

V.

AMATÉRSKÉ PŘIJÍMAČE PRO VKV

Výsledky dosažené při stavbě amatérských přijímačů pro VKV jsou z velké části závislé na zkušenostech. Čtenář, který probírá tuto příručku soustavně, seznámil se částečně již v předešlé kapitole s některými typickými zvláštnostmi konstrukcí VKV zařízení. O to snadněji porozumí problémům přijímačů pro tato pásma. Kapitola obsahuje jak základní prvky zapojení, tak řadu praktických příkladů počínaje nejjednoduššími.

Základní technika

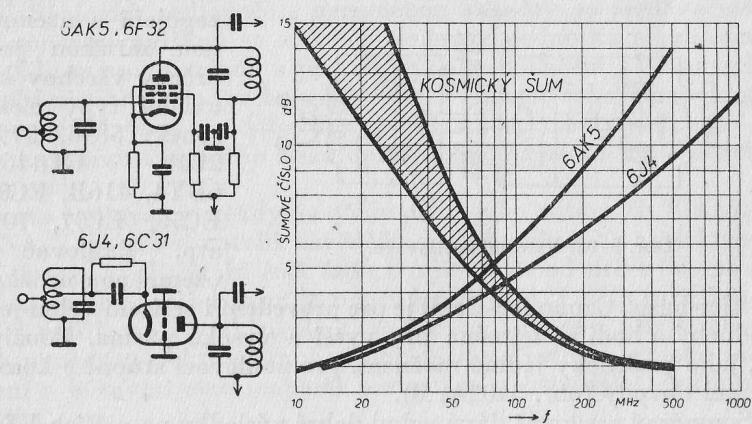
V - 1. Vf ZESILOVAČE

V kapitole o šumu je uvedeno, že souhrn všech šumů, které zachycuje anténa, klesá s rostoucím přijímaným kmitočtem, zatím co šum přijímače se s kmitočtem zvětšuje.

Zde jsou ve výhodě krátkovlnní amatéři, kterým extrémní zmenšování šumu přijímače nepřináší žádné zlepšení, poněvadž šumy přivedené z antény převládají. VKV technika má stále problém jak překonat omezení příjmu, dané šumem přijímače. Čím je vyšší používaný kmitočet, tím je to horší.

Nástup televize si vynutil v posledních letech mnoho nových elektronek i zkušeností pro řešení kvalitních vstupních zesilovačů pro VKV.

Kritickým místem pro vznik šumu přijímače je první zesilovací stupeň a v něm použitá elektronka. Vstupní elektronka je také hlavním zdrojem šumu přijímače. Zkušenosť ukazuje, že pro první stupeň VKV přijímačů lépe vyhovují triody než pentody. Použití pentody na vstupní zesilovač je výhodné do kmitočtu 100 MHz.



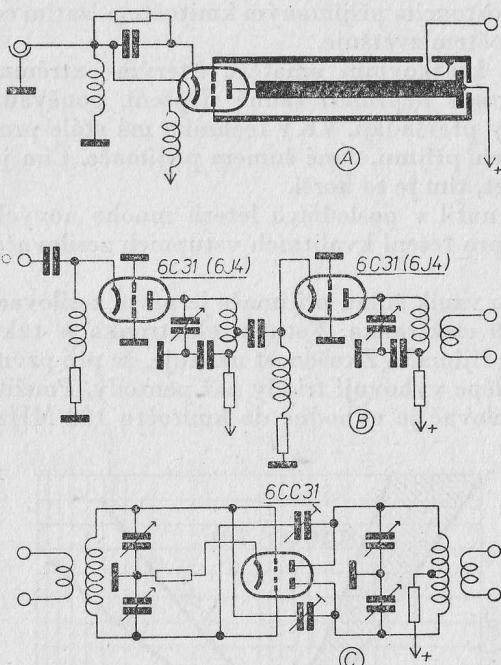
Obr. 5-01. Porovnání kosmického šumu s šumem elektronky.

Na diagramu 5-01 je naznačen průběh šumového čísla zesilovače pentody 6AK5 (6F32) a triodového zesilovače s uzemněnou mřížkou s elektronkou 6J4 (6C31). Na tomtéž diagramu je naznačena hodnota kosmického šumu v témže měřítku.

Z triodových zesilovačů se nejvíce používá zesilovače s uzemněnou mřížkou, neutralizovaného souměrného zesilovače a kaskodového zesilovače.

Pro zesilovač s uzemněnou mřížkou byla vyvinuta celá řada speciálních elektronek. Na první pohled je poznáme podle toho, že mají mřížku vyvedenou na několik nožiček, obyčejně na všechny,

které by jinak zůstaly volné. To umožňuje jednak lepší odstínění vstupu od výstupu, jednak to, že mřížka je uzemněna paralelně více vodiči, takže výsledná indukčnost přívodu k mřížce je podstatně redukována. Mezi elektronky pro toto zapojení patří například tyto typy: 6C31, EC80, 6AJ4, 417A, 6BC4 atp. Výhradně pro zapojení s uzemněnou mřížkou jsou určeny všechny koaxiální typy elektronek: 5896, 5794, 2C40, GL446A, 6BY4, 416B, EC55, EC56, EC57, 7077 atp. Zesilovač s uzemněnou mřížkou



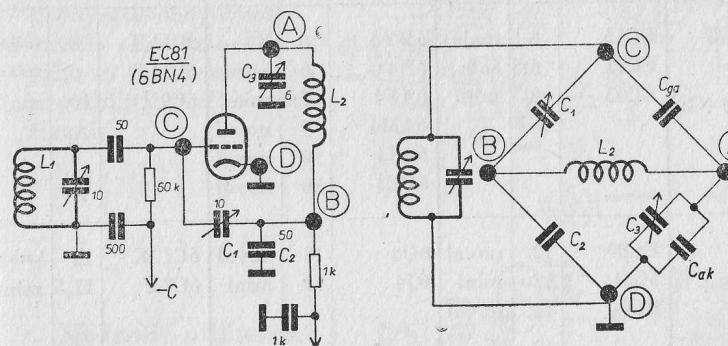
Obr. 5-02. Vstupní zesilovače.

(Gitler-basis, Grounded-Grid) je pro provedení i seřízení velmi jednoduchý a hodí se zejména pro vyšší a vysoká pásmá. Používá se, jako prakticky jediná možnost, pro zesilovací stupně s koaxiálními obvody (obr. 5-02A, B).

Souměrný zesilovač dává velmi dobré výsledky na nižších VKV pásmech. Jeho výhoda vyniká při použití souměrné dvojitě triody

6CC31, 6J6, ECC91, ECC85 atp. Vyžaduje neutralizaci, avšak její nastavení není kritické (obr. 5-02C).

K neutralizovaným zesilovačům s uzemněnou katodou patří i tak zvané neutrodynové zapojení, skutečně odvozené od prastarých neutrodynů. Jde o zesilovač s neutralizací vyváženou můstkovým zapojením kapacit elektronky a kapacit C_1 a C_2 (obr. 5-03). Kondenzátor C_1 se nastaví na minimální pronikání signálu zpět do bodu C. Konečné doregulování neutralizace se nejlépe provádí použitím šumového generátoru. Správné nastavení má vliv i na hodnotu šumového čísla.



Obr. 5-03. Anodová neutralizace (Neutodyn).

V poslední době se nejvíce rozšířilo používání kaskodních zesilovačů. Spojením zesilovače s uzemněnou katodou se zesilovačem s uzemněnou mřížkou se získává zesilovací jednotka se ziskem a stabilitou srovnatelnou s pentodovým zesilovačem a šumovou charakteristikou triodového zesilovače. Přednost tohoto zapojení tedy spočívá v tom, že dobré šumové vlastnosti triody jsou povýšeny v poměru zvýšeného zisku oproti jednoduchému triodovému zesilovači.

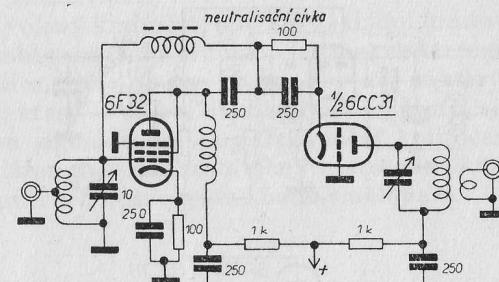
Tento zesilovač je někdy nazýván podle jeho autora H. WALLMANA. Zapojení se natolik osvědčilo, že ovlivnilo i vývoj elektronek. Dnes se již vyrábí celá řada dvojitých triod určených především pro tento účel. Jsou to například ECC84, PCC84, 6BQ7-A, 6BK7, 6BZ7 atp. Vznikla celá řada variací zapojení přizpůsobených použitým elektronkám. Na obr. 5-04 je jednak typické zapojení s běžnými elektronkami a zapojení se speciální dvojitou triodou.

V amatérské technice se používá jak dvou oddělených elektro-

Přehled elektronek pro vstupní obvody konvertorů podle strmosti

	S	Evropské značení		Americké značení		Sovětské značení				
		mA/V	typ	S	pozn.	typ	S	pozn.		
TRIODY	< 6	EC81	5,5	noval	6C4	2	mini	12C3C	3	mini
		EC72	5,5	mini	6S4	4,5	noval	6C5Д	5	maják
					2C40	5	maják	6C13Д	5,2	keram
					6R4	5,5	noval	6C4C	5,4	noval
					6AB4	5,5	mini			
	6 ÷ 10	EC55	6	maják	6BY4	6	keram	6C16Д	6	tužková
		EC71	6,5	sub.	6N4	6	mini	6C11Д	6,5	tužková
		EC93	8	mini	6AF4	7,5	mini	6C9Д	10	maják
					6AM4	9	noval			
					6AJ4	10	noval			
	10 ÷ 14	EC80	12	noval	6Q4	12	noval	6C17K	12	keram
		6C31	12	mini	6J4	12	mini	6C2II	11,5	mini
		PC86	14	noval						
DVOJITÉ TRIODY	> 14	EC56	19	maják	417A	24	noval	6C3II	19,5	noval
		EC57	21	maják	5842	24	noval	6C4II	19,5	noval
					416B	50	spec.	6C15II	45	noval
								6C11II	28	noval
	< 6	6CC31	5,3		6AV7	3,1		6H1II	4,3	
		ECC91	5,3		12BH7	3,1		6H5II	4,2	
		6CC42	5,3		6J6	5,3		6H5C	4,5	
		ECC81	5,5		6AT7	5,5		6H3II	5,9	
								6H15II	5,6	
	> 6	ECC85	6		6BQ7	6,4		6H14II	6,8	
		PCC85	6,2		6BC8	6,2				
		PCC84	6,6		6AV7	8,5				
		PCC88	12,5		5687	11				
		E88CC	12,5							

nek, tak dvojité triody. Nedá se tvrdit co je lepší, poněvadž je to závislé na vlastnostech použitych elektronek. Jedno je však jisté, že montáž kaskody se dvěma elektronkami je pohodlnější, zvláště nejsou-li po ruce speciální miniaturní součástky. Kaskodovým zapojením lze dosáhnout zisku až 300krát. Takový zisk je naprostě dostačující pro dosažení příznivých podmínek pro šumové poměry směšovacích stupňů. Je proto nesprávné používání dvou kaskodových zesilovačů za sebou. Riskejte se tak nebezpečí nestability celého zařízení.

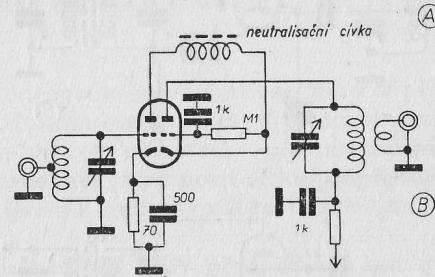


V - 2. S M Ě Š O V Á N Ī

Moderní přijímače pro VKV pásmá pracují jako superheterodyn. Vede k tomu požadavek vysoké stability, velké selektivity a možnosti přijímat nemodulovanou telegrafii (A_1). Takové přijímací zařízení je podstatně rozměrnější než býval malý dvou až tříelektronkový superreakční přijímač. Přesto všechno je to nutné a dnes již (ale spíš na nejnižších pásmech) amatérům zcela samozřejmé.

Situace je ve valné většině zjednodušena možností použití normálního krátkovlnného přijímače místo stavby pracného a složitého mezifrekvenčního zesilovače s potřebnými vlastnostmi. Taková kombinace umožňuje použít stabilního krystalového oscilátoru a ladit pouze zmíněnou mezifrekvenci.

K tomu, abychom přivedli na vstup mezifrekvenčního zesilovače, tedy na vstup KV přijímače signál o potřebném kmitočtu, musíme signál z antény přeměnit pomocí jiného signálu na rozdílový kmitočet. Směšovače, které tento úkol splňují, je možno zhodnotit několika způsoby. Problém směšovače je především problé-



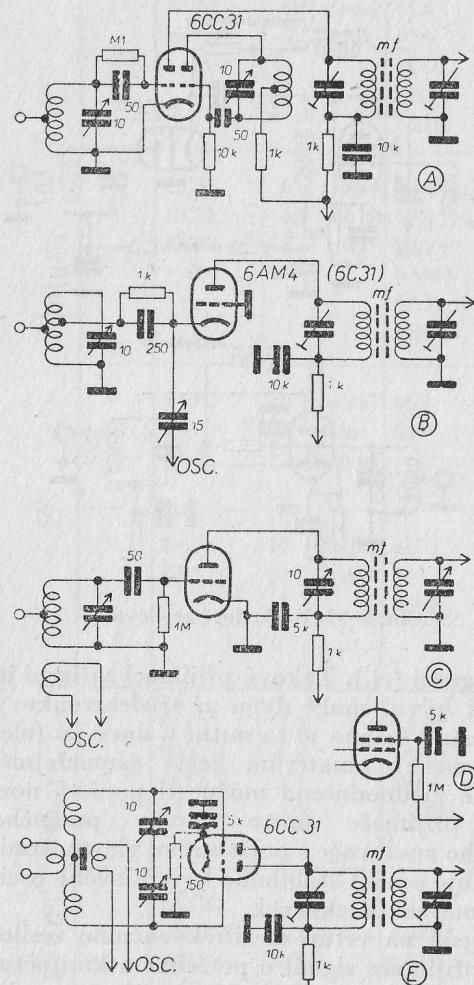
Obr. 5-04. Kaskodové zesilovače.

mem jeho šumu. Elektronka zapojená jako směšovač má mnohem větší šum než zesilovač. Například šum triodového směšovače je 6,5 krát větší než šum stejné elektronky zapojené jako zesilovač. Proto musíme signál před směšovačem zesílit, aby podíl šumu daný směšovačem byl zanedbatelný oproti šumu vstupní elektronky. K tomu

přistupuje ještě okolnost, že směšovací strmost elektronky je přibližně čtvrtina až třetina (i méně) strmosti statické. Pro směšovače na VKV hledáme proto typy elektronek s velkou strmostí statickou, tedy i s úměrně větší směšovací strmostí.

Značně vyšší směšovací účinnost mají tzv. balanční modulátory. Jejich přednost ještě více vynikne v kombinaci se souměrným předzesilovačem. Na obrázku 5-05 je několik příkladů popisovaných druhů zapojení směšovače.

Oscilátor je vlastně součástí směšovače, poněvadž dodává potřebný druhý kmitočet. Od oscilátoru toho vyžadujeme mnoho, ale jsou to všechno splnitelné podmínky. Oscilátor musí být především stabilní. Nejjednodušší cestou k dosažení stability je použití krystalu. Ale pozor, směšovač pro pásmo 435 MHz s pevným



Obr. 5-05. Základní zapojení směšovačů pro VKV.

kmitočtem oscilátoru vyžaduje rozsah ladění mezifrekvence 10 MHz a vyšší pásmo ještě více. To vede k tomu, že v některých případech musíme použít laděného oscilátoru.

Oscilátor musí dodávat nezkreslený průběh kmitů, prostý harmonických a subharmonických kmitů (tj. zbytků kmitočtů, před vynásobením). Pomočný kmitočet obsahující harmonické kmity zhoršuje šumové poměry směšovače.

Oscilátor musí mít tak volený kmitočet, aby ani základní kmitočet krystalu, ani jeho násobky nepadly přímo do pásmo, ve kterém se bude ladit mezifrekvence. Dále dbáme na to, aby ani některý subharmonický kmitočet, který se objeví na výstupu oscilátoru, se nesměšoval s přijímaným signálem na mezifrekvenční kmitočet v použitém rozsahu. Oscilátor musí mít dostatečný výstupní výkon pro možnost nastavení správného pracovního bodu směšovače.

V. - 3. MEZIFREKVENČNÍ DÍL

VKV přijímače moderní koncepce sestávají z kvalitního vf předzesilovače, směšovače (se stabilním oscilátorem) a mezifrekvenční části, za níž následuje demodulace s nízkofrekvenčním zesílením. Účelem mezifrekvenčního zesilovače je vymezit šířku propustného pásmo celého přijímacího zařízení a zesílit signál na úroveň potřebnou k demodulaci.

Dnes vžitá koncepce přijímače pro VKV předpokládá oscilátor s neproměnným pevným kmitočtem a stabilní proměnný (laditelný) mezifrekvenční zesilovač. Toto uspořádání je výhodné zvlášť na dvoumetrovém pásmu, jehož šířka je pouze 2 MHz. Šířka pásmo 2 MHz při kmitočtu 145 MHz dává totiž možnost uspořádat pevné, neladěné vstupní zesilovače a směšovače, propouštějící celé dvoumegahertzové pásmo.

Kmitočet laditelné mezifrekvence volíme podle několika hledisek. První velmi přibližné pravidlo doporučuje volit mf kmitočet nanejvýš 10 % z kmitočtu přijímaného. Toto plyně z přiměřeného vztahu mezi selektivitou a zrcadlovým poměrem. Zrcadlem jmenujeme nežádoucí pronikající signál vysílače, jehož kmitočet se liší o dvojnásobek mf kmitočtu od normálně přijímaného kmitočtu. Podle uvedeného pravidla měla by být mezifrekvence pro pásmo 145 MHz kolem 15 MHz. Zesilovat takový kmitočet se správným vymezením šířky pásmo je neproveditelné, a proto přistoupíme k druhému směšování, při kterém budeme ladit oscilátor a získáme

nízkou pevnou (neladitelnou) mezifrekvenci (například 445 kHz nebo 1700 kHz atp.). Takováto mezifrekvence není nic jiného než běžný krátkovlnný komunikační přijímač, který již obsahuje ostatní potřebné náležitosti (demodulaci, záznějový oscilátor, proměnnou šířku pásma atp.).

Co od takového přijímače požadujeme? Hlavní podíl na šumu je dán vstupem konvertoru a při jeho správné funkci je úroveň nejslabších přijímatelných signálů na vstupu mezifrekvence řádově vyšší než je citlivost běžného KV přijímače. Poměr signál-šum celého zařízení se ještě zlepšuje zmenšováním šířky propustnosti KV přijímače. Pro příjem signálu rozptylovým odrazem má být šířka propustnosti menší než 1 kHz. Pásmové filtry v KV přijímači přinášejí výborné výsledky. Pro příjem signálu A_3 (Fone-provoz) je správná šířka propustnosti kolem 3 kHz (pro místní spojení může být širší) a pro příjem signálu A_1 případně A_2 (CW a ICW) je výhodná šířka pod 0,8 kHz (i menší).

Nepřehánějme to nikde se ziskem! Proč? Konvertor VKV přijímače je širokopásmový, to znamená, že celým konvertorem procházejí všechny signály, které v rozsahu šířky pásma zachytily anténa. Silné signály (blízkých stanic) slyšíme někdy při poslechu jiné stanice s docela jiným kmitočtem. Je to způsobeno křížovou modulací ve všech nelineárních členech, především ve směšovači. Čím mohutnější bude předzesilovač, tím více i slabší signály způsobí křížovou modulaci. Zesílení je tedy nutno správně rozvrhnout. V předzesilovači jen tolik, kolik je nutné k překonání šumu směšovače, ve stupních za směšovačem jen tolik, kolik je nutno na překonání průniku KV signálu na vstup přijímače. Pamatujme, že i první stupeň KV přijímače nemá ještě plnou selektivitu celého přístroje a křížová modulace může vzniknout i zde.

Zhotovení tzv. „špičkové“ VKV přijímací soupravy vypadá na pohled jednoduše, ale přiblížení se k hranicím možností nám může, jak je patrno, způsobit řadu nových starostí. Chceme-li mít přijímač, který kromě výborného šumového čísla a skvělé selektivity bude „také schopen přijímat“ i za ztížených podmínek (například při soutěži, když je pásmo plné), je nutno přistupovat k celkové koncepci s náležitou rozvahou. – Univerzální recept pro to není, poněvadž každý má jiné možnosti a podmínky. Stačí srovnat si v hlavě to, co tu bylo řečeno, s předpokládanými základními znalostmi radiotechniky.

Pro pásmo 435 MHz a vyšší je situace pro volbu mezifrekvence značně obtížnější, poněvadž jde o překlenutí širších rozsahů. Je to problém, který je nutno rozseknout. Technické řešení problému je dvojí. Bud zůstat u superreakčních přijímačů, nebo budovat ná-

ročnější zařízení s širšími rozsahy. (*Organizační řešení by bylo opravdu výhodnější.*) Příklady řešení uvedené v další statí vychází z rozumného předpokladu, že se z vyšších pásů pro vážnou práci používá jen přiměřené části.

V - 4. POZNÁMKY KE KONCEPCI VKV PŘIJÍMAČŮ

K uvedeným všeobecným poznatkům o mezifrekvenci je nutno doplnit ještě několik rádků. Naznačená koncepce přijímací soupravy nevylučuje možnost realizovat zcela samostatný VKV přijímač stejných vlastností. Je k tomu nutné načerpat trochu znalostí z KV techniky. Samostatný přijímač, i když bude vycházet ze stejné koncepce, bude podstatně jednodušší, poněvadž odpadne složité a náročné přepínání rozsahů. Malý zdvih ladění (pouze o 2 MHz) ještě usnadňuje celou situaci. Touto cestou lze dosáhnout amatérskými prostředky výborného a při tom malého zařízení.

Připojení konvertoru k mezifrekvenci (KV přijímač nebo mezifrekvence vlastní výroby) musí být provedeno velmi pečlivě souosým kabelem s dobrým konektorem. Kmitočet mezifrekvence spadá do oblasti krátkých vln, která je hustě zaplněna nejrůznějšími signály. Krátkovlnné signály dosahují v době dobrých podmínek pro šíření použitého kmitočtu síly pole často několik milivolt i více. Takové signály velmi snadno proniknou i malou „skulinkou“ na vstup citlivého přijímače. Čím delší je potřebná spojka, tím větší je možnost pronikání. Pronikání KV signálu je ovšem závislé, jak již bylo řečeno, na úrovni mezifrekvenčního signálu na výstupu z konvertoru.

Zhotovení přijímače má delší dobu předcházení stavbě vysílače. To platí zejména pro první přijímač a první vysílač, tj. pro všechny začátečníky. A proto v této statí začneme tím nejjednodušším, na pomoc úspěšnému startu budoucích VKV amatérů.

B

Praktické příklady přijímačů pro 145 MHz

V - 5. KONVERTOR S JEDINOU 6CC31

Jednoduchý konvertor lze zhotovit s jedinou elektronkou. Příklad takové konstrukce je na obrázku 5-06. Elektronka 6CC31 (6J6) má jeden systém zapojený na vstupu konvertoru, pracující přímo jako směšovač. Druhý systém je zapojen jako laděný oscilátor, kmitající přímo na potřebném kmitočtu. Je počítáno s mezinfrekvenčním kmitočtem 7 MHz. Konvertor u podobného zapojení je možno použít pro více pásem od 21 do 146 MHz, případně do 435 MHz, tedy i pro vyšší krátkovlnná pásma, která na mnoha jednodušších KV přijímačích chybí. Volba pásmo se řídí výměnou cívek, a to primitivním způsobem: připájením. Použití jiných výměnných dotečků je možné jen pro nižší pásmo. Použití pájedla pro přepínání je na místě již proto, že jde o zařízení, které bude jistě brzo vystřídáno náročnějším.

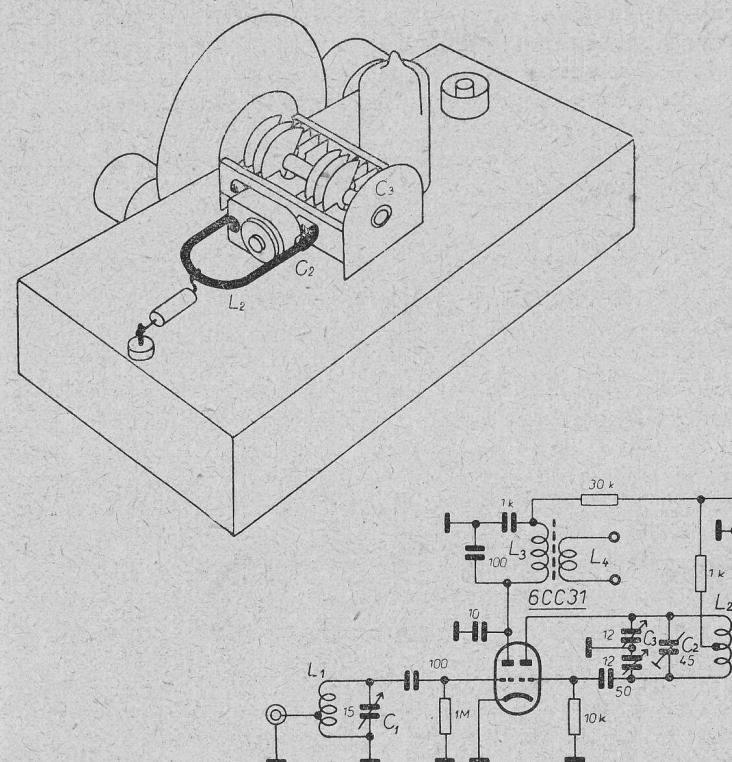
Vstupní obvod je montován zespodu na šasi a oscilátorový obvod nahore. Vazba oscilátoru na směšovač je vnitřní kapacitou elektronky. Šasi má rozměr $130 \times 180 \times 50$ mm a umožňuje velmi pohodlnou montáž. Pokud nejsou po ruce ladící kondenzátory, je možno je zhotovit. Celkové provedení a zapojení je zřejmé na obrázku.

Konvertor je možno napájet buď z použitého KV přijímače, který jistě ještě jednu elektronku užívá, nebo ze zvláštního zdroje. Na žhavení je potřeba 6,3 V a 0,45 amp. a anodová spotřeba je kolem 12 mA při napětí 75 až 150 V. Uvedené rozměry cívek je nutno upravit podle skutečně použitých kondenzátorů. Pro úpravu cívek je výhodné použít GDO. Cívku zamontujeme a změříme rezonance při krajních polohách kondenzátoru a podle výsledku ještě upravíme počet závitů.

Poznámka pro začátečníky: GDO, tj. tzv. Grid-Dip-Oscilátor, tj. sací měřič rezonance, je velmi užitečný a při tom jednoduchý přístroj, který by měl mít po ruce každý radioamatér. Jeho zhotovení je nutno si zařadit do programu ihned po tomto konvertoru nebo ještě lépe předem.

Serízení přístroje je jednoduché. Směšovač pracuje s nejmenším

šumem při anodovém napětí kolem 75 V. Podle použitého zdroje změníme případně odpor 30k tak, aby anodové napětí směšovače bylo 75 V. Po zapnutí konveroru zkонтrolujeme kmitočet oscilátoru, který má být o 7 MHz menší než přijímaný signál. Pro



Obr. 5-06. Konvertor s jedinou 6CC31.

$L_1 = 2$ závity o průměru 12 mm z drátu 2 mm, rozteč závitů 6 mm, odbočka $\frac{9}{14}$ závitu od zem. konec; $L_2 =$ vlněnková smyčka z drátu o průměru 2 mm, dlouhá 25 mm, široká 25 mm; $L_3 = 24$ závity drátu 0,5 na 10 mm železovém jádru; $L_4 = 4$ závity drátu 0,5 mm.

snadnější nastavení oscilátoru jsou určeny trimry C_2 , které při výměně cívek zůstanou s nimi spojeny. Těmito trimry doladíme oscilátor pro vyhovující polohu ladícího kondenzátoru C_3 . Poté připojíme konvertor k přijímači, na kterém naladíme na 7 MHz. Pomocí GDO a S-metru na přijímači doladíme mezinfrekvenční cívku kon-

vertoru na 7 MHz. Nyní se už můžeme pokusit zachytit signál s připojenou anténnou. Kondenzátorem C_1 doladíme vždy přijímaný signál na maximum.

Mezifrekvenční kmitočet nemusíme přesně dodržet. V případě, že proniká do přijímače rušivý signál z KV pásmo, pootočíme přijímačem na klidné místo. Bude-li změna příliš veliká, musíme doladit i okruh L_3 . Není také nutno při stavbě dodržet uvedený kmitočet. Vyhovuje-li tomu použitý přijímač, je možno použít i jiného kmitočtu. Důsledek se projeví na úpravě cívek oscilátoru, a to zejména u nižších pásem (pokud budou používána).

Je nutno zdůraznit, že uvedený příklad nelze pokládat za vrchol techniky, ale pouze za pomůcku pro první krůčky začínajícího VKV amatéra, pro získání prvních zkušeností.

V-6. KONVERTOR K ROZHLASOVÉMU PŘIJÍMAČI

Druhým jednoduchým příkladem je konvertor pro připojení k standardnímu rozhlasovému přijímači (se středovlnným rozsahem). Jde o kombinaci konvertoru s laditelným oscilátorem a druhým směšovačem s pevným krystalovým oscilátorem s výsledným kmitočtem 1,5 MHz, tj. začátek středovlnného rozsahu rozhlasového přijímače (200 m).

Na prvním stupni pracuje jeden systém elektronky ECC81 ve funkci směšovače s anodovým obvodem naladěným na 11,4 MHz, kondenzátorem s a cívkou L_3 . Oscilátor se ladí od 132,6 do 134,6 MHz a použito je druhého systému první elektronky ECC81, jehož kmity se přenášejí kapacitou mezi mřížkovými nožičkami elektronky na první systém. Zde se směšují na první mezifrekvenční kmitočet 11,4 MHz. Oscilátor je laděn kondenzátory 11 a 4 pF. Kondenzátor 2×4 pF je pro nastavení do pásmo a kondenzátor 11 pF se provádí vlastní jemné ladění.

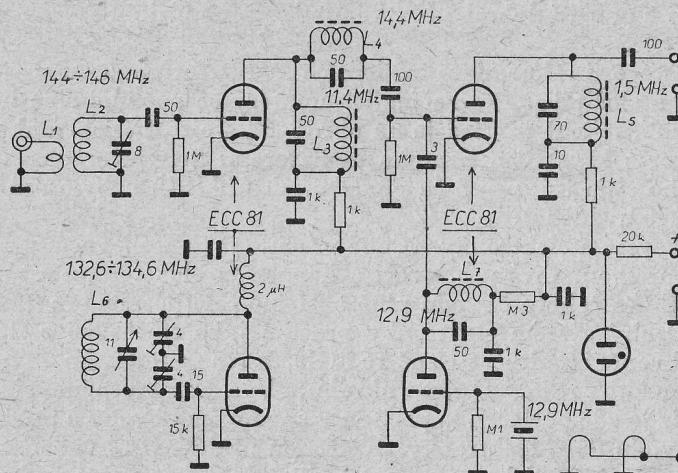
Druhá elektronka ECC81 je druhá kombinace směšovač-oscilátor a převádí mezifrekvenci 11,4 MHz na 1,5 MHz pro připojení k rozhlasovému přijímači. Mezi oba směšovače je zapojen obvod C_3L_4 pro potlačení zrcadlového kmitočtu druhého směšovače posunutého o 3 MHz (2×1,5 MHz) od kmitočtu signálu. Tento hradicí obvod je proto naladěn na 14,4 MHz.

Anodový obvod směšovače je naladěn na kmitočet 1,5 MHz kondenzátorem a cívkou L_5 laděnou železovým jádrem. Spojení s rozhlasovým přijímačem je provedeno krátkým kouskem koaxi-

álního kabelu. Oscilátor pro druhé směšování je řízený krystalem (12,9 MHz).

Konvertor je namontován na jednoduchém šasi s panelem. Obvod oscilátoru je umístěn na vrchní straně šasi a ostatní obvody na straně spodní. Pro napájení je nutno použít stabilizovaného napětí 150 V s odběrem kolem 18 mA. Žhavení je podle zapojení elektronek 6,3 V a 0,6 A nebo 12/6 V a 0,3 A.

Sladění konvertoru se provádí od konce. Konvertor zapojíme k přijímači naladěnému na kmitočtu 1,5 MHz (tj. 200 metrů). Vý-



Obr. 5-07. Konvertor k rozhlasovému přijímači.

L_1 - 4 závity 0,6 mm mezi závity L_2 ; L_2 - $4\frac{1}{2}$ závitů drátu 1,3 mm na průměru 10 mm, délka 12 mm; L_4 , L_5 a L_7 - cívky laděné jádrem 2-3 H; L_6 - cívka laděná jádrem 65-105 H; L_6 - 4 závity drátu 1,3 mm na průměru 8 mm.

stupní cívku L_5 vyladíme na nejsilnější šum. Pak naladíme cívkou L_7 druhý oscilátor. Kmitající oscilátor způsobí další slyšitelné zvýšení šumu. V další operaci zavedeme signál 145 MHz (přiblížením GDO k antennnímu přívodu). Kondenzátor 11 pF natočíme na poloviční kapacitu a kondenzátorem 2×4 pF vyladíme oscilátor na největší slyšitelnost signálu 145 MHz na přijímači (k tomu je výhodné GDO modulovat, alespoň sítovým brumem). Tím je oscilátor naladěn do pásmo. Pak zbývá pomocí 8 pF, L_1 , L_5 a L_7 doladit konvertor na maximální sílu signálů. To je nejsnadnější při praktickém poslechu na pásmu, poněvadž GDO je příliš silným zdrojem pro jemné vyladění (za předpokladu, že není po ruce signální generátor nebo šumový generátor).

V-7. JEDNODUCHÉ MODERNÍ PROVEDENÍ KONVERTORU

Moderní konvertory vycházejí ze snahy umožnit spojení na větší vzdálenosti, případně s využitím zvláštních druhů šíření i velkých vzdáleností. To předpokládá především možnost telegrafního provozu se zařízením o vysoké stabilitě a dobrým cejchováním stupnice. Prakticky je vyloučeno použití laděného oscilátoru podle předešlých příkladů, a naopak je na místě pevný, krystalem řízený oscilátor a použití dobrého KV komunikačního přijímače jako mezifrekvence.

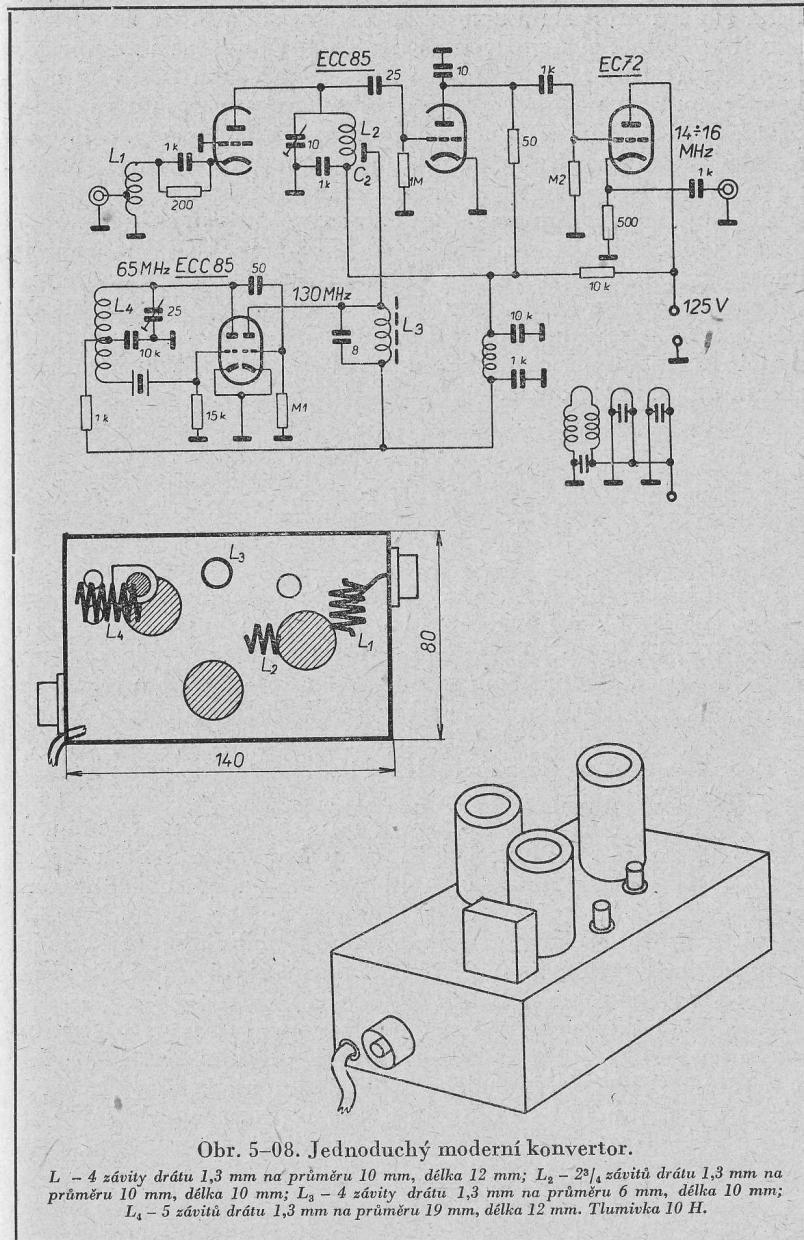
I v kategorii takovýchto moderních konvertorů nalezneme jednodušší a složitější. Pro začínající amatéry se pochopitelně hodí jednodušší, jejichž příklad je na obr. 5-08. Je to tříelektronkový konvertor s krystalem řízeným oscilátorem; konvertor dosahuje šumového čísla asi $n = 5$ (u předešlých příkladů nebylo ani šumové číslo uváděno).

První systém elektronky ECC85 pracuje jako zesilovač s uzemněnou mřížkou. Cívka L_1 tvoří s kapacitou elektronky vstupní obvod. Šířka tohoto obvodu plně obsahne celé pásmo $144 \div 146$ MHz. Druhý systém elektronky pracuje jako směšovač a dává mezifrekvenční kmitočet 14 až 16 MHz. V jeho anodovém obvodu není použito rezonančního okruhu. Vysokofrekvenční signál 145 MHz je zde potlačen kapacitou v anodovém obvodu a mřížkovém obvodu další elektronky, zvětšenou přídavným kondenzátorem 10 pF. Další elektronka je zapojena jako katodový sledovač přizpůsobující vysokou impedanci směšovače impedanci na výstupní vedení.

Oscilátor je tvořen krystalovým harmonickým oscilátorem se zdvojovačem s výsledným kmitočtem 130 MHz. Kapacitní vazba C_2 se směšovačem je provedena kouskem drátu přihnutým mezi závity cívky L_2 . Harmonický oscilátor je samozřejmě možno nahradit jiným zapojením podle kmitočtu krystalu s patřičným násobením.

Konvertor je montován na jednoduché šasi bez přepážek. Jeho rozměry jsou $140 \times 80 \times 55$ mm. Pro montáž nejsou zvláštní připomínky, jsou-li dodrženy obecné zásady zapojování. Cívky L_1 a L_2 jsou kolmo k sobě.

Pro nastavování si zapojíme mikroampérmetr (do 100 mikroampér) přes odpor 100 k Ω mezi mřížku směšovače a zem. Odpor musí být připojen těsně u elektronky s kratkým přívodem. Druhý konec odporu vedoucí k mikroampérmetru blokujeme těsně u tě-



Obr. 5-08. Jednoduchý moderní konvertor.

$L - 4$ závity drátu 1,3 mm na průměru 10 mm, délka 12 mm; $L_2 - 2^{3/4}$ závitů drátu 1,3 mm na průměru 10 mm, délka 10 mm; $L_3 - 4$ závity drátu 1,3 mm na průměru 6 mm, délka 10 mm; $L_4 - 5$ závitů drátu 1,3 mm na průměru 19 mm, délka 12 mm. Tlumivka 10 H.

líska odporu proti zemi kondenzátorem asi 50 pF . Po zapojení ke zdroji vyladíme si nejdříve oscilátor a zdvojovovač a pak úpravou kapacity C_2 (drátek u cívky L_2) nastavíme vazbu tak, aby mřížkový proud na připraveném mikroampérmetru dosáhl výchylky 50 až 60 mikroampér. Potom odpojíme přístroj i odpor $100 \text{ k}\Omega$ a doladíme si poslechem na pásmu (šumovým generátorem, je-li po ruce) kondenzátor 10 pF na maximum citlivosti.

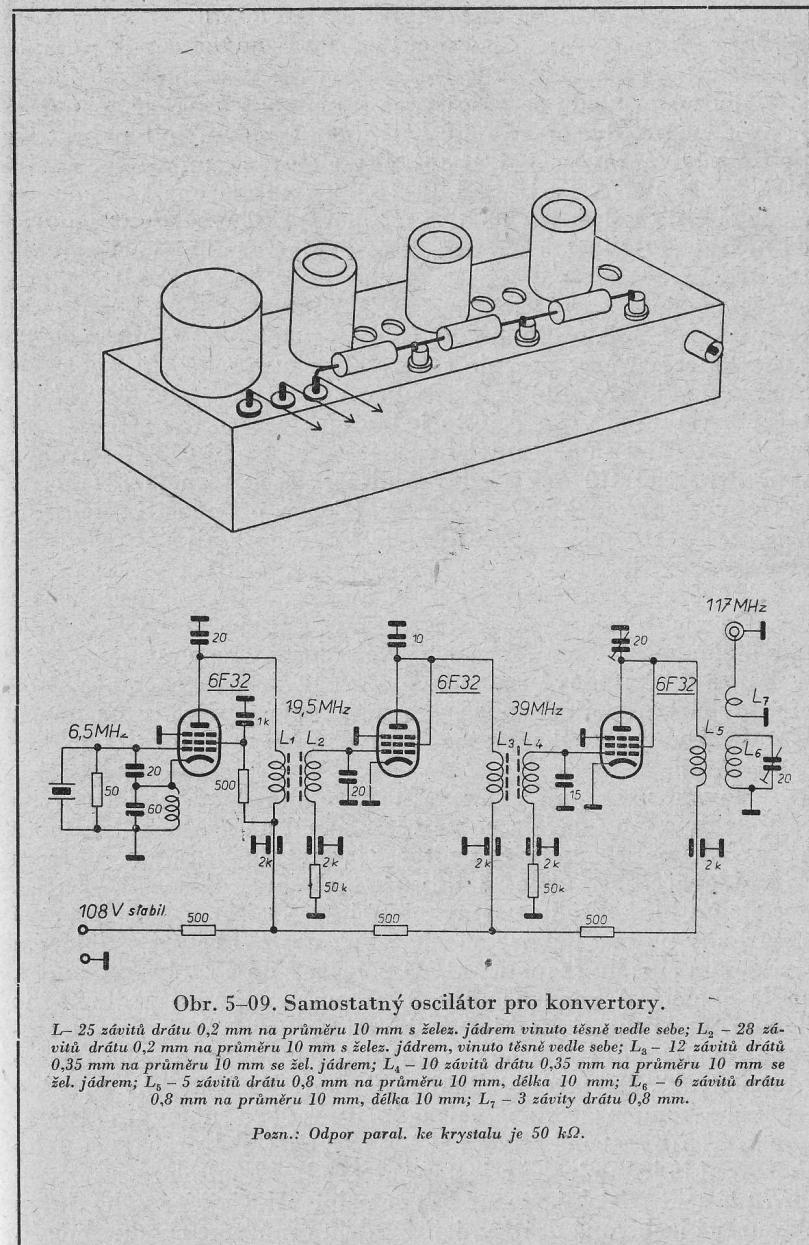
Popsaný konvertor nemá žádný zesilovací stupeň ani rezonanční okruh pro mezifrekvenční kmitočet. To předpokládá dobrou citlivost u připojeného přijímače a mimo to co nejkratší a dobře provedenou spojku z konvertoru do vstupu přijímače. Příliš dlouhý a nesprávně provedený přívod způsobí pronikání krátkovlnných signálů do přijímače. Z téhož důvodu musíme všechny přívody zdrojů dobře zablokovat.

V-8. SAMOSTATNÝ OSCILÁTOR PRO KONVERTORY

Používání harmonických oscilátorů je jednoduché, pokud je po ruce vhodný krystal. Použití běžného krystalu není o nic horší kombinací, i když představuje zpravidla o jeden násobící stupeň více. Na obrázku je schéma samostatného oscilátoru, určeného pro předešlý konvertor. Oscilátor s krystalem 7000 kHz dává kmitočet 21 MHz . Po zdvojení další elektronkou $6F32$ a ztrojení třetí elektronky dostane kmitočet 126 MHz . V tomto případě bude mezifrekvenční kmitočet 18 až 20 MHz .

Oscilátorovou část zamontovanou na samostatné, podlouhlé šasi můžeme použít i pro další typy konvertorů. Pokud jsou uváděny odlišné kmitočty od tohoto příkladu, je možné změnit mezifrekvenční kmitočet konvertoru nebo pomocí jiného krystalu změnit kmitočet oscilátoru. – Zopakujme si podmínu, že základní kmitočet oscilátoru nebo některá jeho harmonická nesmí být obsažena v použitém rozsahu ladění přijímače.

(Například kdybychom mechanicky použili pro tento třistupňový oscilátor krystalu nutného pro výsledný kmitočet 130 MHz , tj. krystalu 7222 kHz , bude jeho druhá harmonická 14444 kHz obsažena v rozsahu 14 až 16 MHz použitého pro mezifrekvenci.)



Obr. 5-09. Samostatný oscilátor pro konvertory.

L – 25 závitů drátu $0,2 \text{ mm}$ na průměru 10 mm s želez. jádrem vinuto těsně vedle sebe; L_2 – 28 závitů drátu $0,2 \text{ mm}$ na průměru 10 mm s želez. jádrem, vinuto těsně vedle sebe; L_3 – 12 závitů drátu $0,35 \text{ mm}$ na průměru 10 mm se žel. jádrem; L_4 – 10 závitů drátu $0,35 \text{ mm}$ na průměru 10 mm se žel. jádrem; L_5 – 5 závitů drátu $0,8 \text{ mm}$ na průměru 10 mm , délka 10 mm ; L_6 – 6 závitů drátu $0,8 \text{ mm}$ na průměru 10 mm , délka 10 mm ; L_7 – 3 závity drátu $0,8 \text{ mm}$.

Pozn.: Odpor paral. ke krystu je $50 \text{ k}\Omega$.

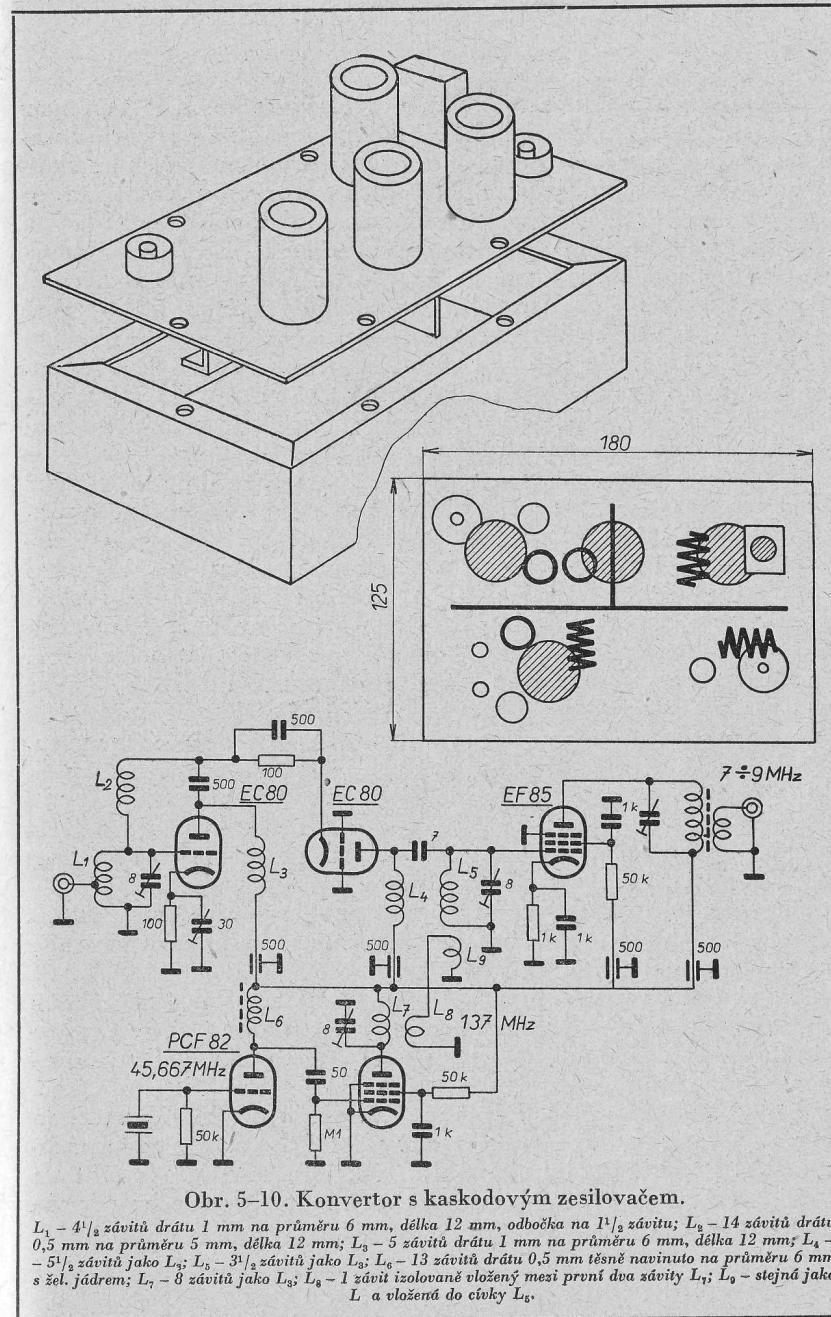
V-9. OBLÍBENÁ KASKODA

V dalším příkladu se dostaváme k oblíbené kaskodě. Zapojení je uvedeno pro dvě elektronky EC80, které mohou být nahrazeny po patřičné úpravě zapojení objímky elektronkami 6AJ4, 6AM4 6Q4, 6C31, 6CI7K (sov. – čti 6S17K). Takto osazená kaskoda má šumové číslo kolem $n = 3,2$. Kaskodový zesilovač, sestavený ze dvou samostatných elektronek, se realizuje pohodlněji než s dvojitou triodou. Rozložení součástek je příznivější a pohodlnější. Ve směšovači je použito elektronky EF85, kterou možno nahradit typy 6F36, EF80, 6CB6, 6AU6, EF43, případně 6AK5 nebo 6F32.

Oscilátorová část pracuje s krystalem o vysokém jmenovitém kmitočtu (45,667 MHz) s elektronkou PCF82 nebo 6U8. Nižší kmitočet krystalu si vyžádá ještě jednu elektronku. (Je samozřejmě možno použít i samostatného oscilátoru se třemi 6F32 – uveden v předchozí statu.) – Výsledný kmitočet oscilátoru je 137 MHz, takže mezifrekvence je 7 až 9 MHz. (Pozor, při použití samostatného oscilátoru podle obrázku 5-09 je nutno kmitočet mezifrekvence upravit.)

Celkové zapojení konvertoru je na obr. 5-10. Montuje se na rovný panel o rozměrech 150×120 mm s přepážkou vysokou 50 mm a dlouhou 145 mm. Kromě velké přepážky namontujeme ještě malou, mezi katodové a anodové přívody druhé elektronky. Stínící přepážku spojíme společně s mřížkovými přívody na panel. Hotový konvertor vložíme do kovového krytu s dovnitř zahnutými okraji.

Sladování postupuje směrem od krystalu. Celou oscilátorovou část sladíme, aby dávala co největší signál na určeném kmitočtu a přesvědčíme se, zda tento kmitočet je skutečně jediným. – Vazbu do směšovače nastavíme až nakonec změnou vzdálenosti L_5 a L_9 . Pro sladování kaskody nastavíme nejdříve trimr v katodě první elektronky na maximum kapacity. Pak nastavíme při zapojeném zkušebním signálu (zapnutý GDO položený do určité vzdálenosti, podle okolností) kondenzátory 8 pF na maximum přijímaného signálu. Vzdálenost mezi jednotlivými závity cívek L_3 a L_4 nastavíme rovněž největší úroveň signálu (roztahováním nebo stlačováním cívek). Nastavení indukčnosti neutralizační cívky L_2 a katodového kondenzátoru se nejsnadněji provede šumovým generátorem. Ten by neměl chybět v žádné amatérské pracovně. Jeho zhotovení je jednoduché a je popsán v sedmé kapitole. Kondenzátor 7 pF není kritický, ale má být co nejmenší. Nejlépe vyhoví dva zkroucené izolované drátky, jejichž délku můžeme snadno měnit.



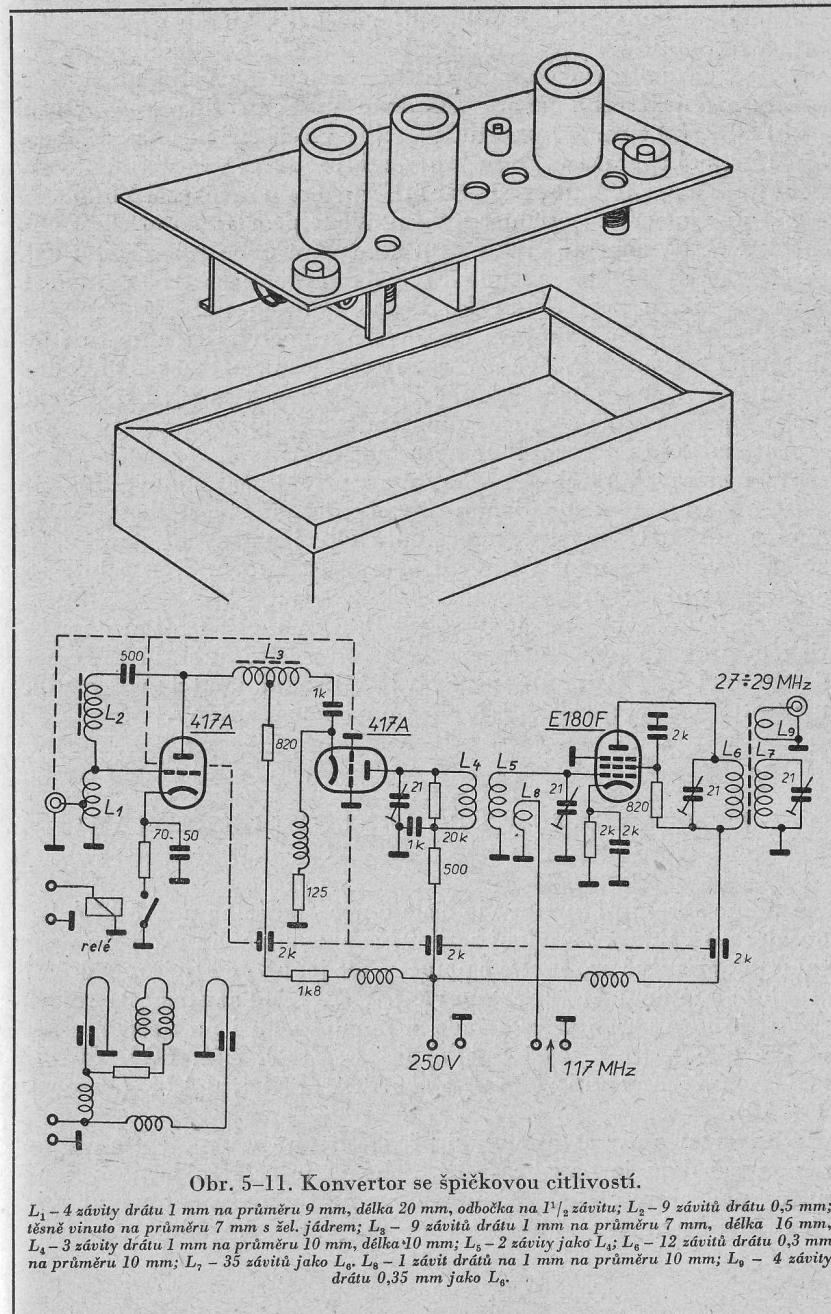
V odborném tisku často čteme o tzv. konvertorech se špičkovou citlivostí. Dosažení vysoké citlivosti přijímače pro VKV, tj. dosažení extrémně nízkého šumového čísla je problémem získání elektronky s vyhovujícími parametry (nebo otázkou zcela odlišných způsobů zesilovačů parametrických, ale o nich až dále). Takovou „zázračnou“ elektronkou je například 417A (WESTERN-ELECTRIC) nebo 5842 se strmostí $S = 24 \text{ mA/V}$, vstupní kapacitou 9 pF , výstupní $0,5 \text{ pF}$. Tuto elektronku předčí sovětská 6C15II, $S = 45 \text{ mA/V}$ (i sovětská 6C11II, $S = 28 \text{ mA/V}$). Dále se jí blíží sovětská 6C3II a 6C4II, $S = 19,5 \text{ mA/V}$ (a majáková EC57, $S = 21 \text{ mA/V}$), pak PC86 a E86C, $S = 14 \text{ mA/V}$). Ještě vyšší strmosti dosahuje 416B ($S = 50 \text{ mA/V}$), speciálně provedená pro koaxiální montáž a vyžadující nucené chlazení.

I když je přirozené pokládat používání speciálních a hlavně drahých elektronek za méně užitečné vzhledem ke konkrétní naději v rozšíření celkem nenákladných a účinnějších parametrických zesilovačů, seznámíme se pro úplnost s příkladem špičkového konvertoru s elektronkami 417A. Anodový obvod druhé elektronky je vybaven pásmovým filtrem a směšování je provedeno se speciální pentodou E180F. Zapojení a provedení je na obr. 5-11.

Konvertor je montován na dvě samostatná šasi. Zesilovač má rozměr $180 \times 210 \times 50 \text{ mm}$ a samostatný oscilátor $6 \times 210 \times 50 \text{ mm}$. Kaskodový stupeň je rozdělen přepážkami podle schématu. Vazba mezi první a druhou elektronkou je ve tvaru π článku, který výhodně přizpůsobuje impedance obou elektronek.

Zapojení oscilátoru již známe z obrázku 5-9: krystal $6,5 \text{ MHz}$ s elektronkou EF85 nebo 6F32 a na dalších místech 6F32. Celá oscilátorová část je vybavena pásmovými filtry, které dobře potlačují jak harmonické kmitočty, tak subharmonické, pronikající z předchozích stupňů. Vazba na směšovač je induktivní vedením koaxiálním kablíkem.

Sladění konvertoru je vrcholným úkonem celého zhotovení. Potřebujeme GDO a šumový generátor (je možno říci, že pro nastavování špičkových přístrojů jsou oba nezbytné.) Nejdříve uvedeme do chodu oscilátorovou část, zcela obdobně jako každý několikastupňový vysílač. Pak zapojíme spojovací kablík mezi L_8 a osc. a zapojíme anodu elektronky F 180F v sérii s miliampermétem. Při doložování oscilátoru stoupá anodový proud od 2 do 5 až 6 mA. Oscilátor vyladíme na maximum anodového proudu směšovače.



Obr. 5-11. Konvertor se špičkovou citlivostí.

$L_1 - 4$ závitů drátu 1 mm na průměru 9 mm , délka 20 mm , odbočka na $1^{1/2}$ závitu; $L_2 - 9$ závitů drátu $0,5 \text{ mm}$; těsně vinuté na průměru 7 mm s žel. jádrem; $L_3 - 9$ závitů drátu 1 mm na průměru 7 mm , délka 16 mm , $L_4 - 3$ závitů drátu 1 mm na průměru 10 mm , délka 10 mm ; $L_5 - 2$ závitů jako L_4 ; $L_6 - 12$ závitů drátu $0,3 \text{ mm}$ na průměru 10 mm ; $L_7 - 35$ závitů jako L_6 ; $L_8 - 1$ závit drátu na 1 mm na průměru 10 mm ; $L_9 - 4$ závitů drátu $0,35 \text{ mm}$ jako L_6 .

Zapojíme konvertor ke KV přijímači naladěnému na 27 až 29 MHz, případně na jiný kmitočet při provedené změně kmitočtového rozvrhu. Ihned po zapojení konvertoru na vstup přijímače musí se objevit šum. Poté doladíme výstupní filtr konvertoru (MF) tak, aby šum byl prakticky stejný v celé šíři pásmá od 29 do 29 MHz, nejlépe pomocí S-metru. Jeví-li se šířka výstupního filtru nedostatečná, zatížíme sekundár MF filtru odporem 3 až 5 kΩ.

Při vypnutých zdrojích se nyní provede předladění obvodů pomocí GDO. Vyjmeme cívku L_2 a stlačením nebo roztažením závitů cívky L_1 naladíme vstup na 145 MHz. Cívku opatrně vyjmeme a vmontujeme zpět cívku L_2 , kterou jádrem vyladíme rovněž na 145 MHz. Nyní odpojíme anodový konec cívky L_2 a nastavíme na stejný kmitočet cívku L_3 . Všechny cívky se vloží na své původní místo a provede se naladění pásmového filtru L_4 a L_5 . Při měření cívky L_5 zatlumíme cívku L_4 odporem 100 Ω a naopak.

Antennní konektor spojíme se středem cívky L_1 , zapojíme šumový generátor, všechno nažavíme a připojíme anodové napětí. Potom již jemným doladěním obvodů dosáhneme nejlepšího šumového čísla. Na výsledek má malý vliv i nastavení směšovače změnou velikosti napětí přivedeného z oscilátoru. Kontroluje se anodovým proudem směšovače.

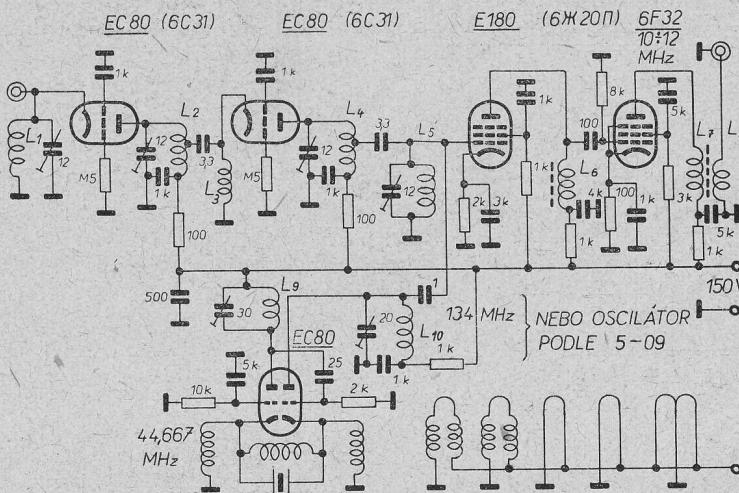
Výsledky dosažitelné elektronkou PC86 nebo E86C jsou v praktickém provozu téměř nerozeznatelné od výsledku s 417A. Jedno dobré udělané patro antény navíc je rozhodně znatelnější rozdíl, už proto, že zvyšuje zisk před vlastním šumem antény.

V-11. KONVERTOR S UZEMNĚNÝMI MŘÍŽKAMI

Budeme skromní! Šumové čísla o něco menšího než 3 kTo lze dosáhnout i jinak. Zapojení zesilovače s uzemněnou mřížkou není snad tak příznivé pro šumové poměry, ale jeho výhody jsou v dobré stabilitě a jednodušším nastavování. VKV triod se strmostí kolem devítí je na vybranou celá řada a mnohé jsou i na našem trhu: 6C3Π, 6C4Π, (S = 19,5 mA/V) 6C31, EC80, 6J4, 6Q4, 6C2Π, 6C17K (všechny S = 12 mA/V) 6AM4, 6BC4, 6AJ4 (strmost 9 ÷ 10).

Konvertor s dvoustupňovým předesílením v zapojení s uzemněnou mřížkou je na obr. 5-12. Schéma je celkem jasné a není nutný podrobný popis. Nezapomeňme na tlumivky v obou žhavicích přívodech. Bez nich zesilovače budou vůbec nezesilují, nebo jen

málo. Ve směšovači je použito E180F, která má vysokou směšovací strmost. Za zkoušku stojí následující elektronky (pokud by byla některá po ruce): 6 J 11 Π (S = 28 mA/V), 6 J 20 Π (S = 17 mA/V), 6 J 21 Π (S = 17 mA/V), 6 J 22 Π (S = 30 mA/V), a Siemens D3a (S = 30 mA/V).

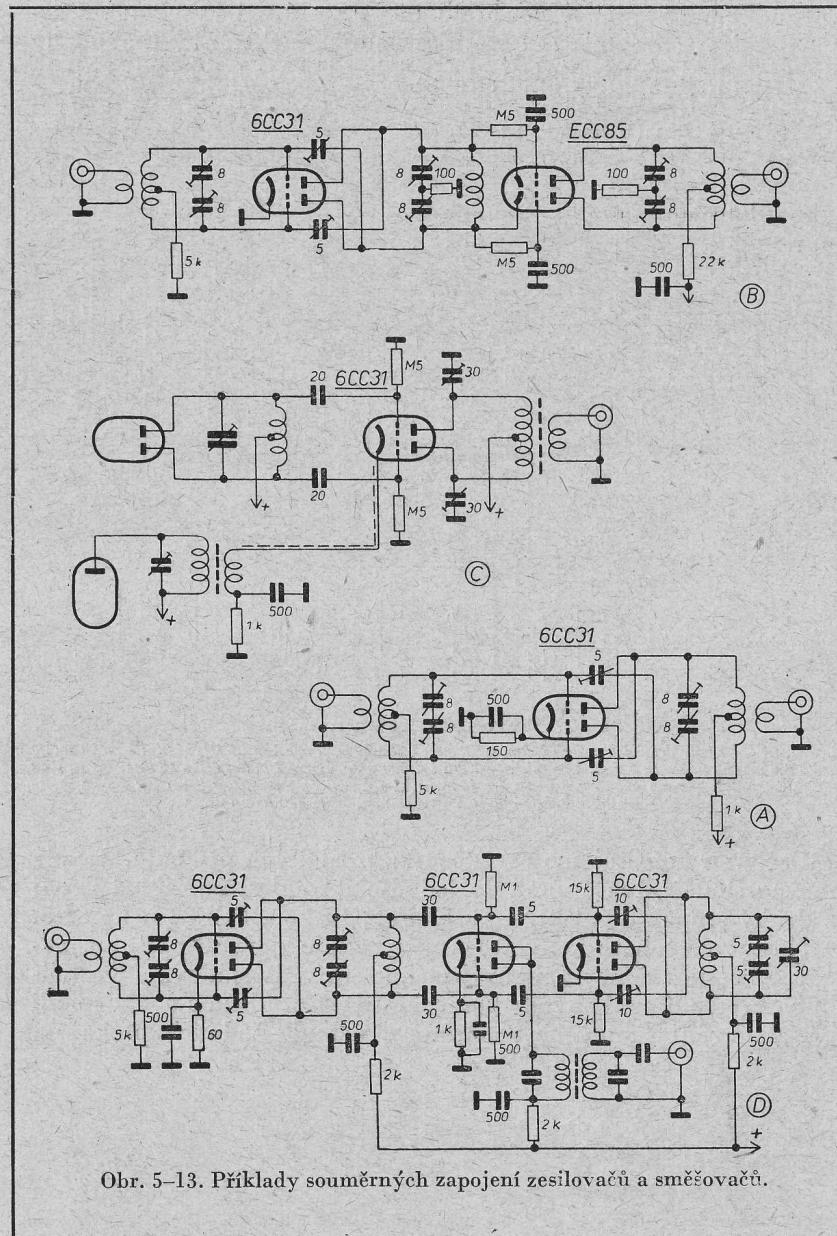


Obr. 5-12. Konvertor s uzemněnými mřížkami.

L_1, L_2, L_3, L_4 – 4 závitové drátu 1,3 mm na průměru 12 mm, délka 10 mm, odbočka na $1\frac{1}{2}$ závitu; L_5 – 13 závitové drátu 0,5 mm na průměru 6 mm; L_6 – 4 závitové drátu 1,3 mm na průměru 10 mm, délka 15 mm; L_7, L_8 – 4 závitové drátu 0,25 mm na průměru 6 mm s žel. jádrem; L_9 – 4 závitové na studeném konci L_7 ; L_{10} – 6 závitové drátu 0,8 mm na průměru 12 mm, délka 10 mm.

Oscilátor zopakujeme osvědčený z předešlých příkladů. Je zde možno sloučit dva stupně do jedné elektronky, například první a druhý stupeň do elektronky ECF80, PCF80, PCF82 nebo 6U8.

Nastavení tohoto konvertoru nevyžaduje zvláštní postupy, poňevadž zesilovač nemá neutralizaci, která vždy sladování komplikuje. Předladíme-li obvody pomocí GDO za studena a použijeme-li při sladování šumového generátoru, nebude žádných překážek.



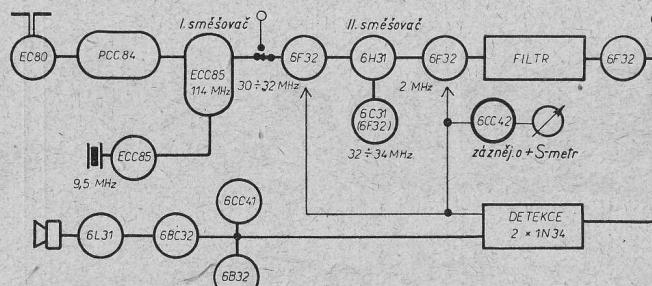
Obr. 5-13. Příklady souměrných zapojení zesilovačů a směšovačů.

V-12. NĚKOLIK PŘÍKLADŮ ZAPOJENÍ SOUMĚRNÝCH KONVERTORŮ

V závěru stati o konvertorech pro pásmo 145 MHz je uvedeno několik příkladů samotných zapojení zesilovačů a směšovačů v souměrném zapojení. Jde o použití běžných elektronek a využití výhod dobrých vlastností souměrného zapojení hlavně z hlediska impedančních poměrů (obr. 5-13).

V-13. ÚPLNÝ PŘIJÍMAČ PRO 145 MHz

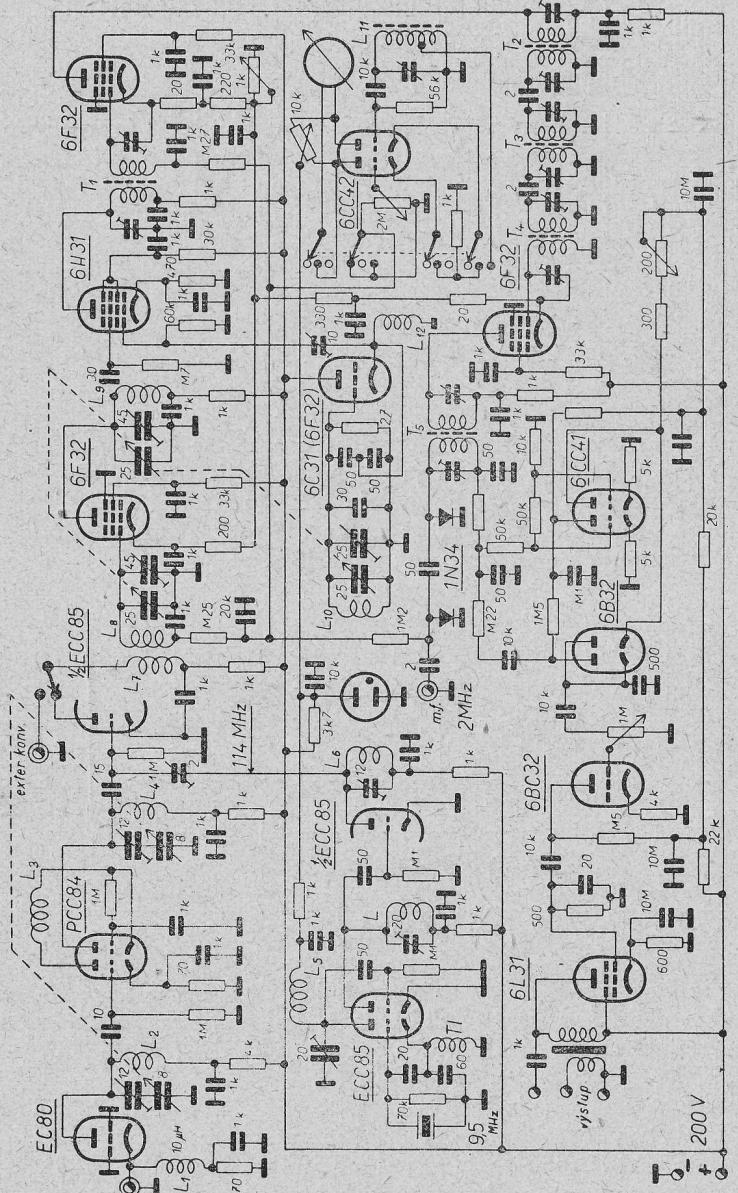
Vyspělý, vybavený a hlavně trpělivý amatér se často pustí do „velkých věcí“. Jednou z nich je speciální přijímač pro 144–146 MHz. – Přijímač pro VKV amatérské pásmo je vlastně všechno to, co jsme zde poznali. Konvertor známe. Krátkovlnný přijímač, kterého normálně používáme jako mezifreknce, plus detekci je



Obr. 5-14. Blokové zapojení úplného přijímače pro pásmo 145 MHz.

nutno zbavit zbytečností, potřebných jen pro příjem KV. Stačí tedy jeden vlnový rozsah a úzké ladění. Ani na filtry v mezifrekvenci nejsou tak přísné požadavky při příjmu VKV (tady je nutno dodat slůvko „prozatím“).

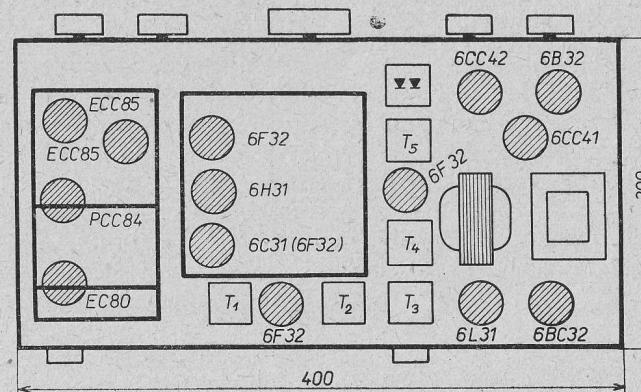
Přijímač se skládá (viz blokové schéma na obr. 5-14) z konvertoru: první stupeň zesilovač s uzemněnou mřížkou, jedna kaskoda a směšovač včetně oscilátoru. První mezifrekvence je 30 ± 32 MHz a je přepínatelná pro připojení druhého, externího konvertoru. Tato laděná mezifrekvence končí směšovačem dávajícím pevnou



Obr. 5-15. Přijímač pro pásmo 145 MHz. Cívky je nutno přizpůsobit použitým elektronkám podle obdobných dílčích zapojení.

mezifrekvenci 2 MHz obsahující celkem pět pásmových filtrů, záznějový oscilátor a S-metr. Za detekcí je omezovač poruch a nf zesilovač. Šumové číslo tohoto přijímače má dosáhnout hodnoty 2,5 kTo. Výstup mezifrekvenc 2 MHz je rovněž vyveden pro ev. měření.

Celkové zapojení a rozložení součástek je na obrázcích 5-15



Obr. 5-16. Rozložení součástí přijímače pro pásmo 145 MHz.

a 5-16. Přístroj je postaven na hliníkovém šasi o rozměrech $400 \times 200 \times 65$ mm. VKV zesilovací část je na rovném mosazném a postříbřeném panelu 120×180 mm a je jako celek vložena do otvoru v šasi. Pro laditelnou mezifrekvenci jsou vytvořeny dva boxy. Jeden dole zakrývá obvody a objímky elektronek a druhý nahore tvoří kryt pro trojnásobný kondenzátor 3×25 pF. Ostatní součásti jsou volně rozloženy. Přijímač je řešen jako protějšek do soupravy s dvacetiwattovým vysílačem na obrázku 4-15 ve čtvrté kapitole.

Přijímače pro 432 MHz

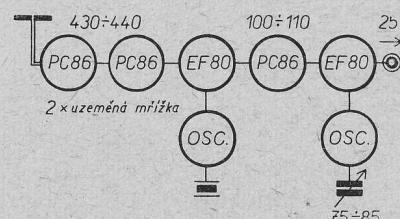
V-14. PŘÍJEM NA 432 MHz A ŠÍŘKA PÁSMA

Pro zvládnutí ladění v rozsahu 430 až 440 MHz pomocí konvertoru je nutno si předem vytknout některé předpoklady. Pro stavbu přijímacího zařízení budeme očekávat především zásadní používání stabilních vysílačů, nikoliv sólo-oscilátorů. Tím si zjednodušíme problém šířky pásma propustnosti. Od tohoto bodu se problém dělí na dvě cesty. První je podobné řešení příjmu na 144 MHz, tj. pomocí konvertoru s krystalem řízeným oscilátorem s možností

překlenutí jenom části pásma bez přepínání. Reálné jsou 3 až 4 MHz. Při určitém úsilí bylo by možno překlenout až 6 MHz za předpokladu, že použitý KV přijímač skutečně má tak široké rozsahy. Není-li tomu tak, bude nutno i pásmo o šířce 6 MHz rozdělit přepínáním na dvě části.

Obr. 5-17. Blokové zapojení konvertoru pro 435 MHz.

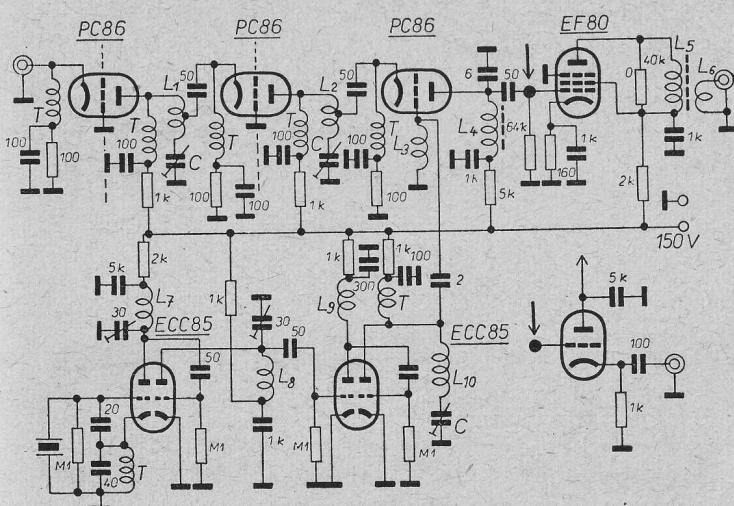
Druhá cesta vede přes dvojí směšování. Prvním směšováním s krystalovým oscilátorem přeložíme z 430 až 440 MHz například na 110 až 120 MHz. Pak následuje druhé směšování s laděným oscilátorem 85 až 95 MHz na pevných 25 MHz. Můžeme volit i nižší výslednou mezifrekvenci, poněvadž jsme se se zrcadlovými signály vypořádali v směšování. V prvním případě jediného směšování s laděnou výslednou mezifrekvencí je nutno jít s jejím kmitočtem co nejvýše, pokud to umožňuje KV přijímač.



V-15. KONVERTOR S UZEMNĚNÝMI MŘÍŽKAMI PRO 432 MHz

Jednou z možností, jak postavit dobrý konvertor pro pásmo 70 cm, dávají elektronky PC86 (EC86, E86C, 6C4Π). Popsaný příklad konvertoru dosahuje šumového čísla 8 kTo (obr. 5-18).

Vysokofrekvenční část obsahuje tři elektronky EC86 v zapojení s uzemněnou mřížkou, přičemž třetí z nich je směšovací. Na oscilátoru jsou dvě ECC85. Krystal je 6,75 MHz, vhodnější je však



Obr. 5-18. Konvertor pro pásmo 435 MHz.

L_1, L_2, L_3 , z postříbřeného pásku 2×3 mm, průměr 25 mm; L_4 viz text; L_4 – 10 závitů drátu 0,2 mm na průměru 10 mm s žel. jádrem; L_5 – 18 závitů drátu 0,2 mm na průměru 10 mm s žel. jádrem; L_6 – 2 závity drátu 1 mm na průměru 11 mm u studeného konce L_5 ; L_7 – 12 závitů drátu 0,6 mm na průměru 8 mm; L_8 – 5 závity jako L_7 ; L_9 – 2 závity drátu 1,2 mm na průměru 8 mm.

vyšší kmitočet, poněvadž není potřeba tolik násobení. Výsledný kmitočet je 405 MHz, pro mezifrekvenční kmitočet 27–33 MHz. Za směšovačem je jeden stupeň mezifrekvenčního zesílení, který odděluje směšovač a vytváří rezervu zesílení, kterou mnohý přijímač pro vysoký kmitočet potřebuje. Při použití citlivého přijímače jako mezifrekvence je vhodné nahradit tento stupeň katodovým sledovačem, pro který vyhoví některá z miniaturních vysokofrekvenčních triod 6C31, EC81. Panel konvertoru má rozměry 220 × 150 mm a je zhotoven z mosazného (případně postříbřeného)

plechu tloušťky 0,8 mm. Objímky na elektronky jsou pertinaxové a jsou připevněny z vnější strany. Tím se podstatně sníží indukčností přívodů. Přes středy vhodně natočených objímk, prvních dvou EC86 a EF80, jdou stínící přepážky, které oddělují katodový (mřížkový u EF80) okruh od anodového. Všechny tři vývody mřížky EC86 jsou přihnuty ke kostře a připájeny. To platí pro první dva vf stupně. Směšovací EC86 má spojeny všechny tři vývody mřížky na střední kolík v objímce a ten je uzemněn kouskem drátu \varnothing 2 mm, jehož délka určuje vazbu oscilátoru. Délku je nutno vyzkoušet – asi 20 mm.

Hrníčkové trimry C jsou připájeny středním vývodem přímo na kostru. Mají osoustružené dva vnější „hrníčky“ pro zmenšení kapacity. Oba vývody katody u všech EC86 jsou mezi sebou spojeny silným drátem. Cívky jsou z měděného postříbřeného pásku.

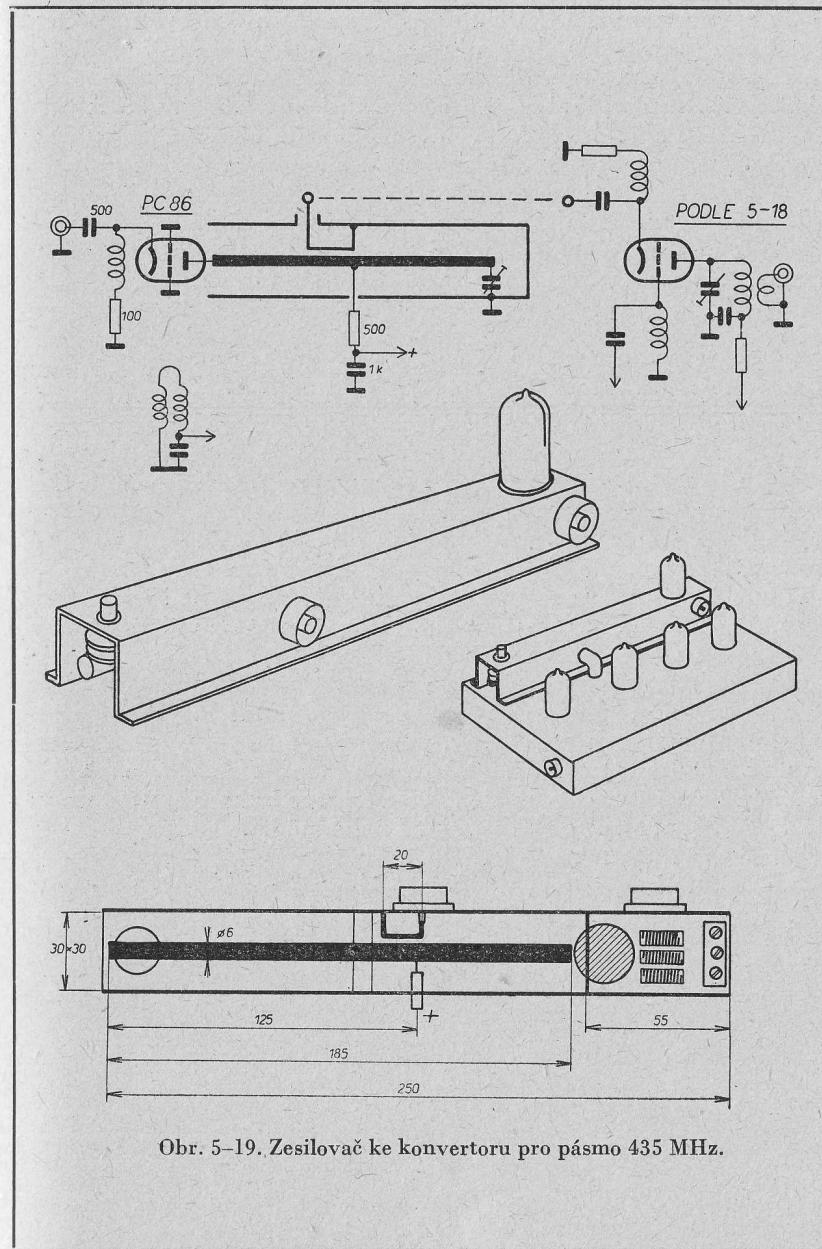
Zapojení oscilátoru je běžné, je nutná pouze pečlivá konstrukce, zvláště u posledního násobiče, aby napětí z oscilátoru bylo pro směšovač dostatečně veliké.

Při uvádění do chodu sladíme nejdříve oscilátor pomocí známých metod, pak mezifrekvenční stupeň a nakonec vysokofrekvenční stupně se směšovačem. Odpory R v anodách vf stupňů zvolíme takové, aby každou elektronkou neprotékal větší proud než 15 mA. Pro sladování vf části postačí generátor s rozsahem do 220 MHz, z něhož použijeme druhou harmonickou. Šumový generátor je pochopitelně výhodnější. Nastavení vazebních kapacit na nejvhodnější odbočku na cívkách vf stupňů má značný vliv na šumové číslo, a proto mu věnujeme velkou pozornost. Konečné nastavení je vhodné provést se šumovým generátorem. U popsaného konvertoru lze ještě drobnými zlepšeními (π článek na vstupu, pásmové filtry atd.) dosáhnout poněkud lepších poměrů.

V-16. KOAXIÁLNÍ PŘEDZESILOVAČ S PC86

Použití vhodné elektronky s koaxiálním obvodem může přinést určité zlepšení proti normálním obvodům. Vyšší kvalita koaxiálních obvodů zvyšuje sice citlivost, ale omezuje propouštěné pásmo a to je někdy nepřijemné. Doladování obvodů je možné, ale vyžaduje stálou manipulaci současně s laděním mezifrekvenčního přijímače.

Zhotovení koaxiálního zesilovače pro pásmo 435 MHz je jednodušší než očekáváme. Z mosazného plechu vytvoříme profil v po-



Obr. 5-19. Zesilovač ke konvertoru pro pásmo 435 MHz.

době rovnostranného U, dlouhý 255 mm o vnitřní světlosti 32 × 32 mm (obr. 5-19). Jeden konec je uzavřený a druhý můžeme nechat otevřený. Dovnitř vložíme přepážku dělící současně objímku elektronky. Objímka a přepážka jsou vzdáleny 55 mm od uzavřeného konce. Vnitřní vodič anodového obvodu je trubička o průměru 6 až 6,5 mm. Je spojená s anodovým očkem objímky a na druhém konci nese terčík statoru, kondenzátoru. V místě, kde je připojeno napájení, je umístěna trolitulová příčka, kterou je tyčka upevněna. Napájení je 125 mm od konce trubičky. Kondenzátor tvoří dva terčíky o průměru 15 mm. Pohyblivý je připájen na šroub s jemným závitem, procházející závitovým pouzdrem v krytu.

Vstup je připojen před kapacitu na katodu bez ladícího obvodu, pouze se čtvrtvlnnými tlumivkami. Vazební výstupní smyčka je rovněž umístěna u trolitulové přepážky (v kmitně proudu a uzlu napětí). Délka strany smyčky rovnoběžné se středním vodičem obvodu je asi 20 mm a vzdálenost se nastaví při sladování celého přijímače na nejlepší šumové poměry.

Ke koaxiálnímu zesilovači můžeme připojit směšovač s uzemněnou mřížkou podle předešlého příkladu. Výhodnou kombinaci získáme namontováním úplného zesilovače přímo na šasi konvertoru. Pouzdro zesilovače umístíme tak, aby výstupní vývod byl těsně u katodového očka směšovače. Podle předešlého popisu můžeme kombinovat dva zesilovače se souosým vedením.

V koaxiálním obvodu se daleko lépe uplatní majákové elektronky. Nemá však valný vliv, použijeme-li místo uvedené elektronky PC86 elektronku majákovou s menší strmostí, například známé 5794 se strmostí 6 mA/V. Nemá proto ani smysl pro takový účel podobnou elektronku shánět. Rozhodně lépe bude využita ve vysílači pro 1250 nebo 2300 MHz.

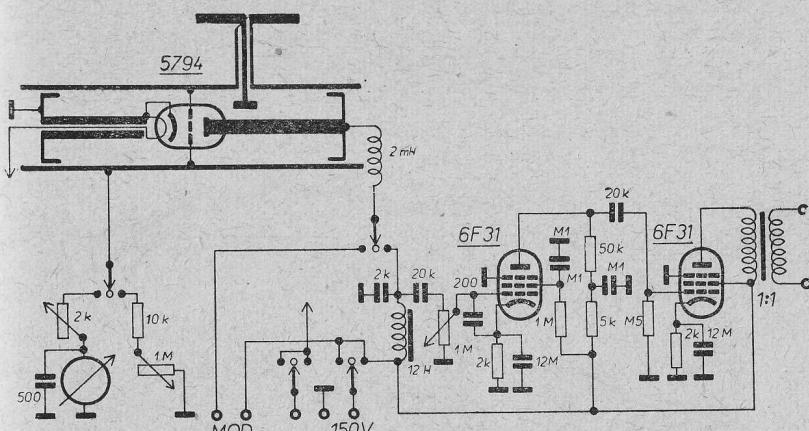
Selektivita koaxiálních zesilovačů je vyšší než běžných obvodů. Pamatujieme proto na možnost doladování.

D

Přijímače pro decimetrová pásma

V-17. PŘIJÍMAČ (VYSÍLAČ) PRO 1250 MHz

S přijímači pro pásmo 1250 MHz a výše vznikají podobné potíže jako u pásmo 435 MHz. Situace je zde daleko horší, poněvadž se používá většinou jednostupňových modulovaných vysílačů. Nejjednodušší cestou je řešit celou decimetrovou soupravu jako přijí-



Obr. 5-20. Přijímač – vysílač pro pásmo 1250 MHz.

mač/vysílač s použitím jediné elektronky a jediného obvodu. Z hlediska provozu je však výhodnější oddělení vysílače a přijímače se samostatnými obvody a elektronkami. Vyloučí se tím stálé doladování mezi vysíláním a přijímáním. Na obr. 5-20 je schéma zařízení s koaxiální elektronkou 5794 (tužková trioda). Aplikace pro jiná pásmá a jiné elektronky je obdobná. Při příjmu pracuje elektronka jako superreakční audion.

V-18. SMĚSOVÁC PRO 1296 MHz

Příjem stabilního signálu se správnou šírkou postranních pásem je možno i na decimetrových vlnách provádět na přijímači s konvertorem. Stavba konvertoru stejně jako stavba vícestupňových vysílačů je poměrně nákladná.

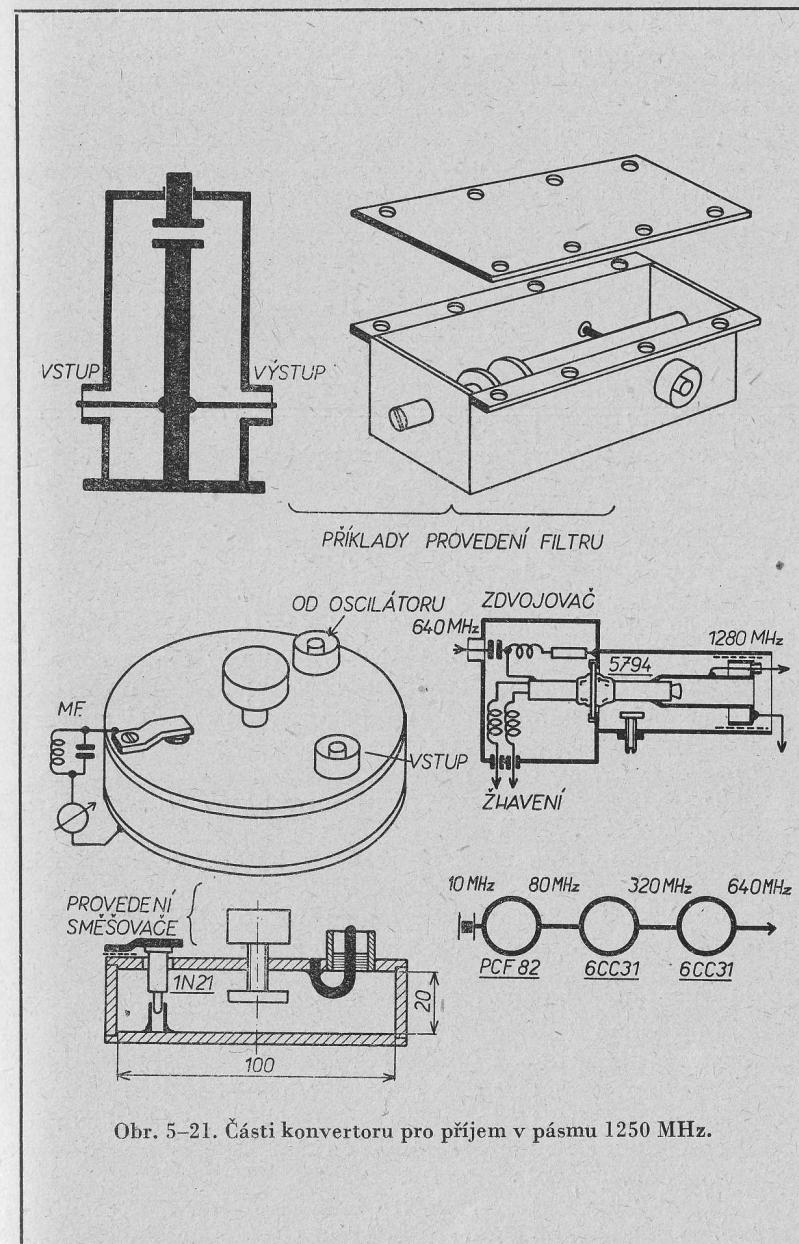
Konvertor se bude skládat zase z oscilátoru laděného nebo řízeného krystalem, ze směšovače a z mezifrekvenčního stupně. Kryštalem řízený oscilátor má mnohé přednosti, i vlastní stavba je jednodušší přesto, že mává více elektronek než oscilátor laděný. Zůstává nám však známý problém šírky používaného pásmo. U decimetrových pásem je situace v našich poměrech o to horší, že pokusností v tomto oboru je zatím v začátcích. Nemůže být zatím ani pomyšlení na vyhlášení určitých menších pásem pro různé druhy experimentů. Je dále skutečností, že toto pásmo je jen částečně v harmonickém vztahu se sedmdesáticentimetrovým pásmem. 432 MHz ztrojené dají 1296 MHz a 435 MHz ztrojené dává 1305 MHz, tj. již mimo pásmo, zatím co oblíbený začátek (1215 MHz) je možno získat ze 405 MHz a to je také mimo pásmo sedmdesáti centimetrů.

Z toho vidíme, že pro začátek je nutné použít laděného oscilátoru. Pro tento účel je možno použít s výhodou některého sólo-oscilátoru uvedeného pro tato pásmá v kapitole o vysílačích. Vyžádá si to zjednodušit způsob ladění pomocí šroubů s jemným závitem.

Jako laděného oscilátoru lze použít i dvoustupňové (nebo vícestupňové) kombinace. Souměrný oscilátor s elektronkou 6CC31 (6J6, ECC91) lze se slušnou stabilitou realizovat pro kmitočet 600 až 642 nebo 400 až 414 MHz a v koaxiálním obvodu zdvojovat nebo ztrojovat.

Použijeme-li koncové elektronky oscilátoru jako zdvojovače nebo ztrojovače kmitočtu, je užitečné vložit mezi výstup z oscilátoru a směšovač ještě jeden koaxiální obvod pro omezení harmonických a subharmonických kmitů. Sestává z koaxiálního obvodu laděného terčovým kondenzátorem. Vstup i výstup se přivádí vazební smyčkou (obr. 5-21).

Pro směšovací obvod použijeme radiální dutiny (plochý válcový rezonátor). Jeho ladění je provedeno také terčovým kondenzátorem na jemném závitu. Jako směšovače je použito křemíkové diody 1N21. Dioda, vstupní anténní konektor a vstupní konektor pro vazbu s oscilátorem jsou umístěny ve třetinových segmentech. Dioda prochází izolačně víceméně a opírá se špičkou o dno dutiny. Je přitlačována mosaznou nebo měděnou pružinkou, která je izo-



Obr. 5-21. Části konvertoru pro příjem v pásmu 1250 MHz.

lována od víka lístekem slídy. Tím je současně zhotoven výstupní kondenzátor. Provedení a zapojení je nakresleno na obr. 5-21. Pro zesílení mezifrekvence je dobré použít dobrého zesilovače ještě před zapojením do vstupu vlastního mezifrekvenčního zesilovače.

V sérii s diodovým obvodem je zapojen miliampérmetr s rozsahem do jednoho miliampéru. Při ladění směšovače nastavíme výkon oscilátoru tak, aby diodou protékal proud mezi 0,05 až 0,5 mA.

V-19. KONVERTOR PRO 1296 MHz BEZ SPECIÁLNÍCH ELEKTRONEK

Speciální majákové triody nejsou vždy dosažitelné. V každém případě dáváme přednost jejich použití pro VKV zesilovače. Pro směšovače a oscilátory konvertoru budeme hledat méně nákladné řešení.

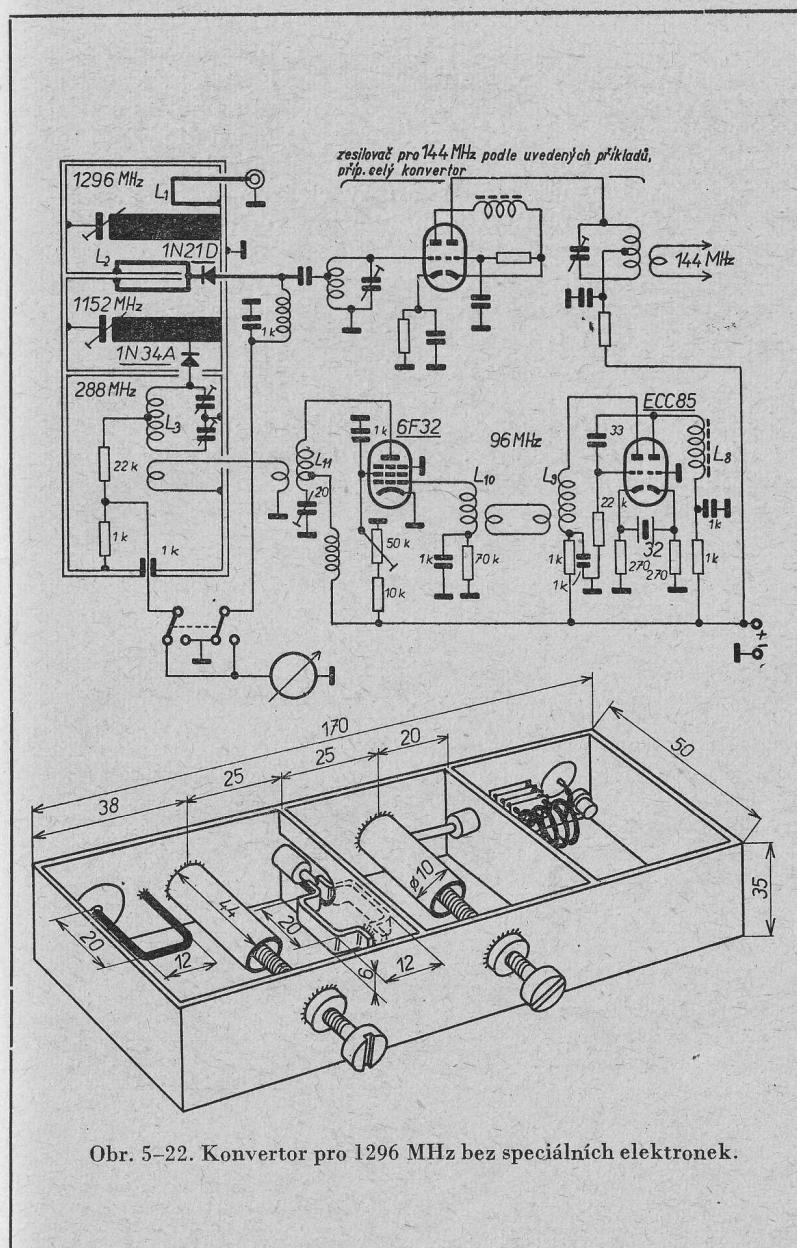
Na obrázku 5-22 je příklad konvertoru pro 1296 a 1298 MHz bez speciálních elektronek. Jádrem řešení je několik rezonátorů v mosazném, dobře spájeném a postříbřeném pouzdře o rozměrech $170 \times 50 \times 35$ mm se dvěma přepázkami, obr. 5-22. Prostudujme nejdříve schéma zapojení téhož obrázku. Vstup je induktivně vázán na rezonátor s vysokou kvalitou. Na druhou vazební smyčku je zapojena směšovací dioda. Druhá smyčka je paralelně spojena se stejnou třetí smyčkou induktivně vázanou s výstupním rezonátorem oscilátoru.

Oscilátor je řízený krystalem a po několika násobeních kmitočtu získáme kmitočet 288 MHz, a to zcela běžnými elektronkami. Tento kmitočet je přiveden k třetímu rezonátoru, ze kterého je vázán běžnou germaniovou diodou na druhý obvod 1152 MHz, který z usměrněného kmitočtu oscilátoru vybírá jeho čtyřnásobek 1152 MHz. Mezifrekvenční kmitočet je 144 až 146 MHz.

Mezifrekvenční kmitočet se volí úmyslně vysoko, abychom zabránili zrcadlovým signálům. Uvedená hodnota mimo to využívá možnosti připojení na dobrý konvertor pro dvoumetrové pásmo. Je-li po ruce přijímač nebo konvertor pro nižší kmitočet, lze sestoupit k nižším kmitočtům, ne však menším než 50 MHz!!

Konstrukce rezonátorů je zachycena na obrázku. 288 MHz je provedeno cívkou s kondenzátorem a 1152 a 1296 jsou dutinové rezonátory laděné jemnými šrouby.

Pro sladění rezonátorů je použito miliampérmetru přepínatelného střídavě do okruhů obou cívek. Přepnutím na polohu „směšo-



Obr. 5-22. Konvertor pro 1296 MHz bez speciálních elektronek.

vac“ vyladíme vstupní okruh slabým signálem vlastního vysílače a při vypnutém oscilátoru 288 MHz. Pak vypneme vysílač a s přepínačem na „oscilátor“ vyladíme obvod 288 MHz a přirozeně doladíme i obvody vlastního oscilátoru. Opětovným přepnutím na směšovač vyladíme obvod 1152 MHz. Proud směšovací diody při tomto posledním měření má být 0,5 mA. Této hodnoty dosáhneme dodatečnou regulací napětí stínicí mřížky elektronky 6F32. Dbejme však, aby proud diody tuto hodnotu nepřekročil (ani při seřizování obvodu 1296 MHz).

Rozsah ladění o dva MHz je skutečně úzký, zejména pro počáteční experimentování. Konvertor je však možno vybavit laditelným oscilátorem. V takovém případě bude nutné mít možnost dodávat při nejmenším obvod 1152 MHz, případně i některé jiné. Záleží to na volbě, v jakých rozmezích se budeme chtít s kmitočtem oscilátoru pohybovat. Konvertor stejně koncepce se může aplikovat i pro 2300 MHz i výše. Pouzdro s rezonátory bude úměrně menší, jinak zůstávají všechny zásady stejné.

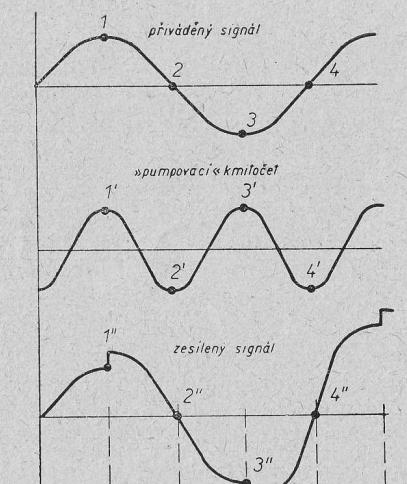
E

Parametrické zesilovače

V-20. CO JSOU PARAMETRICKÉ ZESILOVAČE

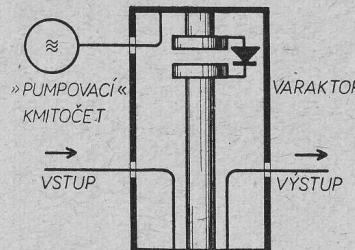
Technika polovodičů přináší při svém pronikání do nejrůznějších oborů mnohá překvapení a často napomáhá překonávat i zdánlivě nepřekonatelné. – Mezi polovodičovými diodami jsou takové, které mění kapacitu podle přiváděného napětí a jsou schopny zachovat si tuto funkci do velmi vysokých kmitočtů. Jmenujeme je *varaktory*. Již na první pomyslení je jasné, že využití takového elementu je mnohostranné.

Zapojíme-li varaktor místo kondenzátoru do oscilačního obvodu, můžeme změnou přiváděného stejnosměrného napětí dálkově obvod doladovat. Přivádime-li střídavě napětí, bude se podle průběhu měnit rezonanční kmitočet obvodu. Na varaktor můžeme přivádět i napětí o kmitočtu daleko vyšším než je rezonanční kmitočet obvodu, například dvojnásobném. Na obr. 5-23 je názorně nakresleno, co se v tom případě bude dít, bude-li do obvodu vazbou přiveden signál o rezonančním kmitočtu. V okamžiku, kdy dostoupí napětí signálu vrcholu (1) zmenší se kapacita vlivem maxima přiváděného proudu na varaktor (1'). Zmenšíme-li kapacitu při zachování náboje, musí se nutně zvýšit napětí (1''). Výsledný průběh je pro větší názornost uveden ve tvaru skoku. Probíhá-li křivka napětí signálu nulou (2), dostává dioda opačné



Obr. 5-23. Vysvětlení činnosti parametrického zesilovače.

napětí (2') a její kapacita se opět změní na původní hodnotu. Poňevadž je v tomto okamžiku napětí nulové, nemá změna kapacity žádný vliv (2''). V další fázi průběhu, při opačném okamžitém napětí signálu (3) se opět kapacita podle pomocného napětí zmenší (3') a napětí na kondenzátoru znovu stoupne (3''), tak se celý pochod opakuje. Poněvadž jde o oscilační okruh, nutně překmitne napětí signálu na druhou stranu se zvýšenou amplitudou, ke které přibude skokem malé opětné zvětšení. Rozkmit vyroste do určitého rovnovážného stavu.



Obr. 5-24. Základní zapojení parametrického zesilovače.

Pomocnými kmity, které působí podobně jako pumpa, se dodává do obvodu energie, zníž se vlastně hradí ztráty obvodu, které normálně kmity tlumí. Nadto se ještě část energie předává obvodu navíc, a ta způsobí větší rozkmit. Je to stejné, jako když pravidelný nepatrný úder do kyvadla zabírá jeho pozvolnému zastavování a případně zvětší jeho rozkmit.

Vhodnou úpravou pomocných kmitů je možno dosáhnout překvapivého zvýšení amplitudy až do hodnoty, kdy se okruh sám rozkmitá. Toto je tedy princip parametrických zesilovačů. Zjednodušené schéma je na obrázku 5-24.

Experimentálně bylo ověřeno, že pomocný pumpovací kmitočet nemusí být přesně v synchronismu se zesilovaným signálem, a nemusí mít ani přesně dvojnásobný ani zvlášť stabilní kmitočet. Naopak, pumpovací kmitočet pro optimální zesílení je odlišný od dvojnásobného kmitočtu signálu. Důvod vyplýne z dalšího.

Dioda - varaktor v obvodu parametrického zesilovače se chová také jako prostá dioda, tj. jako nelineární směšovací člen. Vzniknou zároveň tedy mimo kmitočet ještě dva kmitočty interferenční $f_1 = f_p - f_s$ a $f_2 = f_p + f_s$. Kdyby byl pumpovací kmitočet dvojnásobkem kmitočtu signálu, byl by ($f_1 = f_p - f_s = 2f_s - f_s = f_s$) jeden interferenční kmitočet rovný kmitočtu signálu. A to je také jedna z příčin, proč dobrý výsledek je mimo podmínu $f_p = 2f_s$.

Pro dobrou činnost parametrického zesilovače musí být přitomny obvody pro všechny čtyři kmitočty. Tím pozbývá platnosti zjednodušené schéma na obr. 5-24. Jak se to může uskutečnit, ukážeme si na dvou příkladech.

V-21. PARAMETRICKÝ ZESILOVAČ PRO 144 MHz

Mimo získání vhodné diody-varaktoru 0A125 (Telefunken) nebo MA460B (Microwave Associates) je všechno ostatní velmi snadné. Koaxiální obvod je tvořen čtyřhranným vnějším pláštěm ve tvaru dlouhého hranolu o rozměrech $300 \times 50 \times 50$ mm. Střední vodič tvoří dvě trubky o průměru 6 mm (obr. 5-25). Varaktor je umístěný mezi vnitřními konci obou trubek, na jedné straně přes průchodkový kondenzátor 500 pF. Naladění obvodu pro 144 MHz je provedeno kondenzátorem. Pumpovací kmitočet 475 MHz je přiváděn na krátký úsek vnitřního vodiče, laděný kondenzátorem C_1 . Interferenční kmitočty jsou vyladěny kondenzátory C_3 a C_4 . Vstup a výstup je proveden pomocí smyček diametrálně umístěných.

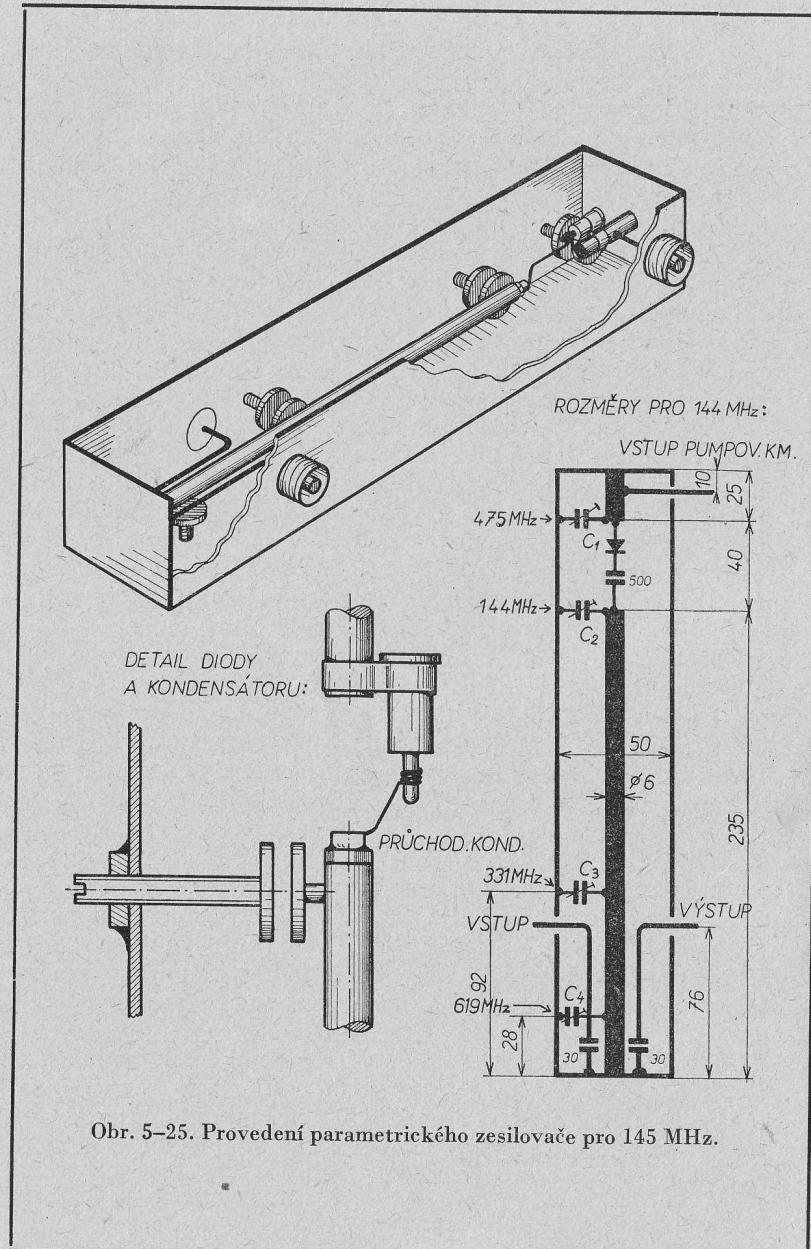
Pro výrobu pumpovacího kmitočtu je zapotřebí výkonu do jednoho wattu. Vystačíme s elektronkou 6J6 s tyčovým (linkovým) obvodem. Do série s mřížkovým odporem zařadíme potenciometr alespoň $0,1 \text{ M}\Omega$ pro nastavení výkonu při sladování zesilovače.

Oscilátor tohoto provedení je vhodný pro oba příklady zesilovačů, tj. jak pro pásmo 145 MHz, tak pro 435 MHz (s příslušnou obměnou obvodu). Pro první pásmo potřebujeme laditelnost od 425 do 550 MHz a pro druhé pásmo od 700 do 830 MHz.

Sladění parametrického zesilovače není příliš snadné, poněvadž vyžaduje souhru šesti veličin. Jsou to čtyři kondenzátory C_1 až C_4 , pumpovací kmitočet a intenzita přiváděných pumpovacích kmitů. Zesilovač připojíme k přijímací soupravě (konvertoru plus přijímač) a na vstup zapojíme šumový generátor. První operace se provádí s vypnutým pumpovacím kmitočtem. Je to nastavení obvodu na střed přijímaného pásmá změnou kondenzátoru C_2 .

Potom zapojíme oscilátor s nastaveným nejmenším výkonem a trpělivě měníme všechny ostatní kapacity, až se objeví zvětšování zisku. Vždy naladíme jeden element na maximum zisku a pak se vrátíme k doladění předcházejících elementů. Když už se zdá, že je veškeré naladění nejlepší, opatrne zvýšíme výkon pumpovacího kmitočtu (opatrně, pozor na diodu). Poté znova celý postup opakujeme.

Jsou-li všechny podmínky příznivé, dojdeme až k hodnotám, kdy bude zesilovač kmitat. Potom redukujeme výkon oscilátoru tak, aby zisk zesilovače byl 6 až 10 dB pod hodnotou, kdy začíná kmitat. To také bude odpovídat nejnižšímu šumovému číslu.



Obr. 5-25. Provedení parametrického zesilovače pro 145 MHz.

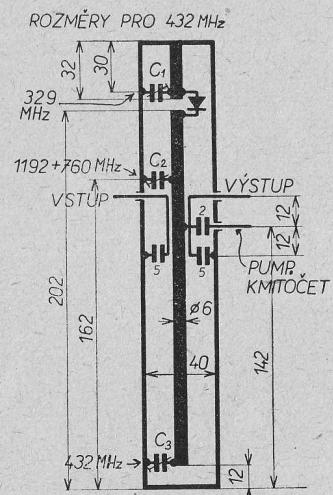
V - 22. PARAMETRICKÝ ZESILOVAČ PRO 432 MHz

Parametrický zesilovač pro pásmo 432 MHz je v podstatě podobný předchozímu provedení. Vnější plášť obvodu má rozměry $190 \times 40 \times 40$ mm a vnitřní vodič má průměr 6 mm. Vnitřní uspořádání je poněkud změněno. Poněvadž je přívod pumpovacího kmitočtu zaveden na delší úsek vnitřního vodiče, jsou vazební smyčky pro vstup a výstup přijímaného signálu umístěny symetricky podle osy vstupu 760 MHz. Tím je potlačeno pronikání kmitočtu 760 MHz do vstupu konvertoru a zpět do antény.

Umístění kondenzátoru C_2 je voleno tak, že je společný pro kmitočet pumpy a součtový interferenční kmitočet 1192 MHz. Rozměry a rozmístění součástí jsou na obrázku 5-26.

Zpětná vyzařování interferenčních kmitočtů i pumpovacího kmitočtu jsou nepříjemnou vlastností parametrických zesilovačů.

Intenzita interferenčních kmitů je přímo úměrná úrovni přicházejících signálů. Intenzita vyzařování pumpovacího kmitočtu je stálá. Pro potlačení tohoto nepravého vyzařování vkládá se mezi anténu a parametrický zesilovač ještě jednoduchý koaxiální obvod s vysokým Q , naladěný na přijímaný signál. Malá neonka zapojená napříč tohoto obvodu se rozsvítí při zapojení vlastního výkonového vysílače, sníží kvalitu tohoto obvodu a uchrání tak varaktor před zničením. Přesto se vyplatí dbát, aby anténní přepínač – přepínací relé v poloze vysílání dostatečně chránil vstup do parametrického zesilovače.



Obr. 5-26. Provedení parametrického zesilovače pro 435 MHz.