

Pamatujeme, jaký převrat v konstrukci nízkofrekvenčních zařízení znamenalo řešení, popsané v r. 1950 Williamsonem. Podle jeho koncepce vznikla v následujících letech celá řada obdobných zapojení, která měla vcelku dobré vlastnosti, podstatně lepší než dosud užívané konstrukce. Jedním z velmi dobrých řešení bylo i t. zv. „ultralineární“ zapojení zesilovače, u něhož jsou stínici mřížky koncového souměrného stupně zapojeny na odbočky výstupního transformátoru, což zlepší vlastnosti zesilovače tak, že jeho skreslení se pohybuje při užití vhodných součástek a správné konstrukci kolem 1—2 %. Postupem doby však bylo překonáno i toto „ultralineární“ zapojení zesilovače a dnes je za nejlepší řešení považováno zapojení zvané „P-P-P“, což jsou zkratky „parallel-push-pullové“ zapojení koncového stupně. V čem spočívá princip tohoto zapojení?

Elektronky v zapojení P-P-P jsou řazeny pro stejnosměrný proud v řadě a pro střídavý modulační proud paralelně, tedy opačně, než jak obvykle bývá u souměrného stupně. Následkem toho klesne vnitřní odporník asi na 1/4 své normální hodnoty, t. j. u běžných elektronek na hodnotu asi 1200—1500 ohmů. Další výhodou tohoto zapojení je jednodušší výstupní transformátor, který může být proveden jako autotransformátor, protože jím neprotéká stejnosměrný proud.

P-P-P zapojení má však také nevýhody, spočívající v nutnosti použít speciálního síťového transformátoru, který má rozdeleno anodové vinutí ve dvě samostatná. Druhou nevýhodou je potřeba dvou usměrňovacích elektronek namísto jedné. Přednesové vlastnosti zesilovače do jakosti však plně vyvází uvedené dvě nevýhody užitého zapojení.

Popisovaný zesilovač P-P-P je řešen jako kompletní zesilovací jednotka, koncový stupeň včetně vstupních zesilovačů se samostatným řízením zisku pro tři různé vstupy a s tónovými korekčemi pro hluboké i vysoké kmitočty. Zesilovač je vestavěn do kovové skříně, jejíž rozměry jsou uvedeny na zvláštním výkresu. Všechny ovládací prvky jsou vyvedeny na přední panel, jak je dobře patrné z fotografie. Také uvedené tři vstupy jsou zde vyvedeny, stejně jako měřicí přístroj a zdířky pro sluchátka. Na boku přístroje jsou konektory výstupu, pojistky a síťový přívod s voličem síťového napětí. Celék tvoří vzhledný přístroj panclového provedení, vhodný jak pro stabilní použití, tak i pro event. přenášení.

### Zapojení přístroje

Na schématu vidíme, že zesilovač můžeme prakticky rozdělit na několik dílů: vstupní část, korekční obvody, symetrikační a koncový stupeň a část napájecí. Podle tohoto rozdělení si také schéma probceme a vysvětlíme.

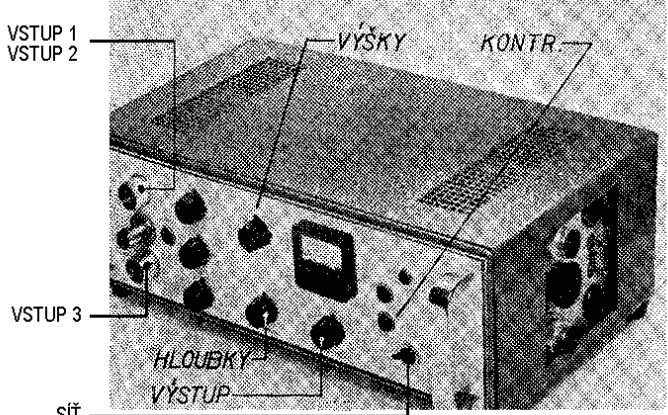
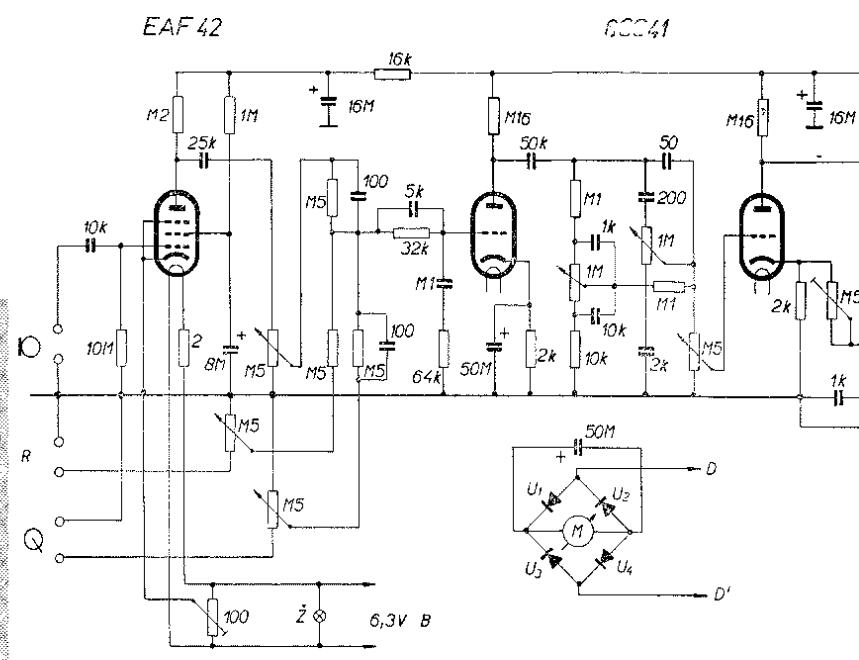
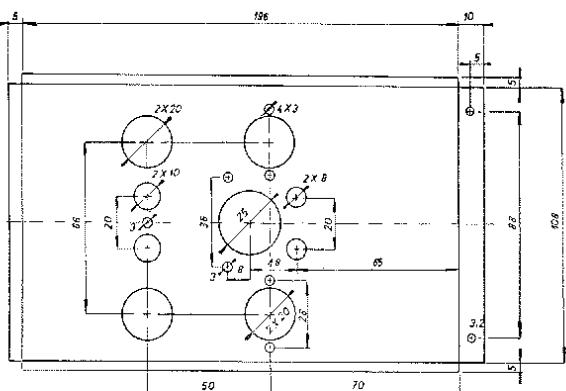
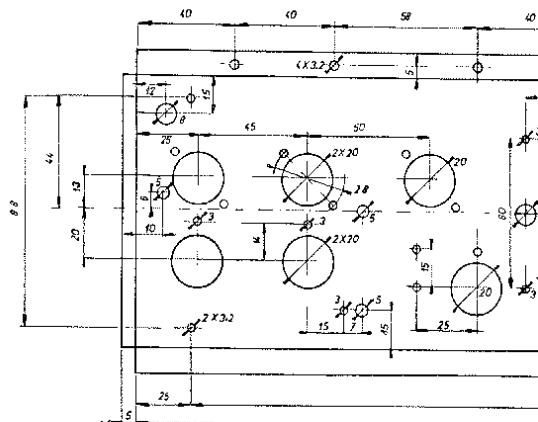
**Vstupní část:** Vstupní zesilovač je osazen elektronkou EAF42 a jednou polovinou dvojité triody 6CC41. Vstup zesilovače je proveden na tři samostatné svorky nebo konektory a to tak, že elektronka EAF42 slouží jako mikrofonní předzesilovač, z něhož je napětí přiváděno na směšovací a první zesilující stupeň s uvedenou již polovinou elektronky 6CC41. Další dva vstupy, přiváděné na tuto elektronku, jsou dimensované pro gramofon a rozhlas tak, aby úroveň všech směšovaných signálů měla rádově stejnou amplitudu. Na vstupu této triody je také jednoduchý korekční člen pro úpravu kmitočtové charakteristiky, který zvedá kmitočty asi pod 500 Hz a nad 2 kHz, jak je nutné pro základní kmitočtovou korekci.

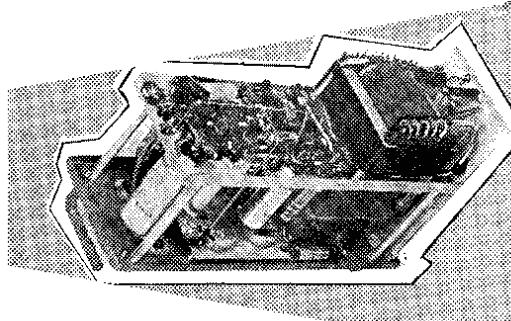
**Korektor:** Korekční stupeň je vložen mezi oběma systémy dvojité triody 6CC41. Z výstupu vlastního zesilovače je napětí přiváděno do dnes snad nejužívanějšího kmitočtového korektoru se dvěma potenciometry pro samostatné řízení hloubek a výšek. Funkce tohoto korektoru je velmi účinná a lze jím nastavit okrajová pásmá v poměru asi  $\pm 10 \div 20$  dB. Vzhledem k tomu, že v tomto korektoru vzniká pokles zesilení, je nutno před koncový stupeň s obrazcem fáze zařadit další zesilovací stupeň, osazený druhou polovinou elektronky 6CC41. Do katody tohoto stupně je též zaváděna negativní zpětná vazba, nastavitelná na vhodnou velikost potenciometrem M5.

**Symetrikační a koncový stupeň:** Zesilené napětí z druhé poloviny elektronky 6CC41 je přímou galvanickou vazbou, kterou zde můžeme použít s ohledem na užití zapojení, přiváděno na řidici mřížku jedné z triod elektronky 6CC41. Mřížkový svod této elektronky je přiveden na řidici mřížku druhé triody, ježíž mřížka je pro střídavá napětí uzemněna přes kondensátor 1000 pF. Voltou hodnoty tohoto kondensátoru je možno do jisté míry ovlivnit přednes nejnižších kmitočtů, které zesilovač přenáší. S hodnotou 1k jsou dobře přenášeny kmitočty až asi do 40 Hz. Modulační napětí pro spodní triodu vzniká spádem na společném katodovém odporu, který má v tomto zapojení neobvykle vysokou hodnotu. Protože se v tomto případě budíci napětí přičítá k napětí výstupnímu, je nutno s ohledem na dosažení

## JAKOSTNÍ ZESILOVÁČ PPP

Kamil Donát





výsledných symetrických napětí na obou systémech této elektronky upravit vhodným způsobem i pracovní odpory v anodách. Proto má dolní trioda pracovní odpor větší o cca 10 % než trioda horní a je vhodné, když přesnou hodnotu vybereme pomocí osciloskopu či elektr. voltmetu, jimiž měříme shodnost střídavých modulačních napětí na anodách obou triod.

Koncové elektronky jsou zapojeny jako katodové sledovače se značnou zpětnou vazbou. K jejich vybuzení používáme vedle vlastního modulačního napětí ještě napětí, získaného silnou kladnou vazbou napájením anodových obvodů budicích stupňů z anodových zdrojů protilehlých koncových elektronek. Katodové odpory obou koncových elektronek jsou říditelné, abychom mohli nastavit proudy obou těchto elektronek na stejnou hodnotu. Napájecí napětí pro stínici mřížky je přiváděno z anodových obvodů protilehlých elektronek. Je vhodné, jestliže za jeden z odporů v napájecích větvích těchto stínících mřížek použijeme potenciometr (drátového!), abychom mohli nastavit jeho pomocí minimální zbytkové bručení (kompenzace). V použitém zapojení byly pro koncové stupně použity elektronky EL41, prakticky bez změn můžeme však použít i jiné typy, jejichž elektrické vlastnosti jsou shodné.

Z katodových obvodů obou koncových elektronek je napájen výstupní transformátor, zapojený úsporně jako autotransformátor. Jeho vinutí je provedeno tak, aby bylo možno na jeho vývody připojit jednak  $5\Omega$  zátěž, má však též vinutí pro rozvod 100 V nízkofrekvenční sítě. Uvedený 100 V rozvod byl užit s ohledem na možnost připojení koaxiálního reproduktoru Tesla. Zesilovač v této kombinaci (P-P-P a koaxiál) má skutečně jedinečný přednes.

*Napájecí část:* Síťová část je poněkud složitější, než na jakou jsme obvykle zvyklí. Zapojení vyžaduje dvě oddělená anodová vinutí na síťovém transformátoru a protože jde vlastně o usměrňovače jednocestné, což sice nevadí u koncového stupně, ale bylo by na závadu u stupňů budicích a vstupních, nalezneme v zapojení velkou hodnotu filtračních odporů ( $50\text{ k}\Omega$ ) pro vyhlazovací členy vstupních elektronek. Dva usměrňovače vyžadují ovšem také dvou usměrňova-

cích elektronek. Na tomto místě se velmi dobře uplatní typ 6Z31. Obě anody propojíme a zapojíme vždy do jedné zdrojové větve, kde jsou též zapojeny pojistky 100 mA. Odpor  $100\Omega$  jsou jen ochranné odpory pro tyto elektronky. Na síťovém transformátoru je mimo již uvedená anodová vinutí ještě vinutí pro žhavení elektronek 6Z31 a pro vlastní zesilovač, v jehož obvodu je u vstupní elektronky zařazen odbručovač. Vstupní elektronka je také žhavena sníženým napětím přes srážecí odpor asi  $2-3\Omega$ , kterým snížíme její žhavicí napětí asi o 20 %. To je také spolu s galvanickým spojením katody se zemí účinný prostředek ke snížení bručení, což je u takovýchto citlivých zesilovačů nutné.

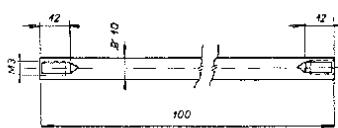
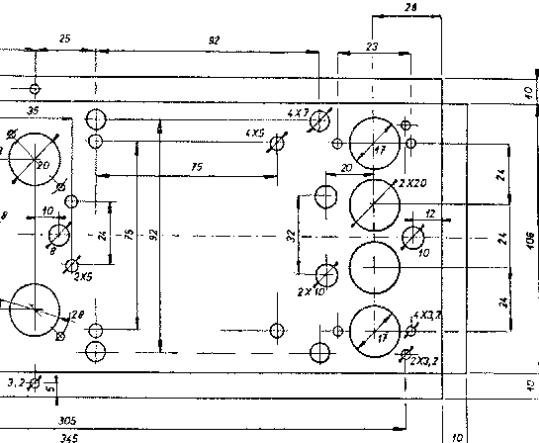
*Kontrola vybuzení:* S ohledem na skutečnost, že zesilovač má sloužit pro nejrůznější účely, častočně i jako měrný přístroj, byl doplněn kontrolou vybuzení a to vestavěním obvodu s ručkovým měřicím přístrojem. Časová konstanta za usměrňovačem, tvořená kondenzátorem o kapacitě cca  $50-100\mu\text{F}$ , je značná, aby přístroj při rychlých modulačních změnách příliš divoce nekýval. Za mřídklo slouží nejmenší z řady měřicích přístrojů, běžně prodávané.

#### Mechanické provedení

Pro mechanické provedení byla zvolena jednotná kovová skříň, která se osvědčila již při stavbě jiných přístrojů. Uvedeme si proto její přesné rozměry a výkres. Skříňka sestává z čelního a zadního panelu a pláště, který oba panely spojuje. Přední panel je volně výjimačný, zhotovený ze železného plechu sily  $1,5\text{ mm}$ , neboť jc vlastně nosíce celého přístroje. Zadní stěna je s obvodovým pláštěm pevně spojena – přibodována. Na horní a dolní základně pláště jsou vyříznuty podélné otvory, podložené zevnitř perforovaným plechem, přibodovaným opět k pláště. Otvory slouží k odvádění tepla. Z pravého boku je v pláště čtvercový otvor  $90\times 90\text{ mm}$ , kterým jsou přístupny zdířky a konektory výstupu, volič síťového napětí, pojistky a síťový přívod. Na spodu skříně jsou připevněny gumové nožky, zajistující vedle odpružení přístroje též možnost dobrého přístupu chladného vzduchu ke spodním větracím otvůrům.

Skříň je stříkána šedým kladivkovým lakem, který se dnes velmi užívá pro přístroje pro nesporné přednosti proti čerňinku, krystalovému laku a pod. Jeho hlavní předností je to, že je hladký a mezi jeho strukturou nezáleží prach jako u prvek jmenovaných. Další výhoda je v tom, že ve většině případů nevyžaduje tmelení a drobné nerovnosti v povrchu se zarovnají lakovem samým.

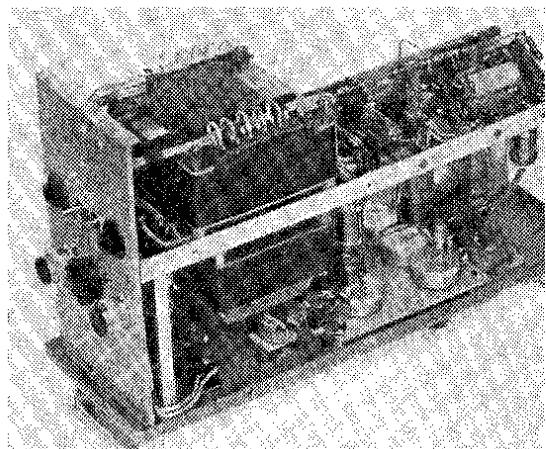
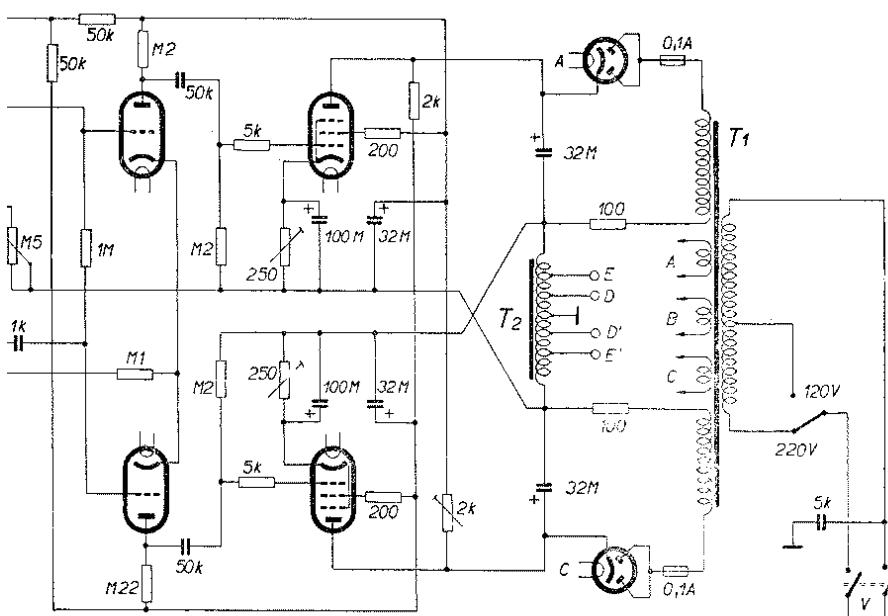
Vlastní kostru zesilovače tvoří železný panel z plechu sily  $1\text{ mm}$ , upevněný distančními sloupy rovnoběžně s čelním panelem. Podél všech stran je ne-

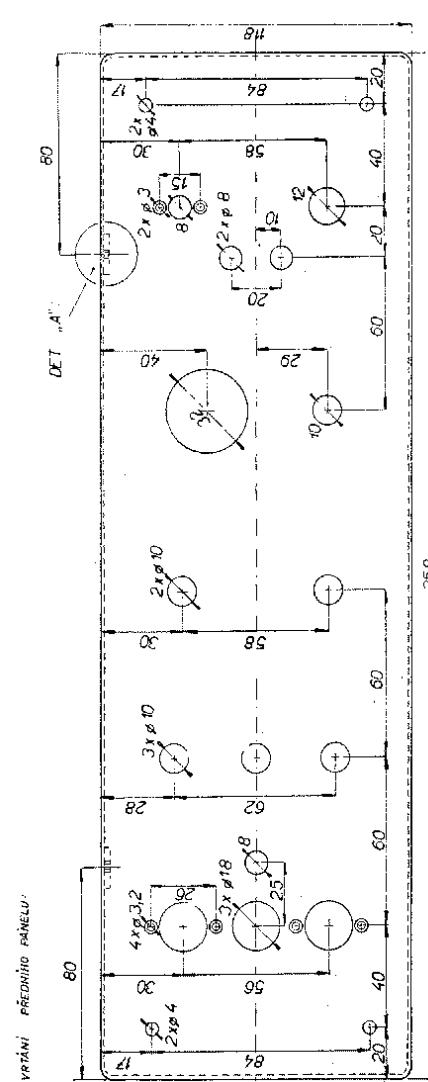
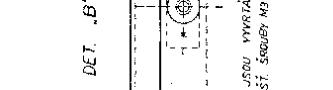
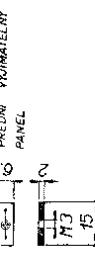
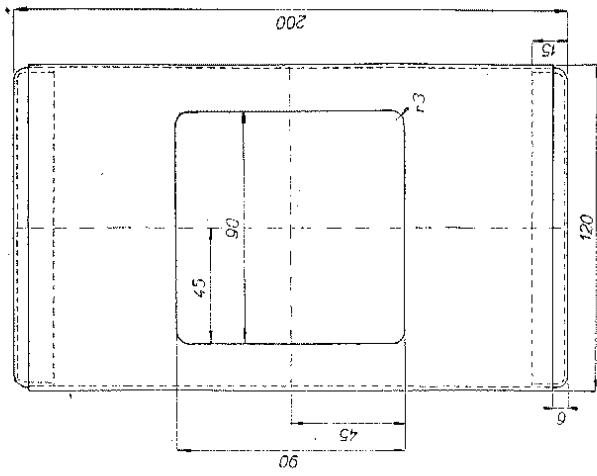
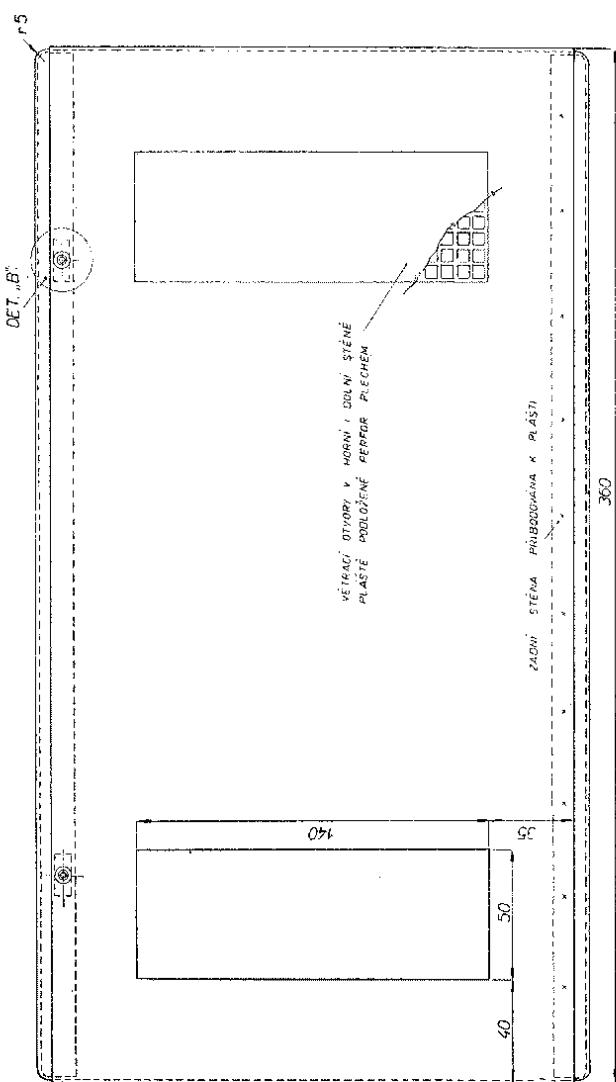


6CC41

EL41

6Z31





velké zahnutí v šíři asi 5—10 mm, sloužící především k zpevnění kostry, dále ke spojení s bočním panelem pro výstupní svorky. V zahnutí podél délší hrany je též několik otvorů k připevnění izolovaných pájecích oček (muštků).

Při pohledu na kostru vidíme, že tak jak nízkofrekvenční signál postupuje od vstupních obvodů do koncového, ve stejném sledu je rozmístěn zesilovač na panelu. V levé části je umístěna vstupní elektronka mikrofonního zesilovače a elektrolyt jejího filtru anodového napětí. Potenciometry regulátorů hlasitosti jsou umístěny na zvláštní destičce, upevněné ve vzdálenosti 10 mm rovnoběžně s čelním panelem. Více zde řekne fotografie, na které vidíme rozmístění součástek jak vstupních regulátorů, tak i vlastního zesilovače. Na kostře vlevo nahore je otvor o  $\varnothing$  8 mm pro odbručovač vstupní elektronky. Za první elektronkou následuje první 6CC41. Ve spodní části je opět otvor pro elektrolyt. Dále následuje otvor pro další 6CC41, fázový invertor, elektrolyty, drátové potenciometry v katodách koncových elektronek, otvory pro objímky koncového stupně, za nimiž jsou umístěny oba transformátory, síťový z jedné (spodní) strany panelu, výstupní z vrchní části. V pravé části kostry jsou otvory pro usměrňovací elektronky a vstupní elektrolytické kondenzátory filtrů anodových zdrojů. Otvory o průměru 10 mm slouží jako průchodky.

Z boku je kostra sešroubována s koly mým panclem, nesoucím vedle síťových

přívodů, pojistek a voliče síťového napětí též zdírky pro kontrolu sluchátky a výstupní konektory pro  $6 \Omega$  a 100 V výstup. Tento boční panel je zhotoven opět ze železného plechu 1 mm silného.

### Síťový a výstupní transformátor

Síťový transformátor je navinut na inkurantní jádře Röh. tr. 6 a má následující hodnoty:

*Tr 1: plechy Röh. tr. 6, asi 12 cm<sup>2</sup>;*

120 V = 480 závitů drátu  
o  $\varnothing$  0,42 mm smalt,

220 V = +410 závitů drátu  
o  $\varnothing$  0,32 mm, smalt,

280 V = 1200 závitů drátu  
o  $\varnothing$  0,18 mm, smalt,

6,3 V = 27 závitů drátu  
o  $\varnothing$  0,6 mm, smalt, (A),

6,3 V = 27 závitů drátu  
o  $\varnothing$  0,6 mm, smalt (C),

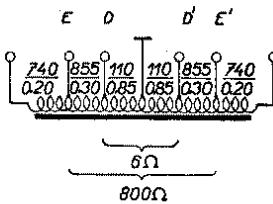
6,3 V = 27 závitů drátu  
o  $\varnothing$  1,25 mm, smalt (B).

Výstupní transformátor je navinut na inkurantní jádře Röh. tr. 5:

*Tr 2: jádro Röh. tr. 5, asi 8,5 cm<sup>2</sup>;*

anodové vinutí: 2 × 1705 závitů (celkem) z drátu o  $\varnothing$  0,20 mm, z toho však vinutí pro  $6 \Omega$ : 2 × 110 závitů drátem o  $\varnothing$  0,85 mm a vinutí pro 800  $\Omega$ : 2 × 855 závitů drátem o  $\varnothing$  0,30 mm tvoří část vinutí anodového, takže schéma transformátoru je podle obrázku.

Plnění obou transformátorů je asi 90 %, proklad obvyklý.



### Uvedení do chodu

Uvedení celého zesilovače do chodu je velmi jednoduché. Po pečlivé kontrole zapojení osadíme přístroj nejprve usměrňovacími a koncovými elektronkami. Nyní nastavíme proudy obou elektronek pomocí malých drátových potenciometrů v katodách na stejně hodnoty. Potom postupně osazujeme dalšími elektronkami směrem od koncového stupně ke vstupu zesilovače. Po osazení všemi elektronkami a ověření funkce nastavíme odbručovačem v žhavicím přívodě vstupní elektronky a nastavitelným odporem 2 k $\Omega$  v obvodě stínicí mřížky jedné z koncových elektronek nejmenší bručení na výstupu celého přístroje. Vhodnou velikostí zpětné vazby nastavíme celkové zesílení zesilovače. Tím je uvedení přístroje do chodu provedeno a zbývá jen jeho praktické ověření s gramofonovou deskou či jiným zdrojem akustického napětí.

#### Literatura:

Funk-Technik č. 22/1957.

Funk-Technik č. 3/1958.

Rad. konstr. Svazarmu č. 10/1957.

## STABILIDYN

### Nový systém přijímače pro KV a VKV

Zavedením principu dvojitého směšování a krystalem řízeného prvého oscilátoru (systém Collins - Tesla) se velmi zlepšila kmitočtová stabilita a přesnost nastavení kmitočtu krátkovlných komunikačních přijímačů. Při tomto systému potřebujeme jeden vysoce stabilní laděný oscilátor, jehož kmitočtová stabilita prakticky sama určuje stabilitu celého přijímače. Takovéto oscilátory se dají dosti dobře zhodit a pomocí různých kompenzací se dá dobrě stabilizovat kmitočet. Nevýhodou u tohoto principu zůstává jen vysoký počet krytalů při velkém kmitočtovém rozsahu (např. 1—30 MHz).

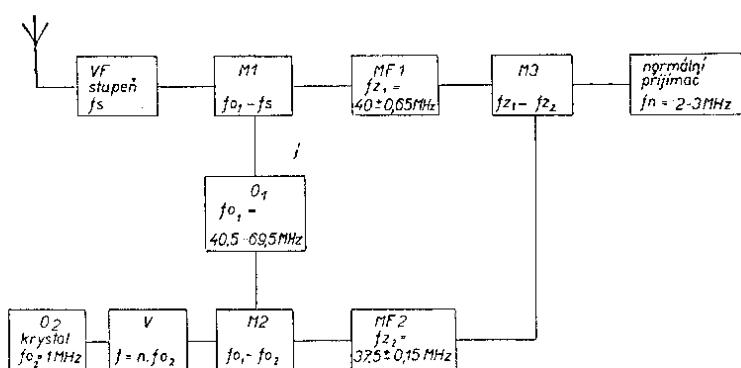
Není tomu dálno, co byl vyvinut nový přijímací princip [1], u kterého vystačíme jen s jedním krystalem pro všechna pásmá a jedním laděným oscilátorem normálního superhetu, pracujícím v pásmu 2—3 MHz. Přesnost a kmitočtová stabilita je stejná jako u superhetu s dvojím směšováním, u kterého je první oscilátor řízen krystalem. Tento princip byl použit v přijímači RA17 anglické firmy Racal. Na obrázku je blokové zapojení tohoto přijímače.

Přijímač může pracovat buď se širokopásmovým vstupem nebo s laděnými obvody. Ladění vstupního obvodu není však vázáno s laděním, které určuje kmitočet přijímače. Širokopásmový vstup má tu výhodu, že se může celý kmitočtový rozsah přijímače rychle proludit. Ten širokopásmový vstup je pak velmi vhodný pro připojení panoramatického zařízení (rozmitání hlavního ladění).

Po vf zesílení přichází signál do směšovače M1, který dostává injekční napětí

z oscilátoru  $O_1$  (rozsah 40,5 až 69,5 MHz). Tento oscilátor pracuje současně do druhého směšovače M2. V tomto stupni se směšuje kmitočet oscilátoru  $f_{O_1}$  s kmitočtem 1 MHz krystalu nebo s jeho harmonickými (až 32×). Kmity jsou buzeny v oscilátoru  $O_2$  a harmonické násobeny ve stupni V. Ve směšovači M1 vznikne směs signálů z kmitočtu  $f_{O_1}$  a vstupního signálu  $f_s$ , která přichází na

Na uvedeném příkladu si znova objasníme funkci přijímače a jeho přednosti. Máme přijímat kmitočet 10 MHz. Abychom se dostali do rozsahu pásmá první mf (40 MHz), musí oscilátor  $O_1$  být nastaven na kmitočet 50,5 MHz ( $50,5 - 10 = 40,5$  MHz). Tento kmitočet 50,5 MHz přivádíme současně na směšovač M2 spolu s třináctou harmonickou 1 MHz oscilátoru. Smíšením



prvý mffiltr MF1. Kmitočet mezifrekvence je 40 MHz a šíře propouštěného pásmá  $\pm 0,65$  MHz. Na směšovací stupeň M2 je připojena druhá mezifrekvence MF2, naladěná na kmitočet 37,5 MHz, ale její propustné pásmo je jen  $\pm 0,15$  MHz. Kmitočty, procházející filtry MF1 a MF2 se znova směšují ve směšovači M3. Výsledný kmitočet je pak již zpracováván v normálním přijímači, který se ladí v pásmu 2—3 MHz. Jsou možné i jiné kmitočtové kombinace. Ve francouzském článku [1] se pracuje např. se 100 kHz krystalem a rozsahem laděného přijímače je 200—300 kHz. Samozřejmě filtry pak pracují se šíří pásmá 10× menší.

těchto signálů vznikne signál 37,5 MHz a tento je dále zpracován v zesilovači MF2 (50,5 — 13 = 37,5 MHz). Ve směšovači M3 se pak znova směšují signály z MF1 (40,5 MHz) a MF2 (37,5 MHz) a vzniká další mezifrekvenční kmitočet ze signálů  $40,5 - 37,5 = 3$  MHz =  $f_n$ . Tento signál je pak již zpracováván normálním přijímačem o ladícím rozsahu 2—3 MHz.

Oscilátor  $O_1$  neurčuje kmitočet, nýbrž slouží jen k hrubému naladění. Malé kmitočtové změny tohoto oscilátoru nemají vliv na kmitočtovou stabilitu a na