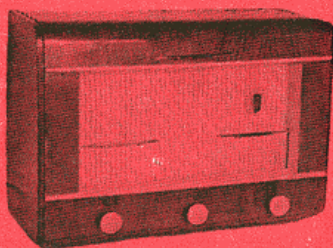


ZBYNĚK MADEJ

av tic an

levná, výkonová,
nízkofrekvenční,
zesilovací aparatura
pro věrný přednes



ZBYNĚK MADEJ

AVANTIC

Levná výkonová nízkofrekvenční zesilovací aparatura pro věrný přednes

STAVEBNÍ NÁVOD A POPIS

Svazek 31

*

Ve Vydavatelství obchodu vydává podnik

DOMÁCÍ POTŘEBY — PRAHA

VAŽENÍ PŘÁTELÉ!

Jsme si vědomi značných výhod a obliby stavebnicového provedení výrobků, které se s velkým úspěchem používá v celém světě; jeho základním znakem je právě systém montáže. Jednotlivé mechanické součásti jsou voleny a tvořeny tak, že s minimálními úpravami lze z nich jednoduchou montáží vytvořit požadovaný přístroj. Můžeme říci, že tento systém při publikovaných typech zesilovačů zatím chyběl, neboť se doporučovalo domácí zhotovení transformátorů, šasi a podobných součástí, což pro mnohé zájemce je často nejenom technicky a prakticky nemožné, ale i po pracovní stránce nezajímavé. Vyšli jsme z těchto zkušeností a rozhodli jsme se použít při konstrukci Avantiku výhradně takové součásti a materiály, které s co nejmenší úpravou mohou plně odpovídat našim požadavkům. Neméně důležitým vodítkem nám bylo i dokonalé materiálové zabezpečení všech součástí, které prodávají prodejny podniku Domácí potřeby.

Ještě zbývá vyjasnit otázku typu použitých zesilovacích prvků, tj. rozhodnout mezi tranzistory a elektronkami. Není pochyb o tom, že tranzistory mají větší perspektivu i u síťových přístrojů, jejichž provoz je ekonomičtější a stačí jim menší vestavný prostor. Avšak vycházíme-li z čistě praktického hlediska a ze stanoviska čtenáře, nesmíme v našem případě opominout jiné podstatné skutečnosti, které v současném stavu mluví ve prospěch elektronek. Nevýhody nalézáme převážně u výkonných tranzistorů, které zatím nejsou běžně dostupné a mimo to jejich cena je v poměru k elektronkám při horších elektrických parametrech podstatně vyšší.

Jestliže jsme si již na začátku stanovili jako základní předpoklad stavebnicové provedení a plné materiálové zabezpečení, nebylo by možno jej splnit, protože by vznikly potíže nejen se zajištěním tranzistorů, nýbrž i ostatních součástí, např. transformátorů, stabilizačních odporů a podobně. Dále musíme zvážit nízkou vstupní impedanci, nižší meznou frekvenci a větší zkreslení proti běžným typům elektronek, z čehož nám vychází větší počet použitých zesilovacích jednotek — tranzistorů proti elektronkám a tím i vyšší cena. Nechceme tímto bojovat proti zavádění tranzistorů, neboť jsme si plně vědomi jejich vítězného postupu ve slaboproudé technice, avšak máme-li splnit dané podmínky, musíme reálně přihlížet k současným možnostem. Proto jsme se rozhodli při konstrukci našeho přístroje pro elektronky, ač je nám známa i možnost výhodného spojení tranzistorů s elektronkami.

Opodstatnění pro vydání tohoto návodu spatřujeme především v poměrném nedostatku a značné ceně (myšleno z hlediska amatéra) podobných zařízení sériové výroby. Zhotovené zařízení můžeme použít nejen pro kvalitní domácí poslech, ale i pro ozvučení kluboven, společenských místností, sportovišť a podobně. Nakonec ve spojení se stavebním návodem č. 23 a 27 jako výkonové reprodukcí zařízení. Předpokládáme, že tento radiotechnický návod bude velmi účelnou pomůckou pro školení mladých slaboproudářů. Řečeno v kostce, „suchým“ technickým popisem, jedná se o podrobný stavební návod na zhotovení elektronkového, síťového, výkonového zesilovače s výstupním výkonem 40 W. Zesilovač je upraven pro připojení míchacího pultu, jehož stavební návod vyjde v některém z příštích čísel. Svými elektrickými parametry se řadí mezi dobré reprodukcí aparatury — v odborných kruzích nazývané Hi-fi zařízení.

Jistě nám kvalifikovaní pracovníci prominou příliš detailní a důkladné zpracování některých kapitol, avšak naproti tomu začátečníci uvítají kapitolu „praktické pokyny pro stavbu“, podle které bezpečně dojdou ke konečnému cíli. Při popisu i výkladu jednotlivých částí jsme sledovali dokonalé čtenářovo seznámení s problémy a komplikacemi návrhu, aby každému byla jasná opodstatněnost koncepce. Do počátečních kapitol jsme zařadili trochu jednoduché teorie, která podána srozumitelnou formou zvýší technickou úroveň amatérů — začátečníků.

Věříme, že s trochou šikovnosti dosáhne každý bez větších obtíží svého cíle a k tomu přejeme mnoho zdaru.

AUTOR

1. ZHODNOCENÍ KONSTRUKČNÍCH SMĚRŮ V ZESILOVAČOVÉ TECHNICE

Prvním význačným a praktickým krokem vpřed byl známý Williamsonův zesilovač z roku 1947, lišící se od předchozích typů promyšleným uspořádáním zapojení; respektivo veškerá v tehdejší době známá a teoreticky podložená fakta. Zakrátko nato získal velkou oblibu tak zvaný Hi-fi zesilovač (z angličtiny: high fidelity — přeloženo: vysoce věrný), který se v různých obdobích udržel až dodnes.

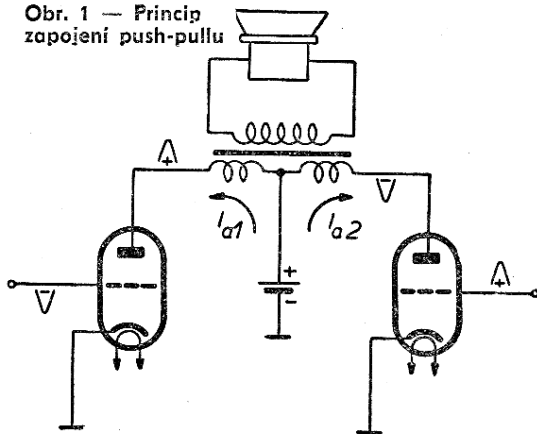
U většiny koncových stupňů dnešních nízkofrekvenčních aparatur je použito dvojčinného zapojení výkonových elektroněk (dalšími názvy: zapojení push-pullové, souměrné, protitaktní — základním znakem pro toto uspořádání je použití dvou spřažených elektroněk jako koncového zesilovače), protože tento způsob má proti běžnému nesouměrnému koncovému zesilovači mnoho výhod (pod pojmem nesouměrný stupeň rozumíme zapojení s jednou koncovou elektronkou). Skutečnost, že výstupní transformátor není za provozu trvale magneticky sycen průtokem ss proudu, vede nesporně k menšímu zkreslení a také k jeho snadnějšímu návrhu. Trvalé ss sycení proti nesouměrnému zapojení je menší proto, že anodové proudy koncových elektroněk protékají vinitím ze středu výstupního transformátoru opačnými směry, takže mají-li elektronky shodný anodový proud, ruší se vzájemně jimi vyvolané magnetické toky v jádře transformátoru (obr. 1). Další významná přednost dvojčinného zapojení

tkví v jeho schopnosti téměř úplně potlačit zkreslení sudými harmonickými, které vznikají vlivem nelineárních přibližně kvadratických průběhů mřížkových charakteristik koncových elektroněk. Liché harmonické se však neruší. Uvědomíme-li si, že v celkovém tvarovém zkreslení mají největší amplitudu druhé harmonické, zmenší se tudíž při jejich potlačení podstatně i celková hodnota nelineárního zkreslení. Z uvedeného vyplývá značná výhoda triod, které zkreslují převážně sudými harmonickými proti pentodám zkreslujícím převážně i lichými harmonickými. Další výhodou souměrného zapojení je možnost provozu s různým pracovním bodem koncových elektroněk, tj. ve třídě A, B

a AB. Tímto způsobem zvyšujeme účinnost zesilovače, takže poměr užitečného (výstupního) výkonu k příkonu je mnohem příznivější než u zapojení nesouměrných. Poslední přednost dvojčinného stupně spočívá v malé citlivosti na zvlnění anodového napájecího napětí, což vysvětluje ze souměrnosti zesilovací jednotky (obr. 1).

Zde zvýšení nebo snížení napětí na anodě jedné elektronky je provázáno současným zvýšením nebo snížením napětí na anodě elektronky protější, takže anodový proud obou elektroněk se zvyšuje nebo zmenšuje současně. Jelikož anodové proudy obou elektroněk směřují ve vnitřní výstupního transformátoru opačným směrem, vzbuzují opačné magnetické toky v jádře transformátoru a tím se vzhledem k vnitřní sekundárnímu kompenzují. Z uvedeného vyplývá i menší citlivost na zvlnění stejnosměrného napětí, kterým jsou napájeny mřížkové obvody koncového stupně. Všechny

Obr. 1 — Princip zapojení push-pullu



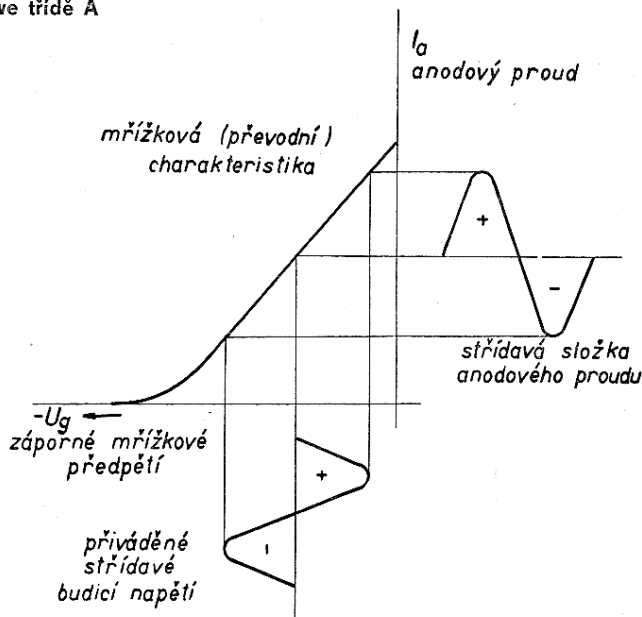
uvedené výhody lehce převáží nad nedostatkem souměrného zapojení, spočívajícího v jisté komplikaci způsobené potřebným inverzním (s obrácenou polaritou) signálovým napětím mezi mřížkami koncových elektronek. Použití dvou koncových elektronek místo jedné se projeví značně zvýšeným výstupním výkonem, takže tuto skutečnost nelze počítat do nedostatků push-pullového provedení.

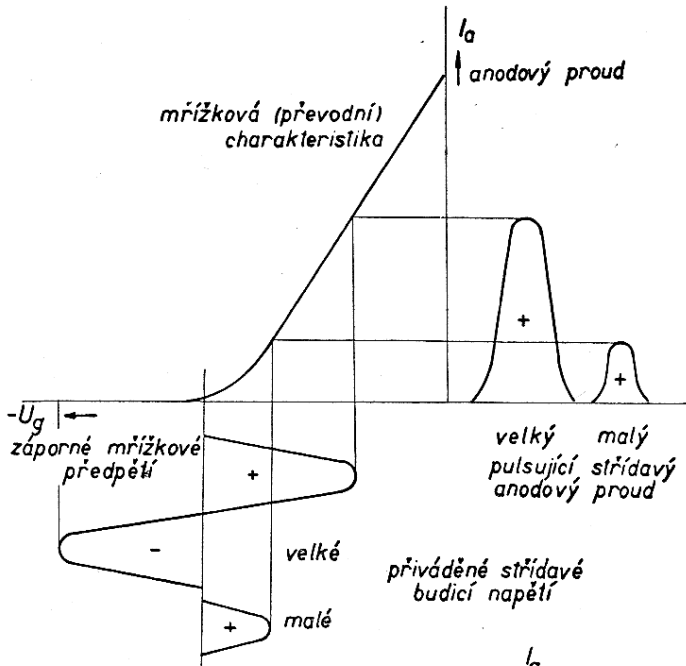
Další úvahy se týkají jen dvojitinného zapojení, jelikož zapojení používající jedné elektronky jako koncového zesilovače výkonu se u kvalitních a zvláště u zesilovačů většího výkonu nepoužívá.

Máme-li provést souhrn a zhodnocení všech typů výkonových zesilovačů, je jistě vhodné začít u nejstaršího systému, často uváděného pod názvem „klasický push-pull“. Jedná se o staré známé zapojení, kdy koncové elektronky pracují se vstupním napětím, které je mezi první mřížkou jedné koncové elektronky a první mřížkou druhé párové elektronky fázově posunuto o 180° . To znamená, je-li na první mřížce jedné elektronky kladná půlvlna signálu, je na první mřížce druhé elektronky záporná půlvlna (obr. 1). Z obrázku je dále patrné paralelní zapojení elektronek z hlediska stejnosměrného napájení a sériového zapojení, jako zdroje střídavého signálu.

Na tomto místě se ještě zmíníme o různých pracovních bodech, tak zvaných třídách, ve kterých pracují koncové elektronky. V podstatě rozlišujeme tři typy: A, B a AB; existuje ještě C a D, jež jsou pro náš případ nepoužitelné. Elektronkami pracujícími ve třídě A protéká stále klidový proud daný volbou pracovního bodu (obr. 2), který je stálý, bez vybudzení (první mřížka bez vstupního střídavého signálu) a kolísá v případě přivedení střídavého napětí na první mřížku, a to přesně podle tvaru mřížkové charakteristiky. Budicí napětí může mít amplitudu od ohybu charakteristiky až takřka po průtnutí osou anodového proudu. Tím máme zaručeny optimální podmínky pro maximální výkon při minimálním tvarovém zkreslení. Účinnost zapojení

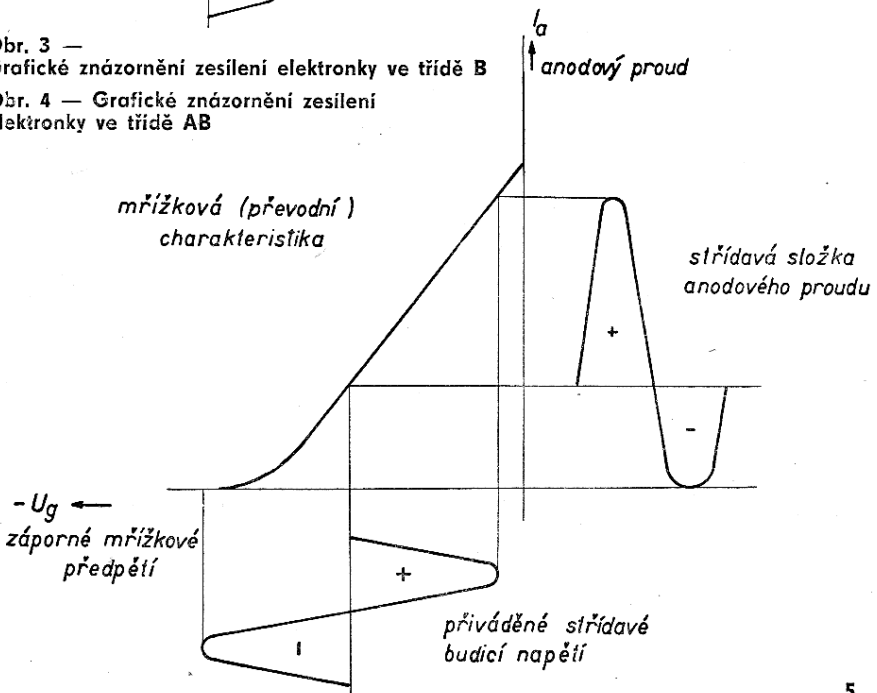
Obr. 2 — Grafické znázornění zesílení elektronky ve třídě A





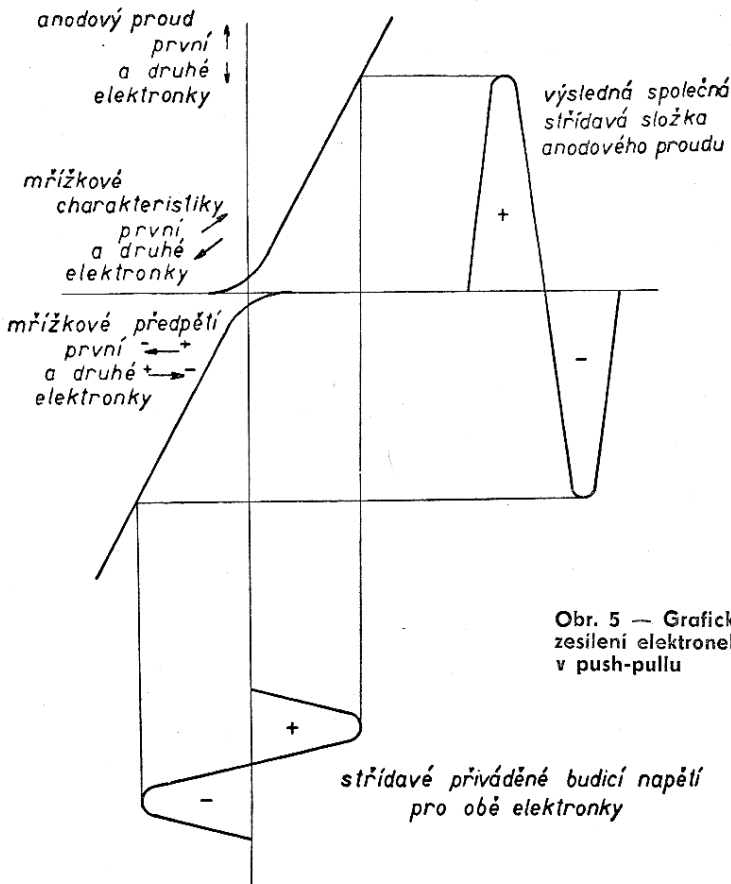
Obr. 3 — Grafické znázornění zesílení elektronky ve třídě B

Obr. 4 — Grafické znázornění zesílení elektronky ve třídě AB



je asi 20—30 %, avšak proti jiným třídám má nejmenší zkreslení. Provozu ve třídě A se používá hlavně u nesouměrných koncových stupňů, tj. v zesilovačích s jednou koncovou elektronkou.

Pracovní bod u třídy B je volen tak, že velikost stejnosměrného mřížkového předpětí dovoluje dodávat elektronkou proud do zátěže pouze po dobu kladné poloviny periody budicího napětí (obr. 3). Protože v době, kdy na mřížce není signál, je anodový proud téměř nulový, zvětší se účinnost zesilovacího stupně na $65 \div 70\%$. V nf zesilovačích malého výkonu a v zapojeních s jednou koncovou elektronkou se provoz v této třídě nepoužívá. Jeho zapojení komplikuje nejen zhotovení zvláštního zdroje pro vysoké mřížkové předpětí, ale i obtížná stabilizace pracovního bodu. Třída AB je střední cestou mezi typem A a B (obr. 4). Stejnoseměrné mřížkové předpětí i velikost amplitudy budicího signálu jsou voleny tak, že pracovní bod leží v dolní části (před zakřivením) mřížkové charakteristiky koncové elektronky. Proud v anodovém obvodu, daný voleným pracovním bodem, protéká po celou dobu kladné půlperiody střídavého mřížkového napětí a po část doby záporné půlperiody. Stejně jako u třídy B není anodový proud obrazem tvaru celého kmitu signálu na mřížce.



Obr. 5 — Grafické znázornění zesílení elektronek zapojených v push-pull

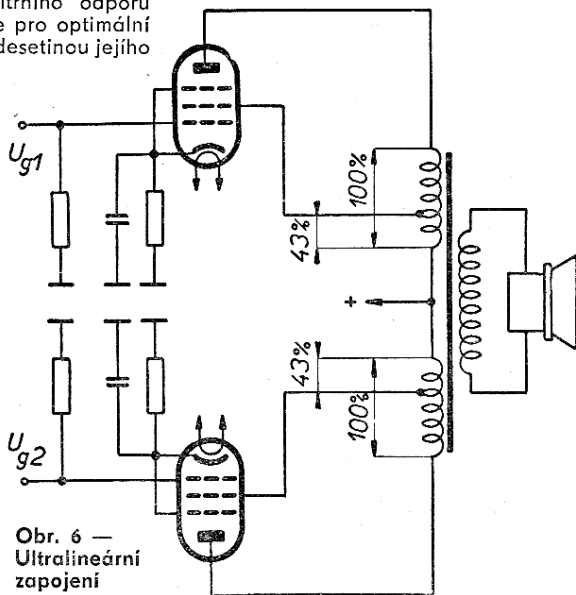
Účinnost tohoto zapojení činí $40 \div 50 \%$ a je možné je u nízkofrekvenčních zařízení používat také jen ve dvojitěném zapojení.

Zkreslení způsobené třídou B a AB se odstraňuje právě souměrným zapojením, kdy v době minima anodového proudu jedné elektronky má druhá proudové maximum, což poměrně jasně vyplývá z obr. 5.

Nejkritičtější částí všech zesilovačů jsou prvky tvořené impedancemi, a to buď kapacitou nebo indukčností. Máme zde na mysli jak vazební členy, tak parazitní impedance — jejich vlivy probereme důkladněji v další kapitole.

Zmíněný klasický push-pull má nejcitlivější místo ve výstupním transformátoru, který musí být správně navržen i prakticky v daném zapojení změřen a teprve potom je možné kontrolovat, zda plně vyhovuje žádaným podmínkám. Podle praktických zkušeností můžeme říci, že tento druh zesilovačů má vždy proti jiným typům zapojení transformátor větší a co do kvality náročnější. Tim ovšem máme na mysli přístroje poloprofesionálních nebo profesionálních kvalit — u běžných aparatur se tento problém neprojevuje tak důrazně, neboť u běžných zesilovačů se nezavádí záporná zpětná vazba v takové míře, aby ve spojení s nedokonalým výstupním transformátorem ohrozila stabilitu přístroje. Hlavní požadavky na dobrý výstupní transformátor pro zapojení tohoto typu jsou: velká primární indukčnost (velikost závisí na vnitřním odporu koncových elektronek), malá rozptylová indukčnost, velká vzájemná vazba obou anodových sekcí primárního vinutí a malé kapacity vinutí. Vcelku možno říci, že v současné době i přes značně konzervativní systém zapojení, se stále klasický push-pull používá v moderních prodáváných zařízeních, a to právě pro jejich jednoduchost, nízkou pořizovací cenu, spolehlivost, největší dosažitelný výstupní výkon (vzhledem k ostatním typům), ekonomičnost a jednoduché odstranění případných závad při plně dostačující kvalitě elektrických parametrů.

Značného zlepšení při zachování všech podstatných výhod doznal klasický push-pull speciálním provedením výstupního transformátoru, označovaným jako zapojení „ultralineární“. Zapojení vychází ze známých důsledků při použití triod nebo pentod jako koncových zesilovačů výkonů, tj. zdrojů s různými charakteristickými vlastnostmi. Je známo, že vysoký vnitřní odpor pentody je protikladem nízkého vnitřního odporu triody. Anodová impedance pro optimální přizpůsobení pentody je asi desetinou jejího vnitřního odporu a u triody dvojnásobkem až trojnásobkem. Zkreslení u pentody se projevuje silně lichými harmonickými, naproti tomu u triody sudými harmonickými. Zisk pentody je větší než zisk triody. Tímto uspořádáním bylo dosaženo optimálních podmínek mezi dvěma krajními typy zesilovačů s charakteristickými vlastnostmi triody (nízkým vnitřním odporem a malým zkreslením při nízkých výkonech) a charakteristickými vlastnostmi pentod (malé zkreslení při maximálním výkonu a velká účinnost). Z obr. 6 je zřejmé řešení, které v principu spočívá v zavedení záporné zpětné vazby do druhých mřížek. Maxi-

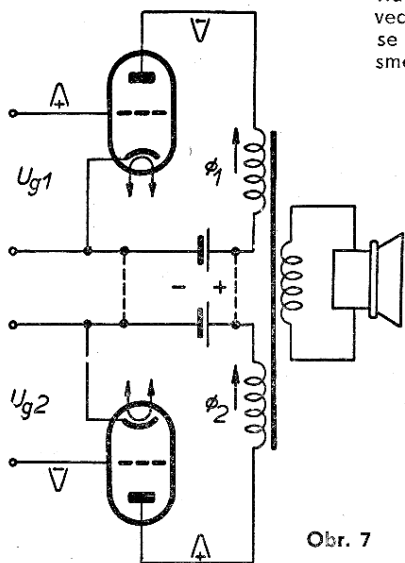


Obr. 6 —
Ultralinearní
zapojení

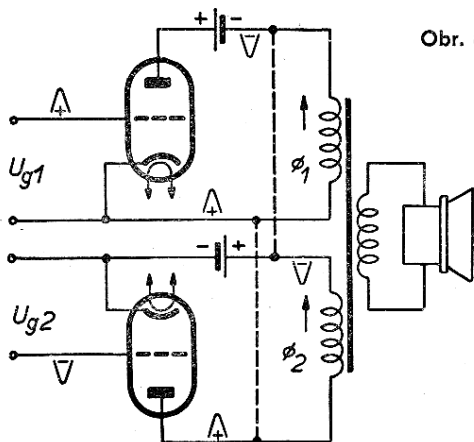
mální použitelná velikost daná odbočkou na primárním vinutí výstupního transformátoru je asi 25% anodového zatěžování impedance — optimum se pohybuje v úzkých tolerancích kolem 18,5%, tj. 43% závitů bráno od „mrtvého“ (napájecího) konce vinutí. V tomto řešení není odstraněn nedostatek klasického push-pull — náročný výstupní transformátor, naopak zde přibývá další požadavek v podobě stejných a kvalitnějších parametrů v obvodu stínících mřížek koncových elektronek. Uvedené spojení přispívá k výraznému zlepšení vlastností původních dvojčinných stupňů (lze je použít i u jednočinných zapojení). Z hlediska amatéra je však jeho zhotovení velmi náročné, takže větší rozšíření doznal jen u dokonalých profesionálních zařízení zahraničních firem.

Je známo, jak choulostivou součástí je právě výstupní transformátor; proto hledali technici zapojení, které by nemuselo mít prvek přizpůsobující nízkou impedanci reproduktorů potřebné pracovní impedanci koncových elektronek. Posunutím impedance reproduktorů k vyšším hodnotám a snížení zatěžovací impedance elektronek byl získán zesilovač bez výstupního transformátoru.

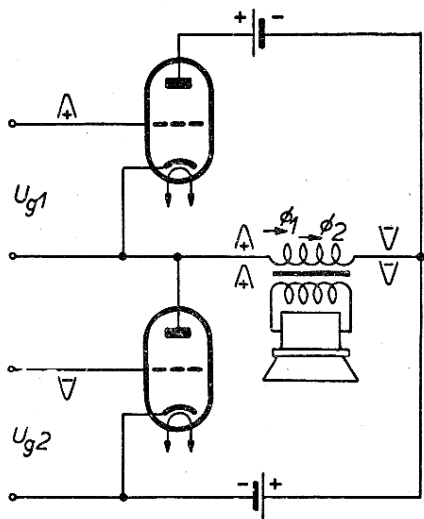
Podíváme se nejprve na principiální vývoj jednopólového zapojení. Na obr. 7 máme souměrný zesilovač se samostatnými stejnosměrnými zdroji pro každou elektronku a samostatnými anodovými vinutími. Anodové impedance jsou zapojeny jako u klasického souměrného systému, což je patrné ze sériově zařazených magnetických střídavých toků $\Phi 1$ a $\Phi 2$. Čárkované čáry naznačují spojení, kterým obdržíme při paralelně propojených stejnosměrných zdrojích známé klasické provedení. Vstupní střídavé napětí označujeme indexem U_{g1} a U_{g2} , přičemž fáze na mřížkách, anodách a jednotlivých koncích vinutí výstupního transformátoru značíme půlperiodou s naznačenou polaritou. Přemístěním stejnosměrného zdroje u jedné z obou elektronek mezi anodu a živý konec primárního vinutí se na celkové funkci nic nezmění (obr. 8), předpokládáme-li pro střídavé proudy nulový vnitřní odpor zdroje. Čárkované čáry označují možnost propojení, aniž by se porušily základní vlastnosti koncového stupně. Na obr. 9 je místo dvou naprosto shodných primárních vinutí jen jedno, které je co do funkce plně nahrazuje. Všimněme si zde paralelně řazených střídavých magnetických toků, shodných fází u obou elektronek vzhledem k primárnímu vinutí a tím je vlastně dána čtvrtinová zátěž proti normálnímu provedení. Jelikož stejnosměrné proudy obou elektronek se navzájem ruší, není výstupní transformátor stejnosměrně magnetován a tím můžeme volit větší stří-



Obr. 7

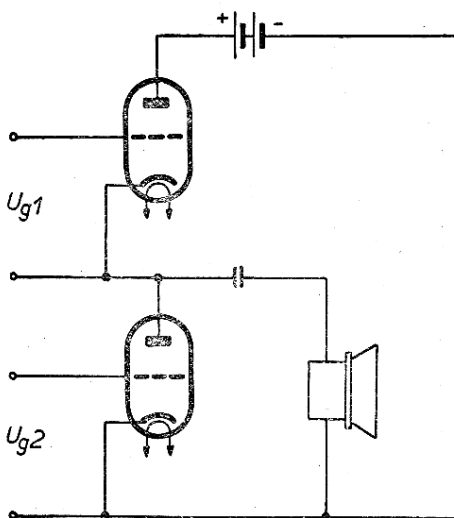


Obr. 8



Obr. 9

Obr. 10



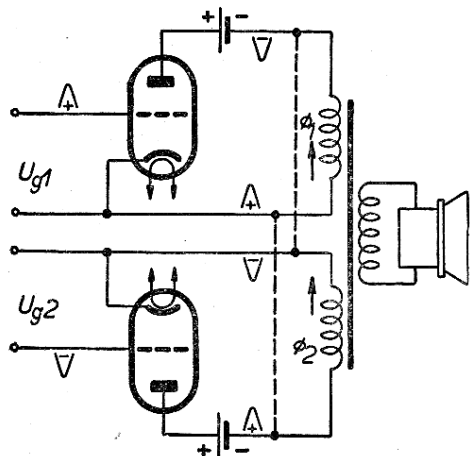
davé syčení při menším tvarovém zkreslení a menších rozměrech transformátoru. Konečné principiální provedení vidíme na obr. 10, kde je vysokookhmový reproduktor připojen na živý konec zesilovače přes kondenzátor, který odděluje stejnosměrné napětí od procházejícího střídavého signálu.

Spojením zdrojů a galvanickým oddělením výstupního obvodu elektronek máme zaručený stejný protékající proud oběma elektronkami, čímž odpadá jinak nutné a pracné nastavování anodového proudu u každé elektronky zvlášť. Značné potíže u zdánlivě dokonalého beztransformátorového zesilovače se projevily záhy po zavedení sériové výroby vysokookhmových reproduktorů. Přes pečlivě promyšlenou konstrukci a výrobní postupy docházelo velmi často k poruchám výrobně náročných a tím i drahých reproduktorů, a tak v současné době se znovu používají reproduktory normální nízkoohmové s výstupním transformátorem. Avšak vzhledem k paralelně řazené (čtvrtinové) zatěžovací impedanci je celkové provedení transformátoru jednodušší, což spočívá hlavně v odstranění požadavku dobré vzájemné vazby obou anodových vinutí, jak tomu bylo třeba u klasického push-pull, neboť to je zde zaručeno sériovým řazením elektronek. Výstupní transformátor zde musí být bohatě dimenzován průřezem jádra a počtem závitů, aby nedocházelo k poklesu a tvarovému zkreslení hlubokých kmitočtů, protože tu nebývá transformátor v obvodu záporné zpětné vazby, která případně nedostatky vyrovná. Zrovna tak s ohledem na vysoké kmitočty musí mít vinutí co nejmenší kapacitu. Tady vidíme, že skutečně bez teoretických potíží zůstává pouze přímé připojení vysokookhmového reproduktoru. Přes další nedostatky, tj. nízký jmenovitý výkon, malou citlivost, nutnou dokonalou filtraci napájecího napětí, vyšší napětí zdroje a někdy i zvláštní žhavení koncové elektronky, se v současné době používá často jednopólové zapojení pro svoji jednoduchost a to převážně jen u zesilovačů pro malé výkony a zvláště zesilovačů stereofonních aparatur.

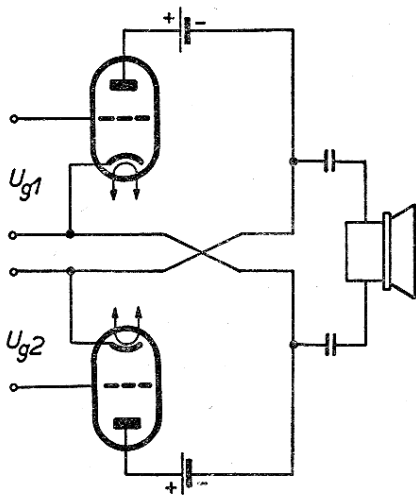
Poslední typ výkonového zesilovače rovněž pracujícího bez výstupního transformátoru a známého pod označením „PPP“ (zkratka názvu — paralelní push-pull), je funkčně odvozen opět z klasického dvočinného zapojení (obr. 7). Za předpokladu nulových vnitřních odporů (pro zesilované střídavé napětí) samostatných napájecích zdrojů můžeme tyto napájecí zdroje umístit mezi anody elektronek a živé konce primárního vinutí výstupního transformátoru, jak je patno z obr. 11.

Propojením těchto dvou samostatných jednotek získáváme konečné zapojení, které je v běžné formě uvedeno na obr. 12. Jako v minulém případě, tak i zde můžeme použít reproduktory vysokoohmové nebo nízkoohmové s přizpůsobovacím transformátorem. Zatěžovací impedance je přibližně čtvrtinová v poměru ke klasickému push-pullu a pohybuje se podle druhu elektronek v rozmezí 500—2000 Ω ; výstupní impedance koncového stupně, neuvažujeme-li zavedení záporné zpětné vazby, je proti klasickému typu poloviční. Důležitou vlastností tohoto výkonového zesilovače je snížená zatěžovací a výstupní impedance, která umožňuje použít vysokoimpedanční reproduktory, tj. bez vřazení výstupních transformátorů. Další kladnou vlastností je větší dosažitelný maximální výstupní výkon, než je u obdobného provedení jednopólového a vlivem zvláštního zapojení druhých mřížek koncových elektronek i zmenšená citlivost na zvlnění napájecích zdrojů. Nevýhodné jsou však dva nutně nezávislé napájecí zdroje (dva usměrňovací ventily spolu se speciálním síťovým a výstupním transformátorem, katodová vazba) a malá vstupní citlivost. Uvedené nedostatky nemohou zastínit klady tohoto typu zesilovače a tak jej můžeme pokládat za vrcholnou formu profesionální zesilovací techniky. Používá se převážně ve speciálních měřicích oborech stejně jako v profesionální elektroakustice. Přesto, že je toto zapojení světové technické veřejnosti známo již dvě desetiletí, nevyrábí se sériově ani u nás ani v zahraničí.

Obr. 11



Obr. 12



Na tomto místě chceme upozornit čtenáře na skutečnost, že není-li výstupní transformátor v obvodu záporné zpětné vazby, zavádí při použití plechů běžných kvalit u frekvencí kolem 150 Hz zkreslení až 20%, které směrem k nižším frekvencím velmi rychle stoupá; nehledě k tomu, že úbytek výkonu se projevuje v oblasti již nad 8 kHz (míněno při plném vybuzení). Obojí působí kvalita trafoplechů, rozptylová indukčnost a kapacita vinutí.

Uvedené platí při průměrném výstupním transformátoru a průměrné hodnotě vnitřního odporu zdroje.

2. POŽADAVKY KLADENÉ NA HI-FI ZAŘÍZENÍ

Na čem vlastně závisí jakost reprodukce zvuku a které jsou základní předpoklady dokonalé reprodukční soustavy? Na část této otázky najdou zájemci podrobnější odpověď ve stavebním návodu č. 23 a 27.

V dalších statích se budeme zabývat už jen problematikou týkající se vlastního provedení výkonového zesilovače AVANTIC.

Jednou z nejdůležitějších otázek je záporná zpětná vazba, což znamená takové zapojení, které přivádí část výstupního napětí v obrácené fázi na vstup zesilovače. Tím sice klesá zesílení, které musíme hradit zvýšením úrovně vstupního signálu, avšak na druhé straně úměrně rostou kvalitativní parametry zesilovače, tj. klesá tvarové a frekvenční zkreslení a příznivě se mění vstupní a výstupní impedance.

S frekvenční charakteristikou je úzce spjato i fázové zkreslení. Dostatečně širokým frekvenčním rozsahem zesilovače se získá i příhodná fázová charakteristika. Zařízení proto časově neposouvá kmitočty okrajové proti frekvencím ve střední části pásma a tudíž i přenos přechodových jevů (pulsů) se projeví jejich menším tvarovým zkreslením.

Přenáší-li zesilovač dva nebo více signálů, a to zvláště blízkých kmitočtů (zázněje), je zkreslení patrně již při daleko menší hodnotě, než tomu bylo při přenosu signálu jednoho. Je to způsobeno tím, že na výstupu zesilovače se objevily nové součtové a rozdílové složky obou frekvencí — nastala tak zvaná vzájemná modulace, nebo-li vzniklo intermodulační zkreslení. Toto zkreslení je mnohem citlivější než tvarové, jelikož nově vzniklé kmitočty nejsou v harmonickém poměru k základnímu tónu a projevují se tedy jako nově vzniklé a nelibé zvuky, které původní nahrávka neobsahovala. Intermodulační zkreslení silně ovlivňuje záporná zpětná vazba, která je zmenšuje. Někdy se ještě udává u zesilovačů zkreslení zákmitové, které vzniká při přenosu přechodových jevů, kdy tento tónový puls vyvolá vlastní tlumené kmity zesilovače. Velikost zkreslení se posuzuje podle doby, kterou potřebuje zařízení k tomu, aby vzbuzené kmitání ustalo, přivádíme-li na jeho vstup obdélníkový průběh. V praxi u dobrých zařízení nemá tato doba převyšovat $\frac{1}{3}$ délky horní nebo spodní části obdélníkového průběhu.

Dolní mez dynamického rozsahu zesilovačové aparatury je vymezena jeho vlastním výstupním hlukem, který vzniká v obvodech přístroje — je to vlastně souhrn šumu a brumu. V odborné terminologii je tento parametr nazýván odstupem a udává se v decibelech — dB jako poměr jmenovitého výstupního napětí k napětí zbytkovému, tj. bez budicího signálu se vstupními svorkami zkratovanými náhradní impedancí. Odstup na výstupních svorkách se měří zpravidla elektronkovým voltmetrem s lineární frekvenční charakteristikou. Použijeme-li však měřidla se psofometrickým filtrem, tj. s takovým frekvenčním průběhem, který respektuje různou citlivost ucha na jednotlivé frekvence, obdržíme „dynamiku“, která je podobně jako odstup udávána v decibelech, avšak její hodnota je proti hodnotě odstupu vždy větší.

Často se udává vnitřní odpor zesilovače, přičemž hodnota menší jak $20\frac{0}{10}$ jmenovité zatěžovací impedance je pokládána za dostačující pro tlumení vlastních resonancí připojených reproduktorů. Snahou konstruktérů je samozřejmě provést zařízení s nejmenším možným vnitřním odporem a k tomu slouží vhodně zvolená záporná i kladná zpětná vazba.

Někdy se v prospektech zesilovačů setkáme s uvedením velikosti záporné zpětné vazby, neboť toto číslo udané v decibelech nám napovídá stupeň propracovanosti zařízení.

Vzrůstající zkreslení směrem k vyšším frekvencím není tak velkým nedostatkem, neboť harmonické frekvence udávající míru zkreslení zapadají za hranici slyšitelnosti. Mimo to potřebný provozní výkon v horním frekvenčním pásmu je podstatně nižší, čímž klesá i zkreslení v této oblasti.

Nyní po objasnění, podle kterých parametrů hodnotíme zesilovač, přistoupíme k detailnímu rozboru námi navrženého přístroje.

3. OBVODOVÁ TECHNIKA NAVRŽENÉHO PŘÍSTROJE

Jak je patrné z blokového schématu (obr. 13) a naměřených hodnot, jedná se o výkonový zesilovač se vstupem přizpůsobeným pro připojení výstupu jakéhokoliv míchacího (mixážního) pultu. Pokud bude vyhovovat jeho citlivost a vstupní impedance, můžeme připojit jeden zdroj signálu (přenoska, magnetofon) přímo na tento potenciometr. Při připojení krystalové přenosky musíme zvětšit potenciometr R1 (obr. 14) na 0,5 M Ω . Přesto však doporučujeme čtenářům zhotovení míchacího pultu, který bude popsán v některém z příštích čísel stavebních návodů.

Potíže vznikající s požadavkem zesilování několika signálů najednou odstraňuje míchací pult, který dovoluje připojit více zdrojů střídavého napětí bez jejich vzájemného ovlivňování a umožňuje řídit hlasitost a frekvenční korekci pro každý vstup zvlášť.

Zesilovač je řešen s ohledem na stavební návody č. 23 a 27. Jejich signálové napětí vedeme stíněným vodičem z první mřížky koncové elektronky těchto zařízení na potenciometr R 1 nebo bod D (obr. 14) zesilovače Avantic.

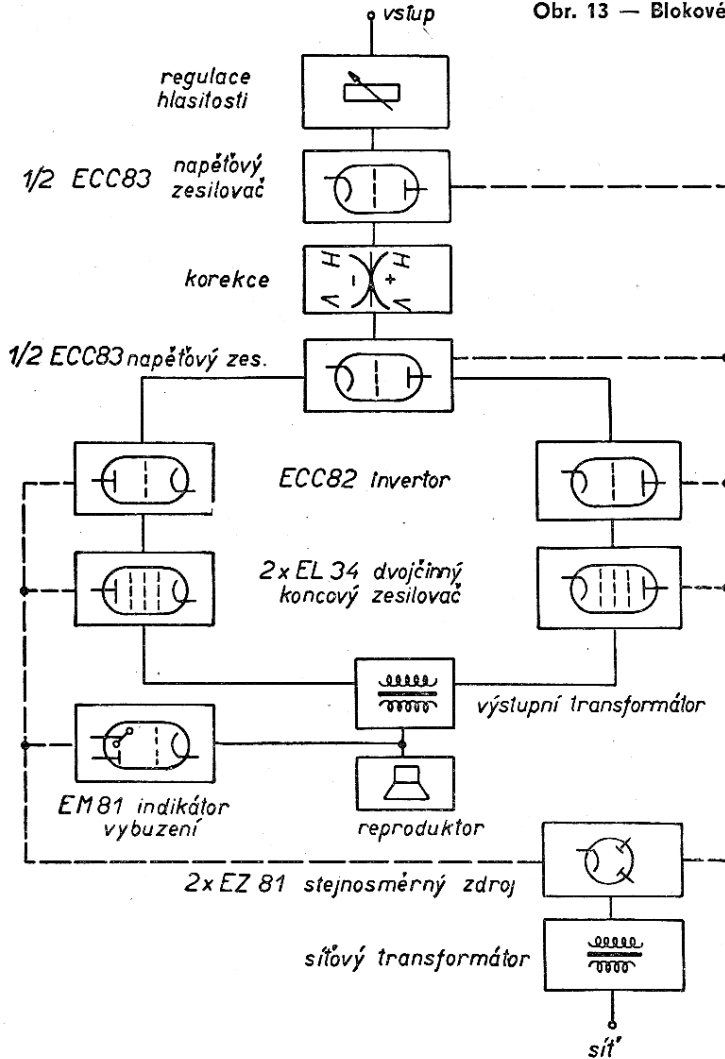
Vstupní elektronka E 1-1, zapojená ve funkci napěťového zesilovače má mezi mřížku a zem zapojený logaritmický potenciometr R1 jako hlavní regulátor hlasitosti. Nízká hodnota potenciometru s malou vstupní citlivostí zesilovače dovoluje použít potenciometr zároveň jako mřížkový svod (v tomto případě odpadá kondenzátor C19 a odpor R40 — běžec potenciometru se spojí přímo s mřížkou E 1-1), kterým se dostává záporné mřížkové předpětí, vznikající průtokem anodového proudu na katodovém odporu R2, na mřížku této elektronky. Proti případnému praskotu a poruchám při natáčení potenciometru R1 (nedokonalý potenciometr) jsou zařazeny mezi jeho běžec a mřížku E 1-1 kondenzátor C19 a svodový odpor R40 — použijte při výše uvedené závadě.

Rovněž na anodovém odporu R3 vzniká v klidovém stavu, tj. bez signálu, stejnosměrný úbytek napětí vlivem protékajícího anodového proudu. Připojíme-li na první mřížku zdroj střídavého napětí, bude se nám stejnosměrná záporná mřížkové předpětí s přivedeným střídavým napětím superponovat, tj. sčítat a odečítat podle okamžitých hodnot signálového napětí. Výsledná hodnota se bude pohybovat v rytmu střídavého napětí kolem klidového pracovního bodu daného klidovým mřížkovým předpětím. Přesně v tomto rytmu se bude měnit i anodový proud a tím i úbytky na katodovém a anodovém odporu. Jelikož nepatrná změna anodového proudu vyvolá nepoměrně větší změnu úbytku na anodovém odporu, dochází tím ke značnému napěťovému zesílení střídavého signálu. Ten se dále přivádí ke korekčním obvodům přes kondenzátor C1, který tyto střídavé složky propouští a anodové stejnosměrné napětí zadržuje. Z poměru velikostí odporů R2 a R3 vidíme, že střídavý úbytek na katodovém odporu bude značně menší než na odporu anodovém. Střídavé napětí na odporu R2 působí proti přiváděnému napětí na mřížku; toto zpětné působení (tzv. proudová záporná zpětná vazba) musíme hradit zvýšením úrovně přiváděného signálu a tím nám vlastně klesá možné zesílení. Zavedená záporná zpětná vazba toto zmenšení zesílení vyvážá tím, že zmenšuje tvarové zkreslení a vyrovnává frekvenční nelinearitu obvodu. Zkreslení klesne přibližně tolikrát, kolikrát se vlivem zpětné vazby zmenšilo zesílení. Chceme-li v našem případě zvětšit citlivost zesilovače, stačí k odporu R2 paralelně připojit elektrolyt 20M/6V a zesílení elektronky E 1-1 stoupne asi 2,5X, tj. o +8 dB (zesílení je poměr výstupního napětí ke vstupnímu).

Odpor R4 ve spojení s elektrolytem C6 dokonale filtruje přiváděné anodové napětí, to znamená, že odstraňuje poslední zbytky střídavého napětí (zvlněného stejnosměrného napětí), vzniklého během usměrňování. Mimoto elektrolyt C6 střídavě uzemňuje druhý konec odporu R3, tj. tvoří pro zesilované střídavé proudy zkrat a tím uzavírá pracovní obvod.

Korekce (pomocí potenciometrů nastavitelné zdůraznění nebo potlačení hloubek a výšek) tvoří součástí R5—R9 a C2—C5 a při rozboru funkce vycházíme ze sériového a paralelního řazení impedančních děličů (kapacita, indukčnost) a ohmických děličů (čistě odporová veličina bez spojení s indukčností či kapacitou), tj. děličů frekvenčně závislých. Bližší vysvětlení by přesáhlo rámeček této publikace a proto se spokojíme

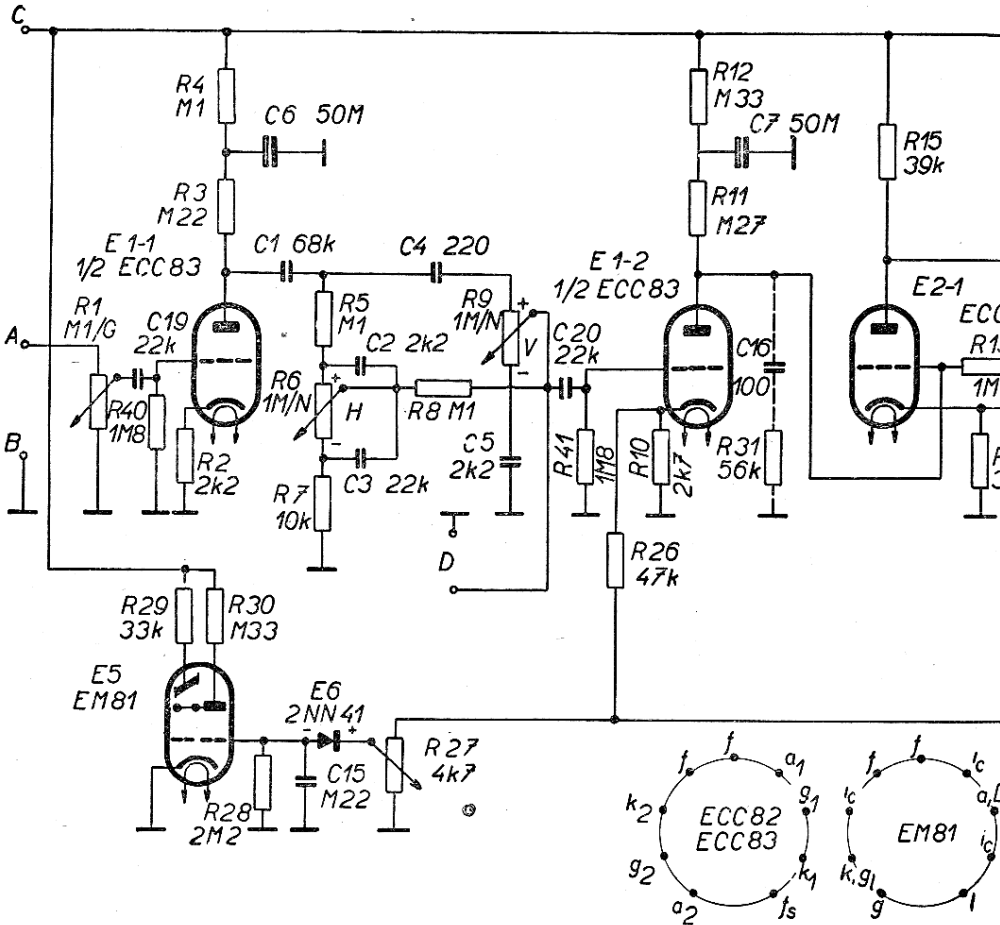
Obr. 13 — Blokové schéma



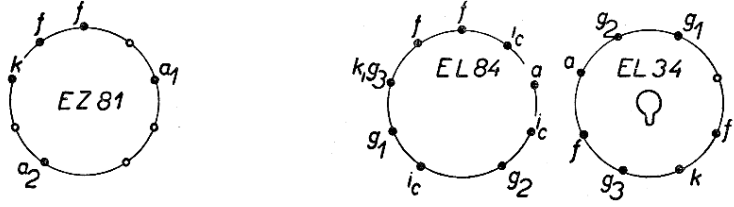
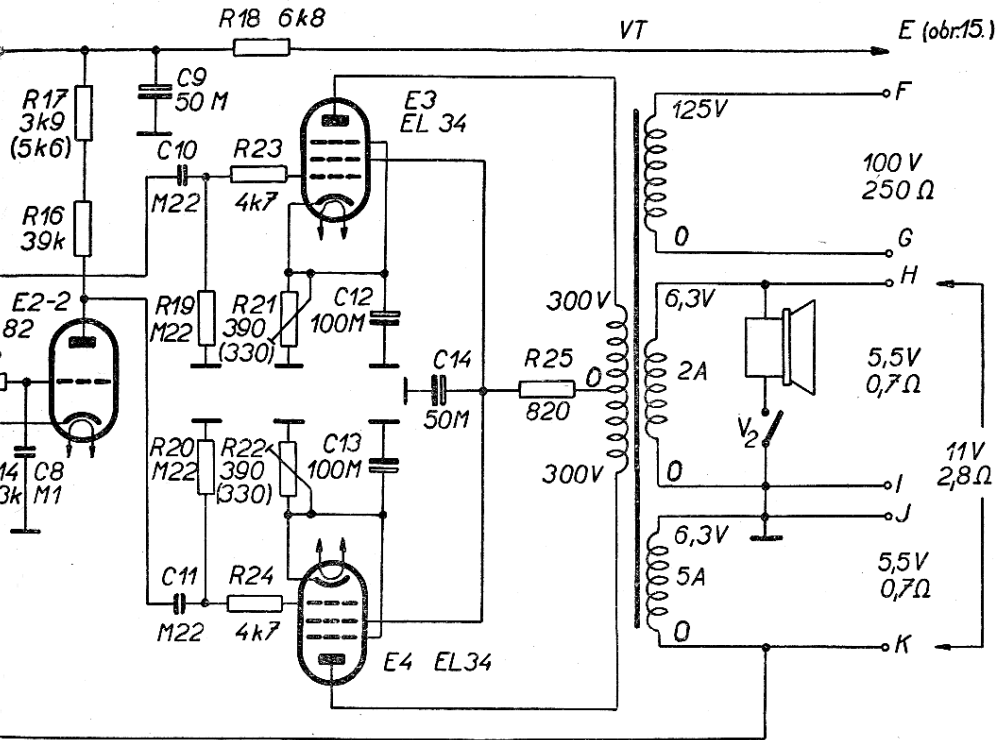
s konstatováním skutečnosti. Korekce nám sníží úroveň signálu přibližně 10krát (—20 dB) a jejich výstup můžeme připojit přímo na mřížku triody E1—2, přičemž odpory R6, R7, R8 tvoří její mřížkový svod. Jelikož i zde pracujeme s poměrně vysokou úrovní signálu, můžeme použít potenciometru R6 jako část mřížkového svodu. Vzhledem ke konstrukci potenciometrů je vhodné vřadit mezi korekce a mřížku E1—2 oddělovací kondenzátor C20 a svodový odpor R41. Katodový odpor R10 vytváří potřebné mřížkové předpětí a tím vlastně svojí velikostí nastavuje klidový pracovní bod elektronky. Jako prve, tak i zde je neblokový, takže na něm vzniká

proudová záporná zpětná vazba. Na anodovém odporu R11 se vytváří zesílené střídavé napětí; druhý konec tohoto odporu je střídavě uzemněn elektrolytem C7, který spolu s odporem R12 tvoří filtrační řetězec zmenšující zvlnění přiváděného anodového napětí.

Invertor (zařízení, které dává na výstupu dvě napětí stejných velikostí, ale opačné fáze — polarity) tvoří dvousystémová elektronka E2; tento typ invertoru dává amplitudově shodná napětí opačné fáze v širokém frekvenčním spektru; tvarové zkreslení obou signálů je stejné a velmi nízké, nemusíme proto volit přesně tolerované součásti. Vlivem silné záporné zpětné vazby je invertor naprosto stabilní vůči kolísání napětí, není proto třeba zvláštního nastavení při uvádění do chodu ani při pozdější výměně elektronky. Zesiluje a dovoluje stejnosměrnou vazbu s předchozím zesilovacím stupněm, čímž zvyšuje stabilitu celého zesilovače.



Rozbor funkce invertoru: střídavý signál z anody E1—2 spolu s jejím anodovým napětím přivádíme na mřížku triody E2—1, čímž má tato mřížka 120 V kladného napětí. Katodové proudy triod E2—1 a E2—2 vytvářejí na společném katodovém odporu R14 úbytek 125 V kladného napětí. Z toho vyplývá, že mřížka je vůči katodě o 5 V zápornější, což vlastně tvoří její předpětí. Elektronka E2—2 pracuje jako zesilovač s uzemněnou mřížkou (je buzena do katody); odpor R13 zajišťuje shodné stejnosměrné napětí obou mřížek a kondenzátor C8 střídavě uzemňuje mřížku druhé triody. Fázově obrácené napětí z anodových odporů R15 a sériově spojených R16 a R17 (odpor R17 zlepšuje amplitudovou shodnost výstupních napětí) se přivádí přes kondenzátory C10 a C11 na mřížkové svody R19, R20. První mřížky koncových elektronek E3, E4 jsou s těmito střídavými napájecími body spojeny přes protioscilační odpory R23 a R24; jejich vřazením do cesty střídavému signálu zabráníme vzniku

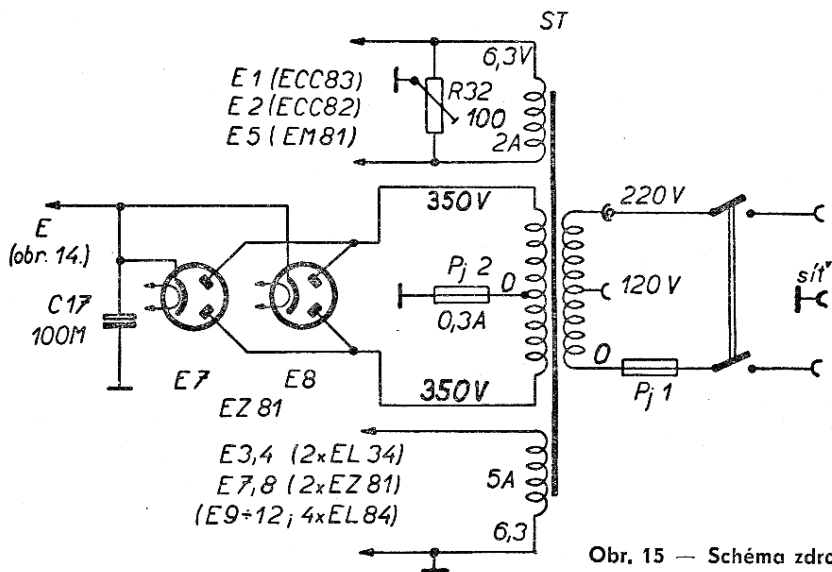


Obr. 14 — Schéma zapojení (objímky elektronek při pohledu ze spodu; dotěky objímek označené „ic“ nepoužívejte jako letovací body.)

případných oscilací, neboť vzniknou-li, tvoří tyto odpory s ostatními impedancemi pro nejčastěji se vyskytující oscilační smyčku napětový dělič. Velikosti katodových odporů R21, R22 nastavíme stejné pracovní body elektronek E3, E4 a pomocí elektrolytů C12 a C13 odstraníme proudovou zápornou zpětnou vazbu, neboť střídavý proud protékající koncovými elektronkami je jimi sveden na zem. Podle daných hodnot musí být za provozu napětí na druhé mřížce koncových elektronek menší než anodové napětí — to zajišťuje společně pro obě stínící mřížky sériově řazený odpor R25 v přívodu stejnosměrného napětí. Aby na tomto odporu R25 nevznikalo střídavé napětí, které by působilo také jako záporná zpětná vazba, jsou druhé mřížky pro střídavé proudy uzemněny elektrolytem C14; mimoto odpor R25 a elektrolyt C14 tvoří spolu filtrační člen pro napájecí napětí. Jak je patrné ze schématu, pracují elektronky E3 a E4 v klasickém push-pullu — detailnější rozbor tohoto zapojení byl probrán v minulé kapitole.

Výstupní transformátor VT má za úkol přizpůsobit impedanci reproduktorů optimálnímu zatěžovacímu odporu koncových elektronek a přenášet s co největší účinností elektrický výkon na kmitačky reproduktorů. Použitý výstupní transformátor PN 66135 je vlastně síťový (zdůvodnění viz dále) a je zapojen tak, že jeho sekundární vývody 300 V se připojují na anody koncových elektronek, střed označený 0 se připojí na kladné napětí zdroje. Žhavicí vinutí značené 0—6,3V/2A a 0—6,3V/5A je připojeno na svorky H až K, dávající nízkoohmový výstup. Primární vinutí 0—125 V je napojeno na svorky F—G, které tvoří stovoltový (vysokoohmový) výstup. U typu PN 66136 se anody elektronek E3 a E4 zapojí na sekundár 350 V a 100 V linka se získá mezi 0—150 V primárního vinutí.

Z výstupního transformátoru zavedeme zápornou zpětnou vazbu do katody E1—2, neboť chceme-li zvětšit zápornou zpětnou vazbu, nemůžeme zvětšit katodový odpor, protože bychom porušili nastavený pracovní bod elektronky. Tyto případy se vždy řeší přivedením zesíleného napětí z následujících zesilovacích stupňů přes odporový nebo impedanční dělič na zmíněný katodový odpor. Zavedením záporné zpětné vazby, zvláště přes několik elektronek, sice klesne vstupní citlivost, avšak na druhé straně se kompenzuje zkreslení a všechny nerovnosti na frekvenční charakteristice vzniklé

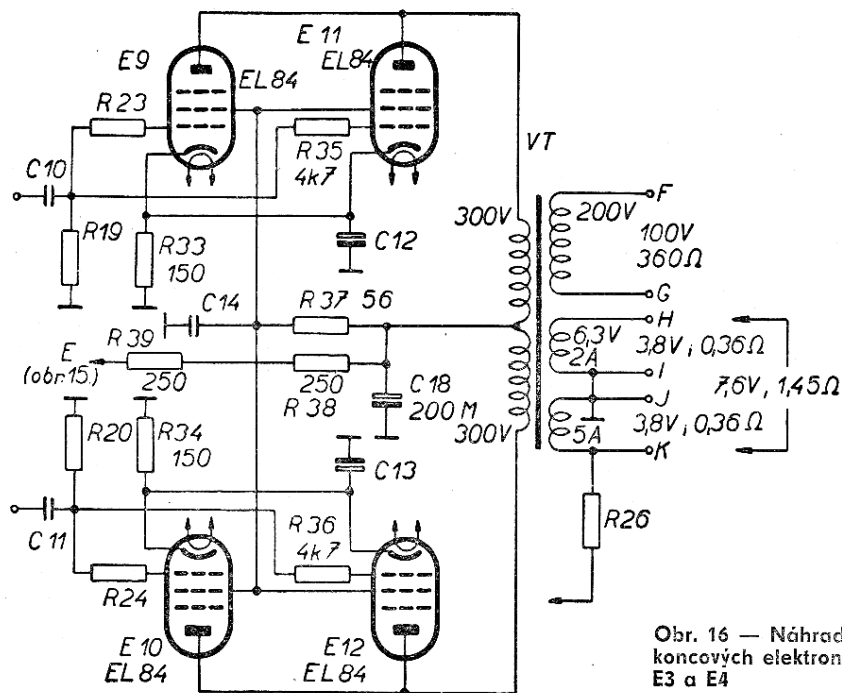


Obr. 15 — Schéma zdroje

parazitními vlivy a to v celém zesilovacím řetězci překlenutém obvodem zpětné vazby. V našem případě máme zpětnou vazbou překlenuty elektronky E1—2, E2—1, E2—2, E3, E4 prostřednictvím R26 stejně jako výstupní transformátor VT. Tato napěťová záporná zpětná vazba, oproti proudové, zmenšuje výstupní odpor zesilovače a je tvořena děličem skládajícím se z odporů R26 a R10.

Ze sekundáru výstupního transformátoru zároveň odebíráme napětí pro indikaci vybuzení zesilovače, které přivádíme na potenciometr R27. Tímto potenciometrem nastavíme sevření magického oka (elektronka E5). Zapojení je řešeno tak, že při jmenovitém výkonu (40 W) jsou právě obě křídélka elektronky E5 sevřena. Překrývají-li se, je zesilovač přebuzen; nejsou-li křídélka elektronky sevřena, výstupní napětí nedosahuje jmenovité úrovně. Stejnoseměrné záporné řídicí napětí na mřížku elektronky E5 dostáváme usměrněním a filtrováním střídavého signálu z běžce potenciometru R27. Tuto funkci vykonává germaniová dioda E6 spolu s kondenzátorem C15 a odporem R28, který stejnosměrně uzavírá usměrňovací obvod. Odporů R29 a R30 slouží k nastavení anodových napětí elektronky E5.

Celý zesilovač je napájen ze zdroje stejnosměrného napětí, kde elektrolyt C17 je zapojen jako filtrační — nárazový — a zároveň tvoří zkrat pro střídavé zesilované proudy, tj. uzavírá zesilovací obvody koncových elektronek „střídavým“ uzemněním středu vinutí primáru výstupního transformátoru. Elektronky E7 a E8 jsou zapojeny ve funkci usměrňovacích ventilů. Usměrnění střídavého proudu je dáno principem propustnosti (velmi malého odporu) proudu tehdy, je-li na anodě kladné napětí. Přivádíme-li na obě anody střídavé napětí, propouštějí anody střídavě kladné části period, čímž získáváme na katodě usměrněné pulzující kladné napětí, které dále filtrujeme, abychom zmenšili jeho zvlnění. Síťový transformátor ST galvanicky oddě-



Obr. 16 — Náhrada koncových elektronek E3 a E4

luje síť od vlastního zařízení, zvyšuje napětí pro usměrnění na potřebnou hodnotu a vytváří vhodné napětí pro žhavení elektronek. Proti přetížení usměrňovací části je eliminátor chráněn skleněnou tavnou pojistkou P/2. Síťový transformátor je proti přetížení chráněn tepelnou pojistkou Pj1 a dokonale oddělení od sítě ve vypnutém stavu zaručuje dvoupólový vypínač V1 ovládaný buď potenciometrem R1 nebo samostatně, což je výhodnější. V primárním obvodu síťového transformátoru je několik odboček pro různé síťové napětí, které můžeme z vnějšku ovládat prostřednictvím síťového vodiče.

Žhavicí vinutí jsou zde dvě. První, určené pro větší proudové zatížení, napájí koncové a usměrňovací elektronky a jeho jeden konec je uzemněn. Druhé vinutí žhaví zbývající elektronky a nastavením potenciometru R32 se uzemní žhavení v takovém bodě, aby síťový brum na výstupu zesilovače byl co nejmenší (kompenzace). (Pod pojmem síťový brum rozumíme rušivé napětí síťové (50 Hz) nebo usměrněné (100 Hz) nechtěně namodulované během zesilovací cesty do signálu.) Parazitní napětí způsobuje nedokonalá konstrukce, montáž nebo součásti.

Na svorky výstupního transformátoru je připojen přes vypínač V2 kontrolní reproduktor R; máme zde možnost akustické indikace přenášeného pořadu, umístíme-li mikrofon a reproduktory odděleně od vlastní aparatury.

Jako náhradu za předepsané koncové elektronky E3, E4 můžeme v krajním případě použít E9 až E12 (obr. 16). Změna elektrických parametrů se potom jeví především u výstupního výkonu, který je podstatně nižší. Funkce elektronek, odporů a kondenzátorů je shodná jako v popisovaném schématu na obr. 14. Vzhledem k malé hodnotě odporu R37 můžeme vypustit elektrolyt C14; naproti tomu přibude elektrolyt C18 a odpory R38 a R39 srážející usměrněné napětí na potřebnou hodnotu. V zapojení výstupního transformátoru se mění jen zapojení svorek F—G, které se připojí na primární vinutí mezi 0—200 V.

4. PRAKTICKÉ POKYNY PRO STAVBU

Rozmístěním součástí i celkovou zvolenou koncepcí stavby šasi můžeme do značné míry ovlivnit konečné vlastnosti zesilovače. Proto musíme věnovat zvýšenou pozornost mechanické montáži i vlastnímu zapojení.

Především si musíme stanovit průběh zesilovací cesty, která má procházet přímočaře od vstupu přes zesilovací elektronky ke koncovému stupni a k napájecímu zdroji. Výstupní transformátor umístíme ke koncovým elektronkám a natočíme jej tak, aby jeho rozptylový magnetický tok byl kolmý na rozptylový tok síťového transformátoru. Rozptylovým tokem rozumíme magnetické siločáry procházející středem vinutí a uzavírající se vně před viditelným čelem cívky transformátoru. Tuto nežádoucí vazbu můžeme podstatně zmenšit také upravením vzájemné vzdálenosti obou transformátorů, event. i železnými plechy (asi 2 mm silnými, odpovídajícími rozměrům trafo-plechů), umístěnými souběžně a těsně před viditelnými čeličky cívky. Zde je totiž nebezpečí naindukování nebo kapacitního přenosu střídavého síťového napětí z transformátoru síťového do výstupního. Zrovna tak neumístíme žádný transformátor poblíž stejnosměrného magnetického pole (magnet reproduktoru), aby nenastalo přesycení plechů, jež se projeví zvětšeným zkreslením hlubokých kmitočtů. Transformátory montujeme co nejdále od vstupních obvodů; v opačném případě by mohl nastat kapacitní nebo induktivní přenos napětí ze síťového nebo výstupního transformátoru do vstupních obvodů zesilovače, což by se v prvním případě projevilo zvětšeným brumem a v druhém možnostmi oscilací. Spodky elektronek natáčíme systematicky — v průchozím směru, tj. mřížka blíže vstupu, anoda blíže výstupu. Všechny elektrolyty umístíme na izolační podložky a záporný i kladný pól přivádíme izolovaným vodičem ke spodku dotyčné elektronky. Zrovna tak zemnění, stínění a zemnění konce součástí té které elektronky zapojíme do jednoho bodu poblíž jejího spodku a potom propojíme jednotlivé zemnicí body elektronek silným, izolovaným měděným drátem, který začíná u vstupní elektronky a končí u zdroje, kde se spojí se šasi.

Mezi tyto krajní body zemnicího vedení logicky napojíme postupně zbývající elektronky, tj. E1—1, E1—2, E2—1, E2—2, atd. Součásti náležející k obvodům dané elektronky jsou jasné ze schématu na obr. 14. Jako příklad uvádíme: součásti náležející k elektronce E1—1: svorka B, potenciometr R1, odpor R2, kondenzátor C6, střed spodku, stínění přívodů k první mřížce a anodě. K elektronce E1—2 patří: odpory R7—R10, kondenzátory C5—C7—C16, stínění mřížkového přívodu od kondenzátoru C1 přes korekce ke mřížce (všechny „živé“ spoje), střed jejího spodku a stínění anodových přívodů. Pod pojmem „živý“ spoj rozuměj ten spoj, který vede zesilovaný signál. Zemnicí bod na šasi ZB (obr. 17) musí mít správný dotek, což získáme umístěním všech součástí v tomto pořadí: hlava šroubu, šasi, pérová podložka, letovací očko, matka. Tím omezíme vznik zemních proudů, které se projevují stoupnutím brumu. Nezapomeňme uzemnit plechy transformátorů.

Součásti propojujeme co nejkratšími spoji. U „živých“ spojů delších jak 2 cm raději použijeme stíněných kablíků s malou kapacitou mezi vnitřním a vnějším vodičem (nejlépe miniaturní koaxiální kabel). „Živé“ spoje i součásti vedeme a umísťujeme tak, abychom se vyhnuli rušivým vlivům, tj. síťovým přívodům, přívodům k anodám koncových elektroněk atd. Součásti mající styk s průběhem zesilovací cesty umístíme těsně k šasi a k těm elektronkám, ke kterým podle obr. 14 náležejí; připojujeme je co nejkratšími spoji, ale nezkracujeme nikdy vývodní dráty součástí pod 1 cm. Můžeme je i zastínit proti vnějším polím pomocí tenkého plechu (korekce). Ostatní součástky, jako např. filtrační odpory R4, R12, R18 a jim podobné, umístíme kdekoli, vždycky však dostatečně daleko od zesilovací cesty.

K propojení žhavení a reproduktoru použijeme kroucený izolovaný drát, který vedeme těsně při šasi a vyhýbáme se všem citlivým místům. Totéž platí i o vodičích se síťovým napětím nebo s vysokou úrovní zesilovaného signálu. Síťový přívod vedeme přes vypínač V1 až k pojistce Pj1 drátem s gumovou izolací. Běžec potenciometru R32 vypneme k elektronce E1—1. Jeden konec žhavicího vinutí koncových a usměrňovacích elektroněk zemníme do obvodu zdroje. Síťovou šňůru použijeme třípramennou a nulový vodič vedeme do zemnicího bodu na šasi. Koncové elektronky umístíme blíže k výstupnímu transformátoru a usměrňovací blíže k transformátoru síťovému. Vzdálenost elektrolytu od elektroněk nesmí být menší než 5 cm. Nezapomeňte poblíž usměrňovacích a koncových elektroněk vyvrtat několik větracích děr (asi 10 děr o průměru 5 mm). Indikátor vybuzení E6 připevněte z vnitřku skříně k vyřiznutému okénku a součástky jeho obvodu umístěte pod šasi poblíž výstupního transformátoru. Detailnější rozmístění součástí je patrné z fotografií. Pozor na rozdílné typy síťových voličů!

5. UVÁDĚNÍ DO CHODU

Než připojíme zesilovač na síť, zkontrolujeme správnou volbu odbočky na primáru síťového transformátoru vzhledem k našemu napětí v síti, správnou hodnotu a dobré připevnění pojistek Pj1 a Pj2, polohu „vypnuto“ u vypínače V1, správné osazení a zasunutí elektroněk, vytočení běžce potenciometru R1 k zemněnému vývodu, vytočení regulátorů R6 a R9 do středové polohy, nastavení běžce potenciometru R27 na plnou hodnotu, připojení reproduktorů nebo výstupní odporové zátěže a zapnutí vypínače V2. Reprodukter R umístěný na přední stěně zesilovače zapojíme mezi svorky H—I, J—K nebo H—K. Můžeme jej také připojit na uvedené svorky přes odpor asi 5 Ω (v sérii s reproduktorem naletujeme tento odpor). Řazením různých hodnot odporu a použitím různých svorek řídíme hlasitost reproduktoru R. Výstupní odporovou zátěž (drátový odpor) se jmenovitou hodnotou (pro „100V linku“ připojíme na svorky F—G 250 Ω 40 W a pro „nízkoohmový výstup“ na svorky H—I 0,7 Ω 40 W, J—K 0,7 Ω 40 W a H—K 2,8 Ω 40 W) připojíme na kterýkoliv ze čtyř výstupů. Jako nedokonalou náhradu za uvedené odpory můžeme napojit mezi svorky H—K alespoň dva paralelně spojené, velké, vícewattové reproduktory (asi po 6 W).

Před připojením na síť doporučujeme důkladnou kontrolu celého zapojení, případně přivádění některého z kolegiů s většími odbornými znalostmi.

Při uvádění do chodu pozor! Zesilovač pracuje s vysokým anodovým životu nebezpečným napětím! **Nezasahujte nikdy do přístroje připojeného k síti.**

Správné zapojení můžeme přezkoušet také přivedením síťového napětí přes žárovku zapojenou v sérii se síťovým přívodem zesilovače; svítí-li žárovka slaběji než při přímém připojení na síť, je zesilovač v napájecí části pravděpodobně v pořádku. V případě, kdy svítí žárovka naplno, je někde zkrat — pozor na správné zapojení vypínače V1.

Po zapnutí síťového vypínače změříme voltmetrem uvedená stejnosměrná a střídavá napětí na jednotlivých bodech a najdeme-li nějaký bod bez napětí nebo s napětím značně rozdílným od uvedené hodnoty v tabulce, závadu opravíme. Při kontrole napětí postupujeme směrem od zdroje ke vstupní elektronce. V tom okamžiku, kdy naměříme hodnotu nesouhlasící s uvedenou, je mezi tímto a posledně naměřeným bodem závada.

Chyby nutno hledat především v chybném zapojení, ve vadné elektronce, v přerušeném vinutí transformátoru, v odporu buď přerušeném, nebo s nesprávnou hodnotou v kondenzátoru a elektrolytu s malým stejnosměrným odporem, tj. svodem. Svod vazebníhokondenzátoru se projeví zvětšeným anodovým proudem následující elektronky; zjistíme u ní větší úbytek napětí na katodovém odporu nebo menší anodové napětí, než je uvedeno v tabulce. Svod elektrolytů, zejména filtračních, se projevuje silným poklesem přiváděného stejnosměrného napětí a v krajním případě nadměrným zahříváním obalu elektrolytů. Upozorňujeme na nebezpečí přímého zkratu zavíněného zateklým cinem, zkratem v transformátorech, elektrolytech, nebo kondenzátorech, dotykem dvou nebo více letovacích bodů (použijte letovací lišty) nebo neizolovaných drátů (vývody součástek), případně přímým dotykem součástí málo nebo špatně izolovaných proti proražení (odpory). Shledáme-li všechny stejnoměrné hodnoty v pořádku, můžeme připojit na vstupní svorky A—B zdroj signálu (tónový generátor, gramofonovou přenosku, nízkoohmový výstup z přijímače atd.) a tak přezkoušet zesilovací cestu. Neobjeví-li se na výstupních svorkách zesílený přiváděný signál, indikovaný elektronkou E5 nebo střídavým elektronkovým voltmetrem připojeným na zatížený výstup zesilovače, připojujeme zdroj signálu přímo mezi mřížky elektronek E1—1 a E1—2. K indikaci výstupního signálu můžeme použít také reproduktor (svorky H až K) nebo obyčejné ručkové měřidlo (Avomet) zapojené na svorky F—G. Na mřížku E2—1 musíme zdroj připojit přes kondenzátor o hodnotě asi 47k/250V. Správnou funkci elektronek E3 a E4 vyzkoušíme tím, že na sekundár (vinutí pro reproduktor) jakéhokoliv výstupního push-pullového transformátoru nebo na žhavicí vinutí síťového transformátoru připojíme zdroj signálu a krajní primární vývody nebo krajní vývody anodového vinutí u síťového trafo připojíme na první mřížky E3, E4. Střední vývody v obou případech zemnime. Tímto způsobem s postupným vyloučením správně pracujících stupňů zjistíme, na kterém místě se přiváděný signál objeví. Z toho zároveň vyplyne, že závada je mezi tímto místem a místem předešle zkoušeným. Chyba může být nejčastěji ve zkratu, přerušení nebo ve vadné elektronce. Pozor na možné zkraty u stíněných vodičů a u vinutí výstupního transformátoru. Zkrat u stíněných drátů se zjistí pomocí ohmmetru nebo připojením baterie mezi „živý“ a stínící vodič, přičemž mezi baterií a vodič vřadíme do série žárovku. Svítí-li, je zde zkrat.

Je-li po této stránce přístroj v pořádku, zkratujeme drátem vstupní svorky A—B, potenciometr R1 vytočíme do hořejší polohy (největší hlasitost), potenciometrem R6 zvolíme zdůraznění hloubek (běžec potenciometru u R5) a pomocí potenciometru R 32 nastavíme minimální úroveň brumu. K indikaci použijeme stejných metod jako při zkoušce průchodu signálu zesilovačem (viz minulý odstavec). Velký brum zesilovače může být způsoben špatnou filtrací, tj. malou hodnotou filtračních elektrolytů, nízkou hodnotou filtračních odporů, vadnou elektronkou ECC83, která vlivem špatné izolace katoda - žhavení nebo špatně voleného středu žhavicího vlákna působí nežádoucí vzrůst brumu; konečně i špatně provedeným a nedůsledným zemněním, na což bylo již upozorněno v předešlé kapitole.

Správně polarizujte katodové elektrolyty (plus pól přijde na katodu) a diodu E6. Stejně klidové (bez vybuzení) katodové proudy elektronek E3 a E4 nastavte přesunutím odbočky na odporech R21 a R22, přičemž ampérmetr je zapojen vždy mezi jeden odpor a zem. **Ampérmetr připojujte a odpojujte jen při vypnutém zesilovači. Jinak by mohlo dojít k úrazu el. proudem.** Nemůžete-li nastavit stejné hodnoty proudu koncových elektronek, vyberte stejné hodnoty odporu R21 a R22 pomocí ohmmetru; jejich hodnota je potom 330 Ω (hodnota na obr. 14 v závorce). V tomto případě můžete také koupit odpory této hodnoty s úzkou tolerancí až 1 %. Jestliže jste zapojili obě nízkohodnová vinutí proti sobě, nedá výstup žádný výkon; v tom případě zkuste spojku svorek I—J zapojit mezi svorky I—K.

Potom již můžete pomocí potenciometru R27 nastavit úroveň vybuzení na indikátoru E25, tj. sevření světelných křídélek. Nastavení se děje při jmenovité úrovni (jmenovité výstupní napětí při zatížení jmenovitou zátěží). Jmenovité výstupní hodnoty jsou dány napětím 100 V na svorkách F—G při připojeném odporu 250 Ω . Podobně i na svorkách H—I a J—K zatížených 0,7 Ω nastavujeme regulátorem vstupního signálu R1 5,5 V. K tomu účelu můžeme také použít svorky H—K, které zatížíme 2,8 Ω a nastavíme 11 V. Volíme jednu z uvedených možností; nevhodnější jsou svorky F—G. Frekvence vstupního signálu má být asi 1 kHz. Korekční potenciometry R6 a R9 nastavíme přesně doprostřed regulační otočky nebo ještě lépe tónový generátor místo na vstupní svorky A—B připojíme do bodu D a potom nemusíme brát ohled na nastavení regulátoru hlasitosti a korekcí.

Nyní věnujeme pozornost možnosti vzniku oscilací. Pokud jsou oscilace ve spektru slyšitelném, projeví se akusticky. Horší případ nastane, jsou-li v pásmu nadzvukovém, protože mohou mít i velmi vysokou frekvenci. Máme-li k dispozici elektronkový voltmetr, zjistíme je snadno jeho připojením na zatížený nebo odlehčený výstup. Mají-li frekvenci menší než 30 kHz, indukuje je běžné ručkové měřidlo (Avomet). Vyskytnou-li se oscilace jen při odlehčeném výstupu, pokuste se je odstranit a jen v nejnětějších případech můžete tuto závadu přejít. Všeobecně se oscilace projevují nezvyklým zkresením reprodukcí, malým výkonem, u koncových elektronek zvětšeným anodovým proudem a proudem druhých mřížek (druhé mřížky jsou rozřaveny do ruda) i v nevybuzeném stavu. Při připojeném reproduktoru se oscilace projeví „lupnutím“, jakmile se zesilovač po zapnutí dostatečně nažhaví. Je-li zesilovač při provozu (bez signálu) odlehčen a přitom osciluje, potom při připojení reproduktoru se ozve také „lupnutí“. Tyto zkoušky provádějte vždy se zkratovanými vstupními svorkami. Pokud nejsou oscilace velmi vysoké, bude vám je indikovat elektronka E5 nedovřenými, sevřenými nebo překrytými světelnými křídélky; základní polohu těchto křídélek poznáte při zkratovaném běžící potenciometru R27.

Zjistíte-li některým z uvedených způsobů, že zařízení osciluje, postupujte při odstraňování závady tímto způsobem: nejprve převertte přívody k anodám elektronek E3 a E4 mezi sebou. Nebyl-li uvedený zásah úspěšný, zvětšujte odpor R26 až do hodnoty M12 za stálého převrácení přívodů k anodám elektronek E3 a E4. Zkuste zkratovat postupně mřížku E1—1, anodu E1—1 (přes kondenzátor M1/250V), mřížku E1—2. Přestanou-li v některém bodě oscilace, vážou se galvanicky (zemními spoji), kapacitně nebo induktivně jiné obvody s vyšší úrovní zesilovaného signálu do tohoto místa. Musíte provést dokonalejší propojení zemí (lepší letování — zemní smyčky), zastínění „živých“ vodičů a zastínění obvodů (součástí) pomocí uzemněných plíšků zkusmo nastavených do různých poloh. Zkuste paralelním připojením dalšího elektrolytu k jednotlivým elektrolytům filtračním, zda jsou v pořádku. Trvají-li oscilace dále, zkontrolujte znovu zapojení, ved'te živé spoje (součástí) jiným místem a vyzkoušejte některý z výše uvedených způsobů. Pomůže-li změna odporu R26, můžete také zkusit při jeho původní hodnotě zapojit fázovací člen (povolení zpětné vazby u vyšších frekvencí) R31 a C16 s hodnotami odporu od M18 do 2K2 a kondenzátoru od 50 pF do 390 pF. Je také vhodné nahradit odpory R23 a R24 odpory 1W s hodnotou větší jak 1M, na jejichž tělíska namotáme smaltovaný drát o průměru kolem 0,1 mm a o určitém počtu závitů, který pokusně vyzkoušíme (cca 20—50).

Při „motorování“ (velmi pomalé kmity) hledejte závadu v nesystematicky provedeném změnění, ve vadné elektronce E7 a E8, „studeném“ spoji, filtračním elektrolytu C12 C13, velkém stejnosměrném odporu anodového vinutí transformátoru VT a ST. Zkuste zvětšit také odpor R27; závada tkví ve stejnoměrném zdroji.

Nejdůležitější je pečlivé a dobré letování; nedokonalý spoj („studený“) způsobí mnoho nepřijemností! Před vlastním letováním všechny dráty dobře ocinujte. Jako pasty používejte buď kalafunu, nebo Eumetal JH2 (ELK16). Někdy se „studený“ spoj pozná podle poruch při poklepu nebo můžeme vodič z cinové kapky vytáhnout — vykřvat. Většinou se tento spoj projevuje praskotem při poklepu nebo měnící se úrovní střídavého nebo stejnoměrného napětí.

Velikost zkreslení posoudíme oscilogramem, případně zkresloměrem nebo subjektivním poslechem. Při jeho větší hodnotě hledejte závadu ve vadné elektronce, nesprávném vyvážení koncových elektronek, špatné hodnotě součástí a napětí.

Pracovníkům, kteří nevládnou žádné měřicí přístroje, radíme si je vypůjčit, nebo ještě lépe přivést šťastnějšího kolegu i s přístroji. V nejnnutnějším případě můžete použít jako indikátor ss i st napětí neónku na 220 V (s ochranným odporem), případně i elektronku E5, jejíž přívod anodového napětí z bodu C napojujete na různé body se ss napětím a podle její zelené barvy poznáme, zda tam napětí je. Zrovna tak můžeme touto elektronkou sledovat střídavý signál. Odpojíme-li mířku elektronky E6 od běžce potenciometru R27 a připojujeme-li ji přes kondenzátor asi 22k/400 V na body s vysokou úrovní zesíleného signálu (mimo anody elektronek E3 a E4 — můžeme zničit diodu E6). Můžeme zhruba usuzovat podle sevření výsečí na jeho velikost. Zhaví-li elektronky, vidíme shora skleněnou baňkou rudou katodu. Nesvítili elektronka E5 zeleně, nemá její anoda stejnosměrné napětí; přezkontrolujte také pojistku Pj2 — její přepálení se zjistí pohledem skrz skleněnou trubičku proti bílému pozadí nebo pomocí baterie, na niž se připojí sériové spojení žárovky a kontrolované pojistky. Při nedostatku měřících přístrojů musíte pracovat dvojnásob důkladně.

Jak již bylo uvedeno v minulé kapitole, použijte u potenciometrů R1 a R6, u nichž se projevuje praskat a jiné poruchy při natáčení, oddělovacích kondenzátorů C19, C20 a svodových odporů R40, R41.

Při osazení elektronkami E9 až E12 (jako náhrada za elektronky E3 a E4) uchyťte mechanicky pevné odpory R38 a R39 a umístěte je do volného prostoru nad šasi — jsou tepelně namáhány. Jak je patrné z naměřených hodnot, není tato náhrada elektronek plně ekvivalentní, proto ji použijte jen v krajním případě. Vedení se šípkami a s písmeny na obr. 14 až 17 se mezi sebou propojí.

Proměřili jsme různé typy transformátorů a zjistili jsme, že nejhodnější je síťový transformátor typu PN 66135 (PN 66136) použitý ve funkci výstupního.

Ještě se zmíníme o instalaci zesilovače. Výstupní svorky F—G dávají 100voltový výstup; tj. výstupní napětí při plném výkonu a při zatížení 250Ω činí 100 V. Tohoto výstupu se používá hlavně při dlouhých (více jak 10 m) rozvodech střídavého zesíleného napětí a při připoji mnoha reproduktorů. Vedení provádíme normální dvoupramennou síťovou šňůrou — **pozor na úraz** — nezapomeňte, že je zde při plném vybuzení 100 V. Reproduktory musí mít další přízpůsobovací transformátor ze 100 V na 5Ω a připojují se všechny paralelně. Na nízkohomový výstup (svorky H—I, J—K, H—K) připojujeme reproduktory přímo (do vzdálenosti 10 m) a k jejich propojení použijte měděný vodič o velkém průřezu (více jak 1 mm²), nejlépe zase dvoupramennou síťovou šňůru — pozor na dobré doteky (letování) — prochází tu poměrně velký proud. Předem si spočítejte ze vzorce

$$R = r \frac{1}{s}$$

R = stejnosměrný odpor vedení

r = specifický odpor — pro měď r = 0,0178

l = délka vedení (pozor dvojnásobek vzdálenosti — tam a zpět) (m)

$$s = \text{průřez vodiče} - \text{průřez} = \frac{3,14 \times \text{průměr (mm}^2\text{)}}{4}$$

stejnoseměrný odpor vedení a potom volte vodič a druh výstupních svorek. Zatížení nízkoohmového výstupu proveďte rovnoměrně; na vinutí 0—6,3V/5A připojte více reproduktorů než na vinutí 0—6,3V/2A a to v poměru 5/2. Např. na svorky J—K napojte 5 reproduktorů a na svorky H—I jen dva — zde předpokládáme stejný příkon všech použitých reproduktorů. Reproduktory sem připojujeme spojené sériově a paralelně tak, aby se výsledný odpor spojených reproduktorů blížil hodnotě 0,7Ω pro H—I a J—K a pro H—K má být výsledná hodnota jejich spojení 2,8Ω. Dejte pozor, abyste nepřekročili dovolený příkon reproduktoru. Při provozu by reproduktor mohl značně zkrlesovat. Maximální dovolené napětí na kmitačce vypočtete ze vztahu:

$$U = \sqrt{N \cdot R} [V, W, \Omega]$$

a přizpůsobíte je maximálnímu výstupnímu napětí zesilovače pomocí dalšího reproduktoru (v nejhorším případě použijte odporu) zapojeného v sérii s jeho přívodem; do série připojujte jen reproduktory o stejném výkonu. Jinými slovy: pro nízkoohmový výstup spojte reproduktory tak, aby při jmenovitém výstupním napětí zesilovače nebyl překročen jejich dovolený příkon, přičemž jejich paralelní a sériové spojení doplněné podle potřeby odpory dává jmenovitou zatěžovací impedanci pro maximální výkon zesilovače. V praxi se často pomíjí správné přizpůsobení zátěže, což se tak pozorovatelně neprojevuje oproti jednomu reproduktoru ze soustavy, který je přetížený. Spojujeme-li více reproduktorů, musíme je „sfázovat“ — viz stavební návod č. 27. Samozřejmě při požadovaném výkonu menším jak 40 W, nemusíme dodržet správné zatížení výstupu — je zbytečné, aby většina výkonu byla spotřebována přizpůsobovacími odpory.

Při instalaci zesilovače nezapomeňte nikdy spojit jeho kostru — šasi — prostřednictvím zemnicí zdířky Z (obr. 17) se zemí (alespoň ústřední topení, vodovod) — pozor na dobrý dotek.

Z bezpečnostních důvodů mějte při provozu zadní stěnu přišroubovanou a zneможíte ostatním osobám, vládě laikům — přístup do vnitřku zesilovače. **Při zásazích uvnitř zesilovače vždy vytáhněte síťovou šňůru.**

Než přístroj zapnete, připojte nejprve na výstup zátěž. Zdroje signálu připojujte stíněným vodičem (miniaturní koaxiální kabel).

Oba zesilovače pro stereofonní reprodukci upravíme tak, že použijeme skokové regulátory hlasitosti a korekce podle stav. návodu č. 27. Regulátor vyvážení zapojíme stejným způsobem za anodu elektronky E1—1.

6. NAMĚŘENÉ HODNOTY

Z počátečních kapitol jsou nám již známy parametry, podle kterých můžeme zkonstruované zařízení hodnotit; svými hodnotami se řadí do poloprofesionální třídy.

Neuvádíme-li jinak, platí všechny uvedené hodnoty pro jmenovité zatížení, výkon a vstupní citlivost. Potenciometr hlasitosti R1 je nastaven na maximum. Korekční potenciometry R6 a R9 jsou vytočeny do středu otočky. Převodní tabulku decibelů můžeme používat ze stavebního návodu č. 27. Pro všechna následující měření je připojen tónový generátor s kmitočtem 1 kHz do bodu D (obr. 14). Měření provádíme na svorkách F—G.

Frekvenční charakteristika

Při jmenovitém výkonu

frekvence (kHz)	0,02	0,03	0,05	1	10	15	20
útlum (dB)	—2,8	—0,8	—0,3	0	—0,9	—1,7	—2,6

Jmenovité výstupní napětí sníženo o —20 dB

frekvence (kHz)	0,02	0,03	0,05	1	10	15	20
útlum (dB)	0	0	0	0	—0,6	—1,1	—1,4

Zkreslení

výstupní výkon (W)	frekvence (kHz)	zkreslení %
40	1	1,6
30	1	0,87
20	1	0,39
10	1	0,23
40	7	14,0
30	7	3,6
20	7	2,5
10	7	0,84
40	0,06	3,2
30	0,06	0,66
20	0,06	0,45
10	0,06	0,38

Optimum zátěže

Měřeno do limitace (na stínítku osciloskopu se projeví uřezáním vrcholů) signálu.

zátěž (Ω)	napětí (V)	výkon (W)
200	94	44
250	105	44
333	111	37
500	129	33,3

Odstup

Bod „D“ (obr. 14) zkratován na zem, cca 87 db

Zpětná vazba

Elektronka E1—2 má prostřednictvím neblokovaného katodového odporu R10 stálou proudovou zápornou zpětnou vazbu 8dB. K ní se přičítá napěťová záporná zpětná vazba z odporu R26.

odpor R26 ($k\Omega$)	napěťová záporná zpětná vazba (dB)	
22	24	hranice kmitání
39	20	
47	18	
M1	13	

Vnitřní odpor (na svorkách F—G)

18 % tj. 45 Ω

Anodový zatěžovací odpor elektronek E3, E4, (anoda — anoda) = 5,8 $k\Omega$.

Účinnost transformátu VT = 0,86

V následujících hodnotách jsou zachyceny parametry elektronky E1—1 včetně korekcí. Tónový generátor s frekvencí 1 kHz je připojen mezi svorky A—B a jmenovitá napětí je snímáno v bodě D (obr. 14).

Frekvenční charakteristika

Vstupní napětí sníženo o —20 dB

	frekvence (kHz)	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	
polohy R6 a R9	+H +V	+ 22	+18,5	+14	+7,5	0	+6	+ 11,5	+14,5	+15,5	+15,5	udáno v dB
	H = střed V = střed	-2,2	-1,5	-0,75	-0,5	0	+1,1	+2	+2	+ 1,5	+1	
	-H -V	-16	-11	-6,5	-2	0	-2,2	-6,5	-14	-20	-25,5	

Zkreslení

0,12 ‰

Qdstup

svorky A—B zkratovány
66 dB

Zpětná vazba

Pomocí neblokovaného katodového odporu elektronky E1—1 = 8dB

Při náhradě elektronkami E9 až E12 umístíme svorky F—G na vinutí VT mezi 0—200 V a dosáhneme výkonu 28 W při jmenovité zátěži 360 Ω. Svorky H—I, J—K mají jmenovitou zátěž 0,36 Ω a H—K 1,45 Ω.

V níže uvedených hodnotách jsou zachyceny velikosti stejnosměrných (značeno „ss“) a střídavých (značeno „st“) napětí v jednotlivých bodech zesilovače. Slouží ke kontrole při uvádění přístroje do provozu nebo při opravách. Proud v jednotlivých obvodech lze vypočítat pomocí Ohmova zákona (viz stavební návod č. 27). Střídavá napětí o frekvenci 1 kHz byla měřena nízkofrekvenčním elektronkovým voltmetrem při R1 vytočeném do maximální hodnoty; běžce R6 a R9 jsou umístěny ve středu otočky. Stejnosečná napětí byla měřena v klidovém stavu zesilovače (bez vybuzení) přístrojem Avomet na rozsazích 6 V, 60 V a 600 V. Hodnoty označené * jsou měřeny Avometem při jmenovitém vybuzení; uvědomte si, že tento přístroj svým nízkým vstupním odporem zatěžuje měřené obvody a proto skutečné hodnoty jsou o málo vyšší. Všechna napětí jsou měřena proti zemi.

Elektronka E1—1

katoda 1,4 V ss 60 mV st
mřížka 90 mV st
anoda 140 V ss 2,3 V st

Elektronka E1—2

katoda 1,1 V ss 0,33 V st
mřížka 0,35 V st
anoda 100 V ss 3,5 V st

Elektronka E2—1

katoda	130 V ss 1,6 V st
mřížka	100 V ss 3,5 V st
anoda	275 V ss 21 V st

Elektronka E2—2

katoda	130 V ss 1,6 V st
mřížka	3,5 V st
anoda	275 V ss 21 V st

Elektronka E3 a E4

katoda	26 V ss * 30 V ss 0,12 V st
první mřížka	21 V st
druhá mřížka	405 V ss * 375 V ss 0,1 V st
anoda	415 V ss 260 V st

Elektronka E5

katoda	0 V
mřížka	0,15 V ss * 2,2 V ss
anoda I(R29)	140 V ss * 135 V ss
anoda II(R30)	30 V ss * 75 V ss

Elektronka E6

katoda	(proužek) 3,6 V st
anoda	0,15 V ss * 2,2 V ss

Elektronka E7 a E8

katoda	417 V ss
anoda	350 V st

Elektronka E9 až E12

katoda	12 V ss * 16 V ss
mřížka	11,5 V st
druhá mřížka	315 V ss
anoda	315 V ss 180 V st

elektrolyt	C6 333 V ss
elektrolyt	C7 240 V ss
elektrolyt	C9 420 V ss
elektrolyt	C18 320 V ss
svorka	F—G 100 V st
svorka	H—I 5,5 V st
svorka	J—K 5,5 V st
svorka	H—K 11 V st

7. Rozpiska součástí

Jak je jistě každému známo, písmenem R jsou označovány odpory a písmenem C kondenzátory a elektrolyty. (Viz obr. 14.) Pro zjednodušení nákupu zde nebudeme uvádět celou normu součástí; použijeme ji jenom pro označení její hodnoty a ne typu. Tak u odporů, kondenzátorů a elektrolytů se používá písmeno jako desetinná čárka, přičemž základní jednotka odporu je Ω a kapacity pF. Písmeno k značí hodnotu 1000 jednotek a M značí 1 000 000 jednotek. Pro lepší pochopení zde uvedeme několik příkladů.

Odpor	220 Ω	má normalizované značení	220
Odpor	2200 Ω	má normalizované značení	2k2
Odpor	22000 Ω	má normalizované značení	22K
Odpor	0,22 M Ω	má normalizované značení	M22
Odpor	2,2 M Ω	má normalizované značení	2M2
Kondenzátor	220 pF	má normalizované značení	220
Kondenzátor	2200 pF	má normalizované značení	2k2
Kondenzátor	22000 pF	má normalizované značení	22k
Kondenzátor	0,22 MF	má normalizované značení	M22
Kondenzátor	2,2 MF	má normalizované značení	2M2
Elektrolyt	50 MF	má normalizované značení	50M

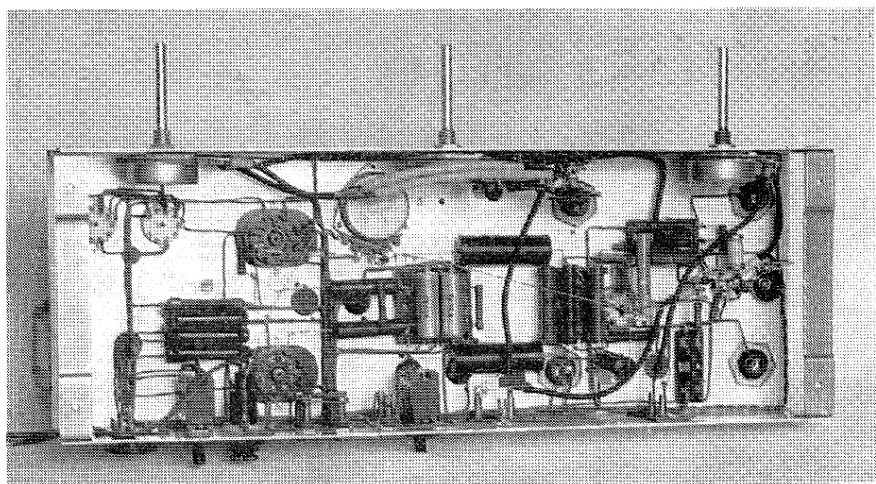
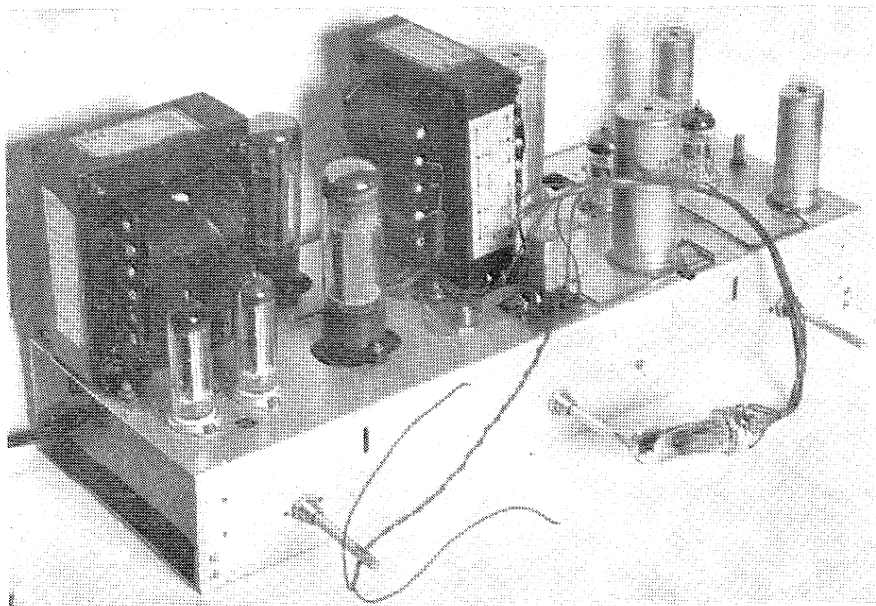
Většina součástí není náročná na toleranci. Předepsané wattové zatížení odporů můžeme nahradit vždy odporem s větší dovolenou wattovou ztrátou (na místo 0,25 W můžeme použít 0,5 W), avšak jen někdy s nižší. Většinou jsme volili odpory 0,25 W, ač jsme mohli předepsat miniaturní typy; pro toto řešení jsme se rozhodli z cenových důvodů. U kondenzátorů je systém obdobný, volíme vždy nejbližší vyšší dovolené napětí. Jsou potenciometry s dvojitým průběhem: logaritmické, vhodné pro řízení hlasitosti, označené G, a lineární, vhodné pro korekce apod. s označením N. V krajním případě můžeme potenciometry R6, R9 a R27 nahradit jinou blízkou hod-

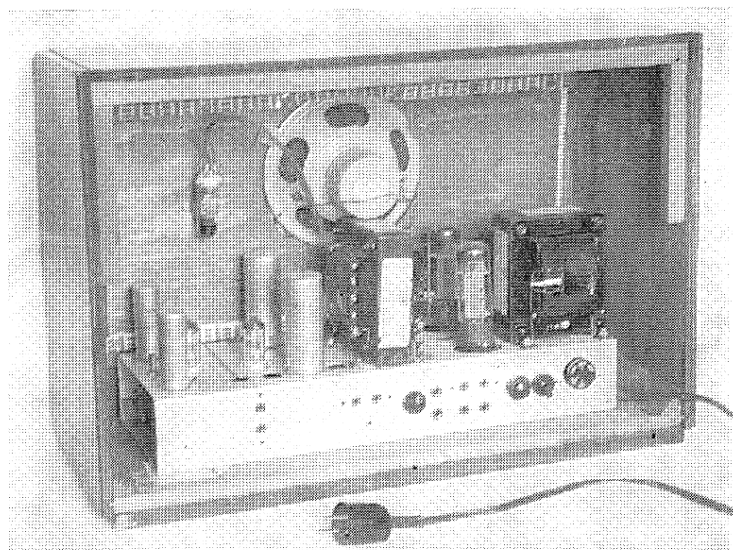
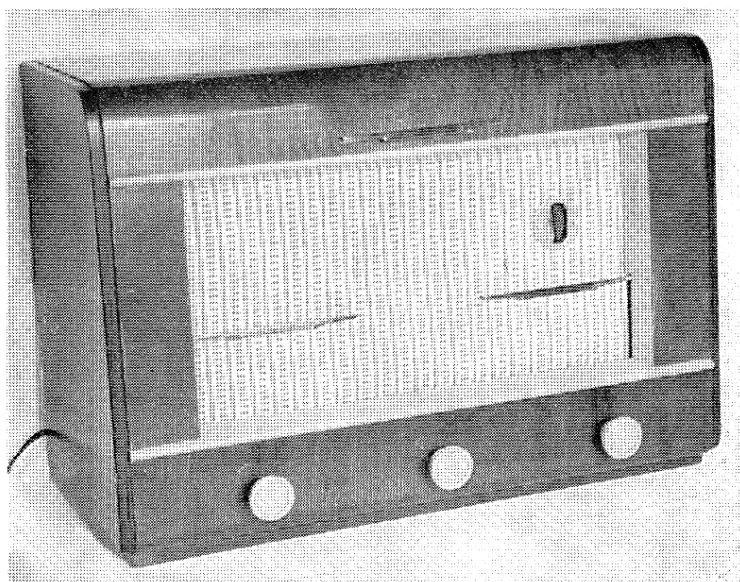
notou nebo stejnou s logaritmickým průběhem; pak ale nebude u korekcí „rovný“ frekvenční průběh charakteristiky ve středu otočky. Správná hodnota C16, oproti hodnotě na obr. 14, je uvedena v rozpisce součástí.

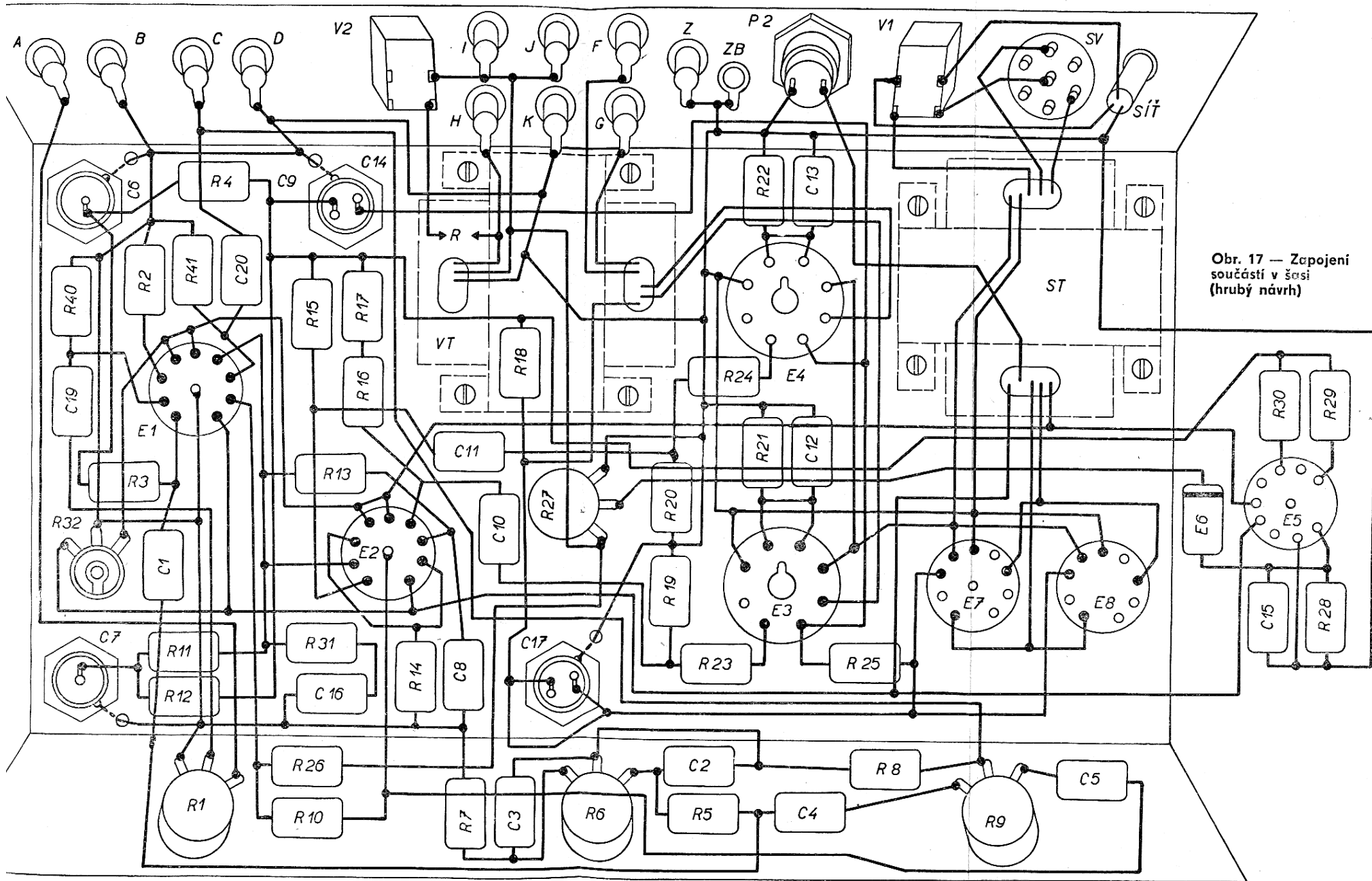
- | | |
|--------------------------------|---|
| R1 — M1/G | C12 — 100M/30 V |
| R2 — 2k2/0,25 W | C13 — 100M/30 V |
| R3 — M22/0,25 W | C14 — 50M/450 V |
| R4 — M1/0,25 W | C15 — M22/100 V |
| R5 — M1/0,25 W | C16 — 180/250 V |
| R6 — 1M/N | C17 — 50M + 50M/450 V |
| R7 — 10k/0,25 W | C18 — 2X (50M + 50M/450 V) |
| R8 — M1/0,25 W | C19 — 22k/160 V |
| R9 — 1M/N | C20 — 22k/160 V |
| R10 — 2k7/0,25 W | E1 — elektronka ECC 83 |
| R11 — M27/0,25 W | E2 — elektronka ECC 82 |
| R12 — M33/0,25 W | E3 — elektronka EL 34 |
| R13 — 1M/0,25 W | E4 — elektronka EL 34 |
| R14 — 33k/1 W | E5 — elektronka EM 81 |
| R15 — 39k/0,5 W — 5 % | E6 — germaniová dioda 2NN41
(3NN41) |
| R16 — 39k/0,5 W — 5 % | E7 — elektronka EZ 81 |
| R17 — 3k9 až 5k6/0,25 W — 5 % | E8 — elektronka EZ 81 |
| R18 — 6k8/0,5 W | E9 — elektronka EL 84 |
| R19 — M22/0,25 W | E10 — elektronka EL 84 |
| R20 — M22/0,25 W | E11 — elektronka EL 84 |
| R21 — 390/4 W s odbočkou (330) | E12 — elektronka EL 84 |
| R22 — 390/4 W s odbočkou (330) | VT — PN 66135 (PN 66136) |
| R23 — 4k7/0,25 W | ST — PN 66136 v krajním případě
(PN 66135) |
| R24 — 4k7/0,25 W | V1 — páčkový dvoupólový vypínač
(4162—03) |
| R25 — 820/2 W | V2 — páčkový jednopólový vypínač |
| R26 — 47k/0,25 W | Pj2 — skleněná tavná pojistka 0,3 A |
| R27 — 4k7/N | R — reproduktor Ø 16 cm |
| R28 — 2M2/0,25 W | 5 ks (9 ks) patice noval |
| R29 — 33k/0,25 W | 2 ks patice oktál |
| R30 — M33/0,25 W | 5 ks izolační zdířka „Mechanika“ |
| R31 — 56k/0,25 W | 3 ks knoflíky — šipky nebo podobné |
| R32 — 100/N — drátový | 1 ks síťová třípramenná šňůra |
| R33 — 150/2 W | 1 ks skříň „Amata“ nebo „Alfa“, pří-
padně větší typ výprodejní přijímačové
skříně |
| R34 — 150/2 W | 1 ks brokát — podle velikosti skříně |
| R35 — 4k7/0,25 W | 10 m zapojovacího drátu |
| R36 — 4k7/0,25 W | 2 m stíněný drát, stíněná bužírka nebo
miniaturní koaxiální kabel |
| R37 — 56/0,25 W | 2 dkg trubičkový cín |
| R38 — 250/12 W | 1 ks volič síťového napětí |
| R39 — 250/12 W | 1 ks šasi Mechanika — „Amata“ (pro
zdatnější amatéry doporučujeme vý-
prodejní šasi, která jsou levnější) |
| R40 — 1M8/0,25 W | 1 ks zadní stěna — podle velikosti skříně |
| R41 — 1M8/0,25 W | 1 ks letovací lišta „Mechanika“
nebo podobná |
| C1 — 68k/250 V | 1 ks pojistkové pouzdro s centrálním
upevněním |
| C2 — 2k2/100 V | |
| C3 — 22k/100 V | |
| C4 — 220/100 V | |
| C5 — 2k2/100 V | |
| C6 — 50M/350 V | |
| C7 — 50M/250 V | |
| C8 — M1/250 V | |
| C9 — 50M/450 V | |
| C10 — M22/400 V | |
| C11 — M22/400 V | |

OBSAH

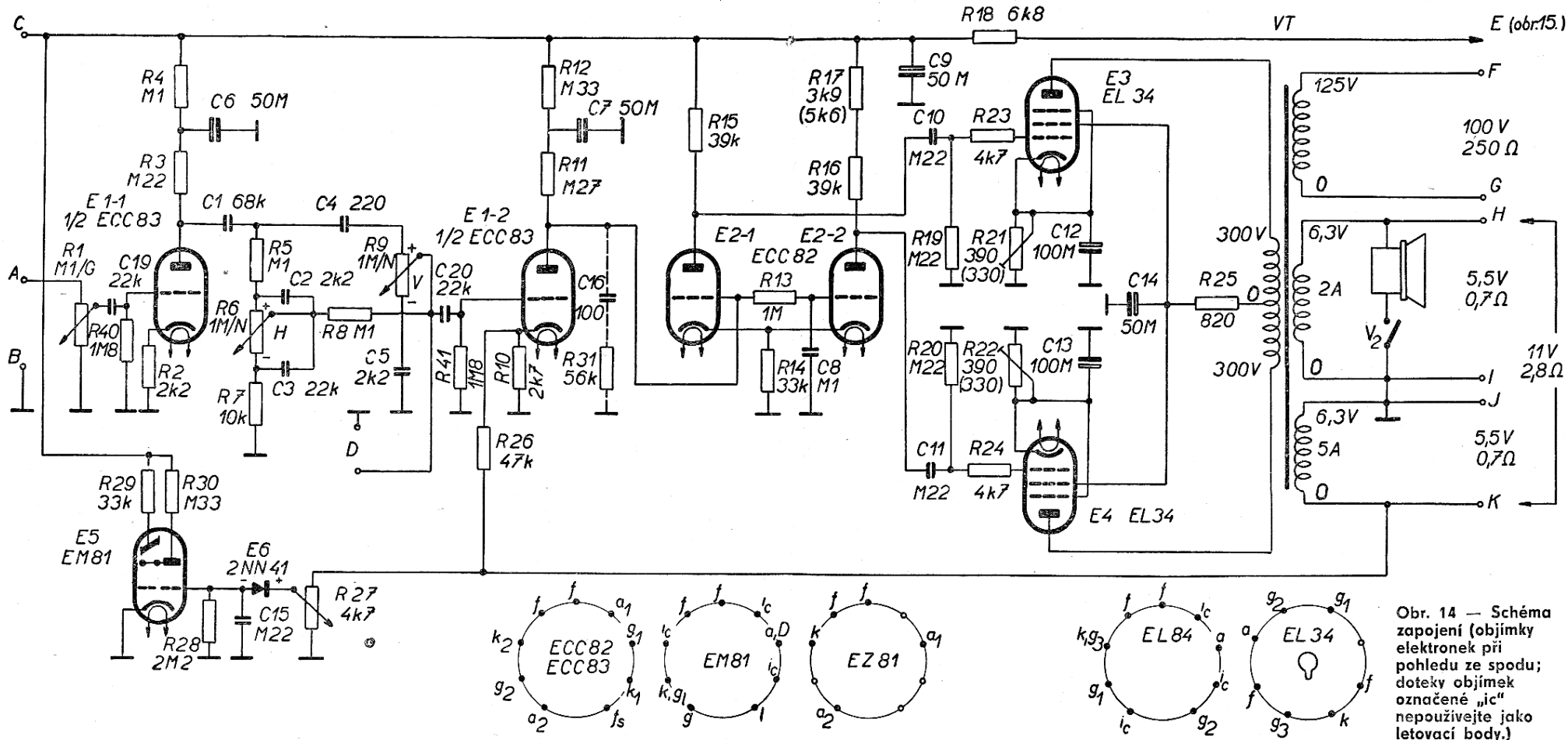
1. Zhodnocení konstrukčních směrů v zesilovací technice.
2. Požadavky kladené na Hi-fi zařízení.
3. Obvodová technika navrženého přístroje.
4. Praktické pokyny pro stavbu.
5. Uvádění do provozu.
6. Naměřené hodnoty.
7. Rozpiska součástí.



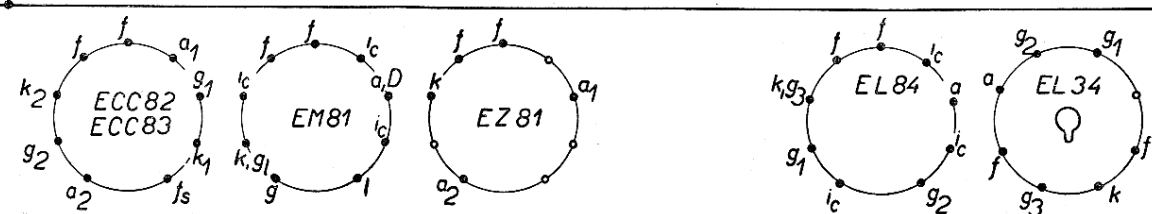




Obr. 17 — Zapojení součástí v šasi (hrubý návrh)



Obr. 14 — Schéma zapojení (objímky elektronek při pohledu ze spodu; dotěky objímek označené „ic“ nepoužívejte jako letovací body.)



STAVEBNÍ NÁVODY

PROPAGAČNÍ UČEBNÍ POMŮCKY A MODELOVÉ PŘEDLOHY

- | | |
|----|---|
| 1 | KRYSTALOVÝ PŘIJÍMAČ |
| 2 | MONODYN B — elektr. přijímač na baterie |
| 3 | DUODYN 2 — elektronkový přijímač |
| 7 | SUPER 1—01 — Malý standardní superhet |
| 8 | DIVERSON — Moderní superhet |
| 10 | NÁHRADNÍ ELEKTRONKY — Porovnávací tabulky |
| 11 | SUPER 254 E — Malý superhet |
| 13 | ALFA — VÝKONOVÝ 3 + 2 elektronkový superhet |
| 14 | DIPENTON — 2 + 1 elektronkový přijímač |
| 16 | MINIATURNÍ ELEKTRONKY |
| 17 | MINIBAT — 4-elektronkový superhet |
| 18 | TRIODYN — 3 + 1 jednoobvodový přijímač |
| 19 | EXPOMAT — Elektronkový časový spínač |
| 20 | GERMANIOVÉ DIODY v teorii a praxi |
| 21 | ELEKTRONKOVÝ VOLTMETR EV101 |
| 22 | TRANSINA — Kabelkový tranzistorový přijímač |
| 23 | VIBRATON — Elektronické vibrato ke kytarě |
| 24 | TRANSIWATT — předzesilovač — 1. část |
| 25 | TRANSIWATT — výkonový zesilovač — 2. část |
| 26 | TRANSIWATT-STEREO — kompletní zesilovací souprava — 3. část |
| 27 | STEREOSONIC — souprava pro stereofonní gramofonové desky |
| 28 | HORSKÉ SLUNCE Riviéra |
| 29 | MINIATURNÍ VENTILÁTOR na síť i baterie |
| 30 | TRANSIWATT — Minor |
| 31 | AVANTIC — zesilovací aparatura |

(Neuvedená čísla jsou rozebraná)

Cena za 1 sešit Kčs 2,—

Brožury obdržíte v prodejnách radiosoučástek

Václavské nám. 25 — Žitná 7 (Radioamatér) — Na poříčí 45 — Jindřišská 12

Cena Kčs 2,—