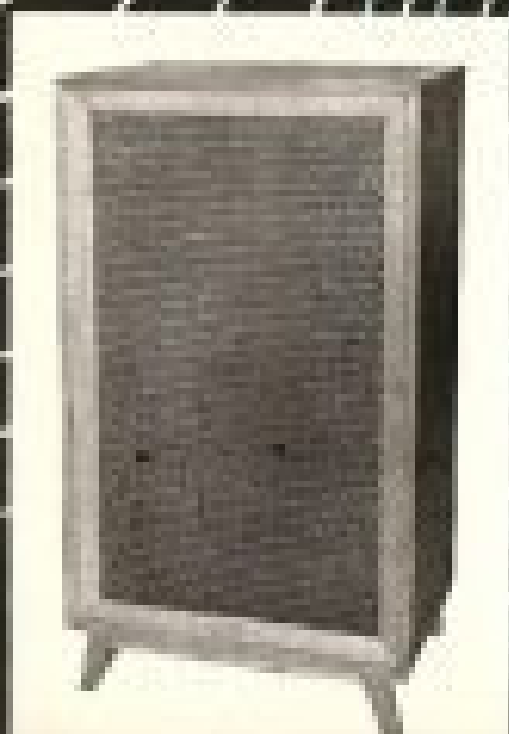




LABISLAV SYRODĀ

REPRODUKTOROVÉ
SOUSTAVY
PRO
VĚRNÝ
PŘENOS
HUDBY



LADISLAV SVOBODA

REPRODUKTOROVÉ SOUSTAVY

pro věrný přenos hudby do bytů i společenských místností,
pro stereofonní reprodukci
a elektrofonické hudební nástroje

© Ladislav Svoboda, 1965

STAVEBNÍ NÁVOD A POPIS

Č. 40

1965

Ve Vydavatelství obchodu vydává podnik

DOMÁCÍ POTŘEBY – PRAHA

ÚVOD

Tento stavební návod má sloužit milovníkům věrné reprodukce hudby, kteří si chtějí zdokonalit svá zařízení a rozšířit znalosti o reproduktorech a jejich soustavách. Proto jsme upustili od matematických výpočtů a výklad je uzpůsoben tak, aby k pochopení obsahu nebylo potřeba hlubších technických znalostí.

Všechna popsaná řešení byla postavena, vyzkoušena a osvědčila se, jak to potvrzují radioamatéři, kteří je již používají.

Než se dáme do práce a zahájíme nákup reproduktorů a jiného materiálu, nejprve si důkladně prostudujeme celý návod, promyslíme své požadavky na kvalitu přednesu hudby a možnosti umístění reproduktorových skříní v poslechové místnosti. Přitom nezapomeneme na důležitou zkušenost, že naše nároky se budou postupem doby zvyšovat, a proto si zvolíme takové řešení, které budeme moci bez velkých nákladů v budoucnu zlepšit.

1.0. KONSTRUKCE REPRODUKTOROVÝCH SOUSTAV

Reproduktor je poslední článek elektroakustického řetězu, jehož úkolem je přeměnit elektrickou energii dodanou výkonovým zesilovačem na akustické vlnění, odpovídající co nejvěrněji původnímu hudebnímu obrazu v místě nahrávání. Právě v tomto směru kvality a věrnosti přednesu zaznamenaly mnohé nové výrobky národního podniku TESLA Valašské Meziříčí podstatný krok kupředu.

1.1. Hlavní požadavky kladené na reproduktory a jejich soustavy

Nejprve si musíme ujasnit, jaké požadavky klademe na reproduktory a reproduktorové soustavy, aby nám zaručovaly věrnou reprodukci hudby. Jsou to hlavně:

- kmitočtový průběh,
- směrová charakteristika,
- zkreslení přenášeného signálu.

Kmitočtový průběh

Reproduktorová soustava musí v první řadě vyzářovat se stejnou úrovní akustického tlaku tóny o kmitočtu minimálně od 80 Hz do 12.000 Hz. V této oblasti kmitočtů se totiž nachází převážná většina základních i alikvotních (harmonických) tónů hudebních nástrojů. Zvlnění kmitočtového průběhu v této oblasti tónů u dobrých soustav nemá překročit pásmo 10 dB.

Kdyby zvlnění kmitočtového průběhu v rozsahu tónů 80–12.000 Hz přestoupilo pásmo 10 dB, znamenalo by to znatelné a rušivé potlačení nebo zdůraznění určitých tónových oblastí, což by narušovalo věrnost hudebního obrazu. Změnil by se podíl mezi

základními tóny a vyššími harmonickými, čímž by se změnila barva jednotlivých hudebních nástrojů, které by zněly nepřirozeně.

Pro nejvyšší nároky na věrnost reprodukce hudebních děl, hlavně pro poslech symfonické a varhanní hudby musí reproduktorová soustava vyzářovat tóny v rozsahu kmitočtů 40–16.000 Hz. V tomto spektru přenášených tónů nemá zvlnění kmitočtového průběhu překročit pásmo 12 dB.

Směrová charakteristika

Je zvláště důležitá pro vytvoření věrného hudebního obrazu ve vyšší oblasti tónů po celém prostoru poslechové místnosti. Podle fyzikálních zákonů akustiky se tóny ve vyšší oblasti zvukového spektra šíří směrově a směrovost vzrůstá s velikostí kmitočtů.

Z toho vyplývá, že jeden normální přímovyzářující reproduktor, který (měřeno v ose) nám přenesl s dostatečnou úrovní akustického tlaku tóny kolem 10.000 Hz, nemůže uspokojivě v této oblasti tónů pokrýt ani prostor malé poslechové místnosti, například obývacího pokoje o ploše 20 m².

To znamená, že pro oblast vyšších tónů asi nad 5.000 Hz není měřítkem kvality reproduktoru úroveň akustického tlaku měřená v jeho ose, nýbrž celková akustická energie vyzářená do prostoru poslechové místnosti. Z tohoto hlediska musíme velmi střídavě posuzovat katalogové údaje výrobců, které uvádějí většinou kmitočtový průběh měřený v ose reproduktoru.

Přesvědčíme se o tom velmi snadno, jestliže posloucháme kvalitní modulaci hudby z VKV rozhlasu v ose dobrého širokopásmového reproduktoru (např. ARO 689 nebo ARE 689), nebo v ose reproduktorové soustavy osazené jedním vysokotónovým reproduktorem ARV 231 ve vzdálenosti 2–3 metry, a bezprostředně potom ustoupíme o 1 metr na stranu od osy. Okamžitě se nám zhorší brilance vyšších tónů a reprodukce je ochuzena o barvu jednotlivých hudebních nástrojů.

Reproduktorová soustava musí být tedy navržena tak, aby vytvořila v oblasti tónů nad 5.000 Hz takové difúzní (rozptýlené) akustické pole v celém prostoru poslechové místnosti, jaké nám vytvoří živý orchestr v koncertní síni. Toho můžeme úspěšně dosáhnout jen speciálním vysokotónovým tlakovým (nepřímovyzářujícím) reproduktorem, který je ovšem poměrně drahý (obr. 5). Jestliže nepoužijeme tlakového reproduktoru, vybavíme reproduktorovou soustavu aspoň dvěma vysokotónovými přímovyzářujícími reproduktory, které upevníme tak, aby mezi sebou svíraly úhel asi 30 stupňů.

Rozvádím tuto otázku šířeji proto, že je všeobecně málo známá a v důsledku toho se i mnozí technici z oboru domnívají, že kvalitní přenos vysokých tónů je v současné době možno dosáhnout jedním širokopásmovým reproduktorem, nebo jedním vysokotónovým přímovyzářujícím reproduktorem.

Zkreslení přenášeného signálu reproduktorem

Je způsobeno tím, že k původnímu signálu z výstupu výkonového zesilovače přidává reproduktor při vyzářování další různě silné vyšší harmonické, případně subharmonické kmity, které narušují původní barvu tónů a přidávají do reprodukce hudby další zvuky, které se v původní nahrávce nevyskytují.

U reproduktorů přichází v úvahu nejčastěji zkreslení harmonické, intermodulační a zákmitové, které nejvíce ruší ve střední a vyšší oblasti zvukového spektra. Proto z hlediska minimálního zkreslení jsme vybírali reproduktory, které v dalších statích doporučujeme k zařazení do kvalitních reproduktorových soustav.

Abychom dosáhli malého zkreslení také vyžadujeme, aby maximální používaný příkon do reproduktoru v pasážích fortissima nepřestoupil $1/3$ hodnoty zatížitelnosti ve watttech, kterou udává výrobce pro použitý typ reproduktoru. Výrobce udávaný příkon znamená hodnotu, jejíž i okamžité nebo krátkodobé překročení má za následek velké rušivé zkreslení reprodukce hudby a může dojít také k mechanickému poškození kmitacího systému reproduktoru.

Dnešní běžně používané kvalitní modulační zdroje hudby mají dynamiku (tj. poměr mezi nejhlasitější částí hudebního díla a parazitním hlukem elektroakustického zařízení) kolem 40 dB. Pro střední hlasitost v běžných obývacích místnostech využíváme příkonu do reproduktoru kolem 20 až 50 mW. Jakmile však přijde pasáž fortissima symfonického orchestru, v tom okamžiku příkon stoupne na 2 až 5 W. Při tomto příkonu může i dobrý reproduktor v určité oblasti tónů zanést do reprodukce hudby znatelné i rušivé zkreslení. Daleko větší nároky v tomto směru jsou pro poslechové prostory klubovních místností, pro kina nebo divadla hudby, kde příkon do reproduktoru ve špičkách se pohybuje často mezi 10–20 W.

1.2. Funkce reproduktorové soustavy a volba typu

Z fyzikálních a konstrukčních důvodů není možné, abychom za nynějšího stavu vědy a techniky dosáhli jedním reproduktorem dokonalou a věrnou reprodukci hudby. Dokonalý přenos hlubokých tónů vyžaduje, aby reproduktor dovozoval veliký rozkmit membrány s dostatečnou poddajností. Takový reproduktor však není schopen vyzářit vysoké tóny s dostatečnou účinností a v širokém prostorovém rozložení. Naopak, vysokotónový reproduktor musí mít malou hmotu a setrvačnost kmitacího systému; proto má malé rozměry a nemůže kvalitně vyzářovat hluboké tóny. Požadavky kladené na konstrukci jednoho reproduktoru, který by měl kvalitně vyzářovat hluboké i vysoké tóny, jsou tedy z fyzikálních příčin vzájemně protichůdné.

Z těchto důvodů musíme pro věrný přednes hudby seřadit několik vhodných reproduktorů do soustavy s dělenou reprodukcí, kde jednotlivé reproduktory, nebo jejich skupiny vyzářují v optimální kvalitě jen určitou část zvukového spektra. Této části říkáme pásmo. Podle počtu pásem, do kterých je v reproduktorové soustavě rozděleno celé slyšitelné zvukové spektrum, se vyskytují nejčastěji soustavy dvoupásmové nebo třípásmové. Počtem pásem však není dán počet reproduktorů v soustavě, neboť určité pásmo může vyzářovat z technických důvodů několik reproduktorů.

V reproduktorové soustavě tedy jeden nebo několik reproduktorů vyzářují určitá pásma tónů, která na sebe těsně navazují. Navazování obstarávají elektrické výhybky.

Všechny reproduktory a elektrické výhybky soustavy jsou obvykle upevněny v jedné skříni, která nám slouží současně jako ozvučnice; zpravidla je tato skříň součástí nábytku poslechové místnosti.

Při volbě typu reproduktorové soustavy si promysleme tato hlediska:

Nejprve si musíme dobře rozvážit požadavky a nároky na kvalitu reprodukce v souladu s finančními možnostmi, velikostí poslechové místnosti a kvalitou používaných modulačních zdrojů hudby. Například zvýšení kvality v přenosu nejnižší oktávy tónů od 40 Hz do 80 Hz a rozšíření směrové charakteristiky v nejvyšší oblasti tónů od 5.000 Hz nám zvýší náklad na pořízení reproduktorové soustavy až trojnásobně. Dále musíme počítat s tím, že naše nároky na kvalitu poslechu se budou postupně zvyšovat jednak posloucháním samotným a jednak zlepšováním kvality modulačních zdrojů hudby, které se budou neustále zdokonalovat. Doporučuji proto z vlastní zkušenosti šetřit finanční prostředky raději o něco déle a postavit si dokonalou reproduktorovou soustavu, která uspokojí naše stoupající nároky na dobu alespoň 5 let.

Při volbě reproduktorové soustavy počítáme s tím, že si v budoucnu zavedeme stereofonní reprodukci hudby z gramofonových desek, případně z magnetofonového pásku. Zavádění stereofonní reprodukce do bytových podmínek ve světě rychle pokračuje a znamená podstatné zkvalitnění poslechu hudby v obývacích prostorech. Proto navrhujeme reproduktorovou skříň s ohledem na rozmístění ostatního nábytku v poslechové místnosti tak, abychom při zavedení stereofonie nemuseli skříň předělávat, nýbrž jen postavit druhou. Proto nevolíme rohovou skříň s trojúhelníkovou základnou, která není vhodná pro stereofonní poslech.

Tvar reproduktorové skříně a povrchovou úpravu navrhujeme tak, aby nám vhodně esteticky doplnila interiér poslechové místnosti. Pokud velikost bytu a poslechové místnosti dovolí, je nejvýhodnější při stereofonii reproduktorové skříně zadekorovat tak, aby je nebylo vidět (viz obr. 15 a 16). Je to výhodné jak z hlediska estetiky interiéru poslechové místnosti, tak i uměleckého zážitku z poslechu hudebního díla.

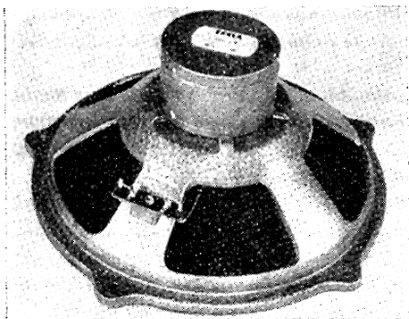
1.3. Výběr reproduktorů do soustavy

Při výběru jednotlivých typů reproduktorů do soustavy je důležité, aby reproduktory, které budeme zařazovat do soustavy, měly přibližně stejnou energetickou účinnost, to znamená poměr mezi elektrickým výkonem přiváděným na svorky reproduktoru a vyzářeným akustickým výkonem. Výrobci udávají tuto hodnotu — charakteristickou citlivost — v jednotkách dB pro příkon 1 VA na metr.

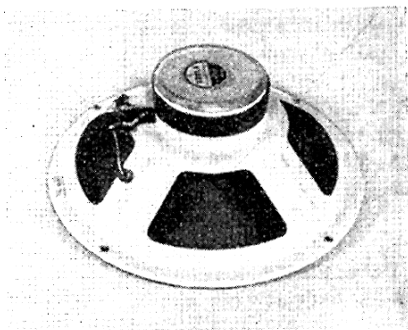
Dále musí mít uvažované reproduktory přibližně stejnou elektrickou impedanci kmitací cívky. Pokud bychom chtěli použít do soustavy reproduktory, u kterých hodnoty charakteristické citlivosti a elektrické impedance neznáme, museli bychom je zjistit měřeními. Tato měření jsou složitá a jejich popis se vymyká rozsahu tohoto návodu. Najdete je v příslušné literatuře. (Dr. Aleš Boleslav: „Nízkofrekvenční a elektroakustická měření“ SNTL—1961).

Orientačně můžeme měřit elektrickou impedanci tak, že změříme ohmmetrem stejnosměrný odpor kmitací cívky reproduktoru. Impedance pro 1.000 Hz bývá zpravidla o 10–20 % větší než naměřený stejnosměrný odpor.

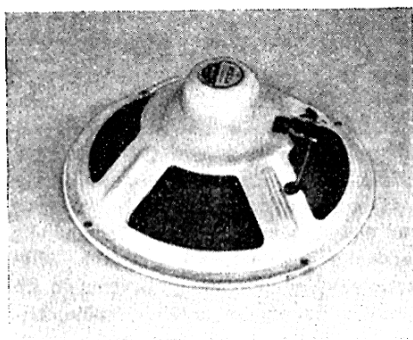
Abychom se vyhnuli zbytečným ztrátám a dosáhli co nejlepších výsledků, volíme do soustav osvědčené a vyzkoušené typy reproduktorů TESLA.



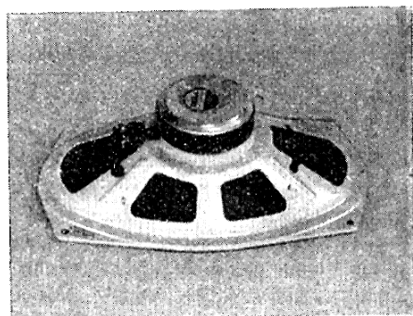
Obr. 1. — Hlubokotónový reproduktor
Tesla ARO 814



Obr. 2. — Středotónový reproduktor
Tesla ARO 669



Obr. 3. — Středotónový reproduktor
Tesla ARO 689



Obr. 4. — Středotónový reproduktor
Tesla ARE 669

Reproduktory hlubokotónové

Jejich nej kvalitnějším představitelem je speciální reproduktor o průměru koše 34 cm TESLA ARO 814 (viz obr. 1), který se jinak používá v profesionálním provozu v kinech. V odborných obchodech je k dostání a má stanovenou maloobchodní cenu 340,— Kčs. Vyznačuje se minimálním zkreslením, nízkou vlastní rezonancí (kolem 40 Hz) a dostatečnou účinností. Jeho použitím ve vhodné ozvučnici dosáhneme přirozeného zabarvení reprodukované hudby v oblasti hlubokých tónů. Musíme však volit v tomto případě třípásmovou soustavu, neboť reproduktor ARO 814 vyznačuje prostorově tóny jen do kmitočtu 1.000 Hz.

Pro běžné nároky je ve dvoupásmové soustavě nejvýhodnější kulatý reproduktor z nové typizované řady TESLA ARO 669 (viz obr. 2) nebo ARO 689 (viz obr. 3), nebo eliptický reproduktor ARE 669 (viz obr. 4).

Dále můžeme pro běžné nároky použít jako hlubokotónové reproduktory staré řady TESLA o průměru koše 20 cm, 23 cm, 27 cm. V těchto případech však musíme vždy volit třípásmovou soustavu, abychom neměli ochuzené nejdůležitější střední pásmo tónů, které tyto reproduktory vyzažují se značným poklesem akustického tlaku.

Reproduktory středotónové

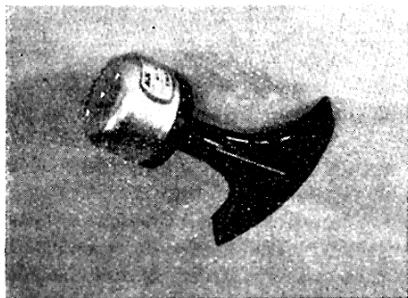
Pro třípásmovou soustavu je nejvýhodnější kulatý reproduktor o průměru koše 20 cm ARO 669 (viz obr. 2). S přibližně stejným výsledkem můžeme použít kulatý reproduktor ARO 689 (viz obr. 3) nebo eliptický reproduktor ARE 669 (viz obr. 4).

Tyto reproduktory nové typizované řady TESLA se vyznačují poměrně malým zkreslením, dostatečnou citlivostí a rovnoměrným kmitočtovým průběhem vyzáženého akustického výkonu ve střední oblasti tónů. Zlepšení přenosu středních tónů oproti reproduktorům staré řady TESLA je tak výrazné, že bude stát zato, abychom je ve stávajících soustavách nahradili popscnými novými typy.

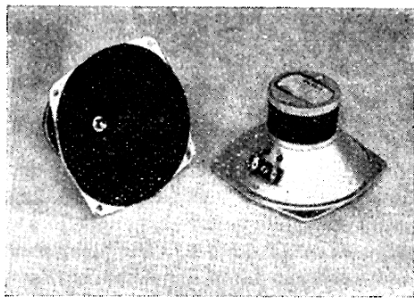
Ostatní typy reproduktorů TESLA pro přenos střední oblasti tónů nejsou pro svou malou citlivost a větší zkreslení vhodné.

Reproduktory vysokotónové

Nejkvalitnějším typem je tlakový reproduktor TESLA ART 481 (viz obr. 5.), který vyrábí národní podnik TESLA — Valašské Meziříčí a používá se v profesionálních reproduktorových soustavách pro kina. Zabezpečí nám prostorové vyzářování vysokých tónů od 7.000 Hz do 16.000 Hz s úrovní akustického tlaku přes 90 dB při minimálním zkreslení. Jako výrobně náročný tlakový reproduktor je poměrně drahý (155,— Kčs včetně daně), nemá dosud stanovenou maloobchodní cenu a není distribuován do normální obchodní sítě. Amatéri si jej mohou zajistit pouze ve speciální radioama-



Obr. 5. — Vysokotónový reproduktor Tesla ART 481



Obr. 6. — Vysokotónový reproduktor Tesla ARV 231

térské prodejně v Praze 1, Žitná ul. čís. 7, organizace socialistického sektoru přímo u výrobce.

Dalším vhodným typem je přímovязаřující vysokotónový reproduktor ARV 231 (viz obr. 6). Abychom získali lepší prostorové vyzařování vysokých tónů od přímovязаřujících reproduktorů, zařadíme do soustavy vždy nejméně 2 kusy, které zapojíme paralelně přes příslušnou výhybku.

Reproduktor ARV 231 se již nevyrábí, menší zásoby jsou ještě v odborných obchodech až do vyprodání. Můžeme jej nahradit televizním eliptikem ARV 081 (5 × 7 cm), podlouhlým eliptikem nebo menšími typy nové reproduktorové řady TESLA, avšak jen s feritovým magnetem, které mají o něco větší citlivost než reproduktory s magnetem ALNICO-UJK (ARO 369, ARO 569, ARE 469, ARE 569).

Použijeme-li vysokotónové reproduktory, které nemají uzavřený koš, musíme je umístit do malé skříňky, která je akusticky oddělí od hlubokotónového reproduktoru, viz umístění středotónového reproduktoru ve třípásmové soustavě na obr. 10.

1.4. Přizpůsobení reproduktorové soustavy pro výkonový zesilovač a funkce elektrických výhybek

Při návrhu reproduktorové soustavy uvažujeme jednopásmový výkonový zesilovač, neboť moderní zapojení koncových stupňů umožňuje zesílit vysoce kvalitně celé zvukové spektrum v jednom výkonovém zesilovači. Hodnota výstupní impedance komerčních výkonových zesilovačů je podle naší normy 4 Ω , což je běžné i u amatérských zesilovačů. Této impedanci odpovídají i navrhované reproduktorové soustavy.

Výkonový zesilovač pracuje účinně tehdy, dodává-li reproduktorům maximální výkon. To je v tom případě, je-li výstupní impedance zesilovače stejná jako impedance reproduktoru nebo soustavy v celém zvukovém spektru. Vzhledem k tomu, že impedance reproduktoru se mění s kmitočtem, nedosahuje se v praxi přesného přizpůsobení.

Rozdíly impedančního přizpůsobení výkonového zesilovače a reproduktoru do 20 % jsou zanedbatelné. Větší rozdíly mohou mít za následek mimo zmenšení akustického výkonu též změnu zabarvení reprodukce.

V případě, že by měl reproduktor nebo soustava impedanci značně menší než zesilovač, mohlo by nastat nadměrné přetížení zesilovače a zkreslení reprodukce hudby.

Vzhledem ke správnému přizpůsobení doporučujeme, aby byly při stavbě reproduktorové soustavy přesně dodrženy typy reproduktorů a elektrických výhybek.

Reproduktory zapojujeme do soustav většinou paralelně, což je výhodnější. Kdybychom však připojili hlubokotónový a vysokotónový reproduktor přímo ke společnému zesilovači, dostali bychom velmi nevýhodnou výslednou impedanci soustavy. Dále by při paralelním zapojení šly do vysokotónového reproduktoru také nízké kmitočty, které by v něm způsobily přetížení a zkreslení tím, že vysokotónový reproduktor nedovoluje velké rozkmity membrány, které nastávají při hlubokých tónech.

Elektrické výhybky reproduktorové soustavy musí proto rozdělit výstupní výkon zesilovače tak, aby každý z reproduktorů dostal jen tu část zvukového spektra, pro kterou je určen, a tedy ji vyzářil s optimální kvalitou. Správně navržena a zphoto-

vená elektrická výhybka nám zajistí také příznivý průběh impedance v celé oblasti zvukového spektra a tím správné přizpůsobení reproduktorové soustavy pro výkonový zesilovač.

Výhybky, které jsou popsány u jednotlivých reproduktorových soustav, jsou konstruovány tak, aby při maximální jednoduchosti plnily uvedené požadavky. Jejich vlastnosti jsou ověřeny, proto doporučujeme dodržovat uvedené hodnoty a druhy použitých součástí.

Pro výhybky používáme zásadně kondenzátory z metalizovaného papíru, tak zvané MP kondenzátory příslušné kapacity. Jestliže je nemáme k dispozici, získáme požadovanou kapacitu složením několika kapacit paralelně.

Elektrolytické kondenzátory pro výhybky zásadně nepoužíváme, neboť mají velké a nekontrolovatelné ztráty na vyšších kmitočtech a časem mění svou kapacitu.

Elektrické výhybky umísťujeme dovnitř reproduktorové skříně, obvykle na spodní stěnu.

2.0. STAVBA REPRODUKTOROVÝCH SKŘÍNÍ

2.1. Funkce ozvučnice

Přímovyzářující reproduktory nemohou samy vyzářit s dostatečným akustickým tlakem hluboké tóny, protože zadní strana membrány vyzářuje zvukovou energii stejně intenzivně jako strana přední, ale s opačnou fází. To znamená, že hluboké tóny opačných fází, vyzářené přední a zadní stranou membrány, se navzájem ruší, čímž prudce klesá akustický výkon. Mezi přední a zadní stranou membrány vzniká tedy akustický zkrat, jemuž může zabránit vhodná ozvučnice.

Hlubokotónový reproduktor tedy upevňujeme na dostatečně velkou ozvučnici, jejímž hlavním úkolem je zvýšit akustické zatížení membrány v oblasti kmitočtů, pro něž jsou rozměry membrány srovnatelné s délkou vlny vyzářovaného tónu. Mimo to ozvučnice vyrovnává ve spodní oblasti zvukového spektra kmitočtový průběh a dále slouží pro upevnění reproduktorů v soustavě.

Z toho vyplývá, že vyzářování hlubokých tónů bude tím dokonalejší a věrnější, čím budou rozměry ozvučnice větší. V poslední době se u kvalitních soustav nejčastěji používají ozvučnice ve tvaru uzavřených skříní, případně skříní s tak zvaným „bassreflexovým otvorem“.

Na základě výpočtů, měření a subjektivních poslechových zkoušek se ukázalo, že pro dobrou kvalitu přenosu hlubokých tónů od kmitočtu 70 Hz musí mít reproduktorová skříně vnitřní obsah aspoň 60 litrů. Jestliže však požadujeme dokonalý přenos hlubokých tónů již od kmitočtu 40 Hz, musíme zhotovit skříně o vnitřním obsahu 150 až 250 litrů a použít speciální hlubokotónový reproduktor s vlastní rezonancí kolem 40 Hz (např. ARO 814). Pro tento účel má mít skříně vnitřní tlumení tzv. kmitajícími panely.

Pro požadovanou kvalitu přenosu nemůžeme rozměry zmenšit ani bassreflexovými otvory ani jinými druhy komplikovaných ozvučnic. Hlavním účelem bassreflexového otvoru je ve většině případů snížení zkreslení reproduktoru v oblasti jeho rezonance.

V posledních letech dosahují přední světoví výrobci reproduktorových soustav podstatného zmenšení objemu skříní (při zachování kvalitního přenosu hlubokých tónů) novou konstrukcí hlubokotónových reproduktorů. Tyto nové hlubokotónové reproduktory mají oproti dosavadním podstatně větší poddajnost kmitacího systému, rezonanční kmitočty je málo výrazný a pohybuje se kolem 10 Hz—20 Hz.

Dolní mezní kmitočet soustavy je dán hlavně poddajností vzduchu v reproduktorové skříní, takže stejných výsledků v přenosu hlubokých tónů lze dosáhnout třeba s polovinou původního objemu. Těto cesty však nemůžeme použít, neboť v současné době se reproduktory tohoto druhu u nás nevyrábějí. Národní podnik TESLA Valašské Meziříčí však jejich výrobu připravuje a doufejme, že v nejbližších letech je budeme mít k dispozici.

Praktický význam použití bassreflexového otvoru jsme ověřili jen pro hlubokotónové reproduktory o efektivním průměru membrány do 20 cm ve skříní s objemem kolem 60 litrů. Bassreflexový otvor musí být opatřen tzv. pišťalou neboli nátrubkem a musí zůstat úplně volný, případně překrytý velmi průzvučným textilem. Poměr rezonančního kmitočtu reproduktoru a ozvučnice není v tomto případě kritický a neovlivňuje nepříznivě vlastnosti soustavy.

Při použití reproduktorů o větších rozměrech membrány než 20 cm nepřinese bassreflexový otvor takový výsledek, aby se vynahradila komplikace při stavbě skříně a sladování soustavy, jelikož hlubokotónový reproduktor musí být optimálně přizpůsoben velikosti skříně.

2.2. Návrh rozměrů reproduktorové skříně

Jestliže jsme si vybrali podle našich nároků na kvalitu přenosu hlubokých tónů a podle bytových možností velikost skříně a typ reproduktoru, stanovíme si rozměry skříně tak, abychom ji mohli vkusně umístit v poslechové místnosti.

Rozměry skříně (poměr mezi výškou, šířkou a hloubkou) nejsou kritické a můžeme si je pro zvolený vnitřní objem navrhnout tak, abychom skříně co nejhodněji umístili mezi nábytek v poslechové místnosti. I hloubku skříně můžeme volit v případě potřeby extrémně malou, až na míru danou montáží a rozměry reproduktoru.

Při konstrukci skříně nezapomeneme na umístění druhé skříně při zavedení stereo-fonní reprodukce a dále na to, že středotónový reproduktor musí být umístěn ve zvláštní skříně, aby hlubokotónový reproduktor s jeho membránou nepumpoval a nezanášel do reprodukce zkreslení (obr. 10).

2.3. Použitý materiál a stavba reproduktorové skříně

Reproduktorové skříně vyrobíme nejlépe z laťovky o tloušťce 16—25 mm podle velikosti skříně. Na boční stěny můžeme použít slabší laťovku, přední a zadní stěnu silnější, minimálně 22 mm.

Obvyčejná prkna nejsou vhodná, neboť i dobře vysušené dřevo časem pracuje, stěny skříně popraskají, mohou vzniknout parazitní rezonance a poruší se vzhled.

Velmi výhodné jsou dýhované desky na poličky ze sektorového nábytku, nebo vhodný typ sektorové skříňky. Tento materiál je celkem levný, dostupný a povrchově upravený.

Můžeme také použít různá provedení tvrdých dřevovláknitých desek, např. BUKAS nebo jiné o tloušťce kolem 20 mm.

Skříň musí být vyrobena tak, aby všechny stěny byly dostatečně tuhé a samy nemohly kmitat. Reproduktorová skříň není ozvučnice hudebního nástroje, která musí vydávat tóny. Naopak, u reproduktorové soustavy má být skříň maximálně mrtvá a utlumená, aby hrála jen membrána reproduktoru.

Z tohoto důvodu vyztužíme skříň v rozích dřevěnými hranolky cca 3×3 cm a tyto hranolky důkladně spojujeme s deskami klížením a čepováním. Stěny o větších plochách musíme také vyztužit hranolkou.

Přední stěna s reproduktory bývá zpravidla čepovaná a klížená s bočními stěnami. V případě, že počítáme s dalším zdokonalováním a výměnou reproduktorů, zhotovíme tuto stěnu odnímatelnou. Zadní stěnu sestojíme odnímatelnou, na mnoha místech ji přišroubujeme dostatečně silnými vruty do dřeva.

Povrchovou úpravu skříně uděláme podle ostatního nábytku v poslechové místnosti. Přední stěnu ozdobíme tahokovem, dokonale pruživým brokátem nebo jinou vhodnou látkou, které zalíštujeme vhodným rámečkem.

Průzvučnosti potahové látky věnujeme velkou pozornost, neboť v opačném případě může do značné míry potlačovat vyšší tóny.

Všechny otvory pro reproduktory musí mít ve směru vyzářování po celé tloušťce desky sražené hrany se sklonem asi 30°, aby nevznikaly nežádoucí interference.

2.4. Vnitřní tlumení reproduktorové skříně

K potlačení stojatých vln, které mají nepříznivý vliv na zvlnění kmitočtového průběhu reproduktorové soustavy, musíme provést vnitřní tlumení stěn reproduktorové skříně.

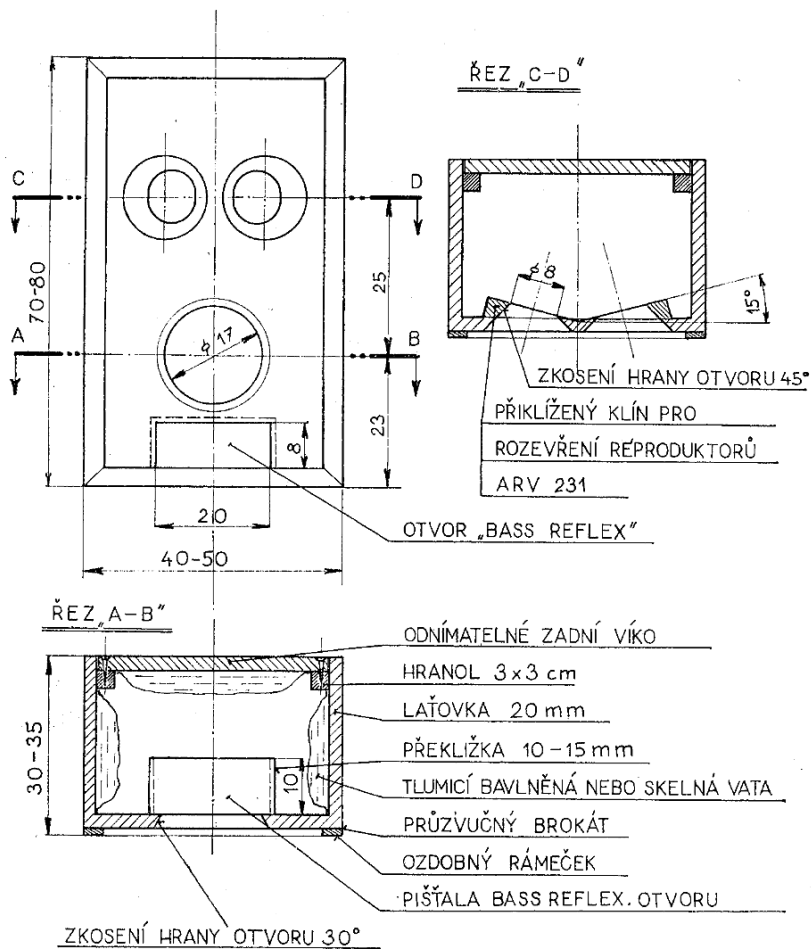
U menších skříní do obsahu asi 100 litrů provedeme vnitřní tlumení skládanou bavlněnou vatou, která je levná a dostupná v drogeriích. Buničitá vata, vlnitá lepenka nebo papír nemají tlumicí účinek. Tlumení provedeme tak, že po celé ploše zadní stěny upevníme skládanou vatu v tloušťce asi 5 cm. Vatu připevníme vhodnými hřebíčky přes lepenkovou podložku na mnoha místech plochy. Podobně upravíme i boční stěny, kde stačí 2–3 cm silná vrstva vaty. Místo bavlněné vaty stačí vata skelná nebo krejčovská. Přední stěnu, na níž je upevněn reproduktor, tlumit nemusíme.

U větších skříní provedeme dokonalé tlumení stojatých vln s tak zvanými „kmitajícími panely“. Tyto skříně vyztužíme již při výrobě na všech vnitřních hranách asi 3 cm vysokými dřevěnými hranolkou, kterými přepažíme i některé velké plochy stěn. Na ně pak přiklízíme a přibijeme hobrové desky o tloušťce 10–15 mm (nejvhodnější je normální měkká hobra) tak, aby vzduchový polštář pod nimi byl uzavřený. Poddajností těchto vzduchových polštářů vzniká dokonalé tlumení stojatých vln na nízkých kmitočtech, což přispívá k dokonalému přenosu hlubokých tónů. U přední stěny s reproduktory tuto úpravu neděláme.

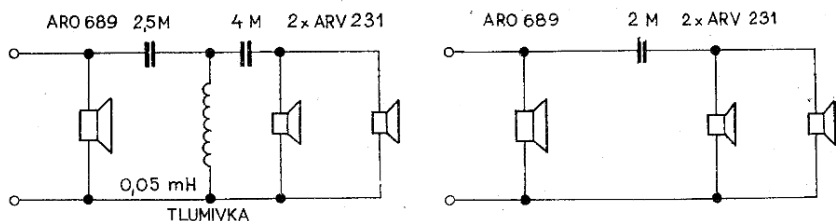
3.0. PRAKTICKÁ PŘÍMĚŘENÍ REPRODUKTOROVÝCH SOUSTAV

3.1. Levná dvoupásmová soustava

Pro běžné nároky na kvalitu reprodukce vystačíme se soustavou, ve které bude jeden reproduktor nové řady TESLA typu ARO 689 (ARO 669) nebo ARE 669 pro přenos hlubokých a středních tónů a dále dva vysokotónové reproduktory TESLA typu



Obr. 7. — Reprodukční skříň dvoupásmové soustavy



Obr. 8. — Elektrické zapojení dvoupásmové soustavy

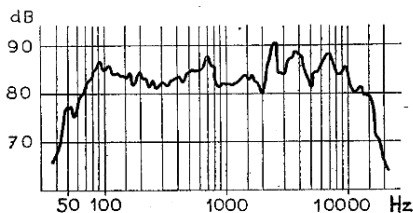
ARV 231. Abychom dosáhli co nejlepšího výsledku v přenosu nejhlubších tónů, vybereme reproduktor s nejnižší vlastní rezonancí. Ta se pohybuje u uvedených reproduktorů kolem 70 Hz. Dva vysokotónové reproduktory jsou výhodnější proto, že dosáhneme širší směrovou charakteristiku a vhodnou impedanci celé soustavy cca 4 Ω .

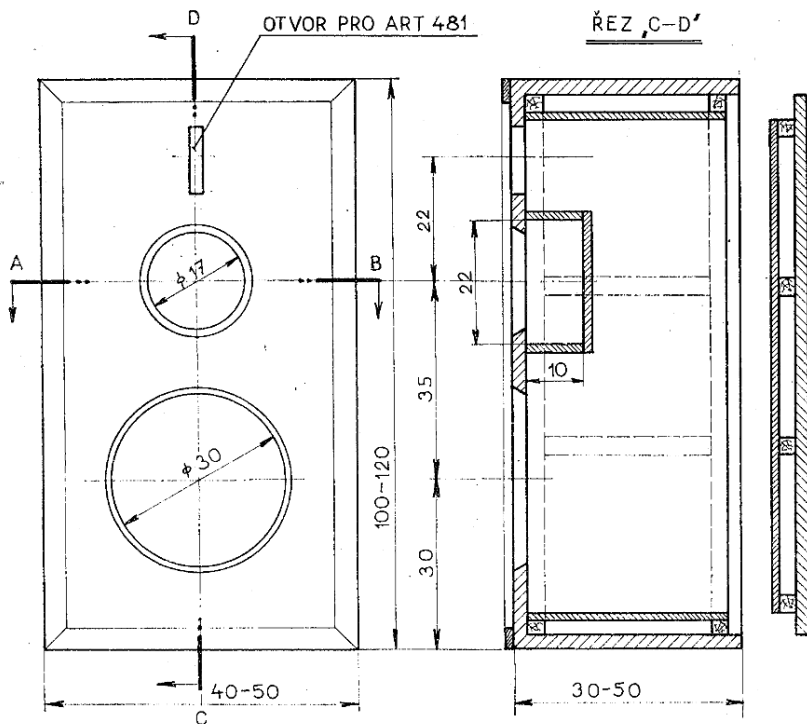
Všechny reproduktory budou upevněny ve skříňce o vnitřním objemu 50—60 litrů. Pro lepší přenos hlubokých tónů opatříme skříňku bassreflexovým otvorem s píšťalou podle obr. 7. Dva vysokotónové reproduktory budou umístěny tak, aby mezi sebou svíraly úhel asi 30° v horizontální rovině. S ohledem na kvalitní přenos hlubokých tónů volíme vnitřní objem co největší.

Elektrické zapojení této soustavy vidíme na obr. 8. Elektrická výhybka pro vysokotónové reproduktory je poměrně komplikovaná proto, abychom potlačili nepříjemnou vlastnost reproduktorů ARV 231, protože mají velké zkreslení tónů v oblasti 2—6 kHz i při malém příkonu. Jednoduchá výhybka tvořená kondenzátorem 4 mF (komu se budou zdát výšky nepříjemné, zvolí 2 mF), způsobí od 8 kHz dolů pokles úrovně vyzářování pouze o 6 dB na oktávu. Pro účinné potlačení zkreslení ve střední oblasti zvukového spektra potřebujeme vytvořit pokles nejméně 12 dB na oktávu. Toho docílíme přidáním tlumivky v paralelním zapojení o hodnotě 0,05 mH a dalšího kondenzátoru. Byla vyzkoušena tlumivka na vzduchovém jádře tohoto provedení. Na trubku ze dřeva, lepenky nebo umělé hmoty o vnějším průměru 22 mm navineme vedle sebe 85 závitů měděného smaltovaného drátu o průměru cca 1 mm.

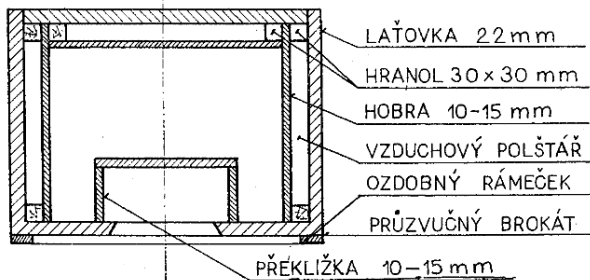
Optimálního výsledku nedosáhneme ani tehdy, použijeme-li pro spodní pásmo reproduktor staré řady TESLA o průměru 20 cm nebo 23 cm. Tyto reproduktory mají již od kmitočtu 3 kHz značný pokles vyzářování, což se projeví v ochuzení reprodukce

Obr. 9. — Kmitočtová charakteristika dvoupásmové soustavy





ŘEZ, A-B'

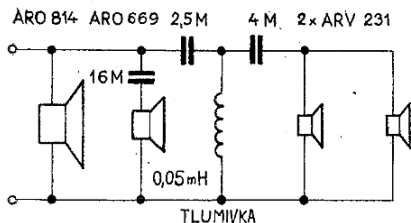


Obr. 10. — Výtisk reproduktorové skříně třípásmové soustavy

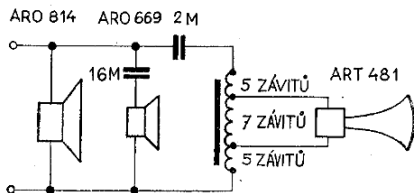
ve střední oblasti tónů. Překrytí tohoto pásma větším otevřením výhybky pro reproduktory ARV 231 není možné, pro výše uvedené zkreslení. Musela by se proto soustava řešit jako třípásmová se zařízením vhodného středopásmového reproduktoru.

Zhodnocení dosažených výsledků

Celková kvalita reprodukce a kmitočtový průběh (obr. 9) celkem dobrý, impedan-
ce cca 4Ω . Zkreslení nepůsobí rušivě až do příkonu 2 W. Volíme proto tuto soustavu
zpravidla k jednoduchým výkonovým zesilovačům a pro malé poslechové místnosti.



Obr. 11. — Elektrické zapojení třípásmové soustavy s vysokotónovými reproduktory ARV 231



Obr. 12. — Elektrické zapojení třípásmové soustavy s vysokotónovým reproduktorem ART 481

3.2. Třípásmová soustava pro náročné posluchače

Požadavky na kvalitu přenosu spodní oblasti tónů od 40 Hz po stránce kmitočtového průběhu a zkreslení určují typ hlubokotónového reproduktoru a velikost skříně. Nejvhodnější je speciální hlubokotónový reproduktor s rezonancí kolem 40 Hz TESLA ARO 814 o průměru koše 34 cm.

Vzhledem k tomu, že u tohoto reproduktoru začíná pokles vyzářeného výkonu již od kmitočtu 1000 Hz, musíme pro věrný přenos středního pásma volit soustavu třípásmovou (obr. 10). Střední pásmo pokryje reproduktor ARO 669 (ARO 689) v malé samostatné skříně.

Vysoké tóny budou vyzářovat dva reproduktory ARV 231, upevněné a zapojené stejně jako u dvoupásmové soustavy podle obr. 7. Elektrická výhybka pro reproduktory ARV 231 musí mít vzhledem ke kvalitě celé soustavy tlumivku (obr. 8).

Zapojení celé třípásmové soustavy je vidět na obr. 11.

Abychom zajistili nejlepší prostorové vyzářování a kvalitu vysokých tónů, nahradíme dva reproduktory ARV 231 jedním tlakovým vysokotónovým reproduktorem ART 481 (obr. 5). Vzhledem k tomu, že tento reproduktor má impedanci kmitací cívky jen $0,9 \Omega$, zapojíme pro převod na 4Ω do jeho obvodu převodní transformátor, který slouží zároveň jako indukčnost pro elektrickou výhybku.

Převodní autotransfornátor je z plechů 42×42 mm, sloupek 12 mm, síla plechů 0,35 mm, mezera 0,5 mm, průřez 3,21 cm² (jádro ČSN M12 nebo E12). Vinutí je z měděného smaltovaného drátu o průměru 0,8–1 mm. Počty závitů tohoto transformátoru a zapojení celé reproduktorové soustavy je uvedeno na obr. 12. Zvukovod tlakového reproduktoru musí být umístěn ve skříni kolmo.

Středotónový reproduktor umísťujeme ve zvláštní malé skříňce o objemu 3–5 litrů. Tím se vyhneme zbytečnému intermodulačnímu a zákmitovému zkreslení, které by vzniklo tím, že by hlubokotónový reproduktor pumpoval membránou středotónového, jestliže by tento nebyl akusticky odstíněn. Uvnitř zatlumíme skříňku tak, že na stěny přibijeme vrstvu skládané bavlněné vaty o síle 3–5 cm.

Speciální hlubokotónový reproduktor ARO 814 vyžaduje vhodnou skříň, vytvářející dostatečný akustický odpor nutný pro kvalitní přenos nejhlubších tónů. Zvolíme proto jako ozvučnici uzavřenou skříň o vnitřním obsahu 150–250 litrů, čímž dosáhneme kvalitní přenos hlubokých tónů již od 40 Hz. Vnitřní tlumení skříň provedeme kmitajícími panely podle kapitoly 2.4. a obr. 10.

Třípásmovou soustavu, která je již složitá a nákladná, volíme tehdy, máme-li dokonalé modulační zdroje hudby, kvalitní výkonový zesilovač a možnost umístit větší skříň v poslechové místnosti.

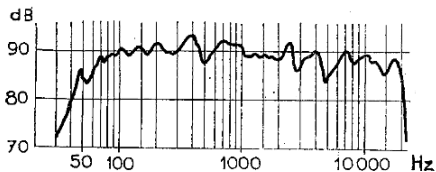
Zhodnocení dosažených výsledků

Popsaná třípásmová reproduktorová soustava je svými parametry na úrovni světové techniky a splňuje náročné požadavky nejen pro obytné místnosti, nýbrž i pro menší společenské místnosti závodních klubů a pro menší divadla hudby. Zejména pro tyto případy doporučujeme zajistit si tlakové vysokotónové reproduktory ART 481.

Z perspektivního hlediska se dá očekávat, že tato soustava uspokojí náročné požadavky na dobu 5–10 let.

Naměřené hodnoty: (pro soustavu osazenou ART 481)

- kmitočtový rozsah 45 Hz — 15 kHz v pásmu 12 dB (obr. 13)
- šířka směrové charakteristiky pro — 10 dB:
 - pro 5 kHz větší než ±50 stupňů
 - pro 10 kHz větší než ±40 stupňů
- jmenovitá impedance : 4 Ω
- jmenovitý příkon : 10 W
- maximální příkon : 30 W
- zkreslení : 45–70 Hz menší než 7 %
pro 10 W
- 70–120 Hz menší než 5 %
- 120–10 000 Hz menší než 3 %
- střední charakteristická citlivost : 92 dB/1 W/1 m



Obr. 13. — Kmitočtová charakteristika třípásmové soustavy s vysokotónovým reproduktorem ART 481

3.3. Montáž reproduktorů a jejich zapojení

Při montáži musíme s reproduktory pozorně zacházet a dbát, abychom nepoškodili nebo neztratili plstěnou lepenkovou podložku na obvodě koše reproduktoru, která přitlačuje membránu na vnějším obvodu ke koši. Reprodukty před montáží ještě pozorně prohlédneme a mírným osovým tlakem na membránu překontrolujeme, zda kmitací cívka nezadrhává v mezeře. Pokud máme tónový generátor, reproduktory propískneme, zda v oblasti, ve které mají vyzařovat, nedrnčí. Dále překontrolujeme příváděcí lanka od svorek na membránu, zda jsou dostatečně uvolněna, aby nezabraňovala volnému pohybu membrány na obě strany.

Dbáme, aby hlubokotónový a středotónový reproduktor pracoval ve stejné fázi. To znamená, že okamžité výchylky membrán těchto reproduktorů musí jít stejným směrem. Kladný pól kmitací cívky reproduktorů bývá obvykle označen barevnou tečkou, stejně však správnost označení překontrolujeme buď plochou baterií, nebo vhodným stejnosměrným voltmetrem (AVOMET). Je-li baterie připojena na svorky reproduktoru tak, aby kladný pól byl na barvou označené svorce, musí výchylka membrán u kontrolovaných reproduktorů jít jedním směrem. Kontrola stejnosměrným voltmetrem je nejpřesnější, rychlá a jednoznačná. Připojíme svorky reproduktoru na svorky měřicího přístroje a citlivě zatlačíme na membránu. Indukovaný proud vychýlí ručku jedním směrem. AVOMET přepneme přitom na nejcitlivější stejnosměrný rozsah. U vysokotónových reproduktorů na pólování nezáleží.

3.4. Manipulace s reproduktory a jejich opravy

Reprodukty jsou jemné a choulostivé součásti elektroakustického řetězu, u nichž každé, i malé porušení správné mechanické funkce se projeví značným zkrácením reprodukce hudby. Podle toho se musíme řídit také při manipulaci s nimi.

Již při nákupu věnujeme pozornost celkovému vzhledu reproduktoru. Dobře si prohlédneme membránu, zda není v některém místě zeslabena, protržena nebo jinak mechanicky poškozena. Dále mírným osovým tlakem prstů na membránu překontrolujeme, zda kmitací cívka nezadrhává ve vzduchové mezeře magnetického obvodu.

Kupujeme-li dražší reproduktor, budeme se snažit, aby nám jej již v obchodě připojili aspoň na výstup normálního rozhlasového přijímače, přičemž bychom subjektivním poslechem zjistili, zda reproduktor nezkrsluje nebo nedrnčí. Nejlépe je ovšem propískat reproduktor tónovým generátorem přes vhodný zesilovač.

S reproduktory vždy manipulujeme tak, abychom membránu při nevhodném uložení neprotlačili, neprotrhli nějakým nástrojem apod. Dále se vystříháme větších nárazů s reproduktory, abychom neporušili symetrii vzduchové mezery magnetického obvodu a kmitací cívky. Reprodukty nikdy neukládáme do vlhka, přílišného tepla, do prašného prostředí nebo mezi ocelové piliny.

U tlakových reproduktorů můžeme snadno rozbít zvukovod, který bývá nejčastěji z umělé hmoty a je velmi křehký. Poškozením jeho tvaru se značně zhorší jeho výřezovací vlastnosti. Dále můžeme tlakový vysokotónový reproduktor snadno poškodit tím, že jej při zkoušení připojíme na zesilovač bez elektrické výhybky, čímž ho zatížíme

také ve spodní oblasti zvukového spektra a mohou se utrhnout přívody na kmitací cívku. Ve spodní oblasti akustického spektra zvukovod již membránu nezatěžuje, což má za následek takový vzestup její amplitudy, že se může zničit nebo poškodit mechanika kmitacího systému.

Poškodí-li se membrána reproduktoru, nebo poruší-li se funkce kmitacího systému, je nejlépe provést opravu ve speciální dílně, nebo v případě tlakových reproduktorů přímo u výrobce. Tlakové reproduktory vyžadují velmi přesnou montáž a nastavení, má-li se dosáhnout kvalitního vyzařování vyšších tónů.

U vysokotónových reproduktorů ARV 231 a ART 481 nemusíme dodržet podmínku zapojení ve stejné fázi, protože je malá délka vlny vyzařovaných tónů.

Reproduktory propojíme měděným izolovaným vodičem o průměru aspoň 1 mm a všechny spoje dobře propájíme. Vodiče od reproduktorů a elektrických výhybek připevníme na stěny skříně. Elektrické výhybky upevníme šroubky nejlépe na spodní stěnu. Zadní víko nakonec pevně přišroubujeme do skříně. Přívody od zesilovače do reproduktorové soustavy uděláme z měděného izolovaného vodiče o průměru aspoň 1 mm.

4.0 STAVBA REPRODUKTOROVÝCH SOUSTAV PRO STEREOFONNÍ POSLECH

4.1. Výběr soustav pro stereofonní poslech a kontrola požadovaných parametrů

Popsané reproduktorové soustavy jsou vhodné i pro stereofonní dvoukanálovou reprodukci hudby z gramofonových desek nebo z magnetofonového pásku. Potřebujeme k tomu dvě reproduktorové soustavy a musíme dbát, aby obě měly přibližně stejný kmitočtový průběh a stejnou citlivost. Odchyšky těchto hlavních parametrů mezi oběma soustavami nemají být větší než 3 dB. Z toho vyplývá, že obě reproduktorové skříně musí být stejně velké a osazené stejnými typy reproduktorů.

Splnění těchto podmínek má velký význam pro správnou prostorovou lokalizaci (určování) jednotlivých skupin hudebních nástrojů. Proto, i když použijeme stejné typy reproduktorů v obou soustavách, si alespoň subjektivně překontrolujeme účinnost a kmitočtový průběh jednotlivých reproduktorů a celých soustav.

Porovnáme subjektivním poslechem vhodné části hudebního díla tak, že přepínáme zkoušené reproduktory na jeden modulační řetěz. Porovnáme z obou reproduktorových skříní nejprve reproduktory hlubokotónové, pak středotónové a nakonec vysokotónové přes příslušné elektrické výhybky. Jestliže nezjistíme větší diference v citlivosti a kmitočtovém průběhu, zapojíme s konečnou platností celé soustavy, provedeme zřazování a překontrolujeme obě soustavy mezi sebou.

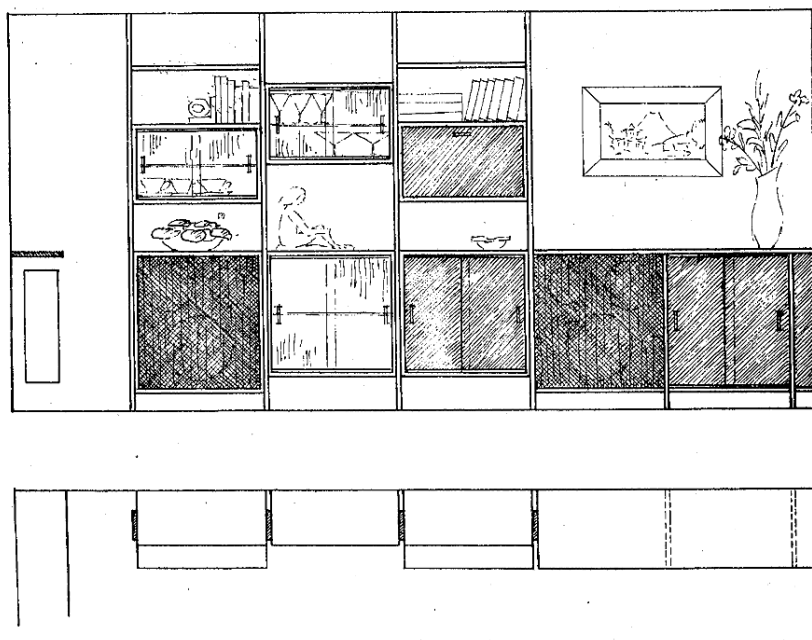
Abychom mohli výsledek porovnat, musíme zkoušené reproduktory umístit co nejbližší k sobě a posloucháme ve vzdálenosti 4—5 metrů od reproduktorů.

Pro rychlé přepojení modulace do jednotlivých zkoušených reproduktorů si můžeme zhotovit jednoduchý přepínač, abychom dosáhli bezprostředního přepnutí. Tyto práce mají význam jen pro kvalitní zařízení a jelikož se jedná o subjektivní posuzo-

vání, pozveme si ještě několik přátel, kteří mají hudební sluch a zájem. Objektívni měření kmitočtového průběhu a citlivosti reproduktorů vyžaduje značné technické vybavení a zkušenosti, takže není běžně dostupné. Vhodným subjektivním porovnáním jednotlivých reproduktorů mezi sebou dosáhneme stejného výsledku.

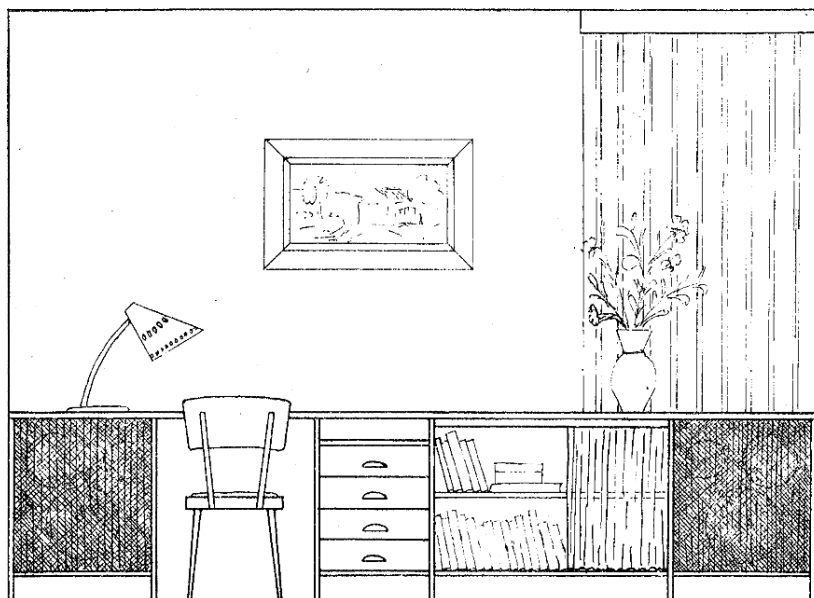
4.2. Umístování reproduktorových skříní pro stereofonní reprodukci v poslechové místnosti

V poslechové místnosti uspořádáme reproduktorové soustavy tak, abychom dosáhli co největší plochy, na které budou mít posluchači dokonalý prostorový obraz



Obr. 14. — Uspořádání reproduktorových skříní pro stereo v regálové sestavě

hudebního díla. Dbáme, abychom mohli správně lokalizovat směr jednotlivých skupin hudebních nástrojů nebo sólistů. Splnění tohoto požadavku není jednoduché, neboť je ovlivňuje řada faktorů, na které nemůžeme vždy působit, např. akustika místnosti, skladba a rozložení nábytku, kvalita nahrávek atd. Budeme se proto snažit dodržet následující pravidla a reproduktorové skříně umístíme podle nejlepšího subjektivního poslechu:



Obr. 15. — Uspořádání reproduktorových skříní pro stereo v sestavě pracovního stolu

1. Obě reproduktorové soustavy pro stereofonní provoz zhotovíme stejné, neboť komerční řešení s jedním hlubokotónovým reproduktorem společným pro oba kanály nedává uspokojivý výsledek prostorového vjemu.

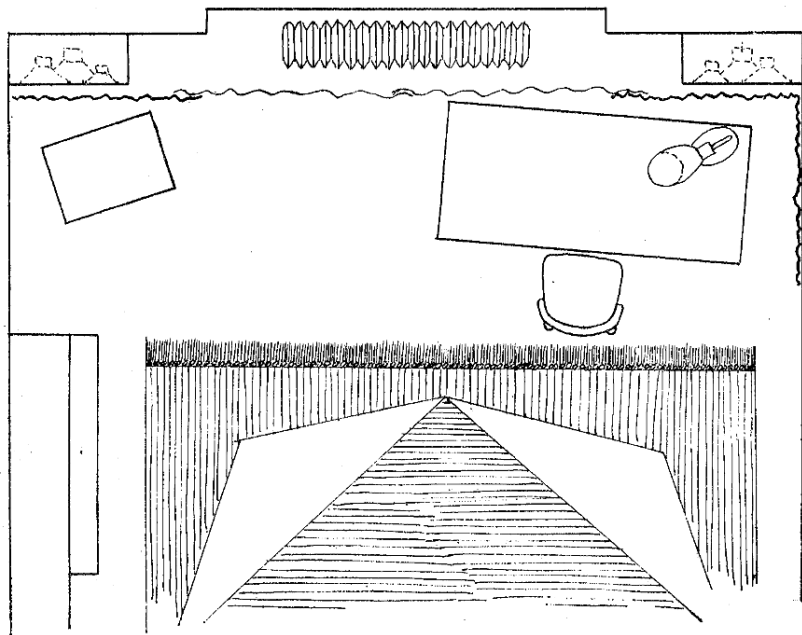
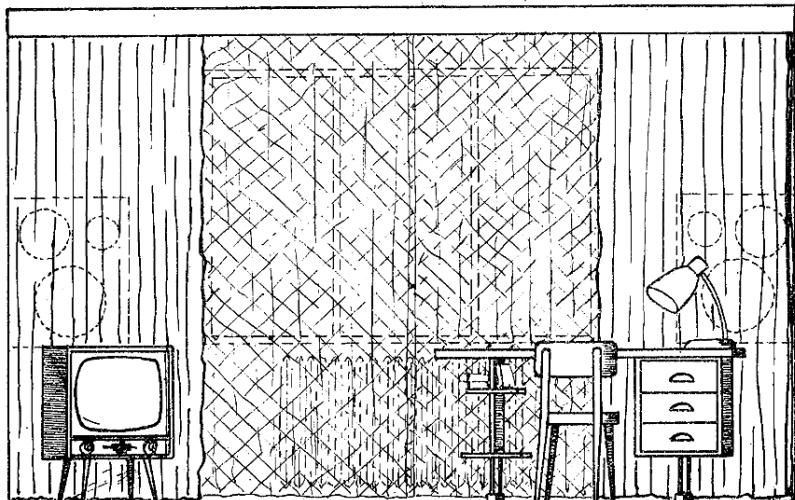
2. V obdélníkové poslechové místnosti postavíme reproduktorové skříně pokud možno ke kratší stěně tak, aby byly obě stejně vzdáleny od posluchačů.

3. Vzdálenost reproduktorových skříní od sebe volíme v obývacích místnostech 2—3 metry, v poslechových sálech 3—5 metrů. Vzdálenost větší než 5 metrů není pro dvoukanálovou stereofonní reprodukci vhodná, neboť vzniká často tak zvaný „hluchý střed“, neboli ping-pongová reprodukce, hlavně při menších hudebních tělesech.

4. Reproduktorové skříně mají být umístěny tak, aby především středotónové a vysokotónové systémy nebyly ani příliš nízko, ani příliš vysoko od podlahy. Optimální výška je asi ve druhé čtvrtině výšky místnosti od podlahy.

5. Pro optimální stereofonní poslech nejsou rohové reproduktorové skříně naměřované do podélné osy místnosti.

Při zařizování obývacího pokoje umístíme reproduktorové skříně velmi vhodně do moderních regálových sestav, viz obr. 14.



Obr. 16. — Uspořádání zadekorovaných reproduktorových skříní pro stereo

Aby byl při reprodukci zachován co nejvěrnější obraz hudebního díla, je výhodné zadekorovat reproduktorové skříně v poslechové místnosti tak, aby nebyly viditelné, což je možné i v menší obývací místnosti podle obr. 15 nebo 16. Výhoda tohoto řešení mimo celkově lepší estetický dojem je také v tom, že skříně mohou být dostatečně velké a ušetříme tím na dokonalé povrchové úpravě. Pro společenské místnosti doporučujeme zásadně jen toto řešení. Při volbě dekoračních látek dbáme, aby dokonale propouštěly zvuk.

OBSAH

| | |
|--|----|
| 1. Konstrukce reproduktorových soustav | 2 |
| 2. Stavba reproduktorových skříní | 9 |
| 3. Praktické provedení reproduktorových soustav | 11 |
| 4. Stavba reproduktorových soustav pro stereofonní poslech | 18 |

STAVEBNÍ NÁVODY pro radioamatéry

- 1 KRYSTALOVÝ PŘIJÍMAC
- 2 MONODYN B. 1-elektronkový přijímač na baterie
- 3 DUODYN. 2-elektronkový přijímač síťový
- 5 SONORETA RV 12. Trpasličí přijímač 2-elektronkový
- 6 SONORETA 21. Trpasličí přijímač 1-elektronkový
- 7 SUPER I — 01. Malý standardní superhet
- 8 DIVERSON. Moderní superhet
- 9 NF 2. 2-elektronkový univerzální přijímač
- 10 NÁHRADNÍ ELEKTRONKY. Porovnávací tabulky
- 11 SUPER 254 E. Malý superhet
- 12 OSCILÁTOR. Pro vf měření
- 13 ALFA. Výkonný superhet
- 14 DIPENTON. 2 + 1-elektronkový přijímač
- 15 MIR. Malý 4 + 1-elektronkový superhet
- 16 MINIATURNÍ ELEKTRONKY
- 17 MINIBAT. 4-elektronkový superhet
- 18 TRIODYN. 3 + 1-elektronkový přijímač
- 19 EXPOMAT. Elektronkový časový spínač
- 20 GERMANIOVÉ DIODY v teorii a praxi
- 21 ELEKTRONKOVÝ VOLTMETR EV 101
- 22 TRANSINA. Kabelový tranzistorový přijímač
- 23 VIBRATON. Elektronické vibrato ke kytarě
- 24 TRANSIWATT, předzesilovač pro Hi-Fi — 1. část
- 25 TRANSIWATT, výkonový zesilovač — 2. část
- 26 TRANSIWATT STEREO, kompletní zesilovací souprava — 3. část
- 27 STEREOSONIC, souprava pro stereofonní desky
- 28 RIVIÉRA, horské slunce
- 29 MINIATURNÍ VENTILÁTOR na baterie a síť
- 30 TRANSIWATT Minor — zesilovač pro stereofonní sluchátka
- 31 AVANTIC — zesilovací aparatura pro věrný přenos
- 32 CERTUS — nabíječ akumulátorů
- 33 Tranzistorový měřicí přístroj — univerzální voltmetr
- 34 Tonmix — univerzální mixážní pult 1. část
- 35 BIG-BEAT. Výkonový zesilovač hudebních nástrojů s elektrickým snímáním (1. část — elektrická koncepce)
- 36 Miniaturní oscilograf
- 37 TRANZISTORY a jejich použití
- 38 STYL. 5-tranzistorový reflexní přijímač na baterii i na síť
- 39 EXPOCOLOR. Automat pro stanovení expozice černobílých a barev. fotografií
- 41 TRANSITEST. Bateriový zkoušeč tranzistorů a diod
- 42 BIG-BEAT. Výkonový zesilovač hudebních nástrojů s elektrickým snímáním (2. část — mechanická koncepce)

Cena za 1 sešit Kčs 2,

Mimo řadu: SYNCHRODETEKTOR — přijímač pro příjem VKV, cena Kčs 4,50

Neuvedená čísla jsou rozebrána • Objednávky brožur vyřizujeme pouze na dobírku

Brožurky obdržíte v pražských prodejnách radiosoučástek

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