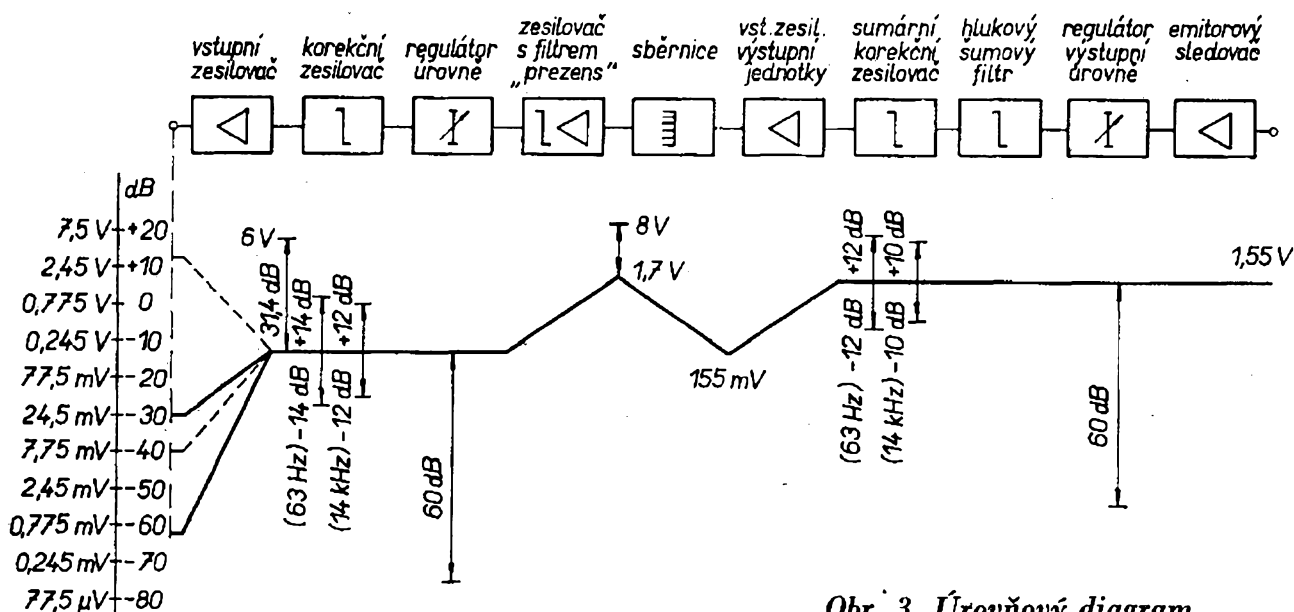
přenos signálů, stanovený normami ČSN 36 7420 a DIN 45 500, neboť jeho kmitočtová charakteristika je při korektech nastavených na rovnoměrný průběh pouze od 90 Hz do 8 kHz. Uvedený směšovací pult tedy nespĺňoval ani požadavky, stanovené pro třetí jakostní skupinu podle normy ČSN.

Úrovňový diagram

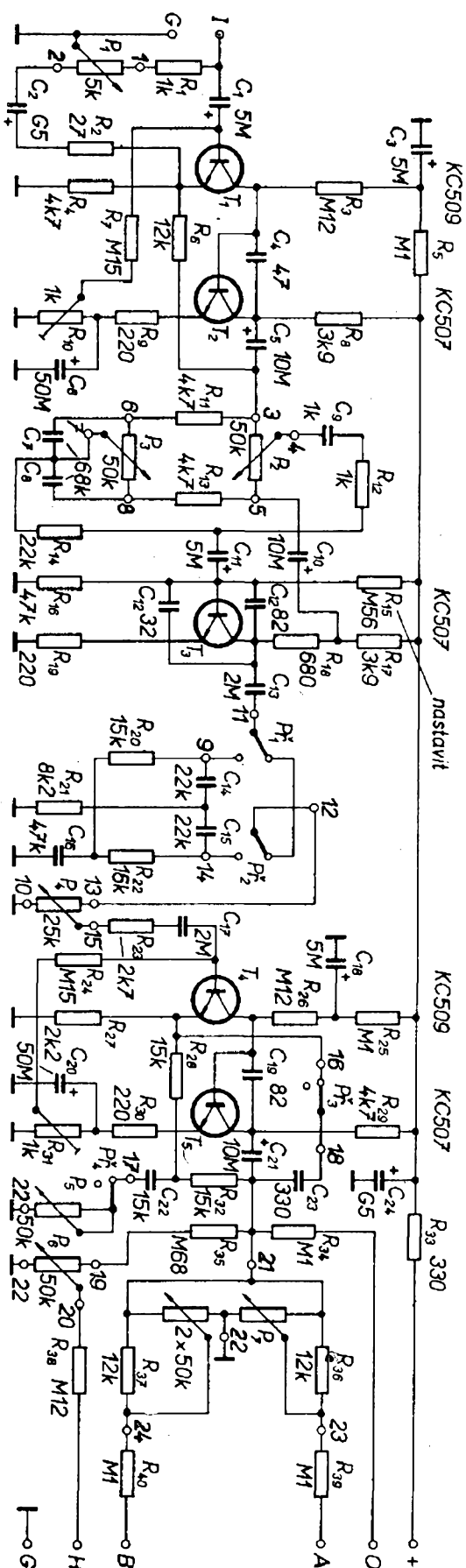
Optimální volba rozložení zisku na jednotlivé stupně každého elektronického zařízení je velmi důležitá. Proto i v našem případě byla tomuto problému věnována potřebná pozornost; úrovňový diagram vstupní a výstupní jednotky je na obr. 3. Z uvedeného úrovňového diagramu jsou zřejmé jak napěťové zisky jednotlivých stupňů, tak i maximální výstupní napětí jednotlivých stupňů, včetně rozsahu hlavních korektorů.

Návrh vstupní jednotky

Schéma zapojení vstupní jednotky je na obr. 4. Všechny vstupní jednotky jsou zapojeny shodně. Na kterýkoli vstup je možné připojit jakýkoli lineární modulační zdroj od dynamického mikrofonu až po „linku“ – proto má každý vstupní zesilovač potenciometr P_1 k nastavení vstupní citlivosti. Dále z praktického provozu vyplynula nutnost použít pro každou vstupní jednotku oddělené korekce



Obr. 3. Úrovňový diagram



Obr. 4. Zapojení vstupní jednotky

hloubek a výšek. Aby bylo dosaženo velké přebuditelnosti, tj. nezkráceného zpracování signálů, překračujících jmenovitou úroveň, bylo zvoleno zesílení vstupního zesilovače (jak vyplývá z úrovněvého diagramu) pouze 52 dB. Ze stejného důvodu je ihned za výstupem korekčního zesilovače zapojen regulátor úrovně a další dvojice tranzistorů, určená k zesílení signálu až na úroveň 1,55 V. Výstupní úroveň 1,55 V umožňuje využít vstupní jednotky samostatně i k jiným účelům.

Protože je výhodné korigovat kmitočty směrem k vyšším úrovním v okolí kmitočtu 3,5 kHz (filtr „prezens“), byla k tomuto účelu použita dvojice tranzistorů T_4 a T_5 (zavedením kmitočtově závislého členu do obvodu zpětnovazební smyčky). Rovněž je třeba zmínit se o členu RC typu dvojité T, který je zapojen před regulátorem výstupní úrovně. Na výstupu vstupní jednotky je zapojen regulátor, určený k pohybu zdroje po stereofonní bázi. Paralelně k uvedenému regulátoru je připojen i regulátor pro externí dozvukové zařízení, z něhož se signál vede na samostatnou sběrnici. V dalších kapitolách jsou jednotlivé části vstupní jednotky popsány podrobněji.

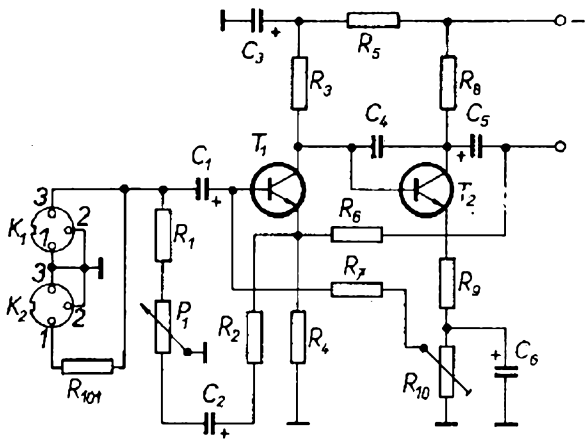
Vstupní zesilovač

Vstupní zesilovač musí mít minimální šum, konstantní napěťové zesílení pro signály kmitočtů od 20 Hz do 20 kHz, co největší přebuditelnost, s ohledem na následující stupeň co nejmenší výstupní impedanci, minimální zkreslení, stabilitu proti nežádoucím vysokofrekvenčním oscilacím a možnost plynulé regulace zisku.

S ohledem na všechny uvedené požadavky bylo zvoleno osvědčené zapojení dvoustupňového stejnosměrně vázaného zesilovače (obr. 5). Přestože odstup cizího napětí stanovený normou ČSN 36 7420 pro mikrofonní vstup je jen -50 dB, bylo snahou při realizaci našeho zařízení dosáhnout značně většího odstupu, tj. -63 dB.

Pro stupně řazené za sebou je výsledné šumové číslo dáno vztahem

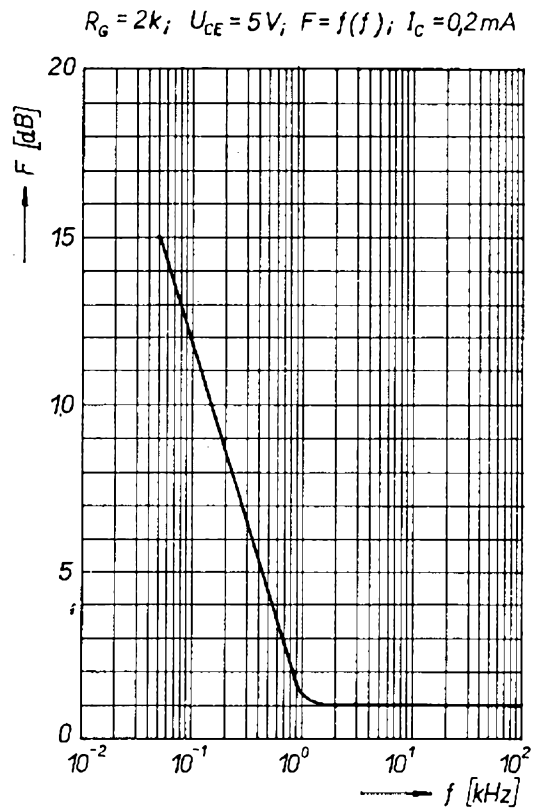
$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{W_1} + \dots$$



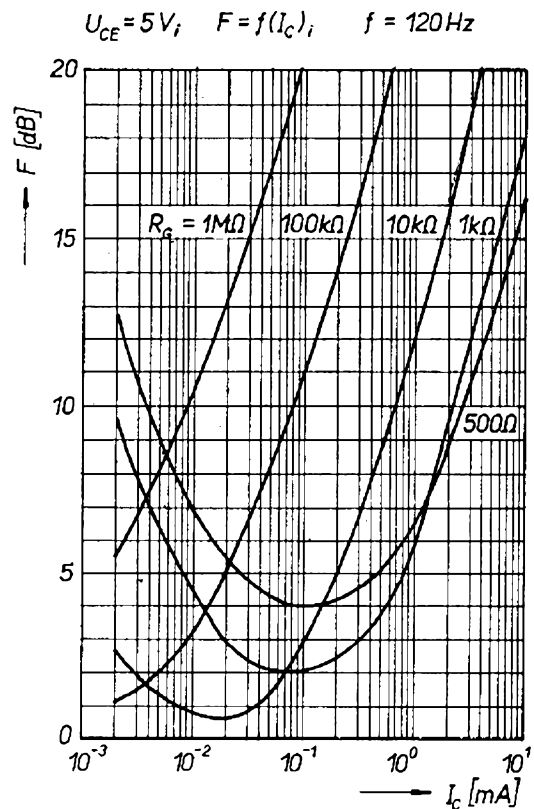
Obr. 5. Schéma vstupního zesilovače vstupní jednotky

kde F_1, F_2, \dots jsou šumová čísla jednotlivých stupňů a W_1, W_2, \dots výkonová zesílení jednotlivých stupňů.

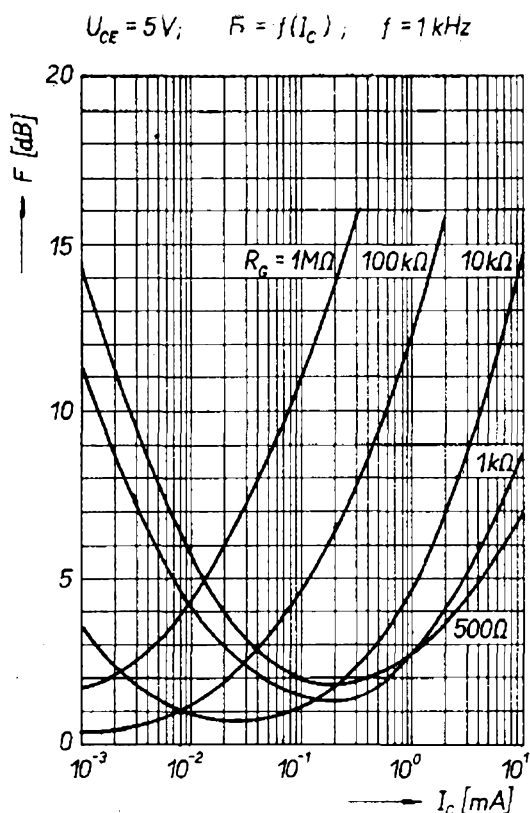
Z uvedeného vztahu vyplývá, že na výsledné šumové číslo má největší vliv šumové číslo prvního stupně. Proto návrh vstupního zesilovače bezpodmínečně vyžaduje použití tranzistoru s minimálním šumovým číslem. Byl zvolen křemíkový tranzistor KC509 nebo jeho ekvivalent BC109 (KC149). V zařízeních určených pro akustické kmitočty má rozhodující vliv na výsledné šumové číslo tzv. blikavý šum, který se od určitého kmitočtu (obr. 6) směrem k nižším kmitočtům zvětšuje se směrnici 3 dB/oktávu. Značný vliv na šum tranzistorového zesilovače má kolektorový proud tranzistoru. Na obr. 7, 8 a 9 jsou šumová čísla tranzistoru v závislosti na jeho kolektorovém proudu pro tři různé kmitočty a pro různé vnitřní odpory zdroje signálů. Z těchto závislostí jsme vycházeli při určování odporů R_3 a R_5 . S ohledem na minimální šum zesilovače byl zjišťován i vliv různých typů odporů. Praktické zkoušky ukázaly, že všechny typy odporů, které vyrábí n. p. TESLA Lanškroun, nemají zásadní vliv na velikost výsledného šumového čísla; plně vyhoví např. i odpory typu TR112. Při určování kolektorového proudu tranzistoru T_2 bylo třeba přistoupit na kompromis s ohledem na požadovanou malou výstupní impedanci a velkou přebuditel-



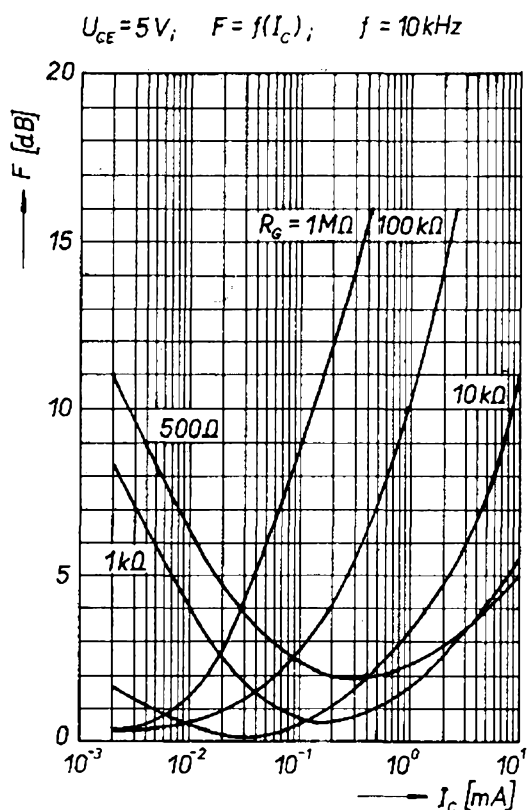
Obr. 6. Závislost šumového čísla tranzistoru BC109 na kmitočtu



Obr. 7. Závislost šumového čísla tranzistoru BC109 na kolektorovém proudu při kmitočtu 120 Hz



Obr. 8. Závislost šumového čísla tranzistoru BC109 na kolektorovém proudu při $f = 1\text{ kHz}$



Obr. 9. Závislost šumového čísla tranzistoru BC109 na kolektorovém proudu pro kmitočet $f = 10\text{ kHz}$

nost. Maximální přebuditelnosti stupně se dosáhne při symetrickém omezení, tj. je-li napětí kolektor–emitor U_{CE} přibližně rovno jedné polovině napájecího napětí. Napětí kolektor–emitor musí být proto přibližně rovno úbytku na kolektorovém odporu T_2 . Malá výstupní impedance je potřebná k správné funkci následujícího stupně, tj. zpětnovazebního korektoru. Z uvedených hledisek se vycházelo při určování odporu R_8 . Velké přemodulovatelnosti bylo dále dosaženo volbou poměrně malého napětového zesílení, velkým napájecím napětím a zařazením regulátoru výstupní úrovně ihned za následující stupeň, tj. za zpětnovazební korektor. Malé napětové zesílení umožnilo použít silnou zápornou zpětnou vazbu jak do obvodu tranzistoru T_1 , tak i do obvodu tranzistoru T_2 a tím dosáhnout zanedbatelného zkreslení. Druhý tranzistor vstupního zesilovače je typu KC507 (vzhledem ke značnému závěrnému napětí kolektor–emitor). I v tomto stupni by však bylo vhodné použít tranzistor KC509, bylo by však nutné vybrat kus s co největším závěrným napětím kolektor–emitor. Aby byl vstupní odpor tranzistoru T_2 a tím zatěžovací odpor T_1 (který má vliv na zesílení prvního stupně) co největší, je třeba, aby měl tranzistor T_2 co největší proudový zesilovací činitel. Jak vyplývá z technických parametrů, je možno ke každé vstupní jednotce připojit jakýkoli lineární zdroj signálu – to zajišťuje potenciometr P_1 , kterým lze nastavit zisk vstupního zesilovače plynule v rozsahu 35 dB. Jedna část odporové dráhy potenciometru P_1 je zapojena v obvodu záporné zpětné vazby tranzistoru T_1 a druhá část tvoří spolu s odpory R_1 a R_{101} napětový dělič pro vstupní signál, přivedený do konektoru K_{11} . Dvojitá funkce potenciometru P_1 zvětšuje celkový rozsah regulace a částečně linearizuje regulační průběh. Základní zesílení vstupního zesilovače lze nastavit odpory R_2 a R_6 . Stabilitu proti nežádoucím vysokofrekvenčním oscilacím zajišťuje kondenzátor C_4 .

$$10 \cdot \frac{1}{73} R_K$$

Korekční zesilovač

Z kolektoru tranzistoru T_2 je napájen zpětnovazební korektor Baxandallova typu. Tento korektor spolu s filtrem „prezens“, který je zapojen na výstupu vstupní jednotky, umožňuje základní úpravu kmitočtové charakteristiky. Všechny součásti byly voleny tak, aby bylo možno nastavit stejný průběh kmitočtové charakteristiky jak u hloubek, tak u výšek. Aby nastavení P_3 co nejméně ovlivňovalo činnost P_2 , jsou místo obvykle paralelně zapojeného jednoho kondenzátoru k P_3 použity kondenzátory C_7 a C_8 . Napěťové zesílení korekčního zesilovače je přibližně 1. Zapojení korekčního zesilovače je uvedeno v popisu výstupní jednotky obr. 18. Výsledné kmitočtové charakteristiky korekčního zesilovače jsou v téže kapitole na obr. 19. Z požadavku na přebuditelnost vyplývá nutnost nastavit velký kolektorový proud tranzistoru T_3 . Uvedenému požadavku bylo nutno podřídit volbu odporů R_{17} a R_{18} . Ze stejného důvodu bylo třeba použít jako T_3 tranzistor s velkým závěrným napětím U_{CE} . Byl zvolen tranzistor KC507, jehož $U_{CE} \geq 45$ V. I na tento stupeň by však byl vhodnější tranzistor KC509, vybraný s ohledem na co největší závěrné napětí kolektor-emitor. Neblokovaný emitorový odpor tranzistoru T_3 způsobuje zápornou zpětnou vazbu u tohoto stupně a tím zmenšuje jeho harmonické zkreslení. Rozdělené zatěžovací odpory R_{17} a R_{18} skýtají výhodu v možnosti dosažení většího výstupního napětí.

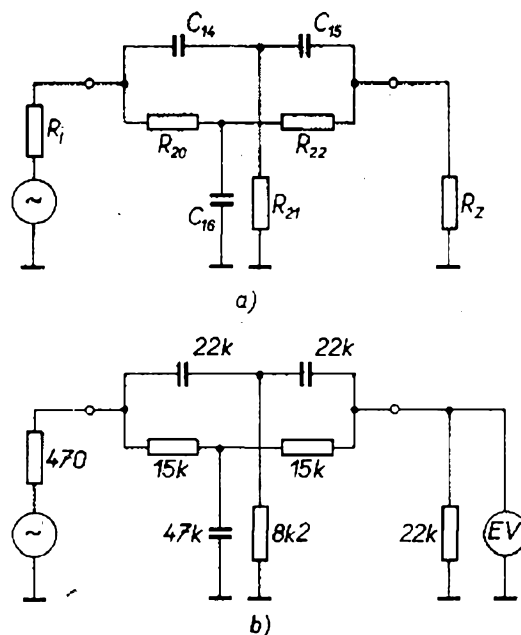
Člen RC typu dvojité T

Tento filtr je navržen pouze pro vstupní jednotky, k nimž se připojují kytarové snímače. Filtr je na výstupu korekčního zesilovače. Přepínače $P_{\check{r}1}$, $P_{\check{r}2}$ umožňují vyřadit filtr z cesty signálu a připojit jakýkoli lineární zdroj signálu. Základní zapojení dvojitého článku T je na obr. 10a.

Pro tzv. symetrický článek platí podle [5]

$$R_{20} = R_{22} = 2R_{21}$$

$$C_{14} = C_{15} = \frac{1}{2} C_{16}$$



Obr. 10. Schéma článku RC typu dvojité T

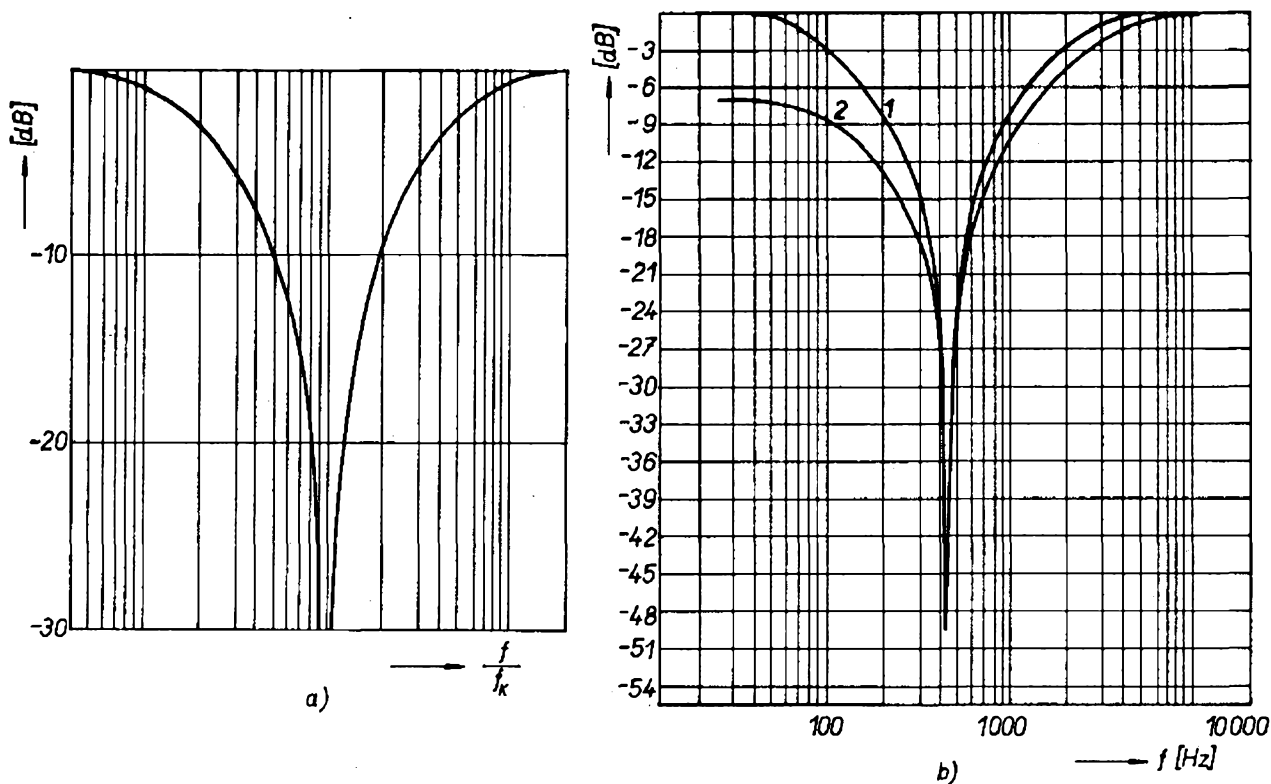
Kmitočtová charakteristika článku je v logaritmickém měřítku symetrická kolem rezonančního kmitočtu (obr. 11) a vykazuje výrazné zmenšení výstupního napětí pro kmitočty v okolí f_K . Pro kritický kmitočet f_K platí vztah

$$f_K = \frac{1}{2\pi R_{20} C_{14}}, \quad C_{14} = \frac{1}{\omega_K R_{20}}$$

Dále je třeba poznamenat, že článek má nejvýhodnější vlastnosti, je-li napájen ze zdroje, jehož vnitřní impedance je nulová a je-li jeho zatěžovací impedance nekonečně velká. Kmitočtová charakteristika má za uvedených podmínek nulové minimum na kmitočtu f_K (obr. 11a). Pro naši potřebu nepožadujeme strmé boky charakteristiky ani extrémní potlačení kritického kmitočtu f_K . Z tohoto důvodu jsme použili symetricky uspořádaný článek, i když lepších vlastností lze dosáhnout u nesymetrického uspořádání.

Od filtru požadujeme potlačení signálu o kmitočtu $f_K = 450$ Hz. S ohledem na kmitočtovou závislost vstupní impedance článku volíme odpor R_{20} značně větší, než je výstupní odpor tranzistoru T_3 .

Volíme $R_{20} = R_{22} = 15$ k Ω , $R_{21} = \frac{1}{2} R_{20} = 7,5 \cdot 10^3 \Omega$. Nejbližší odpor v řadě je 8,2 k Ω , proto volíme $R_{21} = 8,2$ k Ω .



Obr. 11a. Teoretický průběh nezátíženého článku RC typu dvojité T

Obr. 11b. Kmitočtové charakteristiky článku RC dvojité T podle zapojení na obr. 10

$$\begin{aligned}
 C_{14} &= \frac{1}{2\pi f_K R_{20}} = \\
 &= \frac{1}{6,28 \cdot 4,5 \cdot 10^2 \cdot 1,5 \cdot 10^4} \approx \\
 &\approx 0,23 \cdot 10^{-7} \text{ F} = 23 \text{ nF}.
 \end{aligned}$$

C_{14} jsme zvolili 22 nF, $C_{15} = 22$ nF.

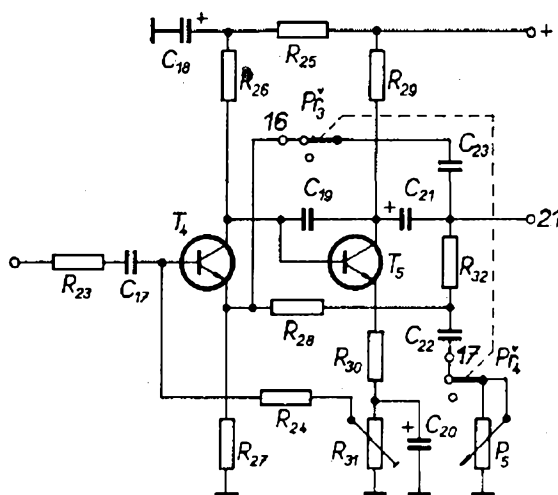
$C_{16} = 2C_{14} = 44$ nF, C_{16} (zřady) 47 nF.

Výsledná kmitočtová charakteristika navrženého článku typu dvojité T, napájeného ze zdroje s vnitřní impedancí $R_1 = 20 \Omega$, je na obr. 11b. Křivka 1 platí pro zatěžovací odpor $R_z = \infty$, křivka 2 je průběh při $R_z = 22 \text{ k}\Omega$. Na obr. 14 je skutečný průběh kmitočtové charakteristiky v pracovních podmínkách vstupní jednotky podle zapojení na obr. 10b.

Zesilovač s filtrem „prezens“

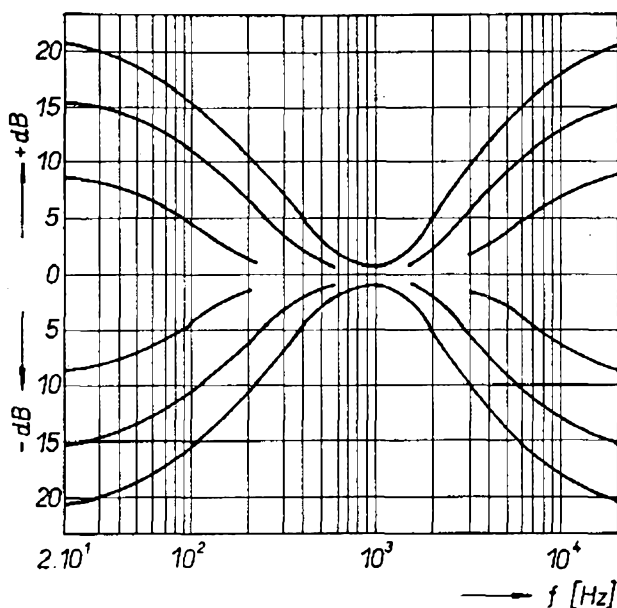
Z bodu 12 přepínače P_2 (obr. 4) je signál veden na profilový regulátor P_4 , jehož běžec je připojen přes C_{17} k bázi

dvoustupňového, stejnosměrně vázaného zesilovače s filtrem „prezens“. Kondenzátory C_{13} a C_{17} musí mít co největší izolační odpor. Proto jsou předepsány kondenzátory s dielektrikem z metalizovaného papíru, tzv. MP (TC 180). Při použití elektrolytických kondenzátorů by



Obr. 12. Schéma zesilovače s filtrem „prezens“

$$12 \cdot \frac{1}{73} R_K$$



Obr. 13. Přibližné kmitočtové charakteristiky Baxandallova korektoru

docházelo vlivem jejich nežádoucích zbytkových proudů (při manipulaci s regulátorem úrovně) k „chrastění“. Schéma zesilovače s filtrem „prezens“ je na obr. 12.

Přesto, že Baxandallův korektor, popsaný v předchozím odstavci (jeho kmitočtová charakteristika je na obr. 13) zcela vyhoví pro většinu aplikací, vyskytují se případy, kdy je zapotřebí použít další, vhodnější korekci. Např. k dosažení větší srozumitelnosti mluveného slova je třeba zdůraznit kmitočty v pásmu 1 až 4 kHz a vyšší kmitočty potlačit. Chtěli-li bychom ke zdůraznění výšek použít Baxandallův korektor, bylo by důsledkem nadměrné zdůraznění sykavek a zbytečné zdůraznění šumové hladiny. Pro uvedený případ (i celou řadu jiných, např. pro signály kytary) je vhodné použít filtr „prezens“, složený z prvků R_{28} , C_{22} , R_{32} , C_{23} , zapojený do obvodu záporné zpětné vazby z kolektoru T_5 do emitoru T_4 . S uvedeným obvodem a při potenciometru P_5 nastaveném na minimum (pravá krajní poloha běžce) zdůrazňuje zařízení kmitočty 3,5 kHz o 12 dB. Kmitočty 3,5 kHz lze nastavit plynule od 0 do uvedených 12 dB. Kondenzátor C_{23} potlačuje kmitočty od 5 kHz. Při vyřazeném filtru „prezens“ (P_5 v levé krajní poloze při vypnutém P_{r3} , P_{r4}) je kmitočtová charakteristika zesilovače rovná od

20 Hz do 25 kHz. Ostatní obvodové prvky tranzistoru T_4 jsou voleny ze stejných hledisek jako u T_1 . Pracovní bod T_4 se nastavuje trimrem R_{31} . Napěťový zisk zesilovače je při vyřazeném filtru „prezens“ 22 dB. Vhodné napěťové zesílení umožnilo zařadit silné záporné zpětné vazby jak do obvodu T_4 , tak i T_5 , a tím dosáhnout minimálního harmonického zkreslení.

Technické údaje

Napěťový zisk: asi 22 dB.

Maximální vstupní napětí: 1 V.

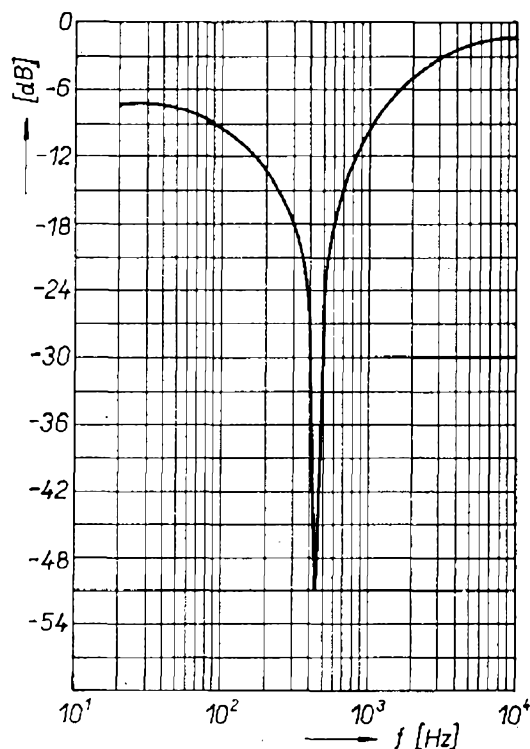
Kmitočtový průběh: 10 Hz až 50 kHz, $\pm 0,5$ dB (filtr prezens vyřazen).

Rozsah regulace filtru „prezens“: +12 dB na $f = 3,5$ kHz (vztaženo k $f = 1$ kHz)

Maximální efektivní výstupní napětí: 8 V na $R_z = 10$ k Ω .

Regulátor stereofonní základny a regulátor dozvuku

Regulátor stereofonní základny a dozvuku tvoří výstupní pasivní část vstupní jednotky. Signál z kterékoli vstupní jednotky může být tímto regulátorem „nasměrován“ buď do výstupní jednotky kanálu A,



Obr. 14. Výsledná kmitočtová charakteristika článku RC dvojité T

nebo do výstupní jednotky kanálu B. Ve střední poloze dvojitého potenciometru P_7 je na obou výstupech A i B signál o stejné úrovni. V pravé krajní poloze je signál na výstupu B o 3 dB větší oproti střední poloze, přičemž signál na výstupu A je nulový. V levé krajní poloze je tomu naopak. Uvedený regulátor tedy umožňuje dvoukanálový provoz s tím, že pro jeden stereofonní signál je využito dvou vstupních jednotek, z nichž jedna slouží jako zesilovač levého a druhá pravého kanálu. Regulátor dále umožňuje vytvářet různé zvukové efekty, např. měnit během provozu místo mezi dvěma reproduktorovými soustavami, z něhož přichází zvuk při reprodukci. Schéma zapojení „přejížděče“ stereofonní základny včetně regulátoru dozvuku je na obr. 15. Pro ty amatéry, kteří si budou chtít obohatit zařízení o přepínač pro příposlech, je určen výstup P. Z regulátoru stereofonní základny je veden signál přes oddělovací odpory R_{39} a R_{40} na sběrnice A a B.

Odpory R_{39} a R_{40} oddělují jednotlivé regulátory stereofonního „přejížděče“ a tím zabraňují jejich vzájemnému ovlivňování. S uvedenými součástkami není vzájemné ovlivňování regulátorů P_7 větší než 1 dB.

Odpory R_{39} a R_{40} byly voleny i vzhledem k potřebě co nejmenšího vnitřního odporu obou sběrnic a dále z požadavku, aby jejich kapacitní složka co nejméně ovlivnila úroveň signálu ve sběrnících v závislosti na kmitočtu. V neposlední řadě se musel při jejich návrhu brát zřetel i na průběh úrovněového diagramu na obr. 3. S ohledem na uvedené požadavky byly zvoleny R_{39} a $R_{40} = 100 \text{ k}\Omega$.

Z následujícího výpočtu plyne oprávněnost uvedené volby (obr. 15b):

$$U'_2 = \frac{R_P}{R_{39} + R_P} U_1,$$

kde R_P je paralelní kombinace deseti odporů R_{39} ;

$$U'_2 \frac{10}{10 + 100} \doteq 0,91 U_1.$$

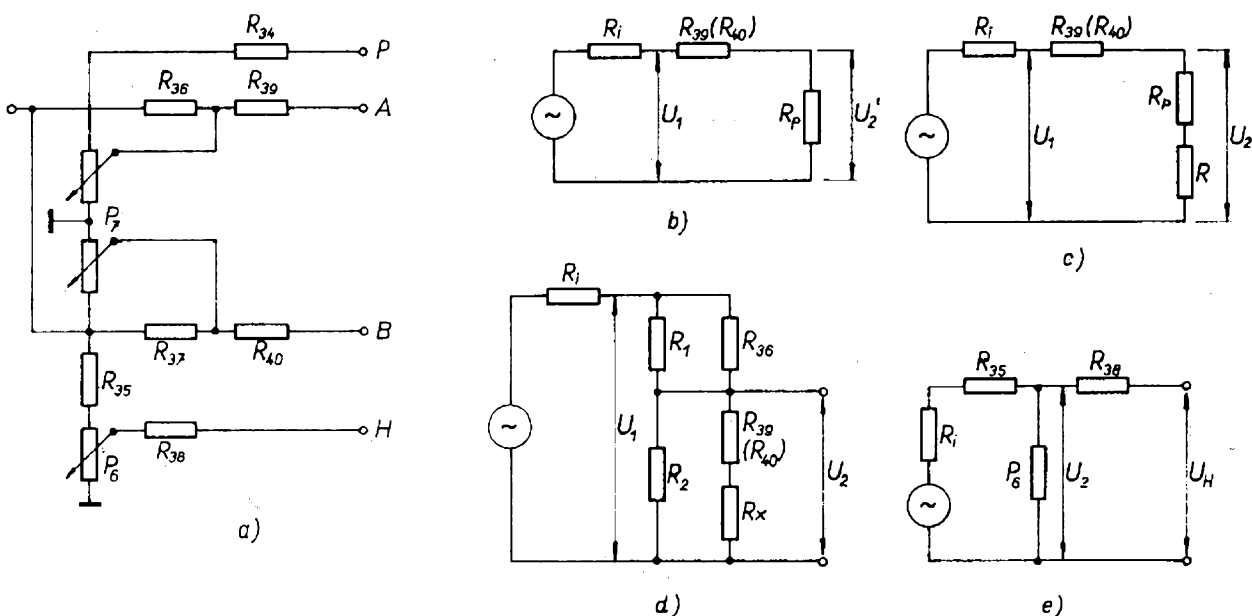
Podle obr. 15c je $U_2 =$

$$= \frac{R_P + R}{R_P + R + R_{39}} U_1,$$

kde R je přibližný vnitřní odpor zdroje signálu, tj. $R = 1 \text{ k}\Omega$,

$$U_2 = \frac{10 + 1}{11,1 + 1 + 100} U_1 = 0,98 U_1;$$

$$\frac{U_2}{U'_2} = \frac{0,98 U_1}{0,91 U_1} = 1,08 \Rightarrow 0,65 \text{ dB.}$$



Obr. 15. Zapojení regulátoru stereofonní základny a regulátoru dozvuku

Regulátory P_7 se tedy nebudou vzájemně ovlivňovat o více než 0,65 dB. Ve výpočtu je zanedbán vstupní odpor výstupní jednotky, ten vzájemné ovlivňování P_7 ještě více zmenší.

Odpor R_{35} a R_{38} ve vstupních jednotkách byly zvoleny s ohledem na potřebnou úroveň výstupního napětí pro dozvukové zařízení TESLA AZK 895A, Echolana 2. Rovněž odpor R_{38} byl zvolen s ohledem na vstupní impedanci dozvukového zařízení. Odpor R_{36} a R_{37} byly vypočítány vzhledem k požadavku, aby výstupní napětí na sběrnici A a B bylo ve střední poloze P_7 (oproti jeho krajním polohám) menší pouze o 3 dB.

Výpočet odporů R_{36} a R_{37} vychází z uvedeného požadavku a obr. 15d. V obr. 15d značí R_1 a R_2 odpory částí odporové dráhy P_7 , je-li jeho běžec ve střední poloze.

Podle předchozího bude

$$\begin{aligned}
 U_2 &= 0,71U_1; \\
 0,71U_1 &= \\
 &= \frac{(R_x + R_{39})R_2}{R_x + R_{39} + R_2} U_1, \\
 &= \frac{(R_x + R_{39})R_2}{R_x + R_{39} + R_2} + \frac{R_1R_{36}}{R_1 + R_{36}} \\
 0,71 \frac{(R_x + R_{39})R_2}{R_x + R_{39} + R_2} + \frac{R_1R_{36}}{R_1 + R_{36}} &= \\
 &= \frac{(R_x + R_{39})R_2}{R_x + R_{39} + R_2}, \\
 0,71 \frac{R_1R_{36}}{R_1 + R_{36}} &= \frac{(R_x + R_{39})R_2}{R_x + R_{39} + R_2} \\
 &+ 0,71 \frac{(R_x + R_{39})R_2}{R_x + R_{39} + R_2};
 \end{aligned}$$

dosazením

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{R_{39} + R_2}{10} = \frac{100 + 25}{10} = 12,5 \text{ k}\Omega, \\
 \frac{R_1R_{36}}{R_1 + R_{36}} 0,71 &= \frac{(12,5 + 100)25}{12,5 + 100 + 25} - \\
 &+ 0,71 \frac{(12,5 + 100)25}{12,5 + 100 + 25}, \\
 \frac{R_1R_{36}}{R_1 + R_{36}} 0,71 &= \frac{28,1}{137,5} -
 \end{aligned}$$

$$+ 0,71 \frac{28,1}{137,5} = 20,6 - 14,6 = 6,$$

$$R_1R_{36} 0,71 = 6R_1 + 6R_{36},$$

$$R_{36} (0,71R_1 - 6) = 6R_1,$$

$$R_{36} = \frac{6,25}{17,75 - 6} = 12,8 \text{ k}\Omega;$$

R_{36} volíme 12 k Ω .

Ještě je třeba podotknout, že v uvedeném výpočtu byl zanedbán vstupní odpor výstupní jednotky.

Dále vypočítáme odpor R_{35} , aby si majitelé jiných dozvukových zařízení mohli přizpůsobit výstup podle vlastních požadavků. Odpor vypočítáme pro dozvukové zařízení typu Echolana 2 podle obr. 15e. Výchozím parametrem je citlivost - citlivost Echolany je 4 mV na odporu 15 k Ω . V dalším výkladu je U_H výstupní napětí pro dozvukové zařízení, $P_6 = 50$ k Ω . Výstupní napětí pro dozvukové zařízení požadujeme asi 10 mV. Výstupní odpor se bude měnit podle polohy potenciometru P_6 a počtu vstupních jednotek. V našem případě (při deseti vstupních jednotkách a při volbě odporu $R_{38} = 0,12$ M Ω) se bude výstupní odpor pohybovat přibližně v rozmezí 12 až 17 k Ω . Při poloze P_6 na maximum a $U_H = 10$ mV musí být na P_6 signál na úrovni $U_2 = 100$ mV. Z těchto podmínek vyplývá:

$$\begin{aligned}
 R_{35} &= \frac{P_6U_1 - U_2P_6}{U_2} = \\
 &= \frac{50 \cdot 1,5 - 0,1 \cdot 50}{0,1} \doteq 700 \text{ k}\Omega;
 \end{aligned}$$

po dosazení do uvedeného vztahu bude tedy v našem případě $R_{35} = 700$ k Ω , volíme odpor 0,68 M Ω .

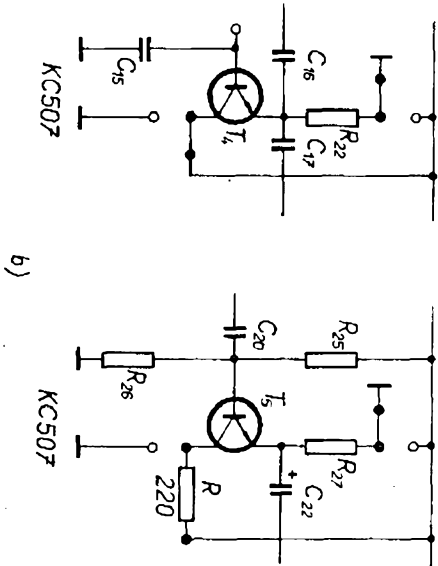
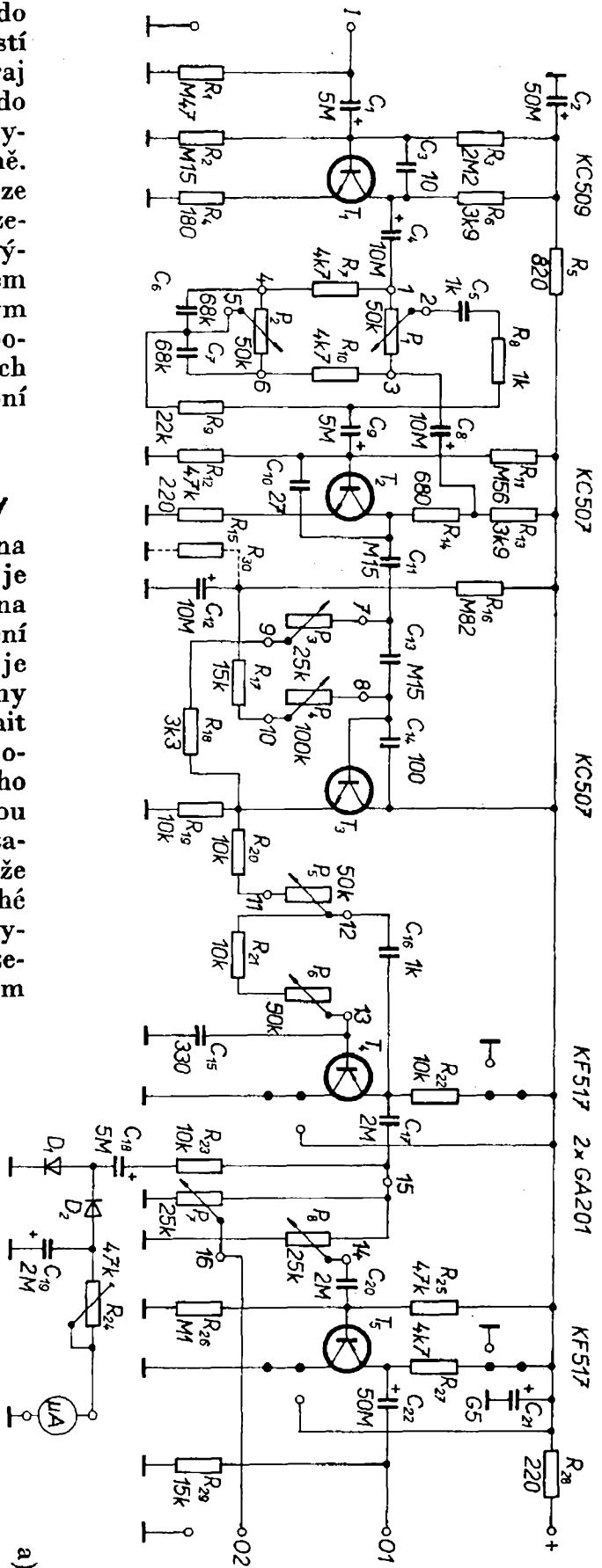
Výstupní jednotka

Signál ze sběrnic A i B (ze směšovače) je dále zpracován ve výstupních jednotkách. Jejich úkolem je zesílit signál na požadovanou výstupní úroveň 1,55 V. Signál lze po zesílení znovu upravit co do kmitočtové charakteristiky součtovým korektorem. Hlukový filtr se směrnicí 12 dB/oktávu umožňuje plynulé nastá-

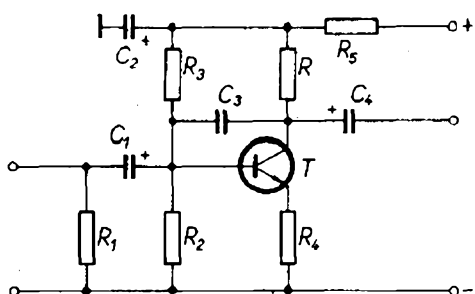
vení kmitočtové charakteristiky od 20 do 200 Hz. Šumový filtr se stejnou strmostí dovoluje plynule nastavit horní okraj kmitočtové charakteristiky od 5 kHz do 25 kHz. Výstupní jednotka je dále vybavena indikátorem výstupní úrovně. Celkovým regulátorem hlasitosti lze ovlivnit vybuzení vlastního koncového zesilovače. Druhý součtový regulátor výstupní úrovně spolu se zesilovačem s tranzistorem v zapojení s uzemněným kolektorem dává možnost v případě potřeby budít několik dalších koncových zesilovačů. Celkové zapojení výstupní jednotky je na obr. 16.

Vstupní zesilovač výstupní jednotky

Zapojení vstupního zesilovače je na obr. 17. Úkolem vstupního zesilovače je vyrovnat úbytek signálu, vznikající na sběrnici. Požadované napěťové zesílení (jak plyne z úrovněvého diagramu) je 20 dB. Odpory R_5 a R_6 byly zvoleny s ohledem na požadovaný velký rozkmit (min. 6 V) a malý výstupní odpor, potřebný pro správnou funkci následujícího zpětnovazebního korektoru. Zápornou zpětnou vazbu vstupního zesilovače zajišťuje neblokovaný odpor R_4 . Přestože je zapojení zesilovače velmi jednoduché (s ohledem na počet součástek), plně vyhovuje svému účelu. Protože vstupní zesilovač pracuje se vstupním signálem



Obr. 16. Schéma výstupní jednotky



Obr. 17. Zapojení vstupního zesilovače výstupní jednotky ($R = R_6$, $T = T_1$)

větším než 100 mV a s poměrně malým napěťovým zesílením, není na závadu větší základní šum tranzistoru T_1 .

Hlavní parametry vstupního zesilovače zapojeného podle obr. 17 jsou:

Napěťové zesílení: 20 dB.

Kmitočtová charakteristika: 10 Hz až 200 kHz v pásmu 1 dB.

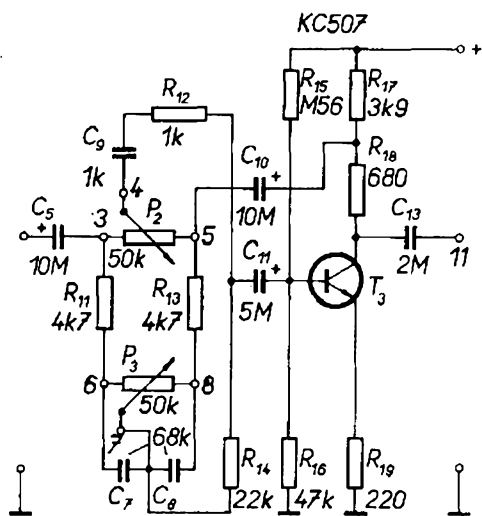
Vstupní odpor při $f = 1$ kHz: ≥ 50 k Ω .

Napájení: 38 V.

Spotřeba: asi 3,5 mA.

Zpětnovazební korektor výstupní jednotky

Zapojení korekčního zesilovače je na obr. 18. Jednotlivé prvky korekčního zesilovače jsou označeny indexy, příslušejícími korektoru vstupní jednotky. Korekční zesilovač výstupní jednotky je zcela identický s korektorem vstupní jed-



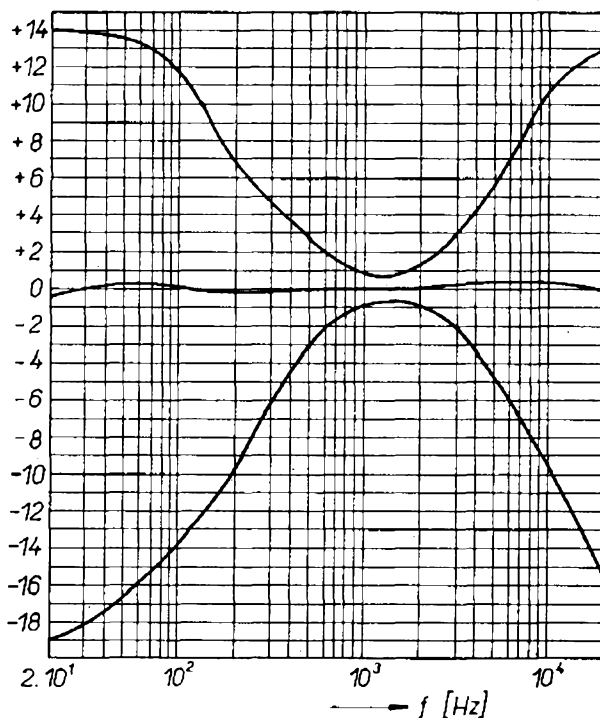
Obr. 18. Zapojení korekčního zesilovače

notky. Rozsah regulace výšek je na kmitočtu 14 kHz ± 12 dB a rozsah regulace hloubek na kmitočtu 63 Hz je ± 12 dB. Výsledné kmitočtové charakteristiky korekčního zesilovače jsou na obr. 19. Korektor výstupní jednotky podstatně rozšiřuje (téměř dvojnásobně) celkový rozsah regulace hloubek a výšek. Jednotlivé prvky korektoru výstupní jednotky byly navrženy podle stejných zásad jako u zpětnovazebního korektoru vstupní jednotky.

Filtry šumu a hluku

Filtry šumu a hluku se stále více používají v současné době u většiny jakostních výkonových zesilovačů. Většinou však bývají složeny pouze z pasívních prvků a nastaveny jen na jeden pevný dělicí kmitočet. V našem případě jsme jako filtry zvolili aktivní filtry RC druhého řádu, tedy filtry se strmostí 12 dB/oktávu. Aktivním členem je zesilovač s uzemněným kolektorem, tzv. emitorový sledovač.

Signál z výstupu korekčního zesilovače je veden na vstup filtru hluku – horní propustě, jejíž blokové schéma je na



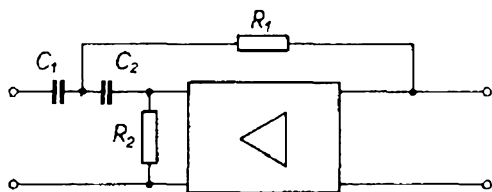
Obr. 19. Kmitočtové charakteristiky korektoru

obr. 20. Za horní propustí následuje filtr šumu - dolní propust. Blokové schéma filtru šumu je na obr. 21. Kritický kmitočet obou filtrů je dán vztahem

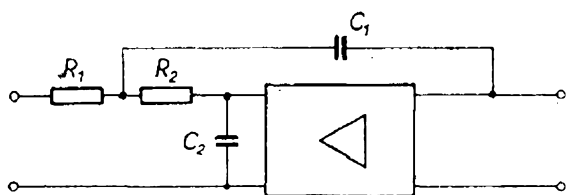
$$f_K = \frac{1}{2 \pi R_1 C_1 R_2 C_2}$$

Ze vztahu je zřejmé, že změnou odporů R_1 a R_2 lze měnit kritický kmitočet f_K jak u horní, tak u dolní propustě. Z obr. 22, na němž je celkové zapojení filtru hluku i šumu, vyplývá, že odpory R_1 a R_2 byly nahrazeny dvojitými potenciometry. Každá část dvojitého potenciometru P_3, P_4 v zapojení horní propusti má rozdílný odpor. Protože podobný potenciometr se nevyrábí, je třeba u běžného dvojitého potenciometru vyměnit jednu destičku. Kritický kmitočet obou propustí je tedy možno nastavit plynule ve velmi širokém rozsahu dvojitými potenciometry P_3, P_4 a P_5, P_6 . Rozsah regulovatelných kritických kmitočtů horní a dolní propustě v závislosti na úhlu natočení hřídelí potenciometrů P_3, P_4 a P_5, P_6 je na obr. 23. Závislost vstupního odporu filtru hluku na úhlu natočení hřídele potenciometrů je na obr. 24. Korekčními zesilovači, filtrem „prezens“ a filtrem hluku i šumu je možné nastavit různé průběhy kmitočtových charakteristik. Tak např. účinek filtru „prezens“, nastaveného na maximum, zvýrazní filtr šumu, nastavený na kritický kmitočet $f_K = 5 \text{ kHz}$. Protože lze oba filtry spojitě ve velmi širokém rozsahu kmitočtů, zhruba od 20 Hz do 25 kHz, není třeba je vyřazovat z činnosti ani tehdy, používáme-li nejkvalitnější zdroje signálu. Plně postačí „vytočit“ oba potenciometry (P_3, P_4 a P_5, P_6) do jejich krajních poloh, jimž odpovídá maximální šířka kmitočtového pásma.

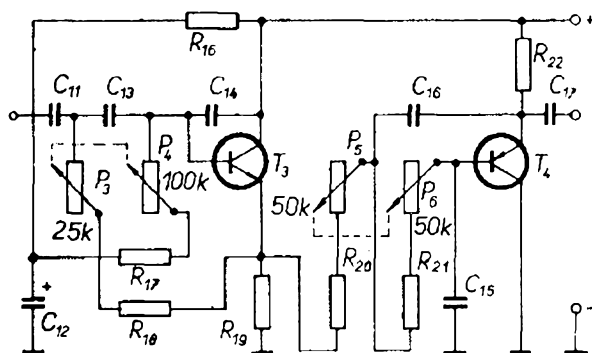
Oba filtry mají zhruba stoprocentní zápornou zpětnou vazbu, proto bylo dosaženo zanedbatelného zkreslení.



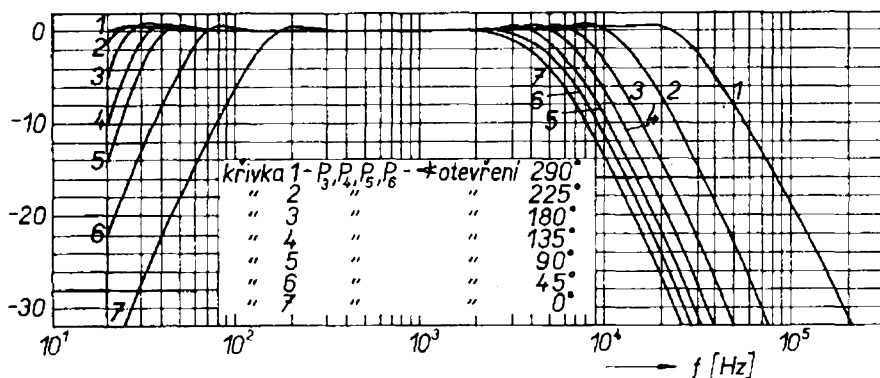
Obr. 20. Blokové schéma hlukového filtru



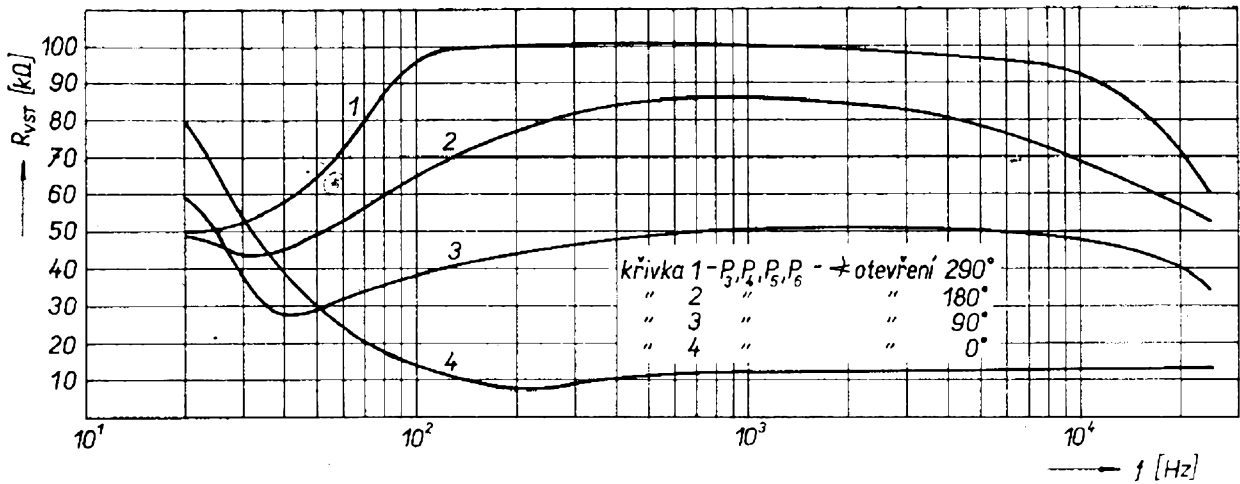
Obr. 21. Blokové schéma šumového filtru



Obr. 22. Celkové zapojení hlukového a šumového filtru



Obr. 23. Kmitočtové charakteristiky hlukového a šumového filtru v závislosti na úhlu natočení potenciometrů P_3, P_4 a P_5, P_6



Obr. 24. Průběh vstupního odporu hlukového filtru v závislosti na úhlu natočení potenciometrů P_3, P_4 a P_5, P_6

Tranzistor T_3 je libovolný křemíkový typ s vodivostí p-n-p, se závěrným napětím $U_{CE0} \geq 30$ V. Z polovodičů tuzemské výroby lze použít např. tranzistor KF517. Tento stupeň lze však osadit i tranzistorem s opačnou vodivostí, tj. např. typem KC507 podle zapojení na obr. 16b. Pro ty zájemce, kteří uvedených filtrů využijí pro jiná zařízení, uvádíme podrobnější technická data.

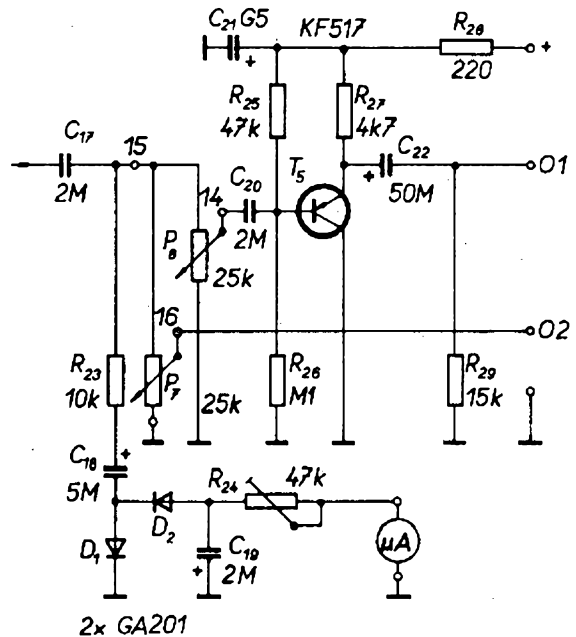
Technická data filtru hluku a šumu

Kritické kmitočty pro útlum 2 dB
 filtr hluku: 20 Hz, 180 Hz;
 filtr šumu: 5 kHz, 25 kHz.
 Lineární kmitočtový průběh: 25 Hz až 20 kHz.
 Teoretická strmota boků charakteristiky: 12 dB/oktávu.
 Napěťový zisk při $f = 1$ kHz: $-0,25$ dB.
 Vstupní odpor: viz obr. 24.
 Napájení: 38 V.

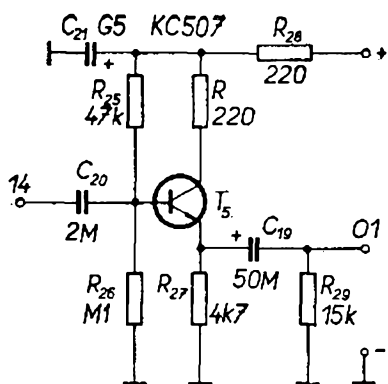
Emitorový sledovač s indikátorem výstupní úrovně

Z výstupu filtru šumu je veden signál na vstup indikátoru výstupní úrovně a dále na výstupní profilový regulátor pro buzení koncového zesilovače a na další výstupní regulátor, z jehož běžce je signál veden na vstup emitorového sledovače, jehož výstup je určen k napájení dalších koncových zesilovačů. Aby indikace výstupního napětí nebyla závislá na poloze

běžce profilového regulátoru, je indikátor připojen přímo na vstup koncových zesilovačů. Měřidlo indikátoru je typu MP 40 o citlivosti $60 \mu A$ a se stupnicí upravenou podle popisu v konstrukční části. Kondenzátory C_{17} a C_{20} nesmí být elektrolytické, neboť by jejich zbytkový proud zvětšoval šelest výstupních regulátorů. Zapojení emitorového sledovače včetně indikátoru výstupní úrovně je na obr. 25. Tranzistor T_5 je vodivosti p-n-p s dovoleným napětím $U_{CE0} \geq 35$ V. Tranzistor s velkým U_{CE} je nutný, protože se vyža-



Obr. 25. Schéma indikátoru výstupní úrovně a emitorového sledovače



Obr. 26. Zapojení emitorového sledovače s tranzistorem KC507

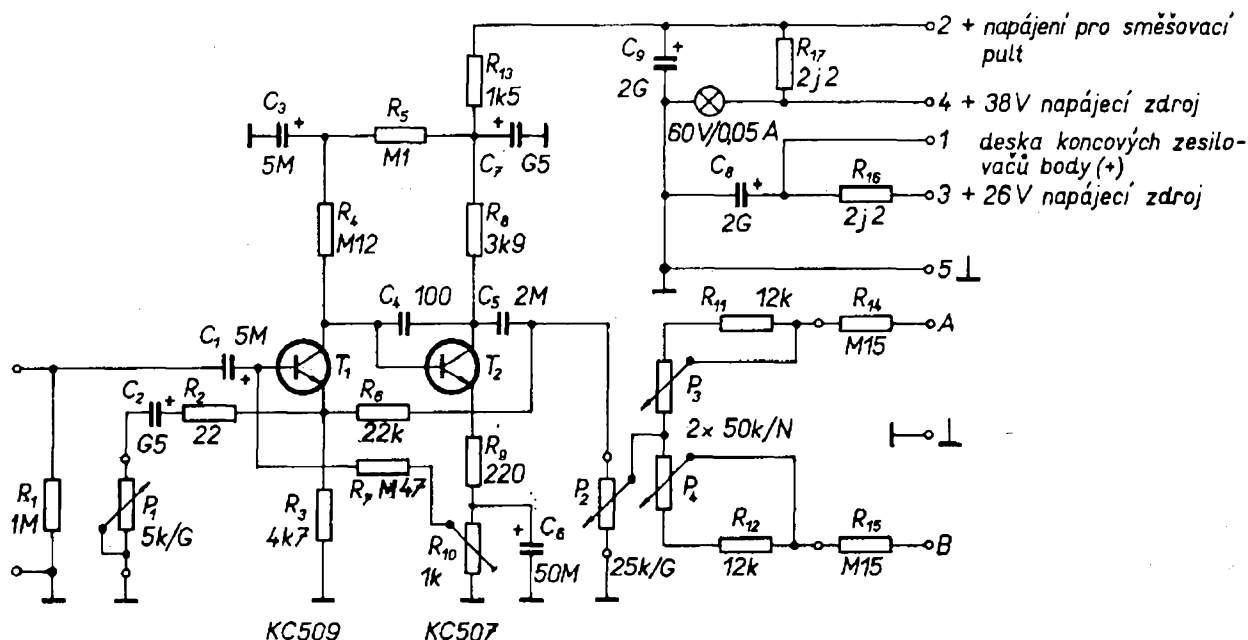
duje na výstupu směřovacího pultu velký napěťový rozkmit signálu a malý výstupní odpor (předepsaný normou ČSN 36 7420). V našem případě jsme použili tranzistor KF517, vybraný s ohledem na uvedené napětí U_{CE0} . Ten, kdo nemá možnost změřit U_{CE0} , může použít tranzistor s opačnou vodivostí (typu KC507) podle zapojení na obr. 26 nebo 16b.

Zesilovač pro dozvukové zařízení

Z celkového blokového schématu na obr. 2 vyplývá, že směšovací pult je vybaven zesilovačem, určeným pro externí dozvukové zařízení. Zesilovač dovoluje

připojit ke směšovacímu pultu výstup téměř všech typů přístrojů pro dozvuk. Rovněž vstupní signály, určené pro externí dozvuková zařízení, je možné ve velkém rozsahu nastavit na požadovanou velikost odpory R_{35} ve vstupních jednotkách tak, jak bylo uvedeno v popisu regulátoru dozvuku. Z uvedených skutečností tedy vyplývá, že je možné přizpůsobit nejen Echolanu, ale i všechny ostatní typy dozvukových zařízení ke vstupu i výstupu směšovacího pultu.

Celkové zapojení zesilovače pro dozvukové zařízení je na obr. 27. Je opět použito osvědčené zapojení se stejnosměrně vázanou dvojicí tranzistorů T_1 a T_2 . Odpory R_4 a R_5 jsou zvoleny stejně jako u vstupního zesilovače vstupní jednotky s ohledem na optimální velikost kolektorového proudu, potřebného k dosažení minimálního šumu tranzistoru T_1 . Potenciometrem P_1 lze nastavit plynule jmenovitou citlivost zesilovače v rozsahu asi 40 dB. K nastavení pracovního bodu tranzistoru T_1 slouží odporový trimr R_{10} . Proudem, protékajícím R_{10} , vzniká na něm předpětí, které se vede přes R_7 na bázi T_1 . Uvedený obvod vytváří zpětnovazební smyčku, která včetně odporu R_3 stabilizuje pracovní bod zesilovače. Z pracovního odporu T_2 je signál veden přes



Obr. 27. Schéma zesilovače pro dozvukové zařízení (horní konec potenciometru P_2 je současně bodem P_2)

C_5 na regulátor výstupní úrovně P_2 . Kondenzátor C_5 nesmí být elektrolytický (z důvodů, uvedených v předešlých kapitolách). Z běžce regulátoru P_2 je veden signál na dvojitý lineární potenciometr, jímž lze „nasměrovat“ signál přes oddělovací odpory R_{14} a R_{15} do kterékoli sběrnic jednotlivě nebo do obou současně. Výstupní regulátor P_2 , nastavený do levé krajní polohy, dovoluje trvale připojit dozvukové zařízení (i v pauzách, v nichž není využíváno), aniž by došlo k celkovému zhoršení odstupu rušivých napětí.

Technické parametry zesilovače pro dozvukové zařízení

Jmenovitá citlivost: < 3 mV.

Vstupní impedance na $f = 1$ kHz:
 > 50 k Ω .

Jmenovité výstupní napětí: $\geq 1,5$ V.

Maximální výstupní napětí: $\geq 7,5$ V.

Rozsah regulace zisku: ≥ 40 dB.

Kmitočtový rozsah: 20 Hz až 20 kHz.

Napájení: 38 V.

Návrh koncových zesilovačů

Ihned v úvodu tohoto odstavce je vhodné uvést definici koncového a výkonového zesilovače, protože většina autorů různých článků, popisujících nízkofrekvenční zesilovače, užívá často nesprávných názvů. Podle normy ČSN 36 7420 je koncovým zesilovačem zesilovač, dodávající výkon k napájení reproduktorů a reproduktorových soustav přímo, nebo prostřednictvím rozvodné sítě a je buzen z odděleného řídicího zesilovače. Obvykle tvoří samostatnou konstrukční jednotku.

Výkonovým zesilovačem podle téže normy je zesilovač, v němž jsou koncový zesilovač a potřebné předzesilovače s dalším příslušenstvím sdruženy v jeden elektrický a konstrukční celek. Protože jak uvedená norma ČSN, tak i norma DIN 45 500 dovolují kromě jmenovitého výkonu uvádět i tzv. špičkový nebo hudební výkon, je třeba



si ujasnit rozdíl mezi těmito údaji. Jmenovitý výkon musí zesilovač dodávat (bez ohrožení své tepelné rovnováhy a ohrožení součástí) při vybudení sinusovým signálem a dovoleném zkreslení nepřetržitě po dobu nejméně deseti minut. Definici pro tzv. hudební nebo špičkový výkon norma ČSN neuvádí. Rovněž ani jedna z uvedených norm neuvádí měřicí postup pro měření hudebního výkonu. Hudební výkon bývá uváděn jako výkon, který je možno odebírat při jmenovitém zkreslení a při napájecím napětí, rovném napětí bez vybudení. Z uvedeného důvodu bývá hudební výkon až dvakrát větší než sinusový a nemůže být proto používán jako vhodné měřítko při srovnávání výkonů různých zesilovačů. Proto v dalším budeme používat pouze údaj pro jmenovitý výkon (sinusový).

Od každého z obou navrhovaných koncových zesilovačů požadujeme jmenovitý výkon nejméně 50 W při harmonickém zkreslení 1 %.

Koncový zesilovač s doplňkovými tranzistory

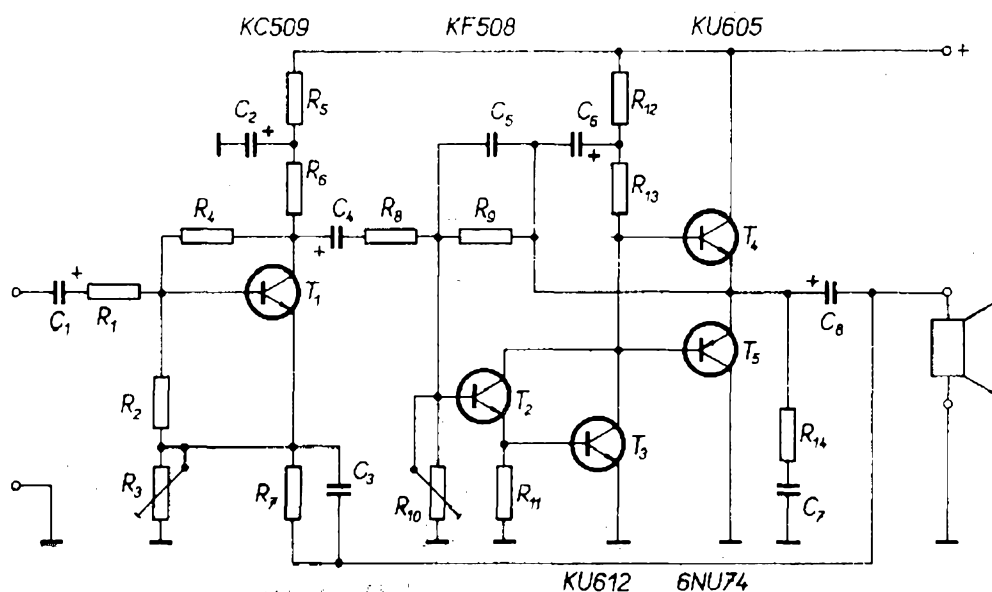
Původně jsme vyzkoušeli a měli v úmyslu předložit návrh na koncový zesilovač s doplňkovými (komplementárními) tranzistory, protože skýtá celou řadu výhod (nevyžaduje především fázový invertor). Přesto, že jsme pro naše zařízení použili jiné zapojení koncových zesilovačů z důvodů, které budou uvedeny později, uvádíme i kompletní schéma zesilovače s doplňkovými tranzistory (obr. 28) pro ty zájemce, kteří se spokojí s výstupním jmenovitým výkonem ≤ 40 W.

Jak je patrné z obr. 28, je doplňková dvojice tranzistorů tvořena křemíkovým tranzistorem KU605 (doporučujeme použít KD607) a germaniovým tranzistorem 6NU74. Germaniový tranzistor 6NU74 byl použit pouze „prozatím“ a proto, že ve výrobním programu n. p. TESLA Rožnov není žádný křemíkový výkonový tranzistor s vodivostí p-n-p. Zjištění, že v n. p. TESLA Rožnov nepočítají ani perspektivně s výrobou nízkofrekvenčního výkonového křemíkového tranzistoru s vodivostí p-n-p, bylo pak

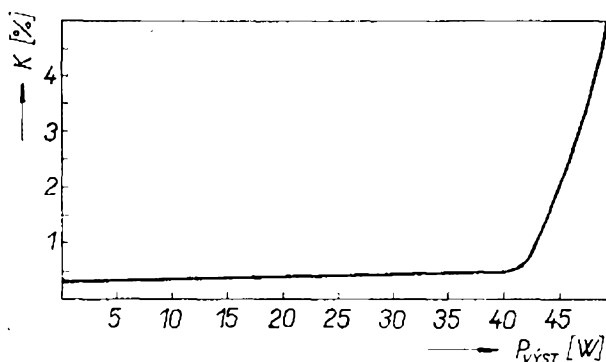
hlavním důvodem, proč jsme od uvedeného zapojení upustili, protože naším hlavním cílem bylo předložit návrh na zařízení, kompletně osazené křemíkovými tranzistory. Velkou nevýhodou (kromě teplotních poměrů) při použití germaniového tranzistoru je to, že je možné jen s velkými obtížemi dosáhnout splnění požadavků na výkonovou kmitočtovou charakteristiku. Těm zájemcům, kteří mají k dispozici křemíkový výkonový tranzistor s vodivostí p-n-p a s kolektorovou ztrátou větší než 70 W, doporučujeme použít uvedené zapojení. Dále místo tranzistoru KU605, který není určen pro nízkofrekvenční režimy (důvod je uveden v dalším odstavci), doporučujeme použít tranzistor KD607 nebo KD503, které jsou od letošního roku vyráběny v n. p. TESLA Rožnov. Výhody uvedených tranzistorů a jejich předběžné parametry jsou rovněž uvedeny v dalším odstavci. Pro ty zájemce, kteří použijí zapojení s doplňkovou dvojicí tranzistorů podle obr. 28, je určeno ještě několik následujících poznámek. Doplňková dvojice tranzistorů T_4 a T_5 pracuje v čisté třídě B, tj. s nulovým klidovým proudem. Přesto zesilovač pracuje s minimálním přechodovým zkreslením. Při malých amplitudách výstupního signálu z budicího stupně, které ještě nepostačují otevřít

výkonové tranzistory T_4 a T_5 , je výkon do zátěže dodáván přímo z budiče, který pracuje ve třídě A. Zapojení, které slouží k tomuto účelu (často zvané bootstrap), splňuje ještě další důležitou funkci. Obvod bootstrap tvoří rozdělený kolektorový zatěžovací odpor budicího stupně, složený z odporů R_{12} a R_{13} , mezi něž je přes kondenzátor C_6 přiveden výstupní signál zesilovače. Amplituda výstupního signálu, přivedená do rozděleného zatěžovacího kolektorového odporu, se superponuje na napájecí napětí budicího stupně, což způsobí zvětšení dynamického zatěžovacího odporu a z toho vyplývající zvětšení rozkmitu (amplitudy) budicího signálu. Velká amplituda budicího signálu je nutná k tomu, aby nedocházelo k omezení výstupního signálu již v samém budicím zesilovači. Další velkou výhodou popisovaného zapojení je to, že nevyžaduje přesně párovat koncové tranzistory, protože jsou zapojeny se společným kolektorem.

† Zanedbatelného harmonického zkreslení tohoto stupně je dosaženo dvěma smyčkami záporné zpětné vazby. Hlavní smyčku záporné zpětné vazby tvoří obvod složený z odporu R_7 a kondenzátoru C_3 , který převádí část výstupního signálu na vstup zesilovače. Velikost této zpětné vazby a tím i jmenovitou vstupní citli-



Obr. 28. Schéma koncového zesilovače s doplňkovými tranzistory



Obr. 29. Průběh harmonického zkreslení v závislosti na výstupním výkonu u zesilovače zapojeného podle obr. 28

vost zesilovače lze nastavit odporovým trimrem R_3 . Druhá smyčka záporné zpětné vazby je složena z odporu R_9 a kondenzátoru C_5 .

Trimrem R_{10} lze nastavit symetrii výstupního signálu. Tranzistory T_2 a T_3 jsou v zesilovači nejvíce namáhány z hlediska velikosti kolektorového napětí (pozor na průraz!). Proto je vhodné vybrat tyto tranzistory s ohledem na co největší závěrné napětí kolektor-emitor. Tranzistor T_3 musí mít rovněž co nejmenší saturační napětí kolektor-emitor.

Změřené údaje harmonického zkreslení v závislosti na výstupním výkonu při napájecím napětí vybuzeného zesilovače 45 V je na obr. 29. Nutno poznamenat, že harmonické zkreslení je ve skutečnosti ještě menší, neboť nízkofrekvenční generátor, jehož signálem byl napájen zesilovač, měl vlastní harmonické zkreslení 0,3 %.

Technické parametry zesilovače podle obr. 28

Jmenovitá vstupní citlivost: 1,5 V.

Vstupní impedance zesilovače: $\geq 30 \text{ k}\Omega$ na $f = 1\,000 \text{ Hz}$.

Kmitočtová charakteristika: 20 Hz až 30 kHz v tolerančním poli 2 dB.

Harmonické zkreslení: viz graf na obr. 29.

Jmenovitý výkon: 40 W.

Harmonické zkreslení při jmenovitém výkonu: $\leq 0,5 \%$.

Jmenovitý zatěžovací odpor: 4 Ω .

Rozpiska elektrických součástí

Odporů

| | |
|------------|-------------------------|
| R_1 | TR 112, 10 k Ω |
| R_2 | TR 112, 22 k Ω |
| R_3 | TP 040, 220 Ω |
| R_4 | TR 112, 0,22 M Ω |
| R_5, R_6 | TR 112, 4,7 k Ω |
| R_7 | TR 112, 1 k Ω |
| R_8 | TR 112, 2,2 k Ω |
| R_9 | TR 112, 22 k Ω |
| R_{10} | TP 040 4,7 k Ω |
| R_{11} | TR 112, 560 Ω |
| R_{12} | TR 507, 47 Ω |
| R_{13} | TR 507, 100 Ω |
| R_{14} | TR 506, 10 Ω |

Kondenzátory

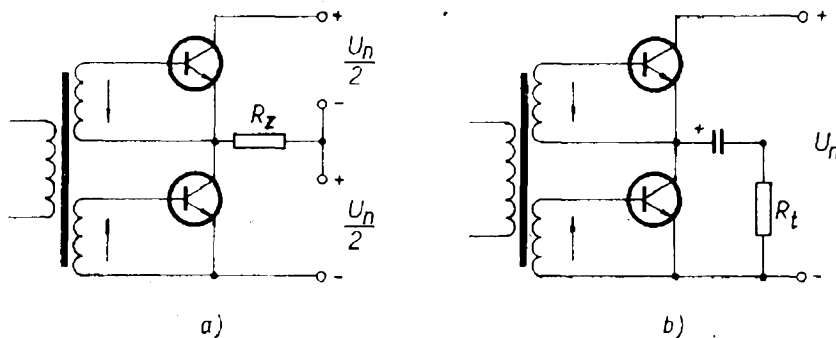
| | |
|-------|------------------------------|
| C_1 | TE 986, 10 μF |
| C_2 | TE 986, 200 μF |
| C_3 | TC 211, 470 μF |
| C_4 | TE 986, 10 μF |
| C_5 | TK 409, 47 pF |
| C_6 | TE 986, 500 μF |
| C_7 | TC 180, 0,22 μF |
| C_8 | TC 937a, 2 000 μF |

Tranzistory

| | |
|-------|---|
| T_1 | KC509 |
| T_2 | KF508 |
| T_3 | KU612 |
| T_4 | KD607 (náhrada 2N3055, BD130, KU605, KD503) |
| T_5 | 6NU74 |

Koncový zesilovač s tranzistory stejného typu

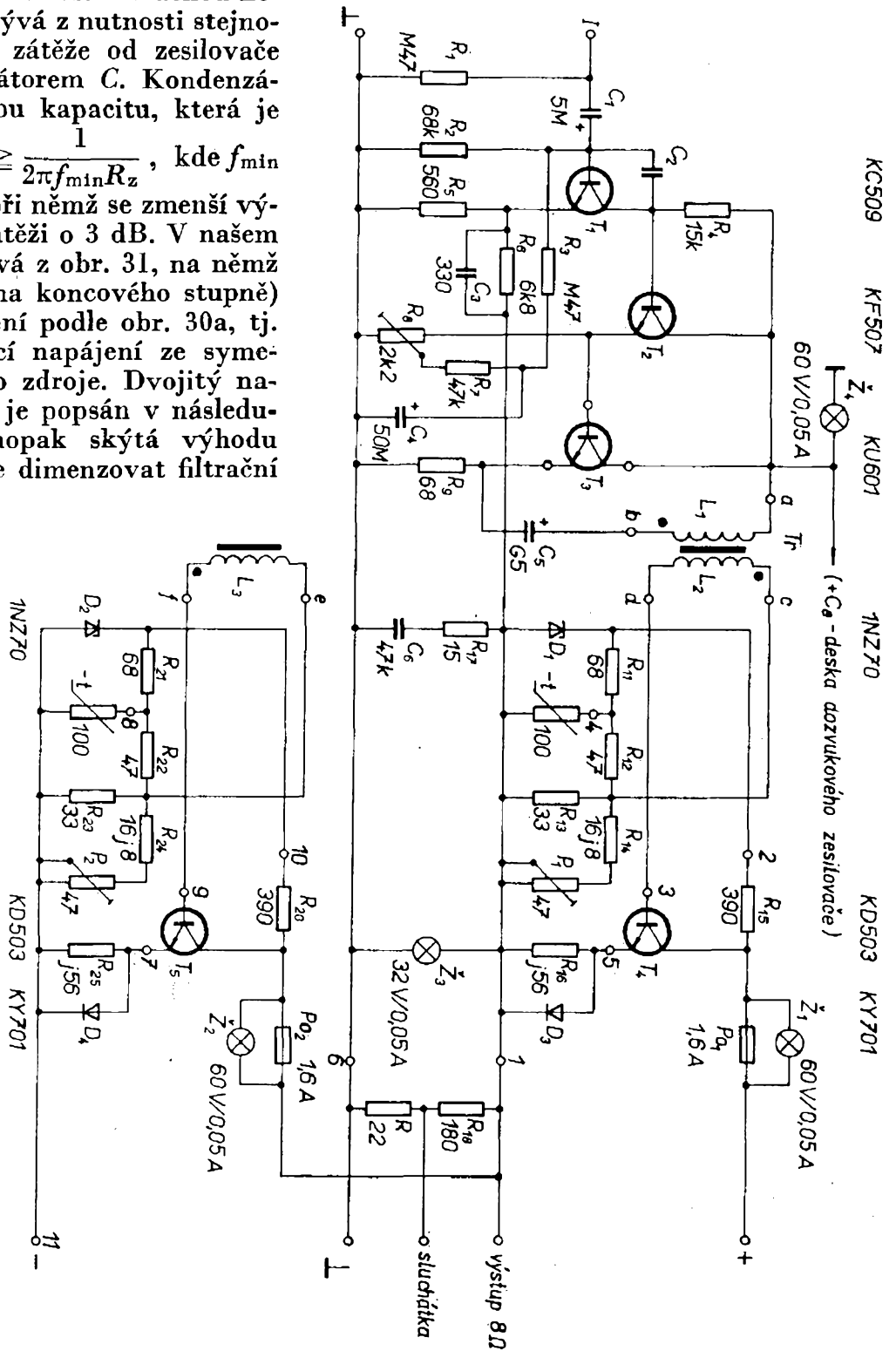
Z předešlého odstavce vyplývá, proč jsme upustili od zapojení, které skýtá nejvíce výhod, tj. od koncového stupně osazeného komplementární dvojicí tran-



Obr. 30. Zjednodušené zapojení koncového zesilovače

zistorů. V praxi se nejčastěji používají dvě základní zapojení (obr. 30a, b), která se vzájemně liší pouze způsobem napájení. Zjednodušené zapojení podle obr. 30a vyžaduje symetrické napájení, zatímco zapojení podle obr. 30b vyžaduje pouze jediný zdroj napájení. Zapojení s jedním napájecím zdrojem má však značnou nevýhodu, která vyplývá z nutnosti stejnosměrného oddělení zátěže od zesilovače vazebním kondenzátorem C. Kondenzátor musí mít velkou kapacitu, která je dána vztahem $C \geq \frac{1}{2\pi f_{\min} R_z}$, kde f_{\min} je dolní kmitočet, při němž se zmenší výstupní napětí na zátěži o 3 dB. V našem případě (jak vyplývá z obr. 31, na němž je kompletní schéma koncového stupně) jsme použili zapojení podle obr. 30a, tj. zapojení, vyžadující napájení ze symetrického napájecího zdroje. Dvojitý napájecí zdroj, který je popsán v následujícím odstavci, naopak skýtá výhodu v tom, že vyžaduje dimenzovat filtrační

kondenzátory na polovinu celkového napájecího napětí. (V zapojení, v němž se používá napájecí napětí jedné polarity, je nutné ze současně vyráběných kondenzátorů použít kondenzátory typu TC939, 2 000 μF , tj. kondenzátory dimenzované



Obr. 31. Úplné schéma jednoho koncového zesilovače
($R_1, 22 \Omega = R_{10}$)

na napětí 150 V, které jsou rozměrově značně nevýhodné oproti typu TC937a, 5 000 μ F, které jsme použili v našem zapojení.)

Jednou z nejdůležitějších otázek při návrhu koncového zesilovače je volba vhodných výkonových tranzistorů. Proto je vhodné věnovat i v tomto případě této otázce více pozornosti. Jak vyplývá z předchozího odstavce, bylo naším cílem osadit celé zařízení pouze křemíkovými tranzistory, neboť tranzistory germaniové mají celou řadu nevýhod. Až do loňského roku n. p. TESLA Rožnov nevyráběl žádné vhodné křemíkové tranzistory pro větší výkony, určené pro aplikace v nízkofrekvenční technice. Ani tranzistory KD602 nebyly pro zařízení s lineárními režimy doporučovány. Proto konstruktéři (kteří neměli možnost použít osvědčený zahraniční tranzistor 2N3055) byli nuceni používat i pro lineární aplikace tranzistory KU605 až KU607. Jak známo, tyto tranzistory jsou určeny pouze pro spínací účely, pro nízkofrekvenční účely jsou naprosto nevhodné. Tranzistory mají vysoký mezní kmitočet (velkou rychlost spínání) a při použití v lineárních aplikacích se často zničí tzv. druhým průrazem (viz RK 5/72). Proto byly v n. p. TESLA Rožnov vyvinuty dvě nové řady výkonových tranzistorů (určených především pro lineární aplikace) pod označením KD605 až 607, KD501 až 503.

Předběžné technické údaje tranzistorů řady KD605 až 607

Mezní údaje

Maximální přípustné napětí

kolektor-emitor $U_{CE0 \max}$: KD605 40 V,
KD606 60 V,
KD607 80 V.

Maximální napětí emitor-báze $U_{EB0 \max}$: 5 V.

Maximální kolektorový proud (stejněsměrný) $I_{C \max}$: 10 A.

Maximální proud báze $I_{B \max}$: 2 A.

Vnitřní tepelný odpor R_{it} : 1,5 $^{\circ}$ C/W.

Maximální teplota přechodu $t_{j \max}$: 155 $^{\circ}$ C.

Maximální ztrátový výkon: 70 W.

Maximální ztrátový výkon je definován pro napětí mezi kolektorem a emitorem $U_{CE} = 30$ V a teplotu pouzdra $t_c = 25$ $^{\circ}$ C. Za

těchto podmínek nesmí při maximálním ztrátovém výkonu nastat druhý průraz.

Jmenovité údaje

Saturační napětí kolektor-emitor $U_{CE \text{ sat}}$ při $I_C = 10$ A a $I_B = 1$ A: ≤ 2 V.

Proudový zesilovací činitel h_{21E} při $I_C = 1$ A a $U_{CE} = 2$ V: ≥ 30 .

Mezní kmitočet f_T při $I_C = 1$ A, $U_{CE} = 10$ V a $f = 1$ MHz: ≥ 2 MHz.

Předběžné technické údaje tranzistorů řady KD501 až 503

Mezní údaje

Maximální přípustné napětí

kolektor-emitor $U_{CE0 \max}$: KD501 40 V,
KD502 60 V,
KD503 80 V.

Maximální napětí emitor-báze $U_{EB0 \max}$: 5 V.

Maximální kolektorový proud (stejněsměrný) $I_{C \max}$: 20 A.

Maximální proud báze $I_{B \max}$: 7 A.

Vnitřní tepelný odpor R_{it} : 0,87 $^{\circ}$ C/W.

Maximální teplota přechodu $t_{j \max}$: 155 $^{\circ}$ C.

Maximální ztrátový výkon: 150 W.

Maximální ztrátový výkon je definován přesněji tak, že při napětí $U_{CE} = 30$ V, teplotě pouzdra $t_c = 100$ $^{\circ}$ C a ztrátovém výkonu 65 W nesmí dojít k druhému průrazu.

Jmenovité údaje

Saturační napětí kolektor-emitor

$U_{CE \text{ sat}}$ při $I_C = 20$ A a $I_B = 4$ A: ≤ 2 V.

Saturační napětí kolektor-emitor

$U_{CE \text{ sat}}$ při $I_C = 20$ A a $I_B = 1$ A: ≤ 1 V.

Proudový zesilovací činitel h_{21E}

při $I_C = 1$ A a $U_{CE} = 2$ V: ≥ 40 .

Proudový zesilovací činitel h_{21E}

při $I_C = 10$ A a $U_{CE} = 2$ V: ≥ 15 pro KD503.

Proudový zesilovací činitel h_{21E}

při $I_C = 15$ A a $U_{CE} = 2$ V: ≥ 15 pro KD501 až 502.

Proudový zesilovací činitel

h_{21E} při $I_C = 20$ A a $U_{CE} = 2$ V: ≥ 5 .

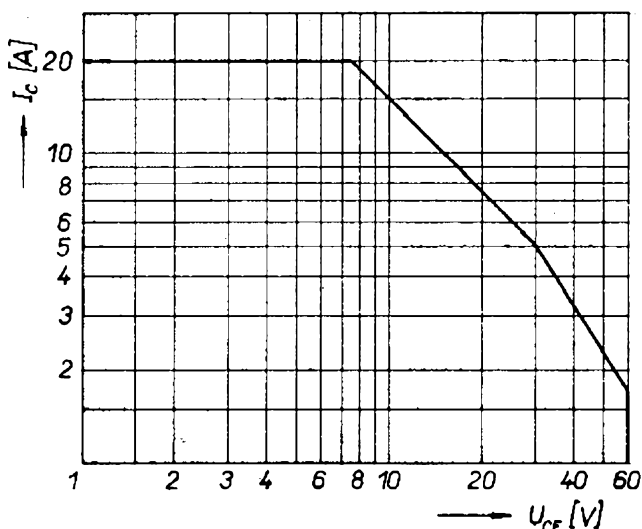
Mezní kmitočet f_T

při $I_C = 1$ A, $U_{CE} = 10$ V a $f = 1$ MHz: ≥ 2 MHz.

Jak již bylo uvedeno, jsou maximální ztrátové výkony vztaženy k určitému kolektorovému napětí. To se ukáže jako bezpodmínečně nutné, sledujeme-li vnitřní tepelný odpor R_{it} jako funkci napětí mezi kolektorem a emitorem U_{CE} . Zjistíme totiž, že vnitřní tepelný odpor je na tomto napětí závislý, tj. od určitého napětí U_{CE} se zvětšuje, což je fyzikálně zdůvodněno tím, že vlivem příčného pole v oblasti báze se koncentruje kolektorový proud do určitých oblastí přechodu. To znamená, že neprochází celou plochou emitoru a vytváří „horká místa“, čímž se zhoršuje odvod tepla (viz pojednání o druhém průřezu v RK 5/72).

Z výše uvedených důvodů obecně vyplývá, že lze tranzistory s větším kolektorovým napětím používat v obvodech, v nichž se jejich ztrátový výkon stanoví z teploty přechodu a vnitřního tepelného odporu (měřeného obvyklými způsoby) jen do napětí U_{CE} asi 30 V. Pro každé větší napětí U_{CE} je nutno povolený katalogový výkon redukovat, a to přinejmenším tak, jak se zvětšuje jejich vnitřní odpor.

U obou zmíněných řad nových výkonových tranzistorů bude možno redukovat výkon pomocí diagramů, které budou zveřejněny výrobcem a budou mít formu, která je znázorněna na obr. 32. Pracovní



Obr. 32. Závislost mezi maximálním kolektorovým napětím a maximálním kolektorovým proudem pro tranzistory KD502 (předběžná informace)

oblastí tranzistoru je oblast, vymezená na ose y maximálním kolektorovým proudem $I_{C \max}$, na ose x pak maximálním přípustným kolektorovým napětím U_{CE0} . Maximální ztrátový výkon je určen přímkou (což je hyperbola ztrátového výkonu ve stupnici log.-log.), která má přibližně do 30 V směrnici 1. Z tohoto bodu je pak vedena druhá přímka s vyšší směrnici, která zahrnuje nezbytnou redukci ztrátového výkonu s ohledem na kolektorové napětí – údaje však platí pouze pro teplotu pouzdra 25 °C. Se zvyšující se teplotou pouzdra je bezpodmínečně nutné lineárně zmenšovat výkon. Tato forma vymezení pracovní oblasti je v podstatě ekvivalentní údajům firmy RCA. Výpočet přípustného ztrátového výkonu bude pak značně jednodušší, než jak tomu bylo podle dosavadních publikací TESLA. Dosud se totiž používal způsob výpočtu podle firmy Siemens; nový způsob výpočtu bude podrobněji popsán v publikaci, v níž budou uvedeny i praktické příklady výpočtu přípustného ztrátového výkonu (vydá TESLA).

Protože maximální provozní spolehlivosti lze dosáhnout u zařízení tehdy, jsou-li jeho jednotlivé prvky co nejméně namáhány, s ohledem na jejich mezní údaje volíme pro náš zesilovač výkonové tranzistory KD503. Rovněž je možné použít známé tranzistory 2N3055 nebo BD130.

Parametry tranzistoru BD130 (který má být ekvivalentem tranzistoru 2N3055)

Mezní údaje

Maximální přípustné napětí kolektor-emitor U_{CE0} : 60 V.

Maximální napětí emitor-báze U_{EB0} : 7 V.

Kolektorový proud $I_{C \max}$: 15 A.

Maximální proud báze $I_{B \max}$: 7 A.

Maximální kolektorová ztráta P_t : 100 W.

Vnitřní tepelný odpor R_{it} : 1,5 °C/W.

Jmenovité údaje

Proudový zesilovací činitel h_{21E} při $I_C = 4$ A, $U_{CE} = 4$ V: 20 až 70.

Saturační napětí kolektor - emitor

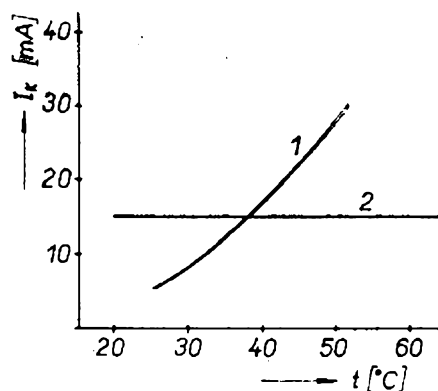
$U_{CE \text{ sat}}$ při $I_C = 4$ A, $I_B = 0,4$ A: = 1,1 V.

Mezní kmitočet f_T při $I_C = 100$ mA,

$U_{CE} = 4$ V: ≥ 700 kHz.

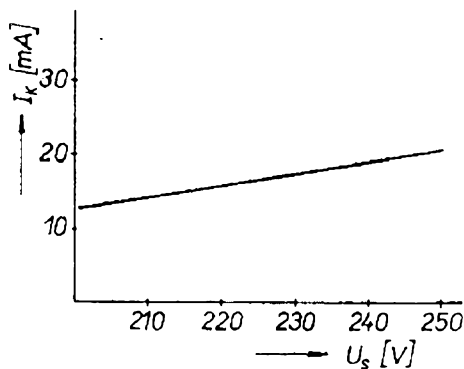
Činnost koncových tranzistorů je velice prostá. Na báze koncových tranzistorů se přivádějí signály z budicího transformátoru, vzájemně posunutě o 180° , čímž dochází ke střídavému otevírání koncových tranzistorů. Zvolené zapojení koncového zesilovače má několik předností. Především malý odpor mezi bází a emitorem u koncových tranzistorů zaručuje provozní spolehlivost těchto tranzistorů. Dále vlivem napěťového zesílení koncového stupně není třeba velkého napěťového rozkmitu u budicího zesilovače, čímž se zmenšují nároky na povolené závěrné napětí budicího tranzistoru.

Na druhé straně má uvedené zapojení i některé nevýhody. Tím, že výkonové tranzistory pracují v zapojení se společným emitorem a nikoli se společným kolektorem, dochází v tomto zapojení k většímu zkreslení vlivem nestejných proudových zesilovacích činitelů a jejich závislosti na proudu. Proto je potřeba pečlivě párovat koncové tranzistory, a to v několika bodech. Nepříjemným nedostatkem zesilovače zapojeného ve třídě B je tzv. přechodové zkreslení. Přechodové zkreslení je způsobeno zakřivením převodních charakteristik v okolí nulového kolektorového proudu. Zkreslení se tedy projevuje při malých amplitudách výstupního signálu. Zavedením klidového proudu (tedy přechodem do třídy AB) lze uvedené přechodové zkreslení odstranit. Tím se však zmenšuje účinnost koncového zesilovače. Aby se nezvětšoval nastavený klidový proud vlivem teploty a tím se dále nezhoršovala účinnost, je třeba předpětí pro báze koncových tranzistorů stabilizovat. To vyplývá z definice činitele stabilizace pro křemíkové tranzistory – činitel stabilizace je určen jako poměr teplotní změny proudu kolektoru k teplotní změně napětí báze-emitor. Konkrétně – napětí přechodu U_{BE} , potřebné k udržení předem nastaveného kolektorového proudu se zmenšuje o 2 až 3 mV při zvýšení teploty o 1°C . U koncového zesilovače pro naše zařízení se předpětí pro báze koncových tranzistorů získává obvodem, složeným z odporů R_{15} (R_{20}), R_{11} (R_{21}), R_{12} (R_{22}), R_{13} (R_{23}), R_{14} (R_{24}), potenciometrů P_1 (P_2), ter-

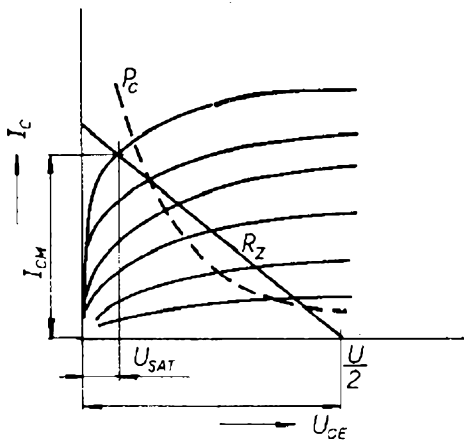


Obr. 33a. Závislost klidového proudu koncových tranzistorů na teplotě

mistorů $100\ \Omega$ a Zenerových diod D_1 (D_2). Vliv teploty na klidový proud je kompenzován termistorem. Napěťové změny jsou kompenzovány příslušnou Zenerovou diodou. Na obr. 33a je změřena závislost klidového proudu na teplotě. Křivka 1 platí pro nekompenzovaný obvod, křivka 2 pro obvod kompenzovaný termistorem. Z obr. 33b je patrna závislost klidového proudu na změně síťového napětí. Z uvedeného obrázku je rovněž patrna velikost klidového proudu u měřeného vzorku. Přesně je možno klidový proud koncových tranzistorů nastavit na hranici přechodového zkreslení pomocí potenciometru P_1 a P_2 . Emitorové odpory R_{16} a R_{25} koncových tranzistorů jsou přemostěny diodami D_3 a D_4 , které zkratují uvedené odpory při největších výstupních signálech. Na obr. 35 je změřený průběh zkreslení v závislosti na výstupním výkonu. Křivka 1 znázorňuje zkreslení bez diod D_3 a D_4 , křivka 2 zkreslení s diodami D_3 a D_4 , paralelně připojenými



Obr. 33b. Závislost klidového proudu koncových tranzistorů na napájecím napětí

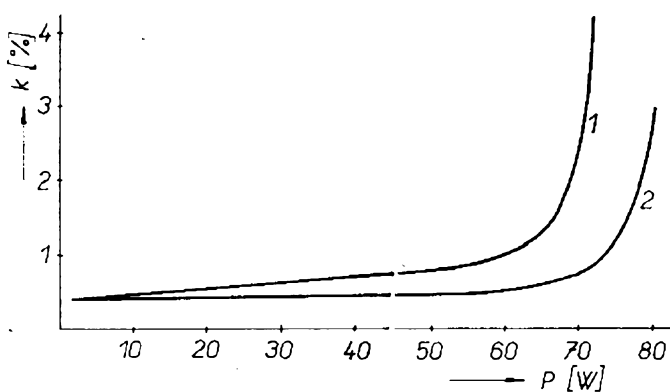


Obr. 34. Pracovní poměry jednoho koncového tranzistoru ve třídě B

k emitorovým odporům. Pracovní poměry jednoho koncového tranzistoru jsou na obr. 34.

Koncové tranzistory (jak je zřejmé ze schématu) jsou buzeny signálem z budicího transformátoru. Budicí tranzistor T_3 pracuje ve třídě A. Větší spotřeba tohoto stupně a tím nutnost použít výkonový tranzistor je částečně vyvážena jednoduchostí tohoto stupně a jeho malým zkreslením. Budicí transformátor má tři shodná vinutí.

Tranzistory T_1 , T_2 a T_3 jsou vázány stejnoměrně. K velkému odstupu cizího napětí 90 dB přispívá kondenzátor C_4 , který dokonale filtruje předpětí pro bázi tranzistoru T_1 . Z výstupu zesilovače do emitoru tranzistoru T_1 je zavedena (přes obvod, složený z odporu R_6 a kondenzátoru C_3) silná záporná zpětná vazba, která má za důsledek poměrně malé har-



Obr. 35. Závislost zkreslení na výstupním výkonu. Křivka 1 bez diod D_3 , D_4 ; křivka 2 s diodami D_3 a D_4

monické zkreslení zesilovače. Velikost této zpětné vazby je dána poměrem odporů R_6 a R_5 . Jmenovitá vstupní citlivost zesilovače (nastavená vhodným poměrem uvedených odporů) je 1,5 V. Pracovní bod budiče lze vhodně nastavit trimrem R_8 .

Kondenzátor C_3 fázově koriguje kmitočtovou charakteristiku nad kmitočtem 50 kHz. Vysokofrekvenčním oscilacím koncového zesilovače zabráňuje kondenzátor C_2 . Boucherotův filtr (složený z odporu R_{17} a kondenzátoru C_6) ořezává přenášené pásmo v oblasti kmitočtů nad 100 kHz. Odpor R_{18} a R_{19} (zapojené na výstupu zesilovače) upravují výstupní signál na úroveň, potřebnou pro sluchátka.

Technické parametry koncového zesilovače
Jmenovitý výstupní výkon: ≥ 70 W.

Jmenovitá vstupní citlivost U_1 : $\approx 1,5$ V.

Vstupní odpor R_{vst} : ≥ 50 k Ω na kmitočtu 1 kHz.

Harmonické zkreslení K ($f = 1$ kHz): viz obr. 35.

Harmonické zkreslení K ($f = 5$ kHz):
 ≤ 1 %.

Harmonické zkreslení K ($f = 16$ kHz):
 $\leq 1,5$ %.

Zatěžovací impedance: 8 Ω .

Napájení: symetrické ± 42 V (v klidovém stavu).

Odstup cizího napětí: ≥ -90 dB (vztažen k výstupnímu výkonu 70 W).

Kmitočtová charakteristika: 20 Hz až 50 kHz ± 1 dB.

Výkonová charakteristika: 20 Hz až 50 kHz.

Napájecí zdroj

Napájecí zdroj je řešen jako samostatná konstrukční jednotka; důvody pro toto uspořádání jsou uvedeny v konstrukční části. Napájecí zdroj je určen k napájení koncového zesilovače, budicího stupně a k napájení směšovacího pultu. Schéma celého napájecího zdroje je na obr. 36. Dostatečně dimenzovaný síťový transformátor napájí tři samostatné usměrňovače v Graetzově zapojení. Zdroj určený k napájení koncových tranzistorů není stabilizován, neboť kolísání síťového napětí nemá zásadní vliv na činnost zesilovače. Pochopitelně každý, kdo se rozhodne pro

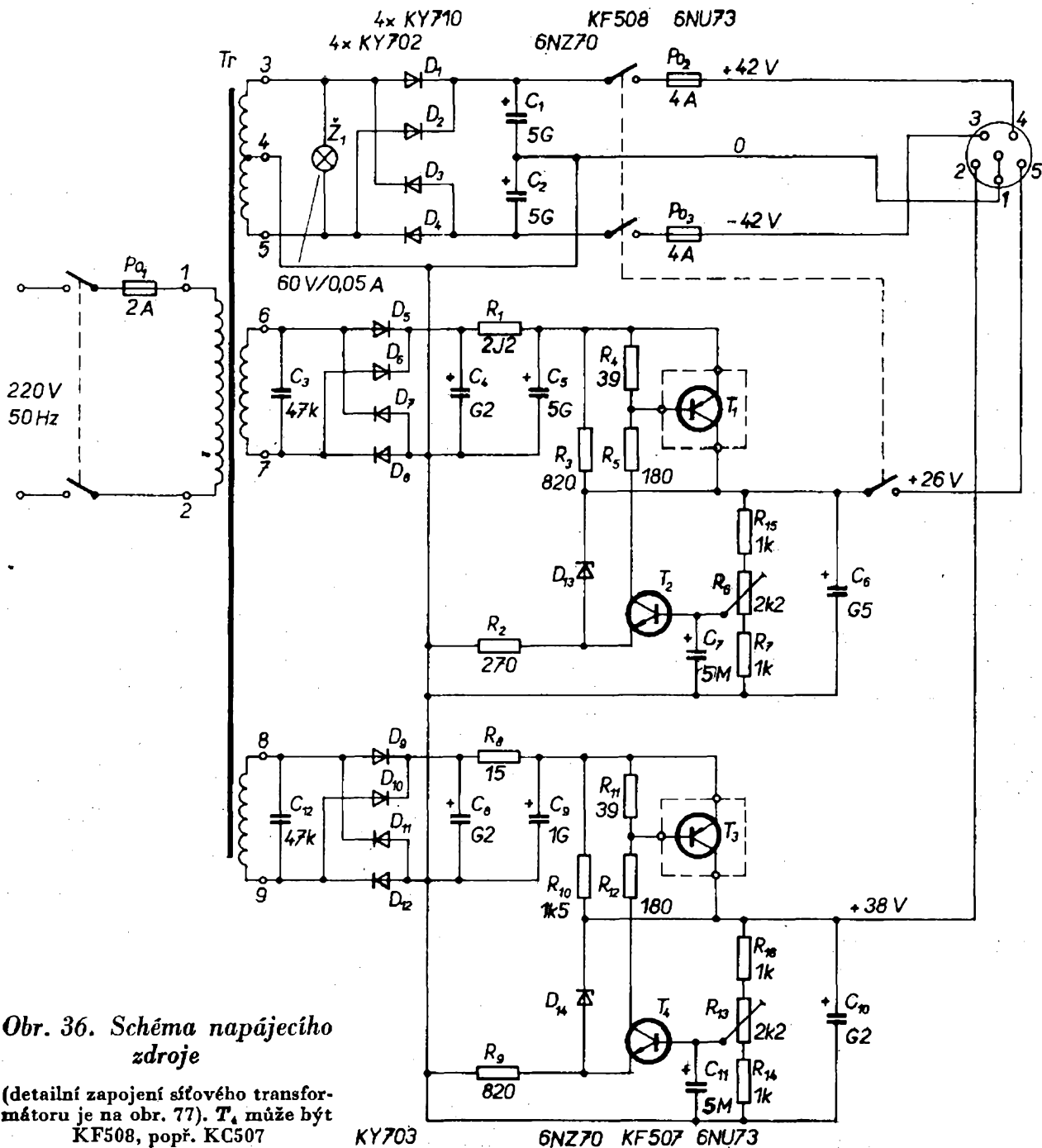
stavbu popisovaného zařízení, může podle svých vlastních názorů a zkušeností použít jakékoli jiné zapojení zdroje.

Kondenzátory C_1 a C_2 , jejichž kapacita je $5\,000\ \mu\text{F}$, dostatečně filtrují napájecí napětí pro koncové tranzistory. Střed sekundárního vinutí L_2 , L_3 je spolu se „středem“ kondenzátorů C_1 a C_2 uzemněn, čímž lze jednoduše získat symetrické výstupní napětí. Vývod jak kladného, tak i záporného výstupního napětí je jističen tavnými pojistkami.

Potřebné minimální výstupní napětí pro požadovaný výkon koncového zesilovače ($70\ \text{W}$) na zatěžovacím odporu $8\ \Omega$ při použití tranzistorů se saturačním napětím $1\ \text{V}$ bude

$$U_{\min} \doteq \sqrt{8PR_z} + 2U_{\text{CE sat}} \doteq \sqrt{8 \cdot 70 \cdot 8} + 2 \doteq 69\ \text{V}.$$

Protože se při zatížení výstupní napětí zmenší až o $\pm 6\ \text{V}$, volíme napájecí napětí $\pm 42\ \text{V}$. Sekundární vinutí L_2 , L_3



Obr. 36. Schéma napájecího zdroje

(detailní zapojení síťového transformátoru je na obr. 77). T_4 může být KF508, popř. KC507

musí tedy dodávat (přibližně) efektivní napětí $2 \times 30 \text{ V}$.

Zdroj určený k napájení budicího zesilovače a zdroj k napájení směšovacího pultu jsou stabilizovány a jištěny elektronickými pojistkami. Obvodově se vzájemně vůbec neliší; mají pouze jiná výstupní napětí a jiné výstupní proudy. Oba stabilizované zdroje jsou napájeny ze samostatných vinutí síťového transformátoru. Princip činnosti zdrojů popíšeme v následujícím popisu zdroje, určeného k napájení budicího zesilovače. Zapojení využívá principu elektronického stabilizátoru se zpětnovazební smyčkou. Část výstupního napětí („vzorek“) se přivádí na bázi tranzistoru T_2 , jehož výstupní proud ovládá přes odpor R_5 tranzistor T_1 . Princip elektronické pojistky spočívá ve vhodném zapojení Zenerovy diody D_{13} . Zenerova dioda je zapojena na výstupu zdroje v sérii s odporem R_2 , kterým kromě proudu Zenerovy diody protéká i emitorový proud tranzistoru T_2 (na úkor proudu Zenerovou diodou D_{13}). Proud do vnější zátěže se může zvětšovat jen k určité mezi, pak se proud diodou zmenší až téměř k nule, přičemž proud emitoru se dále zvětšovat nemůže. Výstupní napětí se začne zmenšovat, čímž se dále zmenší emitorový proud a tím se tranzistor T_1 zcela uzavře. Proud, který teče při zkratu na výstupu do zátěže, je dán odporem R_3 . Maximální kolektorový proud tranzistoru T_1 je dán součinem emitorového proudu tranzistoru T_2 a proudového zesilovacího činitele tranzistoru T_2 . Odtud vyplývá, že je třeba použít jako T_1 tranzistor s velkým proudovým zesilovacím činitelem, aby nemusel být příliš namáhán tranzistor T_2 . Vypínací proud je dán vztahem:

$$I_{\text{vyp}} = \frac{U_2 - U_Z}{R_1} B_{T_1},$$

kde U_2 je výstupní napětí a U_Z Zenerovo napětí diody D_{13} . Z uvedeného vztahu vyplývá, že vypínací proud je možno nastavit výběrem odporu R_2 . Potencio-



metrem R_8 lze nastavit velikost požadovaného výstupního napětí. Od zdroje k napájení budicího zesilovače požadujeme, aby dokonale stabilizoval kolísání síťového napětí v rozsahu $\pm 10 \%$. Výstupní napětí požadujeme 26 V . Z uvedeného požadavku vyplývá velikost napětí na emitoru tranzistoru T_1 . Aby byla zajištěna dobrá stabilita výstupního napětí i při síťovém napětí zmenšeném o 10% , musí být na emitoru T_2 napětí alespoň o 2 V větší, než je požadované výstupní napětí 26 V . Při síťovém napětí větším o 10% bude tedy na emitoru tranzistoru T_1 napětí zhruba 35 V . Bude-li síťové napětí větší než jmenovité, bude kolektorová ztráta tranzistoru T_1 maximální. Při výstupním proudu 600 mA bude tedy maximální kolektorová ztráta $P_C = (U_1 - U_2)I_2$, kde U_1 je napětí na emitoru T_1 při síťovém napětí, větším o 10% . Maximální kolektorová ztráta T_1 bude tedy $P_C = (35 - 26) 0,6 = 5,4 \text{ W}$.

Použijeme-li tranzistor 6NУ73, u něhož výrobce připouští maximální kolektorovou ztrátu $12,5 \text{ W}$, bude naprosto vyhovovat.

Vhodnou velikostí odporu R_2 lze nastavit vypínací proud elektronické pojistky. Výhody elektronické pojistky není třeba zdůrazňovat, plně je oceníme při oživování celého zařízení.

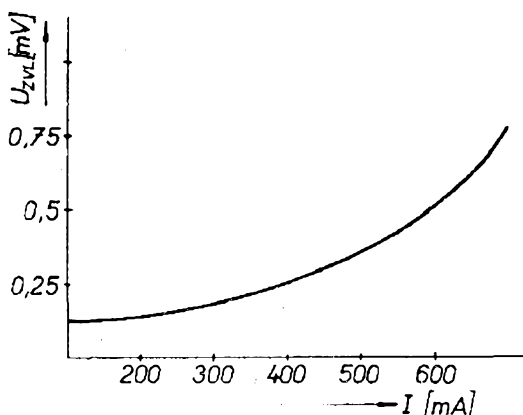
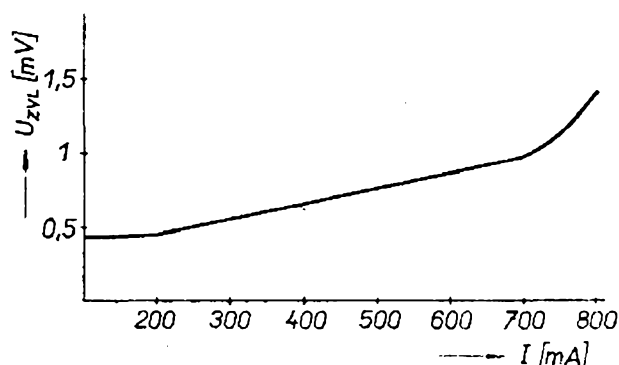
Podobným způsobem jako při návrhu právě popsaného zdroje postupujeme i při návrhu zdroje potřebného napájecího napětí pro vlastní směšovací pult. Jak již bylo v předchozích kapitolách zdůrazněno, k dosažení velké přemodulovatelnosti vstupů je zapotřebí (kromě jiného) i vhodné napájecí napětí pro směšovací pult – toto napětí volíme co největší. Napětí na kondenzátoru C_9 jsme zvolili 50 V pro případ, je-li kladná tolerance síťového napětí (vzhledem k jmenovité velikosti) maximální. Při jmenovitém napětí sítě bude tedy na kondenzátoru C_9 napětí 45 V ; při síťovém napětí menším o 10% bude napětí kondenzátoru $40,5 \text{ V}$. Aby se výstupní napětí nezmenšilo při síťovém napětí menším o 10% (vzhledem ke jmenovité velikosti), volíme výstupní napětí k napájení směšovacího pultu 38 V . Tranzistor T_3 bude namáhán maximální kolektorovou ztrátou při síťovém napětí,

zvětšeném o 10 % (240 V), tj. při napětí 50 V na C_9 . Při výstupním proudu 180 mA bude maximální kolektorová ztráta tranzistoru T_3 $P_C = (U_1 - U_2)I_2 = (50 - 38) \cdot 0,18 = 2,17$ W. Na chlazení výkonového tranzistoru T_3 nejsou tedy kladeny žádné přísné požadavky. Zvlnění výstupního napětí je u obou stabilizovaných napájecích zdrojů minimální (obr. 37; na obr. 37a je zvlnění výstupního napětí při napájecím napětí 26 V, na obr. 37b je zvlnění napájecího napětí směšovacího pultu). Elektronická pojistka u obou zdrojů vypíná přibližně při trojnásobném odběru výstupního proudu (vzhledem ke jmenovitému odběru).

Technické údaje napájecího zdroje

Výstupní napětí:

- ± 42 V nestabilizované,
- 26 V stabilizované,
- 38 V stabilizované.



Obr. 37. Průběh zvlnění výstupního napětí u napájecího zdroje v závislosti na výstupním proudu

Maximální odběr proudu:

- pro napětí 26 V 1 A,
- pro napětí 38 V 250 mA.

Jištění:

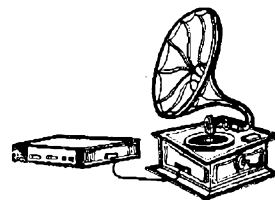
- zdroj nestabilizovaného napětí tavnými pojistkami,
- zdroje stabilizovaných napětí elektronickými pojistkami.

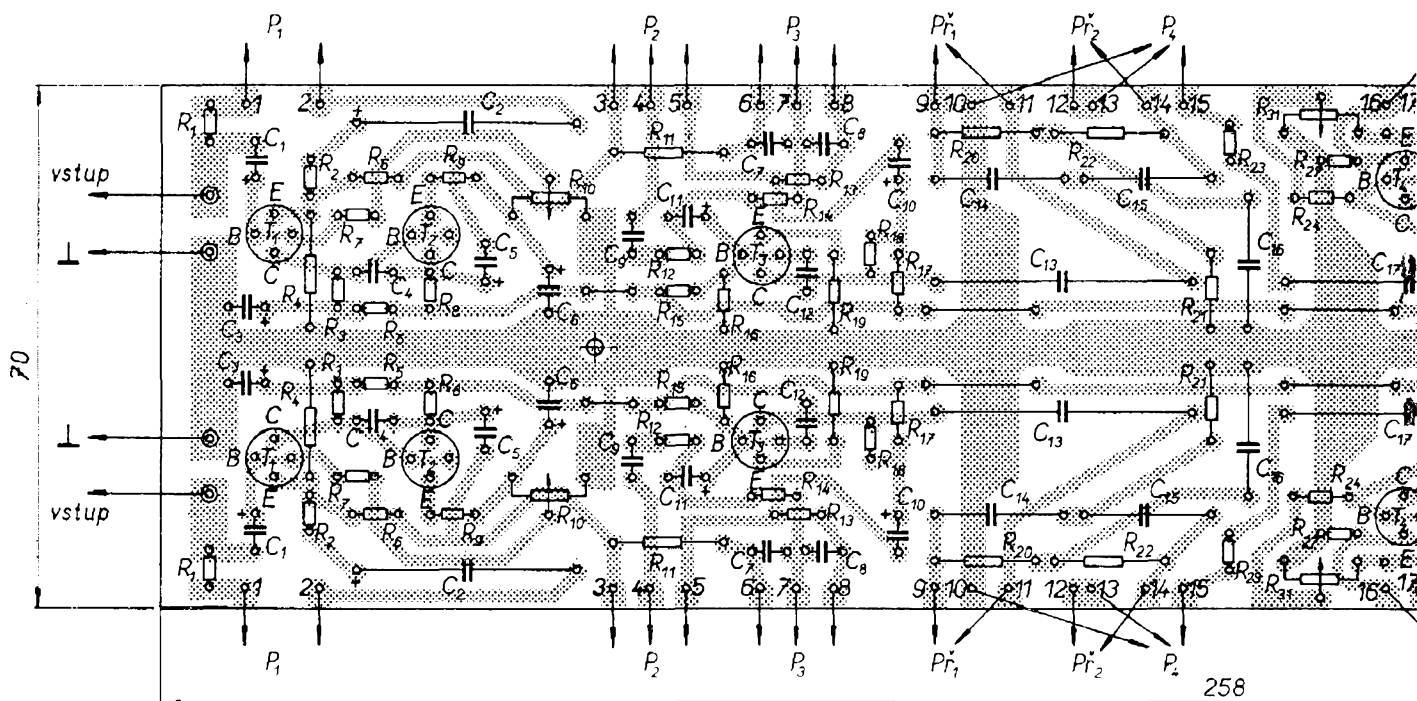
Zvlnění výstupního napětí: obr. 37.

Mechanická stavba

Vzhledem k tomu, že zařízení je určeno pro hudební soubory a má být přenosné, byla volena plochá konstrukce v uzavřeném dřevěném kufříku (obr. 38). Konstrukce celého zařízení je velmi jednoduchá a účelná a umožňuje buď zvětšovat nebo zmenšovat počet jednotek, popř. jednotky různě kombinovat podle potřeby. Jednotlivé části mohou být ze zařízení (po uvolnění čtyř šroubů) vyklápeny a upravovány. Velmi důležitá je snadná instalace směšovacího pultu. Všechny vstupní a výstupní konektory jsou umístěny v zadní liště, která je (současně s přední lištou) nosičem všech jednotek. Ovládací prvky jsou přehledně umístěny na jednotlivých panelech, což usnadňuje práci obsluhujícímu zvukaři. Všechny panely a desky s plošnými spoji (kromě desky koncového zesilovače) mají stejné rozměry a stejně rozmístěné ovládací prvky, což usnadňuje výrobu jednotlivých dílů.

Všechna šasi jsou z hliníkového plechu tloušťky 1,5 mm. Panely jsou zhotoveny z hliníkového plechu tloušťky 3 mm. Jsou lakovány syntetickým vypalovacím lakem S 2054. Mohou být lakovány i černým lesklým nebo polomatným syntetickým lakem. Před lakováním je nutné všechny detaily očistit louhem. Nápis jsou zhotoveny sítotiskem černou barvou. Při použití suchých obtisků je nutné celý panel přelakovat bezbarvým nitrolakem. S nitrolakem je třeba pracovat velmi opatrně, protože obtisky rozpouští. Kdo



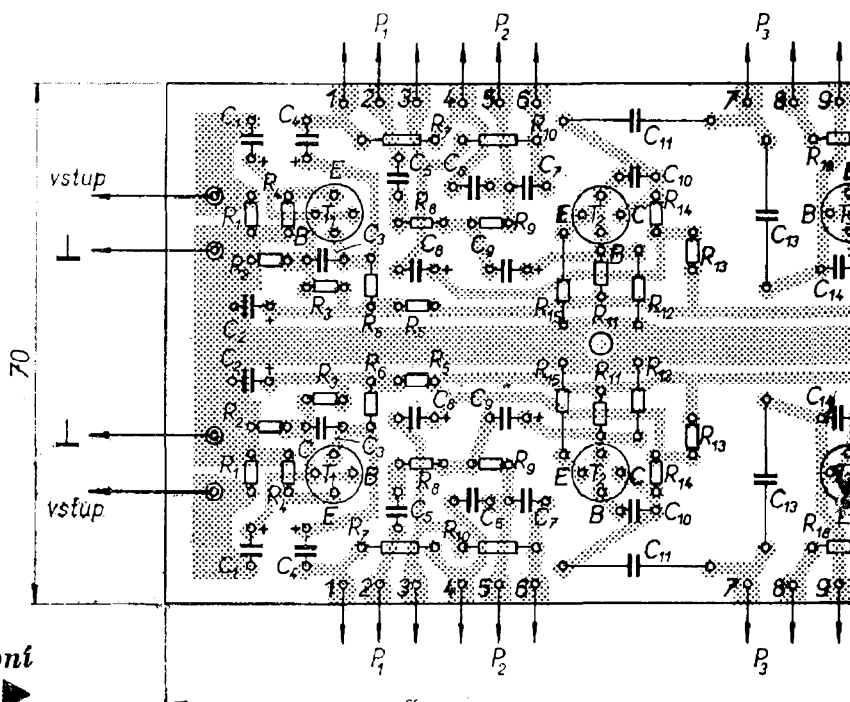


má k dispozici jakostní plech na panely, může je povrchově upravit černým nebo bezbarvým eloxováním.

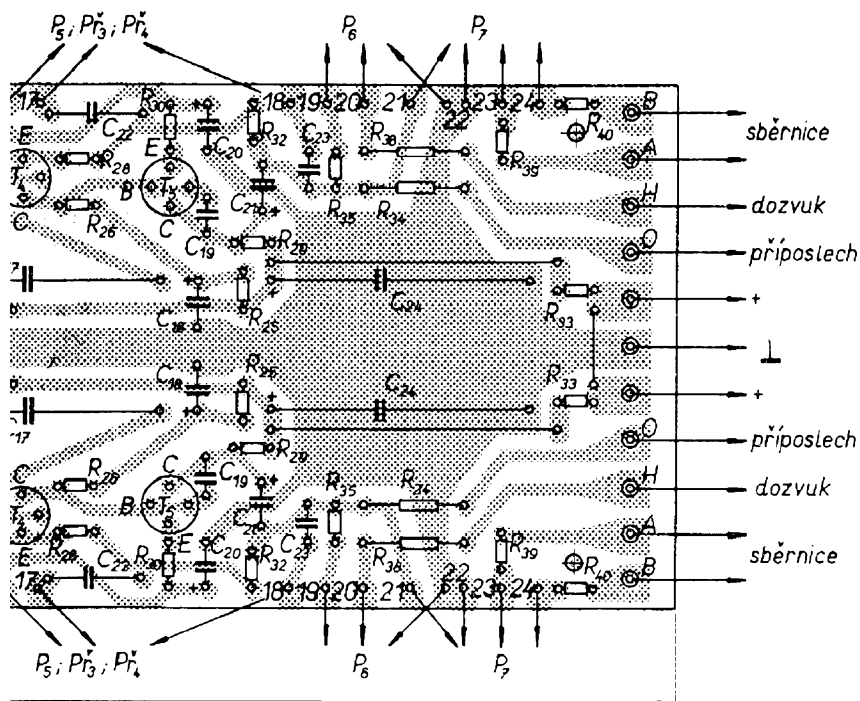
Knoflíky jsou vlastní výroby, odlité z Epoxy 1200 do formy ze silikónového kaučuku; lze je zhotovit i soustružením z hliníkové tyče a černě eloxovat nebo je koupit v prodejně radioamatérských po-

třeb (i když ne vždy ve vyhovující barvě a tvaru).

V zadní liště (obr. 39) jsou nanýtovány trubkovými nýty o \varnothing 3 mm konektory vstupních jednotek, dozvukové jednotky, výstupní jednotky, konektor přívodu napětí a reproduktorové konektory koncového zesilovače. Dále jsou na zadní liště



Obr. 62. Deska s plošnými spoji výstupní jednotky - deska G5

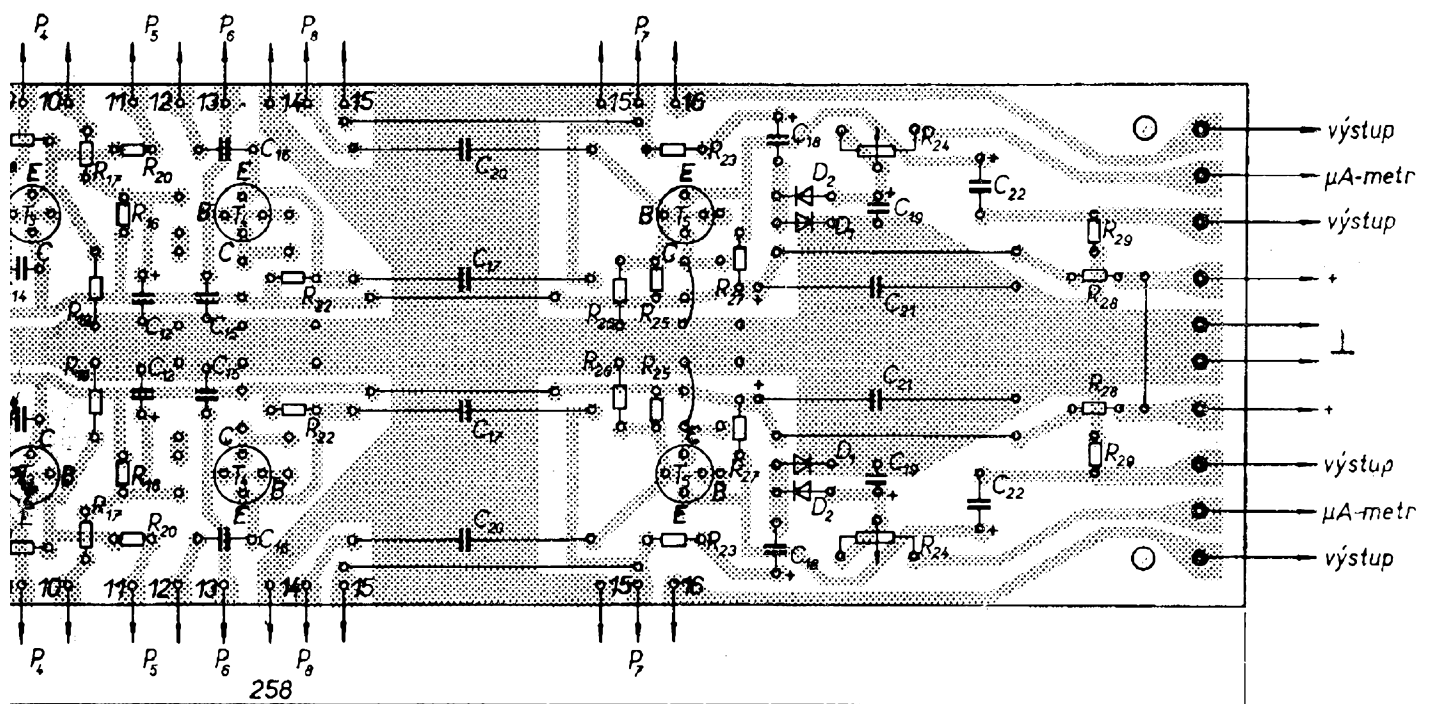


Obr. 44. Deska s plošnými spoji vstupního zesilovače – deska G4

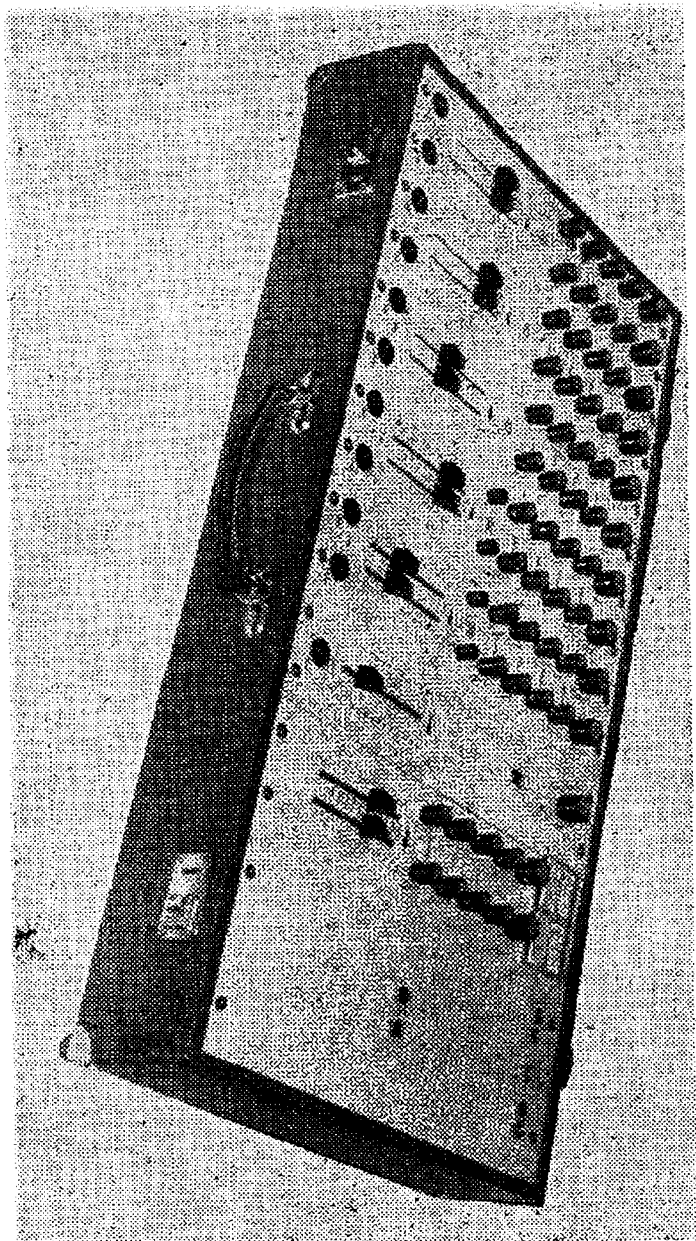
Všechny desky s plošnými spoji obdržíte v prodejně Svazarmu, Budečská 7, Praha 2 – Vinohrady.

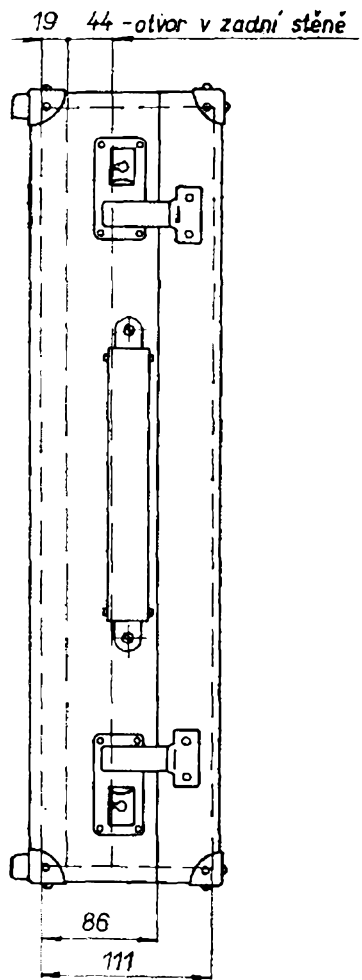
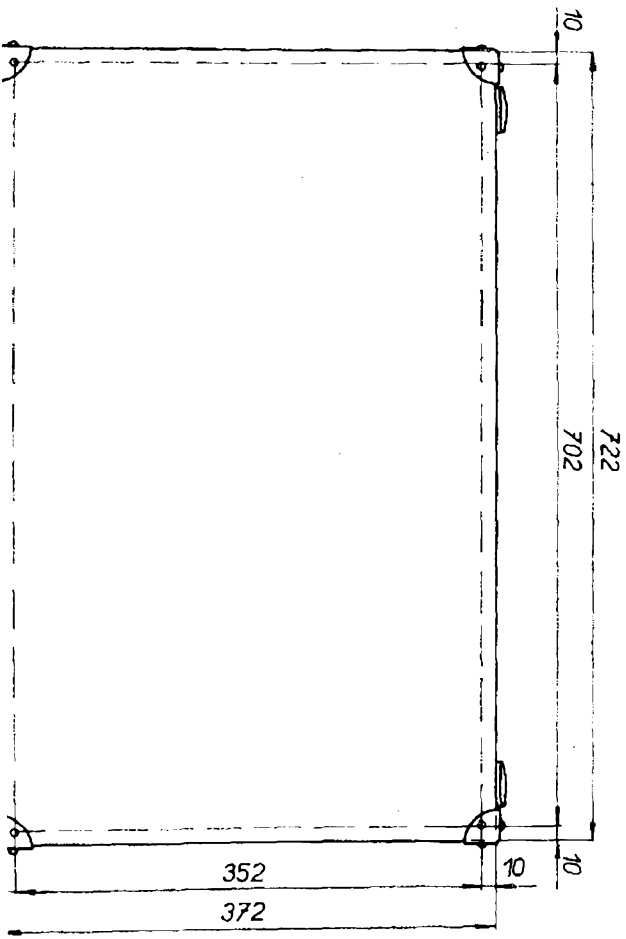
umístěna pojistková pouzdra koncového zesilovače a zemnicí svorka. K uchycení jednotlivých jednotek slouží nýtovací matice M4 (obr. 40). Vstupní jednotky jsou odstíněny hliníkovým plechem (obr. 41), který se před konečnou montáží směšovacího pultu vloží do kufru a potom přichytí šesti zápusnými šrouby M4

ke dnu kufru. Kufr (obr. 38) je vyroben z překližky tloušťky 10 a 5 mm. Je potažen koženkou (nebo samolepicí tapetou apod.). Kování bylo zakoupeno v prodejně Řemeslnických potřeb. Spodní strana je opatřena čtyřmi pryžovými nožkami, aby při obsluhování směšovací pult nepojížděl po stole. Prostor, který vznik-

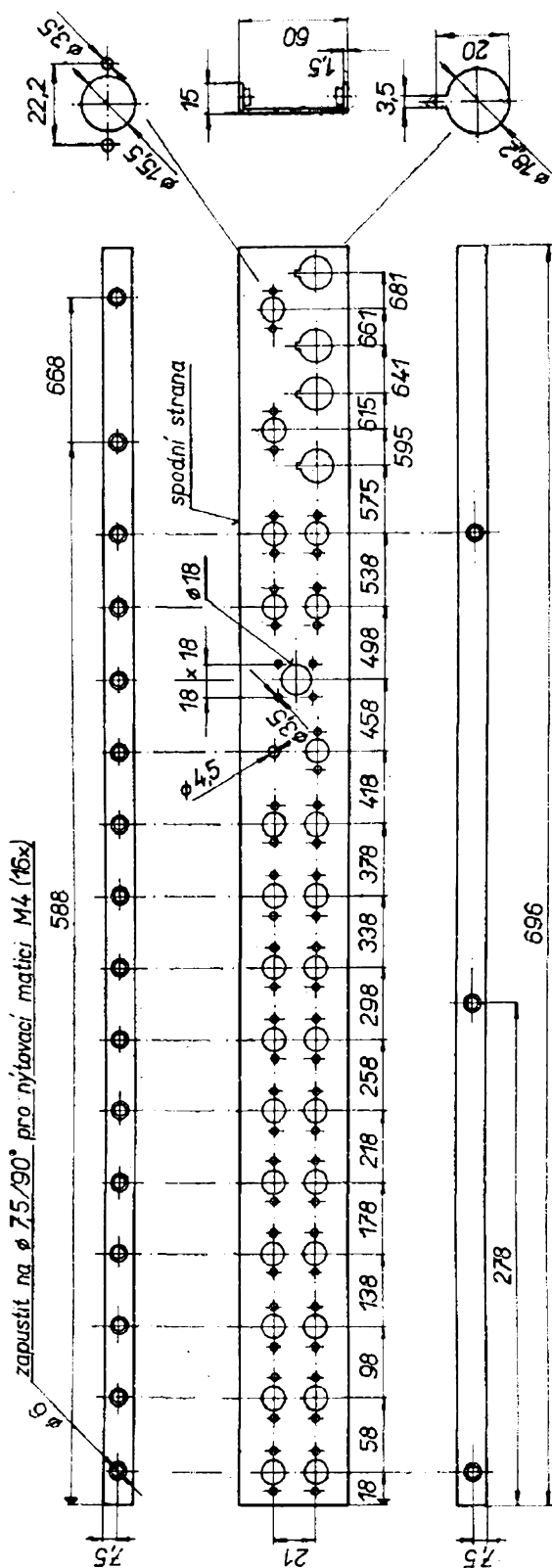


34 • $\frac{1}{73}$ R₇K

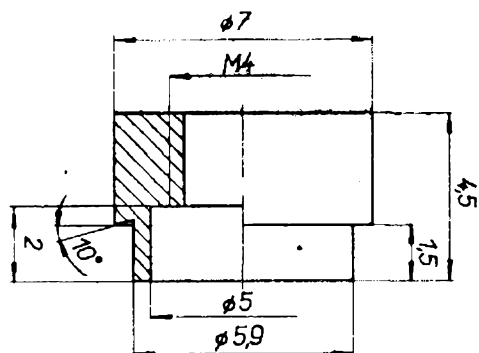




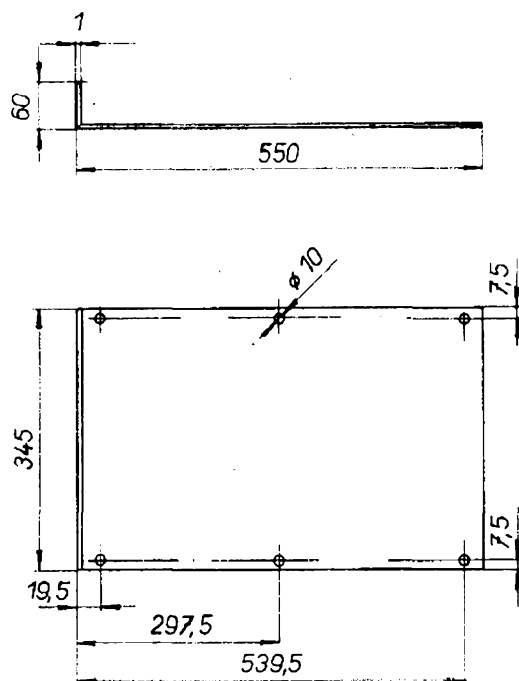
Obr. 38. Kufř



Obr. 39. Zadní lišta



Obr. 40. Nýtovací matice

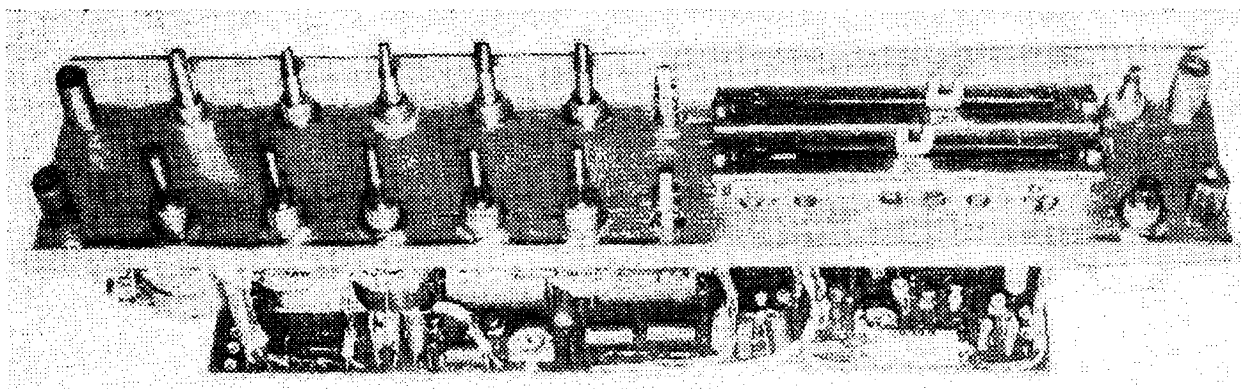


Obr. 41. Stínění

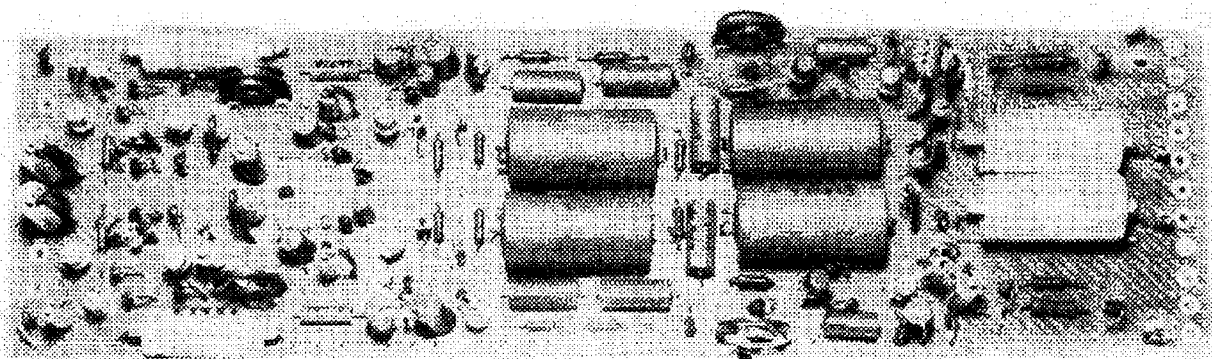
ne mezi stěnou a stolem, je potřebný k přívodu vzduchu větracími otvory (chlazení koncových tranzistorů). Část dna kufru musí být perforována, a to pod chladiči koncového zesilovače.

Vstupní jednotka

Vstupní jednotka (obr. 42) je konstruována tak, že tvoří konstrukční celek vždy pro dva vstupní zesilovače. Tomu je přizpůsobena i deska s plošnými spoji, která je též konstruována pro dva zesilovače (zrcadlově podle osy). Proto vrtáme pro báze tranzistorů dvě díry, aby tranzistory mohly být pájeny do desky



Obr. 42. Sestava vstupní jednotky



Obr. 43. Deska vstupní jednotky

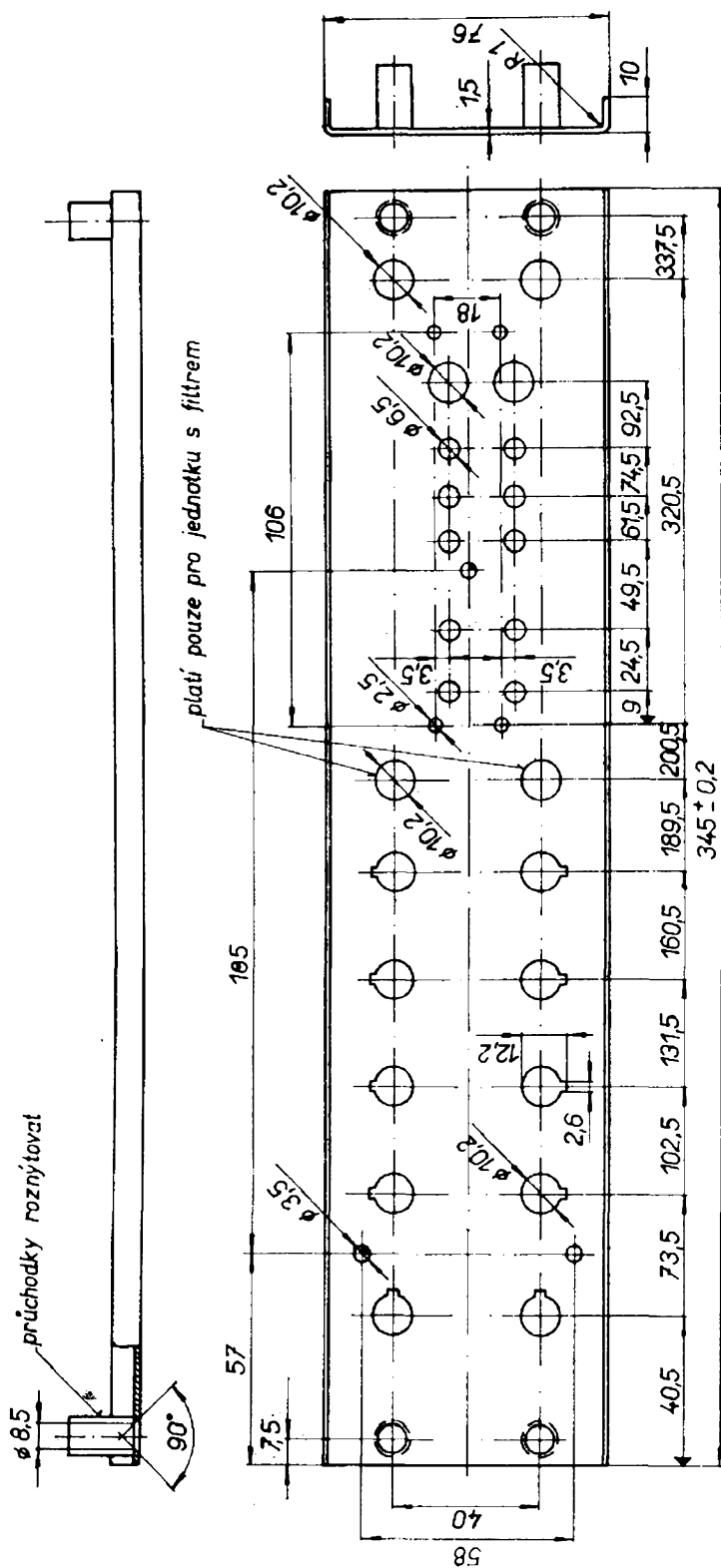
s plošnými spoji bez křížení vývodů (obr. 43, 44 – str. 32).

Na šasi (obr. 45) jsou upevněny všechny potenciometry a přepínače. Tahové potenciometry jsou uchyceny na sloupcích (obr. 46). Potenciometr zisku musí mít podložku (obr. 47), aby se celá jednotka mohla spojit s přední lištou. Do šasi jsou zanýtovány čtyři průchodky (obr. 48), na nichž je položen panel (obr. 49, 50). Třemi sloupky (obr. 51) je k šasi přichycena deska s plošnými spoji vstupního zesilovače, zhotovená z jednostranně plátovaného cuprexcartu nebo cuprextitu tloušťky 1,5 mm. Díry pro součástky vrtáme ze strany fólie vrtáky o \varnothing 1 mm pro běžné součástky a o \varnothing 1,3 mm pro odporové trimry. Pro vývody vodičů z desky vyvrtáme díry o \varnothing 2,2 mm pro trubkové nýty o \varnothing 2 \times 2,5 mm. Nýt musíme s plošným spojem propájet. Díry je třeba vrtat vrtačkou s co největší rychlostí a dobře nabroušenými vrtáky,

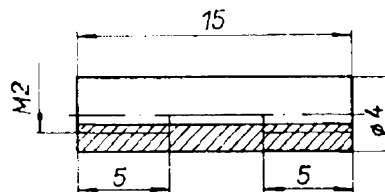
aby nebyly „olámany“ (obr. 49 je na 4. str. obálky vlevo).

Před osazováním desek s plošnými spoji doporučujeme kontrolovat všechny elektrické součásti. Usnadníme si tím vlastní oživení a nastavení celé jednotky. I když tranzistory T_1 , T_3 , T_4 nemají rozhodující vliv na výsledný odstup cizího napětí, doporučujeme použít i na těchto pozicích tranzistory KC509 nebo KC149 s malým šumem. Navržené plošné spoje jsou řešeny s ohledem na použití tranzistorů řady KC147 až KC149 (v pouzdrech z plastické hmoty). Osadíme-li pozice T_2 a T_3 tranzistory KC509 (KC149), je vhodné vybrat tranzistory s co největším závěrným napětím.

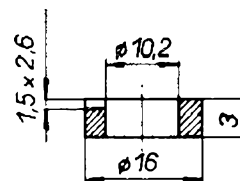
Vstupních jednotek je celkem pět. Z toho jsou dvě jednotky s filtrem 450 Hz. Tyto jednotky mají navíc přepínače. Na obrázcích jsou naznačeny díry pro tyto přepínače. Mohou být použity různé typy přepínačů, např. tele-



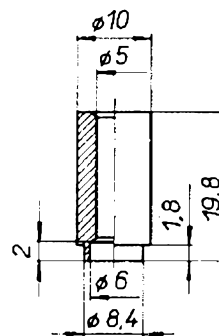
Obr. 45. Šasi vstupní jednotky



Obr. 46. Sloupek tahového potenciometru



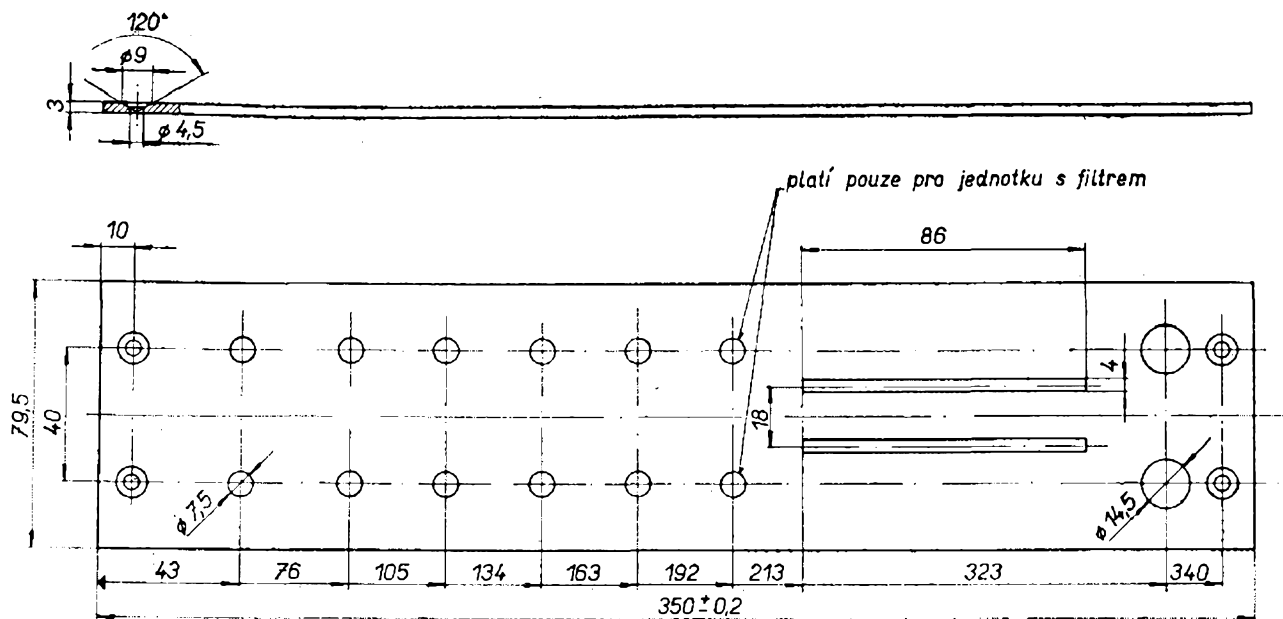
Obr. 47. Podložka potenciometru zisku



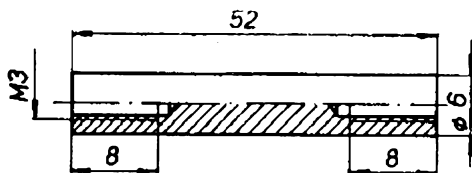
Obr. 48. Průchodka

fonní tlačítkové s aretací nebo telefonní otočné, polské přepínače „Isostat“, dále otočné nebo páčkové přepínače vhodné konstrukce.

Ke každému vstupnímu zesilovači patří dva konektory, umístěné na zadní liště.



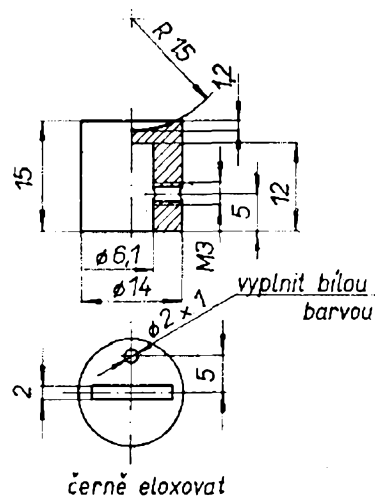
Obr. 50. Panel vstupní jednotky



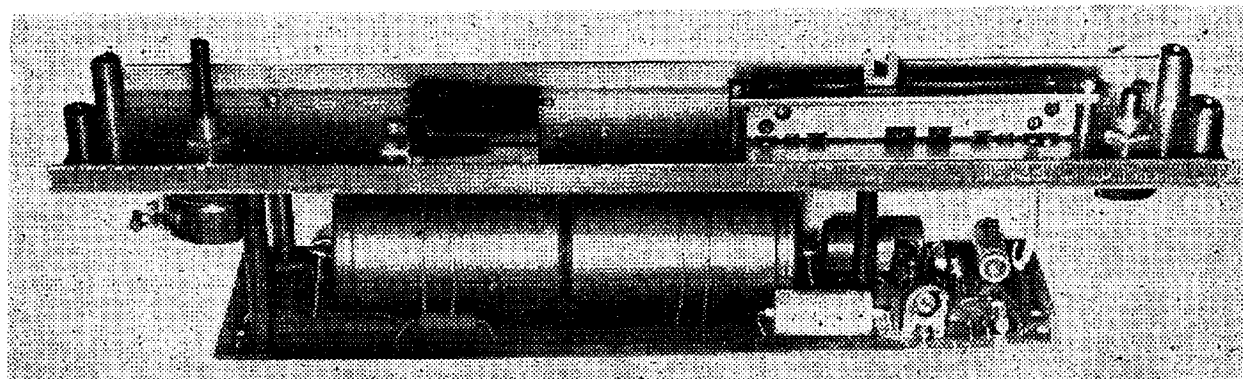
Obr. 51. Sloupek

Dozvuková jednotka

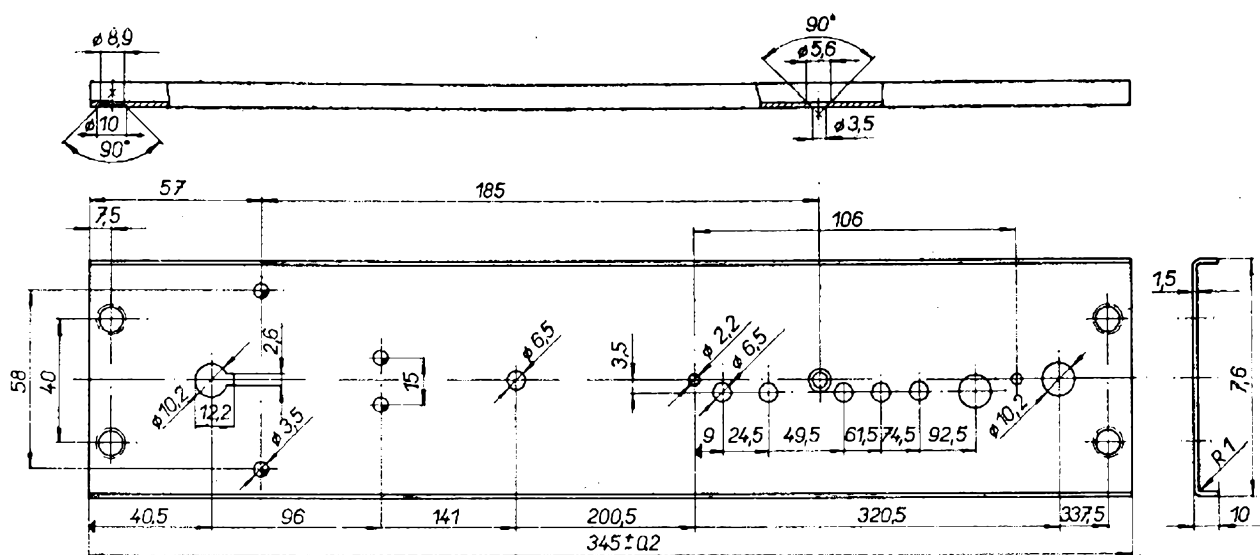
Dozvuková jednotka (obr. 53) je konstruována podobně jako vstupní jednotka. V šasi (obr. 54) je třemi sloupkami (obr. 51) uchycena deska s plošnými spoji (obr. 56). Na této desce je umístěn zesilovač dozvuku a část filtrů napájecího napětí pro vstupní dozvukovou a výstupní jednotku a pro budič koncového



Obr. 52. Knoflík zisku



Obr. 53. Sestava dozvukové jednotky



Obr. 54. Šasi dozvukové jednotky

zesilovače. Filtrační kondenzátory jsou uchyceny k desce měděným pocínovaným drátem o \varnothing 1 mm (obr. 55). Pro výběr součástek platí stejné doporučení jako u vstupní jednotky.

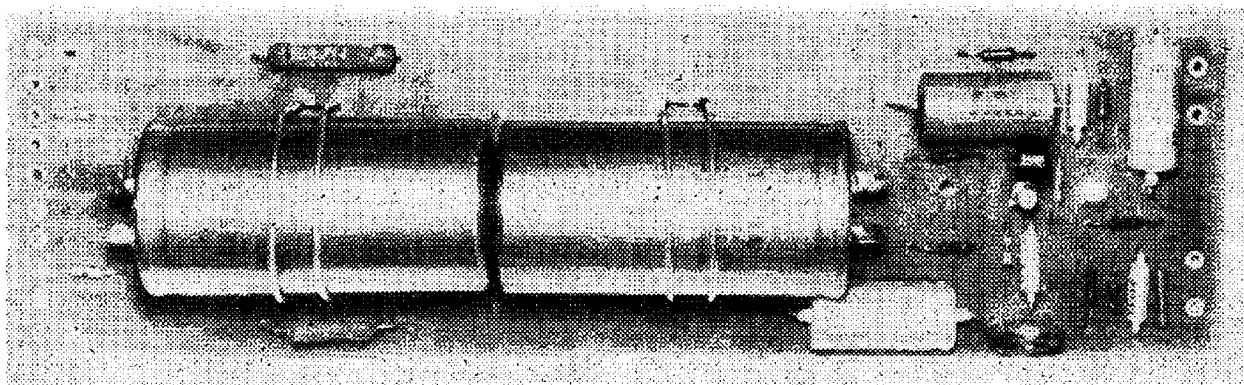
Na šasi je umístěn potenciometr zisku s podložkou, tahový potenciometr úrovně, dvojitý potenciometr stereofonní báze a signální žárovka napájecího napětí pro vstupní, dozvukovou a výstupní jednotku. K signalizaci je použita telefonní žárovka 60 V/0,05 A s držákem. Držák žárovky je uchycen na úhelníku (obr. 57). V panelu (obr. 58, 59) je kótován pouze střed díry pro stínítko. Průměr si musí každý stanovit sám podle použitého stínítka (obr. 59 je na 4. str. obálky uprostřed).

K dozvukové jednotce patří konektor dozvukového zesilovače a konektor přívodu napájecího napětí.

Výstupní jednotka

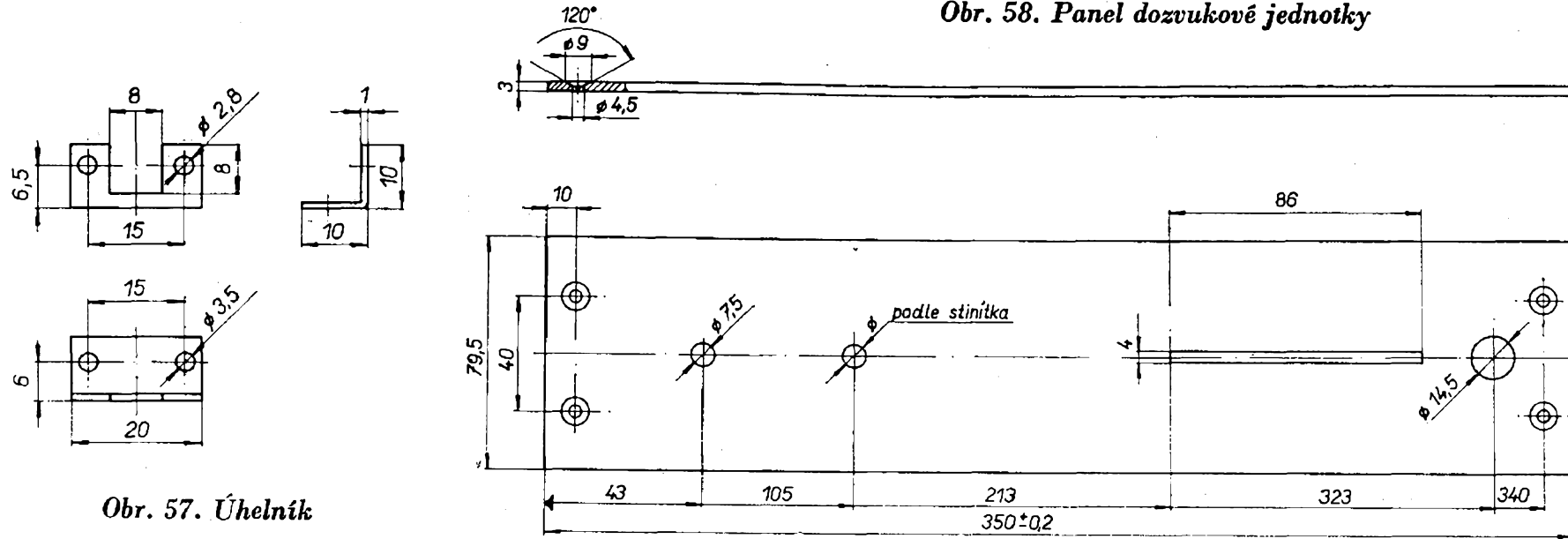
Šasi výstupní jednotky (obr. 60) je opatřeno průchodkami (obr. 48) jako šasi vstupní i dozvukové jednotky a nese příslušné potenciometry. K šasi je uchycena třemi sloupky deska s plošnými spoji (obr. 61, 62 – str. 33). Na této desce jsou umístěny dva výstupní zesilovače. Desku s plošnými spoji opracujeme stejným způsobem, jako desku vstupní jednotky.

Před vkládáním do desky všechny součástky změříme (především elektrolytické kondenzátory s ohledem na svodový

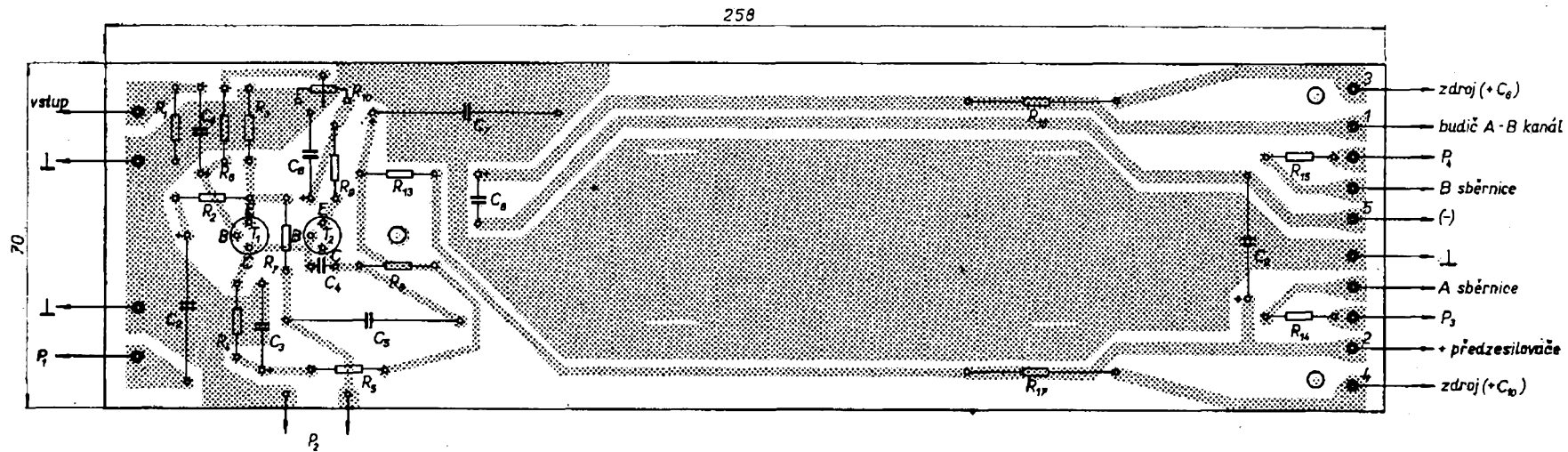


Obr. 55. Deska dozvukové jednotky

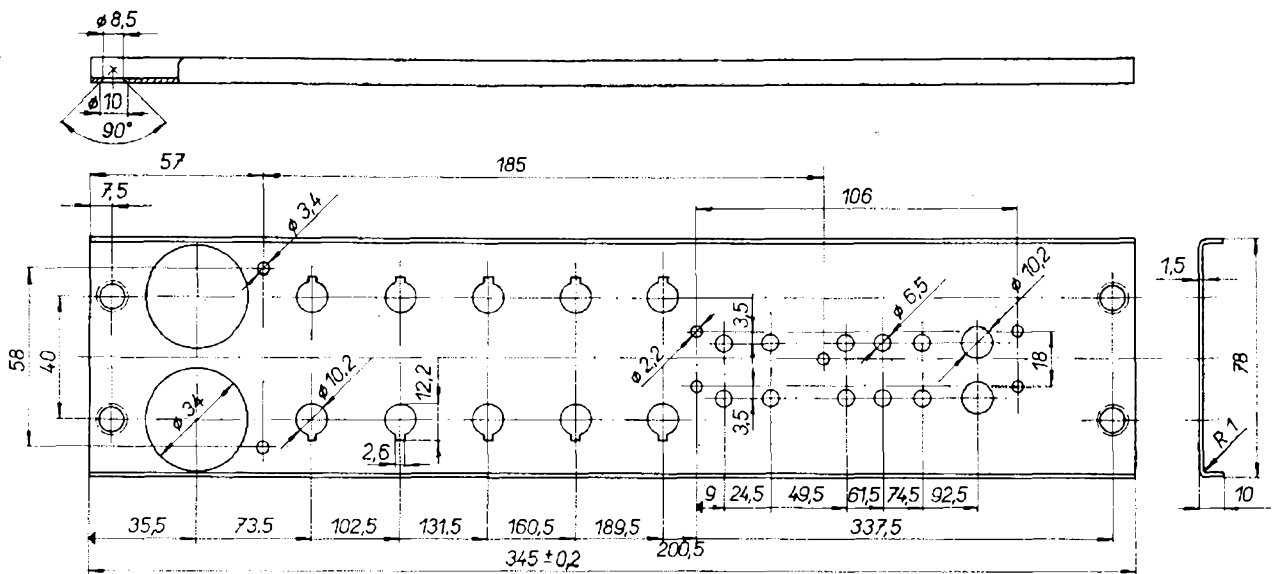
Obr. 58. Panel dozvukové jednotky



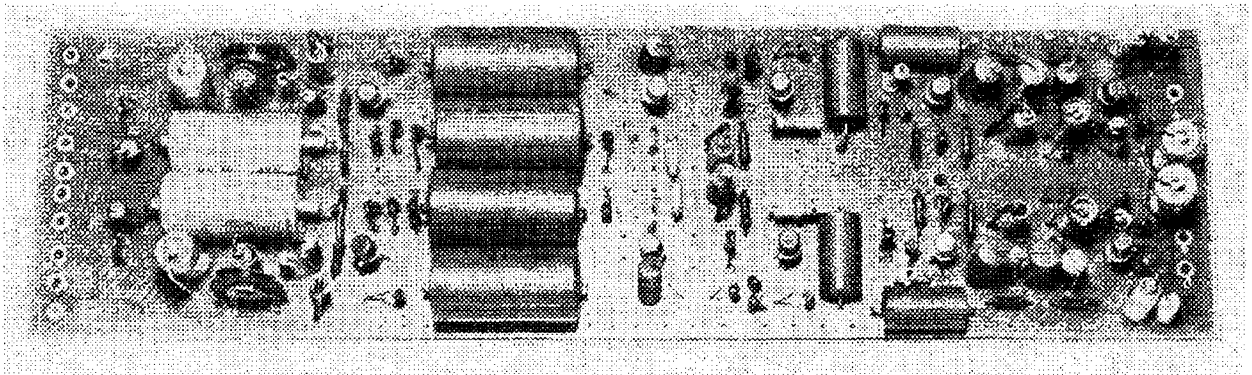
Obr. 57. Úhelník



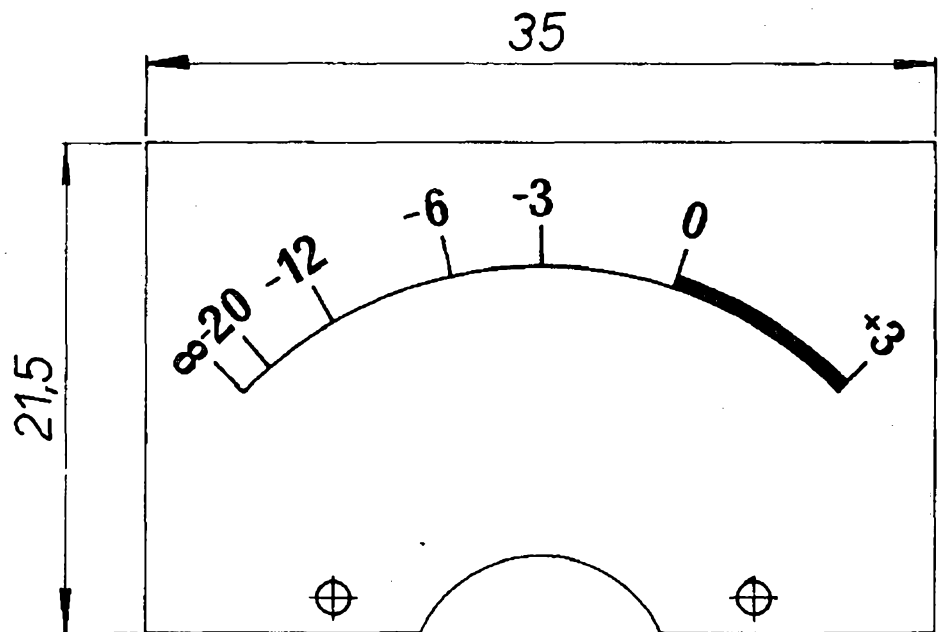
Obr. 56. Deska s plošnými spoji dozvukové jednotky - deska G6



Obr. 60. Šasi výstupní jednotky



Obr. 61. Deska výstupní jednotky



Obr. 63. Stupnice μA -metru

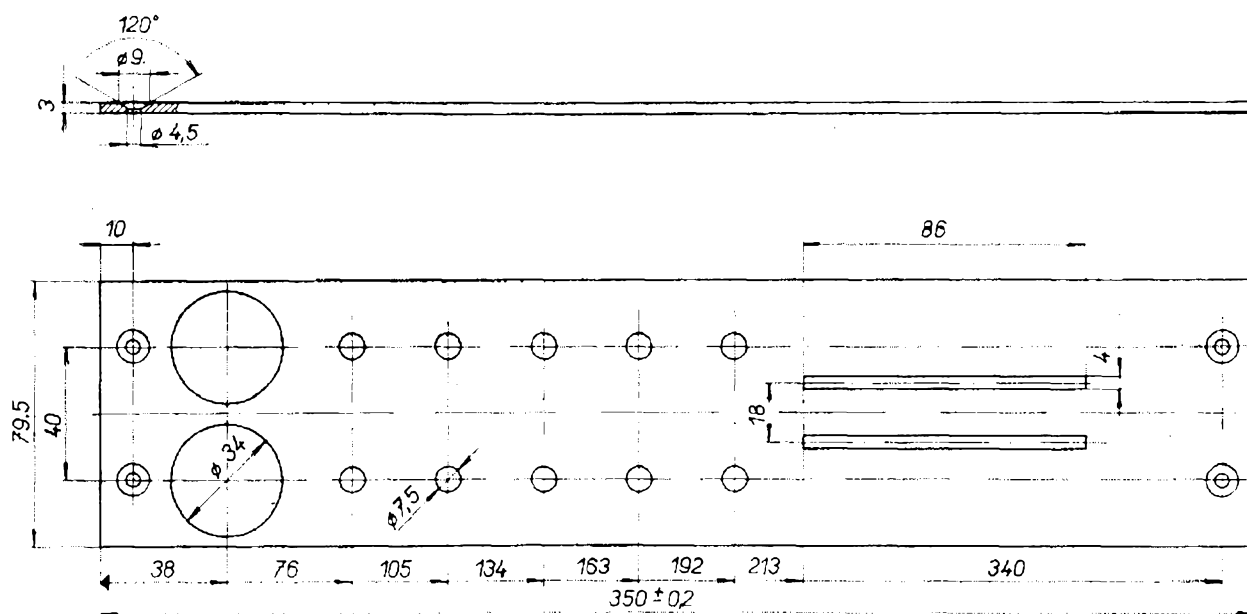
odpor). I u této jednotky můžeme použít tranzistory typu KC149. Použijeme-li na T_3 a T_4 tranzistory KF517, zapojíme je podle obr. 16. Použijeme-li KC507, zapojíme je podle obr. 16b.

Část dvojitého potenciometru pro hlukový filtr má odpor $100\text{ k}\Omega$ a druhá část $25\text{ k}\Omega$. Protože se potenciometry s uvedenou kombinací odporových drah nevyrábějí, jednu destičku vyměníme. Výměna je dosti jednoduchá, takže nepotřebuje bližšího vysvětlení.

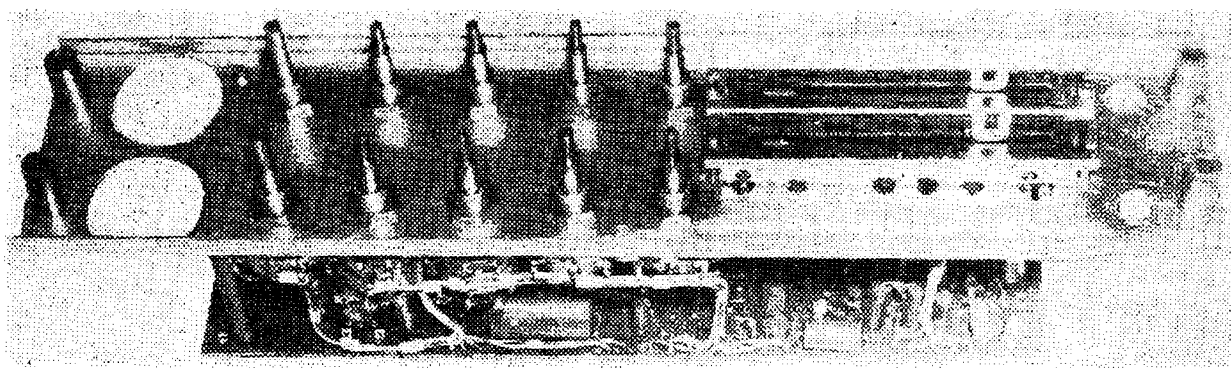
K této jednotce patří dvě ručková měřidla Metra MP 40, $60\text{ }\mu\text{A}$, která indi-

kují úroveň výstupního napětí. Měřidla musíme opatřit novou stupnicí (obr. 63). Po odstranění krytu opatrně sejmemе stupnici, z níž vyndáme „dorazy“ ručky. Novou stupnici přilepíme na původní. Znovu nasadíme „dorazy“ ručky a stupnici přišroubujeme na původní místo. Nasadíme kryt a měřidlo je připraveno k montáži. Měřidla můžeme upevnit a zapojit do výstupní jednotky společně s panelem (obr. 64, 65 – 4. str. obálky vpravo).

K výstupní jednotce náležejí dva výstupní konektory pro kanál A a B a konektor pro připojení magnetofonu. Sestava jednotky je na obr. 66.



Obr. 64. Panel výstupní jednotky



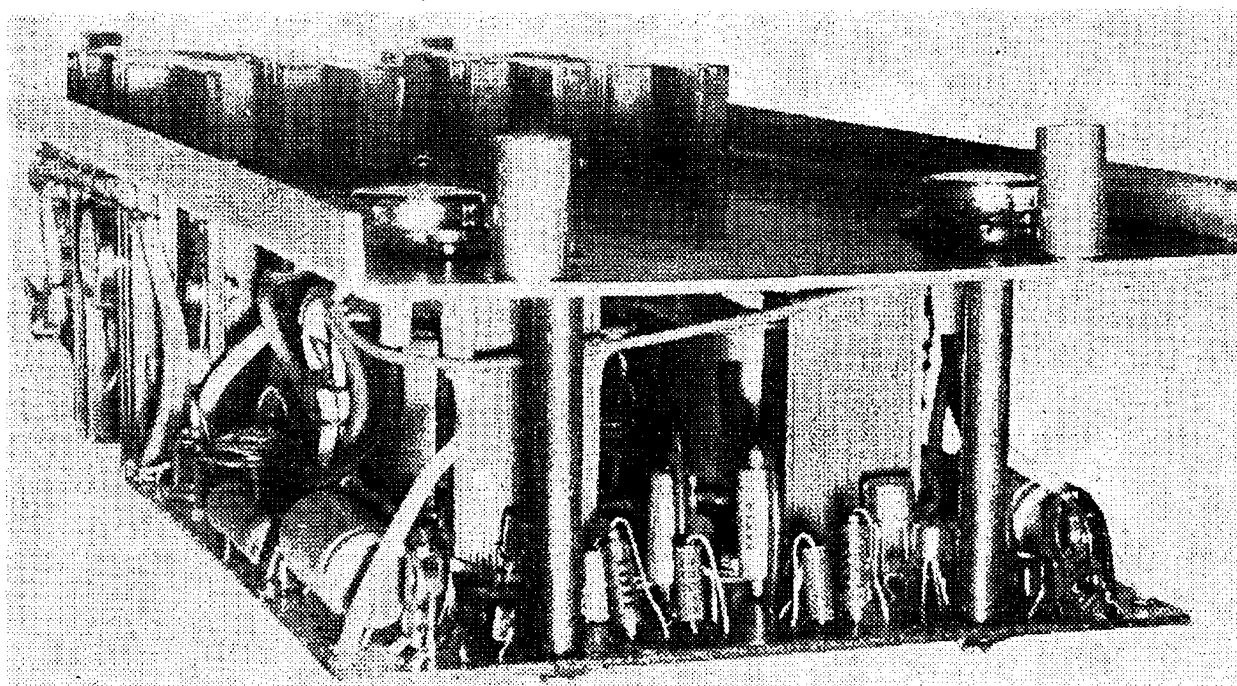
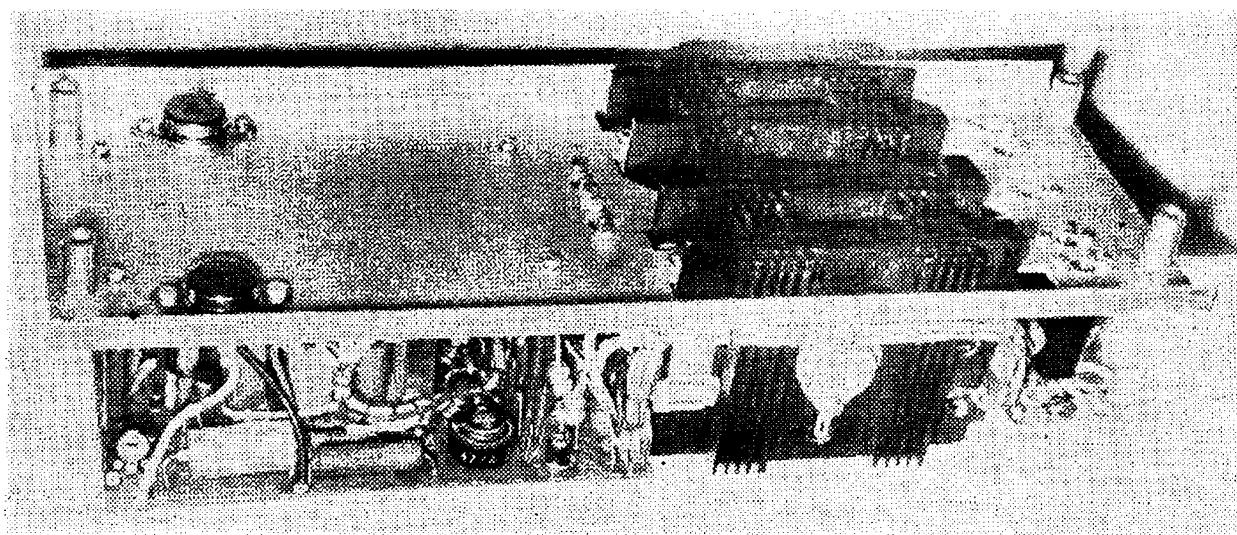
Obr. 66. Sestava výstupní jednotky

Jednotka koncového zesilovače

Jednotka koncového zesilovače (obr. 67, 68 – 2. str.ob.) je konstrukčním provedením podobná již popsaným jednotkám. Na šasi (obr. 69) se zanýtovanými průchodkami je uchycena (na čtyřech sloupcích) deska koncového zesilovače (obr. 70, 71). Deska se spoji je konstruována pro dva koncové zesilovače. Na desce je většina součástek, včetně budicích transformátorů. Výkonové tranzistory T_4 a T_5 jsou na chladičích. Tranzistor T_3 je

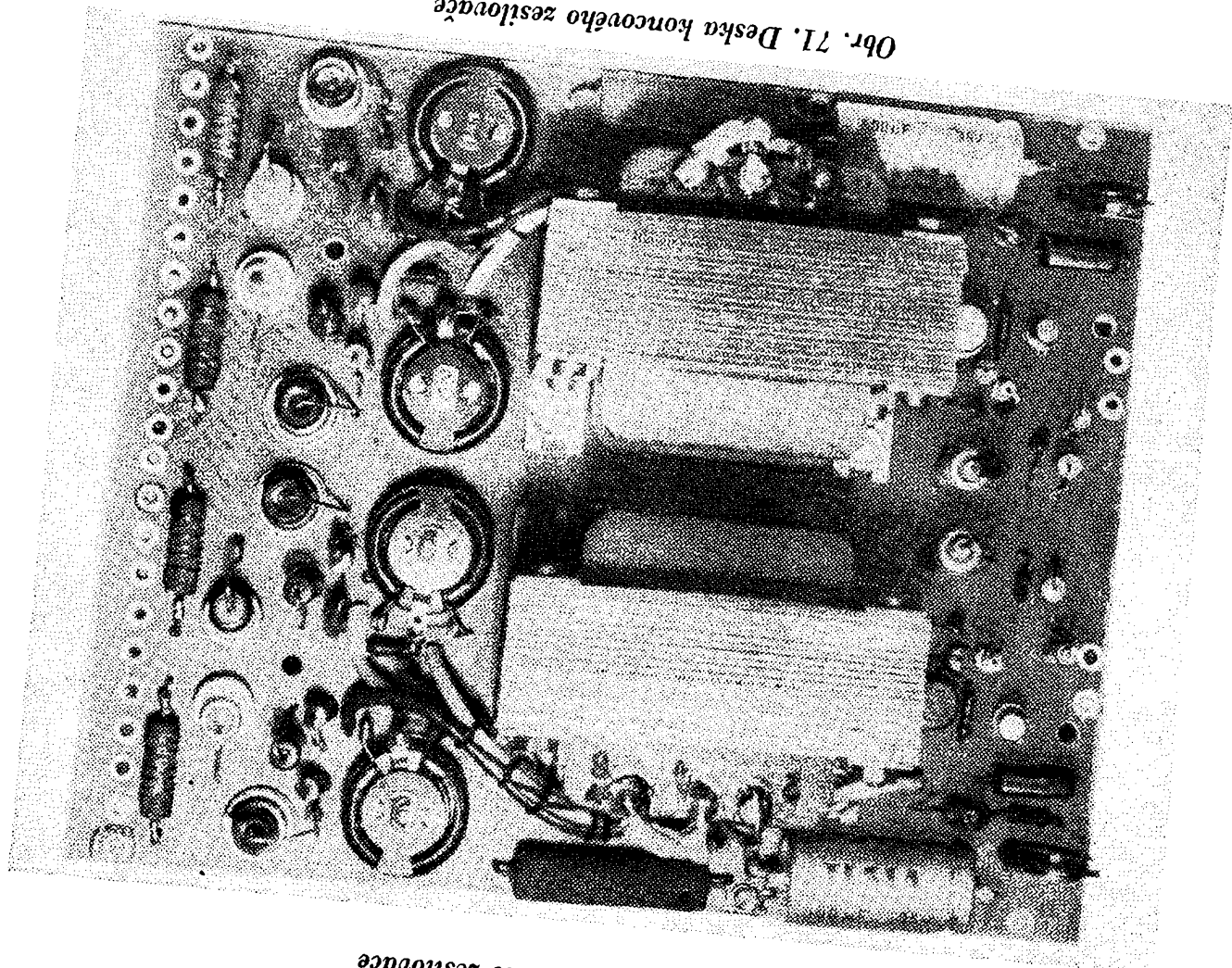
umístěn v dolní části šasi, která je využita jako chladič tohoto tranzistoru. Tranzistor je izolován od šasi slídovou podložkou.

Před osazením desky s plošnými spoji proměříme, pokud možno, všechny součástky. U elektrolytických kondenzátorů kontrolujeme velikost „zbytkového“ proudu. Tranzistory T_1 , T_2 a T_3 změříme, zda splňují katalogové údaje výrobce. Výkonovým tranzistorům T_4 a T_5 musíme věnovat větší pozornost. Jak již

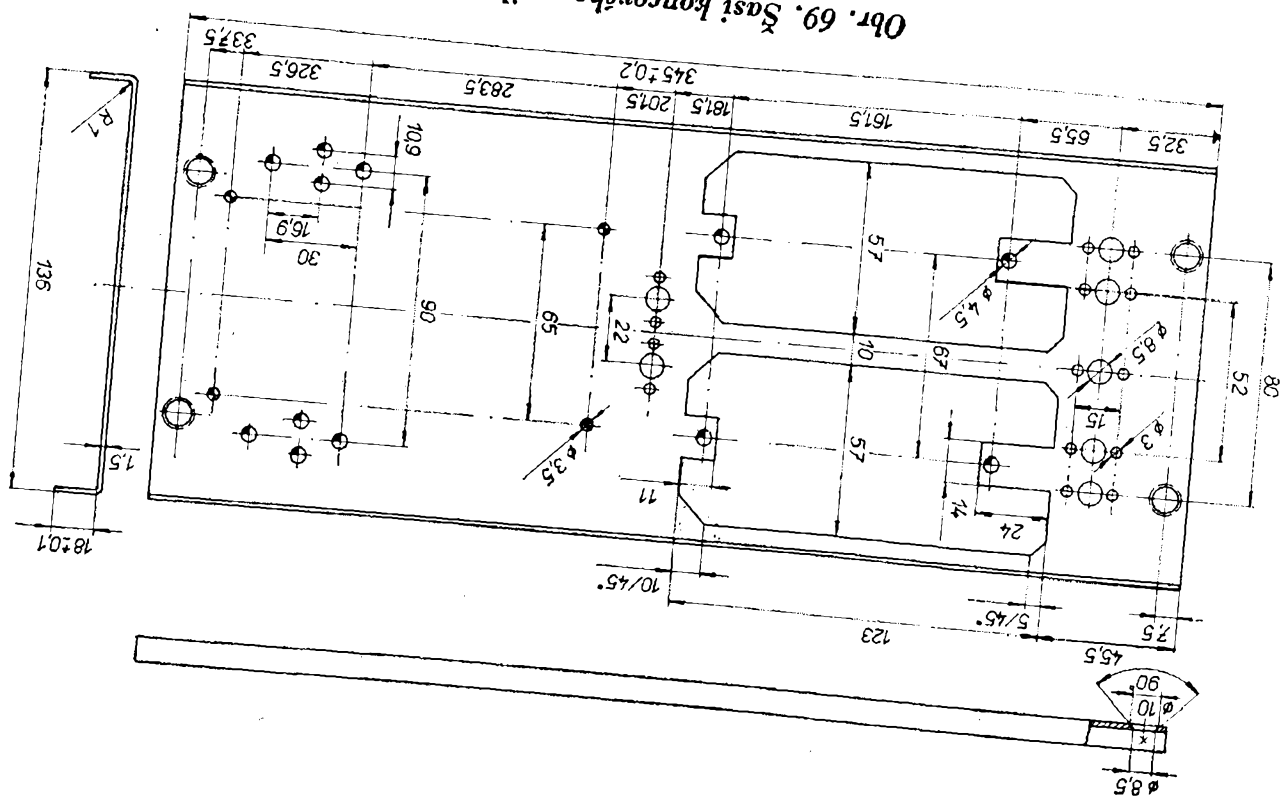


Obr. 67. Sestava koncového zesilovače

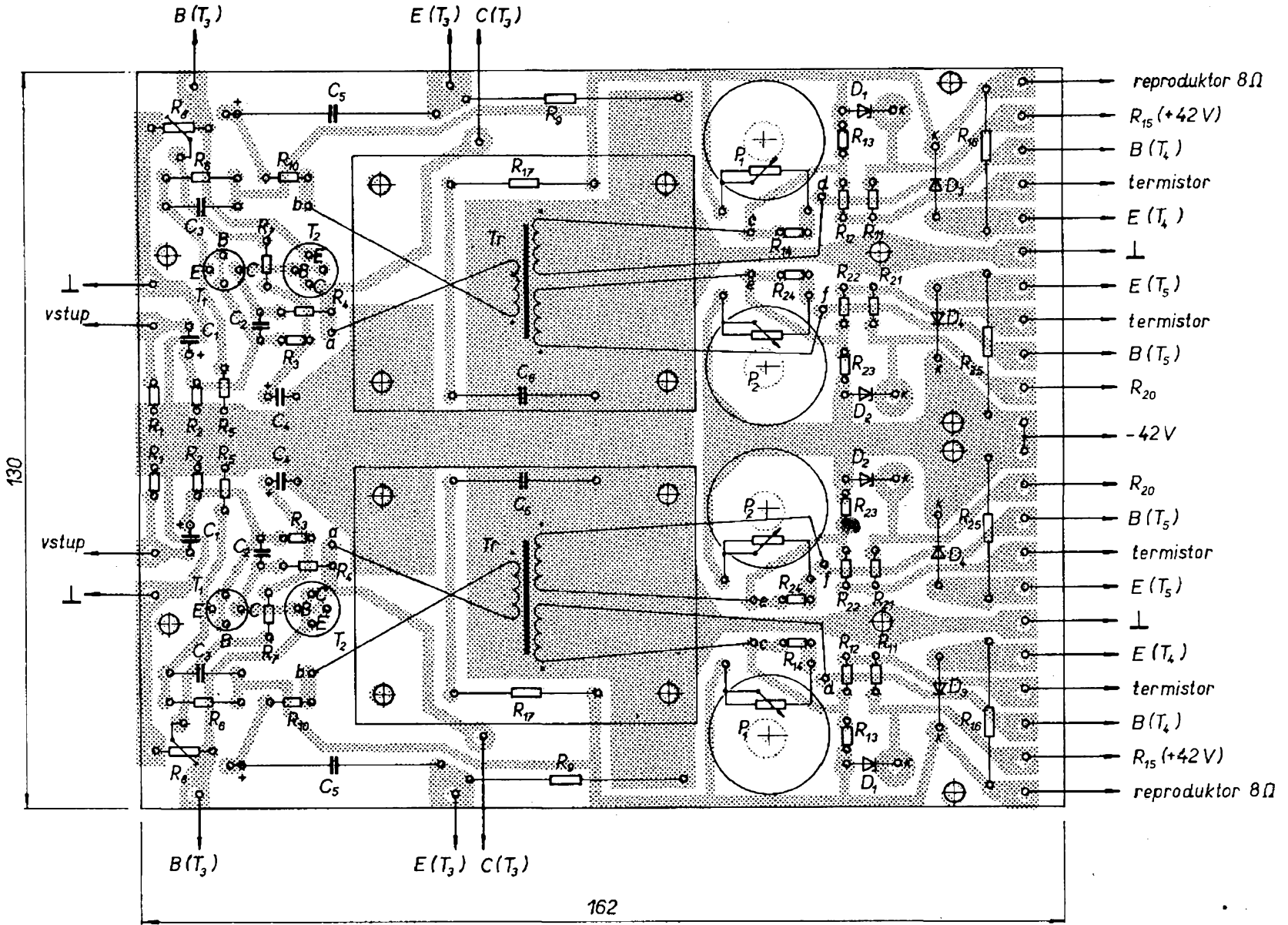
Obr. 71. Deska konečného zesilovače



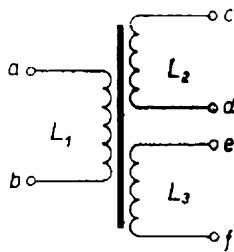
Obr. 69. Šasi konečného zesilovače



Obr. 70. Deska s plošnými spoji koncového zesilovače – deska G7



RK $\frac{1}{73}$ • 45



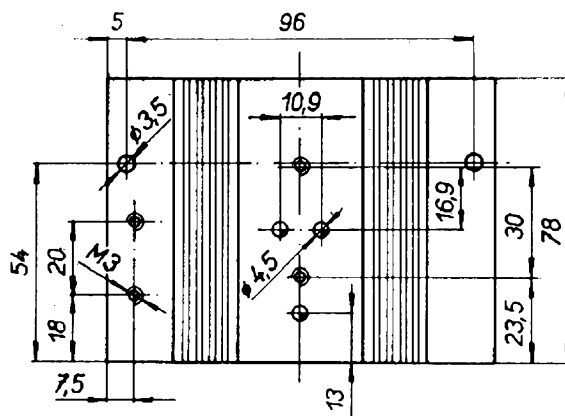
Obr. 72. Budicí transformátor

bylo řečeno, použité zapojení koncového stupně vyžaduje, aby dvojice koncových tranzistorů měla shodné převodní a vstupní charakteristiky. Dále je rovněž nutná shoda proudových zesilovacích činitelů. Tranzistory je proto třeba přesně párovat, abychom dosáhli co nejmenšího harmonického zkreslení. Tranzistory proto vybíráme měřením proudových zesilovacích činitelů β při saturaci, dále při kolektorovém proudu $I_C = 10 \text{ mA}$, 100 mA a 1 A . Při uvedených proudech se proudové zesilovací činitelé nemají vzájemně lišit o více než 10 %.

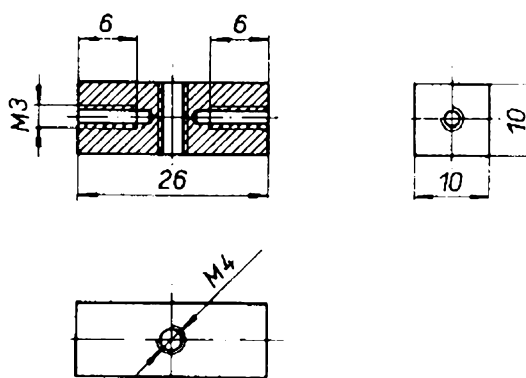
Budicí transformátor je z plechů EI 20×20 . Na cívkové tělísko navineme 3×140 z drátu o $\varnothing 0,4 \text{ mm}$ CuLH (drát opředěný hedvábím). Všechna tři vinutí vineme společně. Zapojení vinutí je na obr. 72.

Při pájení součástek do desky s plošnými spoji dbáme na to, aby součástky nepřesahovaly obrazec plošných spojů na straně fólie o více než 5 mm.

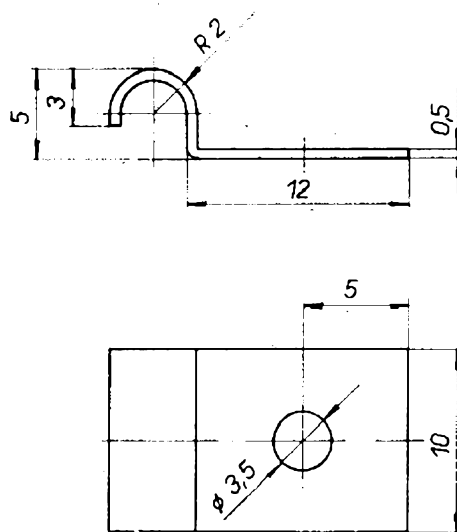
Ve střední části šasi jsou žárovky Ž, které indikují promodulování koncových zesilovačů. V horní části šasi (v podélných otvorech) jsou izolovaně uchyceny dva páry chladičů (obr. 73) s výkonovými tranzistory T_4 a T_5 . Chladiče jsou spojeny (vždy pár) dvěma spojkami z tvrzené tkaniny (obr. 74) a šrouby $M3 \times 10$ milimetrů. Chladiče se nesmějí nikde dotýkat šasi nebo panelu, protože tranzistory na nich připevněné nejsou odizolovány. K dosažení minimálního tepelného odporu musíme na chladičích pečlivě opracovat dosedací plochu pro tranzistory. Chladiče jsou černě eloxovány, aby jejich vyzařovací schopnost byla maximální. Plocha jednoho chladiče je zhruba 400 cm^2 ; plocha byla určena z grafů katalogu chladičích profilů firmy



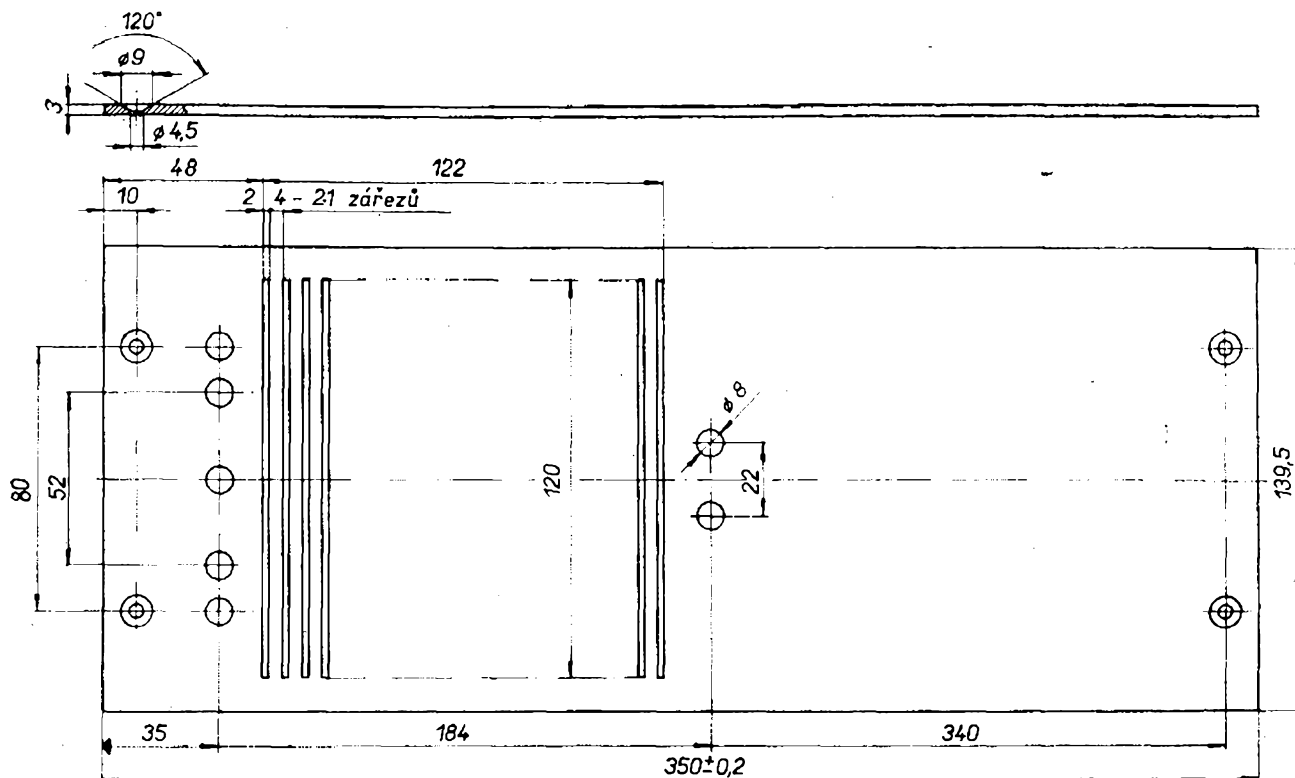
Obr. 73. Chladič tranzistorů



Obr. 74. Spojka



Obr. 75. Přichytka termistoru



Obr. 76. Panel koncového zesilovače

Seifert. Na vývody koncových tranzistorů připájíme potřebné vodiče, styčné plochy potřebe silikonovou vazelínou a připevníme na chladiče. Na každý z chladičů připevníme příchytkou (obr. 75) bezpečně odizolovaný termistor. Na chladičích jsou též připevněny úhelníky z izolantu k připájení odporů R_{15} a R_{20} .

Signalizační žárovky přerušení pojistek koncových zesilovačů Z_1 , Z_2 a signalizační žárovka napájecího napětí budiče Z jsou umístěny v horní části šasi, nad chladiči.

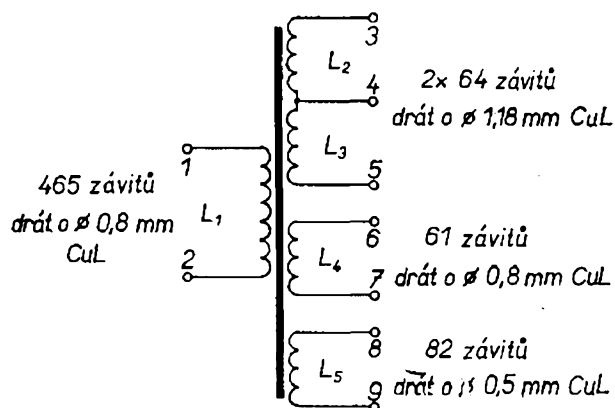
Panel (obr. 76) má v místech kde jsou chladiče řadu větracích děr. Ze spodní strany jsou díry zakryty řídkší látkou (organtin apod.), aby nebyly vidět chladiče.

Napájecí zdroj

Další důležitou částí mixážního pultu je napájecí zdroj. Je navržen jako samostatný konstrukční celek, a to z několika důvodů: rozměry a váha transformátoru by podstatně ovlivnily konstrukci směšovacího pultu, transformátor by musel být umístěn v těžišti pultu (což by naru-

šilo celou koncepci) a manipulace s pultem by byla ztížena. Hlavním důvodem „zdroje zvláště“ byla obava z elektromagnetického rušivého pole, které by zhoršovalo výsledný odstup cizích napětí.

Jednotlivá vinutí síťového transformátoru jsou navržena pro transformátor s plechy EI tloušťky 0,5 mm a s rozměrem středního sloupku 40×50 mm. Do čel cívky jsou zanýtována pájecí očka, k nimž jsou připájeny vývody jednotlivých vinutí. Primární vinutí pro 220 V má 465 z drátu o $\varnothing 0,8$ mm CuL. Každou vrstvu prokládáme lakovaným papírem ČSN 34 6562 1. Navinuté primární vinutí ovineme třemi závity lakovaného plátna. Sekundární vinutí k napájení koncového zesilovače (2×30 V) má 2×64 z drátu o $\varnothing 1,18$ mm CuL. Rovněž i zde prokládáme každou vrstvu příslušným prokladovým materiálem. Sekundární vinutí k napájení budiče (29 V) má 61 z drátu o $\varnothing 0,8$ mm CuL. Každou vrstvu prokládáme jedním závitem prokladového materiálu. Sekundární vinutí k napájení směšovacího pultu (38 V) má 82 z drátu o $\varnothing 0,5$ mm CuL. Dokončené vinutí ovi-



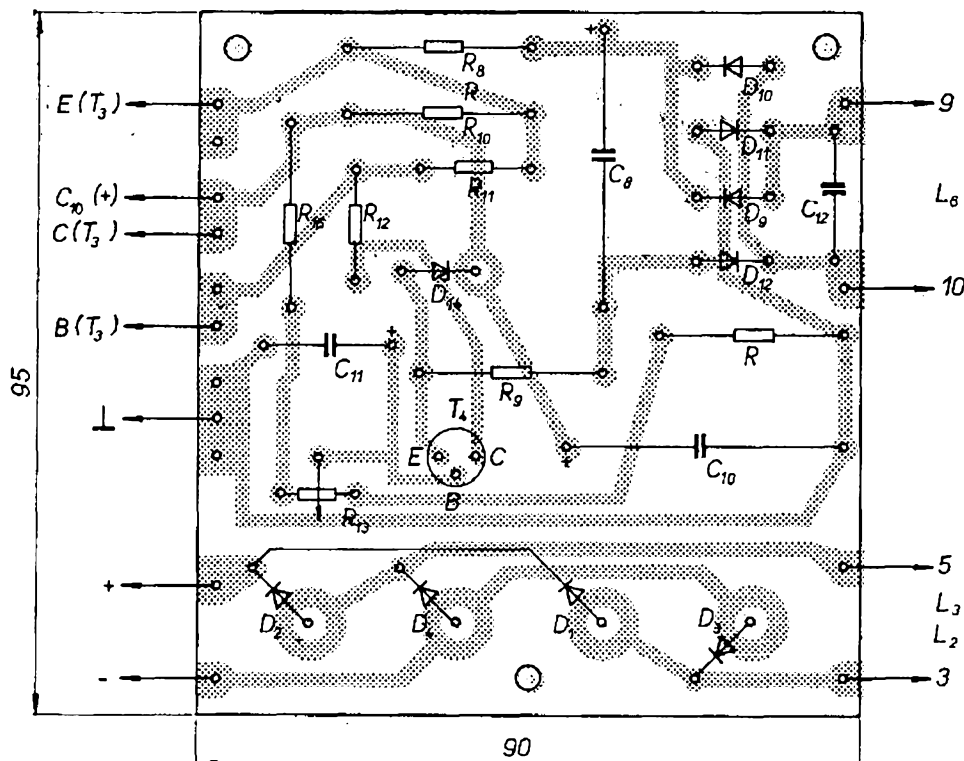
Obr. 77. Síťový transformátor

neme třemi závitů z lakovaného papíru (obr. 77).

Transformátor impregnujeme a vysušíme. Zkontrolujeme střídavá napětí na sekundárních vinutích. Je-li vše v pořádku, překontrolujeme všechny ostatní součásti napájecího zdroje. Teprve po uvedených kontrolách zahájíme vlastní stavbu napájecího zdroje.

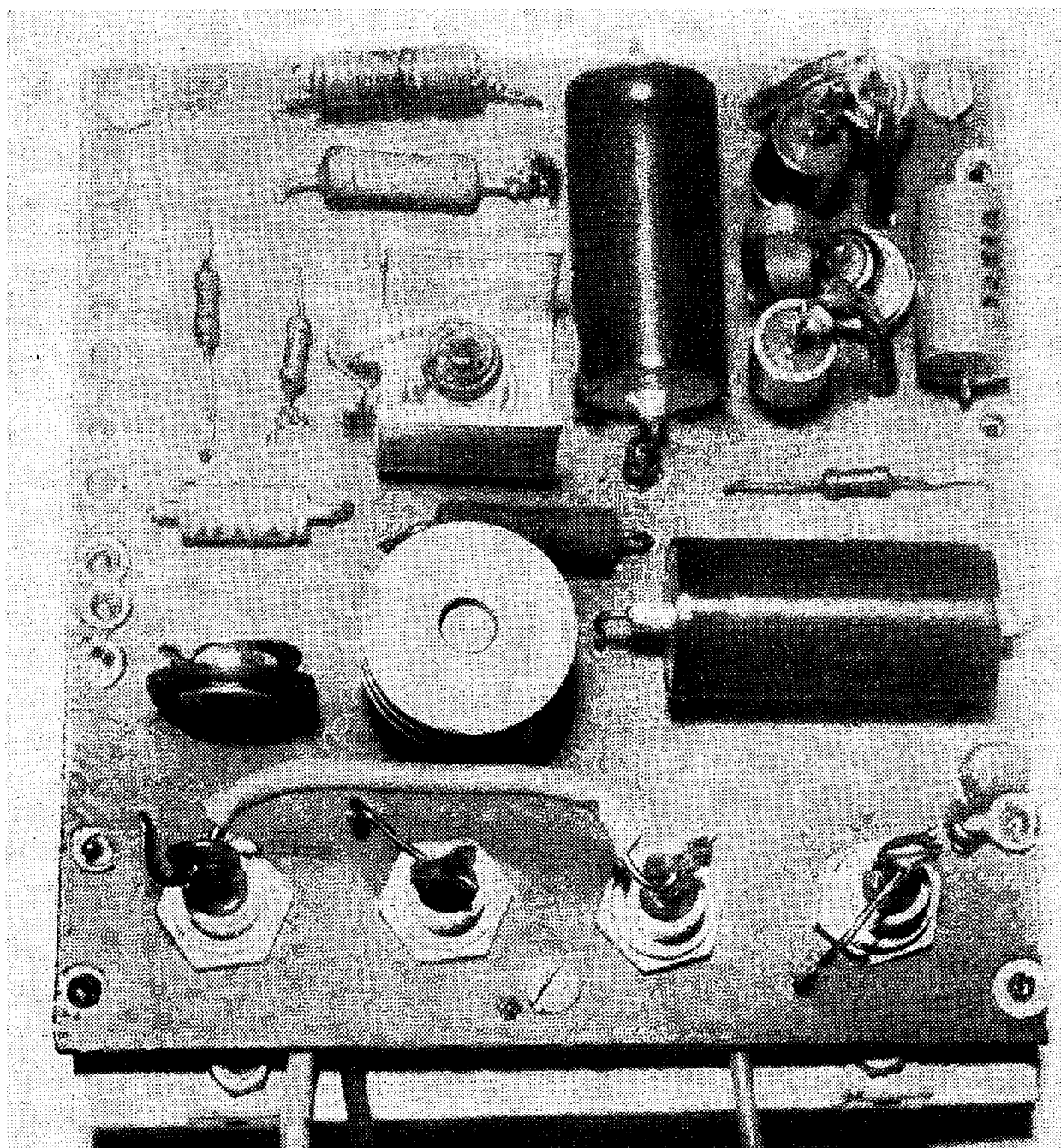
Síťový transformátor stáhneme šrouby M5 × 60 mm a úhelníky z ocelového plechu tloušťky 2 mm. Hotový transformátor připevníme k základní desce.

Dvě desky stabilizátorů napětí jsou upevněny třemi šrouby M3 na chladičích regulačních tranzistorů (obr. 78, 79). Obě desky jsou shodné. Tvoří s chladičem jeden celek. Obsahují (kromě regulačního tranzistoru a filtračních kondenzátorů) celý stabilizační obvod příslušné části napájecího zdroje. Na desce stabilizátoru napětí pro budič je usměrňovač ze čtveřice diod KY710. Aby byl omezen vliv teploty na stálost Zenerova napětí diod D_{13} a D_{14} , jsou obě diody umístěny na chladiči. Chladič je z hliníkového plechu tloušťky 1,5 mm a černěn. Základní deska chladiče je z hliníkového plechu 3 × 90 × 100 mm. Chladičí žebra jsou z hliníkového plechu tloušťky 1,5 mm. Po svrtání a začistění je vhodné všechny detaily černit. Při zhotovování základní desky a chladičích žebér dbáme na to, aby plechy nebyly zkrouceny – aby se při skládání dotýkaly celou plochou. Při konečné montáži můžeme styčné plochy potřít silikonovou vazelinou a chladičí žebra v několika bodech snýtovat se základní deskou. Chladičí plocha je asi 300 cm², což bohatě vyhovuje danému účelu. Můžeme použít i jiný chladič (např. typ



Obr. 78. Deska s plošnými spoji zdroje – deska G8

(místo L_6 má být L_5 , vývod 10 = vývod 8)



Obr. 79. Deska zdroje

4138), který používáme ke chlazení výkonových tranzistorů koncového zesilovače. Celý blok stabilizátoru je upevněn k základní desce napáječe úhelníky a šrouby.

Filtrační kondenzátory TC 937a, 5 000 μF připevníme k základní desce nejlépe vhodnými příchýtkami (typu WF 66 821).

Na předním panelu jsou umístěny všechny ovládací prvky zdroje, tj. síťová

zásuvka, konektor k propojení zdroje se směšovacím pultem, síťový spínač, signalizační žárovka, síťová pojistka, vypínač napětí budiče a koncového zesilovače.

Zdroj je konstruován stavebnicově z hliníkového plechu tloušťky 3 mm. Základní deska s krytem má rozměr 176 \times 248 mm. V obou deskách musí být větrací díry (u chladičů regulačních tranzistorů). Bočnice o rozměrech 110 \times 166 mm jsou spojeny šrouby M4 \times

× 10 mm s trámky z hliníkové tyče o rozměrech 10 × 10 × 166 mm. Přední i zadní panel mají stejný rozměr 110 × 248 mm. Všechny detaily (mimo trámky) jsou lakovány syntetickým vypalovacím lakem S₂ 2054 světlého odstínu (nebo v kombinaci světlé a černé barvy). Základní deska je opatřena čtyřmi pryžovými nožkami, kryt může mít vhodné držadlo (oceníme při přenášení).

Oživení a nastavení

Napájecí zdroj

Nejprve oživíme a nastavíme napájecí zdroj, především proto, že ti, kteří nevlastní žádný regulovatelný napájecí zdroj, mohou hotový zdroj použít k oživování a nastavování všech částí celého zařízení.

Potřebné měřicí přístroje:

univerzální měřicí přístroj – nejlépe Avomet (DU 10),

ampérmetr s rozsahy 1 A a 6 A,

nízkofrekvenční milivoltmetr (nejlépe

TESLA BM 384),

příslušné zatěžovací odpory,

regulační transformátor.

Začátek vlastního oživování je vhodné rozdělit na mechanickou a elektrickou kontrolu. Mechanickou kontrolou zjistíme případné závady v kompletnosti osazení plošných spojů, čistotě provedení pájecích bodů a všech ostatních propojovacích vodičů. Elektrickou kontrolou zjistíme podle tab. 1 a podle údajů ve schématu správnost jednotlivých napětí (obr. 36).

Tab. 1. Napětí na elektrodách tranzistorů napájecího zdroje

| Tranzistor | T_1 | T_2 | T_3 | T_6 | |
|------------|-------|-------|-------|-------|---|
| Kolektor | 26 | 28 | 38 | 43 | V |
| Báze | 30,65 | 16,5 | 44,7 | 27,5 | V |
| Emitor | 31 | 16 | 45 | 27 | V |

Údaje v tabulce platí pro zatížený zdroj.

Dále připojíme na výstup zdroje k napájení koncových zesilovačů Avomet, přepnutý na rozsah 100 V (ss), musíme naměřit napětí ± 42 V (bez zátěže). Je-li tomu tak, pokračujeme v oživení a nastavení napájecího zdroje k napájení budičů koncových zesilovačů. Po kontrole napětí (podle tab. 1) na elektrodách tranzistorů T_1 a T_2 nastavíme potenciometrem R_6 výstupní napětí na 26 V. Výstup zdroje zatížíme odporem 47 Ω , dimenzovaným pro výkon alespoň 15 W (např. typ TR 617 47). Na vstupní svorky napájecího zdroje přivedeme síťové napětí přes regulační transformátor, jímž měníme síťové napětí v rozsahu ± 10 % – výstupní napětí musí přitom zůstat přibližně stejné, tj. 26 V. Máme-li k dispozici posuvný odpor, zapojíme jej v sérii s ampérmetrem na výstup zdroje. Odpor postupně zmenšujeme, přičemž sledujeme na ampérmetru proud, tekoucí do zátěže. Těsně před tím, než dojde k náhlému zmenšení výstupního napětí téměř až na nulu, přečteme na ampérmetru velikost výstupního proudu; neměl by být větší než 2 A. Vypne-li elektrická pojistka při výstupním proudu větším než 2 A, je třeba zvětšit odpor R_2 . Při síťovém napětí menším o 10 % (200 V) musí při opětovném nastavení posuvného odporu na největší odpor (asi 47 Ω) „naskočit“ výstupní napětí na jmenovitou velikost, tj. 26 V. Není-li tomu tak, je třeba naopak zmenšit odpor R_2 . Odpor R_2 můžeme zmenšovat pouze (přibližně) na 180 Ω ; při dalším zmenšení by se mohla zničit Zenerova dioda D_{13} a přetížít tranzistor T_2 . „Nenaskočí-li“ výstupní napětí na 26 V ani při odporu $R_2 = 180$ Ω , je třeba vyměnit tranzistor T_1 za jiný s větším proudovým zesilovacím činitelem.

Je-li vše v pořádku, připojíme paralelně k zatěžovacímu odporu $R_z = 47$ Ω nízkofrekvenční milivoltmetr a zkontrolujeme zvlnění výstupního napětí. Zvlnění nemá být větší než 2 mV při odběru 0,6 A. Není-li tomu tak, překontrolujeme všechny elektrolytické kondenzátory a především C_5 a C_7 . I když je kapacita kondenzátoru C_7 poměrně malá, přesto značně přispívá k celkové filtraci výstupního napětí.

Po všech uvedených úkonech oživíme

a nastavíme poslední část zdroje, tj. napáječ pro směšovací pult. Při jeho ožívání postupujeme shodně s postupem, popsáním v předchozím odstavci. Výstupní stejnosměrné napětí však nastavíme potenciometrem R_{13} na 38 V. Výstup zatížíme odporem 220 Ω a postupujeme dříve uvedeným způsobem. Při nastavování vypínacího proudu pojistky nesmí být odpor R_9 menší než 330 Ω . Zvlnění výstupního napětí při proudovém odběru 180 mA nesmí být větší než asi 0,5 mV. Na měřeném vzorku bylo naměřeno zvlnění menší než 0,1 mV.

Nastavení vstupní jednotky

Potřebné měřicí přístroje:

univerzální měřicí přístroj,
nizkofrekvenční generátor (např. BM344),
nizkofrekvenční milivoltmetr s minimálním rozsahem alespoň 3 mV,
osciloskop,
měřič zkreslení.

Vstupní jednotku doporučujeme oživat hned po kompletním osazení destičky s plošnými spoji, ještě před jejím připevněním na subpanel. Kompletnost osazení destičky překontrolujeme vizuálně. Rovněž si důkladně ověříme zapojení vazebních elektrolytických kondenzátorů s ohledem na správnou polaritu. Po uvedené kontrole připojíme do bodu označeného + přívod kladného napětí z napájecího zdroje, určeného k napájení směšovacího pultu. Podle údajů v tab. 2 nastavíme trimrem R_{10} (obr. 4, str. 8) na tranzistorech T_1 a T_2 příslušná napětí a trimrem R_{31} napětí na elektrodách tranzistorů T_4 a T_5 . Na kolektoru tranzistoru T_3 musíme naměřit (přibližně) napětí 16 V. Protože se k nastavení pracovního bodu tranzistoru T_3 nepoužívá žádný proměnný prvek, je nutné tehdy, není-li napětí na kolektoru tranzistoru T_3 v toleranci 16 V \pm 2,5 V, vyměnit odpor R_{15} . Je-li na kolektoru T_3 napětí větší než 18,5 V, je třeba odpor R_5 zmenšit. Je-li na kolektoru napětí menší než 12,5 V, je třeba naopak odpor R_{15} zvětšit. Trimry R_{10} a R_{31} nezakapáváme, protože je budeme ještě používat při přesném nastavování celého směšovacího pultu. Po nastavení

Tab. 2. Stejnosměrná napětí na elektrodách tranzistorů vstupní jednotky

| Tranzistor | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Kolektor | 5,6 | 17 | 16 | 4,8 | 17 | V |
| Báze | 0,66 | 5,6 | 1,25 | 0,63 | 4,8 | V |
| Emitor | 0,53 | 5,25 | 0,75 | 0,25 | 4,3 | V |

zkontrolujeme spotřebu vstupní jednotky. Při napájecím napětí 38 V (v bodě +) musíme naměřit za odporem R_{33} napětí $34 \pm 0,5$ V.

Po uvedených úkonech připevníme destičku s plošnými spoji na subpanel, který jsme již předtím osadili příslušnými regulačními prvky. Po zapojení všech vývodů ovládacích prvků do destičky s plošnými spoji definitivně oživíme a nastavíme celou vstupní jednotku. Nejprve propojíme provizorně zemnicí bod desky s plošnými spoji se subpanelem. (Tento spoj po skončeném oživení vstupní jednotky musíme odstranit). Opět připojíme přívod napájecího napětí 38 V. Nizkofrekvenční generátor připojíme na vstup jednotky, označený I. Paralelně k nizkofrekvenčnímu milivoltmetru připojíme osciloskop. Má-li nizkofrekvenční milivoltmetr stejný výstup jako např. typ BM 384, připojíme osciloskop na svorky, určené pro výstupní signál – to je z praktického hlediska velmi výhodné. Nizkofrekvenční generátor nastavíme na kmitočet 1 000 Hz.

Vlastní měření zahájíme kontrolou vstupního zesilovače. Nizkofrekvenční milivoltmetr připojíme do bodu 3 (viz schéma nebo náčrt desky s plošnými spoji vstupní jednotky). Nizkofrekvenční milivoltmetr nastavíme na rozsah 300 mV. Regulátor vstupní citlivosti nastavíme na maximální zisk, tj. do levé krajní polohy. Na nizkofrekvenčním generátoru nastavíme výstupní úroveň 0,5 mV. Při tomto uspořádání, je-li ovšem vstupní zesilovač v naprostém pořádku, musí nizkofrekvenční milivoltmetr ukázat výchylku 200 mV. Postupným přeladováním nizkofrekvenčního generátoru od 20 Hz do 20 kHz musí být výchylka

ručky nf milivoltmetru stále stejná, tj. 200 mV (udržujeme-li výstupní napětí z nf generátoru konstantní, 0,5 mV). Nyní přepneme nf milivoltmetr na rozsah 10 V. Výstupní napětí z nf generátoru postupně zvětšujeme až do (asi) 15 mV. Nf milivoltmetr musí ukázat maximální výchylku 6 V. Při výstupním napětí 6 V nesmí ještě dojít k omezení. Je-li tomu tak, nastavíme symetrii výstupního napětí odporovým trimrem R_{10} . Je-li vše v pořádku, připojíme nízkofrekvenční milivoltmetr na výstup z kolektoru tranzistoru T_3 , tj. do bodu 11. Při napětí 0,5 mV a kmitočtu 1 000 Hz na vstupu vstupní jednotky musíme i v tomto případě naměřit v bodě 11 napětí 200 mV. Regulátor hloubek P_3 a regulátor výšek P_2 nastavíme nyní na rovnoměrný kmitočtový průběh, tj. přibližně do jejich střední polohy. Za těchto předpokladů musí při konstantním vstupním napětí 0,5 mV zůstat výchylka na nf milivoltmetru stálá s tolerancí ± 1 dB v celém rozsahu kmitočtů (20 až 20 000 Hz). Při regulátoru výšek nastaveném na maximální zdůraznění výšek, musí být výstupní napětí o kmitočtu 10 kHz v bodě 11 přibližně 620 mV. V levé krajní poloze regulátoru výšek P_2 musí se výchylka ručky nf milivoltmetru zmenšit nejméně na 60 mV. (Pozor na cizí rušivá pole, která by mohla tento údaj zkreslit.)

Dále nastavíme nf generátor na kmitočet 100 Hz. Při pravé krajní poloze regulátoru hloubek P_3 musíme naměřit v bodě 11 napětí přibližně 620 mV. V levé krajní poloze uvedeného regulátoru musí být výstupní napětí menší než 60 mV.

Dále zkontrolujeme maximální výstupní napětí v bodě 11 na kmitočtu 1 000 Hz – musíme naměřit přibližně 6 V. Dojde-li při tomto měření k jednostrannému omezení signálu, dosáhneme symetrie změnou odporu R_{15} . Má-li vstupní jednotka člen RC typu dvojitě T, připojíme nízkofrekvenční milivoltmetr do bodu 13. Přepínačem (tlačítkem) $P_{\check{r}1}$, $P_{\check{r}2}$ uvedeme tento filtr v činnost. Při kmitočtu 1 000 Hz by se napětí v bodu 13 mělo zmenšit zhruba o 10 dB. Nyní nf generátor postupně přeladujeme směrem k nižším kmitočtům až do minima výstupního napětí, které čteme na milivolt-

metru. Minimum má nastat přibližně v pásmu mezi 400 až 500 Hz a má být (vzhledem ke kmitočtu 1 000 Hz) větší než -30 dB. Není-li tomu tak, musíme hledat závadu v nesprávné hodnotě některého prvku tohoto filtru; většinou pak postačí kontrola kondenzátorů C_{14} , C_{15} a C_{16} . Je-li vše v pořádku, připojíme nízkofrekvenční milivoltmetr do bodu 21.

Regulátor výstupní úrovně P_4 nastavíme na maximum výstupního signálu, potenciometry P_2 a P_3 na rovný kmitočtový průběh, filtry dvojitě T a „prezens“ vyřadíme z činnosti. Nízkofrekvenční milivoltmetr přepneme na rozsah 3 V. Při vstupním signálu 0,5 mV musíme v bodě 21 naměřit 1,55 V. Kmitočtová charakteristika musí být rovná s tolerancí ± 1 dB pro kmitočty od 20 do 20 000 Hz.

Dále kontrolujeme maximální dosažitelné výstupní napětí. Maximální efektivní napětí nezátíženého výstupu by mělo být 8 V. Dochází-li k limitaci výstupního napětí, dosáhneme symetrie jemným nastavením trimru R_{31} . Nyní uvedeme v činnost filtr „prezens“ tím, že potenciometr P_5 nastavíme do pravé krajní polohy. Je-li vše v pořádku, musíme naměřit při vstupním signálu 3,5 kHz výchylku větší než $+12$ dB (vzhledem ke kmitočtu 1 000 Hz).

Správnou činnost regulátoru P_1 k nastavení vstupní citlivosti (rozsah regulátoru P_1 má být přibližně 35 dB) kontrolujeme takto: je-li P_1 v pravé krajní poloze, musí být celkový zisk vstupní jednotky 17 dB. Tedy při vstupním napětí 10 mV musíme na výstupu v bodě 21 naměřit přibližně 70 mV.

Odstup cizích napětí kontrolujeme předběžně tak, že nízkofrekvenční milivoltmetr ponecháme připojen v bodě 21. Vstup (I) spojíme přes odpor 200 Ω se zemnicím bodem. Při tomto předběžném měření je však třeba postupovat velice pečlivě, aby výsledek nebyl zkreslen případnými vnějšími rušivými poli. Proto umístíme vstupní jednotku co nejdále od všech měřicích přístrojů. K měření použijeme (pokud máme možnost) měřicí přístroje, napájené z baterií. Regulátory výšek a hloubek nastavíme do střední polohy. Filtry dvojitě T a „prezens“ vy-

řadíme z činnosti. Regulátor vstupní citlivosti P_1 nastavíme do jeho levé krajní polohy, tj. na maximální zisk. Za uvedených předpokladů můžeme měřit odstup cizích napětí. Cizí napětí v bodě 21 by mělo být maximálně 1,1 mV. Přesný postup při měření odstupu cizích napětí najdou zájemci v normě ČSN 36 7420.

Na závěr na vstupní jednotce kontrolujeme správnou činnost stereofonního „přejížděče“. Nízkofrekvenční milivoltmetr střídavě připojujeme na výstup A a B. Na vstup I připojíme opět nf generátor. Při nastavení regulátoru P_7 do střední polohy musíme v bodech A a B naměřit stejná výstupní napětí. Přitom výstupní napětí v bodě A při P_7 ve střední poloze by mělo být menší oproti napětí při P_7 v levé krajní poloze pouze o 3 dB, stejně by tomu mělo být na výstupu B (potenciometr P_7 v pravé krajní poloze).

Máme-li k dispozici měřič harmonického zkreslení, změříme celkové zkreslení vstupní jednotky na kmitočtech 63 Hz, 1 000 Hz a 16 000 Hz. Je-li vlastní zkreslení nf generátoru na kmitočtu 1 000 Hz menší než 0,15 %, musíme na výstupu vstupní jednotky naměřit zkreslení menší jak 0,5 %.

Nastavení výstupní jednotky

Použijeme stejné měřicí přístroje jako při nastavování vstupní jednotky. Výstupní jednotku musíme na rozdíl od vstupní jednotky oživit až po připevnění osazené desky s plošnými spoji na subpanel a po propojení s příslušnými regulačními prvky. Nejprve však zkontrolujeme desku s plošnými spoji a ověříme si, jsou-li správně zapojeny především elektrolytické kondenzátory. Po této kontrole připevníme destičku na subpanel a propojíme všechny ovládací prvky s příslušnými body na desce. Teprve potom připojíme do místa, označeného + napájecí napětí 38 V. Napětí na jednotlivých elektrodách tranzistorů kontrolujeme podle údajů v tab. 3. Údaje platí pro desku, osazenou pouze tranzistory n-p-n. Protože u výstupních jednotek nejsou použity k nastavení pracovních bodů tranzistorů trimry, musíme tehdy, nesouhlasí-li údaje v tab. 3 se skutečností,

Tab. 3. Stejnoseměrná napětí na elektrodách tranzistorů výstupní jednotky

| Tranzistor | T_1 | T_2 | T_3 | T_4^* | T_5^* | |
|------------|-------|-------|-------|---------|---------|---|
| Kolektor | 14 | 16 | 34 | 34 | 33 | V |
| Báze | 1,1 | 1,3 | 17 | 20 | 22 | V |
| Emitor | 0,7 | 0,9 | 16,8 | 19,8 | 21,5 | V |

* Platí pro tranzistory KC507.

vyměnit příslušné odpory – u T_1 odpor R_3 , u T_2 odpor R_{11} , u T_5 odpor R_{25} (obr. 16, strana 16).

Souhlasí-li naměřené údaje s údaji v tab. 3, zkontrolujeme spotřebu celé výstupní jednotky. Při napájecím napětí 38 V musíme naměřit za odporem R_{28} $34^{+0,5}_{-1}$ V.

Je-li vše v pořádku, připojíme nf generátor na vstup výstupní jednotky (bod I). Nf milivoltmetr, k němuž paralelně připojíme osciloskop, připojíme na výstup vstupního zesilovače do bodu I . Při vstupním napětí zhruba 150 mV musíme v bodě I (obr. 16a) naměřit napětí větší o 20 dB, tj. asi 1,5 V. Kmitočtová charakteristika tohoto stupně musí být rovná od 10 Hz do více jak 50 kHz. Po této kontrole postupně zvětšujeme úroveň výstupního napětí nf generátoru, a to do napětí zhruba 600 mV, v bodě I pak musíme naměřit neomezené napětí přibližně 6 V.

Nf milivoltmetr připojíme do bodu 7. Při vstupním napětí 0,15 V o kmitočtu 1 000 Hz musí být výstupní napětí přibližně 1,5 V. Dále kontrolujeme činnost regulátorů hloubek a výšek. Při regulátoru výšek P_1 v pravé krajní poloze musí být výstupní napětí v bodě 7 (kmitočet 14 000 Hz) větší než 4,5 V. V levé krajní poloze regulátoru P_1 (kmitočet 14 000 Hz) musí být výstupní napětí v bodě 7 menší než 500 mV.

Nf generátor přeladíme na kmitočet 63 Hz. V pravé krajní poloze regulátoru hloubek P_2 musíme v bodě 7 naměřit napětí větší než 4,5 V, v levé krajní poloze se musí výstupní napětí zmenšit na méně než 500 mV. Maximální výstupní napětí

na nezatíženém výstupu v bodě 7 (signál o kmitočtu 1 000 Hz) při regulátorech hloubek a výšek ve střední poloze musí být minimálně 5,5 V.

Je-li vše v pořádku, připojíme nf milivoltmetr včetně osciloskopu do bodu 15. Potenciometry P_1 a P_2 nastavíme na rovný kmitočtový průběh. Regulátor hlukového filtru P_3 , P_4 a regulátor šumového filtru P_5 , P_6 nastavíme na nejširší možný kmitočtový průběh, tj. do pravé krajní polohy. Za uvedených podmínek musí být kmitočtová charakteristika celé výstupní jednotky v pásmu od 20 Hz do 20 000 Hz v tolerančním poli 2 dB. Dále nastavíme regulátor hlukového filtru do levé krajní polohy. Správnou funkci hlukového filtru v závislosti na úhlu natočení hřídele potenciometru P_3 , P_4 kontrolujeme podle závislostí na obr. 23; stejně kontrolujeme činnost šumového filtru (podle obr. 23).

Zbývá zkontrolovat činnost posledního stupně výstupní jednotky, tj. emitorového sledovače: nf milivoltmetr připojíme na výstup do bodu 01. I v tomto bodě musíme naměřit přibližně stejná napětí jako v bodě 15. Výstupní napětí v tomto bodě musí být minimálně 5 V (výstup nezatížen).

Indikátor výstupní úrovně nastavíme trimrem R_{24} . Při výstupním napětí 1,55 V nastavíme tímto trimrem na indikátoru výstupní úrovně 1,55 V, tj. v našem případě 0 dB.

Na závěr změříme činitel harmonického zkreslení. Měřič zkreslení připojíme paralelně k nf milivoltmetru. Regulátor hloubek a regulátor výšek nastavíme na rovný kmitočtový průběh, regulátory filtrů hluku a šumu do jejich pravé krajní polohy, regulátor výstupní úrovně na maximum. Harmonické zkreslení měříme na kmitočtu 63 Hz, 1 000 Hz a 16 000 Hz. Má-li nf generátor vlastní zkreslení menší než 0,15 %, musí být výsledné harmonické zkreslení výstupní jednotky při výstupní úrovni 1,55 V menší než 0,5 %. Kontrolovat odstup cizích napětí není třeba, protože tato napětí jsou na výstupu nepatrná (menší než 0,1 mV).

Stejným způsobem nastavíme i druhou výstupní jednotku.

Nastavení dozvukového zesilovače

K nastavení použijeme stejné měřicí přístroje jako při nastavování vstupní a výstupní jednotky. I když je dozvukový zesilovač jednoduchý, opět kontrolujeme desku nejdříve zrakem co do completenessi osazení. Zesilovač oživujeme ještě před připevněním desky na panel s regulátory. Napájecí napětí 38 V připojíme do bodu 4. Pracovní body tranzistorů T_1 a T_2 nastavíme podle údajů v tab. 4 trimrem R_{10} . Spotřebu dozvukového zesilovače zjistíme kontrolou napětí za odporem R_{13} (obr. 27), kde musíme naměřit 33 V \pm 2 V. Je-li vše v pořádku, připevníme destičku na panel a propojíme všechny ovládací prvky s příslušnými body na desce s plošnými spoji. Protože na plošném spoji není spoj k propojení běžce regulátoru výstupní úrovně P_2 s dvojitým potenciometrem P_3 , P_4 , musíme spoj realizovat stíněným vodičem.

Pak připojíme nf generátor na vstup zesilovače do bodu I. Nf milivoltmetr spolu s osciloskopem připojíme do bodu P2. Regulátor vstupní citlivosti nastavíme na maximální zesílení, tj. do levé krajní polohy. Zisk zesilovače dozvuku má být přibližně 55 dB; z toho vyplývá, že při vstupním napětí menším než 3 mV musíme naměřit v bodě P2 napětí 1,5 V. Po tomto měření zkontrolujeme kmitočtovou charakteristiku (20 Hz až 20 kHz s tolerancí \pm 1 dB).

Po kontrole kmitočtové charakteristiky změříme maximální výstupní napětí. K omezení výstupního signálu nesmí dojít při výstupním signálu menším než 7,5 V (nezatížený výstup v bodě P2). Není-li tomu tak, nastavíme symetrii trimrem R_{10} .

Tab. 4. Stejnoseměrná napětí na elektrodách tranzistorů zesilovače dozvuku

| Tranzistor | T_1 | T_2 | |
|------------|-------|-------|---|
| Kolektor | 5,6 | 17 | V |
| Báze | 0,66 | 5,6 | V |
| Emitor | 9,53 | 5,25 | V |

Dále zkontrolujeme činnost dvojitého potenciometru P_3 , P_4 . Nf voltmetr připojujeme střídavě na výstup do bodů A a B . Při nastavení regulátoru P_3 , P_4 do střední polohy musíme v bodech A a B naměřit stejný výstupní signál; při tom napětí v bodě A při P_3 , P_4 by mělo být oproti levé krajní poloze potenciometru menší pouze o 3 dB. Stejně by výstupní napětí v bodě B při P_3 , P_4 ve střední poloze nemělo být větší o více než 3 dB při potenciometru v pravé krajní poloze. Regulátor vstupní citlivosti musí mít regulační rozsah přibližně 40 dB.

Nastavení koncového zesilovače

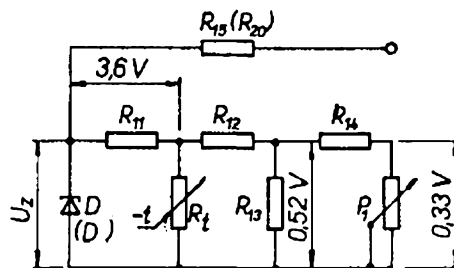
Potřebné měřicí přístroje:

univerzální měřicí přístroj (Avomet DU 10),
stejnosměrný milivoltmetr s rozsahem 50 mV,
nf milivoltmetr,
nf generátor,
regulační transformátor,
osciloskop,
měřič zkreslení,
napájecí zdroj,
zatěžovací odpor 8Ω , 100 W.

Před připevněním desky s plošnými spoji k mechanické části koncového stupně zkontrolujeme kompletnost osazení, prověříme správnost zapojení všech elektrolytických kondenzátorů s ohledem na jejich polaritu a správnost zapojení budicího transformátoru. Po důkladné kontrole připevníme osazenou desku s plošnými spoji na subpanel a propojíme všechny vnější prvky s příslušnými pájecími body. Trimr R_8 nastavíme předběžně do střední polohy. Připojíme provizorně držáky pro pojistky do série s napájecím zdrojem (obr. 31). Pojistky zasuneme do držáků až po měření na budicím zesilovači. Napájecí napětí 26 V pro budicí zesilovač přivedeme do bodu a . Trimrem R_8 nastavíme předběžně pracovní bod budiče tak, aby na emitoru T_3 bylo napětí přibližně 12 V. Nyní připojíme na vstup zesilovače do bodu I výstup z nf generátoru. Při signálu 1,5 V na vstupu zesilovače ($f = 1\,000$ Hz) musíme na emitoru T_3 (v bodě E) naměřit

efektivní napětí nejméně 3,5 V. Symetrie tohoto napětí dosáhneme jemným nastavením trimru R_8 . Po těchto pracích připravíme k nastavování koncový stupeň. Nejprve předběžně nastavíme potenciometry P_1 a P_2 do střední polohy. Tavné pojistky 1,6 A zasuneme do držáků. Na výstup zesilovače připojíme nf voltmetr a osciloskop. Zatěžovací odpor 8Ω zatím nepřipojujeme. Nf generátor připojíme na vstup zesilovače a nastavíme výstupní napětí 1 V o kmitočtu 1 000 Hz. Teprve nyní připojíme napájecí napětí ± 42 V. Při splnění popsaných úkonů musíme na výstupu zesilovače naměřit sinusový signál větší než 15 V (neomezený ani jednostranně). Je-li vše v pořádku, odpojíme nf generátor, připojíme zatěžovací odpor 8Ω , 100 W a nastavíme klidový proud. Paralelně k emitorovému odporu R_{16} připojíme stejnsměrný milivoltmetr. Potenciometrem P_1 nastavíme výchylku přibližně 8,4 mV, čemuž odpovídá klidový proud 15 mA. Dále připojíme stejnsměrný milivoltmetr paralelně k zatěžovacímu odporu 8Ω a potenciometrem P_2 nastavíme nulovou výchylku. Nemůžeme-li tímto postupem dosáhnout uvedených údajů, zkontrolujeme napětí na jednotlivých prvcích obvodu, určeného k nastavení klidového proudu koncových tranzistorů podle obr. 80.

Je-li klidový proud nastaven, připojíme opět signál z nf generátoru na vstup koncového zesilovače. Při vstupním napětí 1,5 V má být na zatěžovacím odporu napětí přibližně 20 V. Výstupní napětí z generátoru zvětšujeme až do té míry, kdy začne zesilovač výstupní signál ome-



U_z - velikost Zenerova napětí (5-6 V)

Obr. 80. Zapojení teplotně a napětově kompenzovaného obvodu k nastavení klidového proudu koncových tranzistorů

zovat. Symetrického omezení dosáhneme přesným nastavením trimru R_8 . Neomezené výstupní napětí na zatěžovacím odporu 8Ω má být 23,6 V.

Dále změříme kmitočtovou charakteristiku. Napětí na generátoru zmenšíme o 10 dB a postupným přeladováním nf generátoru zjistíme průběh kmitočtové charakteristiky. Kmitočtová charakteristika se nesmí vychýlit z tolerančního pole ± 1 dB v rozsahu 20 Hz až 50 kHz.

Jako předposlední změříme harmonické zkreslení. Paralelně k zatěžovacímu odporu připojíme měřič zkreslení. Úroveň vstupního signálu z generátoru nastavíme tak, aby výstupní napětí bylo 1 V a zkontrolujeme přechodové zkreslení. Přechodové zkreslení nesmí být větší než 0,5 %; je-li větší, zvětšíme klidový proud potenciometry P_1 a P_2 . Klidový proud však zvětšujeme jen do (přibližně) 30 mA. Nelze-li dosáhnout uvedeného přechodového zkreslení ani při klidovém proudu 30 mA, je třeba zaměnit oba koncové tranzistory za vhodnější (tj. se stejnou charakteristikou a větším proudovým zesilovacím činitelem). Stejným způsobem zkontrolujeme harmonické zkreslení při jmenovitém výstupním výkonu 50 W. Ani v tomto případě nemá být harmonické zkreslení větší než 0,5 %. Zkreslení při výstupním výkonu 70 W, tj. při napětí 23,6 V na zatěžovacím odporu 8Ω nemá být větší než 1 %.

Na závěr změříme odstup cizích napětí. Vstup zesilovače v bodě I spojíme přes odpor $10 \text{ k}\Omega$ se zemí. Napětí na zatěžovacím odporu 8Ω by nemělo být větší než 0,7 mV.

Kontrola kompletního zařízení

Po připojení všech vstupních a výstupních jednotek, dozvukové jednotky a dvoukanalového koncového zesilovače na boční stěny provedeme pomocí propojovací formy vzájemné propojení všech uvedených částí zařízení. Rovněž provedeme připojení všech konektorů. Ohmmetrem zkontrolujeme, zda jsme u někte-



řích částí zařízení nezapomněli odstranit propojovací vodič mezi deskou vlastního spoje s příslušným subpanelem. Zemplošného spoje musí být spojena s kóstrou zařízení pouze v jednom bodě. Správnou funkci celého zařízení kontrolujeme nejdříve na výstupních jednotkách (způsobem již dříve popsaným). Potom postupně připojujeme nf generátor na jednotlivé konektory vstupních jednotek a opakujeme měření způsobem rovněž již dříve popsaným. Po kontrole koncových zesilovačů prověříme všechny ostatní konektory, které na vlastní funkci zařízení nemají přímý vliv. Jedná se o konektor pro magnetofon, výstup pro dozvukové zařízení, sluchátka apod.

Seznam součástek

Vstupní jednotka

Odporů

(všechny jsou typu TR112, není-li uvedeno jinak)

| | |
|------------------|----------------------|
| R_1 | 1 k Ω |
| R_2 | 27 Ω |
| R_3 | 0,12 M Ω |
| R_4 | 4,7 k Ω |
| R_5 | 0,1 M Ω |
| R_6 | 12 k Ω |
| R_7 | 0,15 M Ω |
| R_8 | 3,9 k Ω |
| R_9 | 220 Ω |
| R_{10} | 1 k Ω , TP040 |
| R_{11} | 4,7 k Ω |
| R_{12} | 1 k Ω |
| R_{13} | 4,7 k Ω |
| R_{14} | 22 k Ω |
| R_{15} | 0,56 M Ω |
| R_{16} | 47 k Ω |
| R_{17} | 3,9 k Ω |
| R_{18} | 680 Ω |
| R_{19} | 220 Ω |
| R_{20} | 15 k Ω |
| R_{21} | 8,2 k Ω |
| R_{22} | 15 k Ω |
| R_{23} | 2,7 k Ω |
| R_{24} | 0,15 M Ω |
| R_{25} | 0,1 M Ω |
| R_{26} | 0,12 M Ω |
| R_{27} | 2,2 k Ω |
| R_{28} | 15 k Ω |
| R_{29} | 4,7 k Ω |
| R_{30} | 220 Ω |
| R_{31} | 1 k Ω , TP040 |
| R_{32} | 15 k Ω |
| R_{33} | 330 Ω |
| R_{34} | 0,1 M Ω |
| R_{35} | 0,68 M Ω |
| R_{36}, R_{37} | 12 k Ω |
| R_{38} | 0,12 M Ω |
| R_{39}, R_{40} | 0,1 M Ω |

Kondenzátory

| | |
|------------------|--------------------|
| C_1 | 5 μ F, TE986 |
| C_2 | 500 μ F, TE981 |
| C_3 | 5 μ F, TE986 |
| C_4 | 47 pF, TK409 |
| C_5 | 10 μ F, TE986 |
| C_6 | 50 μ F, TE981 |
| C_7, C_8 | 68 nF, TC180 |
| C_9 | 1 nF, TC184 |
| C_{10} | 10 μ F, TE986 |
| C_{11} | 5 μ F, TE986 |
| C_{12} | 82 pF, TK417 |
| C_{13} | 2 μ F, TC180 |
| C_{14}, C_{15} | 22 nF, TC180 |
| C_{16} | 47 nF, TC180 |
| C_{17} | 2 μ F, TC180 |
| C_{18} | 5 μ F, TE986 |
| C_{19} | 82 pF, TK417 |
| C_{20} | 50 μ F, TE981 |
| C_{21} | 10 μ F, TE986 |
| C_{22} | 15 nF, TC180 |
| C_{23} | 330 pF, TC210 |
| C_{24} | 500 μ F, TE986 |

Potenciometry

| | |
|-----------------|---|
| P_1 | 5 k Ω /G, TP280 32/A |
| P_2, P_3, P_6 | 50 k Ω /N, TP280 32/A |
| P_4 | profilový regulátor 25 k Ω /G, 60 dB |
| P_5 | 25 k Ω /N, TP281 a 32/A |
| P_7 | 2 \times 50 k Ω /N, TP283 32/A |

Polovodiče

| | |
|-------|---------------|
| T_1 | KC509 (KC149) |
| T_2 | KC507 (KC147) |
| T_3 | KC507 (KC147) |
| T_4 | KC509 (KC149) |
| T_5 | KC507 (KC147) |

Výstupní jednotka

Odpory

(všechny jsou typu TR112, není-li uvedeno jinak)

| | |
|----------|-----------------------|
| R_1 | 0,47 M Ω |
| R_2 | 0,15 M Ω |
| R_3 | 2,2 M Ω |
| R_4 | 180 Ω |
| R_5 | 820 Ω |
| R_6 | 3,9 k Ω |
| R_7 | 4,7 k Ω |
| R_8 | 1 k Ω |
| R_9 | 22 k Ω |
| R_{10} | 4,7 k Ω |
| R_{11} | 0,56 M Ω |
| R_{12} | 47 k Ω |
| R_{13} | 3,9 k Ω |
| R_{14} | 680 Ω |
| R_{15} | 220 Ω |
| R_{16} | 0,82 M Ω |
| R_{17} | 15 k Ω |
| R_{18} | 3,3 k Ω |
| R_{19} | 10 k Ω |
| R_{20} | 10 k Ω |
| R_{21} | 10 k Ω |
| R_{22} | 10 k Ω |
| R_{23} | 10 k Ω |
| R_{24} | 47 k Ω , TP040 |
| R_{25} | 47 k Ω |
| R_{26} | 0,1 M Ω |

| | |
|----------|----------------|
| R_{17} | 4,7 k Ω |
| R_{28} | 220 Ω |
| R_{29} | 15 k Ω |

Kondenzátory

| | |
|------------------|---------------------|
| C_1 | 5 μ F, TE986 |
| C_2 | 50 μ F, TE986 |
| C_3 | 10 pF, TK409 |
| C_4 | 10 μ F, TE986 |
| C_5 | 1 nF, TC184 |
| C_6, C_7 | 68 nF, TC180 |
| C_8 | 10 μ F, TE986 |
| C_9 | 5 μ F, TE986 |
| C_{10} | 27 pF, TK409 |
| C_{11}, C_{13} | 0,15 μ F, TC180 |
| C_{12} | 10 μ F, TE986 |
| C_{14} | 100 pF, TK417 |
| C_{15} | 330 pF, TC281 |
| C_{16} | 1 nF, TC184 |
| C_{17}, C_{20} | 2 μ F, TC180 |
| C_{18} | 5 μ F, TE986 |
| C_{19} | 2 μ F, TE986 |
| C_{21} | 500 μ F, TE986 |
| C_{22} | 50 μ F, TE986 |

Potenciometry

| | |
|------------|---|
| P_1, P_2 | 50 k Ω /N, TP280 32A |
| P_3, P_4 | 25 k Ω /N + 100 k Ω /N, TP283 32A |
| P_5, P_6 | 2 \times 50 k Ω /N, TP283 32A |
| P_7 | profilový regulátor 25 k Ω /G, 60 dB |
| P_8 | 25 k Ω /G, TP280 32A |

Polovodiče

| | |
|-------|---------------------------------|
| T_1 | KC509 (KC149) |
| T_2 | KC507 (KC509), (KC147), (KC149) |
| T_3 | KC507 (KC147) |
| T_4 | KF517 |
| T_5 | KF517 |

Dozvuková jednotka

Odpory

(všechny odpory jsou typu TR112, není-li uvedeno jinak)

| | |
|------------------|----------------------|
| R_1 | 1 M Ω |
| R_2 | 22 Ω |
| R_3 | 4,7 k Ω |
| R_4 | 0,12 M Ω |
| R_5 | 0,1 M Ω |
| R_6 | 0,47 M Ω |
| R_7 | 22 k Ω |
| R_8 | 3,9 k Ω |
| R_9 | 220 Ω |
| R_{10} | 1 k Ω , TP040 |
| R_{11}, R_{12} | 12 k Ω |
| R_{13} | 1,5 k Ω |
| R_{14}, R_{15} | 0,15 M Ω |
| R_{16}, R_{17} | 2,2 Ω , TR506 |

Kondenzátory

| | |
|------------|-----------------------|
| C_1 | 5 μ F, TE986 |
| C_2 | 500 μ F, TE981 |
| C_3 | 5 μ F, TE986 |
| C_4 | 100 pF, TK417 |
| C_5 | 2 μ F, TC180 |
| C_6 | 50 μ F, TE981 |
| C_7 | 500 μ F, TE986 |
| C_8, C_9 | 2 000 μ F, TC937a |

Potenciometry

| | |
|------------|--|
| P_1 | 5 k Ω /G, TP280 32A |
| P_2 | profilový regulátor 25 k Ω /G |
| P_3, P_4 | 2 \times 50 k Ω /N, TP283 32A |

Polovodiče

| | |
|------------|---------------|
| T_1 | KC509 (KC149) |
| T_2 | KC507 (KC147) |
| D_1, D_2 | GA201 |

Koncový zesilovač

Odpory

(všechny odpory jsou typu TR112, není-li uvedeno jinak)

| | |
|------------|--|
| R_1, R_2 | 0,47 M Ω |
| R_3 | 68 k Ω |
| R_4 | 15 k Ω |
| R_5 | 560 Ω |
| R_6 | 6,8 k Ω |
| R_7 | 47 k Ω |
| R_8 | 2,2 k Ω , TPO40 |
| R_9 | 68 Ω , TR507 |
| R_{11} | 68 Ω |
| R_{12} | 47 Ω |
| R_{13} | 33 Ω |
| R_{14} | 16,8 Ω |
| R_{15} | 390 Ω , TR509 |
| R_{16} | 0,56 Ω (navinut na odporu TR114 z odporového drátu) |
| R_{17} | 15 Ω , TR506 |
| R_{18} | 180 Ω , TR506 |
| R_{19} | 22 Ω , TR505 |
| R_{20} | 390 Ω , TR509 |
| R_{21} | 68 Ω |
| R_{22} | 47 Ω |
| R_{23} | 33 Ω |
| R_{24} | 16,8 Ω |
| R_{25} | 0,56 Ω (viz R_{16}) |

Kondenzátory

| | |
|-------|--------------------|
| C_1 | 5 μ F, TE986 |
| C_2 | 27 pF, TK409 |
| C_3 | 330 pF, TC281 |
| C_4 | 50 μ F, TE986 |
| C_5 | 500 μ F, TE986 |
| C_6 | 47 nF, TC181 |

Polovodiče

| | |
|----------|----------------------------------|
| T_1 | KC509 |
| T_2 | KF507 |
| T_3 | KU601 |
| T_4 | KD503 (2N3055, BD130) |
| T_5 | KD503 (2N3055, BD130) |
| R_{t1} | tyčinkový termistor 100 Ω |
| R_{t2} | tyčinkový termistor 100 Ω |
| D_1 | 1NZ70 |
| D_2 | 1NZ70 |
| D_3 | KY701 |
| D_4 | KY701 |

Napájecí zdroj

Odpory

| | |
|-------|----------------------|
| R_1 | 2,2 Ω , TR506 |
| R_2 | 270 Ω , TR506 |

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| R_3 | 820 Ω , TR506 |
| R_4 | 39 Ω , TR112 |
| R_5 | 180 Ω , TR112 |
| R_6 | 2,2 k Ω , TP680 11E |
| R_7 | 1 k Ω , WK65053 |
| R_8 | 15 Ω , TR506 |
| R_9 | 820 Ω , TR506 |
| R_{10} | 1,5 k Ω , TR506 |
| R_{11} | 39 Ω , TR112 |
| R_{12} | 180 Ω , TR112 |
| R_{13} | 2,2 k Ω , TP680 11E |
| R_{14}, R_{15}, R_{16} | 1 k Ω , WK650 53 |

Kondenzátory

| | |
|------------|-------------------------------|
| C_1, C_2 | 5 000 μ F, TC937a |
| C_3 | 47 nF, TC180 |
| C_4 | 200 μ F, TE988 |
| C_5 | 5 000 μ F, TC937a |
| C_6 | 500 μ F, TE986 |
| C_7 | 5 μ F, TE986 |
| C_8 | 200 μ F, TE988 |
| C_9 | 5 \times 200 μ F, TE988 |
| C_{10} | 200 μ F, TE988 |
| C_{11} | 5 μ F, TE986 |
| C_{12} | 47 nF, TC181 |

Polovodiče

| | |
|-------------------|-------|
| D_1 až D_4 | KY710 |
| D_5 až D_8 | KY702 |
| D_9 až D_{12} | KY703 |
| D_{13}, D_{14} | 6NZ70 |
| T_1 | 6NU73 |
| T_2 | KF508 |
| T_3 | 6NU73 |
| T_4 | KF508 |

Ostatní odpory (všechny jsou typu TR112)

| | |
|------------------------|-----------------|
| R_{101} až R_{110} | 0,1 M Ω |
| R_{111}, R_{113} | 0,47 M Ω |
| R_{112}, R_{114} | 4,7 k Ω |
| R_{115}, R_{116} | 1 k Ω |

Rozpiska mechanických dílů

| Pozice | Kusů | Název | Obr. |
|--------|-------|--------------------------------|------|
| 1 | 5 | Šasi vstupní jednotky | 45 |
| 2 | 1 | Šasi dozvukové jednotky | 54 |
| 3 | 1 | Šasi výstupní jednotky | 60 |
| 4 | 1 | Šasi koncového zesilovače | 69 |
| 5 | 5 | Panel vstupní jednotky | 50 |
| 6 | 1 | Panel dozvukové jednotky | 58 |
| 7 | 1 | Panel výstupní jednotky | 64 |
| 8 | 1 | Panel koncového zesilovače | 76 |
| 9 | 32 | Průchodka | 48 |
| 10 | 25 | Sloupek | 51 |
| 11 | 11 | Podložka potenciometru zisku | 47 |
| 12 | 26 | Sloupek tahového potenciometru | 46 |
| 13 | 4 | Chladič tranzistorů | 73 |
| 14 | 4 | Spojka | 74 |
| 15 | 1 | Úhelník | 57 |
| 16 | 4 | Příchytka termistoru | 75 |
| 17 | 1 + 1 | Zadní lišta | 39 |
| 18 | 1 | Stínění | 41 |
| 19 | 1 | Kufr | 38 |
| 20 | 38 | Nýtovací matice | 40 |
| 21 | 11 | Knoflík zisku | 52 |

Literatura

- [1] *Burdych, J.*: Co je západoněmecká Hi-Fi norma DIN 45 500. Hudba a zvuk č. 2, 3/1968.
- [2] *Breh, K.*: Články Hi-Fi zařízení. Hudba a zvuk č. 8/1970.
- [3] Měření na zesilovačích pro věrnou reprodukci podle normy DIN 45500. Radiový konstruktér č. 4/1970, str. 18 až 28.
- [4] Norma ČSN 36 7420: Nízkofrekvenční zesilovače pro elektroakustiku.
- [5] *Kovařík, B.*; *Smetana, C.*: Korektory. SNTL: Praha 1963.
- [6] *Čermák, J.*; *Jurkovič, K.*: Návrh a konstrukce nízkofrekvenčních tranzistorových zesilovačů. SNTL: Praha 1972.
- [7] *Čermák, J.*; *Navrátil, J.*: Tranzistorová technika. SNTL: Praha 1969.
- [8] *Budínský, J.*: Nízkofrekvenční tranzistorové zesilovače. SNTL: Praha 1965.
- [9] Telefunken Laborbuch; Band IV. AEG-Telefunken.
- [10] Katalog: Siemens Halbleiter Datenbuch 1968/69, Standard-Typen.
- [11] *Šellingner, K.*; *Bukovský, J.*: Stereofonní směšovací pult Transimix-stereo. Hudba a zvuk č. 4, 5, 7/1969.

Výsledky IV. konkursu vyhlášeného OP TESLA a redakcí Amatérské radio na nejlepší amatérské konstrukce 1972

V říjnu a listopadu byl vyhodnocen a uzavřen čtvrtý ročník konkursu, vyhlášený redakcí časopisu Amatérské radio a Obchodním podnikem TESLA na nejlepší radioamatérské konstrukce. Všechny přihlášené konstrukce posuzovala a vybrané prověřovala komise v tomto složení: ing. J. Klika, n. p. TESLA (předseda komise); ing. F. Šmolík, šéfredaktor AR (zástupce předsedy); K. Donát, technický náměstek ředitele OP TESLA, ing. J. Vackář, CSc, laureát st. ceny KG (GR TESLA); ing. J. Čermák, CSc (Výzkumný ústav telekomunikací); pplk. V. Brzák (tajemník Federální rady ÚRK ČSSR), Z. Hradiský (Ústřední dům pionýrů a mládeže J. Fučíka) a L. Kalousek (zástupce šéfredaktora AR).

Po rozdělení exponátů do jednotlivých kategorií podle vypsaných podmínek a po jejich zhodnocení ze všech stanovených hledisek rozhodla komise stanovit ceny a odměny takto:

(neudělené ceny z kategorií Ia, Ib a II byly převedeny do kategorie III)

Kategorie Ia

Ota Macháň, Chomutov – poukázka na zboží v hodnotě 150,— Kčs za telegrafní stanici MO1).

Kategorie Ib

1. cena: ing. Vojtěch Mužík, Praha 10 – 1 500,— Kčs v hotovosti a poukázka v hodnotě 500,— Kčs (Miniwatt – stereofonní zesilovač 2 × 3 W s IO).

V této kategorii byly přiznány tyto další odměny:

Bořivoj Kůla, Nehvizdky – poukázka v hodnotě 500,— Kčs (zkoušeč tyristorů);

Bořivoj Kůla, Nehvizdky – poukázka v hodnotě 500,— Kčs (elektronický zámek na kód);

V. Špičák, Praha 3 – poukázka v hodnotě 500,— Kčs (elektronická kukačka).

Kategorie II

1. cena: neudělena.

2. cena: ing. Milan Ručka, Praha 10 – poukázka v hodnotě 1 500,— Kčs (časový spínač 1 až 60 s se stmívačem).

3. cena: Jaroslav Novotný, Žleby – poukázka v hodnotě 500,— Kčs (měřič tranzistorů Tranzitest 01).

Další odměny v této kategorii:

- PhDr. Ludvík Kellner, Praha – poukázka v hodnotě 500,— Kčs (ohmmetr do 100 MΩ s lineární stupnicí);
Petr Kabelka, Praha 4 – poukázka v hodnotě 200,— Kčs (stereofonní zesilovač pro mírně pokročilé);
ing. Miroslav Volný, Sklářská – poukázka v hodnotě 200,— Kčs (přesný tranzistorový nespojitý regulátor).

Kategorie III

1. cena: ing. Jiří Jireš, Poděbrady – 3 000,— Kčs v hotovosti (čtyřmístný čítač s IO do 25 MHz).
2. cena: Vojtěch Valčík, Šardice – poukázka v hodnotě 2 500,— Kčs (elektronické varhany 1972).
3. cena: Pavel Panenka, Postoloprty – poukázka v hodnotě 2 000,— Kčs (souprava dálkového ovládací modelů).

Další odměny v této kategorii:

- ing. Otakar Šťastný, Přívory – 1 000,— Kčs v hotovosti (univerzální čítač);
ing. Miroslav Arendáš, Letňany – 1 000,— Kčs v hotovosti (elektronická hrací kostka);

- ing. J. T. Hyan, Praha – 1 000,— Kčs v hotovosti (číslicový kmitočtoměr);
Jozef Teško, Oldřich Habada, Josef Pomije, Blatná – 500,— Kčs v hotovosti (elektronické varhany Betty);
Josef Řihák, Kyjov – poukázka v hodnotě 500,— Kčs (Akordeon s integrovanými obvody „IN 12-t“);
ing. Karel Mráček, Praha 1 – poukázka v hodnotě 300,— Kčs (analyzátor zapalování);
Jiří Šimeček, ing. Vlastimil Voleník, Praha – poukázka v hodnotě 300,— Kčs (nf zesilovač 50 W se směřovací pulsem);
ing. Pavel Holan, Pavel Porazil, Rožnov p. Radh. – poukázka v hodnotě 300,— Kčs (poloautomatický telegrafní klíč);
Petr Kabelka, Praha 4 – poukázka v hodnotě 200,— Kčs (tranzistorový směšovací pult);
Miroslav Vokřínek, Praha 9 – poukázka v hodnotě 200,— Kčs (automatika k nabíječce akumulátorů);
Vladimír Hůlek, Hradec Králové – poukázka v hodnotě 150,— Kčs (tranzistorová ladička pro hudební nástroje).

OP TESLA a redakce AR děkují všem účastníkům konkursu a blahopřejí odměněným autorům.

Pátý ročník konkursu redakce AR a Obchodního podniku TESLA na nejlepší radioamatérské konstrukce

Současně s výsledky čtvrtého ročníku konkursu uveřejňujeme i podmínky dalšího, pátého ročníku konkursu AR – TESLA, jehož cílem je jednak podnítit radioamatéry k tvořivé práci, a jednak umožnit i profesionálním pracovníkům v elektronice, aby svými „mimoslužebními“ pracemi pomohli rozšiřovat pestrost publikovaných konstrukcí.

Podmínky tohoto pátého ročníku konkursu zůstávají v podstatě stejné jako

v minulých konkurech. Změna je pouze v tom, že konkurs je pro letošní rok vypsán jako *neanonymní*, neboť anonymita soutěžících vylučovala styk s autory konstrukcí před vyhodnocením konkursu, což se z hlediska obou organizací, které konkurs vypisují, jevílo jako podstatný nedostatek.

Pro ty, kteří se ještě konkursu nezúčastnili, opakujeme všechny podmínky pro účast v plném znění.

Podmínky konkursu

1. Účast v konkursu je zásadně neanonymní. Může se jej zúčastnit každý občan ČSSR. Konstruktor, který se do konkursu přihlásí, označí žádanou dokumentaci svým jménem a úplnou adresou, případně i dalšími údaji o tom, jak je možno vejít s ním v co nejkratším čase do styku (telefonní číslo do bytu, do zaměstnání, přechodné bydliště atd.).
2. Konkurs je rozdělen na tři kategorie dále podrobně uvedené. V kategorii I a II musí být v konstrukci použity jen součástky dostupné v běžné prodejní síti, v kategorii III součástky československé výroby (tedy i součástky, které je možno získat přímým jednáním s výrobním podnikem).
3. K přihlášce zaslané do 15. září 1973 na adresu redakce Amatérské radio, Lublaňská 57, Praha 2; s výrazným označením „KONKURS“, musí být připojena tato dokumentace: podrobné schéma, naměřené vlastnosti, mechanické výkresy, kresby použitých plošných spojů, reprodukceschopné fotografie vnějšího i vnitřního provedení (nejlépe 9×12 cm), podrobný popis činnosti a návod na praktické použití přístroje (vše zpracováno ve formě článku). Pokud nebude zaslaná dokumentace kompletní, bude přihlášený příspěvek vyřazen z hodnocení.
4. Každý účastník konkursu je povinen doručit na požádání na vlastní útraty do redakce AR přihlášenou konstrukci a dát ji k dispozici k potřebným zkouškám a měřením. Autoři konstrukcí vybraných do užšího výběru budou oznámeni v AR 10/73 s tím, do kdy mají doručit konstrukce do redakce (pravděpodobně max. do 31. října).
5. Do konkursu mohou být přihlášeny jen ty konstrukce, které ještě nebyly na území ČSSR publikovány. Redakce AR si přitom vyhrazuje právo na jejich zveřejnění.
6. Přihlášené konstrukce bude hodnotit komise ustavená po dohodě pořadatelů konkursu. Její složení bude oznámeno dodatečně. Komise si může vyžádat i spolupráci specializovaných odborníků a laboratoří n. p. TESLA. Členové komise se nesmějí konkursu zúčastnit. Návrhy komise schvaluje s konečnou platností redakční rada AR v dohodě s Obchodním podnikem TESLA.
7. Při hodnocení konstrukcí se bude kromě jejich vlastností, technického i mechanického provedení zvláště přihlížet k jejich reprodukovatelnosti, k uplatnění nových součástek a k původnosti zapojení a konstrukce, pokud by konstrukce byly jinak rovnocenné.
8. Bude-li kterákoli kategorie obeslána mimořádným počtem konstrukcí odpovídající úrovně, budou druhá a třetí cena v této kategorii zdvojeny, tj. budou vyplaceny dvě druhé a dvě třetí ceny v původně stanovené výši. V opačném případě si pořadatelé konkursu vyhrazují právo neudělit první, druhou nebo třetí cenu a převést odměny na další ceny do těch kategorií, které budou nejlépe obeslány, popř. udělit podle vlastního uvážení čestné odměny ve formě poukázek na zboží v hodnotě 100 až 300 Kčs.
9. Všechny konstrukce přihlášené do konkursu, které budou uveřejněny v Amatérském radiu, budou kromě toho běžně honorovány.
10. Pro uveřejnění popisu kterékoli konstrukce za běžný honorář v Amatérském radiu není rozhodující získání ceny v konkursu.
11. Veškerá dokumentace konstrukcí, které nebudou ani odměněny, ani vybrány k uveřejnění, bude autorům (na požádání) vrácena.
12. Výsledek konkursu bude všem odměněným sdělen písemně do 15. prosince 1973 a otištěn nejpozději v AR 1/1974.

Kategorie konkursu

Kategorie byly zvoleny podle vyspělosti a zájmů účastníků takto:

I. kategorie

– stavebnice jednoduchých přístrojů pro začátečníky a mírně pokročilé radioamatéry (především pro mládež od 14 do 18 let). Jde o jednoduchá zařízení, např. rozhlasové přijímače, bzučáky, domácí telefony, zesilovače a různá jiná užitková zařízení, která by mohla obchodní organizace TESLA prodávat jako soubor součástí ve formě stavebnic pro mládež a začínající amatéry. Pokud půjde o konstrukce na plošných spojích, bude je dodávat prodejna Svazarmu, Praha 2 – Vinohrady, Budečská 7 (tel. 250733).

Tato kategorie je rozdělena do dvou větví a dotována cenami takto:

a) pro začátečníky:

1. *cena:* 1 500 Kčs v hotovosti a poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 500 Kčs,
2. *cena:* poukázka na zboží v hodnotě 1 000 Kčs,
3. *cena:* poukázka na zboží v hodnotě 500 Kčs.

b) pro mírně pokročilé:

1. *cena:* 1 500 Kčs v hotovosti a poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 500 Kčs,

2. *cena:* poukázka na zboží v hodnotě 1 000 Kčs,

3. *cena:* poukázka na zboží v hodnotě 500 Kčs.

II. kategorie

– libovolné konstrukce z nejrůznějších oborů elektroniky a radiotechniky (přijímací a vysílací, televizní a měřicí technika, nízkofrekvenční a stereofonní technika, aplikovaná elektronika, automatizace a technika pro průmyslové využití atd.). Jediným omezením v této kategorii je použití maximálně šesti aktivních prvků, přičemž aktivním prvkem se rozumí elektronka, tranzistor, popřípadě integrovaný obvod.

Kategorie je dotována takto:

1. *cena:* 2 000 Kčs v hotovosti,
2. *cena:* poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 1 500 Kčs,
3. *cena:* poukázka na zboží v hodnotě 1 000 Kčs.

III. kategorie

– libovolné konstrukce z nejrůznějších oborů elektroniky a radiotechniky s více než šesti aktivními prvky.

Kategorie má tyto ceny:

1. *cena:* 3 000 Kčs v hotovosti,
2. *cena:* poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 2 500 Kčs,
3. *cena:* poukázka na zboží v hodnotě 2 000 Kčs.

NEZAPOMEŇTE, že v březnu vyjde Ročenka AR, obsahující data nejpoužívanějších a nejnovějších tranzistorů, FET, usměrňovacích, stabilizačních a referenčních diod výrobců ze SSSR, Japonska, USA, NDR, MLR, PLR, Jugoslávie, západní Evropy atd.

Ročenka bude mít asi 250 stran formátu A4 a bude k dostání v prodejnách PNS, n. p. Kniha a pro jednotlivé čtenáře ji bude zasílat na dobírku specializovaná prodejna technické literatury n. p. Kniha, Praha 2, Karlovo nám. 19, kde si ji již dnes můžete objednat. Ročenka bude stát 25,— Kčs.

OPRAVA. V Radiovém konstruktéru č. 6/1972 je opomenut v obr. 13 (zesilovač ACC-10 W) údaj napájecího napětí a jiné údaje. Zesilovač se napájí stejnosměrným napětím 35 V, tranzistory jsou číslovány zleva doprava, R_1 je trimr 0,68 M Ω mezi bází druhého tranzistoru a středem rozděleného kolektorového odporu stejného tranzistoru. Mezi větev kladného napájecího napětí a bází čtvrtého tranzistoru (KU605) je třeba zařadit odpor (odpor se určí podle vlastností dvojice KU611-KU605).

OBSAH

Finis coronat opus

Směšovací pult s koncovými zesilovači 2 × 70 W

| | |
|--|----|
| Základní požadavky | 2 |
| Normy ČSN 36 7420 a DIN 45 500 | 2 |
| Blokové schéma | 4 |
| Předběžné technické parametry | 6 |
| Úrovňový diagram | 7 |
| Návrh vstupní jednotky | 7 |
| Vstupní zesilovač | 8 |
| Korekční zesilovač | 11 |
| Zesilovač s filtrem „prezens“ | 12 |
| Regulátor stereofonní základny a regulátor dozvuku | 13 |
| Výstupní jednotka | 15 |
| Vstupní zesilovač výstupní jednotky | 16 |
| Zpětnovazební korektor výstupní jednotky | 17 |
| Filtry šumu a hluku | 17 |
| Emitorový sledovač s indikátorem výstupní úrovně | 19 |
| Zesilovač pro dozvukové zařízení | 20 |
| Návrh koncových zesilovačů | 21 |
| Koncový zesilovač s doplňkovými tranzistory | 21 |
| Koncový zesilovač s tranzistory stejného typu | 23 |
| Napájecí zdroj | 28 |

Mechanická stavba

| | |
|--|----|
| Konstrukce jednotlivých dílů pultu | 31 |
|--|----|

Oživení a nastavení

| | |
|---|----|
| Oživení a nastavení jednotlivých obvodů pultu | 50 |
|---|----|

Rozpiska mechanických a elektrických dílů

| | |
|--------------------------------------|----|
| Rozpiska elektrických dílů | 56 |
| Rozpiska mechanických dílů | 58 |

Literatura

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR – vydává vydavatelství MAGNET, Praha 1, Vladislavova 26, telefon 260651-9 ● Šéfredaktor ing. František Smolík ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 296930 PSČ 120 00 ● Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, ing. J. Čermák, CSc., J. Dlouhý, K. Donát, J. Harminc, L. Hlinský, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradiský, ing. J. T. Hyan, ing. J. Jaroš, ing. F. Králík, K. Novák, ing. O. Petráček, A. Pospíšil, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, J. Ženíšek ● Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 4,50 Kčs, pololetní předplatné 13,50 Kčs, roční předplatné 27,— Kčs ● Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET – administrace, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Dohlédací pošta 07 ● Tiskne Polygrafia závod 01, Svobodova 1, Praha – Vyšehrad ● Za původnost příspěvku ručí autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připojena frankovaná obálka se zpětnou adresou ● Toto číslo vyšlo 23. ledna 1973.

© Vydavatelství Magnet Praha

PLOŠNÉ SPOJE

udělejte si sami!
Nabízíme vám:

CUPREXTITOVÉ DESKY

(asi 30 × 30 cm). Jednostranně plátovaný cuprextit tloušťky 1,5 mm, prodejní cena podle váhy (1 kg = 145 Kčs), 1 deska asi 40 Kčs.

SOUPRAVA CHEMIKÁLIÍ,

v níž jsou všechny přípravky včetně podrobného návodu na výrobu plošných spojů o ploše asi 1 500 až 3 000 cm². Prodejní cena jedné soupravy je 39 Kčs.

Cuprextitové desky a chemikálie jsou vhodné pro radioamatéry, výuková střediska, polytechnickou výchovu, školy, výzkumné ústavy a všechny, kteří se zabývají technikou na plošných spojkách jednotlivě vyráběných. Socialistickým organizacím dodáváme na fakturu.

VELKOOBCHODNÍ PRODEJ:

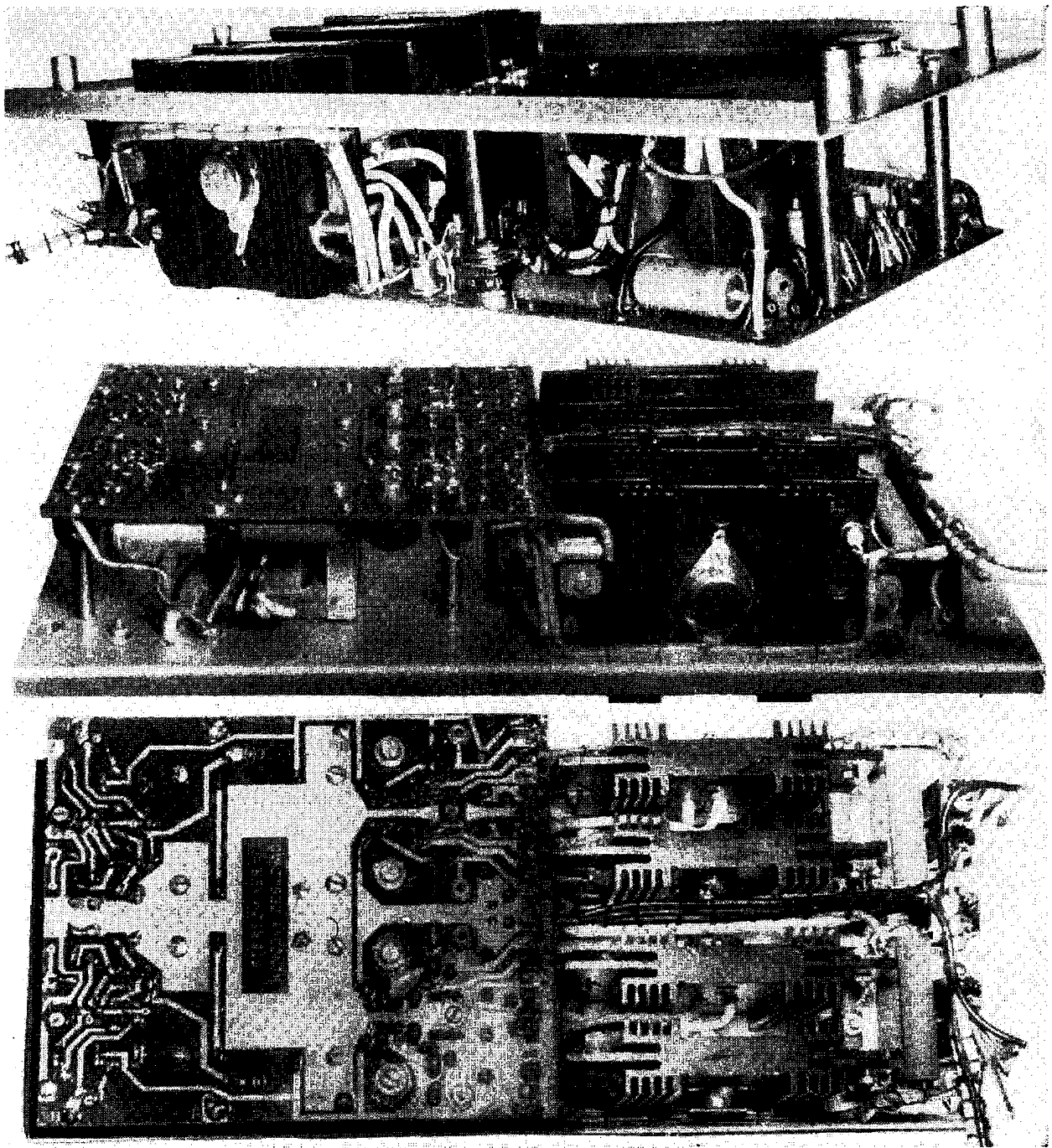
Praha 1, Karlova 27, tel. 262941 - 2

PRO RADIOAMATÉRY - v prodejnách TESLA:

- Praha 1, Martinská 3, tel. 240 732
- Praha 1, Dlouhá 15, tel. 664 46
- Praha 1, Dlouhá 36, tel. 634 16
- Praha 1, Soukenická 3, tel. 661 61 (prodejna II. jakosti)
- Praha 2, Slezská 6, tel. 257 172
- Kladno, Čs. armády 590, tel. 3112
- Pardubice, Palackého tř. 580, tel. 200 96
- České Budějovice, Jírovцова 5, tel. 7315

Součástky pro radioamatéry nabízejí též všechny ostatní prodejny TESLA v ČSSR. Cuprextit obdržíte též dobírkou ze Zásilkové služby TESLA, Uherský Brod, Moravská 92.

PRODEJNY TESLA



Obr. 68. Pohled na šasi koncového zesilovače

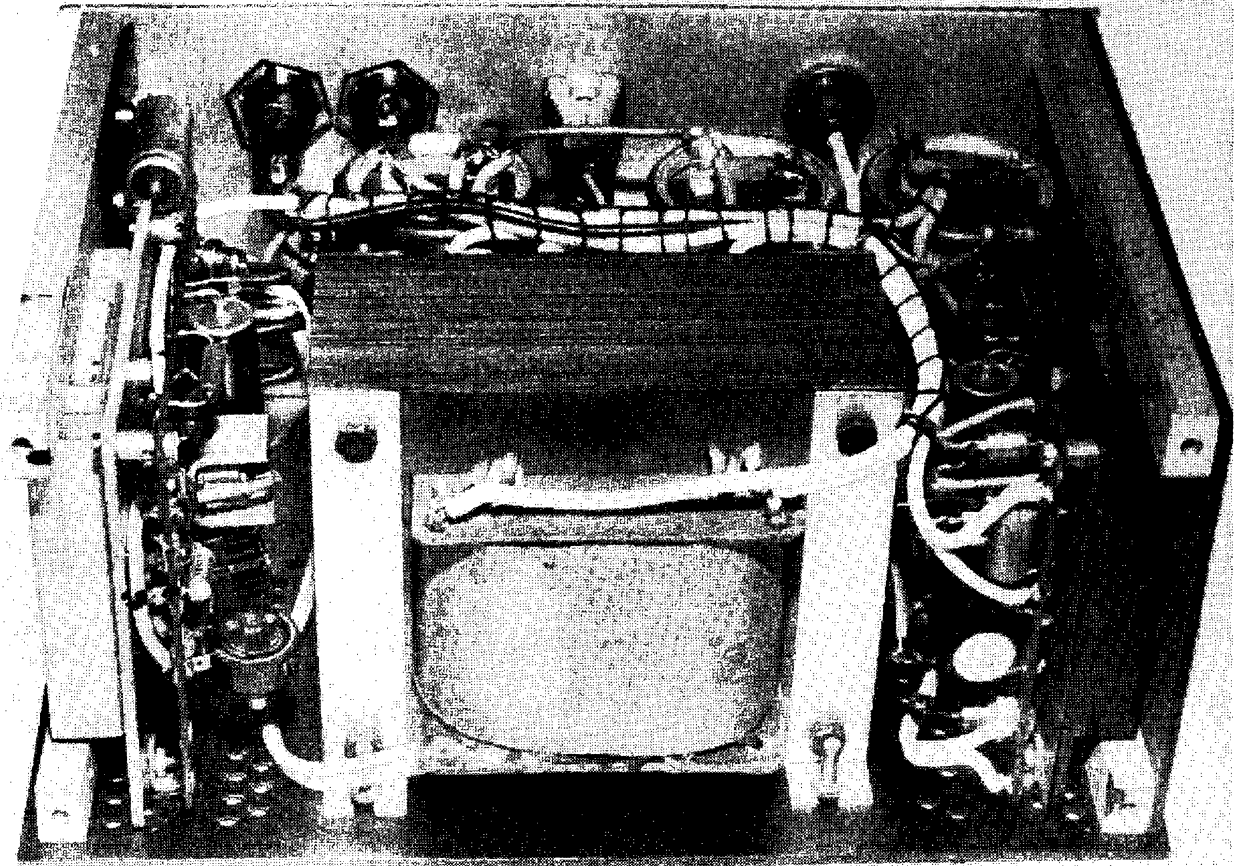
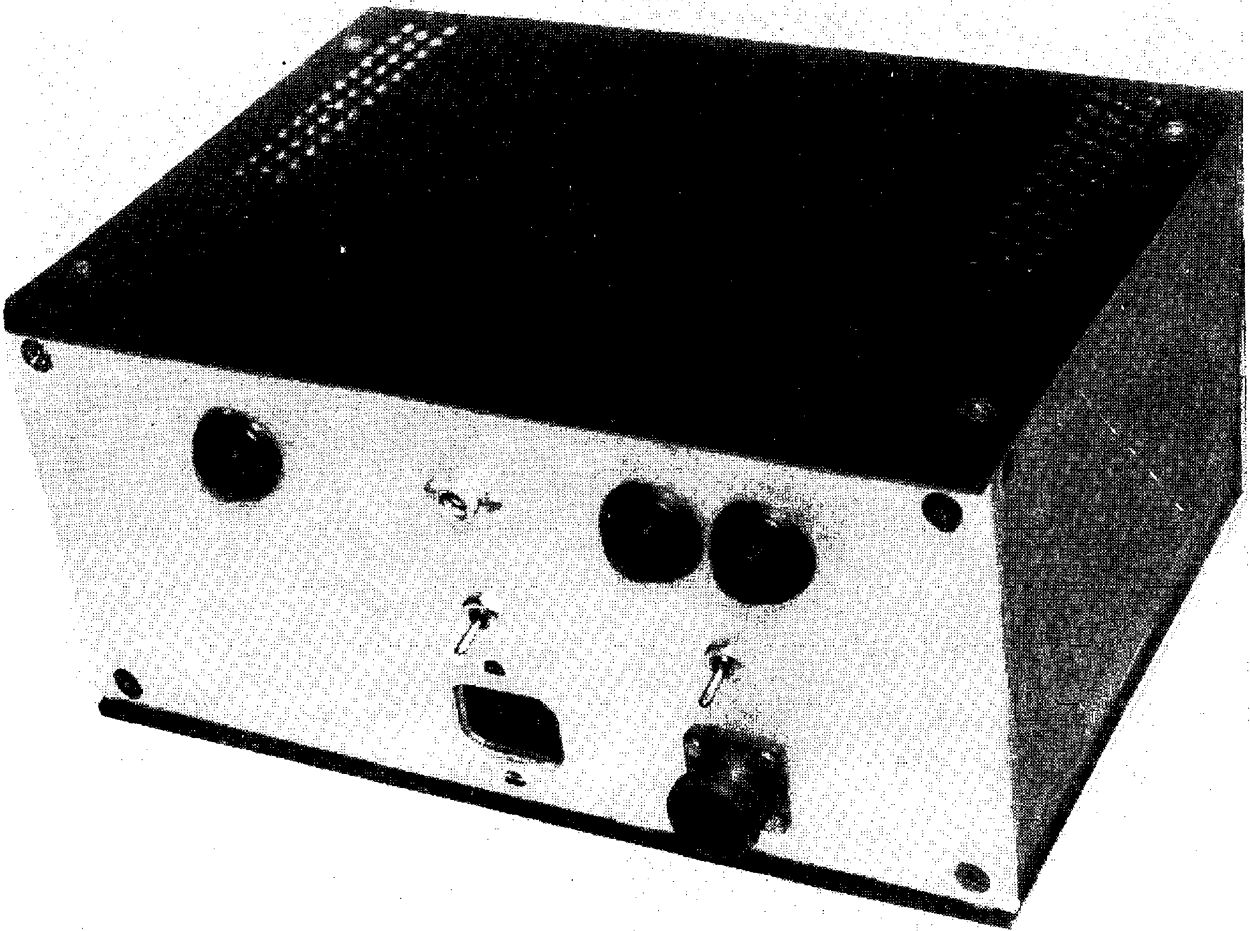
Na 3. straně obálky: Vnější a vnitřní provedení zdroje pro směšovací pult

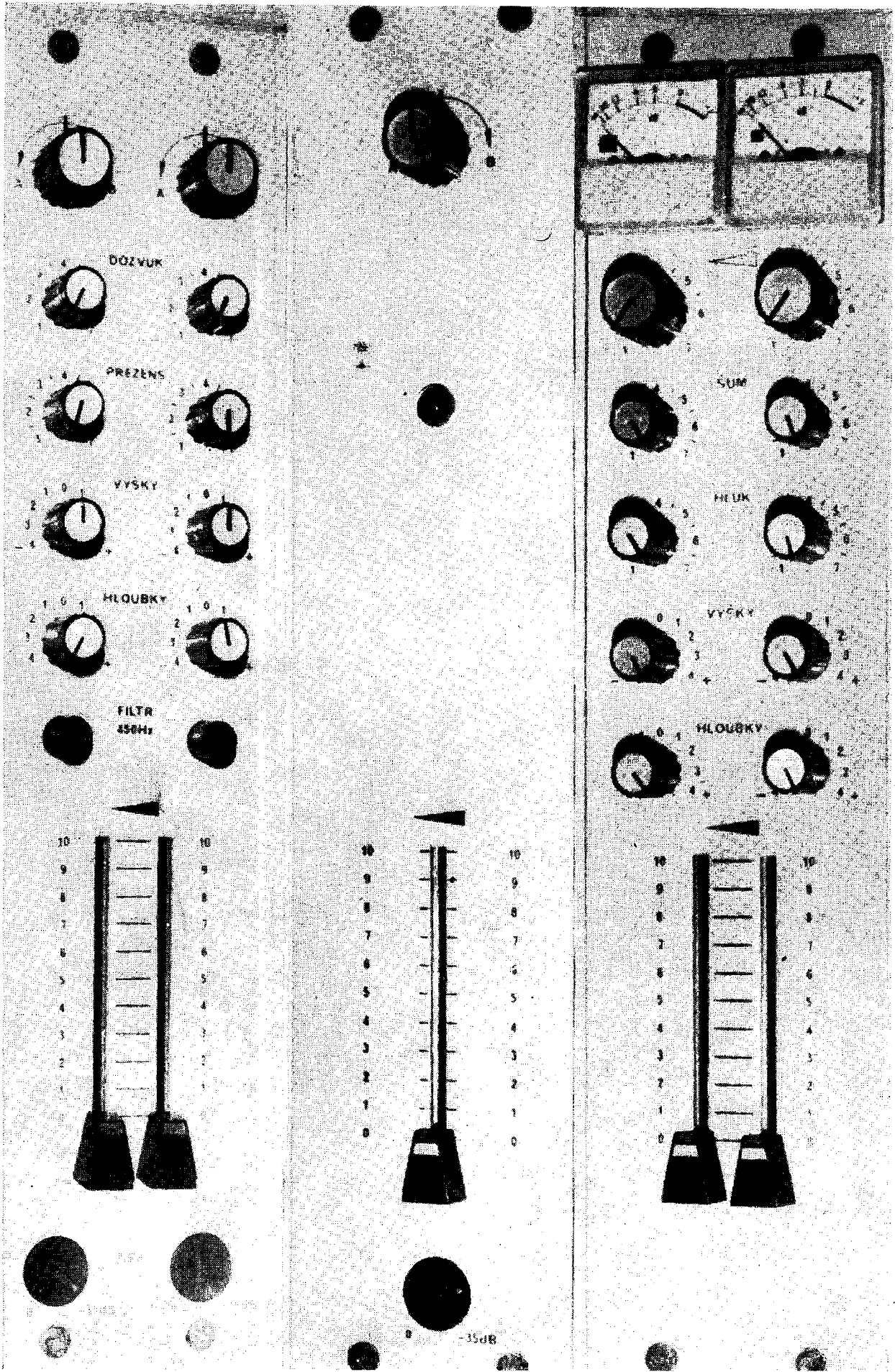
Na 4. straně obálky (zleva do prava)

Obr. 49. Pohled na panel vstupní jednotky

Obr. 59. Pohled na panel dozvukové jednotky

Obr. 65. Pohled na panel výstupní jednotky





DOZVUK

PREZENS

VYSKY

HLOUBKY

FILTR
450Hz

SUM

HLEK

VYSKY

HLOUBKY

-35dB