

ŘADA B
PRO KONSTRUKTÉRYČASOPIS
PRO RADIOTECHNIKU
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ
ROČNÍK XXV/1976 ČÍSLO 2

V TOMTO SEŠITĚ

Svazarm a XV. sjezd KSČ	41
Jednoduché přijímače VKV	
Několik slov o amplitudové modulaci a proč kmitočtová modulace	42
Vlastnosti šíření velmi krátkých vln	44
Antény pro VKV	48
Anténní slučovače	51
Anténní předzesilovač	52
Jednotka decibel a její použití	53
Přijímač VKV s jedním tranzistorem	54
Superhety	55
Činnost jednotlivých dílů přijímačů	56
Plošné spoje a plošné cívky	62
Praktické konstrukce jednotlivých částí tunerů VKV	64
Dvoupásmové jednotky VKV	64
Vazba vstupní jednotky na mřezilovač	70
Mřezilovače	71
Ukázka kompletní konstrukce přijímače	76
Subminiaturní přijímač VKV	77
Použitá literatura	78
Drobnosti z elektroniky	78

Na titulní straně přijímač VKV s velkým přeladěním, laděný varikapky.

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 57-1. Šéfredaktor ing. F. Smolik, zástupce Luboš Kalousek. Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harminec, L. Hlinský, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradský, ing. J. T. Hyan, ing. J. Jaroš, ing. F. Králík, ing. J. Navrátil, K. Novák, ing. O. Petráček, L. Tichý, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zima, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG. Redakce Jungmannova 24, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, šéfred. linka 354, redaktoři I. 353. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, celoroční předplatné 30 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství Magnet, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Dohlédací pošta Praha 07. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Tiskne Naše vojsko, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6-Liboc, Vlastina 710. Inzerce přijímá vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, linka 294. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46043-1.

Toto číslo vyšlo 19. března 1976.
© Vydavatelství MAGNET, Praha

Před časem jsem v týdeníku pro politiku, vědu a kulturu Tvorbu pročetl zajímavý záznam z besedy redakce s předními československými pracovníky, vědci a funkcionáři čs. institucí. Beseda se konala pod názvem Budoucnost hovoří naší řečí. Beseda i záznam z ní byly velmi zajímavé, podnětné a poučné, neboť se týkaly otázek, na něž by měl znát odpověď každý občan našeho státu, neboť se ho úzce dotýkají. Avšak to jen na okraj. Chtěl bych si pro tento úvodník pouze vypíchnout titulky článků v Tvorbě o besedě – Budoucnost hovoří naší řečí.

Letošním rokem jsme vstoupili do období dalšího pětiletého plánu rozvoje našeho národního hospodářství, tj. plánu na léta 1976 až 1980. Začátek pětiletky je poznamenán nejvýznamnější událostí letošního roku, XV. sjezdem strany, který rozpracuje program dalšího všestranného rozvoje socialismu v naší vlasti. Jak vysvítá z Dopisu ústředního výboru KSČ stranickým orgánům a organizacím, všem komunistům k přípravě XV. sjezdu strany, bude i nadále Komunistická strana Československa soustřeďovat pozornost na řešení všech základních problémů, jež jsou rozhodující pro rozvíjení a modernizaci materiálně technické základny socialismu, zvyšování efektivnosti celého národního hospodářství, prohlubování socialistického charakteru výrobních a společenských vztahů, pro upevňování naší socialistické státnosti a prohlubování socialistické demokracie, rozvoj vzdělanosti, vědy a kultury a formování socialistického člověka.

V šesté pětiletce (a nejen v šesté pětiletce, avšak i v dalších letech) jde o to, aby pokračovalo upevňování a rozvíjení pozitivních tendencí v národním hospodářství, založených XIV. sjezdem KSČ, zejména stability a celkového dynamického a vyváženého rozvoje, aby se rozšiřovaly efektivní strukturální změny v souladu s požadavky vědeckotechnického rozvoje a rozšiřující se účasti naší republiky v socialistické ekonomické integraci, v dosažení ještě vyššího stupně soběstačnosti ve výrobě, v udržení vysokého podílu růstu společenské produktivity práce na tvorbě zdrojů atd. V souladu s uvedenými plány je též plánován přírůstek průmyslové výroby (do roku 1980) zhruba o 33 až 34 %. V průmyslu se předpokládá přednostní rozvoj strojírenství, výroby strojírenství, hlavního článku naší ekonomiky, je třeba zvýšit o více než polovinu a rozšířením dodávek strojů a zařízení je třeba výrazněji ovlivňovat technický pokrok a vývoj efektivnosti v celém národním hospodářství.

Trvalým cílem je přitom výchova člověka s uvědomělým, iniciativním postojem k práci, který spojuje svoje zájmy se zájmy celé společnosti. Důležité místo v aktivním zapojování pracujících do procesu socialistické výstavby a do veřejného života mají organizace sdružené v Národní frontě. Tyto organizace by měly sehrát ještě významnější úlohu v rozvoji politickovýchovné práce, ve vytváření náročných a soudružských pracovních vztahů v pracovních kolektivech a v rozvíjení prvků socialistického způsobu života. Jejich všestranná činnost je důležitým článkem prohlubování socialistické demokracie.

Mezi uvedenou společenskou organizací patří především ROH, SSM a v neposlední řadě i Svazarm; pokud jde o Svazarm, připadají mu jako branné organizaci kromě uvedených úkolů i některé další úkoly, spojené s brannou politikou státu. Jde především o předvo-

jenskou výchovu budoucích branců a organizování a podporu tzv. branných sportů, z nichž nás zajímají především radioamatérské branné sporty. Přitom, jak vysvítá z nedávno uveřejněných stranických usnesení, platformou politické práce s mládeží je její účast na vědeckotechnické revoluci, její zapojení do složitých procesů přeměn ve vědě a technice a samozřejmě v neposlední řadě i ve společnosti. Výsledky současných prognóz ukazují, že před všemi občany a v první řadě před mládeží lze vytyčit velice konkrétní ideály. Pokud jde o mladé lidi, jedním z těchto ideálů je perspektiva sebevzdělávání. Pokračující vědeckotechnický rozvoj klade zmíněný ideál nejen před mládež, ale i před každého z nás v podobě kategorického požadavku, neboť společenská aktivita lidí je přímo úměrná jejich poznání, jejich vědomostem a znalostem. Každý by měl vědět, co vlastně svou každodenní práci vytváří, čím je jeho práce platná společností, aby se uměl rozhodnout čím a jak ji zlepšit, aby byla ještě prospěšnější.

Zde vstupuje „do hry“ také tisk, jako součást masově dostupných sdělovacích prostředků. Tisk je důležitým prostředkem, pomáhajícím řešit nové úkoly a jeho funkce úzce souvisí s Leninovou myšlenkou, že úměrně s tím, jak revoluční procesy pronikají do hloubky, je zapotřebí, aby se jich zúčastnily stále širší vrstvy pracujících. Je proto na tisku, aby plnil několik úloh současně – úlohy propagandistické, vzdělávací, informační atd. – podle svého zaměření. Proto se domníváme, že je naší povinností přinášet co nejvíce nových informací, zkušeností, objasňovat jak základní, tak i např. špičkové problémy související s elektronikou a elektrotechnikou, ba dokonce s celou oblastí techniky, která kráčí v současné době vpřed milovými kroky a v níž zastavit se na chvíli znamená beznadějně ustrnout. I když by se na první pohled mohlo zdát, že např. téma tohoto čísla AR – B nesplňuje některé z požadavků, které jsou na časopis tohoto druhu kladené, je třeba si uvědomit, že technika VKV je progresivní technika, s níž jsou zatím v širokém okruhu techniků relativně malé zkušenosti. Přitom např. jak v civilním, tak i vojenském sektoru je to technika, které patří budoucnost. Proto je zvolen v tomto čísle AR – B výklad, uvádějící některé všeobecně známé skutečnosti do souvislosti se skutečnostmi méně známými. Přitom autor i redakce doufá, že uvedených faktů dokáží využít jak profesionálové, tak i amatéři, jak začátečníci, tak i pokročilí, a že poslouží i jako přípravná látka pro budoucí vojáky-spojaře, kteří se jistě při vojenské službě s technikou VKV setkají.

Domníváme se též, že usnadníme čtenářům vniknout do základů oboru, který by mohl pomoci plnit úkoly organizací SSM a Svazarmu na závodech, které by se v nastávajícím období měly ještě více zaměřit na všestranné využívání rezerv, na úsporu elektrické energie, materiálu a paliv. Vždyť nahrazovat staré, přežité konstrukce a zařízení novými s polovodičovými prvky, navíc konstruovanými moderně, s moderními prvky a neběžnými způsoby přináší uspokojení jak tvůrcům těchto zařízení, tak i uživatelům

a velmi dobře vyhovuje i potřebám společnosti. Příklady v tomto směru je velmi mnoho a denně se množí – chce to pouze chtít a mít předpoklady k realizaci, tj. vědomosti a zkušenosti, případně vzor.

S uvedenými úkoly souvisí však jedna „bolest“. Často se stává, že chodí nebo píše především mladí zájemci o konstrukci i jinou radioamatérskou činnost do redakce o radu, kdo by jim mohl poradit, popř. kde by si mohli své konstrukce změřit, popř. porovnat s konstrukcemi jiných zájemců. V takovém případě je obvykle odkážeme na radioklub v místě jejich bydliště. A tady je právě ta nesnáze – radiokluby jim obvykle z nejrůznějších příčin odmítají pomoc, i když by vhodně uváženými opatřeními mohly z těchto zájem-

ců vychovat své nové členy – nástupce těch, kteří po založení rodiny, z pracovních nebo jiných důvodů nemají dnes čas nebo možnost věnovat se zájmové činnosti v té míře, v jaké se jí věnovali v minulosti. Právě v tomto faktu vidíme jeden z největších nedostatků v současné činnosti radioklubů Svazarmu, v nichž často zahálí materiál (i přístroje) pouze z pohodlnosti a nechuti ke změně dosud zaběhnutých zvyklostí. Jsou ovšem výjimky, obvykle ve větších městech, ty jsou však velmi řídké. Avšak, abych se vrátil k úvodu článku, budoucnost hovoří naší řečí, náš průmysl potřebuje kvalifikované a zapálené pracovníky, naše armáda potřebuje připravené brance, naše branné sporty potřebují nové reprezentanty a nové závodníky. Škola

na všechny tyto úkoly nestačí. Kromě toho je radioamatérská činnost jednou z nejlepších činností pro chvíle oddechu po práci – není již konečně čas brát zcela vážně všechny rozbořry, týkající se převratných změn, které přináší vědeckotechnická revoluce a vědeckotechnický rozvoj a učinit všechna možná opatření k tomu, aby nám v mimoškolní a v „mimooborové“ výchově neujel vlak? Podzimní sjezd naší branné organizace přinese i v tomto směru základní rozhodnutí, vždyť – ať chceme, či nechceme – budoucnost hovoří naší řečí, a je jí dobře rozumět.

Navíc, každý závazek v tomto směru k XV. sjezdu strany by dokázal, že organizace Svazarmu pochopily, jak realizovat stranická usnesení v praxi.

Jednoduché přijímače VKV

Ing. Jan Klabál

Úvod

Popis stavby přijímačů špičkové kvality se v radiotechnické literatuře vyskytuje poměrně velmi často. Stavba i nastavení těchto přijímačů však obvykle vyžadují jak profesionální vybavení měřicími přístroji, tak i profesionální znalosti z oboru techniky VKV. Mnozí méně zdatní zájemci o stavbu přijímače pro příjem kmitočtově modulovaného signálu v pásmu velmi krátkých vln by však byli ochotni se smířit i s běžnými („nešpičkovými“) výslednými parametry přijímače, pokud by ovšem snížení nároků na parametry bylo vyváženo jednoduchou stavbou i nastavením přijímače.

Protože v loňském roce bylo v RK i v AR uveřejněno několik popisů velmi jakostních přijímačů, je toto pojednání i ve své teoretické části zaměřeno pouze na praktickou stránku příjmu signálů kmitočtově modulovaných vysílačů a popisuje zapojení obvodů přijímačů FM, řešených méně známými způsoby. Popisované přijímače jsou konstruovány co nejjednodušším způsobem, ze součástek běžně dostupných, tedy z tuzemské sériové výroby. Jsou uvedena zapojení jednotlivých obvodových celků od antén až po nf výstup z demodulátoru. Tyto obvodové celky jsou popisovány samostatně, ucelený popis kompletního přijímače čtenář nenajde. Obvodové celky jsou však řešeny tak, aby je bylo možno libovolnou kombinací sestavit v celek – tuner s nf monofonním výstupem.

Všechny popisované konstrukce byly odzkoušeny v „poloprovozním“ stavu, tzn. že byly postaveny na deskách (nebo desce) s plošnými spoji se základní potřebnou mechanikou – tak jsou také popisovány; není však popisována konstrukce skříňky – tu ponechává autor fantazii, zkušenosti a možnostem čtenářů.

Několik slov o amplitudové modulaci a proč kmitočtová modulace

V pásmu středních a krátkých vln vysílají vysílače amplitudově modulovaný signál nosného kmitočtu. Šířka pásma potřebná pro

přenos signálu nosného kmitočtu společně s oběma postranními pásmy je 9 kHz. To znamená, že lze přenést modulační kmitočet pouze do 4500 Hz. Průběh nf charakteristiky modulačního signálu vysílače AM má tvar Gaussovy křivky (zhruba tvar zvonu) se šířkou pásma na vrcholu křivky asi 2,5 až 3 kHz, směrem k patě křivky se šířka pásma zvětšuje. V místech s dostatečnou intenzitou pole signálu vysílače lze pak přijímat i signály o kmitočtech vyšších, než je povolená šířka pásma ($\pm 4,5$ kHz). U středovlnných vysílačů AM celostátního významu, které vysílají s velkými výkony, se přenášena šířka pásma takto často rozšiřuje až o několik kHz. Tím se stane, že v blízkém okolí vysílače, v němž intenzita pole je značně větší než intenzita rušení, je kmitočtový rozsah přijímaného signálu velmi dobrý. Tak tomu bylo např. u starého vysílače Praha I (638 kHz, Liblice), při jehož příjmu bylo možno i v Praze slyšet kmitočty až 10 kHz. Avšak ve větších vzdálenostech od vysílače, tj. tam, kde se intenzita signálu výrazně zmenšila, byly již signály kmitočtů nad 3 kHz velmi slabé. Uvážíme-li dále výskyt různých elektrických poruch a praskotů, pak je zřejmé, že příjem ve větších vzdálenostech byl značně nekvalitní. Proto se v současné době uvádějí do provozu nové typy vysílačů AM (Praha I – 638 kHz, Mělník), které mají kmitočtovou charakteristiku téměř pravouhlou s rovným vrcholem šířky 4,5 kHz. To má tu výhodu, že šířka pásma vysílaného signálu s oběma postranními pásmy je 9 kHz nejen v blízkosti vysílače, ale také ve větší vzdálenosti od něj, příjem přenášeného kmitočtového spektra nf signálů je pak stejný jak v blízkosti vysílače, tak i ve značné vzdálenosti od něj.

Horší je to s dynamikou reprodukce u amplitudově modulovaného signálu. Dynamikou reprodukce se v tomto případě rozumí rozsah intenzity reprodukováného zvuku pro určitou nastavenou hlasitost poslechu. Dynamika rozhlasové reprodukce dosahuje u amplitudově modulovaného signálu při jakostním příjmu pouze 26 dB, zatímco dynamika orchestru v koncertním sálu je až 70 dB i více (podle obsazení nebo druhu orchestru).

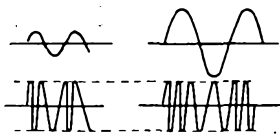
Ve větších vzdálenostech od vysílače, kdy do přijímaného signálu pronikají jak elektrické, tak i atmosférické poruchy, se kvalita reprodukce rychle zhoršuje. Přenášené pásmo musí být na přijímací straně co nejvíce zúženo a musí se „ořezat“ vyšší kmitočty, aby

se omezilo rušení v reprodukci, které je právě na vyšších slyšitelných kmitočtech intenzivnější a pronikavější. Tím se ovšem zmenšuje jakost reprodukce. Použije-li se k přenosu signálu amplitudová modulace, nelze sebestlepší konstrukci přijímače dosáhnout toho, aby do určité úrovně elektromagnetického pole vysílače (desítky μ V) v místě příjmu nebyla reprodukce bez rušivých signálů. Rušení nelze omezit bez omezení jakosti reprodukce přijímaného pořadu. Jedinou, avšak z hlediska posluchače nerealizovatelnou cestou, je zvětšit výkon vysílače.

Proto se již před mnoha lety hledaly jiné formy přenosu rozhlasových pořadů, které by lépe odolávaly vnějším rušením. Po méně slavné éře rozhlasu po drátě se i u nás začal používat ve světě již „zaběhnutý“ způsob modulace signálu nosného kmitočtu, při němž lze přenášet nejen větší šířku pásma, ale reprodukce je sytější, bohatší – má lepší dynamiku – kmitočtová modulace. Tento druh modulace je značně technicky náročný, má však velkou technickou výhodu v tom, že jakost reprodukce lze ovlivnit vhodně řešenými obvody přijímače a dosáhnout jakostní reprodukce i tehdy, je-li přijímač v místě s velmi malou intenzitou pole, mnohonásobně menší, než jaké by bylo třeba k jakostnímu příjmu signálu středovlnného vysílače. Dynamika reprodukce, tedy poměr mezi nejslabším a nejsilnějším reprodukováným signálem, je u kmitočtové modulace až 45 dB.

Nf signál určený k modulaci signálu nosného kmitočtu má jednak určitou okamžitou velikost amplitudy (hlasitost) a jednak určitý kmitočet. U amplitudově modulovaného signálu se mění amplituda nf signálu původně konstantní amplituda nosné vlny, v této souvislosti hovoříme o hloubce modulace; při hloubce modulace 100 % se mění amplituda nosné vlny od nuly do maxima. Nízkofrekvenční signál svou amplitudou a svým kmitočtem tvoří tedy obalovou křivku mnohonásobně vyššího nosného kmitočtu.

U kmitočtové modulace se při sinusovém průběhu nízkofrekvenčního modulačního napětí mění kmitočet nosné vlny souměrně kolem základního kmitočtu a to o velikost rovnající se velikosti napětí modulačního kmitočtu, přičemž amplituda nosné vlny zůstává konstantní. Čím je toto modulační napětí větší, tím větší je odchylka (změna kmitočtu nosné vlny) na obě strany od původního kmitočtu. Tato změna (rozkmít)



Obr. 1. Vliv změny amplitudy modulačního napětí na změnu kmitočtového zdvihu signálu nosného kmitočtu

se nazývá kmitočtový zdvih (Δf). Je-li např. kmitočet vlny 10,7 MHz a je-li modulační napětí tak velké, že způsobí zdvih ± 50 kHz, pak se nosný kmitočet mění v rytmu modulačního kmitočtu od 10 650 do 10 750 kHz. Kmitočtový zdvih je tedy závislý pouze na modulačním napětí, nikoli na modulačním kmitočtu (obr. 1).

Poměr kmitočtového zdvihu k modulačnímu kmitočtu se nazývá index kmitočtové modulační. Z něj se usuzuje na šířku a amplitudu přenášených signálů postranních pásem, jimiž je dána potřebná šířka pásma, kterou musí v obvodu přijímače spolehlivě přenést, aby byl přenos signálu nezkrácený. Při monofonním příjmu je modulační kmitočet vzhledem ke zdvihu zanedbatelný, u stereofonních signálů však výrazně zvětšuje potřebnou šířku přenášeného pásma. Ta do určité míry určuje rozsah a dynamiku přenosu; strmost útlumové charakteristiky určuje útlum signálů, ležících po obou stranách přenášeného pásma (a tím i míru možných rušivých vlivů na užitečný signál) a omezení vzniku parazitní modulační.

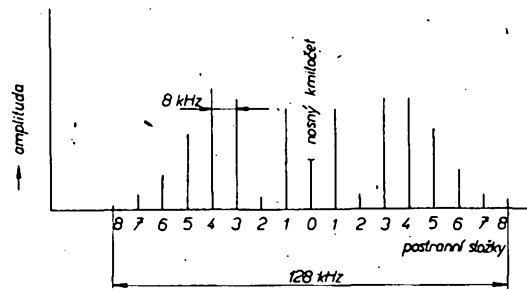
Abyste byla zajištěna dostatečně věrná reprodukce vysílaných signálů, musí být teoreticky minimální šířka přenášeného pásma dvojnásobkem součtu maximálního zdvihu a nejvyššího modulačního kmitočtu (čs. norma). O praktické šířce pásma se dosud diskutuje, přičemž lze nalézt údaje lišící se až o dvojnásobek. K určení šířky přenášeného pásma se používá vztah $B = 2f_m N$, kde f_m je nejvyšší modulační kmitočet (pro mono 15 kHz, pro stereo 53 kHz), N je nejvyšší požadované postranní pásmo pro f_m (číselné hodnoty nejvyššího uvažovaného řádu Besselovy funkce), potřebné ke kvalitní reprodukci (je dáno použitým zdvihem). Dovoleno maximální zdvih je u nás 50 kHz, norma CCIR předepisuje 75 kHz.

Proveďme následující úvahu: amplitudově modulovaný signál je průměrně promodulován na 30 %; tomuto stupni promodulování odpovídá při kmitočtové modulační zdvih $\Delta f = 15$ kHz (popř. 22,5 kHz). Pak indexu modulační $\Delta f/f_m$ odpovídá třetí, případně čtvrtý řád Besselovy funkce (viz tab. 1), čili k reprodukci odpovídající dobrému příjmu signálu AM by mělo stačit přenést třetí, případně čtvrté postranní pásmo. Přenášená šířka pásma pro monofonní signál je pak $B = 2 \cdot 15 \cdot 3 = 90$ kHz při průměrném zdvihu 15 kHz a 120 kHz při zdvihu 22,5 kHz. Je tedy vidět, že k dosažení jakosti reprodukce, odpovídající dobrému příjmu AM (což odpovídá slabému signálu při kmitočtové modulační), stačí při kmitočtové modulovaném signálu přenést šířku pásma 90 až 120 kHz.

Při snaze o velmi jakostní reprodukci stereofonního signálu s plným promodulováním (až na 90 %) a při požadavku na plnou dynamiku je nutno šířku přenášeného pásma zvětšit až na 300 kHz a více. Tento požadavek lze však respektovat pouze v případě značné intenzity pole signálu vysílající v místě příjmu.

Tab. 1. Číselná velikost Besselových funkcí pro celá čísla indexu kmitočtové modulační

$\Delta f/f_m$	1	2	3	4	5	6	7	8
N	3,5	5,2	6,5	8	9,2	10,5	12	13



Obr. 2. Průběh amplitudy čárového spektra kolem nosného kmitočtu pro modulační kmitočet 8 kHz ($\Delta f = 40$ kHz) a výkon, přenesený složkami obou postranních pásem

Ord. postr. pásma	% celkového výkonu
1	21,0
2	1,5
3	26,0
4	27,0
5	13,5
6	3,4
7	2,1

výkon nosné = 3 %
zbytek 2,5 % výkonu připadá na další, ořezané postranní pásma

Při dálkovém příjmu, kdy je v místě příjmu síla pole malá, zvětší se při této šířce pásma šum a příjem bude nekvalitní. Při extrémně úzkém pásmu se selektivita a zisk zesilovače obecně zvětšují, avšak na úkor kvality reprodukce, u níž se do šířky pásma rovnající se součtu maximálního zdvihu a nejvyššího modulačního kmitočtu omezi (vlivem částečné ztráty výkonu, který přísluší ořezaným postranním pásmům) pouze dynamika reprodukce (obr. 2). Reprodukce bude méně výrazná a při nepřetržitém rozložení (např. vlivem nestability oscilátoru) bude ní signál zkreslený. Dále budou méně potlačeny rušivé amplitudově modulované signály a při stereofonním příjmu se zhorší přeslech mezi pravým a levým kanálem natolik, že stereofonní jev může zaniknout. Při dálkovém monofonním příjmu slabého signálu lze tedy omezit šířku pásma až na 120 kHz, je-li oscilátor přijímače stabilní a máme-li menší požadavky na dynamický rozsah reprodukce.

Pro běžné přijímače střední a lepší kvality určené pro monofonní i stereofonní příjem se používá šířka pásma 200 až 250 kHz, která zajišťuje nejen dobrý přenos všech ní kmitočetů, ale také dobrou dynamiku reprodukce.

Velkou předností kmitočtové modulační při příjmu i vzdálenějších stanic je poměrně dobré potlačení poruch, různých praskotů, šumu a podobných náhodně se vyskytujících a opakujících se elektrických signálů různých kmitočetů a amplitud.

Do vysokofrekvenčních obvodů přijímače přicházejí poruchy anténou, síťovým rozvodem při síťovém napájení, příp. přímou indukci. Rušení se projevuje tehdy, má-li rušící signál náhodně kmitočet rovný kmitočtu přijímaného kmitočtového pásma. Rušící signál se superponuje („namodulová“) na přijímaný signál. Výsledný průběh napětí nosného kmitočtu je pak roven součtu napětí obou kmitočetů, rušící signál má za následek změnu původní amplitudy přijímaného signálu.

U AM závisí intenzita rušení při reprodukci na poměru užitečného a rušícího signálu. Má-li být tedy úroveň rušení co nejmenší, musí být, jak jsme si řekli, výkon vysílající co největší, zvětšováním zisku přijímače se současně zesílí i rušící signál. U FM je tomu do jisté míry opačně. Protože maximální amplituda signálu nosného kmitočtu (pokud je dostatečná) nemá vliv na kvalitu signálu, lze ho značně zesílit i s amplitudově superponovaným rušením. Takto zesílený signál se pak v omezovacích stupních zesilovače (viz dále) elektricky „ořízne“ na úroveň, potřebnou pro správnou činnost demodulátoru. Tím se také odřízne namodulované rušící signály (viz obr. 3). Protože nás z hlediska ní signálu zajímají pouze okamžité vzdálenosti mezi jednotlivými kmitky signálu nosného kmitočtu, nikoli však jejich amplituda, nemá ořezání žádný vliv na kvalitu ní signálu.

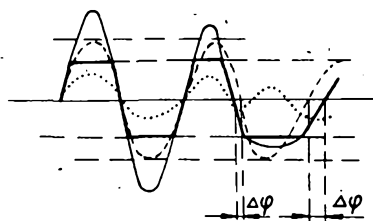
Správným návrhem vstupních a zesilovacích obvodů přijímače lze dosáhnout dobré reprodukce i při méně jakostním signálu, pokud se jeho amplituda nezmění na úroveň

hladiny šumu. Poruchy, které se však mohou při příjmu i dosti silného signálu objevit (např. je-li anténa umístěna v blízkosti projíždějících automobilů, velmi často nedostatečně odrušených), jsou způsobeny tím, že při parazitní amplitudově modulaci rušícími signály vzniká současně fázová modulační, která má za následek změnu kmitočtu nosné vlny; ta se po demodulaci projeví i akusticky (obr. 3). Intenzita těchto poruch závisí na amplitudě a kmitočtu rušícího signálu, neboť ty určují jeho kmitočtový zdvih. Rušící signál bude mít tím menší zdvih (a tím menší „akustický projev“), čím je jeho kmitočtový rozsah blíže kmitočtu nosné vlny přijímaného signálu. Má-li užitečný signál velký kmitočtový zdvih, je pravděpodobnost rušení malá. Při zdvihu menším než 20 kHz je „akustický projev“ rušení srovnatelný s AM.

Abyste dosáhlo lepšího potlačení rušivých vlivů při signálech vyšších kmitočetů při monofonním příjmu, jsou na vysílací straně zdůrazněny vyšší kmitočty (tzv. preemfáze), a to o 6 dB na oktávu zhruba od 2 kHz. Na straně přijímací se pak při monofonním provozu zařazuje člen RC (deemfáze), působící opačně, tj. upravující rozdílné zesílení signálů různých kmitočetů.

Vzájemné rušení dvou kmitočtově modulovaných stanic je při FM podstatně menší než při AM. Prakticky stačí, aby silnější signál měl v místě příjmu dvojnásobek až trojnásobek intenzity pole, než jakou má slabší signál a slabší signál bude potlačen. U AM musí být signál jedné stanice alespoň desetkrát silnější než druhé, vysílající na stejném kmitočtu, aby byla slabší stanice dostatečně potlačena.

Protože kmitočtově modulovaný signál má poměrně značnou šířku pásma, lze kmitočtově modulované signály vysílat pouze v pásmu velmi krátkých vln. V pásmech KV, SV nebo DV nelze kmitočtově modulované signály vysílat proto, protože by jednotlivé vysíláče



Obr. 3. Vliv rušivého signálu na amplitudu a fázi nosného kmitočtu, která má za následek změnu kmitočtu. Čárkované signál nosného kmitočtu, tečkované rušící signál, plnou tenkou čarou výsledný signál, plnou tlustou čarou signál, omezený („ořezaný“) omezovačem amplitudy, $\Delta\phi$ fázový posuv signálu, který se projeví v reprodukci (po demodulaci)

zabíraly značnou část (nebo téměř celé) povoleného rozhlasového pásma. Protože však již i na VKV je v některých zemích doslova „tlačénice“ vysílačů, volí se na vysílací straně menší modulační napětí a tím i menší kmitočtový zdvih – úplný signál pak zaujímá poněkud užší kmitočtové pásmo. Většina západních vysílačů např. již dnes z důvodů rušení mezi sousedními kanály pracuje s menším zdvihem než je předepsaný i za cenu většího nebezpečí náhodného rušení na přijímací straně. Odstup mezi jednotlivými kanály je normou CCIR předepsán na 100 kHz, u nás je pouze 60 kHz.

Starší používané československé vysílače pro monofonní vysílání FM dosahují při plném promodulování zdvihu 45 kHz, přitom zkreslení signálu není větší než 2, výjimečně 3 %. Tyto elektronkové vysílače jsou však v současné době nahrazovány tranzistorovými vysílači polské licenční výroby pro stereofonní vysílání s max. zdvihem do 50 kHz. Nové vysílače zaručují po desítky hodin (bez zásahu obsluhy) stabilní výkon se zkreslením signálu 0,3 % (i menším). Největší povolené zkreslení signálu je 1 %, při provozu (většinou obsluhovaných) vysílačů je však téměř vždy podstatně menší.

Vlastnosti šíření velmi krátkých vln

Rozhlasová pásma velmi krátkých vln jsou na celém světě dvě: norma ustanovená CCIR doporučuje pásmo od 87,5 MHz do 104 MHz s dodatečným rozšířením (především v USA) až do 108 MHz a v Polsku do 86 MHz; u nás zabírá pásmo VKV část mezinárodně platného prvního televizního pásma a používá kmitočty od 65,5 MHz do 73 MHz. Vyšší kmitočty používají občanské služby (záchranná služba, taxislužba atd.). „Západní“ pásmo je tedy třikrát širší, než pásmo používané u nás.

Kmitočtově modulovaný rozhlas VKV, tj. v pásmu velmi krátkých vln má však určitou nevýhodu, neboť v tomto pásmu se vlny šíří „přímochaře“. Stálý kvalitní příjem je z valné části možný pouze do oblasti tzv. rádiového horizontu, což je však vzdálenost proměnlivá a závislá na několika stálých i proměnných činitelích (viz dále). Protože je příjem VKV středně závislý na poloze příjmového místa – především na umístění antény – je důležité znát způsob a cesty, jimiž se signál vysílače dostává na přijímací anténu. Pro objasnění si dále uvedeme vlastnosti šíření elektromagnetických vln v metrovém pásmu (VKV) a praktické poznatky z jejich šíření.

Základní povaha šíření, tj. přímochař šíření elektromagnetických vln nad 50 MHz, je obecně známa. Od ostatních vln, používaných pro jiná rozhlasová pásma (KV, SV, DV), se liší VKV hlavně tím, že se při šíření neodrážejí pravidelně od horních ionizovaných vrstev atmosféry, takže ke spolehlivému přenosu zbývá pouze vlna povrchová, která ovšem podléhá mnoha vlivům. Prvním z vlivů, na nichž závisí šíření VKV, jsou meteorologické podmínky dolních vrstev atmosféry. Ty mají takovou povahu, že i v přímém směru šíření způsobují určitý a to dosti značný útlum přenosu elektromagnetické energie. Dále se u povrchové vlny uplatňuje vliv odrazů od zemského povrchu a od nejrůznějších překážek. Délka vlny odpovídající kmitočtu nosného signálu je malá a signál se tedy může odrazit i od překážek s rozměry několika metrů. Odražené signály mohou dopadat na anténu v místě příjmu v rozličných velikostech a fázích a tak případně zmenšovat intenzitu elektrického pole v místě

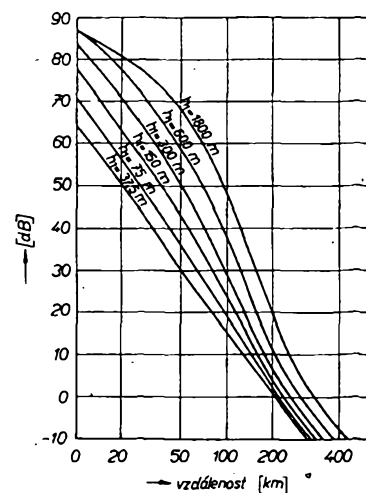
příjmu. Překážky a zakřivení zemského povrchu však způsobují určitý ohyb (difrakci) elektromagnetických vln a tím působí kladně na velikost pole v místě příjmu. Na výslednou intenzitu pole má také podstatný vliv (při větších vzdálenostech) atmosférická refrakce VKV v dolních vrstvách atmosféry, způsobená meteorologickým stavem těchto vrstev, tj. rozdíly teplot, tlaku a vlhkosti. Atmosférická refrakce může být při šíření vln někdy prospěšná, jindy na závadu. Kombinací těchto vlivů na šíření VKV je určována výsledná intenzita pole v místě příjmu signálu.

Šíření VKV za obzor

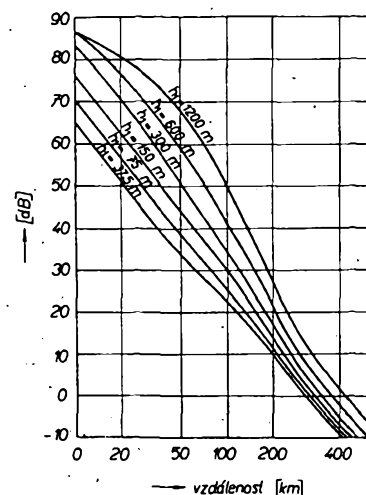
Při sledování vlastností šíření velmi krátkých vln rozlišujeme dvě hlavní příjmové oblasti. První je oblast přímé viditelnosti, tj. oblast, v níž lze vysílací i přijímací místo spojit v prostoru přímkou (jde tedy o oblast nad horizontem). V této oblasti ovlivňují přijímaný signál převážně vlastnosti přímého šíření elektromagnetické energie a odrazy od země a překážek. Druhou oblastí je oblast pod horizontem, v níž se uplatňují hlavně vlivy ohybu a refrakce vln. Horizontem se zde rozumí tzv. rádiový horizont, který je transformován do běžných přímkových optických vztahů při upravené velikosti zemského poloměru. Nutnost změnit pro teoretický výklad délku zemského poloměru je způsobena rozdílným indexem lomu vlivem nehomogenity atmosféry. Poloha rádiového horizontu je tedy závislá na okamžité meteorologické situaci mezi vysílačem a přijímačem.

Rádiový horizont se obvykle považuje za hranici maximálního spolehlivého příjmu signálů na VKV. Tím ovšem není řečeno, že ve větších vzdálenostech od vysílače není příjem možný. Vlivem atmosférické refrakce se energie elektromagnetických vln šíří i pod rádiový horizont. Je-li výkon vysílače značný, může být i v oblastech pod horizontem přijatelný signál, zaručující dobrý příjem na kvalitní přijímači. Je ovšem samozřejmé, že útlum se zde zvětšuje mnohem rychleji se vzdáleností od vysílače, než v oblasti nad rádiovým horizontem. Vzhledem k působení několika činitelů na šíření vln je určení střední výsledné intenzity pole v místě příjmu za horizontem obtížnější a je nutno použít jiné metody a způsoby jejího určení, než jaké se používají při zjišťování výsledného signálu v oblasti přímé viditelnosti. Metodou zjišťování výsledného signálu v oblasti za rádiovým horizontem se zde zabývat nebudeme, výsledné údaje z výzkumů měření jsou na obr. 4, 5 a 6, na nichž jsou křivky určující průměrnou intenzitu pole v dané vzdálenosti od vysílače. Podkladem k sestavení grafů byla dlouhodobá měření. Křivky v grafech udávají intenzitu pole v dB, vztaženou k intenzitě pole $1 \mu\text{V/m}$ v 50 % příjmových míst v určitém časovém období. Křivky jsou udány pro typizované výšky vysílací antény a pro „rádiovou“ výšku přijímací antény 10 metrů (viz dále).

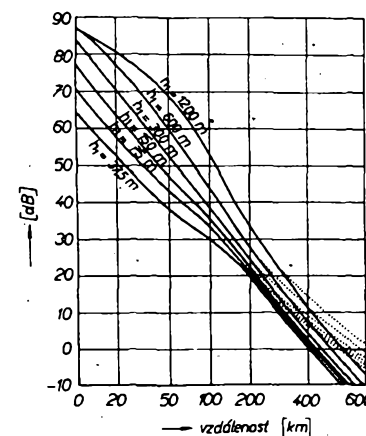
Graf na obr. 4 udává intenzitu pole po dobu překračující 50 % sledovaného období, po méně než polovinu tohoto období byla



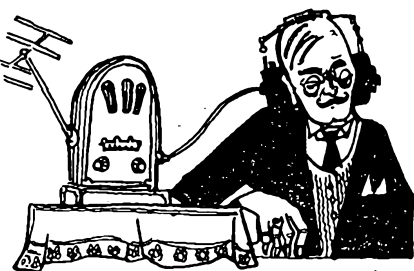
Obr. 4. Intenzita pole v dB, vztažená k $1 \mu\text{V/m}$, v 50 % přijímaných míst s 50 % dobou výskytu. Výška přijímací antény (h_2) = 10 m, udaná výška vysílací antény je označena symbolem h_1 .



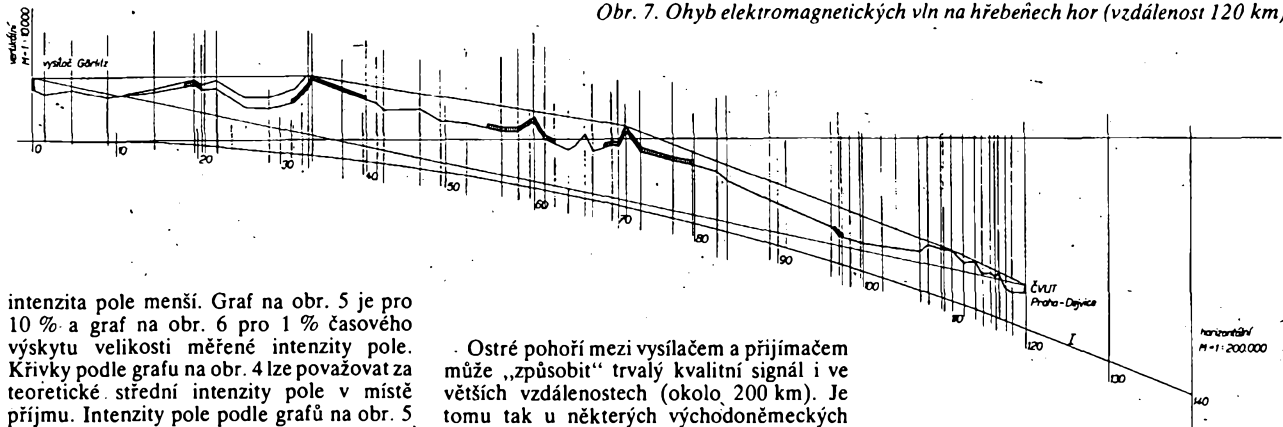
Obr. 5. Intenzita pole v dB, vztažená k $1 \mu\text{V/m}$, v 50 % přijímaných míst s 10 % dobou výskytu. Symbol h_1 udává výšku vysílací antény.



Obr. 6. Intenzita pole v dB, vztažená k $1 \mu\text{V/m}$, v 50 % přijímaných míst s 1 % dobou výskytu; h_1 je výška vysílací antény. Tečkovaný průběh platí pro naši zeměpisnou šířku.



Obr. 7. Ohyb elektromagnetických vln na hřebenech hor (vzdálenost 120 km)



intenzita pole menší. Graf na obr. 5 je pro 10 % a graf na obr. 6 pro 1 % časového výskytu velikosti měřené intenzity pole. Křivky podle grafu na obr. 4 lze považovat za teoretické střední intenzity pole v místě příjmu. Intenzity pole podle grafů na obr. 5 a 6 jsou podstatně větší, doba jejich výskytu je však mnohem kratší, jde tedy o údaje pro praktický poslech rozhlasových pořadů neupotřebitelné. Všechny tři grafy předpokládají kruhovou vyzářovací charakteristiku antény vysílače a efektivní vyzářovaný výkon anténou 1 kW.

Výsledná intenzita pole je v těchto grafech udána poměrem vyjádřeným v dB. Pro vyzářovaný výkon 1 kW odpovídá intenzitě pole 1 $\mu\text{V/m}$ v místě příjmu hodnota 0 dB; 20 dB odpovídá intenzitě pole 10 $\mu\text{V/m}$. Má-li vysílač jiný výkon, pak výkonový poměr v dB odečteme, případně přičteme k uvedenému údaji. Tak např.: z grafu jsme přečetli intenzitu pole 16 dB, má-li však vysílač výkon 100 kW, je rozdíl ve výkonech (vzhledem k 1 kW) 20 dB; výsledná intenzita pole by měla být 26 dB, čemuž odpovídá intenzita pole 20 $\mu\text{V/m}$.

Toto určení střední intenzity pole určitého vysílače platí pro standardní atmosférický lom – pro ustálené meteorologické situace. Ty však obvykle v našich zeměpisných šířkách podléhají častým výkyvům, proto je toto určení spíše informativní a teoretické.

Za běžných meteorologických podmínek se elektromagnetické vlnění šíří za obzor:

1. Rozptylem a odrazem v troposféře a lomem v dolních vrstvách atmosféry. Protože tento způsob šíření za obzor je v našich podmínkách nejčastější, ještě se k němu vrátíme.

2. Odrazem od mimořádné vrstvy E. Dosáhne-li tato vrstva E dostatečné hustoty, může odrazet signály kmitočtů až do 100 MHz. V těchto případech je možný přenos signálů odrazem do vzdálenosti 600 až 2400 km. Tyto podmínky se vyskytují častěji blíže rovníku a mnohem méně směrem k zemskému pólu. V našich krajích se vyskytuje obvykle v horkých letních měsících. Intenzita pole při tomto odrazu bývá značná (až +40 dB proti běžnému rozptylu). I velmi vzdálené stanice lze pak kvalitně přijímat v době od několika minut do několika hodin.

3. Rozptylem a odrazem od ionizovaných stop atomů (vzniklých na dráze meteoritů meteorických rojů, na dráze blesku při bouřce) či od polární záře (při vniku meteoritu do horních vrstev atmosféry se atomy ionizují vlivem vzniklého tepla – odtržení vnějších elektronů). U meteorických rojů mohou být tyto ionizované stopy tak husté, že mohou po určitou dobu VKV odrazet. Obdobné odrazy vznikají od polární záře. Pro využití tohoto způsobu šíření vln je třeba použít speciálně uzpůsobená a tedy i nákladná zařízení, proto se pro běžný příjem rozhlasových pořadů prakticky neuplatní.

4. Ohybem. Ohyb VKV za obzor je poměrně malý, neboť intenzita pole elektromagnetických vln se při ohybu okolo hladké stejnorodé zeměkoule se zvyšujícím se kmitočtem a vzdáleností za obzor velmi rychle zmenšuje. Výrazněji se ohyb projeví pouze v případě, přechází-li vlna přes ostrý a vysoký horský hřeben.

Ostré pohoří mezi vysílačem a přijímačem může „způsobit“ trvalý kvalitní signál i ve větších vzdálenostech (okolo 200 km). Je tomu tak u některých východoněmeckých stanic při jejich příjmu v Praze. K ohybu dochází na vrcholcích Krušných hor a Českého středohoří a do místa příjmu ve velké vzdálenosti za horizontem se dostává vlna přímá, nikoli vlna odražená od horních vrstev atmosféry. Tento signál pak podléhá meteorologickým vlivům jen velmi málo. Díky značné členitosti povrchu a hornatému pohraničí naší republiky je v místech, kde by se nepředpokládala kvalitní příjem VKV, naděje na zachycení přímé vlny vzdálených stanic VKV.

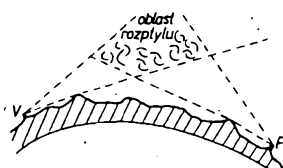
Na obr. 7 je znázorněn řez trasou mezi anténou vysílače Görlitz v NDR a přijímací anténou, umístěnou na střeše budovy elektrotechnické fakulty ČVUT v Praze-Dejvicích. Z profilu trasy je jasné patrný ohyb na hřebenech zmíněných hor, pomocí něhož se dostává signál tohoto vysílače do Prahy. Průměrná intenzita pole měřená na střeše budovy ČVUT se pohybovala mezi 30 až 50 $\mu\text{V/m}$ bez větších výkyvů (viz dále).

I když uvedený případ nemusí být výjimkou, přesto bude na větší části naší republiky záviset kvalita příjmu zahraničních vysílaců hlavně na okamžitém stavu atmosféry v prostoru mezi vysílačem a přijímačem, jejíž okamžitá vlastnost jsou určovány meteorologickou situací.

Šíření VKV vyššími vrstvami atmosféry lze rozdělit na troposférický rozptyl a atmosférický lom.

Signál získaný troposférickým rozptylem je méně vhodný pro trvalý příjem, neboť se vyznačuje velmi častými úniky. Krátkodobé poruchy stavu atmosféry, které jej způsobují, jsou charakterizovány místní nehomogenitou ovzduší v troposféře. Příčinou vzniku nesourodosti je vířivý pohyb vzduchu způsobený nerovnoměrným oteplením zemského povrchu. Víření souvisí i s kolísáním teploty v jednotlivých bodech uvnitř vířivého prostoru a tedy i okamžitými změnami indexu lomu, který způsobuje rozptyl elektromagnetických vln, tzv. troposférický rozptyl. Charakteristickou oblastí turbulence jsou spodní vrstvy troposféry, které se nejvíce uplatňují při šíření VKV.

Při troposférickém rozptylu má význam pouze teplotní (termická) turbulence, která vzniká neuspořádanými pohyby vzduchu, způsobenými především nerovnoměrným oteplováním zemského povrchu Sluncem. Při šíření troposférickým rozptylem (obr. 8) je důležitá intenzita turbulence a průměrná doba jejího trvání – velká turbulence, velké změny signálu. Ve vyvíjející se kupovitě



Obr. 8. Troposférický rozptyl. V – vysílač, P – přijímač

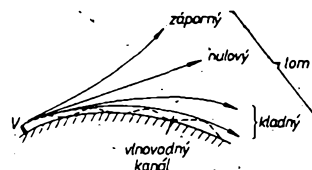
oblačnosti je turbulence značná. V denním chodu začíná termická turbulence v dopoledních hodinách v přízemní vrstvě po jejím prohřátí Sluncem. Postupně sílí a maxima dosahuje v odpoledních hodinách. Při západu začíná od Země slábnout a po západu Slunce obvykle zaniká. V průběhu roku je výskyt termické turbulence nejčastější a nejmohutnější na jaře a v létě, na podzim a v zimě je jak její četnost, tak také intenzita velmi malá. Termická turbulence je intenzivnější nad kopcovitým terénem, než nad rovnou zemí.

V místě příjmu, jehož blízké okolí má větší nadmořskou výšku, se procento rozptylového šíření na celkovém přijímaném signálu zvětšuje. Kupovitá oblačnost, bouřky a přehánky svědčí o labilitě ovzduší a tedy o větší četnosti úniků v příjmu. Zmenšující se dohlednost svědčí naopak o malé turbulenci a tím i o ustáleném signálu na vstupu přijímače.

Pro šíření VKV má však daleko větší význam opačný případ popsaného stavu atmosféry, totiž naprostá stabilita ovzduší, která se projevuje tvořením optimálních podmínek pro vznik atmosférického lomu a tím i příjmových podmínek trvalejšího rázu.

Za stálých meteorologických podmínek, tj. v klidném vzduchu, při běžném průběhu teploty, tlaku a vlhkosti ve středních zeměpisných šířkách, lze průměrný stav atmosféry charakterizovat pojmem „standardní atmosféra“. Dojde-li pak v určité vrstvě atmosféry ke změně velikosti některé z uvedených veličin, dojde ke změně indexu lomu a tím také ke změně permittivity (dielektrické konstanty) této vrstvy. Důsledkem těchto jevů jsou značně změněné podmínky šíření velmi krátkých vln.

Atmosférický lom (obr. 9) je charakterizován třemi základními stavy, a to záporným, nulovým a kladným. Záporný atmosférický lom vzniká, zvětšuje-li se index lomu s výškou. Efektivní poloměr Země je tedy menší než skutečný. Z tohoto stavu dolních vrstev atmosféry se velmi krátké vlny vychylují směrem nahoru, oddalují se od zemského povrchu a dosažitelná vzdálenost příjmu signálů se zmenšuje.



Obr. 9. Typické případy atmosférického lomu

Při nulovém atmosférickém lomu je efektivní poloměr Země shodný se skutečným a dráha vln je přímočará.

Kladný atmosférický lom je pro dálkový příjem nejvýhodnější. Nastává tehdy, přejde-li gradient indexu lomu do záporných velikostí, efektivní poloměr Země se zvětšuje a může nabýt až takové velikosti, kdy je zakřivení paprsku elektromagnetické vlny takové, že vlna probíhá rovnoběžně s povrchem Země. Efektivní poloměr Země je pak nedefinovatelný, poloměr zakřivení paprsku je shodný s poloměrem Země, paprsek zachovává nezměněnou výšku nad zemí. Pro tento tzv. kritický lom je charakteristická náhlá změna některé meteorologické veličiny v závislosti na její výšce v celé oblasti mezi vysílačem a přijímačem. Vlivem této náhlé změny vzniká v určité výšce rozhraní vzduchových vrstev o různé permittivitě (dielektrické konstantě), způsobené rozdílnou teplotou vrstev, tzv. teplotní inverzí. Index lomu je za této situace ještě výraznější. Popsaný stav může trvat i několik hodin.

Dobře vyvinutá teplotní inverze (obr. 10) značně tlumí vertikální pohyby vzduchových hmot, brání výměně tepla mezi jednotlivými vrstvami a rovněž turbulence je nepatrná. Teplotní inverze vznikají velmi často v nočních hodinách, kdy zemský povrch vyzařuje teplo, ochlazuje se a ochlazuje odspodu nejnížší vrstvy atmosféry. Pro příjem ve větších vzdálenostech od vysílače mají význam inverzní vrstvy nad 500 m. Pod základnou této inverze se obvykle tvoří vrstevnatá oblačnost nebo i mlha. Tyto inverze často vznikají za anticyklonálních podmínek; dochází při nich k subsidenci (sesedání) vrstev vzduchu a jeho adiabatickému oteplení. Někdy vznikne inverze nad méně průsvitnými vrstvami oblaků či aerosolu, protože kapky vody či pevné prachové částice se ve slunečním záření oteplí více než okolní vzduch a vznikne teplotní rozhraní. Na rozhraní této oblačnosti (případně mlhy) dochází dále vlivem značného skoku vlhkosti k další nehomogenitě, která zvětšuje index lomu – výrazně zlepšení příjmových podmínek za mlhy a někdy ještě při slunečním svitu nad mlhou či nízkou oblačností.

Při výskytu tlakové níže v oblasti přenosu signálu vzniká výstupem vzduchových hmot prostor se záporným atmosférickým lomem (obr. 11). Šíření VKV na větší vzdálenosti je tím a také doprovodnou turbulencí teoreticky i prakticky značně omezeno.

Jinak je tomu při vyšším tlaku, kdy převládající sestupné proudy brání vzniku vzestupných pohybů oblačnosti, kterou případně rozpouštějí. Protože při tlakové výši se sesedávají studené vzduchové hmoty, vyskytuje se ve všech typech anticyklon jedna nebo i více inverzních vrstev. Obvykle se pod nejnižšími inverzemi tvoří silná kouřma a mlhy. Je-li ve výškové oblasti mezi vysílačem a přijímačem vysoký tlak, je velká pravděpodobnost zlepšení příjmových podmínek. Toto zlepšení je způsobeno tím, že subsidenční inverze v místě vysokého tlaku vytvoří vypouklý prostor, na jehož rozhraní se zvětší index lomu a tím vzniknou podmínky pro odraz elektromagnetických vln. Je-li tlaková výše ve vhodném místě, působí jako reflektor, odráží vlny směrem k zemskému povrchu. Jasně bezoblačné počasí nebo hustší mlha obvykle signalizují podstatné zlepšení dálkového příjmu na VKV (obr. 12).

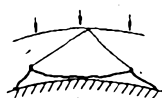
Při přechodu frontálního poruchu jde opět o teplotní inverzi, která však na rozdíl od předchozí je odkloněna od zemského povrchu do určité výšky a postupuje ve směru přechodu frontálního systému. S přibližováním teplé fronty ve vzdálenosti 600 až



Obr. 10. Vliv teplotního rozhraní mezi dvěma vzduchovými vrstvami – teplotní inverze – na šíření VKV. Na obrázku jsou znázorněny dva případy velmi výrazného teplotního rozhraní, čili vznik dvou vlnovodných kanálů, jednoho v přízemní vrstvě, druhého v určité nevelké výšce nad zemským povrchem



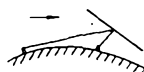
Obr. 11. Tlaková níže – záporný lom



Obr. 12. Tlaková výše – kladný lom



Obr. 13. Vliv postupu teplé fronty na odraz signálu

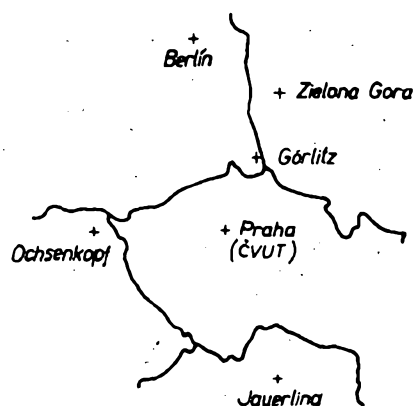


Obr. 14. Vliv postupu studené fronty na odraz signálu

1000 km lze uskutečňovat příjem na větší vzdálenosti (do 500 km i více) ve směru postupující fronty (obr. 13).

Po jejím přechodu dochází obvykle k úplné ztrátě signálu v případě nepřítělných vzdálených stanic, neboť vzniká záporný atmosférický lom. Při postupu studené fronty směrem od přijímače k vysílači má intenzita pole přijímaného signálu značné výkyvy (obr. 14). Je to způsobeno tím, že studená fronta je spojena s pásem velmi aktivní turbulence, o které svědčí časté přeháňky a bouřky. Po přechodu studené fronty za vysílače se může při jejím vhodném postavení výrazně zlepšit příjem, obvykle proto, že za studenou frontou se rozšiřuje oblast vysokého tlaku se všemi příznivými průvodními jevy. Studená fronta je obvykle charakterizována kupovitou oblačností v poměrně úzkém a rychle postupujícím pásu.

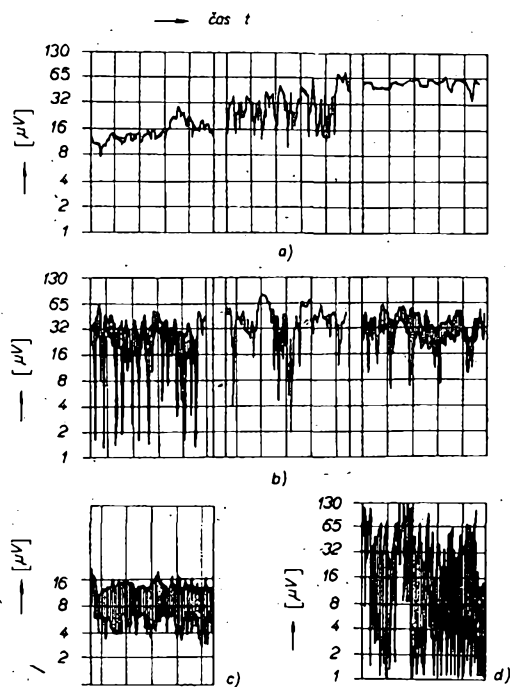
Při měření dálkového příjmu vytypovaných vysílačů na VKV (tab. 2) na střeše budovy ČVUT v Praze-Dejvicích vyplynulo, že intenzita pole těchto vysílačů měla jasný charakter signálu přicházejícího na anténu



Tab. 2. Vytypované vysílače na VKV

Vysílač	Górlitz	Ziel. Gora	Berlin	Jauerling	Ochsenkopf
Země	NDR	Polsko	NDR	Rakousko	NSR
Rozhl. program	DDR II		DDR I	Österreich III	Bayer. Rf. I
Souřadnice vysílače	1456 E 5108 N	1530 E 5150 N	1337 E 5232 N	1521 E 4820 N	1149 E 5002 N
Azimut přij.-vys.	20°	24°	350°	160°	268°
Vzdálenost [km]	120	200	280	220	200
Výška vys. ant. nad terénem [m]	300	300	250	300	300
Nadmoř. výška kóty vysílače [m]	250	220	50	959	1024
Kmitočet [MHz]	95,4	72,5	95,8	89,4	96
Vyzář. výkon [kW]	100	100	50	50	100
U_v [V]	$2,76 \cdot 10^3$	$2,76 \cdot 10^3$	$1,92 \cdot 10^3$	$1,92 \cdot 10^3$	$2,76 \cdot 10^3$
p_v [dB]	184,4	184,4	182,8	182,8	184,4
b [dB]	108,9	111,4	116,6	114,0	113,8
U_{vp} [dB]	75,5	73,0	66,2	68,8	70,6
U_p [dB]	38,5	32,0	22,2	26,2	18,8
U_i [dB]	44,0	28,0	12,0	22,0	26,0
h [dB]	37,0	41,0	44,0	42,6	51,8
d [dB]	- 5,5	4,0	10,2	4,2	- 7,2

- U_v [V] – napětí vyzářené vysílačem. $U_v = \sqrt{NR}$, kde R je odpor napáječe vysílací antény, obvykle 73 Ω ;
- p_v [dB] – poměr mezi U_v a napětím [1 V];
- N [kW] – výkon vyzářený vysílačem;
- b [dB] – útlum volného prostoru při přímočarém šíření do kulového prostoru. Předpokladem je, že na vysílaci a přijímací straně je jako anténa použit půlvlnný dipól. Pak $b = 17,7 - 20 \log d/\lambda$ [dB; m];
- U_{vp} [dB] – velikost signálu šířeného volným prostorem nad přijímačem (vzátaženo k 1 μ V). $U_{vp} = p_v + b$ [dB];
- U_p [dB] – střední intenzita pole přijímaného signálu, zjištěná z distribučních křivek;
- U_i [dB] – teoreticky určená intenzita pole z obr. 4 s uvažovaným výkonem vysílače;
- h [dB] – poměr mezi signálem přijatým a šířeným ve volném prostoru (výškový rozdíl v dB). $U_{vp} - U_p$ [dB];
- d [dB] – poměr mezi naměřenou a teoreticky určenou intenzitou pole. $U_p - U_i$ [dB].

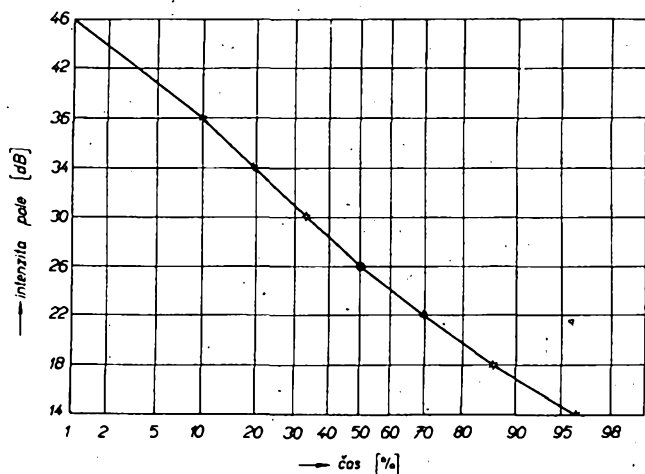


Obr. 15. Hodnocení příjmu různými přijímači; a – výborný příjem bez úniku i na méně jakostní přijímač; b – příjem na přijímač špičkové jakosti velmi dobrý až výborný, na méně jakostní přijímač s úniky; c – příjem na špičkový přijímač výborný, na méně kvalitní přijímač nemožný; d – příjem s častými úniky i na přijímač špičkové jakosti. V jednotlivých grafech je na svislé ose vstupní signál přijímače

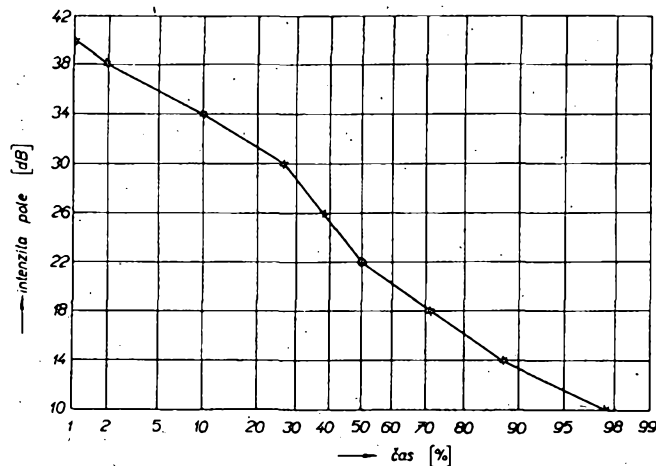
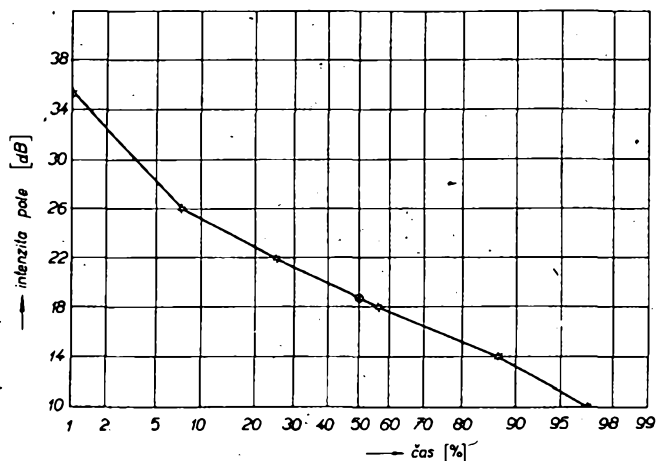
lomem a odrazem v atmosféře. Pro účely dalšího vyhodnocení byla okamžitá intenzita pole zaznamenána registračním přístrojem a pořízený kontinuální záznam byl rozčleněn na několik základních typů, které se neperiodicky vyskytovaly (obr. 15). Součet doby výskytu stejných typů záznamu a jejich zanesení do souřadnicového diagramu s časovou osou v procentech výskytu měřené veličiny a se svislou osou intenzity pole dalo vznik křivce, odpovídající časovému rozložení intenzity pole ve sledovaném období. Pro praktické znázornění časového výskytu určité veličiny v daném místě příjmu se používá křivka, vzniklá integrací předchozí křivky. Tato křivka se pak nazývá křivka statického rozložení střední intenzity pole, nebo též křivka distribuční. Časová osa této křivky je na koncích roztažená a uprostřed zhuštěná.

Na obr. 16 až 20 jsou distribuční křivky pro měřené vysílání. Z těchto křivek lze zjistit časový výskyt určité intenzity pole daného vysílání v místě příjmu. Z průběhů jednotlivých křivek lze odvodit, jakou asi musí mít citlivost přijímací zařízení od antény po přijímač v místě příjmu, aby zajistilo poslech co nejméně rušeným ztrátou signálu. Tak například v uvedeném místě lze pro příjem vysílání Görlitz a Zielona Gora vystačit s menší vstupní citlivostí přijímače, ale pro příjem vysílání Ochsenkopf či Jauerling by musel být použit přijímač se špičkovou citlivostí a s velmi účinným anténním předzesilovačem a přesto by ani zdaleka nebyla zaručena trvalá kvalita příjmu.

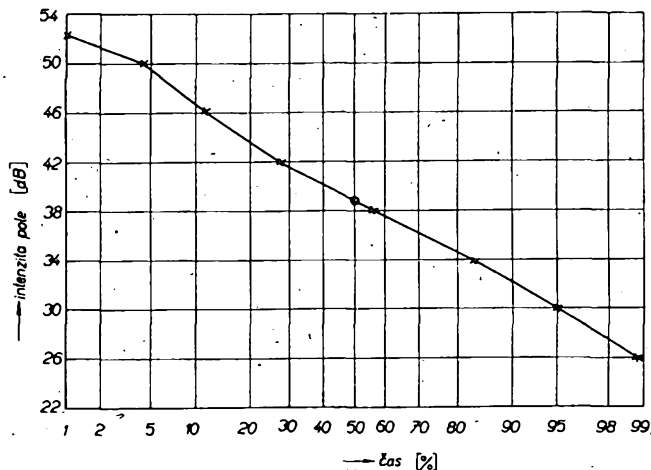
Obr. 18. Časové rozložení intenzity pole signálu vysílání Ochsenkopf



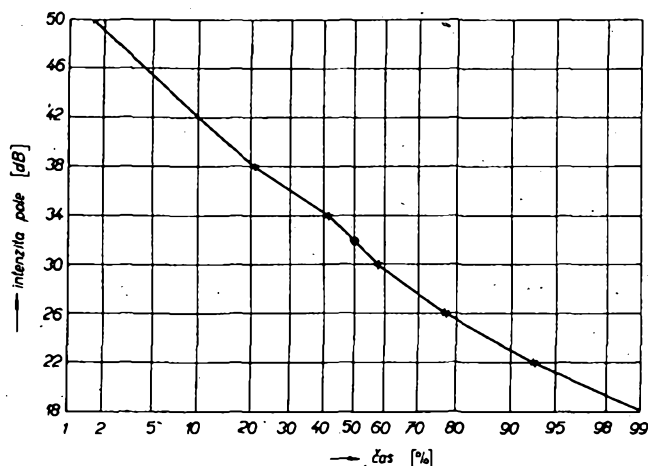
Obr. 16. Časové rozložení intenzity pole signálu vysílání Jauerling



Obr. 17. Časové rozložení intenzity pole signálu vysílání Berlin



Obr. 19. Časové rozložení intenzity pole signálu vysílání Görlitz



Obr. 20. Časové rozložení intenzity pole signálu vysíláče Zielona Gora

Dále jsou pro jednotlivé sledované stanice v tab. 2 údaje, z nichž lze určit rozdíl mezi teoretickou intenzitou pole při přímočarém šíření a skutečnou intenzitou pole v místě příjmu. V poslední řádce tabulky je pak poměr mezi těmito dvěma signály vyčíslen v dB. Jako určující pro příjem je brána střední časová hodnota výskytu intenzity pole, tj. 50 %, která byla zjištěna z distribučních křivek. Pro názornost je v tabulce také uvedena teoretická intenzita pole, odpovídající křivce na obr. 4. Z výsledných údajů h a d je jasně patrný značný rozdíl mezi intenzitou pole při přímočarém šíření a skutečnou intenzitou pole v místě příjmu a naopak velmi malý rozdíl mezi údajem, určeným podle obr. 4 a údajem prakticky naměřeným a zjištěným z distribučních křivek.

V tabulce jsou ještě pro úplnost některé další důležité informace o vysíláči.

K určení teoretické intenzity pole z obr. 4 byla uvažována „rádiová výška“ přijímací antény 10 m, ačkoli skutečná výška antény na budově ČVUT byla asi 40 m nad zemí. Přesto byla vzhledem k okolnímu značně členitému terénu „rádiová výška“ zvolena reálně, jak se lze snadno přesvědčit součtem všech rozdílů v intenzitě pole (poslední řádek tabulky) jednotlivých vysíláčů a dělením tohoto výsledku počtem vysíláčů. Měla by vyjít nula, vychází 1,14 dB, „rádiová výška“ je tedy nepatrně větší než 10 m. Z toho je vidět, že i poměrně značně vysoko umístěná anténa, je-li postavena v nevhodném okolním terénu (budova je v údolí), nemusí mít velkou „rádiovou výšku“.

V místech, v nichž není kvalitní příjem jistý, je výhodné podle uvedeného schématu předběžně zjistit intenzitu pole z obr. 4 až 6 a podle umístění a kvality přijímací antény rozhodnout, jaké musíme mít nároky na přijímač, aby byl schopen kvalitně reprodukovat pořady žádaných stanic.

Intenzita pole v průběhu 24 hodin

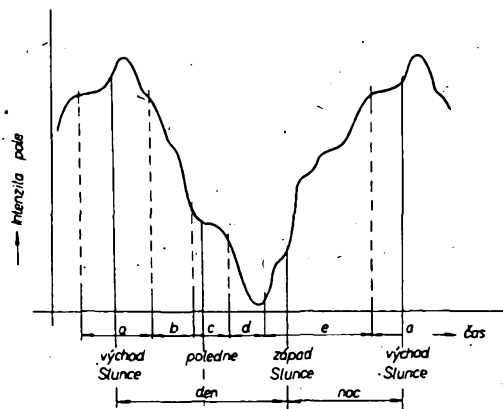
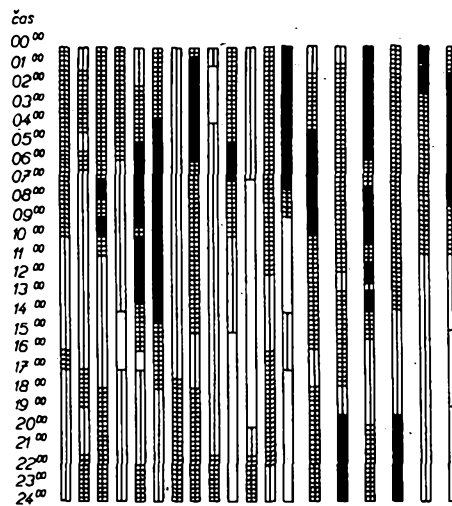
Signál uvedených stanic byl přijímacím a záznamovým zařízením pořizován nepřetržitě ve dne v noci. Z tohoto záznamu byly vytvořeny grafy závislosti intenzity pole na denní době pro jednotlivé stanice. Pro statistické vyhodnocení byl použit zjednodušený způsob klasifikace signálu, plynoucí z průběhů intenzity pole, zaznamenaných na obr. 15. Takto byl signál klasifikován pro případ, že v místě příjmu bude umístěn přijímač střední jakosti se vstupní citlivostí 5 μ V (pro odstup

s/s 26 dB). Pro přijímač špičkové jakosti by se situace výrazně změnila směrem k lepšímu, příjmovým podmínkám.

K ilustraci grafického vyhodnocení je uvedena část tohoto grafu na obr. 21 pro stanici Berlin. Výsledné intenzity pole během sledovaného období pro signál všech měřených stanic byly pak vyneseny do grafu na obr. 22, na němž je pravděpodobný průběh intenzity pole během 24 hodin. Graf platí pouze pro příjem získaný lomem či odrazem v atmosféře. Ukazuje, že po maximální intenzitě pole v časných ranních hodinách dochází v průběhu dne ke stálému poklesu až do pozdních odpoledních hodin. Před západem Slunce dochází téměř ke zlomu a intenzita pole se poměrně rychle zvedá a po celou noc je nadprůměrná.

Obr. 21. Část denních záznamů měřené intenzity pole. Plná čára – příjem výborný, „žebříček“ – velmi dobrý příjem s občasným kolísáním síly, svislé čáry – příjem s častými úniky nebo slabý signál, prázdná políčka – nevyhovující příjem. Část záznamů z měsíce května

Obr. 22. Průběh intenzity pole při dálkovém příjmu v VKV, získaný pouze lomem a odrazem v atmosféře během 24hodinového cyklu. a – noční stabilita ovzduší vrcholí a ohřevem Sluncem se rozpadá, b – rozpad stability dále pokračuje, c – stabilnější příjem působený rozptylem v turbulenci, d – další zvětšení turbulence větším ohřevem vzduchu, e – při západu Slunce uklidnění a zlepšování stability vzduchových vrstev vlivem vyzařování tepla ze zemského povrchu



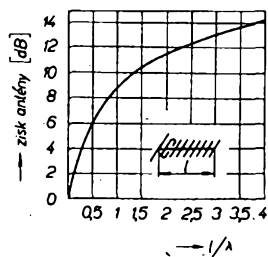
Tento průběh narušují pouze některé náhodné meteorologické poruchy.

Graf na obr. 22 podává ucelený obraz o pravděpodobné intenzitě pole v místě příjmu během dne a o vhodné době poslechu v pásmu velmi krátkých vln.

Antény pro VKV

Aby bylo možno dokonale využít předpokládané intenzity pole v místě příjmu, musí se k příjmu použít vhodný anténní systém. Lze říci, že v pásmu VKV platí dvojnásob, že kvalitní anténa je velmi důležitou součástí přijímací cesty. Při příjmu VKV je jakákoli náhražková anténa obvykle jen zdrojem mnoha poruch a jiných nepříjemností. Nejvýrazněji se její nedostatky projeví při příjmu stereofonního signálu, při němž vlivem nesprávného impedančního přizpůsobení (případně při příjmu signálu jednoho vysíláče odrazem ze dvou či více míst) dochází k interferenci, jejímž výsledkem je nežádoucí amplitudová a fázová modulace s fázovým posuvem mezi přímým a odraženým signálem. Vzniká tak obdoba známých „duchů“ u televize – fázového posuvu signálu a zvyšuje se hladina šumů a přeslechů v obou kanálech. Věrnost reprodukce se zmenšuje a v nejnepříznivějším případě může dojít k úplnému „výpadku“ stereofonní informace.

Je tedy velmi důležité a praxí mnohokrát ověřené, že je třeba nejen u dálkového, ale také u místního příjmu při stavbě antény věnovat náležitou péči nejen mechanickému provedení, ale také optimálnímu elektrickému nastavení a přizpůsobení. Může se totiž velmi snadno stát, že při nekvalitním nastavení bude mít i viceprvková anténa horší příjmové vlastnosti než obyčejný, avšak správně navržený a zkonstruovaný dipól.



Obr. 23. Závislost zisku na délce antény pro příjem FM VKV. Vhodným uspořádáním prvků lze zisk měnit až o 2 dB

Všechny typy antén určených pro příjem VKV se vyznačují základními vlastnostmi, jako jsou směrovost, šířka přenášeného pásma a zisk; k nim přistupují ještě mechanická složitost a rozměrnost. Tyto vlastnosti jsou vždy vodítkem při rozhodování, který ze známých typů antén bude pro toho kterého zájemce neoptimálnější. Mechanická složitost a rozměrnost jsou závislé na elektrických požadavcích. Je jasné, že čím větší zisk a směrovost se žádá, tím je anténa rozměrnější, protože zisk závisí na účinné ploše celé antény.

Se zvětšujícím se ziskem antény se kromě mechanických rozměrů zvětšuje také směrovost a zužuje se šířka přijímaného kmitočtového pásma, což při příjmu stanic z různých směrů a na různých kmitočtech je jev nežádoucí, který se však nedá jednoduše vyloučit. Východiskem v případě potřeby antény s velkým ziskem pro několik směrů příjmu je realizovat několik příslušně nasměrovaných antén, nebo vybudovat otočný anténní systém.

Reflektorový účinek u antény zajišťuje jeden prvek umístěný za zářičem. Zvětšovat počet reflektorových prvků (za sebou) nemá význam. Při snaze účinněji potlačit případný příjem zezadu má význam přidat nad a pod reflektor po jednom prvku (tyče) stejných rozměrů, jako má reflektor. Většího zisku antény lze dosáhnout pouze zvětšováním počtu reflektorů.

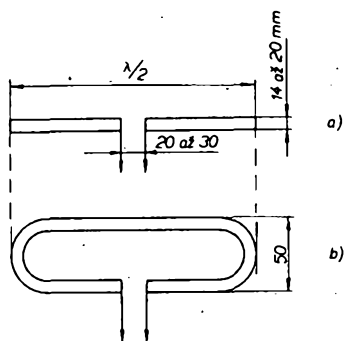
Vyjádříme-li celkovou délku antény Yagi (ne jejích prvků) délkou vlny λ (tj. dělíme-li číslo 300 číselnou hodnotou kmitočtu vyjádřenou v MHz), pak pro délku antény 0,5 λ je její zisk asi 6 dB, pro λ asi 9 dB, pro 2 λ asi 12 dB a pro 4 λ zhruba 15 dB (viz obr. 23). Vidíme, že dvojnásobné prodloužení antény zvětší výkonový zisk o 3 dB, tedy dvakrát. Prodloužení antény větší než 4 λ je z konstrukčního hlediska pro obě rozhlasová pásma téměř neúnosné a navíc zvětšení zisku není již úměrné mechanické složitosti antény. Rozměry běžných antén pro pásma kmitočtově modulovaného rozhlasu se proto obvykle pohybují v délkách od 0,5 do 2 λ .

Pro příjem silného signálu v místech s přímou viditelností na vysíláč, případně pro příjem v místech položených dostatečně vysoko nad blízkým i vzdáleným terénem lze obvykle použít jednoduchou, ale správně elektricky nastavenou anténu. Touto anténou může být i pouhý půlvlnný dipól, který je základním a nejjednodušším typem antény pro VKV. Jeho rozměry jsou přímo úměrné délce přijímané vlny a může být konstruován buď jako jednoduchý nebo jako složený, přičemž zisk je u obou typů stejný a je roven jedné. Rozdíl mezi nimi je pouze ve vstupní impedanci. Zatímco jednoduchý dipól má impedanci 70 až 75 Ω , složený dipól má impedanci v rozmezí od 240 do 300 Ω podle mechanického provedení. Oba dipóly jsou symetrické, použijeme-li jako svod souosý kabel, je nutno u obou typů dipólů symetrizovat impedanci symetrizačním členem.

Dipól jako anténa je v podstatě nejjednodušší kvalitní anténa pro místní příjem. Všechny ostatní náhražkové antény nebudou

nikdy splňovat požadavky jakostního příjmu i u místního vysíláče. Dipól umístíme (pokud je to možné) na střechu či jinak vyvýšené místo dále od kovových rozměrnějších předmětů; je-li na volném prostranství, musí být uzemněn pro případ atmosférického výboje, nejlépe na bleskosvod.

Tvar obou typů dipólů je běžně znám (obrázky 24). Jednoduchý dipól je tvořen dvěma trubkami podélně uloženými s mezerou mezi nimi asi 30 mm. Celková délka obou trubek je $\lambda/2$. Jako kmitočty pro návrh rozměrů se bere kmitočty středu pásma. Složený dipól tvoří jedna trubka délky λ , která je ohnuta tak, aby oba konce byly uprostřed od sebe vzdáleny opět asi 30 mm a vzdálenost mezi horní trubkou a oběma spodními byla asi 50 mm. Změnou této vzdálenosti lze upravit impedanci dipólu. Průměr trubky pro oba dipóly je 14 až 20 mm; se zvětšujícím se průměrem trubky se zvětšuje širokopásmovost.



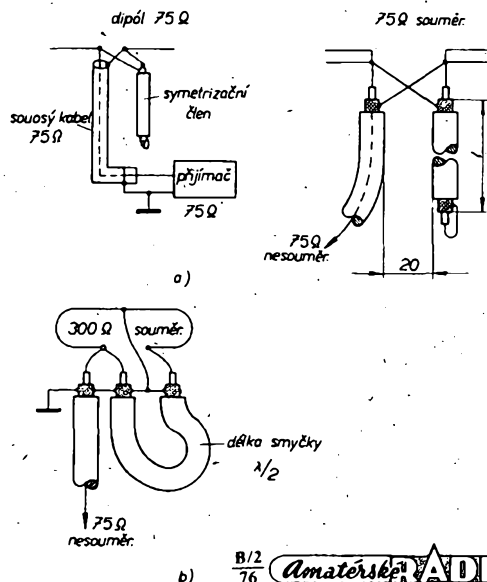
Obr. 24. Jednoduchý (a) a skládaný dipól (b)

Napájecí vedení (svod), které je k dipólu připojeno, musí mít stejnou impedanci jako dipól, aby nedocházelo k odrazům vlny energie v místě připojení a aby se tak nezhoršovala kvalita přijatého signálu. Napáječ musí být dále v místě připojení k anténě symetrický jako je anténa, jinak by došlo ke změně vyzařovací charakteristiky. Pro anténní svod se většinou používá buď souměrný dvou vodič, nebo souosý kabel. Odolnější vůči poruchám je souosý kabel, lze jej také vést libovolným prostředím, po zdi, ve zdi, v kovových trubkách aj.; má však větší útlum než dvoulinka, kterou je však třeba vést od pevné podložky (stěna, střecha aj.) ve vzdálenosti větší než 150 mm. Dvoulinka má i menší odolnost vůči povětrnostním vlivům a u starší dvoulinky se může za deště zmenšit charakte-

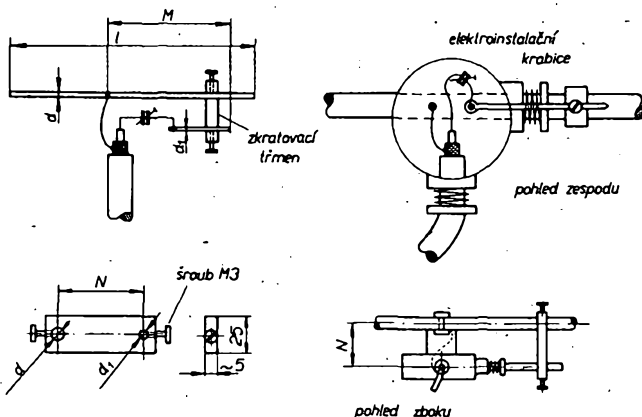
ristická impedance až na polovinu původní velikosti. Použije-li se dvoulinka jako svod u složeného dipólu, je symetrie zajištěna, použije-li se souosý kabel, je nutná symetrizace. Symetrizační člen (obrázky 25) lze jednoduše zhotovit z téhož kabelu, jako je svod. Použije-li se skládaný dipól, je nutná nejen symetrizace, ale také transformace impedance svodu na impedanci antény, tedy v poměru 4:1. Symetrizační člen upevníme u antény tak, aby byl veden rovnoběžně se svodem ve vzdálenosti asi 20 mm (obrázky 25a). Svod ani symetrizační člen nesmí být v blízkosti antény zahýbán. Střední vodič souosého kabelu připojíme na jeden pól dipólu, horní vývod z transformačního středu (pahýlu) na druhý pól. Stínění obou kabelů, které nesmí být mezi sebou elektricky spojeno, propojíme křížově s dipólem, tj. stínění kabelu připojíme na jeden pól dipólu, stínění pahýlu na druhý pól. Na konci čtvrtvlnného vedení spojíme vnitřní vodič se stíněním a spoj dobře propájíme.

Správně přizpůsobit delší napáječ nejen u antény, ale i u přijímače (stejným způsobem jako u antény) co do symetrie i impedance je velmi důležité pro bezeztrátový přenos energie zachycené anténou na vstup přijímače (neuvažujeme-li útlum napáječe). Na dlouhém konci vedení vznikají při nedokonalém přizpůsobení na vstupu a výstupu odrazy elektromagnetických vln, které se pak šíří po vedení od jednoho konce ke druhému. Přitom dochází k fázovému sčítání a odčítání odražených vln a původní vlny a vzniká stojaté vlnění, které značně zhoršuje přenos signálu. Změnou délky vedení lze pro určitou část kmitočtového pásma zlepšit činitele stojatých vln (ČSV), tj. poměr stojatých vln k užitečnému signálu, čili omezit jejich intenzitu; v jiné části pásma může však tato úprava ČSV ještě zhoršit a tím zhoršit i příjem. Protože ČSV vyjadřuje poměr skutečné impedance antény či vstupu přijímače k charakteristické impedanci svodu, je výsledné číslo vždy větší než jedna ($\text{ČSV} = R_{\text{ant}}/Z_0$). Je proto velmi důležité znát správnou impedanci jak svodu, tak také antény a vstupu přijímače a vhodně je přizpůsobit, aby ztráty nepřizpůsobením byly co nejmenší.

Impedance komerčně prodáváných svodů je známa. Rovněž tak vstupní impedance továrních přijímačů; u amatérských zařízení (není-li k dispozici vř. generátor s definovanou vstupní impedancí) si lze vypomoci tak, že se připojí anténa s příslušným svodem na anténní vinutí vstupního obvodu a tento obvod se nastaví na největší přenos signálu (maximální zesílení). U antén je tomu obdobně. Antény prodávané v maloobchodní síti mají svou impedanci uvedenou v popisu



Obr. 25. Symetrizace a symetrizační členy. Převod souměrné impedance 75 Ω na nesouměrnou 75 Ω (a), symetrizace s transformací, 300 Ω soum. na 75 Ω nesoum. (b). Délka i pahýlu je pro CCIR 540 mm, pro naše pásmo 700 mm



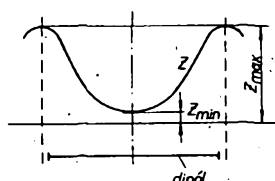
Obr. 26. Skládaný dipól s bočnickovým napájením; l je $0,47 \lambda$, N $0,01 \lambda$, M $0,15 \lambda$; $d = 12$ až 14 mm, $d_1 = 6$ mm

sestav. U antén amatérsky vyrobených je to poněkud horší – u nich je výhodné, je-li při jejich konstrukci pamatováno na možnost dodatečného mechanického nastavení.

Velmi kvalitní anténou s přesně stanovenou výstupní impedancí 300Ω je anténa, kterou vyrábí družstvo Kovoplast v Chlumci nad Cidlinou. Je to desitiprková směrová anténa pro dálkový příjem monofonního i stereofonního vysílání v pásmu CCIR (87,5 až 104 MHz) typu 090G – BL pro horizontálně polarizovaný signál. Základní elektrické i mechanické vlastnosti této antény odpovídají normě ČSN 367210 pro antény I. třídy. Úhel příjmu je 60° v rovině prvků a 92° v rovině, kolmé na prvky. Anténa je svoji povrchovou úpravou řešena pro trvalé venkovní použití tak, aby zůstaly dlouhodobě zachovány její původní elektrické i mechanické vlastnosti. Její montáž je poměrně jednoduchá a lze ji pro příjem v uvedeném pásmu vřele doporučit.

Dále je popsána konstrukce antény, jejíž impedanci lze měnit a při dostatečné trpělivosti přesně nastavit na požadovanou velikost.

Impedance antény se zmenšuje s počtem prvků a rovněž s jejich polohou při nezměněných rozměrech dipólu. Přesné impedance při přizpůsobení a tím i maximální ČSV je pak závislé na správném přizpůsobení impedance antény a svodu. Anténa má skládaný dipól s bočnickovým nastavitelným napájením (obr. 26) a tedy i nastavitelnou výstupní impedanci. Rozložení impedance na samotném dipólu ukazuje obr. 27. Minimální impedance je asi 70Ω , maximální je až 4 k Ω . Vhodně umístěným bočnickem lze tedy dosáhnout takového připojení napáječe, které odpovídá jeho charakteristické impedanci. Bočník však tvoří s příslušnou částí dipólu smyčku a tím indukčnost, kterou je nutno vykompenzovat kapacitou. Kompenzační kondenzátor tvoří s touto indukčností rezonanční obvod a v tom je právě základ pracného, i když účinného nastavení. Kapacita kondenzátoru a poloha odbočky se musí zvolit tak, aby rezonanční kmitočet souhlasil s přijímaným kmitočtem a aby byl obvod zároveň impedance přizpůsoben. Obvod se nastavuje na maximum zesílení na nejžádanějším kmitočtu. I když je nastavení dosti „ploché“, musí se zásadně dělat se svodem k přijímači té délky, která se již nebude měnit. Dolaďovací pahýly dipólu jsou poněkud delší, aby bylo možno vykompenzovat konstrukční nedostatky v přesném umístění prvků a v jejich rozměrech, popř., i v různé permittivitě (dielektrické konstantě) materiálu použitého svodu. Dolaďovací kondenzátor



Obr. 27. Rozložení impedance na dipólu

by měl stačit s kapacitou do 30 pF (tedy běžný hrníčkový trimr). Anténa se nastavuje na maximum výstupního signálu po přesném nastavení (nasměrování) na vysílač.

Anténa je sedmiprvková (obr. 28), má-li být dosaženo většího zisku a směrovosti lze počet prvků zvětšit tak, aby celková délka antény vyhovovala násobkům vlnové délky (jak již bylo uvedeno). Maximální počet prvků je omezen pouze mechanickou pevností celého systému. Změna impedance se vykompenzuje výše zmíněným nastavením. Provedení antény je patrné z obr. 28. Pro zlepšení předozadního poměru lze nad a pod reflektor přidat po dalším prvku délky R ; prvky jsou od reflektoru vzdáleny vždy o délku l . Detail provedení dipólu je na obr. 26. Zkratovací třmeny jsou posuvné, zajištělné stavěcími šroubky. Připojné místa svodu a antény a symetizační člen včetně dolaďovacího kondenzátoru jsou umístěny v elektroinstalační krabici, upevněné na nosném ráhnu.

Všechny anténní prvky mohou být vyrobeny z jakéhokoli kovu. Rovněž profil použitého materiálu není podstatný. Je pouze nutno přihlídnout k jeho mechanické pevnosti. Mosaz je jako materiál na anténu nevhodná, během nedlouhé doby se počne rozpadat. Nejvhodnější a také nejčastěji používané jsou hliníkové nebo duralové trubky s povrchovou úpravou.

Nosník držící jednotlivé prvky antény lze zhotovit buď z dřevěného, dobře impregnovaného trámku (což ovšem není právě ten nejvhodnější materiál, neboť nelze dobře vyřešit jištění antény proti blesku), nebo ze železné trubky o průměru zhruba 30 až

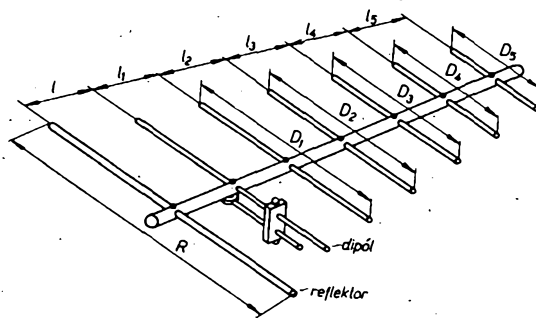
35 mm. Jednotlivé prvky upevníme tak, že nosnou tyč v místech, kde budou prvky umístěny provrtáme a vzniklými otvory je provlékneme. Prvky proti posunutí zajistíme kolmo umístěným šroubem na nosné tyči podle obr. 28. Možností upevnění je více, jen si vždy při upevňování prvků musíme uvědomit, že i malé vystředění (o několik mm) či úhlová odchylka od kolmého směru na nosné ráhno (10 až 15 stupňů) se nepříznivě projeví na elektrických vlastnostech antény, která pak může např. dodávat podstatně menší napětí, než přesně provedená anténa.

Protože anténu upevňujeme na vyvýšené místo nad terénem, musí být nutně zemněná, nejlépe na bleskosvod. U antény s dřevěným nosníkem zemníme zářič, tj. u složeného dipólu střed horní části dipólu (místo upevnění k nosníku), u jednoduchého dipólu plášť sousedního kabelu. U celokovové antény upevníme příslušný zemní vodič na vhodném místě pod šroubek. Anténu s bleskosvodem spojujeme měděným, případně ocelovým pozinkovaným drátem o průměru 6 až 8 mm.

Upevnění celé antény na střechu, zeď či stožár je třeba řešit individuálně případ od případu a to buď pomocí konzol, či kotvením lany, případně upevněním na střešní trám a j. Vždy při tom musíme mít na paměti, že anténa musí vydržet i velmi silné nárazy větru, případně značnou váhu sněhu. Upevnění musí být takové, aby nebyla poškozena střecha či zeď a místo, kudy držák antény prochází střešou, musí být dokonale izolováno proti pronikání vlhkosti. Celou anténu je vhodné ještě před instalací natřít syntetickým vrchním emailem, aby byla odolnější proti korozi. Při stavbě antény je dobré dodržovat následující zásady:

1. Anténu nebo soustavu antén upevníme podle možnosti ve výšce kolem dvou až tří metrů nad střešou domu. Stožár použijeme jedině tehdy, je-li to nutné vzhledem k neodstranitelné překážce ve směru příjmu. Ke stavbě antény na střeše si raději vyžádáme písemný souhlas majitele domu (viz AR 4/70, str. 125).
2. Při stavbě antény bereme ohled na sousední antény, abychom nevnikali do jejich směrového kužele.
3. Nikdy nestavíme anténu za vysokou překážku.
4. Je-li v blízkém sousedství vysoká budova, snažíme se umístit anténu na ni i za cenu delšího svodu či použití předzesilovače u antény.
5. Napáječ nikdy nenecháme volně ležet na střeše (či zdi), vždy ho umístíme alespoň 15 cm od ní a vedeme ho tak, aby nebyl „zalomen“, či tažen vlastní vahou při delším vertikálním vedení.
6. Vyhybáme se místům s kouřícími komíny, s rozměrnými kovovými předměty, s ochozy a zábradlím.
7. Anténa ani svod nesmí křížovat vedení vysokého či nízkého napětí, ani telefonní vedení, a to jak z důvodu bezpečnosti, tak pro možnost zhoršení kvality příjmu.
8. Na tyč bleskosvodu se nesmí anténa upevňovat, na komín jen tehdy, je-li dokonale pevný (podle platných předpisů).

Obr. 28. Sedmiprvková anténa Yagi. Rozměry prvků: $R = 0,49 \lambda$, $l = 0,196 \lambda$, $l_1 = 0,1 \lambda$, $l_2 = 0,245 \lambda$, l_3 až $l_5 = 0,2 \lambda$, $D_1 = 0,452 \lambda$, $D_2 = 0,450 \lambda$; délky direktorů D_3 a dalších se proti D_2 zkracují po 8 mm pro pásmo 67 až 73 MHz a po 6 mm pro pásmo CCIR



9. Nemá-li budova, na které je umístěna anténa,bleskosvod, musí být anténa uzemněna a to podle předpisů pro bleskosvody. Jinak stačí „přizemnit“ anténu k bleskosvodu.

Anténní slučovače

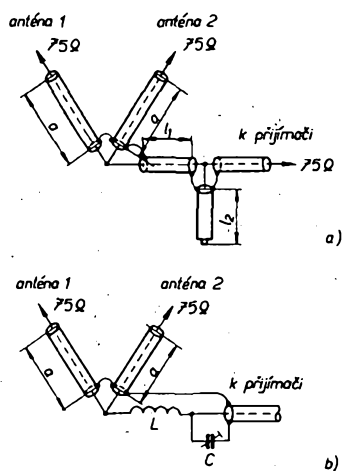
Díky poloze a značně členitému povrchu naší republiky je velké množství míst, kde lze s úspěchem zachytit i několik dostatečně silných signálů vzdálených vysílačů v obou pásmech VKV, avšak obvykle lze tyto signály přijímat ne z jednoho, ale hned z několika směrů. Tam, kde lze očekávat podobné příjmové podmínky (např. mnohdy při zcela opačně situovaných polohách antény), vystává problém, jak konstruovat a instalovat anténu nebo anténní soustavu. Nejvýhodnější je ovšem použít v takovém případě otočnou anténní soustavu. Většinou však není v možnostech a silách zájemce realizovat otočnou anténu jednak proto, že vhodné „rotátory“ nejsou na trhu a jednak proto, že zhotovení a umístění na střeše není vždy jednoduchou záležitostí.

V takovém případě je proto výhodnější vypomoci si dvěma, případně i třemi anténami s větším úhlem příjmu (třeba i o různé velikosti a zisku), pevně nasměrovanými do příslušných směrů. Nejsou-li svody těchto antén k přijímači delší než 10 až 15 m, vedeme každý svod samostatně; jsou-li svody z dvoulinky, vedeme je dále od sebe, aby se vzájemně neovlivňovaly.

Je-li však anténní soustava umístěna ve značné vzdálenosti od přijímače, je vhodnější „sjednotit“ svody a celé přenášené pásmo zesílit předzesilovačem. Zesílit signál v blízkosti antény je velmi důležité především při slabších signálech, protože jak při sdružení, tak i při rozvodu signálu souosým svodem dochází k určitým ztrátám, které by mohly zhoršit poměr užitečného signálu k šumu a poruchám. Použití souosýho kabelu místo dvoulinky je výhodnější, protože souosý kabel zamezuje pronikání parazitních signálů a různých druhů rušení do svodu.

Přímé připojení antén k jedinému napájecí není však dost dobře možné, protože signál jednou anténou přijatý, by byl (podle způsobu připojení) druhou anténou opět vyzářen, nebo spojen nakrátko – k přijímači by se nedostal žádný signál. Proto je třeba zapojit mezi anténami a napájecím anténní slučovač, který antény jednotlivě přizpůsobí ke svodu, přitom však odděluje jednotlivé antény velkou impedancí. Určitou nevýhodou anténního slučovače proti otočné anténě je, že nelze přijímat signály vysílačů z různých směrů a přibližně stejné intenzity, vysílají-li tyto vysílače na stejném kmitočtu. V uvedeném případě nebude příjem ani jednoho signálu kvalitní, protože se oba signály budou vzájemně rušit. Těchto případů je však zanedbatelně málo.

Na obr. 29 jsou dva anténní slučovače řešené jako transformační člen, tvořeny kousky souosého kabelu. Oba slučovače jsou navrženy pro dvě antény, obě se vstupní impedancí 70 až 75 Ω s nesymetrickým výstupem od antény. Proto je nutno vést signál z antén přes symetrizační a případně

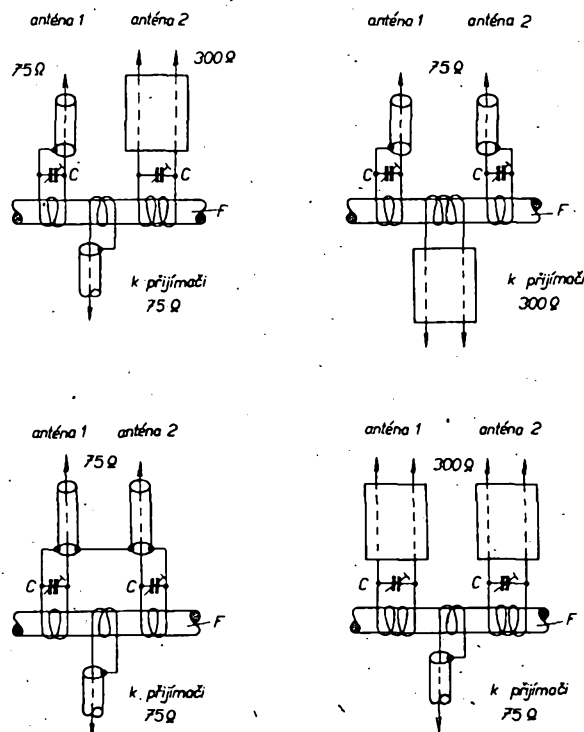


Obr. 29. Směrové vedení jako anténní slučovače; a – stejně dlouhé kusy souosého kabelu, $l_1 = 150$ (200 mm) pro CCIR (naše pásmo), C je trimr 3 až 30 pF, L má dva závity drátu o $\varnothing$ 1,5 mm na průměru 8 mm

transformační článek tak, aby byl výstup antén impedančně přizpůsoben k souosému kabelu. U obou těchto slučovačů mohou být části původního kabelu a od antény ke slučovači libovolně dlouhé, vhodné však je, aby byly co nejkratší, jak to dovolí vzájemná vzdálenost mezi anténami a upevněnými částmi slučovače a svodu. Je však naprosto nutné, aby kabely a byly přesně stejné dlouhé.

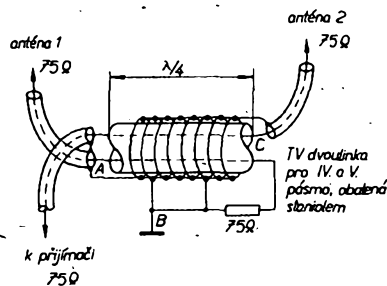
U prvního slučovače se dosáhne optimálního přizpůsobení antén ke svodu (napájecí) vhodnou délkou l_1 souosého kabelu s „otevřeným“ koncem pahýlu. Přesná délka pahýlu je dána vlastnostmi slučovače a použitého souosého kabelu. Přenášené pásmo kolem kmitočtu, na který je nastaven slučovač, je ploché, je proto vhodné nastavit délku pahýlu podle kmitočtu signálu vysílače, který je

Obr. 31. Anténní slučovač na feritové tyčce. F – feritová tyčka, C je trimr o kapacitě 3 až 30 pF (viz text)



přijíman jednou z obou antén, a který je blíže středu pásma, přenášeného anténou.

U druhého slučovače se nastaví optimální přenos trimrem C na nejlepší příjem. Cívka L má 2 závity drátu o průměru 1,5 mm na



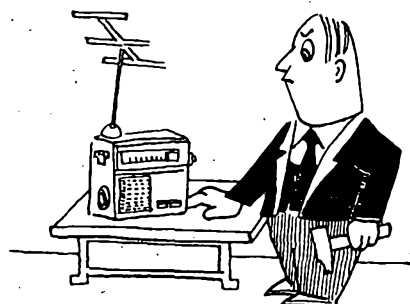
Obr. 30. Směrové vedení jako anténní slučovač

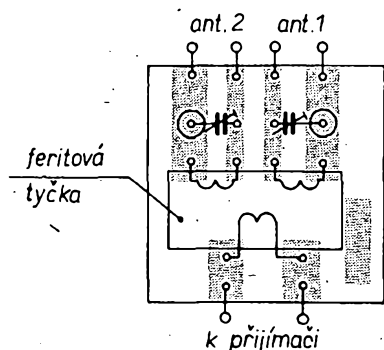
průměru 8 mm, C je proměnný kondenzátor 3 až 30 pF.

Oba uvedené slučovače jsou sice poměrně jednoduché, nejsou však nejvýhodnější, neboť u nich dochází k částečnému vzájemnému vyzařování přijatého signálu mezi anténami.

Anténní slučovač, který má v propustném směru malý útlum, avšak ve směru z antény do antény útlum velmi velký, je na obr. 30. Je vhodný tam, kde odebíráme z obou antén střední a slabší signály a nechceme použít předzesilovač, protože svod od antény není dlouhý. Je však nutné, aby signál z obou antén ke slučovači i od něj k přijímači byl veden souosým kabelem; slučovač nelze použít pro svod souměrnou dvoulinkou.

Slučovačem je v podstatě souosý kabel s dvěma vnitřními vodiči. Tento kabel lze velmi dobře realizovat kouskem televizní dvoulinky pro IV. a V. TV pásmo (černá dvoulinka vejčitého tvaru), která je obalena alobalem – hliníkovou fólií a po celé délce ovinuta několika závity neizolovaného měděného drátu, aby fólie dobře přilehla k plášti dvoulinky a aby spoj mezi fólií a drátem byl co nejlepší. Drát pak uzemníme v bodu B. Konec jednoho z vnitřních vodičů uzemníme přes odpor 75 Ω na tento zemnicí drát. Délka stíněné dvoulinky – slučovače odpovídá čtvrtině vlnové délky kmitočtu, ležícího zhruba uprostřed kmitočtového pásma slučovanych





Obr. 32. Destička s plošnými spoji K 206 anténního slučovače

signálů. Pro pásmo CCIR je to asi 0,8 m. Volbou délky dvoulinky lze slučovač poměrně ostře „ladit“ na určitý kmitočet. Je proto vhodné, aby tehdy, když anténa (která je zapojena do bodu C) přijímá slabší signál, byla délka slučovače zvolena podle vlnové délky tohoto slabšího signálu. Anténní slučovač slučuje signály z antén na základě transformace energie laděným souosým vedením.

Velmi výhodným slučovačem, určeným k použití především tam, kde jsou instalovány dvě antény různého provedení a s různou impedancí, je slučovač s obvodem LC na feritové tyčce (obr. 31). Je malý a lze ho velmi jednoduše zhotovit i nastavit. Měl by být připojeno více antén k jednomu svodu, je třeba zařadit příslušný počet slučovačů za sebou, tím se však zvětší útlum signálu. Velkou výhodou tohoto slučovače je možnost jednoduše připojit anténní předzesilovač (viz dále).

Slučovačem lze bez problémů sloučit různé typy svodů jak od antén ke slučovači, tak i od něj k přijímači. Výhodou je také to, že svod k přijímači nemusí (ale může) být spojen galvanicky s anténou, což v případě úderu blesku v blízkosti antény může zamezit zničení vstupních obvodů přijímače. Galvanické oddělení je vhodné i u dvoulinky, u souosého kabelu je naopak výhodnější propojit země, stínění a uzemnění antény. Cívkové obvody slučovače pak svou indukčností dostatečně účinně zabrání velmi krátkému napětovému impulsu při blízkém úderu blesku proniknout do přijímače.

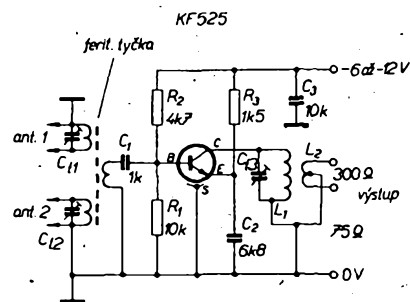
Celý slučovač je zapojen na malé destičce s plošnými spoji (obr. 32), nesoucí vlastní obvody LC na feritové tyčce. Tato destička není nutná, slouží pouze jako podložka k pevnému uchycení obvodů LC. Feritová tyčka o průměru 8 mm a délky kolem 20 mm (delší tyčku lze zkrátit zapilováním a ulomením) je běžně dostupná, používá se pro feritové antény středovlnných přijímačů. Použitý tvar (a průměr) není kritický, lze použít i plochou feritovou tyč. Na feritové tyčce jsou navinuty tři vazební smyčky, jedna

výstupní nelaide a dvě vstupní doladované kapacitními trimry. Vstupní smyčky jsou navinuty po obou stranách výstupní smyčky, mezery mezi nimi jsou 1 mm. Všechny tři smyčky jsou navinuty z drátu o průměru 1 až 1,5 mm a jsou vinuty jedním směrem. K navinutí cívek lze použít s výhodou vnitřní vodič tlustšího souosého kabelu.

Pro připojení napáječe o impedanci 70 až 75 Ω má vazební smyčka dva závitů, pro připojení dvoulinky 240 až 300 Ω má čtyři závitů. Pro napáječ s jinou impedancí je nutno počet závitů vhodně upravit, neboť vstupní i výstupní impedance tohoto slučovače je v podstatě dána počtem závitů příslušné vazební cívk. Protože je výstupní (střední) vazební smyčka připojena přímo buď na souosý kabel (dva závitů) nebo dvoulinku (čtyři závitů), je její přizpůsobení dostatečně definováno a není třeba dalšího doladění. Příklady od antény ke slučovači by neměly být dlouhé, aby se užitečný signál zbytečně nezmenšoval útlumem vedení. Obvody antény a této části svodu se přesně doladí spolu se vstupním obvodem slučovače doladovacím kapacitním trimrem. Obvod se doladí na žádaný slabší signál nebo na střed přenášeného pásma. Vzhledem k tomu, že vzájemná vzdálenost anténních cívek na feritu není velká, dochází k nepatrnému vyzařování signálu jedné antény anténou druhou. Velikost tohoto vyzařování je dána vzdáleností těchto vazebních smyček. Při pečlivém nastavení obvodů lze dosáhnout u tohoto slučovače proti přímému připojení útlumu menšího než 2 až 3 dB v celém přenášeném pásmu jednoho z obou rozsahů VKV. Po nastavení zakápneme nebo zalejeme celou feritovou tyčku i s cívkami vhodným lakem nebo tmelem. Kapacitní trimry je výhodné po změření správné kapacity zaměnit za pevné kondenzátory, které jsou dlouhodobě stabilnější, a které lze zalít lakem (tmelem) společně s cívkami. Protože nastavení není ostré, lze kapacitu trimru odhadnout podle polohy rotoru trimru. Celý slučovač se nakonec uloží do krabičky a upevní v blízkosti antén.

Anténní předzesilovač

Bylo řečeno, že se signál průchodem dlouhým svodem zeslabuje vlivem útlumu svodu. Toto zeslabení se nejvíce projeví u stanic s malou intenzitou pole v místě příjmu, u nichž se na výstupu z napáječe podstatně zhorší poměr užitečného signálu k šumu oproti poměrům u antény. Aby se zmenšil vliv útlumu svodu, lze zapojit mezi anténu a svod anténní předzesilovač, který anténou

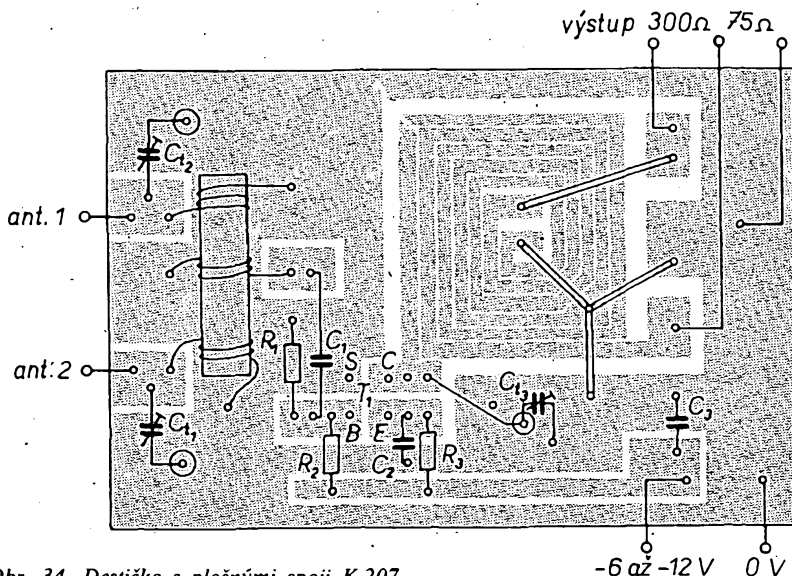


Obr. 33. Anténní předzesilovač se slučovačem

přijátý signál zesílí a takto zesílený signál se pak vede svodem do přijímače. Předzesilovač má být umístěn přímo u antény nebo co nejbližší ní, aby se zbytečně nezesilovala rušivá napětí, naindukovaná do svodu. Ve svodu sice opět dojde k útlumu zesíleného signálu, to však již nebude na úkor poměru signálu k šumu, ten zůstane zhruba takový, jaký byl na výstupu z předzesilovače. Je však třeba si uvědomit, že ani výkonný předzesilovač nebude schopen zlepšit kvalitu opravdu slabého a rušeného signálu. Předzesilovač je proto vhodné použít jedině ve spojení s výkonnou anténou nebo anténní soustavou. Je totiž obecnou pravdou, že nejlepším předzesilovačem je kvalitní, výkonná anténa.

Určitou nevýhodou předzesilovačů zesilujících širší pásmo přijímaných kmitočtů je vliv nelinearity přenosové charakteristiky tranzistorů předzesilovače na možné zkreslení zesilovaných signálů. V podstatě jde o to, že na nelineárních přechodech mezi elektrodami tranzistoru vznikají zcela nové signály, dané součtem a rozdílem kmitočtů všech signálů zesilovaného pásma. Ty pak, objeví-li se v přijímaném pásmu, mohou rušivě působit při příjmu některých slabších stanic. Čím je širší pásmo přenášená předzesilovačem větší, tím je nebezpečí průniku a směšování rušivých signálů větší.

Jednoduchý a přitom účinný předzesilovač je jednotranzistorový zesilovač s anténním slučovačem na feritové tyčce s plošnou cívkou ve výstupním laděném obvodu podle obr. 33. Vstupní obvod zesilovače je tvořen výstupní smyčkou slučovače. Předzesilovač s takto řešeným vstupním obvodem může být použit k zesilování signálu z jedné nebo dvou antén současně. Bude-li předzesilovač pracovat jen s jednou anténou, je druhý vstupní obvod vypuštěn. Zesilovač se slučovačem je na jedné destičce s plošnými spoji (obr. 34). Malá impedance na vstupu tranzistoru dovo-



Obr. 34. Destička s plošnými spoji K 207 anténního předzesilovače se slučovačem

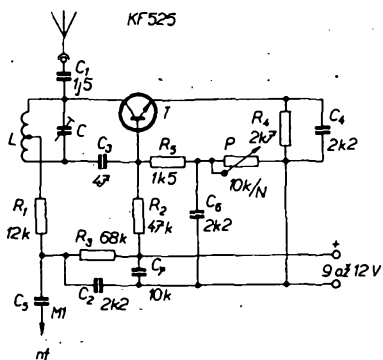
Přijímač VKV s jedním tranzistorem

Zcela nejjednodušším přijímačem s uspokojivými vlastnostmi, na který lze přijímat signály méně vzdálených vysílačů v pásmu VKV, je přijímač se synchronizovaným oscilátorem. Je to „tuner“, tvořený pouze jedním tranzistorem s jedním laděným obvodem, na jehož výstup je připojena anténa a jehož výstup je veden do nízkofrekvenčního zesilovače nebo do sluchátek. Výstupní napětí je řádu jednotek milivoltů, proto musí mít nf zesilovač dostatečné zesílení. Vstupní citlivost je dána tlumením laděného obvodu připojenou anténou! Je-li anténa připojena k obvodu přes kondenzátor s velmi malou kapacitou, obvod není příliš tlumen a citlivost se zvětšuje na desítky mikrovoltů. Při větším tlumení je citlivost horší (kondenzátor s větší kapacitou).

Obvod superregeneračního přijímače je poměrně jednoduchý, i když je jeho funkce značně složitá. V podstatě jde o oscilátor bez stabilizace kmitočtu. Kmitočet je stabilizován teprve vnějším signálem. Pokud by na vstupních svorkách tranzistoru nebyl žádný signál, oscilátor by se nerozkmital. V obvodu však vzniká vždy alespoň velmi slabý teplotní šum, který je příčinou toho, že se oscilátor rozkmitá. Kmitý dosáhnou vždy určité amplitudy; přitom je důležité, aby nebyla v tomto případě amplituda oscilací maximální, ale aby se mohla zvětšovat. Jakmile se totiž objeví na anténě signál, i velmi slabý, musí se amplituda oscilací zvětšovat. Mezi amplitudou signálu potřebnou pro vznik oscilací (kmitů) a amplitudou kmitů existuje definovaný vztah – zesílení. V tomto jednoduchém zapojení lze dosáhnout zesílení až 10^3 (i více). Nutnou podmínkou však je, aby byl každý kmit dokonale utlumen, jinak se oscilátor rozkmitá vlastními kmitý a jeho signál zcela překryje slabý signál z antény a na nf výstupu není signál, ale „ticho“ (nosná oscilátoru). Aby kmitý v obvodu LC byly rychle tlumeny, nesmí být jeho činitel jakosti příliš velký, přitom však musí být tak velký, aby se v důsledku malé jakosti obvodu nezhoršila citlivost.

Není-li na anténě signál, je oscilátor synchronizován pouze šumem. Oscilace vznikají nepravidelně, kolektorový proud tranzistoru je též nepravidelný – to se projeví jako šum, který je zesilován. Přijímač v tomto případě dosahuje prahové citlivosti.

Zapojení tohoto „tuneru“ je na obr. 36. Okamžitě úbytky napájecího napětí na pracovním odporu R_3 v kolektoru tranzistoru jsou při oscilacích synchronních s přijímaným v signálem přímo úměrné okamžité amplitudě modulačního kmitočtu. Signál z drátové antény je veden přes kondenzátor C_1 na



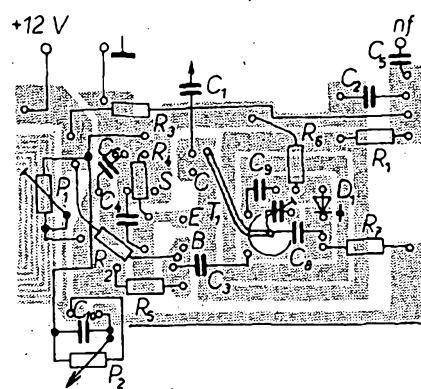
Obr. 36. Zapojení superregeneračního přijímače s jedním tranzistorem, laděného ladícím kondenzátorem

rezonanční obvod LC, který je zároveň oscilačním obvodem. Odpor R_1 připojený na střed tohoto obvodu jednak částečně zamezuje pronikání v kmitočtu do nf výstupu a jednak spolu s kondenzátorem C_2 tvoří deefázi. Cívka L rezonančního obvodu má 12 závitů drátu o průměru 0,4 mm CuL a je navinuta na průměru 5 mm buď samonosně, nebo na kostičce, rozteč závitů cívky je 0,5 mm. Přesně uprostřed vinutí (počítáno i s vývody k otočnému kondenzátoru C , které by měly být oba stejně dlouhé a co nejkratší), je odbočka k připojení odporu R_1 . Ladící kondenzátor má kapacitu 2 až 30 pF pro přeladění v obou pásmech VKV; lze použít hrníčkový trimr, jehož otočnou část upravíme izolovaným nástavcem pro knoflík vně skříňky přijímače, aby se při přiblížení ruky obvod nerozladil. Nízkofrekvenční signál se odebírá z kondenzátoru C_5 .

Uvedení přijímače do chodu je snadné a nevyžaduje žádné přístroje ani zkušenosti. Po zapojení na vhodném „prkynku“ – všechny spoje co nejkratší – připojíme nf výstup do zdířek nf zesilovače (popř. do zdířek k připojení gramofonu u běžného přijímače) a připojíme napájecí napětí, dvě až tři ploché baterie v sérii. Anténu nepřipojujeme. Přijímač s nf zesilovačem uvedeme do provozu. Z reproduktoru se ozve „ticho“; pozvolna otáčíme běžcem potenciometru P , až se objeví výraznější šum, který dalším pootočením běžce opět zanikne. Pozor! Oblast nasazení šumu, tj. oscilací synchronizovaných vnějším šumem (nikoli vlastních oscilací oscilátoru) je dosti úzká a snadno se „přejede“. V úseku, kdy oscilátor nekmitá či kmitá pouze vlastními oscilacemi, není na výstupu žádný nf signál („ticho“). V okamžiku, kdy je oscilátor synchronizován vnějším šumem, odebírá ze zdroje proud 250 až 350 μ A. Větší odebíraný proud (máme-li ho možnost měřit) signalizuje, že oscilátor kmitá pouze vlastními kmitý, menší proud prozradí, že oscilátor nekmitá vůbec.

Anténu připojíme přes kondenzátor C_1 . Kondenzátor C nastavíme asi na jednu třetinu až polovinu maximální kapacity. Zanikne-li šum, pootáčíme potenciometrem, až se šum opět objeví. Neobjeví-li se vůbec, pak má kondenzátor C_1 kapacitu příliš velkou a musíme ji zmenšit. Kondenzátor o tak malé kapacitě (kolem 1 pF) lze nahradit několika násobným stočením dvou izolovaných vodičů. Kapacitu takového kondenzátoru zmenšujeme „rozplétáním“ drátů a naopak.

Po znovubyjvení šumu proladíme kondenzátor C , mělo by se podařit vyladit blízky vysílač. Máme-li jen trochu přijatelné podmínky příjmu, musí přijímač okamžitě spolehlivě signál zachytit. Při přeladování jemně „dotahujeme“ potenciometr na maximum šumu a po vyladění stanice ho nastavíme tak, aby byl signál nezkrácený a bez šumu. Díky zasyndronizování oscilátoru na přijímaný kmitočet je při správném vyladění a přesné symetrické odbočce na vinutí šum úplně potlačen a příjem je čistý. Jakost reprodukce u silnějších stanic je obdivuhodně dobrá.



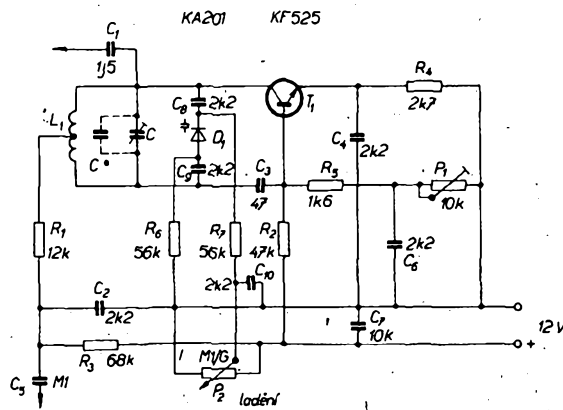
Obr. 38. Deska s plošnými spoji (část desky K 208), na ní lze postavit jak přijímač z obr. 36, tak i přijímač, laděný varikapem (obr. 37)

Jedinou nečistotou tohoto přijímače je, že signál oscilátoru vyzařuje do prostoru na stejném kmitočtu, jako je kmitočet přijímaný. Protože však oscilátor odebírá velmi malý proud a anténa je připojena přes velmi malou kapacitu, je oblast účinnějšího vyzařování omezena pouze na blízké okolí přijímače. Připojením vnější laděné antény by však vyzařování mohlo být účinnější ve větším okruhu a proto přijímač připojíme vždy pouze na anténu drátovou. Připojit vnější anténu s impedancí 300 Ω je však možné a to jedním vývodem na kondenzátor C_1 , druhým přes kondenzátor o kapacitě 1,5 pF na opačný konec rezonančního obvodu. Velmi silné signály budou však zkresleny a nesnadno se vyladují, obvykle je třeba zmenšit v takovém případě kapacitu vazebních kondenzátorů.

Na obr. 38 je destička s plošnými spoji i s plošnými cívkami, které je využito ke stavbě vstupní jednotky laděné varikapem (obr. 80, 81). Tuto destičku lze výhodně použít ke stavbě popsaného jednotranzistorového přijímače. Cívky laděného obvodu i vazebních anténních smyček jsou plošné. Na destičce (která je navržena pro superhet, viz dále) je pro přijímač z obr. 36 i 37 využito vstupních obvodů a cívky pro oscilátor. Rozložení součástek na obr. 38 platí pro zapojení z obr. 37, tj. pro přijímač, laděný varikapem v obvodu oscilátoru. Vstupní obvod (prozatím) laděn není, jeho šířka je dostatečná, obsahuje větší část jednoho z obou laděných rozsahů VKV.

Signál z antény se přivádí buď souměrně dvoulínkou 300 Ω na L_1 , nebo souosým kabelem 70 Ω nesouměrně na jeden konec vazební cívky L_1 a zem (viz zapojení tříobvodové vstupní jednotky). Vstupní obvod je na oscilátor navázán opět přes kondenzátor s malou kapacitou. Tímto zapojením se účinněji omezi vyzařování oscilátoru do antény a navíc lze vstupnímu obvodu přizpůsobit i výkonější anténu. Trimrem C_4 (obr. 80) nastavíme optimální přenos signálu z antény do přijímače tak, že po vyladění vzdálenější stanice nastavíme jeho kapacitu

Obr. 37. Zapojení superregeneračního přijímače s jedním tranzistorem, laděný varikapem



na nejhlásitější signál na výstupu přijímače. Trimrem Cu oscilátoru a přidávným kondenzátorem C^* (paralelní) nastavíme tento obvod do pásma. Pro normu CCIR přidávný kondenzátor odpadá, kladení by měl postačit trimr. Paralelní kondenzátor C^* pro naše pásmo je 12 až 15 pF.

Zbývající obvody na destičce K208 se v tomto zapojení neuplatní. Lze je však využít ke konstrukci dříve popisovaného předzesilovače, nebo předzesilovače vstupní jednotky VKV, který bude dále popsán. Připojením předzesilovače se poněkud zvětší citlivost a především se účinněji omezí vyzařování signálu oscilátoru anténou do prostoru.

Superhety

Z toho co jsme si doposud řekli o příjmu kmitočtově modulovaných signálů vysíláčů na VKV plyne, že opravdu dobrý příjem a tím i kvalitní reprodukci lze zabezpečit jedině přijímačem, pracujícím na superheterodynním principu. Superhetové zapojení je dnes dominantní u všech druhů přijímačů, tedy i přijímačů na VKV. Jejich jakost je určována řadou vlastností, z nichž mnohé jsou stanoveny normou. Základní obvody přijímače superhetu jsou: vstupní jednotka, mf zesilovač, omezovač amplitudy, demodulátor a nf zesilovač (obr. 39).

Ze spektra kmitočtů signálů, které přicházejí z antény na vstupní selektivní obvody přijímače, je vyládný signál určitého kmitočtu, ten je vysokofrekvenčně zesílen a ve směšovači smísen s kmitočtem pomocného oscilátoru. Vznikne přitom řada směšovacích produktů harmonických s oběma kmitočty a signál o součtovém a rozdílovém kmitočtu. Za směšovačem následuje selektivní mf zesilovač naladěný na signál rozdílového kmitočtu, ten se zesílí a přivede do limitujícího zesilovače – omezovače. V omezovači se signál amplitudově omezí a vede se do demodulátoru, odkud již vychází jako nf signál.

Zesílení vf vstupů včetně mezifrekvenčního zesilovače musí být tak velké, aby byl omezovač plně v činnosti již při vstupním napětí, které odpovídá vstupní citlivosti přijímače. Není-li tomu tak, projeví se to zvětšenou úrovní šumu a poruch v příjmu slabších stanic. Je-li naopak zesílení vf vstupů větší, nepřinese to žádnou výhodu, pouze se zvětší šum mezi stanicemi při přeladování a přibudou starosti a problémy se zachováním stability celého zesilovače. Při vstupní citlivosti přijímače řádu jednotek mikrovoltů a požadovaném nf výstupním napětí z demodulátoru 50 až 100 mV je potřebné napěťové zesílení obvodů v rozmezí 80 až 100 dB. Protože je zisk vstupní jednotky zhruba asi 6 až 26 dB, je potřebný napěťový zisk mf zesilovače 60 až 80 dB.

Vstupní citlivost a šum přijímače

Popsané jednotranzistorové přijímače měly malou vstupní citlivost, nebyly proto vhodné pro příjem vzdálenějších vysíláčů. Vstupní citlivost je v tomto případě myšleno nejmenší vf napětí přivedené na vstup přijímače, které je ještě přijímač schopen příja-

telně zpracovat. I když se obvykle usuzuje z údaje citlivosti přijímače na jeho kvalitu, ve skutečnosti tak tomu nemusí být. Skutečná kvalita přijímače je dána teprve souborem jeho přenosových vlastností. Velmi důležitá je přitom šířka pásma přenášená přijímačem a odstup signálu od šumu, vyjádřený poměrným číslem v dB. Poměr signál/šum určuje nejmenší možnou úroveň signálu na vstupu do přijímače, při níž je zajištěn dostatečně kvalitní nf signál. Normalizovaný poměr signál/šum je 20:1, tj. 26 dB; tento poměr zaručuje celkem uspokojivou jakost nf signálu. Dokonale čisté a kvalitní reprodukce s dobrou dynamikou se dosáhne teprve při poměru s/š 100:1, tj. 40 dB.

Pro udávanou vstupní citlivost je třeba také znát, při jaké vstupní impedanci přijímače byla měřena, neboť je-li citlivost měřena na vstupní impedanci 300 Ω , je přijímač zdánlivě méně citlivý, než přijímač, jehož citlivost byla měřena při vstupní impedanci 70 Ω , a to zhruba o polovinu. Zúžení přenášené šířky pásma či zvětšení kmitočtového zdvihu při měření má za následek, že se vstupní citlivost přijímače relativně zvětší. Maximální dosažitelná vstupní citlivost přijímače, jsou-li jeho ostatní parametry dobré, je dána šumovými poměry ve vstupních obvodech. Proto je výhodnější vycházet při hodnocení přijímače z číselného údaje poměru šumu na vstupu k šumu na vstupu. Tímto údajem se definuje tzv. šumové číslo $n k T_0$ přijímače. Číslo n udává, kolikrát je šum na výstupu z přijímače větší než na jeho vstupu. U ideálního přijímače, který nezavádí do přenosové cesty signálu žádný šum, je n rovno jedné. Velikost čísla n se měří pomocí generátoru šumu.

U hodnocení přijímače se určí šumové napětí U_s ve voltech na vstupu přijímače z odměrného součinu šumového čísla $n k T_0$, požadované nf šířky pásma B v Hz a vstupní impedance R přijímače v ohmech. Toto šumové napětí je zároveň prahovým napětím signálu: $U_s = \sqrt{n k T_0 B R}$. Z požadovaného poměru signál/šum (p) pak určíme potřebnou velikost vf napětí na vstupu ze vztahu

$$U_{\text{vst}} = 0,632 \cdot 10^{-10} \sqrt{p n B R} \quad [V; \text{Hz}, \Omega]$$

Šum přijímače je v podstatě určen šumem jeho vstupních obvodů. Je dán tepelným šumem odporu vodičů (u antény se odpor vodiče nahrazuje odporem antény), indukčností a tranzistorů. Proto je třeba, aby vstupní obvody přijímače měly co nejmenší vf odpor. Z toho důvodu se často doporučuje postříbřit či pozlatit vodiče na vinutí cívek. Vstupní obvody musí být tedy řešeny nejen vzhledem k maximálnímu přenosu vf energie, ale i s ohledem na minimální vlastní šum. Při dostatečném zisku vstupních obvodů s předzesilovačem lze dosáhnout toho, že šumové číslo přijímače je určeno převážně šumem tohoto předzesilovače. Šum ostatních obvodů se pak již téměř neuplatní. Je-li citlivost přijímače udávána v mikrovoltech a nikoli šumovým číslem, pak se obvykle předpokládá, že tato citlivost byla měřena při:

1. šířce pásma B přenášené mf zesilovačem 200 až 250 kHz,
2. odstupu nf signálu od šumu 26 dB,

3. vstupním odporu antény 70 nebo 300 Ω (musí být uvedeno),
 4. kmitočtovém zdvihu 22,5 či 15 kHz,
 5. nf výstupním výkonu 5 nebo 50 mW.
- Absolutní hodnota vstupní citlivosti se udává napětím, při němž se zmenší výstupní výkon přijímače o 3 dB proti výstupnímu výkonu při velkém vstupním napětí, tj. při plném omezení.

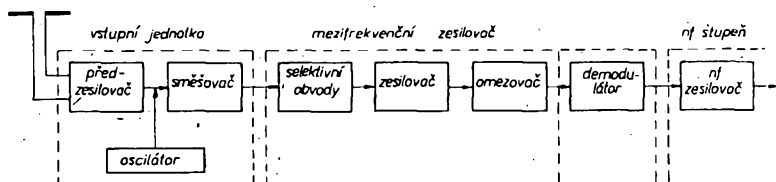
Parazitní modulace

Pod pojmem parazitní modulace lze shrnout vlivy rušivých napětí a signálů, které zhoršují kvalitu přijímaného signálu. Jde především o zkreslení amplitudy vlivem křížové modulace a změn kmitočtu vlivem intermodulace.

Křížová modulace vzniká na vf tranzistoru, který je zapojen za nedostatečně selektivním obvodem tehdy, jsou-li na něj přivedeny dva signály – žádaný a rušivý, přičemž amplituda rušivého signálu je podstatně větší, než amplituda signálu žádaného. Rušivý signál mění svým napětím pracovní bod tranzistoru a ovlivňuje tak kolektorový proud v rytmu změn tohoto napětí. Křížová modulace se obvykle projeví v nevelké vzdálenosti od silného vysíláče u přijímače s malou selektivitou vstupních obvodů. Protože jde o amplitudové změny, budou tyto změny působit značně rušivě pouze při příjmu vysíláčů AM. Při příjmu signálů FM na VKV v blízkosti silného vysíláče se však vlivem změny pracovního bodu tranzistoru zhoršují přenosové vlastnosti a zvětšuje se šum a náchylnost obvodů k nestabilitě až nakmitávání. Rozkmitá-li se některý z obvodů s tranzistorem vlivem rušivého signálu, je signál o kmitočtu oscilací modulován tímto rušivým signálem, což se projeví jako příjem této silné stanice na větší části stupnice nezávisle na ladení.

Došlo-li již ke křížové modulaci ve vstupních obvodech, nelze její důsledky v dalších obvodech žádným způsobem odstranit. Je tedy vhodné provést taková opatření, aby byl rušivý signál dostatečně potlačen dříve, než dosáhne účinné úrovně. U tranzistorových přijímačů je nebezpečí křížové modulace mnohem větší než u přijímačů elektronkových, protože lineární část vstupní charakteristiky tranzistoru je kratší než u elektronky. U obvodů s tranzistorem je proto třeba, aby bylo dokonale kmitočtově „ořezáno“ propouštěné pásmo v žádaném kmitočtovém rozsahu dříve, než rušivé signály dosáhnou nepřipustné velikosti a proniknou do obvodů mf zesilovače. To je také jeden z důvodů, proč se stále častěji doporučuje soustředit veškerou selektivitu mezifrekvenčního zesilovače na jeho vstup a pak teprve signál zesílit na potřebnou úroveň.

Nejnebezpečnější parazitní modulací při silném elektromagnetickém poli blízkého vysíláče, která často i zcela znemožní kvalitní příjem na VKV, je intermodulace. Vzniká nestabilitou oscilátoru způsobenou jeho „strháváním“ rušivým signálem. Nestabilita oscilátoru bývá obvykle vyvolána (přes obvod směšovače) příliš těsnou vazbou směšovače a oscilátoru. Proto jsou k intermodulaci náchylnější kmitující směšovače než samostatné oscilátory. Při této parazitní modulaci je kmitočtově modulován signál oscilátoru rušivým signálem; modulované oscilační napětí se směšuje s přijímaným (naladěným) signálem na mf kmitočet a po zesílení a demodulaci se projeví jako rušivý signál v signálu přijímané stanice. Dochází k současněmu příjmu dvou stanic, vyládné a místní. K zamezení intermodulace je proto vhodné použít jednak selektivní obvody na vstupu



Obr. 39. Blokové schéma superhetu

přijímače a jednak samostatný obvod směšovače i oscilátoru s velmi volnou vazbou na sebe, aby k ovlivnění oscilátoru nemohlo dojít.

Dobré kmitočtové omezení šířky přenášeného pásma jak ve vstupní jednotce, tak také v mf obvodech na výstupu ze směšovače značně omezuje možnost vzniku křížové modulace v mf zesilovači; samostatný oscilátor z větší části odstraní možnost vzniku intermodulace. To však ani zdaleka nejsou všechny možné rušivé vlivy, které mohou do značné míry nepříznivě působit na přijímaný signál, případně znemožnit jeho dobrou reprodukci. Jde tu v podstatě o činnost obvodů vstupní jednotky, u níž nevhodně řešenými obvody a nevhodným nastavením pracovních podmínek tranzistorů v předzesilovači, oscilátoru i směšovači mohou vznikat signály parazitních kmitočtů a další parazitní příjmy, jejichž vzájemným prolínáním, křížením a směšováním opět dochází k nežádoucímu zkresení příjmu.

Jakost obvodů vstupní jednotky má také výrazný vliv na dobré potlačení signálu zrcadlového kmitočtu a signálu o kmitočtu, který je vzdálen od kmitočtu přijímaného vysíláče o polovinu mf kmitočtu, neboť signál tohoto kmitočtu může mf zesilovač poměrně dobře zesílit. Pokud signál na tomto kmitočtu nebude vstupními obvody dostatečně účinně potlačen, bude pronikat na směšovač, kde se signálem oscilátoru vytvoří signál polovičního mf kmitočtu, který bude po zesílení a demodulaci reprodukován společně s přijímaným signálem. Pro názornost: mějme dva vysíláče vysílající na kmitočtech 91,0 MHz a 96,35 MHz, střední mf kmitočet je 10,7 MHz. Oscilátor přijímače kmitá na 101,7 MHz, přijímá se tedy signál prvního vysíláče. Signál druhého vysíláče proniká na směšovač a se signálem oscilátoru vytváří signál s rozdílovým kmitočtem 5,35 MHz, což je právě polovina mf kmitočtu. Tento signál je mf zesilovač schopen zesílit, i když zdaleka ne do té míry, jako signál základního kmitočtu. Je-li však signál prvního vysíláče slabý a druhého naopak velmi silný, může intenzita signálu $1/2 f_{mf}$ dosáhnout na demodulátoru takové úrovně, že oba signály budou demodulovány současně.

Obdobná situace se může vyskytnout u nedostatečně potlačených signálů zrcadlových kmitočtů. Při směšování vzniká, jak již bylo řečeno, signál součtového i rozdílového kmitočtu. Pro mf zesilovač se užívá výhradně kmitočet rozdílový. Vstupní směšovací obvody mohou pak být nastaveny buď o tento rozdílový kmitočet výše nebo níže, než je kmitočet oscilátoru, aby se ve směšovači vytvořil signál mf kmitočtu. Kmitočtová vzdálenost o mf vyššího a nižšího kmitočtu je $2f_{mf}$, čili 21,4 MHz. Jsou-li vstupní obvody značně širokopásmové, pak se může stát, že signál silného vysíláče vysílajícího na kmitočtu o mf vyšším pronikne do směšovače spolu se žádaným signálem, přijímaným na přijímači s běžným způsobem směšování, tj. s oscilátorem kmitajícím o f_{mf} výše, tedy se vstupními obvody laděnými o f_{mf} níže. Ve směšovači se oba signály směšují a dochází k vzájemnému rušení.

Uvedené druhy nežádoucích signálů lze účinně potlačit jedině velmi selektivními laděnými obvody ve vstupní jednotce. Velmi důležitá je také strmost boků propustné charakteristiky mf zesilovače. Je-li křivka propustnosti mf zesilovače málo strmá, stačí, aby signál kmitočtově blízkého silného vysíláče byl vstupními obvody propuštěn a buď zcela potlačí vyladěný slabý signál, nebo se budou obě stanice vzájemně rušit. Strmost boků rezonanční křivky se určuje strmostí,

kteou má křivka při rozladění ± 300 kHz od nosného kmitočtu přijímaného signálu.

Při tomto výtzu možných rušivých vlivů na příjem, především vzdálenějších vysíláčů to vypadá tak, jako by bylo téměř nemožné realizovat jejich příjem bez rušení. Skutečnost však je přece jen optimističtější, hlavně pokud jde o specificky naše příjmové podmínky v pásmu CCIR. Silný signál místního rušičího vysíláče, pronikající přes laděnou a úzce směrovou anténu a laděné vstupní obvody přijímače se totiž natolik zeslabí, že se jeho vliv může projevit jen v extrémních případech. A také intenzita pole vysíláčů v pásmu CCIR je pro většinu našeho území poměrně malá a tudíž k jejich vzájemnému rušení těžko kde dojde. Zde však pozor, něco jiného je, přijímáme-li náhodou dva různé vysíláče na stejném kmitočtu ve stejném směru s přibližně stejnou intenzitou pole v místě příjmu; pak dochází ke vzájemnému rušení (známé „cvrlikání“), případně hraje chvíli jedna a pak druhá stanice.

Uvedené možnosti parazitního rušení jsou obvyklejší jen v oblastech s větším výskytem silných vysíláčů. Typickou ukázkou je oblast kolem Berlína v NDR, kde pracuje na poměrně malém území řada dostatečně silných vysíláčů. Zde se posluchač neobejde bez přijímače s velmi selektivními vstupními i mf obvody.

Činnost jednotlivých dílů přijímače

Vstupní jednotka

Signál zachycený anténou a přivedený svodem na vstupní svorky přijímače musí být co nejvěrněji a pokud možno beze ztrát předán vstupními obvody prvnímu zesilovacímu stupni vstupní jednotky. Kvalita vstupních obvodů a jejich správné přizpůsobení k anténnímu svodu má při příjmu slabého signálu rozhodující vliv jak na velikost zpracovávaného signálu, tak i na jeho zkresení. Optimálního přenosu ví energie se dosáhne pouze tehdy, je-li impedance vstupního obvodu rovna impedanci anténního svodu, impedance shodného s anténou. Jedině tak je výkon přenesený z antény roven čtvrtině výkonu na anténě naprázdno. Ve všech ostatních případech je přenesený výkon menší.

Vstupní obvody lze zapojit buď jako širokopásmové, nebo jako úzkopásmové. Širokopásmové obvody mají sice pro vstupní napětí menší útlum (3 až 4 dB), zato však značně zhoršují selektivitu a zvětšují tím nebezpečí pronikání rušivých signálů do dalších obvodů. Úzkopásmové laděné obvody toto pronikání nežádoucích signálů podstatně omezují, mají však větší útlum, asi 10 dB i více (podle šířky propuštěného pásma).

U vstupních jednotek nás nejvíce zajímá:

1. Optimální šumové a výkonové přizpůsobení k anténě tak, aby byly ztráty ví energie co nejmenší.
2. Kvalita vstupních obvodů, které mají zásadní vliv na šumové číslo přijímače (jeho vstupní citlivost).
3. Šířka pásma vstupních obvodů.
4. Výkonový zisk vstupní jednotky. Čím je zisk větší, tím méně se uplatní šum mf zesilovače.
5. Vyzařování oscilátoru do antény a tím nebezpečí rušení sousedních přijímačů.

Protože vstupní obvody přijímačů VKV zpracovávají signály poměrně vysokých kmitočtů, ustálila se konstrukční praxe jak průmyslová, tak i amatérská, řešit vstupní jednotku jako samostatný díl, obvykle výrazně mechanicky oddělený od ostatních částí přijímače a ve stínícím pouzdru.

Způsob ladění a konstrukce vstupní jednotky z velké části určují elektrickou i mechanickou koncepci celého tuneru. U přístrojů nižších jakostních tříd, určených pro při-

jem méně vzdálených vysíláčů, se často využívá dvoutranzistorových jednotek s kmitajícím směšovačem a s předzesilovačem. Laděné obvody jsou v takovém případě dva a rezonanční kmitočet se u staršího provedení mění změnou indukčnosti cívek (posouváním vnitřních feritových jader), nebo změnou kapacity ladícího kondenzátoru. Systém posuvných jader není pro amatérskou výrobu vhodný, jednak pro svou složitost a náročnost na přesnost mechanického provedení a jednak proto, že polohou jádra uvnitř cívky se mění nejen její indukčnost, ale také její jakost – proto nelze zajistit při velké přeladitelnosti (přes obě pásma VKV) dobrý souběh. Současné přijímače této třídy používají k ladění dvojité otočné kondenzátory.

Přijímače vyšší jakostní třídy mají obvykle vstupní jednotky se souběžně laděnými třemi až čtyřmi obvody se samostatně pracujícím oscilátorem i směšovačem. Jednotka se pak samozřejmě ladí tři až čtyřstupňovým otočným kondenzátorem. Možnost postavit podobnou jednotku je však mizivá pro téměř stálý nedostatek těchto kondenzátorů.

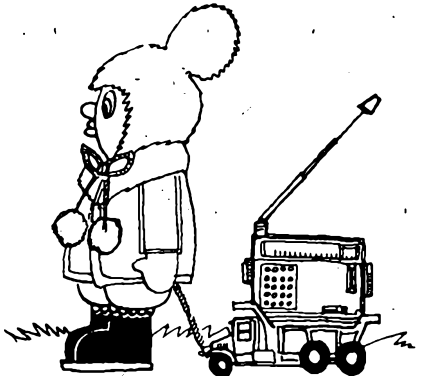
Vstupní jednotky se často staví na destičce s plošnými spoji, která bývá u špičkových zařízení umístěna ve stínícím krytu. Cívky jednotlivých obvodů jsou vinuty měděným, často i postříbeným drátem, aby jejich jakost byla co největší. Výroba (i nastavení) těchto cívek při sériové výrobě je jednoduchá, avšak u amatérské praxe je situace poněkud horší. I když zhotovení vinuté cívky není příliš složité, je známo, že jednak nejsou obvykle ke koupi předepsané kostičky, jádra, stínící kryty či vhodné průměry drátů, a jednak nepřesné zhotovení cívek (zvláště méně zkušenými konstruktéry) může způsobit značné odchylky od předepsaných údajů, neboť změna délky vodiče o několik mm, jiné stoupání vinutí, jiné jádro (a další detaily) bývají často příčinou toho, že cívka má naprosto jiné ví parametry, než jaké jsou předepsány. Pak ovšem víceobvodovou jednotku bez speciálních přístrojů nastavit nelze. Proto se čas od času setkáváme ve stavebních návodech u méně náročných přijímačů s náhradou cívek vinutých cívkami plošnými (na desce s plošnými spoji). U některých dále popisovaných zapojení jsou tyto cívky použity.

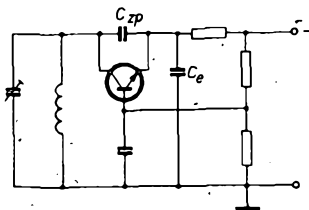
Kvalitní vstupní jednotky jsou tedy obvykle tři až čtyřobvodové se samostatným oscilátorem, směšovačem a předzesilovačem.

Oscilátor

Správná funkce jednotky VKV vyžaduje od oscilátoru, aby jeho výstupní napětí mělo amplitudu potřebnou pro směšování (0,2 až 0,3 V) a aby tato amplituda (i kmitočet) byla v přeladovaném kmitočtovém rozsahu co nejstálější. Důležité je i to, aby stabilita kmitočtu oscilátoru co nejméně závisela na pracovních podmínkách (tj. na teplotních a napěťových změnách apod.).

Zapojení, u něhož lze uvedené požadavky splnit s nejmenšími potížemi, je oscilátor Colpittsův. Jeho nastavení je snadné, stabi-





Obr. 40. Zapojení Colpittsova oscilátoru

ta kmitočtu a výstupního napětí jsou při vhodně zvolených součástkách v širokém rozsahu přeladitelnosti uspokojivé. Podmínka vzniku oscilací je dána zavedením kladné zpětné vazby z kolektorového obvodu do emitoru přes vazební kondenzátor s malou kapacitou. Fáze napětí v této zpětné vazbě musí být přesně 0° nebo 180° . Není-li tato podmínka přesně dodržena, oscilátor nekmitá na kmitočtu laděného obvodu, ale na kmitočtu, pro nějž zpětnovazební a korekční prvky obvodu splňují uvedenou podmínku fázového otočení. Pak ovšem stačí velmi malé změny fázové strmosti, aby došlo k velké změně oscilátorového kmitočtu.

Přesného nastavení fázové strmosti lze dosáhnout u křemíkových tranzistorů připojením kondenzátoru C_e mezi emitor a zem (obr. 40). Kapacita tohoto kondenzátoru je závislá na pootočení fázové strmosti použitého tranzistoru. Správnou kapacitu má kondenzátor tehdy, nemění-li se výrazně při menší změně napájecího napětí (až 20 %) kmitočet oscilací.

Zpětnovazební člen může být buď indukčního nebo kapacitního charakteru; výhodnější je kapacitní vazba, neboť ji lze realizovat snadněji. Zpětná vazba má být co nejvolnější, aby oscilační napětí obsahovalo co nejmenší vyšších harmonických složek. Kondenzátor C_{zp} ve zpětnovazební smyčce se proto volí s co nejmenší kapacitou, pouze tak velkou, aby oscilátor „nevypadal“ z činnosti při přeladění či při malé změně napájecího napětí.

Tranzistor oscilátoru nebývá zapojen s uzemněným emitorem, protože pak je třeba k otočení fáze zvláštní vinutí na cívce (i když tento typ oscilátoru je velmi stabilní). Oscilátor bývá obvykle zapojen s tranzistorem s uzemněnou bází. V proud tohoto tranzistoru protéká laděným obvodem a vytváří na něm napětí, které se objeví na impedanci, složené z vazebního kondenzátoru a vstupního odporu tranzistoru. Jelikož je napětí na kondenzátoru fázově posunuto za proudem, kompenzuje se kondenzátorem fázové zpoždění v tranzistoru. Vzniká kladná zpětná vazba, čímž je splněna podmínka oscilací.

U většiny přijímačů je oscilátor laděn tak, aby kmital na kmitočtu, vyšším o mF vzhledem ke kmitočtu přijímanému, aby signály zrcadlových kmitočtů spadaly do vyšších pásem, pro něž je propustnost vstupních obvodů horší. Potřebné výstupní napětí z oscilátoru se nastaví pomocí vazebního kondenzátoru. Kritériem při výběru kapacity kondenzátoru (bez použití měřicích přístrojů) je skutečnost, že kondenzátor s příliš malou či velkou kapacitou zvětšuje šum přijímače.

Obvody oscilátoru mají být poněkud vzdáleny od vstupních obvodů, neboť by z nich mohla energie pronikat do vstupních obvodů a tím do antény a z ní do prostoru jako signál rušícího kmitočtu. Signály by se též mohly parazitně směřovat a mohly by vznikat nežádoucí směšovací produkty, zhoršující kvalitu příjmu.

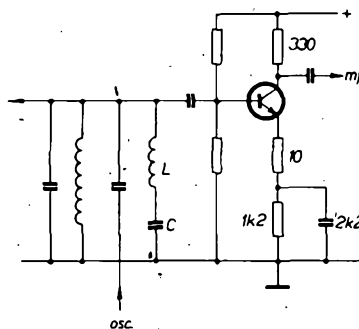
Směšovač

Jsou-li na směšovací prvek (dioda, tranzistor) přivedena dvě napětí o různém kmitočtu,

směšují se, je-li jedno z napětí tak velké, že vybudí prvek do nelineární oblasti jeho charakteristiky. Ke správnému vybudění tranzistoru se využívá vhodnou vazbou nastaveného oscilátorového napětí.

Při návrhu směšovače je nutno vycházet z nelinearity tranzistoru, která je dána vodivostí emitorového přechodu. Pro správnou volbu pracovního bodu a tím i pro dosažení i co nejmenšího šumového čísla tranzistorového směšovače je třeba stanovit potřebné předpětí a poměr směšovacích strmostí pro dvě různé harmonické oscilátorového napětí. Pouze oscilátorové napětí se pak uvažuje, protože toto napětí je mnohem větší, než napětí signálu, které směšovací strmost neovlivňuje.

Aby směšovací tranzistor také zesiloval, zapojuje se s uzemněným emitorem. Převodní charakteristika závislosti proudu kolektoru na napětí báze u tohoto zapojení je pak funkcí emitorového odporu. Bez tohoto odporu je velmi strmá: čím je emitorový odpor větší, tím je charakteristika plošší. V tranzistoru má pracovat v oblasti emitorového proudu 0,8 až 1,5 mA. Pro proudy mimo tento interval se zhoršují přenosové parametry, zvětšuje se šum, obvod má větší náchylnost ke křížové modulaci, výstupní signál proniká zpět na vstup apod. Zapojí-li se pracovní odpor emitoru směšovače podle obr. 41,

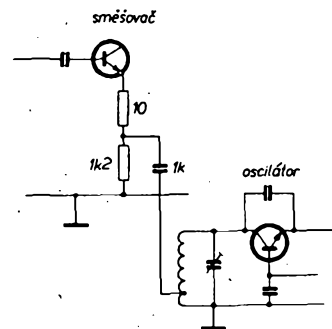


Obr. 41. Zapojení směšovače

vzniká v tranzistoru slabá zpětná vazba, působící proti vazbě kolektor-báze a směšovací charakteristika se částečně linearizuje, čímž se zmenší možnost vzniku nežádoucích směšovacích produktů. To se projeví zmenšením šumu a zlepšením odstupu s/š. Nejvýhodnější pro směšovač je tranzistor s rýze kvadratickou charakteristikou.

Vazba oscilátorového a vstupního napětí na směšovač se může lišit způsobem injekce oscilátorového napětí. Obvykle se vazba zavádí velmi malou kapacitou do báze směšovacího tranzistoru. Nemilou vlastností tohoto zapojení u tranzistorových směšovačů je tzv. zpětné směšování. Je to jev, při němž vzniklý signál k kmitočtu proniká vnitřní vodivostí a kapacitou v tranzistoru zpět na vstup směšovače, kde spolu se signálem oscilátoru vytváří nový vstupní signál, který je však proti signálu původnímu fázově posunut. Při větších vstupních signálech může být tento jev nepříjemný, neboť se projevuje fázovým zkreslením nf signálu. Účinně lze zpětné směšování omezit použitím sériového laděného obvodu LC naladěného na mF kmitočet, zapojeného v bázi tranzistoru podle obr. 41. Indukčnost tohoto obvodu je realizována jako tlumivka s 16 závitů drátu o $\varnothing 0,3$ mm CuL na feritovém jádru M4, sériový kondenzátor má kapacitu 82 pF.

Jiný způsob injekce oscilátorového napětí do směšovače využívá kondenzátoru s větší kapacitou, připojeného jedním koncem na odbočku vinutí cívky oscilátoru a druhým koncem na emitor směšovače (obr. 42). Výhodou tohoto zapojení je, že se nemusí používat sériový laděný obvod ve směšovači,



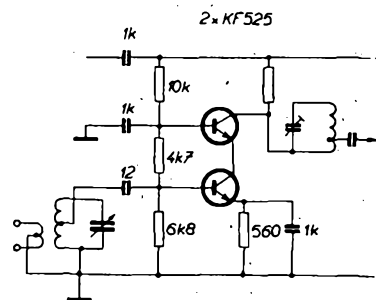
Obr. 42. Zapojení oscilátoru do emitoru směšovače

že se lépe oddělí obvod oscilátoru od vstupu mezifrekvenčního zesilovače a tím více omezí pronikání signálu oscilátoru do ostatních obvodů a možnost vzniku parazitní modulace.

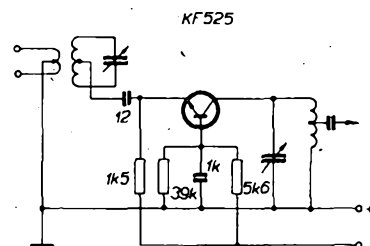
Předzesilovač a vf zesilovač

V současné době se používá mnoho druhů různě zapojených tranzistorových předzesilovačů, převážně v zapojení s uzemněnou bází a s uzemněným emitorem. U špičkových přijímačů se někdy používá kaskádové zapojení tranzistorů. Předzesilovač s „kaskádou“ je velmi stabilní, jsou-li v obou stupních (obr. 43) použity tranzistory se stejným zesílením (odchylky max. 10 %). To lze zajistit takovým nastavením pracovních bodů obou tranzistorů, aby napětí na elektrodách obou tranzistorů bylo rovnoměrně rozděleno, tj. aby napájecí napětí na kolektoru prvního tranzistoru mělo poloviční velikost napájecího napětí. Dosáhne se toho úpravou pracovních odporů, jejichž velikost musí být kromě toho volena tak, aby proud oběma tranzistory nebyl větší než 2 mA.

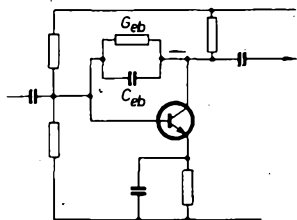
Má-li přijímač značný zisk, pak je výhodné zapojit předzesilovač s uzemněnou bází (obr. 44). Zisk tohoto předzesilovače je sice malý (3 až 6 dB), zesilovač má však malý šum a zlepšuje tak poměr signálu k šumu u přijímače. Také stabilita tohoto zapojení je dobrá.



Obr. 43. Zapojení kaskádového předzesilovače



Obr. 44. Předzesilovač s uzemněnou bází



Obr. 45. Zpětný přenos signálu vnitřní admittancí tranzistoru

U přijímačů s menším celkovým zesílením, u nichž je žádoucí, aby zesiloval i vstupní obvod, je vhodné zapojit tranzistor s uzemněným emitorem. Toto zapojení sice vyžaduje tranzistor s mnohem vyšším mezním kmitočtem, než zapojení s uzemněnou bází, ale dnes, kdy jsou běžně dostupné v křemíkové tranzistory, lze tento požadavek snadno splnit.

Tranzistor, který je zapojen ve vysokofrekvenčním nebo mezifrekvenčním obvodu, nepracuje jako ideální zesilovač (viz obr. 45). Část výstupního signálu z kolektoru proniká přes vnitřní admittanci tranzistoru zpět na bázi, čímž vzniká zvýšené nebezpečí nestability a náchylnosti k oscilacím. Chceme-li pak využít maximálního zesílení, je třeba takový zesilovač neutralizovat, čili vhodným obvodem převést stejné velké napětí opačné fáze z výstupu na vstup tak, aby se obě napětí vzájemně vrušila. Nastavit neutralizační obvody (kombinace RLC) je však velmi obtížné, pro každý tranzistor jsou třeba jiné hodnoty součástek a navíc se neutralizují signály jen v úzkém oboru kmitočtů.

U amatérských konstrukcí je obvykle výhodnější volit menší zesílení na jeden zesilovací stupeň a raději použít více stupňů zesilovač, aby byl obvod stabilní i bez neutralizace. Vhodně zvoleným tlumením vstupního a výstupního laděného obvodu tranzistoru lze ovlivnit stabilitu vř zesilovače i bez neutralizace, sice za cenu částečného výkonového nepřízpůsobení a menšího zesílení, ale obvod s tranzistorem je pak i méně náchylný ke vzniku parazitní modulace.

Mezifrekvenční zesilovač

Obvody mř zesilovače určují šířku přenášeného pásma, selektivitu a potlačení rušivých signálů ze sousedních kmitočtových kanálů a mají největší podíl na zesílení před demodulací. Kvalita mř zesilovače je určována především:

1. Napětovým zesílením uprostřed propouštěného pásma.
2. Závislostí absolutní hodnoty napětového zesílení na kmitočtu, z níž se určuje přenášená šířka pásma; závislost se nazývá útlumová charakteristika, při grafickém zobrazení je to křivka kmitočtové propustnosti, popř. křivka útlumu.
3. Fázovým posuvem napětí mezi vstupním a výstupním signálem, závislým na kmitočtu.
4. Dobrým amplitudovým omezením signálu.
5. Skupinovým zpožděním, neboli zpožděním modulační obálky přenášeného signálu za signálem nosného kmitočtu.
6. Použitými laděnými obvody a jejich nastavením.
7. Konstrukční a výrobní složitostí, danou požadavky a možnostmi výrobce.

Napětové zesílení signálů v propouštěném kmitočtovém pásmu je určováno počtem

zesilovacích stupňů a volbou laděných obvodů. Klasické tranzistorové mř zesilovače mají tři až čtyři zesilovací stupně, vzájemně vázané laděnými obvody. Tranzistory se zapojují buď s uzemněnou bází, nežádáme-li špičkové parametry a maximální možné zesílení na stupni, ale jednodušší a stabilnější zapojení bez neutralizace, nebo v zapojení s uzemněným emitorem. Současné křemíkové tranzistory používané v mř zesilovacích mají i v zapojení s uzemněným emitorem a bez neutralizace velké zesílení, proto se často využívá tohoto zapojení.

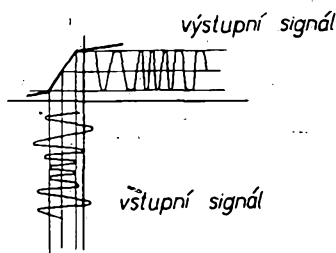
U nenáročných přijímačů určených k monofonnímu příjmu není nutnou podmínkou fázová věrnost (nulový fázový posuv) zesilovaného signálu při jeho průchodu mř zesilovačem. U přijímačů určených pro příjem stereofonních signálů je však zachování fázové věrnosti signálu prvotním úkolem zesilovače. Fázový posuv při průchodu signálu laděným obvodem je totiž tím větší, čím vyšší je modulační kmitočet – proto se při monofonním příjmu prakticky neuplatní. U stereofonního signálu, u něhož jsou modulační kmitočty až 53 kHz, se však fázový posuv projeví velmi výrazně. Při malých změnách fáze lze zkreslení částečně potlačit účinnou limitací (omezením) signálu, při velkém fázovém posuvu se však zkreslení vř signálu projeví většími přeslechly a zhoršenou kvalitou reprodukce.

Kvalitní přijímač musí tedy účinně amplitudově omezovat signál, aby amplitudové změny přijímaného signálu neměly vliv na výstupní signál, který musí být po omezení konstantní. Amplitudový omezovač pracuje na principu zesilovače přebuzeného velkým vstupním napětím signálu (obráz. 46). Před omezovačem musí být proto zesilovač s velkým amplitudovým zesílením a omezovač musí mít vhodně volené předpětí. Uvedené stupně však nesmí především deformovat přenosovou charakteristiku a zkreslovat signály. Nedostatkům v tomto směru lze předjet použitím kondenzátoru s větší kapacitou (na úkor indukčnosti) v laděných obvodech omezovače a zapojením oddělovacích odporů (stovky ohmů) mezi laděný obvod a omezovací tranzistor. Odpor zmenšuje vliv vnitřní admittance tranzistoru na laděný obvod. U mř zesilovačů s velkým zesílením se zamezuje přebuzení omezovače diodou (GA203), paralelně připojenou k laděnému obvodu na vstupu omezovače.

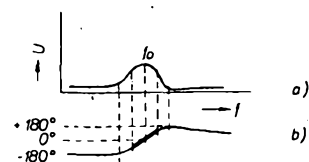
Abyste bylo zkreslení signálů vyšších kmitočtů zanedbatelné, musí být časová konstanta obvodů RC v bázi tranzistorů v celém mř zesilovači i v omezovacích obvodech menší než 5 μs .

Skupinové zpoždění

U každého čtyřpólu, tedy i u vř zesilovače, je signál na výstupu časově zpožděn proti signálu na vstupu. Délka tohoto zpoždění je dána charakterem čtyřpólu. Zesilovač laděný na určitý kmitočet zpožďuje signály různých



Obr. 46. Princip amplitudového omezovače. Čím je kolektorové napětí omezovače menší, tím je lineární část převodní charakteristiky méně strmá a kratší a omezení (limitace) je výraznější.

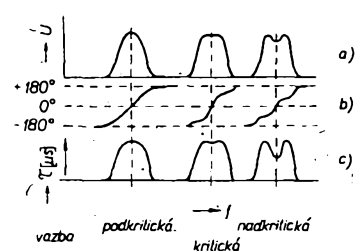


Obr. 47. Průběh útlumové charakteristiky laděného zesilovacího stupně (a) a průběh fázového posuvu signálu, procházejícího laděným zesilovačem (b)

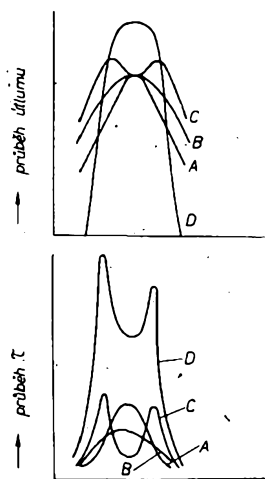
kmitočtů různě. Časový posuv mezi přenášenými signály různých kmitočtů je přímo závislý na průběhu fázové charakteristiky zesilovače. Její tvar je určen vzájemnou vazbou mezi laděnými obvody. Derivací fázové charakteristiky celého zesilovače je křivka skupinového zpoždění (v_{js}) v závislosti na kmitočtu. Výsledný fázový posuv zesilovače je dán součtem fázových posuvů jednotlivých laděných zesilovacích stupňů. Podle průběhu kmitočtové charakteristiky těchto stupňů lze usuzovat na průběh fáze, na průběh fáze však nelze usuzovat z tvaru křivky kmitočtové propustnosti celého zesilovače. Ta může mít téměř ideální průběh a přitom může být fázový posuv velmi značný. Na obr. 47 je průběh fáze v závislosti na tvaru křivky kmitočtové propustnosti jedné pásmové propusti.

Každý jednostupňový zesilovač v běžném zapojení obrací fázi vstupního napětí o 180° . Mění-li se kmitočet vstupního napětí u laděného zesilovače na jednu či druhou stranu od středu propouštěného pásma, není již jeho fáze posunuta o 180° , posuv je závislý na kmitočtu. Čím větší je změna kmitočtu, tím větší je posuv fáze. Zobrazením průběhu fáze u ideálního zesilovače by měla být přímka, rovnoměrně klesající a stoupající od středního kmitočtu. U paty křivky kmitočtové propustnosti zesilovače je fázový posuv -180° , na vrcholu 0° a u paty sestupné části křivky $+180^\circ$. Z obr. 47 je vidět, že při podkritické vazbě obvodů je průběh fáze v požadovaném kmitočtovém intervalu (pro -3 dB) lineární. Při kritické a mírně nadkritické vazbě již dochází k malé nelinearitě, která se i při mírném přechodu v nadkritickou vazbu velmi rychle zhoršuje (obráz. 48). To pak znamená, že signály kmitočtů blízkých nosnému kmitočtu jsou přenášeny s menším zpožděním, než signály kmitočtů vyšších postranních pásem. Protože výpočet skupinového zpoždění z průběhu křivky propustnosti celého zesilovače je obtížný, je vhodnější nakreslit si průběhy propustnosti jednotlivých obvodů a určit z nich průběhy fáze a podle nich pak usuzovat na výsledný průběh skupinového zpoždění (obráz. 49). Jsou-li všechny obvody zesilovače vázány podkriticky (na jednom kmitočtu), lze zjednodušeně říci, že i průběh skupinového zpoždění bude v této propustné části lineární.

Pokud jde o útlumovou kmitočtovou charakteristiku, lze vhodným nastavením jed-



Obr. 48. Vliv vzájemné vazby mezi obvody pásmové propusti na průběh fáze a skupinového zpoždění; a) útlumová charakteristika, b) fázová charakteristika, c) skupinové zpoždění



Obr. 49. Průběh útlumu a skupinového zpoždění u třístupňového mf zesilovače. A, B – dvě pásmové propusti, C – pásmová propust, D – výsledný průběh útlumu a jemu odpovídající časové zpoždění

notlivých obvodů dosáhnout žádané kmitočtové charakteristiky celého zesilovače, čili lze vhodně kombinovat různé stupně vazby; pokud jde o fázovou kmitočtovou charakteristiku, je nastavení složitější, neboť nelinearity jednotlivých obvodů se sčítají a zvětšují, nelinearity nelze tedy vzájemně kompenzovat. Při silném signálu se vlivem limitace útlumová charakteristika zploští, proto jsou přeneseny bez nesnázi i signály vyšších posranních kmitočtů, je-li však vlivem nesprávně nastavených laděných obvodů skupinové zpoždění značně nelineární, pak se větším signálem „nesrovná“.

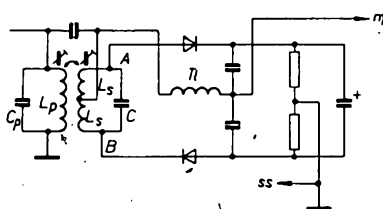
Při stereofonním příjmu, kdy musí být přenášeny v kmitočtové pásmo podstatně širší než při monofonním signálu, je obzvláště nutné, aby byla splněna podmínka časové shody délky zpoždění signálu všech přenášených kmitočtů. Není-li tomu tak, pak je reprodukce nejen zkreslená, ale může být i zcela potlačen stereofonní jev. To vyplývá z podstaty vysílání stereofonního signálu – součtový signál levého a pravého kanálu (L+P) a jejich rozdílový signál (L-P) se přenáší tak, že součtovým je modulován signál nosného kmitočtu přímo, tedy jako monofonní signál do 15 kHz, rozdílový signál je kmitočtově posunut tak, že nejvyšší hranice modulačního kmitočtu je 53 kHz. Přenášeli zesilovač signály těchto kmitočtů s jiným časovým zpožděním, než signál součtového kanálu, vzniká po jejich sloučení ve stereofonním dekodéru signál, který není věrným obrazem vysílané stereofonní informace. Při extrémně nelineárním průběhu časového zpoždění se výsledný akustický projev blíží úkazu, který je u stereofonie známý při přepólování reproduktoru na výstupu jednoho z obou kanálů.

Poměrový detektor

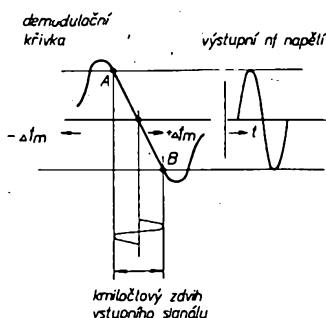
Dnes již klasickým (a do nedávné doby dominujícím) demodulátorem pro kmitočtově modulovaný signál je detektor poměrový. Tento detektor má kromě své detekční funkce ještě schopnost také částečně omezovat amplitudu signálu a tím výhodně přispívat k celkovému zmenšení rušivých vlivů na signál. Správná funkce poměrového detektoru je závislá především na provedení vstupní pásmové propusti, u níž je sekundární vinutí rozděleno na dvě přesně stejné sekce, v jejichž společném středu je v napětí primárního vinutí (obr. 50). Přichází-li na tuto pásmovou propust signál nosného kmitočtu bez

modulace, pak je na koncích obou vinutí sekundárního obvodu vř napětí, neboť výsledné napětí obou vinutí je v protifázi. Při modulaci nosné se napětí v bodech A a B (obr. 50 a 51) mění v závislosti na okamžitých změnách kmitočtu a usměrněním tohoto napětí správně polarizovanými diodami se na výstupu (proti zemi) objeví nf signál. Dalšími obvody poměrového detektoru se upravuje demodulační charakteristika, činitel omezení amplitudově modulovaného signálu a nízkofrekvenční zkreslení. Při rozladění nosného kmitočtu vzniká na výstupu demodulátoru stejnosměrná složka napětí, které lze využít k automatickému doladění kmitočtu oscilátoru ve vstupní jednotce. Výstupní detekované nf napětí je tedy závislé na změnách kmitočtu nosné a je funkcí poměru napětí obou sekundárních vinutí na diodách; odtud vyplývá také název tohoto detektoru.

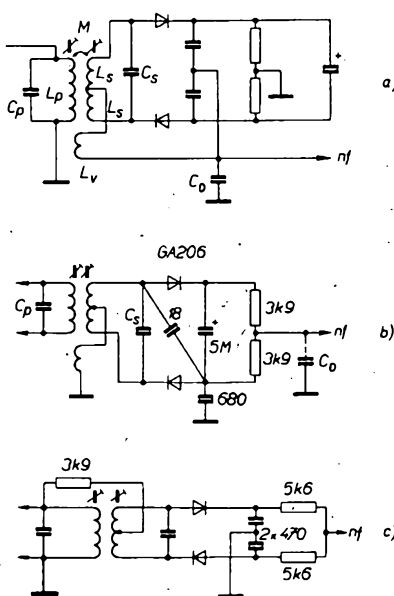
Různé typy tohoto detektoru jsou na obr. 52.



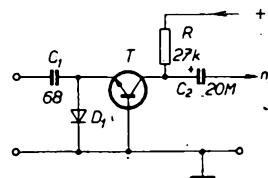
Obr. 50. Poměrový detektor s kapacitní vazbou na primární vinutí



Obr. 51. Princip kmitočtové demodulace



Obr. 52. Další zapojení poměrového detektoru; a) s indukční vazbou terciálním vinutím, b) s vazební smyčkou, c) s vazbou odporem



Obr. 53. Počítací diskriminátor

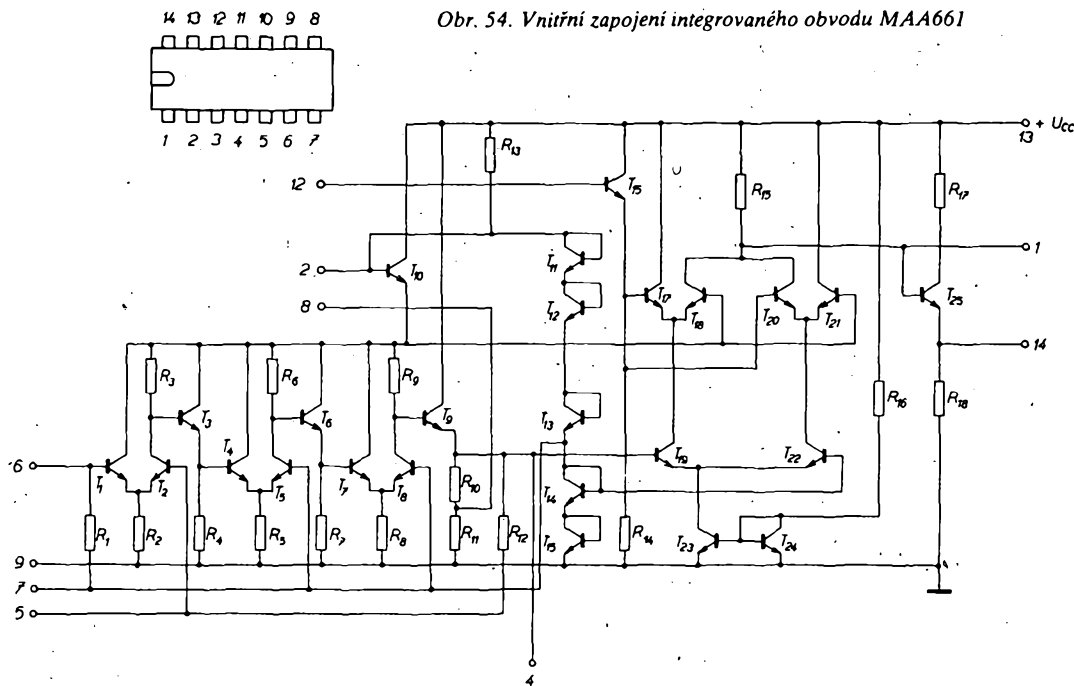
Počítací diskriminátor

Velmi jednoduchý detektor, vyznačující se nepatrným zkreslením signálu (řádu desetin %), je diodově-tranzistorový integrátor. Tento detektor nemá žádný laděný obvod a není ho třeba ani jinak nastavovat. Protože však strmost pracovní charakteristiky je závislá na mf kmitočtu a s jeho zvyšováním se zmenšuje, je možno použít detektor uspokojivě jen do kmitočtů kolem 1 MHz. Mf zesilovač musí být proto řešen tak, aby pracoval maximálně na kmitočtu 1 MHz. Má-li detektor správně pracovat, musí být signál značně zesílen, aby ze sinusovky nosného kmitočtu vznikly pravoúhlé obdélníkovité kmity. Šířka obdélníků je stejná, je-li nosný kmitočet bez modulace. Vlivem modulace se mění kmitočet a mění se tedy i šířka impulsů. Zapojení tohoto detektoru je na obr. 53. Obdélníkovité impulsy po průchodu kondenzátorem C_1 a usměrňovací diodou D_1 nabíjejí kondenzátor C_2 . Náboj kondenzátoru se pak vybíjí (dosáhne-li určité velikosti) přes tranzistor T (přes přechod emitor-kolektor). Nabíjením a vybíjením kondenzátoru C_2 vznikají na kolektorovém odporu impulsy pilovitě tvaru, jejichž okamžitá výška je úměrná okamžité šířce vstupních impulsů. Není-li signál modulován, jsou všechny výstupní impulsy stejné a na výstupu se objeví konstantní stejnosměrné napětí. Je-li signál modulován, tranzistor se otevírá v různých okamžicích a na odporu R bude proměnné impulsní napětí, úměrné amplitudě modulačního signálu. Odpor R a kondenzátor C_2 vytvářejí integrační člen, na němž vzniká z impulsů (proti zemi) střídavé napětí, odpovídající svým průběhem nízkofrekvenčnímu signálu.

Integrovaný mf zesilovač

V nedávné době se objevil v prodeji nový obvodový prvek, který velmi usnadňuje stavbu i nastavení mf zesilovače. Je to integrovaný obvod TESLA MAA661. Je vyroben planární technologií na keramické destičce rozměrů $1,25 \times 1,25$ mm a jeho vnitřní zapojení je na obr. 54. Vyrábí se v pouzdru typu DIL (dual-in-line) z plastické hmoty se 14 vývody, u nás má toto pouzdro katalogové označení K 402. Integrovaný obvod obsahuje širokopásmový limitující diferenciální zesilovač, koincidenční detektor k demodulaci kmitočtově modulovaného signálu, napěťový stabilizátor, který umožňuje spolehlivou činnost obvodu v rozmezí napájecího napětí 4,5 až 15 V a nf předzesilovač. Kmitočtový rozsah je podle údaje výrobce 5 kHz až 60 MHz.

Širokopásmový zesilovač je složen ze tří diferenciálních stupňů, vzájemně vázaných emitorovými sledovači. Vazba mezi jednotlivými stupni je stejnosměrná a pracovní body tranzistorů v jednotlivých stupních jsou nastaveny tak, že výstupní stejnosměrné napětí z předchozího stupně je rovné vstupnímu napětí stupně následujícího. Jednotlivé emitorové sledovače pak pracují jako převodní-



Obr. 54. Vnitřní zapojení integrovaného obvodu MAA661

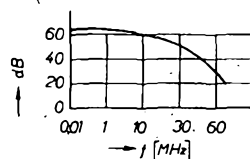
ky těchto napěťových úrovní. Nastavením pracovních podmínek je také dán stupeň limitace výstupního signálu v jednotlivých diferenciálních zesilovačích a výsledné zesílení i práh limitace celého vf zesilovače. K zajištění velké teplotní stability v rozmezí teplot od 0 do 100 °C je z výstupního emitorového sledovače vf zesilovače zavedena stejnosměrná stabilizační zpětná vazba přes odpor (R_{12}) do prvního diferenciálního stupně. Přenosová charakteristika diferenciálního zesilovače je na obr. 55.

Zisk zesilovače je 60 dB a zesilovač při dostatečném vstupním vf napětí dokonale souměrně omezuje jeho amplitudu bez parazitních fázových posuvů. K demodulaci signálu není použit klasický detektor, ale využívá se logické funkce – koincidence – známé z číslicové techniky, odtud tedy název koincidenční detektor.

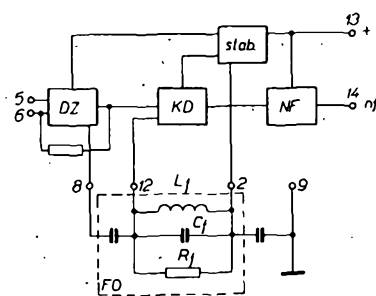
Správná funkce celého zesilovače je mimo jiné závislá také na přesném nastavení pracovních podmínek. I když je toto nastavení prakticky velmi jednoduché, přesto nebude na škodu, když se v krátkosti seznámíme s funkcí zesilovače. Napětí z výstupu diferenciálního zesilovače postupuje na dva omezovací zesilovače v KD (viz obr. 56) jednak přímo, jednak přes vnější fázovací obvod FO. Následkem koincidence (délky časové shody dvou fázově o 90° posunutých napěťových impulsů) obvodu KD budou na jeho výstupu kladné impulsy pouze tehdy, budou-li na jeho vstupu současně napětí shodné polarity. Při změnách kmitočtu se mění také fázový posuv obou vstupních napětí a tím i doba trvání napětí shodné polarity. Výsledná šířka výstupního impulsu bude proto závislá na okamžitém kmitočtu vstupního signálu. Impulsy s proměnnou šířkou se přivádějí na integrační člen RC, jehož kondenzátor C₁ se nabíjí na střední velikost impulsního napětí. Při středním mf kmitočtu f_0 bude na kondenzátoru právě polovina maximální velikosti vstupního napětí. Změní-li se kmitočet, změní se i fázový posuv a pak při změně kmitočtu na jednu stranu od f_0 dochází ke koincidence v delších časových intervalech a výsledné napěťové impulsy jsou širší, tím je také výstupní napětí větší než poloviční. Při opačné změně kmitočtu je koincidence kratší,

impulsy se zúží a výsledné napětí bude menší. Tak se bude amplituda výstupního signálu zvětšovat či zmenšovat souhlasně s fázovým rozdílem obou napětí a bude tedy přímo úměrná kmitočtovému zdvihu.

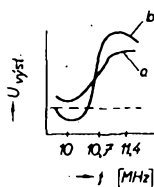
Má-li koincidenční detektor pracovat bez zkreslení, musí fázovací obvod FO splňovat požadavek lineárního převodu napětí v daném kmitočtovém pásmu. Tomuto požadavku nejlépe vyhovuje jednoduchý obvod LC. Je-li rezonanční obvod L₁ C₁ součástí fázova-



Obr. 55. Zisk diferenciálního zesilovače u MAA661 v závislosti na kmitočtu



Obr. 56. Funkční blokové schéma MAA661; KD – koincidenční detektor, DZ – diferenciální zesilovač, NF – nf předzesilovač, FO – fázovací obvod



Obr. 57. Vliv tlumení fázovacího obvodu odporem na strmost demodulační charakteristiky

ciho obvodu, je oblast lineární demodulační charakteristiky závislá pouze na jeho jakosti. Čím je Q obvodu větší, tím je pásmo kmitočtů užší a demodulační křivka (křivka S) strmější. Také amplituda výstupního signálu se zvětší. Zlepší se i potlačení parazitní amplitudové modulace. Výhoda tohoto detektoru je zcela zřejmá: k jeho nastavení stačí přesně doladit jediný laděný obvod a to pouze na největší intenzitu výstupního signálu. Ztlumením tohoto obvodu vhodným odporem lze dosáhnout různých strmostí demodulační charakteristiky a tím také měnit šířku pásma, propouštěného detektorem. Na obr. 57 jsou křivky pro různé velikosti tlumící odpory R₁.

Aby nebyl výstupní nf signál z IO zkreslen vlivem nepřizpůsobení, je důležité znát odpor zátěže (vstupní odpor nf zesilovače). Vhodná zatěžovací impedance (její nejmenší činná složka) integrovaného obvodu má mít při napájecím napětí 6 V zhruba 10 kΩ, při napájení 12 V asi 2 kΩ. Je-li uvedená podmínka splněna, je zkreslení nf signálu asi 1 % při zdvihu 50 kHz. Velký zatěžovací odpor (řádu desítek či stovek kΩ) obvodu nevádí, malý odpor ho však neúměrně zatěží a přispívá tím ke zkreslení nf signálu. Použije-li se zesilovač se vstupní impedancí menší, než je třeba, musí se do série s výstupem z IO zapojit přidavný zatěžovací odpor. Je-li přidavný odpor 1,5 kΩ, je nejmenší vhodná zatěžovací impedance 500 Ω.

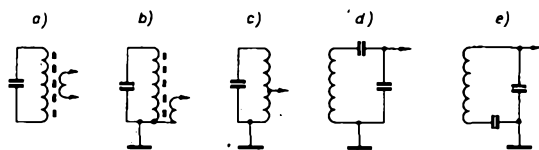
Protože se v dále popisovaných mf zesilovačích používá z větší části právě tento obvod (MAA661), bude ještě o způsobu zapojení IO v mf zesilovačích zmínka.

Vf a mf laděné obvody

Jsou-li laděné obvody vstupních i mezifrekvenčních zesilovačů naladěny do rezonance na příslušných pracovních kmitočtech, slouží jako selektivní vazební členy mezi zesilovacími stupni vstupní jednotky či mf zesilovače. Svým počtem a způsobem provedení udávají celkovou selektivitu přijímače VKV. Laděné obvody jsou buď jednoduché (ty mají jeden laděný obvod LC) nebo složité (se dvěma či více paralelními obvody LC, vzájemně vázanými indukční nebo kapacitní vazbou).

Jednoduše laděný obvod se připojuje ke zdroji i zátěži buď přímo, nebo častěji pomocí indukčního či kapacitního děliče, aby impe-

Obr. 58. Různé způsoby navázání báze tranzistoru k laděnému obvodu



dance zdroje či zátěže (tranzistoru) méně tlumila laděný obvod. Vhodnou volbou tohoto děliče lze dosáhnout optimálního výkonového přizpůsobení tranzistoru k obvodu. Některé varianty vazby jednoduše laděných obvodů jsou na obr. 58. Platí, že čím těsněji jsou laděné obvody vázány s tranzistorem, tím větší je zesílení obvodu, zmenšuje se však činitel jakosti obvodu vlivem zatížení vnitřním odporem tranzistoru a rozšiřuje se šířka přenášeného pásma.

Mají-li obvody v jednotlivých stupních zesilovače velkou jakost, lze dosáhnout dobré selektivity; správné nastavení celého zesilovače je však obtížné a bez vhodných měřicích přístrojů, tj. bez rozmitače a osciloskopu prakticky nemožné.

Jednoduchých laděných obvodů se také využívá k sestavení filtru soustředěné selektivity. Ten se pak zapojuje na vstup širokopásmového neladěného zesilovače. Filtrem soustředěné selektivity lze dosáhnout dostatečně strmých boků křivky propustnosti pro určitou část kmitočtového pásma ještě před zesílením, čímž se značně zmenší náchylnost k parazitní modulaci.

Jako vazební selektivní článek vř a mř zesilovačů se nejčastěji používají pásmové propusti. V obvodu se využívá jak jejich selektivity, tak i jejich vlastnosti jako impedanční transformátor. Pásmovými propustmi lze dosáhnout větší selektivity při menším počtu zesilovacích stupňů. Jejich výhody lze shrnout do těchto bodů:

1. Selektivita zesilovačů s pásmovými propustmi je mnohem lepší, než zesilovačů s jednoduchými obvody.
2. Součin zisku a šířky pásma může být vzhledem k zesilovači s jednoduchými laděnými obvody až dvojnásobný.
3. V okolí rezonančního kmitočtu je křivka propustnosti mnohem plošší, než u zesilovače s jednoduchými laděnými obvody.

Obvody pásmové propusti lze vzájemně vázat indukční nebo kapacitní napětovou či proudovou vazbou. Při kapacitní vazbě jsou oba obvody od sebe dokonale odstíněny. Důležitým parametrem, který má značný vliv na tvar rezonanční křivky pásmové propusti, ať již vázané indukčně či kapacitně, je stupeň vzájemné vazby. U indukčně vázaných obvodů je stupeň vazby závislý na vzdálenosti obou cívek, a jsou-li obě cívy umístěny na společné kostičce, i na vzdálenosti jader uvnitř cívek. Jsou-li cívy umístěny vedle sebe, zvětšuje se stupeň vazby se zmenšující se vzdáleností obou cívek.

U kapacitně vázaných pásmových propustí závisí stupeň vazby na kapacitě vazebního kondenzátoru. Je-li vazba mezi obvody volná, pak jde o podkriticky vázanou pásmovou propust. Rezananční křivka má stejný průběh jako u jednoduchého laděného obvodu. Zvětšuje-li se vazba (přibližováním cívek či zvětšováním kapacity vazebního kondenzátoru), zvyšuje se vrchol křivky propustnosti. Po dosažení kritické vazby přestane křivka „narůstat“, čili výstupní vř napětí se pak již nezvětšuje a při dalším zvětšování vazby se začínou tvořit na křivce dva vrcholy, střed křivky se začne „propadávat“, viz obr. 48. Čím je vazba těsnější, tím jsou vrcholy proti středu výraznější. Stupeň vazby je nadkritický a na rezonanční křivce jsou tři charakteristická místa, odpovídající třem kmitočtům, a to původnímu střednímu kmitočtu (nejnižší místo vrcholu charakteristiky) a dalším dvěma kmitočtům (vrcholy křivky). Nadkritická vazba je přípustná jen u monofonního příjmu

a to do poklesu středu křivky 3 dB, kdy ještě nedochází k většímu zkreslení nř signálu, fázová charakteristika je však již nelineární.

U ladícího obvodu (cívka, kondenzátor) je splněna podmínka rezonance platí-li, že $2\pi f_0 LC = 1$. U mř obvodů s kmitočtem 10,7 MHz je vhodné, aby kondenzátor měl kapacitu větší než 50 pF, pak se bude tvar útlumové charakteristiky obvodu méně měnit při změnách pracovních podmínek. Indukčnost je u mř zesilovače realizována obvykle jako jednovrstvová cívka na kostičce s feritovým nebo fero-kartovým jádrem a celý obvod LC bývá uložen ve stínícím krytu. V obvodech vstupní jednotky jsou používány cívy vinuté buď na kostičku, nebo jen vzduchové, samonosné.

Méně časté, pro mnohé amatéry však velmi výhodné jsou tzv. plošné cívy v laděných obvodech, které jsou přímo součástí desky s plošnými spoji. Protože tento typ cívek je použit u některých dále popisovaných laděných obvodů nejen ve vstupních jednotkách, ale i v mř zesilovačích, seznámíme se s jejich vlastnostmi a způsobem výroby. Při té příležitosti si také řekneme něco o plošných spojích vůbec:

Plošné cívy a spoje

Značný rozmach elektronického průmyslu koncem čtyřicátých let byl příčinou, že se technici mnoha zemí zabývali problémem, jak co možno neefektivněji zmechanizovat často se opakující a časově velmi náročné pracovní operace – propojování jednotlivých součástek elektronických zařízení. V roce 1947 byla ohlášena nová technika spojování, nazvaná podle způsobu výrobní metody nejprve tištěné a později obecně plošné spoje. Technologie výroby desek s plošnými spoji prošla za více jak čtvrt století své existence řadou změn a značně se rozvinula. Mnohé výrobní metody časem zanikly, jiné si své místo udržely a dále se rozvíjejí, jako například technika chemického odleptávání. Ze starších a komerčně méně využívaných metod lze jmenovat techniku nanášení vodivých vrstev na izolační podložku a vypalovací metodu.

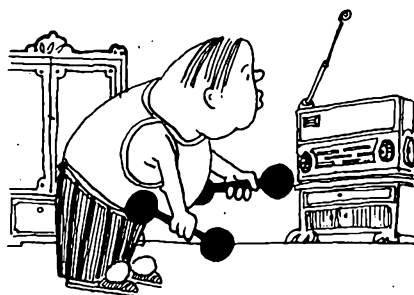
Při odleptávací metodě je polotovarem budoucí deska se spoji izolační materiál plátovaný měděnou fólií. Běžně se používá cuprexart (s izolačním podkladem z pertina-xu) a kvalitnější cuprexit, jehož základem je skelná tkanina s epoxidovým pojidlem. Cuprexit má proti cuprexartu lepší izolační, mechanické i klimatické vlastnosti, ale hromadná výroba se mu vyhýbá, skelná vlákna podkladového materiálu rychle tupí nástroje potřebné ke stříhání a ražení otvorů. Obvyklá tloušťka měděné fólie na izolační podložce je 35 až 70 μm . Desky se vyrábějí v tloušťkách od 0,5 do asi 2 mm a to běžně jedno-

stranně, popřípadě oboustranně plátované měděnou fólií. Vývoj se ovšem nezastavil, objevují se desky s více než dvěma vrstvami nad sebou a také izolační materiály se modernizují – používá se např. teflon. Pojivý jsou potom melaminové či silikonové pryskyřice.

Princip zpracování desky je jednoduchý. Na měděnou fólii cuprexcartové nebo cuprexitové desky se vhodným způsobem nanese ochranná krycí barva na místa, která mají tvořit budoucí vodivé spoje či vinutí plošných cívek. Potom se deska vloží do roztoku chloridu železitého, který na nechráněných místech měděnou fólii odleptá. Po odstranění krycí barvy se obvykle spoje chrání proti oxidaci speciálním lakem, který má usnadnit pozdější pájení součástek. Způsobů nanášení ochranné vrstvy před leptáním je několik. Pro kusovou výrobu a v amatérské praxi se může užít ručního nanášení krycího nátěru štětcem nebo trubičkovým perem. V tom případě vyhoví pro hrubší práce asfalt rozpustný v benzínu nebo nitrocelulózo-vý lak. Vzhled hotové desky je závislý na zručnosti kreslíře a na pečlivosti práce. Metoda přímého nákresu i pro pokusné účely zcela selhává, je-li spojový obrazec příliš jemný, což je případ plošných cívek se závitů těsně vedle sebe. Zde pomůže jen metoda fotografická. Předloha spojového obrazce se nejprve nakreslí v několikanásobném zvětšení na kládívkovou čtverku nebo na vhodnou syntetickou fólii (astralon). Pak následuje přefotografování předlohy ve skutečné velikosti na plochý film. Zmenšením zaniknou možné nepřesnosti kresby. Ke zhotovení desky se spoji lze užít jak negativního, tak pozitivního diafilmu. Volba se obvykle řídí tím, jakou světlocitlivou emulzi pro další zpracování máme k dispozici. Pro běžné případy jsou negativní i pozitivní způsoby rovnocenné. Při zvláště jemných spojových obrazcích se však určité odlišnosti obou metod mohou projevit buď tenčími nebo tlustšími čarami malé tloušťky vzhledem k originálu.

Měděná fólie budoucí desky s plošnými spoji se předem řádně mechanicky i chemicky očistí a pak se na ni nanese speciální světlocitlivá emulze. Negativní diafilm se na ni kontaktně překopíruje světlem bohatým na ultrafialové záření (výbojka). Po expozici se deska vyvolá ve speciální vývojce, která rozpustí neosvětlenou citlivou vrstvu. Potom následuje běžné odleptání v roztoku chloridu železitého.

Pro hromadnou výrobu desek se spoji je fotografické zpracování pomalé a neekonomické. I malé podniky přešly na síťotiskovou metodu nanášení krycích vrstev. K dosažení bezvadného tisku na desce je rozhodující kvalita síťotiskové šablony (síťky). Síťotisk zaručuje přesnou reprodukci i při výrobě miniaturních obvodů. Využitím principu síťotisku se vyrábějí např. tlustovrstvové obvody. Při velkosériové výrobě desek s plošnými spoji odleptávacími metodami přichází nazmar velká část měděné fólie (podle hustoty spoju až 90 %). Již před časem někteří velkovýrobci desek zavedli nový způsob výroby, tzv. Novoprint. Zpracování začíná u neplátované izolační podložky, která se mechanicky připraví, tj. nařeže se na potřebnou velikost a vyrazí se do ní všechny díry pro součástky. Na celou desku, tedy i do děr, se nanese velmi tenká vrstva vodivého povlaku, který se galvanicky pokoví mědi na tloušťku asi 3 μm . Potom se deska zamaskuje na místech, kde nebudou spoje a zbývající odkrytá část se galvanicky pokoví mědi na tloušťku asi 35 μm . Po odstranění masky se deska krátce ponoří do leptací lázně, až se měděná a vodivá vrstvička mezi spoji odleptá.



V amatérské praxi se někdy odstraňují nepotřebné části měděné fólie mechanicky, rytím nebo gravírováním. Krycí vrstvu na desce lze také vytvořit nalepováním proužků samolepící pásky, nebo tzv. suchými obtiský typu Propisot, Transotyp aj.

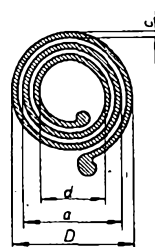
Sedesátá léta byla ve světě poznamenána co nejširším uplatněním plošných cívek, které se staly jistou módou. Velká věrnost podání i nejmenších detailů spojového obrazce při fotografickém zpracování dala v minulosti podnět k pokusům vytvořit vícevrstvé ploché cívky, které by mohly nahradit vinutí menších transformátorů. Jednotlivé plošné cívky na tenkých deskách se skládaly do sebe. Proudová zatížitelnost takového vinutí však byla velmi malá, a proto se od výroby transformátorů s plošnými cívkami zase upustilo. V pozdější době se také zmenšil zájem o plošné cívky vlivem nesnadno řešitelných problémů s jejich jakostí, rozměrností a přesným navržením vhodného tvaru. Objevily se dokonce hlasy zatracující plošné cívky vůbec, a to především proto, že při velkosériové výrobě nelze totiž zaručit naprosto přesné stejné vlastnosti cívek hlavně vlivem změny kvality izolační podložky. U menších sérií lze naopak zaručit reprodukovatelnost velmi dobrou. Při přesném dodržení všech postupů lze zajistit, aby se indukčnost jednotlivých plošných cívek nelišily o více než 5 %.

Má-li být v navrhovaném elektronickém obvodu použita cívka s předepsanou indukčností nejvhodnější konstrukce, pak určujícími veličinami jsou obvykle její jakost a geometrické rozměry. Je skutečností, že u plošných cívek mají obě tyto veličiny nevhodnou velikost v závislosti na indukčnosti. Dosažitelná jakost cívek je obecně určena především průřezem vodiče, vzdáleností mezi závitů, geometrickým tvarem a ztrátovým činitelem izolační podložky. S určitým omezením platí zásada, že čím je vodič tenčí a vzdálenost mezi závitů větší, tím je jakost cívky menší. U plošných cívek jde tedy o šířku fólie a šířku mezery mezi závitů. Z technologických důvodů je poměr těchto rozměrů vzhledem k jakosti cívky nepříznivý. Také poměrně velká plocha styku vodiče celé cívky se základním materiálem zhoršuje jakost vlivem ztrátového činitele této podložky. Při vývoji plošných cívek je třeba volit vhodný kompromis mezi velikostí cívky, šířkou vodiče a mezerou mezi závitů. Vyhoví-li výsledná jakost cívky pro požadovaný účel, získáme naopak velkou výhodu v jednoduchosti a snadné reprodukovatelnosti kusové i sériové výrobě.

V posledních letech se znovu objevily ve větší míře především v USA obvody pro VKV s plošnými cívkami. Jejich použití je zdůvodňováno snadnou realizovatelností bez nároků na další materiál, přesností a nenáročností provedení u libovolného počtu vyrobených kusů a především velmi dobrou kmitočtovou stabilitou; stejné stability nelze dosáhnout u žádné jiné běžným způsobem vinuté cívky.

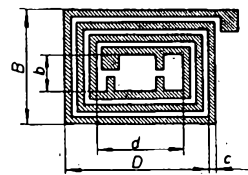
Tvar plošných cívek může být různý. Pro nižší kmitočty se používají cívky ve tvaru spirál a to kruhové nebo pravouhlé. Posledně jmenované cívky mají při stejném počtu závitů přibližně o 12 % větší indukčnost, jejich činitel jakosti je však při jinak stejných podmínkách horší, neboť se zmenšuje nejen impedancí vodiče, ale také vířivými proudy, vznikajícími na hranách spirály. Pro velmi vysoké kmitočty používají někteří zahraniční výrobci „plošné vlnovody“, např. u vstupních jednotek pro televizní přijímače na IV. a V. pásmu. Aby byly ztráty těchto cívek, které jsou jen několik centimetrů dlouhé, a větší-

Obr. 59. Indukčnost kruhové a čtvercové plošné cívky. Indukčnost kruhové cívky $L \approx 0,0215 a n^{5/3} \log 8a/c$, kde a je střední poloměr spirály, c je šířka závitů (oba rozměry v cm) a n je počet závitů; indukčnost čtvercové cívky $L \approx 0,0241 a n^{5/3} \log 8a/c$



$$a = \frac{D-d}{4}$$

a)



$$a = \frac{B \cdot D \cdot b \cdot d}{4}$$

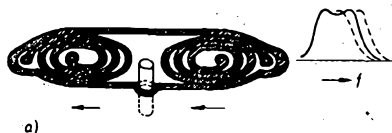
b)

nou přímé, co nejmenší, odstraňuje se izolační materiál po stranách plošného vodiče, tvořícího střední část vlnovodu. Mechanická pevnost plošných cívek závisí především na vlastnostech izolačního podkladu, který se může například teplem zkroutit natolik, že jemné plošné závitů popraskají. V tomto ohledu je třeba dát přednost cuprexitu před cuprexem.

Plošné cívky mají své uplatnění hlavně ve vlnovodech, kde jsou potřebné indukčnosti malé, a v obvodech pracujících s větší šířkou přenášeného pásma – zde není na závadu menší jakost cívek. Dobrým příkladem účelné aplikace plošných cívek byly např. kanálové vodiče starších televizních přijímačů (u současného způsobu ladění TV je již nelze použít).

Pro amatéry má použití plošných cívek význam poněkud jiný. Amatérské přístroje se dnes téměř ve všech případech konstruují na deskách s plošnými spoji. Zařízení popisovaná v odborných časopisech obsahují obvykle desku se spoji, kterou si zájemce může hotovou koupit v příslušné prodejně. Sestavení elektrické části přístroje se pak omezí na osazení desky součástkami. Odpory a kondenzátory se prostě nakoupí. Horší je to s cívkami. Zde nejen nedostatek vhodného materiálu, ale také zhotovení a nastavení cívek jsou mnohdy úskalím, které odradí od stavby. Proto se někteří konstruktéři vyvíjející přístroje pro amatérskou stavbu snaží nahradit vinuté cívky cívkami plošnými. Méně zkušení amatéři tak dostanou do ruky návod na zařízení, které jim bude při pečlivé stavbě a při použití předepsaných součástek pracovat na první zapnutí. Vzhledem k jistým elektrickým nedostatkům plošných cívek nemůže ovšem většinou jít o přístroje se špičkovou kvalitou po všech stránkách.

Při návrhu obvodu s plošnými cívkami je nutné především uvážit, zda je reálná možnost jeho reprodukovatelnosti a zda vlastnosti plošné cívky podstatně neovlivní jeho správnou činnost. Pro výpočet indukčnosti plošné cívky existují experimentálně stanovené vzorce (obr. 59). Je třeba počítat s tím, že skutečná indukčnost se od vypočítané bude vždy poněkud lišit. Návrh obvodu s plošnými cívkami je v současné době především experimentální záležitostí.

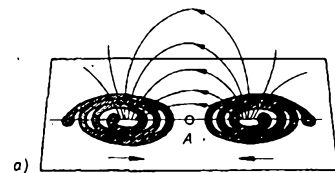


a)



b)

Obr. 60. Vliv změny toku proudu v závitů nakrátko na změnu tvaru přenosové charakteristiky

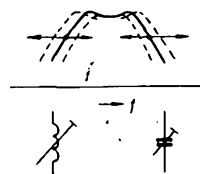


a)



b)

Obr. 61. Vliv feritového jádra umístěného mezi cívkami na jejich vzájemnou vazbu; a) cívky bez jádra, b) s jádrem vloženým do místa A

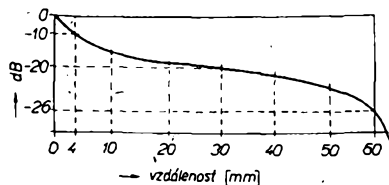


Obr. 62. Vliv změny kapacity či indukčnosti na změnu tvaru přenosové charakteristiky

Plošné cívky lze v případě potřeby také dolaďovat. Používají se k tomu feritová jádra umístěná axiálně ve středu cívky (kolmo k desce). Jádro lze umístit i podélně nad půlkou vinutí a dolaďovat cívku pohybem jádra, rovnoběžným s deskou. U indukčně vázaných vlnových propustí, které jsou tvořeny dvěma plošnými cívkami umístěnými vedle sebe, lze smyčkou, která kolem obou cívek tvoří závit nakrátko, měnit vzájemnou vazbu a tím také průběh přenosové charakteristiky (obr. 60). U pásmových propustí lze měnit tok proudu v obou cívkách také tak, jak je znázorněno na obr. 61.

Změna toku proudu v cívkách má pochopitelně vliv na tvar přenosové charakteristiky (obr. 62). Nejjednodušeji lze plošné cívky dolaďovat změnou jejich délky. Předpokládá-li se při návrhu cívky, že bude k získání správné indukčnosti třeba cívku „hruběji“ dolaďovat, vyleptá se spolu s cívkou také mřížka uvnitř této cívky. Prerušením, případně spájením některých spojů této mřížky se mění délka vodiče a tím se také mění její indukčnost. Pro jemné dolaďování lze použít feritová jádra uvnitř cívek.

V technice VKV jsou obvody, v nichž použití plošných cívek přináší dokonce podstatné výhody. Jde například o obvody se dvěma laděnými cívkami, vázanými spolu proudovou vazbou. Kondenzátor nelze použít, protože délka přívodů má obvykle větší impedanci než je impedance samotného kondenzátoru – velikost vazby je tudíž určena převážně délkou přívodů. Jsou-li jako vazební členy použity cívky realizované klasicky, jsou jejich indukčnosti tak malé, že i nepatr-



Obr. 63. Průběh útlumu indukovaného napětí při různé vzdálenosti dvou plošných cívek

né změny v délce jejich přívodů, způsobené zapájením vývodů cívky hlouběji nebo mělčeji do desky se spojí, způsobují velké změny velikosti vazby. V těchto případech použití plošných cívek přináší potřebnou reprodukovatelnost výsledků při masové výrobě.

Plošné cívky jsou vlastně druhem rámové antény (podle zapojení v obvodu vysílací či přijímací); aby nedocházelo k vzájemné vazbě cívek, musí být od sebe dostatečně vzdáleny. Průběh útlumu v závislosti na vzdálenosti cívek je patrný z grafu na obr. 63. Uvažované zesílení stupně pak musí být přizpůsobeno možné vzdálenosti vstupní a výstupní cívky.

Návrh, vývoj a výroba zkušebního vzorku plošné cívky až po „finální výrobek“ jsou značně časově náročné oproti cívkě klasicky vinuté, neboť její optimální rozměry je nutno stanovit převážně pouze experimentálně. Optimální rozměry se zjistí obvykle až po několika úpravách a změnách; ty jsou však vždy spojeny se změnou spojů na desce s plošnými spoji. Jsou-li však již rozměry a poloha plošné cívky na desce s plošnými spoji přesně definovány, stačí pak jen zakoupit desku s plošnými spoji a víme, že žádný další materiál ke zhotovení cívky nepotřebujeme a že je indukčnost cívky již předem nastavena.

Feritová pásmová propust (Patentová přihláška PV 8962 – 74)

Uvedením integrovaného obvodu MAA661 na trh vyplynula potřeba nové koncepce laděného mř zesilovače. Zisk tohoto integrovaného obvodu je na kmitočtu 10,7 MHz srovnatelný se ziskem třístupňového zesilovače; aby byl zesilován jen užitečný signál, je třeba přivést na vstup IO dostatečně selektivní signál. K selektivnímu výběru signálu požadovaného kmitočtu slouží buď obvod soustředěné selektivity, sestavený z několika jednoduchých laděných obvodů vázaných kapacitní napěťovou vazbou, nebo krystalové či keramické filtry. Obvod se soustředěnou selektivitou je obtížné nejen zhotovit, ale především správně nastavit (nastavení vyžaduje těžko dostupné měřicí přístroje a navíc průběh fáze není většinou ani zdaleka lineární). Krystalové či keramické filtry jsou sice občas inzerovány v AR, svou cenou jsou však pro většinu zájemců neúnosným finančním břemenem – jedná se totiž vesměs o zahraniční výrobky.

U jednoduchého nenáročného přijímače lze zajistit dostatečnou selektivitu jedinou pásmovou propustí zapojenou tak, aby jakost obvodů byla co největší (a tím i strmost boků křivky propustnosti dostatečná). Pásmovou propust lze složit ze dvou samostatných, vzájemně odstíněných jednoduchých laděných obvodů za sebou, které jsou připojeny ke zdroji i k zátěži přes kondenzátor s velmi malou kapacitou 3,3 pF. Rovněž vazba mezi obvodů musí být velmi volná (kapacita vazebního kondenzátoru asi 1,5 pF).

Dále popisované mř zesilovače s IO MAA661 používají na vstupu velmi výhodnou, autorem navrženou a četnými zkouškami ověřenou pásmovou propust, která je navíc velmi levná, snadno dostupná, výrobně velmi jednoduchá, snadno nastavitelná. Propust odpovídá průběhem kmitočtové charak-

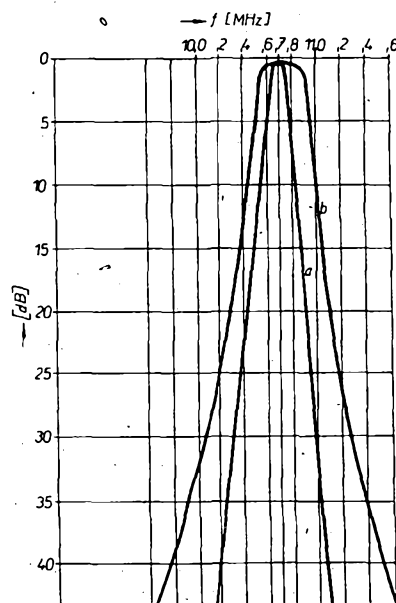
teristiky zhruba třístupňového zesilovače (obr. 64). Návrh této propusti vychází z běžně známé skutečnosti, že při indukční vazbě dvojité laděného obvodu je určujícím činitelem průběhu kmitočtové charakteristiky nejen jakost obvodů, ale také stupeň vazby mezi nimi.

V podstatě jde o pásmovou propust s nastavitelnou šířkou propouštěného kmitočtového pásma, použitelnou pro úzkopásmové vř zesilovače (mř zesilovače). Propouštěné pásmo lze nastavit od 100 do 400 kHz a pracovní rozsah kmitočtů je 3 až 25 MHz. Základ nového řešení pásmové propusti s velkou strmostí boků přenosové charakteristiky a s proměnnou šířkou propouštěného pásma spočívá v použití vhodného média, které by bylo schopno vzájemně vázat indukční vazbou dva netlumené rezonanční obvody tak, aby bylo možno tuto vazbu plynule měnit.

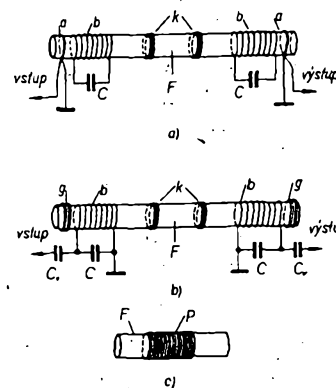
Zapojí-li se dva paralelní rezonanční obvody LC do vř obvodu tak, aby je zdroj signálu i zátěž zatěžovaly co nejméně, bude strmost boků křivky propustnosti každého obvodu značná, avšak šířka přenášeného pásma kmitočtů každého obvodu bude velmi malá. Změnou vzájemné vazby mezi těmito obvody lze dosáhnout podkritické, kritické či nadkritické vazby a tomu odpovídajícího tvaru přenosové charakteristiky.

Jako nejvhodnější k vytvoření vzájemné vazby a pro její plynulou změnu se ukázala běžně dostupná feritová tyčka, používaná v rozhlasových přijímačích pro středovlnné feritové antény, modře či zeleně značená. Se zvyšujícím se kmitočtem se však zmenšuje strmost boků křivky propustnosti a rozšiřuje se přenášená šířka pásma. Při kritické vazbě lze dosáhnout na kmitočtu 3 MHz šířky pásma 100 kHz a na 21,4 MHz až 1 MHz. Délka feritové tyčky podle použitého rezonančního kmitočtu se pohybuje od 100 mm na 3 MHz do 40 mm na 21,4 MHz. Pro nejčastěji používané mezifrekvenční kmitočty, tj. 6,5 MHz a 10,7 MHz se jako nejvhodnější ukázala tyčka délky 55 mm. Na obou koncích této tyčky jsou laděné obvody s indukční vazbou pro vstup a výstup vř energie. Uprostřed feritové tyčky je tlumicí prvek, určující vhodný stupeň vazby mezi laděnými obvody a tím i průběh přenosové charakteristiky.

Zhotovení feritové pásmové propusti je



Obr. 64. Křivka útlumu feritové pásmové propusti; a) minimální šířka pásma, b) maximální dosažitelná šířka pásma (křivka s rovným vrcholem)



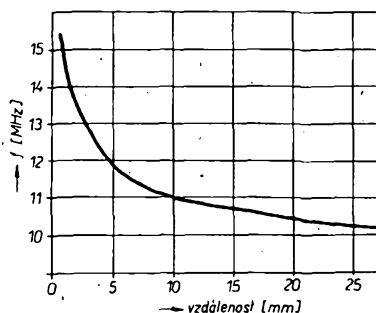
Obr. 65. Feritová pásmová propust se zkratovanými kroužky (a, b); prstenec (c). V obr. je a – vazební smyčky, b – cívky rezonančního obvodu LC, C – kondenzátory rezonančního obvodu LC, F – feritová tyčka, k – zkratované kroužky, C₁ – vazební kondenzátory, P – prstenec, g – upevňovací pryžové průchodky

velmi snadné a obdobné pro libovolný rezonanční kmitočet. Pro kmitočet 10,7 MHz je použita tyčka o průměru 7 až 8 mm a délky 55 mm ± 2 mm, zakoupená buď přímo s těmito rozměry, nebo získaná zkrácením delší feritové tyče napilováním hranou pilníku a přelomením. Z každé strany je na tuto tyčku 2 mm od kraje navinuto ve stejném smyslu po devíti závitěch drátu o průměru 0,25 až 0,3 mm CuL závit vedle závitu přímo na ferit. Vnější konce obou cívek jsou „živé“, vnitřní jsou uzemněné. Vzájemné prohození vývodů či záměna smyslu vinutí nemá podstatný vliv na tvar přenosové charakteristiky, má pouze menší vliv na útlum signálu. Obě cívky musí být dokonale zajištěny proti posunutí zakápnutím lakem apod. Jsou-li oba rezonanční obvody stejně vzdáleny od krajů feritu, je střední kmitočet přenášeného pásma nejnižší a útlum propusti nejmenší. Vystředěním feritu lze změnit rezonanční kmitočet až o 1 MHz směrem k vyšším kmitočtům, přičemž se útlum zvětší až o 6 dB. Posuvem cívek rezonančních obvodů ke střední feritu přechází vazba v nadkritickou.

Mezi oběma rezonančními cívkami je na feritu umístěn tlumicí člen, který může být realizován buď dvěma zkratovanými měděnými kroužky (obr. 65a, b), nebo měděným prstencem určité šířky (obr. 65c). Měděné kroužky jsou zhotoveny navinutím dvou závitů měděného neizolovaného drátu o průměru 0,8 mm propájených cinem. Symetrickým posouváním obou kroužků po feritu směrem k cívkám se vazba mezi obvody mění od nadkritické (kdy jsou oba kroužky uprostřed feritu) se šířkou pásma pro pokles 3 dB větší jak 350 kHz až k podkritické, se šířkou pásma kolem 150 kHz. Dalším posuvem kroužků k cívkám se začne zvětšovat útlum propusti, šířka propouštěného pásma se již mění jen pozvolna (viz též obr. 66 a 67).

Prstenec má šířku 5 až 20 mm podle požadované šířky přenášeného pásma. Čím je prstenec užší, tím je propouštěné pásmo širší. Pro 200 kHz je prstenec široký 14 mm. Posouváme-li feritovou tyčku s prstencem (pevně uchyceným uprostřed tyčky mezi cívkami) dutinami cívek, které jsou upevněny nepohyblivě na spojové desce, lze dosáhnout kritické vazby nastavením tyčky do polohy, v níž má propust nejmenší útlum.

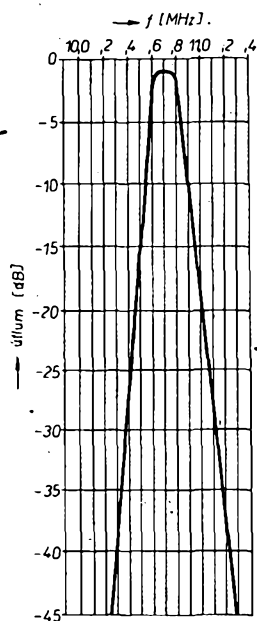
Vazba na výstupní a vstupní obvody tranzistorů může být buď kapacitní nebo induk-



Obr. 66. Závislost změny kmitočtu na vzdálenosti měděného kroužku od rezonančního obvodu; přitom indukčnost bez kroužku je 3,35 μH , s kroužkem těsně u cívky 1,1 μH , s kroužky v pracovní poloze uprostřed feritu 2,7 až 3,1 μH . V pracovní poloze kroužků je Q cívky 80 až 85

ni (obr. 65a, b). Při kapacitní napěťové vazbě jsou oba rezonanční obvody navázány na zdroj i zátěž přes kondenzátor s kapacitou 3,3 pF. Při indukční vazbě jsou na obou koncích feritové tyčky navinuty cívky, které mají 1,5 záv. drátem o $\varnothing$ 0,4 mm CuL. Cívky jsou zajištěny proti posunutí. Vazební cívky (smyčky) přiléhají těsně k vnitřní rezonančnímu obvodu; do obvodu kolektoru se zapojí přímo, do obvodu báze přes kondenzátor s velkou kapacitou.

Protože je délka feritové tyčky rozdělena kroužky na tři malé úseky, je tyčka s cívkami jako anténa pro příjem signálů na kmitočtu 10,7 MHz naprosto nevhodná a není třeba ji instalovat do stínícího krytu. Normalizované skupinové zpoždění této propusti se pohybuje kolem 0,2 a při šířce pásma 200 až 250 kHz je průběh skupinového zpoždění lineární. To odpovídá velmi kvalitnímu nekaskaprovému velmi přesně nastavenému mf zesilovači s klasickými pásmovými propustmi. Svým malým vlivem na průběh fáze přenášeného signálu a přenášenou šířku pásma je propust vhodná i pro stereofonní přijímače.



Obr. 67. Křivka útlumu feritové pásmové propusti nastavené na vhodnou šířku pásma na kmitočtu 10,7 MHz

Praktické konstrukce jednotlivých částí VKV tunerů

Dvoupásmové jednotky VKV

Příjem kmitočtově modulovaných vysílačů v našem státě má jednu zvláštnost – značné procento posluchačů má podmínky pro příjem signálů v obou pásmech VKV. To dává předpoklady k vývoji přijímačů, které nejsou ve výrobě pro komerční účely běžné. Jde tu především o vývoj a zhotovení takových dvoupásmových vstupních jednotek pro VKV, které by byly výrobně i cenově přijatelné, např. na rozdíl od vícepásmových jednotek VKV pro přijímače komunikační, měřicí a laboratorní, u nichž jsou sice vstupní jednotky velmi jakostní, ale pro běžného konstruktéra-amatéra – neúnosně drahé a vlastně i nerealizovatelné. A tak nejen dal n. p. TESLA do prodeje několik variant přijímače pro příjem VKV v obou pásmech, ale v časopisech se objevují amatérsky řešené jednotky různých konstrukcí. Na následujících stránkách je popis konstrukce vstupních jednotek s velkou přeladitelností, řešených méně obvyklými způsoby.

Jednotky laděné změnou indukčnosti

Pro přeladění přes obě pásma je u těchto jednotek využito známého fyzikálního jevu – zmenšení až zániku indukčnosti u cívek, které jsou vinuty bifilárně. Z elektroniky je obecně známo, že zapojíme-li dva těsně vedle sebe ležící vodiče do proudového obvodu tak, aby byl směr proudu ve vodičích vzájemně opačný, je výsledná indukčnost obou vodičů dána rozdílem jejich indukčností.

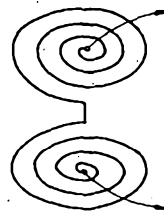
Stočíme tedy dva stejné dlouhé vodiče do spirály a to jeden pravotočivě a druhý levotočivě a zapojíme je podle obr. 68. Umístíme-li takto zhotovené cívky dostatečně daleko od sebe, je jejich výsledná indukčnost dána součtem indukčností každé z nich. Budeme-li obě cívky přiklápět k sobě tak, aby se závit obou spirál vzájemně kryly, začne magnetický tok vzniklý průchodem proudu jednou cívku vyvolávat proud opačného směru ve druhé cívkě a naopak. Vlivem této vzájemné indukčnosti obou cívek bude jejich výsledná indukčnost L v dané poloze

$$L = L_1 - M_{21} + L_2 - M_{12} = L_1 + L_2 - 2M,$$

čili výsledná indukčnost se zmenší o vzájemnou indukčnost. Přiklopíme-li obě cívky na sebe, blíží se výsledná indukčnost soustavy k nule. A právě popsaného způsobu změny indukčnosti obou cívek je využito k ladění jednotky VKV. V praxi je minimální možná vzdálenost obou cívek nad sebou asi 1 mm, maximální asi 20 až 30 mm. Při větší vzdálenosti mezi cívkami se jejich vzájemná indukčnost mění jen velmi málo, při vzdálenosti menší než 1 mm se jejich vzájemná indukčnost mění se vzdáleností velmi značně, ladění je obtížné. Jsou-li cívky otočné kolem osy souměrnosti, je možno v praxi využít k ladění změnu úhlu mezi cívkami od 1 až 2° do 30 až 35°.

Protože jde při tomto způsobu změny indukčnosti v podstatě o v elektrické zkrácování délky vodiče cívky, je změna jakosti i při velkých změnách indukčnosti prakticky zanedbatelná. Je-li takto řešená cívka s proměnnou indukčností zapojena do rezonančního obvodu, zachováva si obvod zhruba stejnou jakost ve velmi širokém rozsahu přeladění. Vhodnou volbou tvaru a polohy drátem vinutých cívek lze lehce dosáhnout plynulého přeladění kmitočtu od 60 do 120 MHz (i více) bez podstatného zhoršení jakosti Q obvodu.

Zhotovení takto vinutých cívek a jejich přesné umístění (proti sobě) při několika



Obr. 68. Princip ladění přiklápěním plošných cívek



Obr. 69. Princip ladění přiklápěním plošných cívek

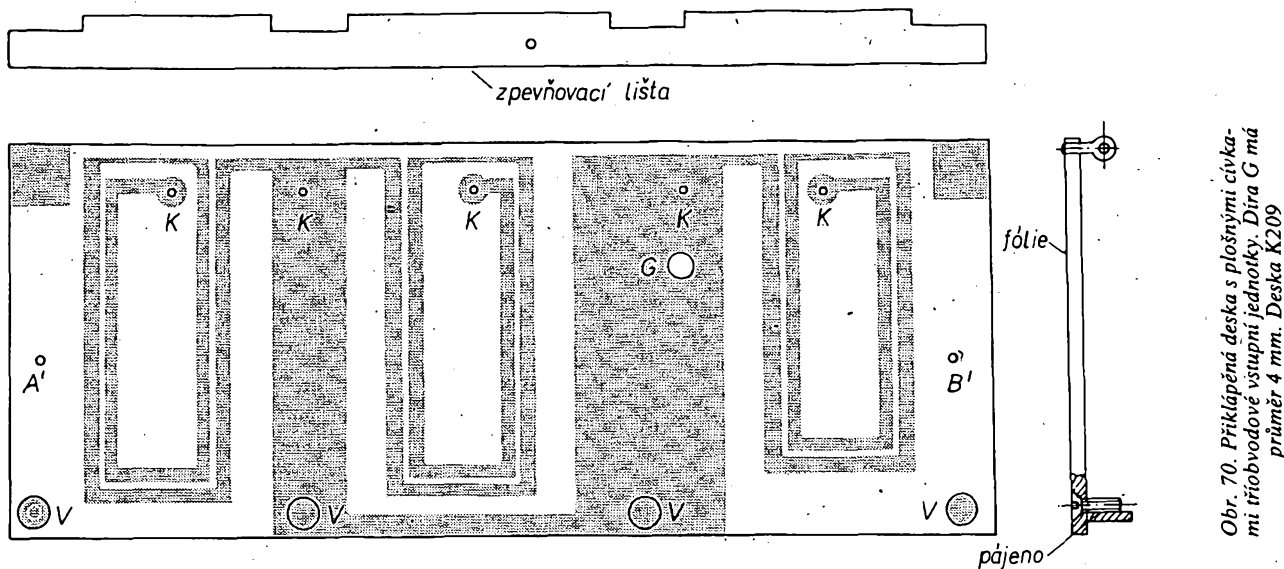
laděných obvodech by snad nebylo problémem při sériové tovární výrobě, pro amatérskou praxi by to byl však těžko řešitelný případ. Aby bylo možno realizovat takto řešené laděné obvody amatérsky a aby i tak byla zaručena stejná změna indukčnosti všech laděných obvodů (lze ladit libovolný počet obvodů současně) po celé dráze přeladění, a aby byl zajištěn dobrý souběh od jednoho konce přeladovaného kmitočtového rozsahu ke druhému konci, lze použít cívky zhotovené metodou plošných spojů, tedy přímo vyleptané na desce s plošnými spoji (obr. 69). Toto řešení má jen jednu nevýhodu; zvětší se tím dost podstatně rozměry jednotky, protože je nutno učinit zadost požadavkům, o nichž bylo psáno v souvislosti s plošnými cívkami.

Dvě jednotky VKV laděné odklápěním cívek

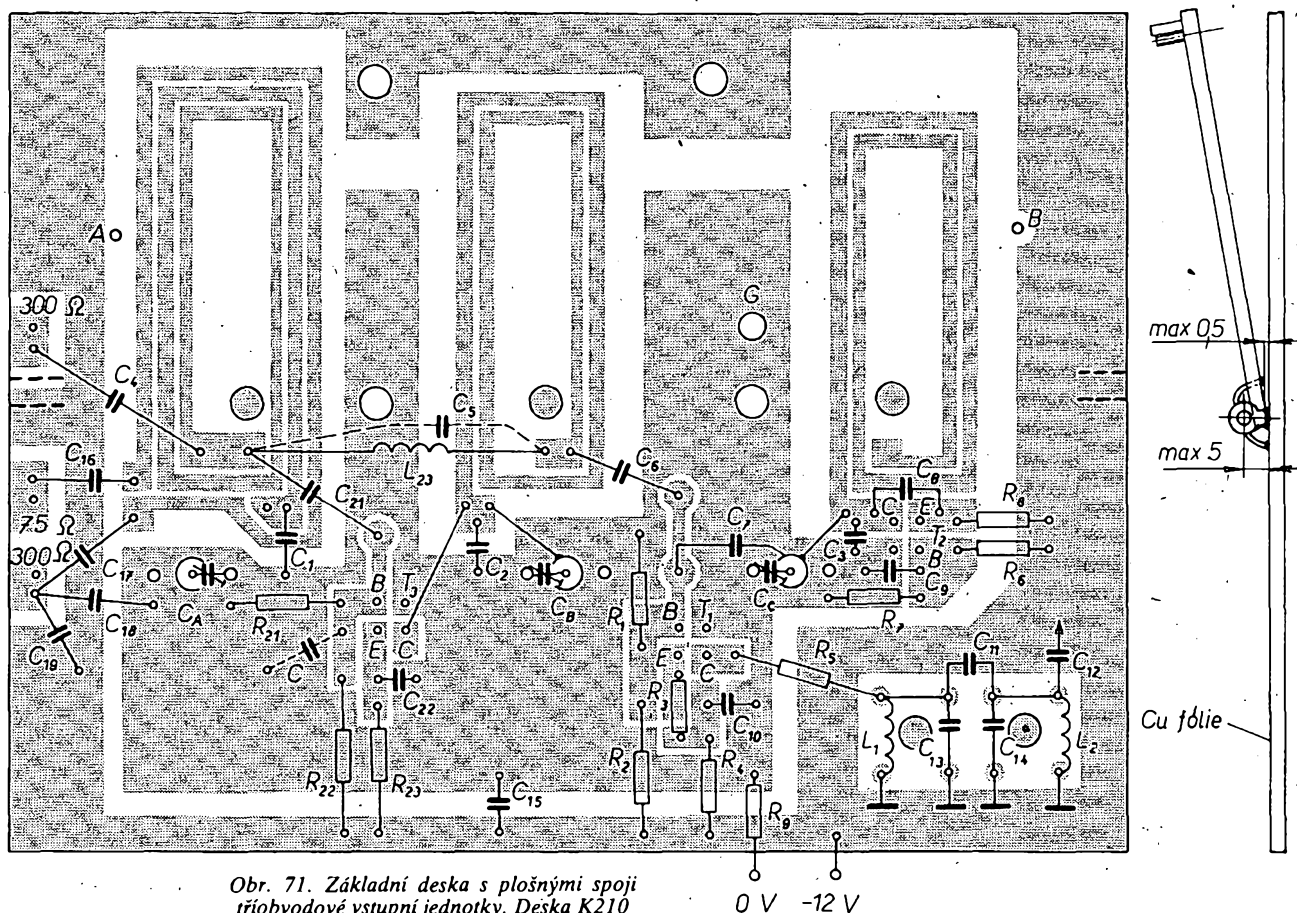
Mechanismus pro odklápění dvou destiček s plošnými cívkami je použit u dvou dále popsaných typů vstupních jednotek. První jednotka je tříobvodová, rozměrově větší a stavebně i zapojením jednodušší, druhá se čtyřmi laděnými obvody je náročnější, na přesnost provedení. U první lze dosáhnout citlivosti kolem 5 μV (schéma zapojení jednotek je na obr. 77 a 78). Na rozdíl od běžné praxe si před elektrickým zapojením uvedeme nejdříve mechanickou část konstrukce.

Mechanická sestava je pro obě varianty stejná, proto je i popis společný. Základem ladicího mechanismu jsou dvě destičky, nosná a odklápěcí. Na obr. 70 a 71 jsou tyto destičky pro tříobvodovou jednotku, na obr. 72 a 73 pro čtyřobvodovou jednotku. Na základní desce (obr. 71 a 73) jsou umístěny všechny součástky. Odklápěcí destička (obr. 70 a 72) je upevněna otočně kolem dvou upevňovacích šroubků na základní desce. Ladicí převody jsou na desce podle obr. 74, která tvoří čelní nosnou stěnu, nesoucí stupnici.

Při výrobě desek podle obr. 70 až 73 je nutno dodržet nejen přesné rozměry závitů cívek, ale především „souběžnost“ cívek na obou destičkách a soustřednost příslušných děr. Velmi záleží na přesném umístění vodičů děr A , A' a B , B' na obou deskách vzhledem k cívkám. Díry musí být naprosto soustředné a musí zaručovat, že se závit všech cívek obou desek budou dokonale kryt. Na přesnosti v tomto směru závisí totiž dosažitelná přeladitelnost jednotky, proto je třeba věnovat náležitou péči přesnému rozměření závitů cívek i děr v deskách. Nemáme-li jistotu, že bychom otvory vyvrtali přesně, lze si pomoci tak, že obě desky přiložíme fólii k sobě, aby se horní části závitů (bez vývodů) vzájemně kryly – to lze



Obr. 70. Přiklápaná deska s plošnými cívkami tříobvodové vstupní jednotky. Díra G má průměr 4 mm. Deska K209



Obr. 71. Základní deska s plošnými spoji tříobvodové vstupní jednotky. Deska K210

kontrolovat pohledem proti zdroji intenzivního světla – obě desky se po nastavení přidrží pevně u sebe a v místech A a B se vrtají. Vrtá se vrtákem o průměru 2 až 3 mm a do vzniklých děr se zasunou takové šrouby, aby v dírách „držely“. Na šrouby se nasadí matice, desky se stáhnou k sobě a prosvětlením se opět zkontroluje, zda se závity všech cívek kryjí. Pozor, i velmi malá odchylka způsobí, že se nedosáhne žádaného přeladění! Proto je této části stavby třeba věnovat náležitou péči. Po kontrole se desky oddálí od sebe a vrtákem o průměru 1,5 mm se vyvrtají díry, označené písmenem K (obr. 70 a 72). Pak desky opět stáhneme k sobě a tyto díry „protáhneme“ tímto vrtákem i do druhé desky (obr. 71 a 73). Opět desky rozložíme a připravíme si každou zvlášť pro konečnou montáž.

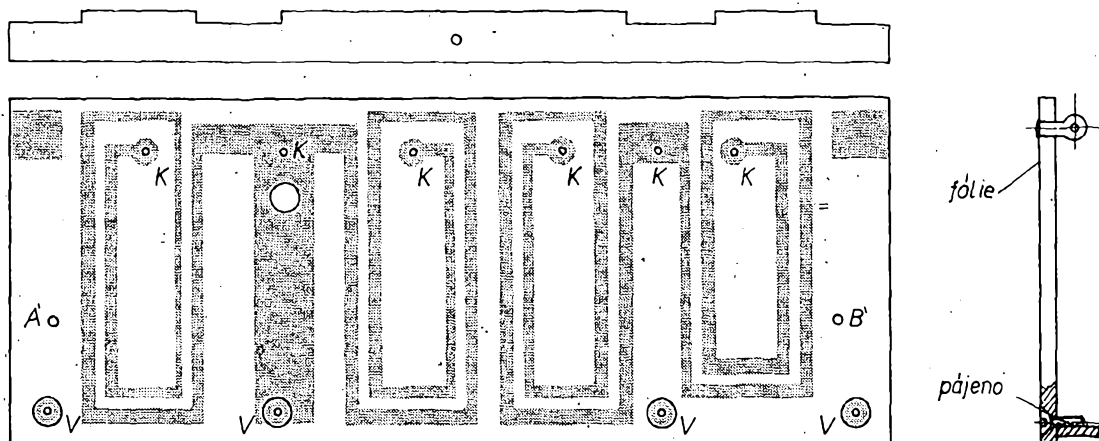
V základní desce (obr. 71 nebo 73) všech-

ny předvrtané díry (mimo vodicích A a B) provrtáme vrtákem o průměru 5 mm. Zároveň si tímto vrtákem vyvrtáme díry pro kapacitní trimry.

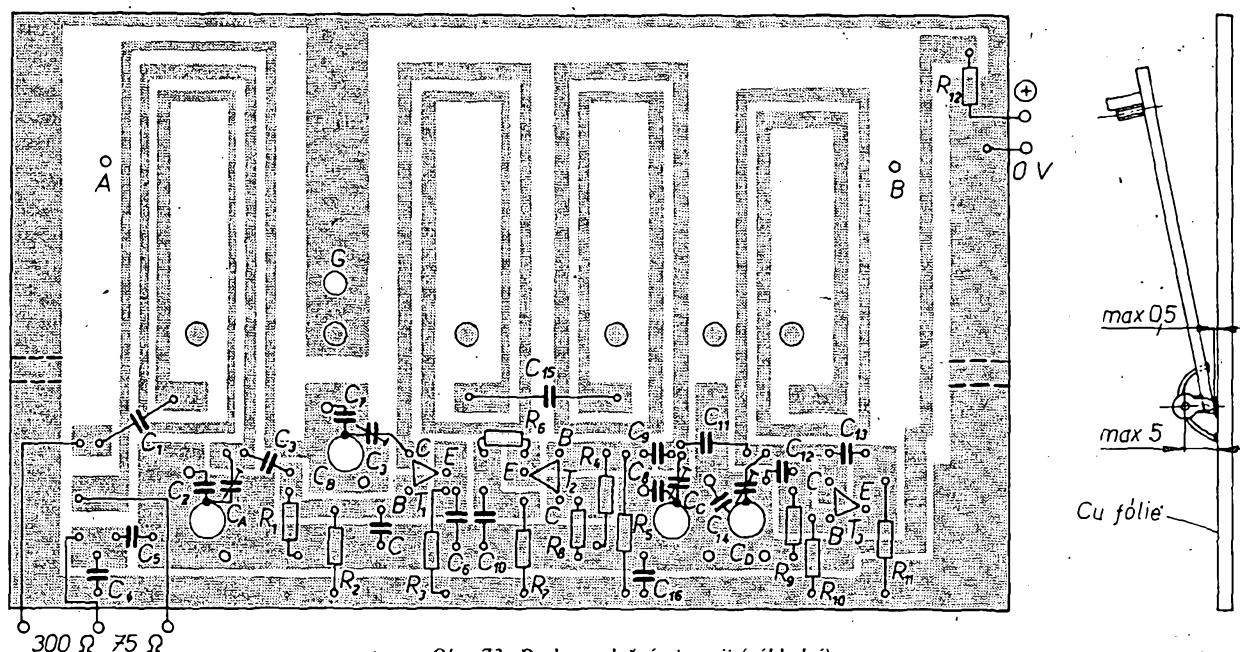
Dále upravíme druhou desku (obr. 70 nebo 72). Protože se může stát, že by se tato deska mohla časem zkroutit (čímž se obvody rozladí), je třeba ji zpevnit. Poslouží k tomu zpevňující pásek cuprextitu šířky 8 mm. K desce ho upevníme takto: mosazné (nemáme-li, postačí i železné) šroubky M2 až M3 délky asi 10 mm se zapuštěnou hlavou vložíme do děr, označených písmenem V, které jsme však před tím zahlubili ze strany fólie a přitáhneme je z druhé strany desky maticemi. V pásku propilujeme v místech, kde jsou matice, vybrání a pásek na rovné podložce připájíme ke šroubkům (maticím) tak, aby byl kolmý na základní desku (obr. 71 nebo 73). Pásek musí být na straně, která bude

přiléhat na desku, dokonale zarovnaný a musí po celé délce přiléhat, aby se deska nezvlnila.

Ještě si na desku (obr. 70 nebo 72) připevníme ložiska, kolem nichž se bude natáčet nad základní destičkou. V místech označených na nákrese desky čárkovaně připájíme pájecí očka pájecím vývodem k desce. Vhodná jsou očka s průměrem díry 3 mm; lze si je též zhotovit z kousku tenčího plechu. Očka musí být připájena co nejtěsněji k desce; aby se při natočení desek k sobě fólie nedotýkala, je vhodné přelepit závity cívek u jedné z desek izolepou. Případné zbytky cínu, které by bránily dokonalému



Obr. 72. Přiklápěná deska s plošnými cívkami čtyřvodičové vstupní jednotky. Díra G má průměr 4 mm. Deska K211



Obr. 73. Deska s plošnými spoji (základní) čtyřvodičové vstupní jednotky. Deska K212

přiblížení obou desek k sobě, opílujeme. Obě oka ohneme přes okraj destičky na druhou stranu kolmo k ní tak, aby středy děr obou očí byly v rovině a vzdáleny od desky asi 3 až 4 mm. Do každého oka zasuneme šroubek s hlavičkou těsně přiléhající bokem k desce.

Velmi důležité, i když nikterak pracné, bude vzájemné propojení obou částí odleptaných cívek a uzemňovacích bodů na deskách (obr. 70 a 71, příp. 72 a 73). Osvědčilo se lanko z běžné síťové šňůry, ještě výhodnější je stínění stíněného vodiče. Z lanka si nastříháme pět kousků pro první (obr. 70 a 71) a šest pro druhou (obr. 72 a 73) variantu jednotky, dlouhých asi 15 mm. Konce lanek ocinujeme maximálně do délky 3 mm. Lanko nesmí být propájeno, aby se zachovala jeho dokonalá ohebnost. Lanko prostrčíme jednotlivě děrami, označenými písmenem K a jejich jeden konec připájíme k fólii. Ocinované plošky kolem děr musí být co nejmenší a to takové, aby se volně vešly do protilehlých děr o průměru 5 mm v základní desce.

Obě destičky v místech A a B sešroubuje-

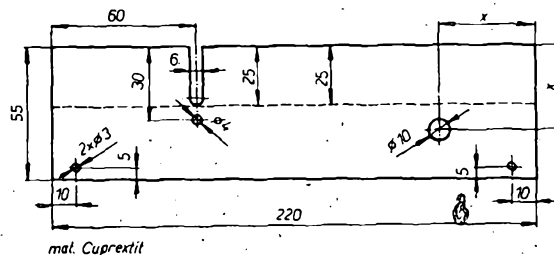
me, nejprve však zkontrolujeme, zda něco nevádí těsnému přilehnutí desek k sobě; obě desky smí být po přiložení k sobě nejvýše 0,5 mm nad sebou. Připravíme si další dvě pájecí oka či vhodné úhelníčky a ohneme je tak, aby po nastrčení na šroubky, které jsou prostrčeny očky k přiklápěné desce, ležely pájecími ploškami na základní desce, k níž je připájíme v místech označených čárkovaně. Oba šroubky s očky tvoří otočné čepy, ložiska (na obou koncích přiklápěné desky), pomocí nichž se přiklápěná deska oddaluje a přibližuje k základní desce. Obě oka lehce přitáhneme k sobě maticemi a zajistíme další maticí, aby se časem neuvolňovala. Přiklápěná deska se musí lehce otočně pohybovat nad základní deskou a nesmí mít vůli do stran.

Konce kablíků vyvedených z přiklápěné desky, ohnuté do obloučků, připájíme na

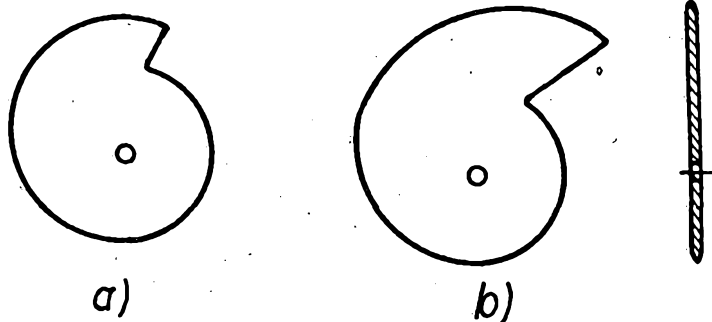
vnitřní konce plošných cívek základní desky, dva zemnicí kablíky připájíme k zemní fólii téže desky.

Protože je průběh změny indukčnosti v závislosti na odklopení destiček značně nelineární, měla by stupnice při přímém převodu velmi nevhodný průběh. Pásmo CCIR by bylo asi v jedné desetinné délky celé přeladované stupnice. Je proto třeba vyrobit převod, kterým se do značné míry stupnice zlineari-
zuje.

Ladicí mechanismus je upevněn na desce podle obr. 74. Základem převodu je vačka, destička ve tvaru plošné spirály (obr. 75). Tato vačka je navržena pro lineární stupnici od 65 do 100 MHz. Lze ji však navrhnout také tak, aby některá část stupnice byla více roztažena a jiná část potlačena. Vačka je otočně uchycena na pevné hřídeli společně



Obr. 74. Deska s ladicími převody



Obr. 75. Vačka (měřítko 1 : 1); a) pro čtyřobvodovou vstupní jednotku, b) pro tříobvodovou vstupní jednotku

s kladkou, určující svým průměrem délku stupnice. Po okraji vačky se odvaluje malá kladka S, otočně uložená na hřídeli, uchycené ve zpevňovací liště přiklápěné desky. Změna průměru vačky se při otáčení projevuje jako úhel odklopení přiklápěné desky od základni. Celá sestava je patrná z obr. 76. Obě hřídele, ta co nese kladku s vačkou i ta, co drží malou kladku, mohou být v krajním případě zhotoveny z delších šroubků M3. Hřídel pro ladící knoflík je i s ložiskem zhotovena rozebráním a úpravou potenciometru.

Základní deska s připevněnou odklápěcí deskou je stranou u plošných cívek připájena kolmo k desce podle obr. 74 v místě, které je na obrázku označeno čárkovaně. Připojíme ji stranou spojů nahoru, nebo ji připevníme malými úhelníčky, vždy ale tak, aby byla dokonale zachována pevnost spojení. Délka desky podle obr. 74 je taková, aby se na desku mohl upevnit některý z dále popisovaných mf zesilovačů. Při spojování desek je třeba postupovat přesně, styčná plocha musí být dokonale rovná a hrana základní desky musí přiléhat po celé desce podle obr. 74. Aby nedošlo při další manipulaci s jednotkou k přelomení spoje, zpevníme spoj desek připájením stinice přepážky ze strany spojů v místě připojení mf zesilovače. I tato stinice přepážka může být z cuprexitu o rozměrech 20 × 50 mm. Přitlačnou silou kladky S na vačku obstarává (přes přiklápěcí destičku) pružina (vhodná část pružiny z propisovací tužky). Na destičku podle obr. 74 jsou ještě připevněny vodičí kladky pro lanko, které lze vypnout pružinou, a které je alespoň dvakrát

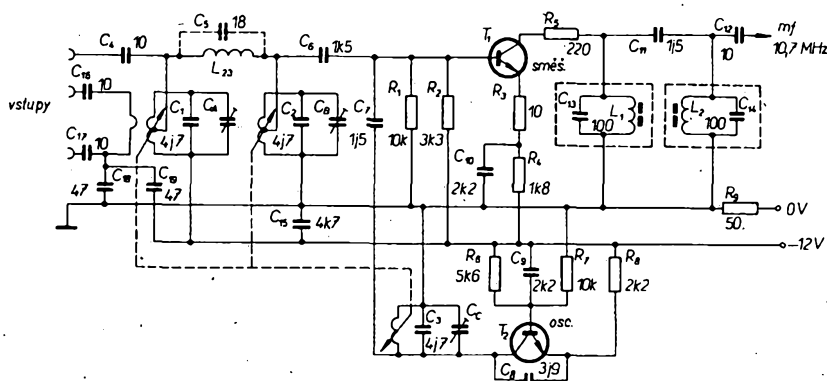
ovínuto kolem velké kladky a hřídele ladícího knoflíku (obr. 76).

Zadní stěna sestavy je stejná jako přední. Lze do ní vestavět zdířky pro anténu a vývody pro napájení, případně i vývod nf signálu. Zadní stěnu připevníme k jednotce stejným způsobem, jako přední stěnu – desku podle obr. 74. Aby spoje neměly přechodové odpory, je nutné, jsou-li desky spojeny mechanicky úhelníčky, všechny spoje dodatečně propájet. Celní stěna se stupnicí je připevněna čtyřmi šroubky s distančními trubičkami v rozích a jedním šroubkem uprostřed. Je umístěna ještě před řemeničkou s lankem náhonu, aby je při pohledu zepředu zakrývala. Uka-

zatel stupnice je z kousku mosazného, případně jiného drátu (viz foto na obálce).

Jelikož jsou obvody jednotky nestíněné a zabírají poměrně velkou plochu, působí svým povrchem jako anténa k příjmu nežádoucích signálů, které mohou zvětšovat šum a rušení při jinak dobrém příjmu vyladěné stanice. Aby byl příjem těchto signálů omezen, případně potlačen, lze doporučit (po zapojení a uvedení celého tuneru do chodu) uzavřít celý přístroj do kovové stíněné skříňky vhodných rozměrů, případně skříňku zhotovit z cuprexitových desek. Detailní návody na zhotovení skříňky a některých méně podstatných částí jednotky nejsou uvedeny, jeden ze způsobů řešení je zřejmý z fotografií na obálce.

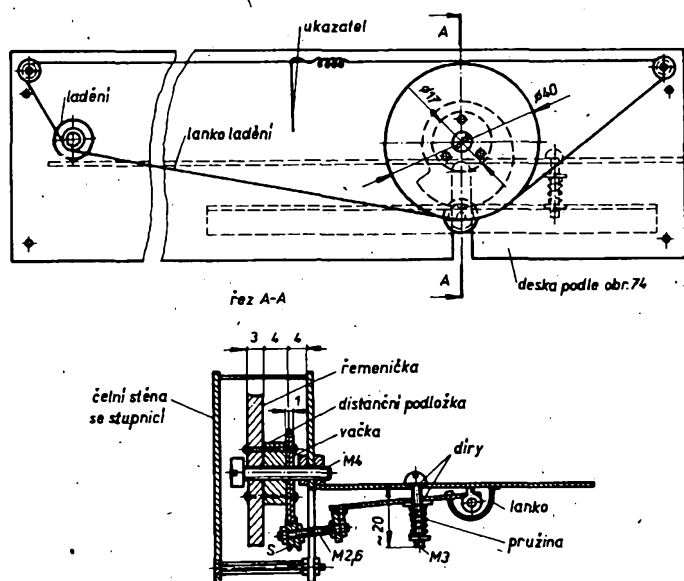
Je-li celá mechanická stavba jednotky



Obr. 77. Tříobvodová vstupní jednotka v zapojení bez předzesilovače. Všechny cívky (kromě L_{23} , L_1 a L_2) jsou plošné. Transistory jsou typu KF525 (KF125), popř. KF124 (KF524)

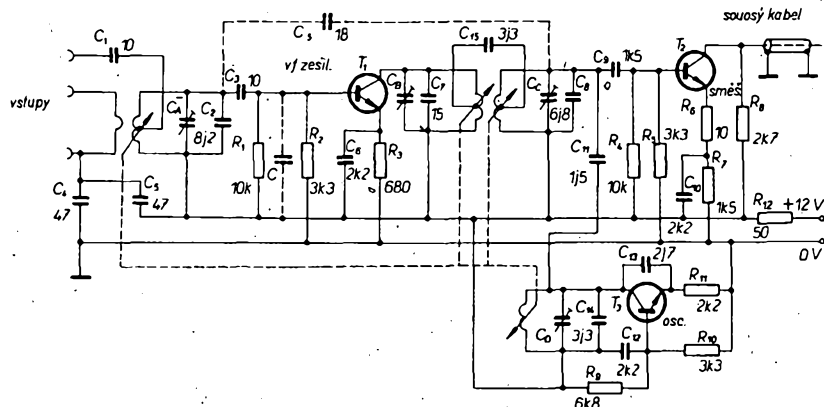
hotova (tzn. odklápí-li se při otáčení ladícím knoflíkem odklápěcí deska), můžeme přistoupit k zapojování součástek. Při zapojování je třeba dodržet zásadu platnou v technice VKV – přívody ke všem součástkám musí být co nejkratší. Není přípustné, aby odpory, kondenzátory a jiné součástky doslova visely na přívodech, či tvořily různé pravoúhlé obrazce, jak to velmi často vidáme v zařízeních nf techniky. Delší přívody mohou být totiž velmi snadno příčinou nejen většího kmitočtového rozladění, ale mohou zvětšovat i vzájemné vazby mezi obvody a zvětšit tím nebezpečí jejich nakmitávání. Součástky proto klademe přímo na spojovou desku a přívody vedeme nejkratší cestou do příslušných děr, popř. pájecích míst. Na obr. 77 je pak schéma tříobvodové jednotky bez předzesilovače, na obr. 78 je úplné schéma jednotky čtyřobvodové.

Nejprve zapojíme oscilátor. Obvod oscilátoru nemá žádné zálužnosti, pouze je nutno připomenout, že součástky, a to nejen v oscilátoru, ale v celé vstupní jednotce musí být rozměrově co nejmenší. Zapojení oscilátoru je shodné pro oba typy jednotek. Liší se nepatrně podle typu použitého tranzistoru. Po připájení součástek oscilátoru ihned vyzkoušíme. Jako indikátor použijeme přístroj, nacházející se téměř v každé dnešní domácnosti, televizní přijímač. Přepneme ho na libovolný kanál ve III. TV pásnu. Do jeho anténní zdířky zasuneme kus drátu, který přiblížíme k jednotce; drát lze případně i připojit k jednomu pólu napájecího napětí oscilátoru. Napájecí napětí můžeme volit od 6 do 12 V (oscilátor by měl kmitat i při napětí 4,5 V z jedné ploché baterie). Odklápěcí desku pozvolna otočně odklápíme od základní desky. Po oddálení jejího konce asi o 10 mm (± 5 mm) se z reproduktoru televi-



Obr. 76. Sestava ladícího mechanismu. Délka desky podle obr. 74 se řídí použitou jednotkou a vedle ní připojenou deskou mf zesilova-

če. Lanko slouží k propojení plošných cívek. Průměr řemeničky se volí podle požadované délky stupnice.



Obr. 78. Čtyřobvodová vstupní jednotka. Tranzistory jsou stejné jako na obr. 77

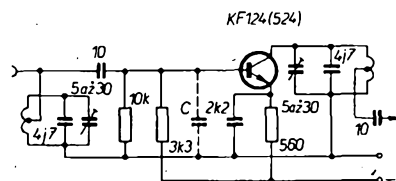
zoru musí ozvat značný šum, přičemž obrazovka potemní, případně se na ní objeví četné vertikální zvlněné pruhy. (Televizor indikuje druhou harmonickou oscilátoru.) Není-li tomu tak, je v zapojení oscilátoru chyba a nezbyvá, než ji najít. Po zapojení směšovače doporučuji zkusku zopakovat.

Vf napětí z oscilátoru přichází na bázi směšovacího tranzistoru přes kondenzátor 1,5 pF. Na bázi tranzistoru se současně přivádí přes kondenzátory 1,5 nF vf signál ze vstupních obvodů. Kapacita tohoto kondenzátoru je tak velká proto, aby impedance obvodu byla co nejmenší a tvořila tak zkrat pro signály kmitočtů blízké mezifrekvenčnímu kmitočtu. Omezi se tím pronikání nežádoucích signálů, které se vyskytují v tomto pásmu (krátkovlnné stanice) z antény do mf zesilovače a nemusí se použít mf odladovač.

Nejdříve zapojíme jednotku bez vstupního vf zesilovače, abychom omezili na minimum nežádoucí jevy (zakmitávání apod.), způsobené nevhodnou stavbou či zapojováním.

Vstupní obvod směšovače je zapojen k dalšímu laděnému obvodu, který je na vstupu do jednotky. Zapojením dvou laděných obvodů za sebou se dosáhne větší selektivity a zmenší se pronikání signálů oscilátoru do antény. Oba obvody lze vzájemně navázat buď kapacitně kondenzátorem 18 pF, nebo indukčně vzduchovou cívkou (L_{21}), která má 5 z drátu Cu nebo CuAg o průměru asi 0,5 mm na průměru 5 mm. Cívku nedoporučuji vinout pocínovaným drátem, pocínovaným drátem se v technice VKV vyhýbáme, neboť vrstvička cínu na vodiči zvedne jeho vf odpor a tím i ztráty energie. Navázáním cívky se lépe potlačí pronikání signálů vyšších kmitočtů, které mohou vznikat v oscilátoru, do antény.

Kapacita kondenzátorů připojených paralelně k trimrům v laděných obvodech se pohybuje kolem 5 až 10 pF. Jejich přesná kapacita se nastaví při slaďování na největší přenášený signál, nestačí-li doladění trimry. Kapacitní trimry slouží zejména k jemnému doladění v horní kmitočtové části pásma. Takto zapojenou vstupní jednotku si nejprve vyzkoušíme v součinnosti s některým dále popisovaným mf zesilovačem. Nastavení oscilátoru do pásma, není-li k dispozici vhodný vf generátor, je problematické. Pokud zachováte rozměry cívek na desce s plošnými spoji, součástky a zapojení přesně podle popisu, nemělo by dojít k většímu kmitočtovému rozptylu. Spodní část pásma lze nastavit podle našich stanic, známe-li jejich vysílací kmitočty, k nastavení horní části pásma lze využít vyšších harmonických rozkladové části TV přijímače. Při zapnutí televizoru musí být v nedaleko umístěném přijímači v pásmu 86



Obr. 79. Vstupní předzesilovač

až 88 MHz slyšet zvláštní typ rušení, klokotání, pískání, vrčení, zázněje apod. Trimry v laděných obvodech nastavíme na největší zesílení těchto pazvuků a v případě potřeby upravíme kapacity paralelních kondenzátorů.

Pracuje-li přijímač podle popisu, je možno zvětšit jeho vstupní citlivost a zlepšit další parametry zapojením předzesilovače (obr. 79). U tříobvodové jednotky je vazba mezi ním a směšovačem realizována jednoduchým laděným obvodem, u druhé jednotky (obr. 78) je použita pásmová propust, která zvětšuje selektivitu a dovoluje lépe potlačit signály parazitních kmitočtů. Tranzistor v předzesilovači je zapojen s uzemněným emitorem, bez neutralizace. Pokud by měl předzesilovač tendenci nakmitávat, ztlumí se vstupní cívka odporem 330 Ω , a mezi kolektor a následující laděný obvod se zapojí odpor 150 až 330 Ω . Tento odpor velmi účinně omezuje nakmitávání vf předzesilovače.

Signál z antény se přivádí na vstupní obvod, odkud jde přes kondenzátor na bázi tranzistoru. Aby bylo dosaženo co nejlepšího činitele vazby, je závit anténního vinutí přiložen těsně k závitům sekundárního vinutí. Laděné obvody mezi předzesilovačem a směšovačem, jakož i vstupní obvod se nastavují trimry na největší zesílení signálu, a to pouze v pásmu CCIR, na zvolené stanici v okolí kmitočtu 93 MHz.

Může se stát, že část napětí z oscilátoru přece jen pronikne na vstup předzesilovače a stane se tak příčinou jeho zakmitávání. To lze částečně omezit připojením kondenzáto-



ru C (10 až 30 pF) z báze tranzistoru předzesilovače na zem. Tímto kondenzátorem se také zároveň přizpůsobí obvod tranzistoru ke vstupnímu obvodu v případě, že jejich impedance nesoohlásí.

Vazba směšovače a vstupu mf zesilovače je u tříobvodové jednotky řešena dvojistou pásmovou propustí, cívky propusti jsou na kostříčkách ve stínícím krytu. U čtyřobvodové jednotky je výstupní napětí směšovače vedeno na vstup mf zesilovače souosým kabelem. Údaje cívek a další potřebné údaje jsou v kapitole „Vazba vstupní jednotky a mf zesilovače“.

Jednotky VKV laděné varikaply

Předchozí dvě jednotky jsou sice relativně levné, ale zato náročnější na mechanické provedení. Vstupní jednotky lze však zhotovit i bez pohyblivých a otočných částí a součástek, jsou-li k ladění rezonančních obvodů použity varikaply, kapacitní diody. Pak, jsou-li cívky řešeny plošně na desce s plošnými spoji, zmenší se mechanická pracnost na minimum – na pouhé vyvrtání děr do desky s plošnými spoji a její osazení součástkami. K ladění se v tomto případě používá změna stejnosměrného napětí, přiváděného na varikaply; ke změně napětí stačí obyčejný potenciometr.

Varikap je v podstatě polovodičová dioda s přechodem p-n, na němž se vlivem průchodu volných elektronů a vzniklých „děr“ (chybějící elektron ve valenční sféře atomu) vytvoří napěťový rozdíl, tzv. difúzní napětí. Vznikem tohoto napětí se omezi další průchod uvedených nosičů elektrického náboje, neboť, zjednodušeně řečeno, toto difúzní napětí je svou elektrostatickou silou odpudí od přechodu. Vytvoří se vrstvička bez volných nosičů náboje s izolačními vlastnostmi a s permitivitou (dielektrickou konstantou), danou použitým polovodičovým materiálem.

Připojíme-li k přechodu p-n nějaké vnější napětí záporným pólem na oblast p a kladným pólem na oblast n (tj. v závěrném směru), zvětší se přechodová izolační vrstva, neboť se zvětší elektrostatické odpudivé síly pro volné nosiče náboje. Změnou velikosti vnějšího napětí můžeme tedy ovlivnit tloušťku izolační vrstvy.

Z uvedeného je zřejmé, že přechod p-n je vlastně kondenzátorem, u něhož lze měnit vhodným stejnosměrným napětím tloušťku dielektrika (izolační vrstvy) a tím i kapacitu. Zvětšováním napětí se kapacita diody zmenšuje a naopak. Maximální dovolené napětí na přechodu p-n v závěrném směru (a tím také nejmenší dosažitelná kapacita diody) je dáno příslušným typem diody. Proud kapacitní diodou v závěrném směru je nepatrný.

Činitel jakosti Q varikapu je vlastně převrácenou hodnotou ztrátového činitele kondenzátoru. Při mezním kmitočtu je jakost varikapu rovna jedné ($Q = 1$). Teplotní závislost kapacity varikapu je největší při nejmenším provozním napětí, tedy v oblasti největší kapacity. Při větších změnách teploty je tedy ve spodní části pásma změna kmitočtu již znatelná. Na kmitočtech vyšších než je kmitočet, při němž je ztrátový činitel nejmenší a jakost největší, převládá vliv sériového odporu.

Napájecí napětí pro varikap je nutno stejnosměrně oddělit od rezonančních obvodů. K oddělení je nevhodnější použít kondenzátor s dostatečně velkou kapacitou, tj. s takovou kapacitou, která tvoří při sériovém zapojení s varikapem úplný vf zkrat a zmenšuje výslednou kapacitu obvodu. Vhodná je kapacita asi 1 až 2 nF.

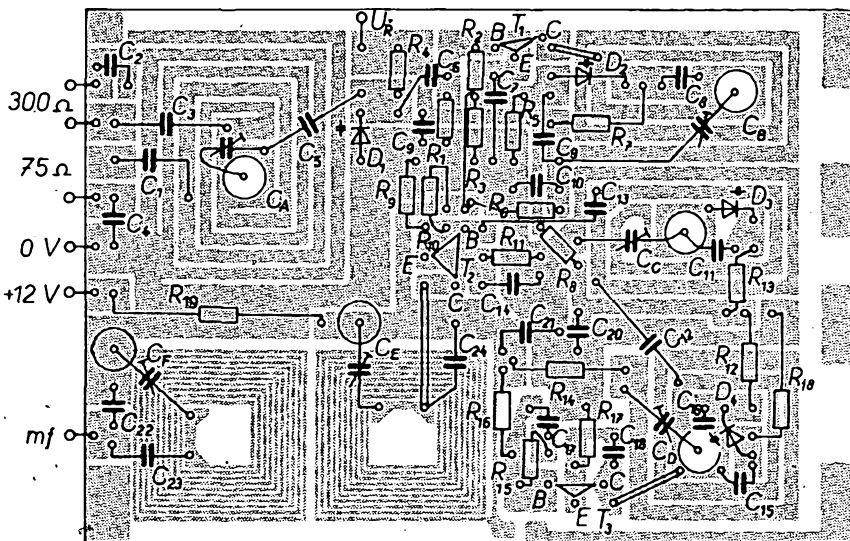
Použitím varikapu k ladění odpadá závislost konstrukce ladicího mechanismu na umístění vstupní jednotky v přijímači. Vstupní jednotku laděnou varikapem lze mimo jiné umístit i v blízkosti antény místo předzesilo-

vače, dálkově ji ladit a souosým kabelem vést k přijímači pouze signál mf kmitočtu, pro nějž má kabel mnohem menší útlum, než pro signál např. 100 MHz. Jednoduše lze realizovat i tlačítkovou předvolbu stanic, při níž se na varikap přivádí přes tlačítko odporovým trimrem přesně nastavené stejnosměrné napětí, jehož velikost odpovídá kmitočtu zvolené stanice. Stanice lze nejjednodušeji „ladit“ jedním, případně dvěma potenciometry (pro hrubé a jemné ladění). Protože je závislost kapacity na přiloženém napětí ve spodní části pásma značně nelineární, je vhodné použít potenciometr s logaritmickou závislostí odporu na natočení běže, zapojený tak, aby se obě závislosti alespoň částečně kompenzovaly.

Kapacitu varikapu lze měnit nejen stejnosměrným, ale také střídavým napětím, které se pak po demodulaci nepříjemně projeví v reprodukci. Aby nedocházelo k rušení střídavým napětím a tím např. k brumu v reprodukci, je nutno přivodit řídicího napětí pro varikapy dokonale stínit. Samozřejmým požadavkem je, aby řídicí napětí bylo velmi kvalitně usměrněno, stabilizováno a filtrováno a na desce s plošnými spoji vstupní jednotky blokováno vhodným kondenzátorem. Kapacita tohoto kondenzátoru nesmí být však velká, aby se nemohla časová konstanta členu RC v přívodu řídicího napětí projevit při ladění. Popisovaná jednotka je laděna čtyřmi varikapy TESLA KB105G. Aby byl zajištěn dobrý souběh v celém přeladovaném pásmu, je vhodné použít varikapy, vybírané ve výrobním podniku a prodávané v balení po čtyřech kusech s přibližně stejným průběhem závislosti kapacity na napětí. Schéma zapojení jednotky je na obr. 80.

Na desku s plošnými spoji jednotky (obr. 81) po vyvrtání děr připájíme nejprve kapacitní trimry a zapojíme obvod řídicího (ladícího) napětí U_f . Pak zapojíme oscilátor a vyzkoušíme jeho činnost dříve popsaným způsobem (pomocí TV přijímače). Pomocí televizoru také nastavíme střed pásma CCIR. TV přijímač přepneme na 10. kanál, tj. rozsah 206 až 214 MHz, do něhož spadá druhá harmonická oscilátorového kmitočtu při příjmu VKV v okolí 95 MHz.

TV přijímač a destičku propojíme již popsaným způsobem. Jako řídicí napětí přivedeme napětí 12 až -13 V. Nastavením trimru u oscilátoru (C_D) (případně po přidání paralelního kondenzátoru) ladíme oscilátor tak, aby televizor reprodukoval již dříve popsané zvuky. V případě neúspěchu zjistíme přepínáním kanálů u TV přijímače či změnou řídicího napětí varikapů, kde oscilátor kmitá, a podle toho upravíme kapacitu ladícího kondenzátoru oscilátorového obvodu. Zde je nutno podotknout, že způsob nastavení a některé další připomínky ke stavbě



Obr. 81. Deska s plošnými spoji K208 jednotky z obr. 80

i zapojení jsou shodné s těmi, které byly uvedeny pro předchozí vstupní jednotky a naopak.

Aby byl zajištěn optimální přenos signálu mezi předzesilovačem a směšovačem v celém přenášném kmitočtovém pásmu, je třeba správně navázat oba obvody. Jsou-li použity vinuté cívky, je velmi důležité (a pracné) dodržet předepsané umístění cívek, jejich vzdálenosti, smysl vinutí a případně i stoupání mezi závity, aby se dosáhlo správného stupně vazby a tím i rovnoměrné ploché křivky propustnosti v celém přijímaném rozsahu kmitočtů. Je-li pásmová propust realizována plošnými cívkami, jsou rozhodující pro správnou vzájemnou vazbu jak poloha obou cívek na desce, tak jejich velikost, směr vinutí a vzájemná vzdálenost. To je však již věcí správného návrhu a experimentálního ověření autorem konstrukce, aby se při vhodné dolaďovací kapacitě dosáhlo co nejrovnoměrnějšího přenosu signálu v celém přeladovacím pásmu a zároveň co nejučinnějšího potlačení nežádoucích signálů.

Kondenzátory 2,2 nF u jednotlivých laděných obvodů slouží ke stejnosměrnému oddělení jednotlivých laděných obvodů a zároveň k jejich vysokofrekvenčnímu zkratování. Kondenzátory proto musí být bezindukční a malých rozměrů, aby se neměnil rezonanční kmitočty obvodů. Vhodné jsou menší keramické typy poduškovitého provedení. Jejich kapacita není kritická, lze použít kondenzátory od 1,5 do 5,6 nF s co nejkratšími přívody. Vf napětí z oscilátoru je přivedeno na bázi směšovače přes kondenzátor s velmi

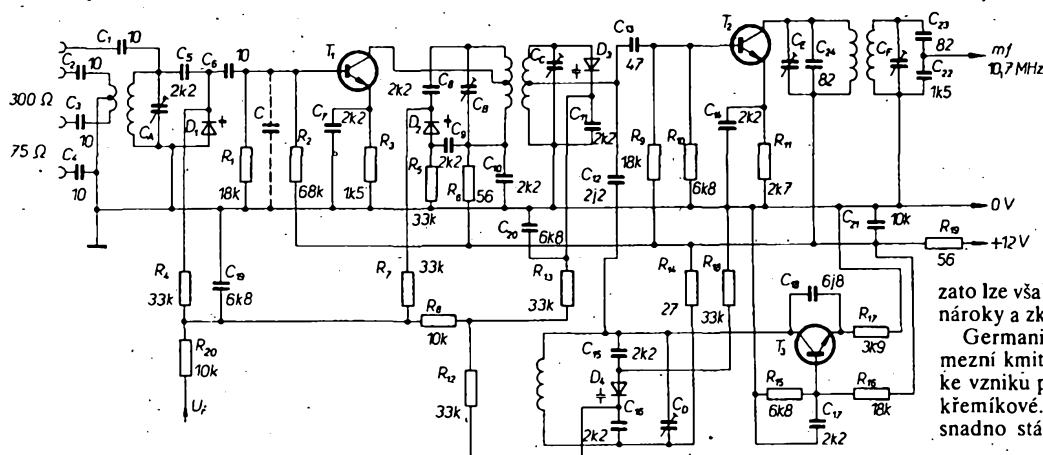
malou kapacitou, aby silný signál místního vysílače, přivedený přes vstupní obvody na směšovač, nerozlaďoval přes tento kondenzátor oscilátor.

Obvod směšovače a vstupní obvod se u všech jednotek nastaví kapacitními trimry pouze pro pásmo CCIR a to až po zapojení a uvedení celého přijímače do chodu. Nastavuje se nejprve na největší šum a po připojení antény a zachycení stanice na nejvyšší signál. Tím je také zajištěn dostatečný souběh.

V kolektoru směšovače je obvod s plošnými cívkami, laděnými na mf kmitočty 10,7 MHz. O tomto i jiných vhodných způsobech propojení vstupní jednotky a mf zesilovače si ještě podrobněji povíme.

Vstupní jednotka VKV s germaniovými tranzistory

Vstupní jednotky s germaniovými tranzistory ustupují v poslední době do pozadí. Je však nemalé těch, kteří tyto tranzistory nejen vlastní, ale také si je oblíbili pro jejich některé výhodné vlastnosti, i přes to, že s nimi nelze dosáhnout takových parametrů vstupních obvodů (šumové číslo a tím i dosažitelná vstupní citlivost jsou horší), jako křemíkovými tranzistory. Následující jednotka je tříobvodová a je laděna varikapem, použity jsou germaniové vf tranzistory. Všechny laděné obvody mají opět plošné cívky. Rozměry desky s plošnými spoji jsou sice větší, než u předchozí vstupní jednotky,

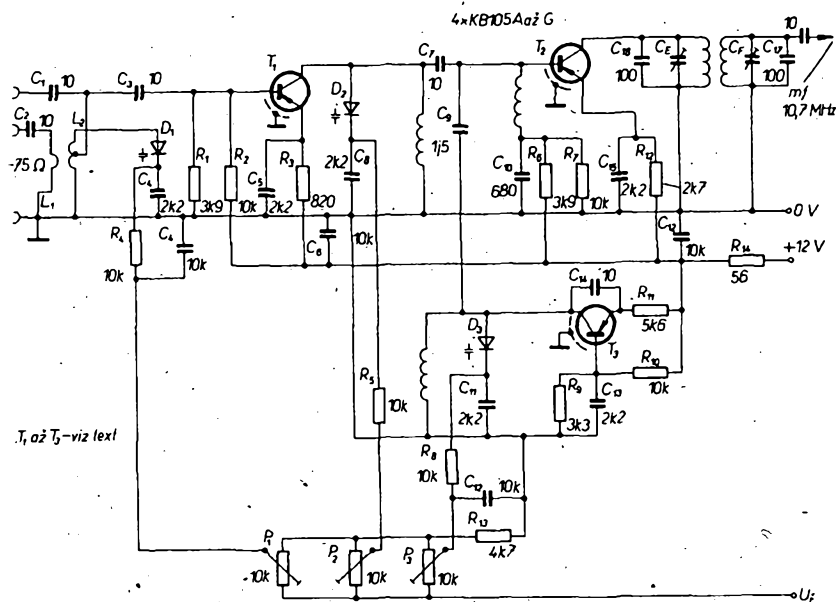


Obr. 80. Čtyřobvodová vstupní jednotka, laděná varikapem. Všechny cívky jsou plošné. Tranzistory jsou typu KF525 nebo 524

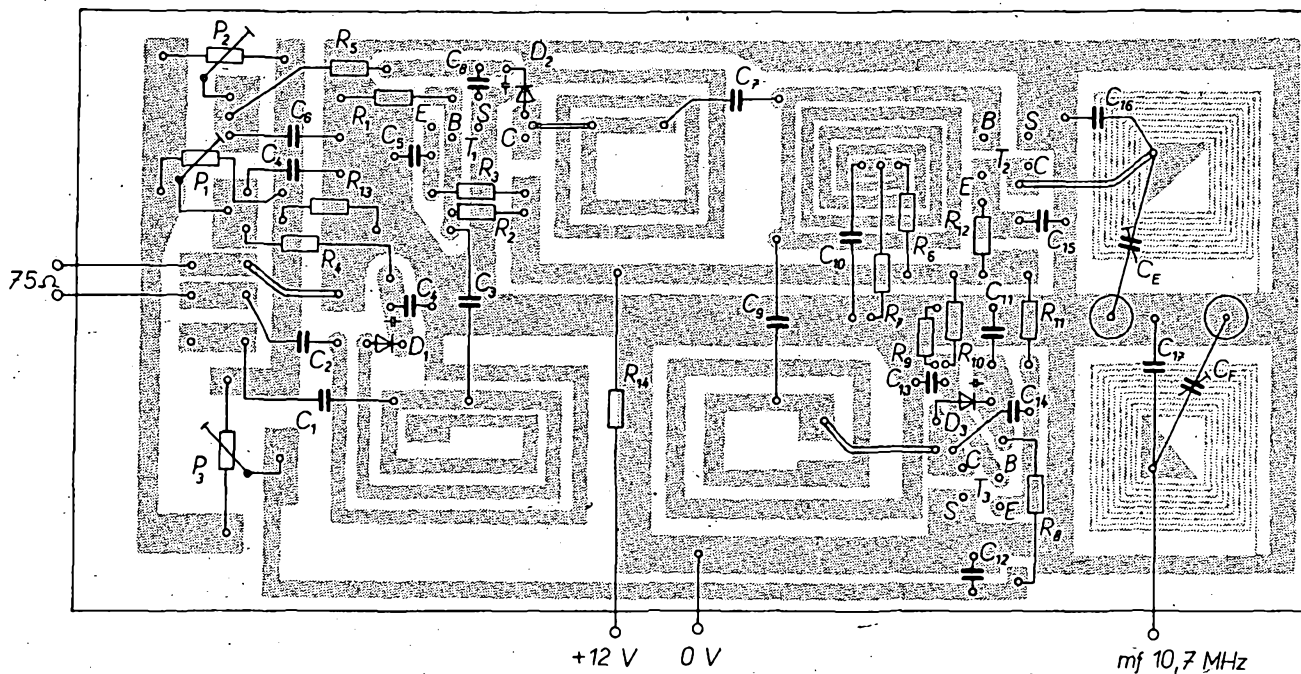
(KF125 nebo 124). Kapacitní trimry A, B, C, D jsou skleněné typy s kapacitou až 5 pF, trimry E a F jsou hrnčíkové typy 3 až 30 pF

zato lze však stavbu zvládnout s minimálními nároky a zkušenostmi.

Germaniové vf mesa tranzistory mají nižší mezní kmitočty a jsou proto méně náchylné ke vzniku parazitních kmitů, než tranzistory křemíkové. U těch se totiž může velmi snadno stát, že se při nevhodně zvoleném



Obr. 82. Zapojení tříobvodové jednotky VKV s germaniovými tranzistory. T_1 až T_3 viz text. Trimry E a F jsou hrníčkové typy 3 až 30 pF



Obr. 83. Deska s plošnými spoji vstupní jednotky VKV s germaniovými tranzistory. Deska K213

obvodu (někdy stačí i delší přívody k součástkám) zesilovací stupeň rozkmitá na kmitočtu několikanásobně vyšším, než je kmitočet přijímaný, což se projeví nestabilitou tohoto obvodu. Tato nestabilita se výrazněji projeví u vstupního předzesilovače, zvětší se šum a stačí i malá změna impedance antény (např. přiložení ruky na svod), aby se projevila i zkrácenou reprodukcí přijímaného signálu.

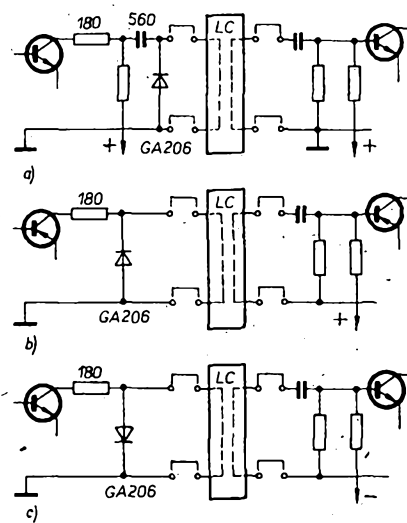
Zapojení celé jednotky je na obr. 82 a deska s plošnými spoji i s příslušnými cívkami na obr. 83. Jednotka pracuje opět s odděleným oscilátorem, aby ji bylo možno snáze nastavit a aby nedocházelo k již dříve popisovaným jevům. V oscilátoru a směšovači lze použít tranzistory GF505 až 507, ve vř. předzesilovači GF507, lépe však AF239, případně obdobný vř. tranzistor p-n-p. K ladění všech vř. obvodů je použita trojice varikapů KB105A až G. Jednotlivé obvody nejsou dolaďovány kapacitními trimry, je

výhodně použito sladění v jednom bodě (94 MHz) pomocí odporových trimrů, zapojených v samostatných větvích ladícího napětí pro varikapy v jednotlivých laděných obvodech. Aby se omezil průnik krátkovlnných stanic přes směšovací obvod do mř zesilovače a aby se zamezilo zpětnému pronikání mř kmitočtu na vstup směšovače, je v bázi tranzistoru T_2 zapojen sériový LC obvod opět s plošnou cívkou.

Na výstupu směšovače je pásmová propust laděná na 10,7 MHz, jejíž obě cívky jsou plošné na desce se spoji. O vhodném připojení k mř zesilovači bude ještě zmínka. Anténní obvod je navržen pouze pro připojení sousého kabelu 75 Ω .

Vazba vstupní jednotky na mř zesilovač

Vstupní jednotky i dále popisované mř zesilovače jsou řešeny jako samostatné

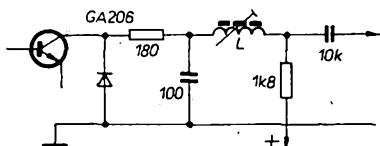


Obr. 84. Laděný vazební člen LC jako čtyřpól, vložený mezi směšovač a vstupní tranzistor mř zesilovače s omezovací diodou v zapojení pro různý potenciál zemního vodiče

uzavřené celky. Je to proto, aby je bylo možno použít v libovolném spojení. Pro jejich správnou funkci je však nutno, aby vzájemné propojení bylo impedančně správné, neboť jedině tak lze zajistit optimální přenos signálu.

Na výstupu ze směšovače bývá zapojen obvod laděný na rozdílový kmitočet oscilátorového a vstupního napětí, tedy na 10,7 MHz. Tento obvod pak buď zčásti nebo zcela plní funkci impedančního přizpůsobení výstupu vstupní jednotky a vstupu mř zesilovače. Aby se zabránilo pronikání oscilátorového napětí a parazitních produktů směšovače do mř zesilovače a jejich vyzářování, je výhodné umístit část nebo celý obvod laděný na mř kmitočet co nejblíže směšovači a dokonale ho odstínit.

Podle mechanické konstrukce přijímače mohou být vstupní obvody mř zesilovače a výstup směšovače propojeny přímo laděným vazebním členem, nebo, je-li vzdálenost obou dílů větší než 50 mm, je výhodné použít propojení linkou – sousým kabelem. Pro oba způsoby propojení existuje řada vazebních členů, u nichž se způsob zapojení řídí

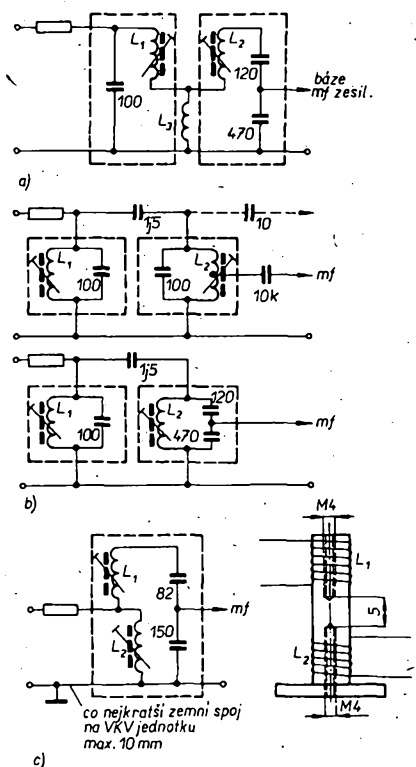


Obr. 85. Nejjednodušší vazba pro přímé připojení vstupní jednotky; L má 26 z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm CuL na kostičce o $\varnothing$ 5 mm s feritovým jádrem M4

nejen druhem vazby, ale také použitým tranzistorem, především pokud jde o polaritu napětí kolektoru směšovače vzhledem k zemnímu potenciálu. Laděný vazební člen uvažujeme přitom jako uzavřený čtyřpól, vložený do obvodu podle obr. 84.

Aby se zabránilo přebuzení mf zesilovače při velmi silném signálu při příjmu místního vysílače, bývá ještě před vstupem do vazebního členu na výstupu ze směšovače zapojena proti zemi dioda. Ke zmenšení možnosti vzniku parazitních směšovacích produktů ve směšovači se často zapojuje do obvodu kolektoru odpor, jehož velikost se řídí obvodovými prvky, volbou zapojení a napájecím napětím pro směšovač; odpor bývá 150 až 330 Ω .

Délka připojovacích vodičů laděného obvodu ke směšovači má být co nejkratší, umísťujeme tedy tento obvod u vstupní jednotky. Některé uživatelské způsoby jsou uvedeny na obr. 85 a 86. Na obr. 86 jsou vhodné laděné vazební členy pro přímé připojení směšovače k mf zesilovači realizované pásmovou propustí s odstíněným primárním a sekundárním obvodem. Obvody



Obr. 86. Laděné vazební členy pro přímé připojení jednotky VKV k mf zesilovači; a) $L_1 = L_2 = 25$ z drátu o $\varnothing$ 0,2 mm CuL na kostičce o $\varnothing$ 5 mm s jádrem M4, $L_3 = 5$ z drátu o $\varnothing$ 0,25 mm CuL samonosně na $\varnothing$ 5 mm; L_3 i kondenzátory 1,5 pF u b) jsou připojeny těsně u vstupu sekundárního obvodu. Vzdálenost mezi nimi a výstupem primárního vinutí nesmí být větší než 3 až 4 cm; c) $L_1 = 16$ z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm CuL na kostičce o $\varnothing$ 5 mm s jádrem M4, $L_2 = 6$ z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm CuL na téže kostičce

jsou vázány buď proudovou (obr. 86a) nebo napětovou (obr. 86b) vazbou. Vazba jednoduchým laděným obvodem je na obr. 85 a 86c.

Další možnosti, jak spojit vstupní díl a mf zesilovač, jsou na obr. 87.

Plošné cívky pro obvody s rezonančním kmitočtem 10,7 MHz jsou již méně výhodné, neboť na tomto kmitočtu mají proti vinutým cívám menší jakost a laděný obvod má proto menší selektivitu. Lze je však výhodně použít u méně náročných a jednoduchých přijímačů, nebo jako vazební laděný obvod mezi vstupní jednotkou a mf zesilovačem, následuje-li v dalším mf stupni kvalitnější selektivní propust. Na deskách obou vstupních jednotek (obr. 81 a 83) jsou mf obvody s plošnými cívkami, které mohou být zapojeny buď jako jednoduché (jedna cívka), případně jako pásmová propust (v našem případě). Lze je také vynechat a nahradit je obvody s cívkami podle obr. 85 či 86, umístěnými ve stínícím krytu na místě plošných cívek. Zmenší se tím nebezpečí pronikání signálů stanic KV, pro něž jsou plošné cívky výhodnou anténou, není-li celý přijímač ve stíněném krytu.

Mf zesilovač

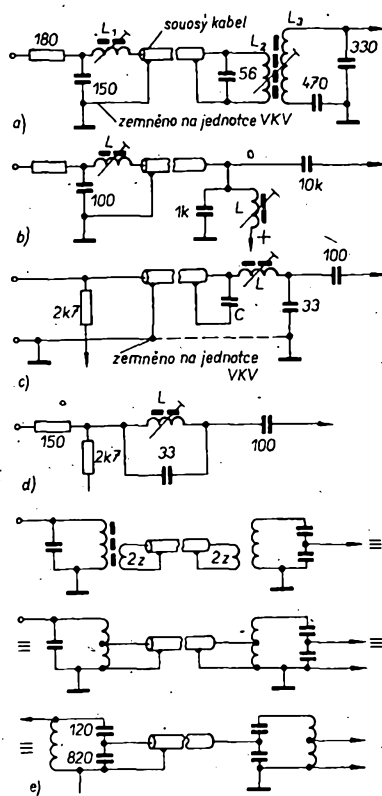
Popisované mf zesilovače jsou nestandardního provedení, řešené s přihlédnutím k jednoduché stavbě i nastavení. Při návrhu bylo dbáno toho, aby se při pečlivém nastavení dosáhlo dobrých elektrických vlastností, tj. vhodné šířky pásma a strmosti boků útlumové charakteristiky, linearit fázové charakteristiky a dostatečného zisku. Kromě prvního popisovaného zesilovače, který je zapojen „klasicky“ s tranzistorem a s laděnými obvody s plošnými cívkami, jsou všechny ostatní mf zesilovače konstruovány s integrovanými obvody a to převážně s obvodem MAA661.

Mf zesilovač s plošnými cívkami

Celý zesilovač i s detektorem je řešen jako modulová stavebnice. Jednotlivé zesilovací obvody jsou vždy s příslušným laděným obvodem LC na jedné desce s plošnými spoji – modulu a jsou umístěny společně se stínícími přepážkami na základní desce. Sestava je zřejmě z obr. 88 a z fotografií na obálce. Aby bylo dosaženo dokonalé unifikace, jsou použity pouze dva typy modulových jednotek: desky demodulátoru a desky zesilovací jednotky. Desky jednotlivých zesilovacích stupňů jsou tedy shodné a vzájemně záměnné. Shodnost a modulový charakter umožňují stavět mf zesilovač po částech a s různým počtem zesilovacích stupňů a tím i s rozdílným ziskem a selektivitou.

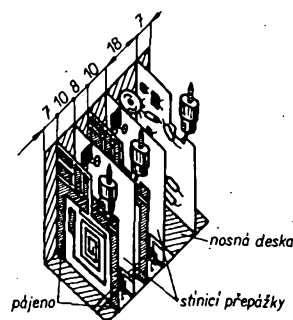
Zisk mf zesilovače (střední jakosti) by měl být nejméně 72 dB, předpokládáme-li útlum v demodulátoru 12 dB. U moderních křemíkových tranzistorů lze dosáhnout vhodným zapojením zisku až 40 dB na jeden zesilovací stupeň, je-li obvod každého tranzistoru individuálně neutralizován a nastaven. Pracovní podmínky každého tranzistorového obvodu se musí při snaze o nejlepší vlastnosti obvodu nastavovat individuálně proto, že elektrické parametry vyráběných tranzistorů mají určitý, často značný rozptyl. Aby bylo možno obejít nutnost neutralizace bez nebezpečí vzniku nestability zesilovače, je výhodné zmenšit zesílení na stupni a zvětšit počet stupňů. Při zisku 26 dB na stupni vychází pro požadované zesílení 72 dB zesilovač se třemi laděnými zesilovacími stupni.

Stavebnicové řešení mf zesilovače umožňuje postavit si jednoduchý přijímač VKV např. s dvoutranzistorovou vstupní jednotkou pro místní příjem, který je možno po uvedení do chodu rozšířit a použít k poslechu vzdálenějších vysílačů.

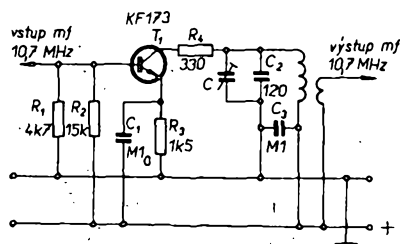


Obr. 87. Propojení souosým kabelem mezi vstupní jednotkou VKV a mf zesilovačem; $L_1 = 11$ z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm na kostičce o $\varnothing$ 5 mm, jádro M4, $L_2 = 2$ z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm CuL, $L_3 = 14$ z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm, L_2 a L_3 těsně u sebe na kostičce o $\varnothing$ 5 mm s jádrem M4; na obr. b) $L = 26$ z drátu o $\varnothing$ 0,3 mm CuL na kostičce o $\varnothing$ 5 mm s jádrem M4; na obr. c) kondenzátor $C = 56$ až 120 pF podle délky použitého kabelu

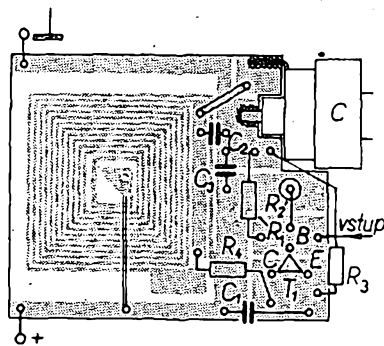
Modulová destička (obr. 90) jednoho zesilovacího stupně (obr. 89) obsahuje jednoduchý laděný obvod s plošnou cívkou a doladovacím trimrem s indukční vazbou na bázi následujícího tranzistoru. Smyčka této vazby je vně laděného obvodu a její impedance je shodná se vstupní impedancí tranzistoru. Tato neladěná smyčka s malou impedancí také zvětšuje odolnost obvodu proti pronikání rušivých signálů a zjednodušuje nastavení, neboť se kapacitním trimrem ladí pouze primární obvod na maximum přenášeného signálu. Popsaným nastavením lze dosáhnout u dvoustupňového zesilovače šířky propouštěného pásma B_{eff} asi 350 kHz, u třístupňového 200 až 250 kHz.



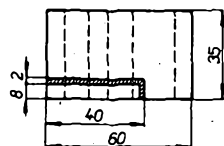
Obr. 88. Sestava dvoustupňového modulového mf zesilovače (tranzistory jsou typu KF173, KF124)



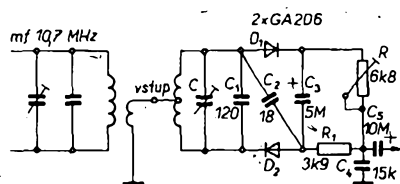
Obr. 89. Zapojení destičky modulového mf zesilovače



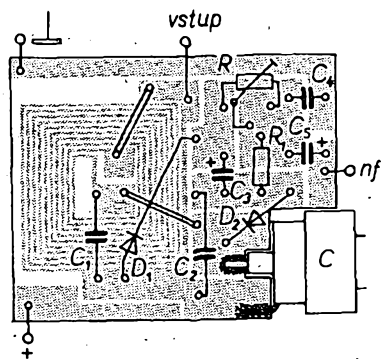
Obr. 90. Deska s plošnými spoji modulové jednotky mf zesilovače. Deska K214



Obr. 91. Nosná deska modulového mf zesilovače



Obr. 92. Zapojení modulové destičky poměrového detektoru



Obr. 93. Deska s plošnými spoji K215 zapojení z obr. 92

Na destičce modulu je kromě cívky a vazební smyčky tranzistor s příslušnými obvodovými součástkami. Aby se zmenšil vliv vnitřní dynamické kapacity tranzistoru na laděný obvod (rozladuje obvod při silném vstupním signálu), zapojují se mezi kolektor a obvod sériový odpor. Odpor se volí jako kompromis mezi přidávanými ztrátami způsobenými jeho zapojením a požadavkem na stabilitu naladění; bývá 100 až 500 Ω .

Jednotlivé modulové destičky se připojují na základní desku napájecími vývody. Mezi jednotlivými moduly jsou připájeny stínící přepážky. Protože vř spoje mezi moduly musí být co nejkratší, propojují se desky otvorem ve stínící přepážce. Při sestavování na nosné destičce (obr. 91) se postupuje od demodulátoru směrem ke vstupu.

K demodulaci se používá detektor, zapojený poněkud jinak, než je obvyklé (obr. 92), aby bylo možno plně využít charakteru modulové stavebnice. Má-li mít tento typ poměrového detektoru optimální vlastnosti, musí být mimo jiné dodržen vhodný činitel vzájemné vazby mezi primárním, sekundárním a vazebním (terciárním) vinutím. Vazba mezi nimi je však dána konstrukcí cívek obdobně jako u pásmové propusti. Přesně nastavit vazbu vyžaduje individuálně nastavovat každý obvod a to i při sériové výrobě. Použité zapojení modulu poměrového detektoru s plošnými spoji je již proto navrženo s ohledem jak na tuto skutečnost, tak také s ohledem na jednoduchost zhotovení i nastavení.

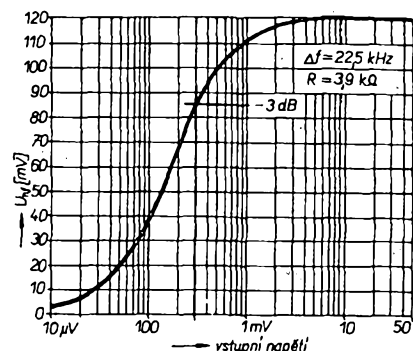
Na modulové destičce je bifilární vinutí sekundárního obvodu a všechny součástky detektoru. Střed tohoto vinutí je v sestavě veden přes stínící přepážku na vazební smyčku předchozího zesilovače – modulové jednotky. Laděný obvod se nastavuje do rezonance hrníčkovým trimrem 3 až 30 pF na střed přenášeného pásma, tj. na nejčistší signál s minimálním šumem mezi dvěma výraznějšími šumovými vrcholy. K jemnému nastavení potlačení amplitudové modulace slouží odporový trimr 6,8 k Ω . Bez přístrojů lze toto potlačení nastavit zhruba tak, že se při přesném vyladění slabší stanice nastaví trimry na nejmenší šum.

Pro příjem monofoonního signálu je třeba zapojit do nf výstupu z demodulátoru (kteréhokoli) obvod deemfáze, jehož konstanta RC určuje míru omezení vyšších kmitotů; je ji proto výhodné určit jednoduchým výpočtem. Tento člen RC má časovou konstantu $\tau = 50$, popřípadě 75 μ s (norma CCIR či OIR); u přijímače pro obě normy se volí jedna nebo střední hodnota. Člen RC má způsobit pokles nf napětí o 3 dB již pro kmitočet 2 až 3 kHz a dále zmenšovat nf napětí o 6 dB na oktávu. Odpor člena RC je v podstatě určen odporem demodulátoru.

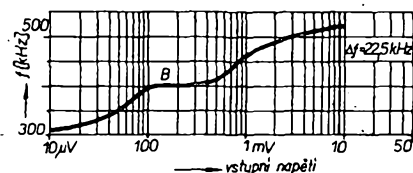
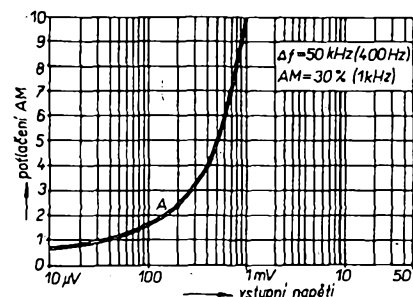
Poměrový detektor modulové jednotky má odpor jedné detekční větve zhruba 4 k Ω . Pak bude kondenzátor člena RC:

$$C_4 = \tau / R_1 = 50 \cdot 10^{-4} / 4 = 12\,500\text{ pF} \quad (70 \cdot 10^{-4} / 4 = 17\,500\text{ pF}).$$

Volíme tedy kondenzátor s kapacitou 15 nF. Na obr. 94 je blokové schéma dvou, případně třístupňového modulového mf zesilovače.



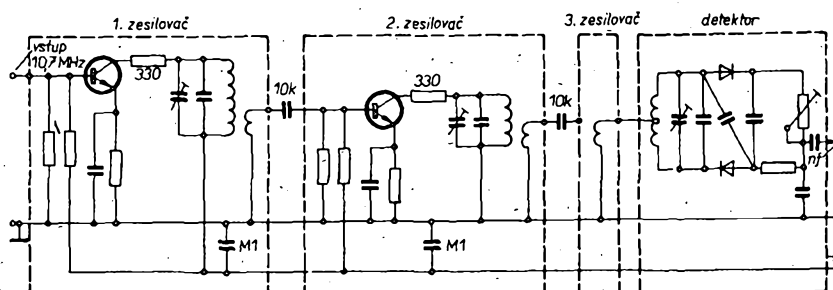
Obr. 95. Závislost výstupního nf napětí na vstupním napětí mf zesilovače



Obr. 96. Závislost vzdálenosti vrcholů křivky S(B) a závislost potlačení amplitudové modulace na vstupním napětí mf zesilovače

Při větším počtu modulových stupňů se již zvětšuje nebezpečí vzájemných parazitních vazeb a náchylnost k nestabilitě. Pro místní příjem, pro který byl tento zesilovač svou celkovou koncepcí konstruován, je nejvhodnější zesilovač dvoustupňový, u něhož lze bez potíží dosáhnout napětového zesílení 40 až 46 dB. Vstupní citlivost tohoto mf zesilovače pro odstup s/š 26 dB je 50 až 75 μ V ($\Delta f = 22,5$ kHz) při šířce pásma 250 až 300 kHz. Vlivem menšího zisku je zesílení zesilovače značně závislé na napájecím napětí, což vyžaduje napájecí napětí stabilizovat nebo použít „tvrdý“ zdroj s konstantním výstupním napětím (síťový zdroj).

Závislost výstupního nf signálu na vstupním napětí je na obr. 95. Na obr. 96 je závislost symetrického potlačení amplitudové modulace (křivka A) a vzdálenosti vrcholů křivky S mf zesilovače na velikosti vstupního napětí.



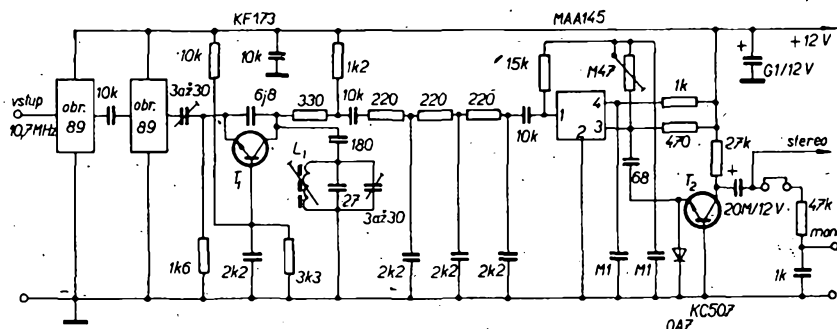
Obr. 94. Blokové schéma dvou(tří)stupňového modulového mf zesilovače

Jedním z nejjednodušších mf zesilovačů je zesilovač bez laděných obvodů s nízkým mezifrekvenčním kmitočtem (150 kHz pro mono, 350 kHz pro stereo). Oscilátor v tomto případě kmitá na kmitočtu, který je velmi blízký přijímanému kmitočtu (při silném přijímaném signálu může být strháván). Vzniklý mezifrekvenční kmitočet prochází dolní propustí z členů RC, které nepropustí vyšší kmitočty. Propustí je dána selektivita přijímače. Značnou nevýhodou tohoto zapojení je krajně nevýhodný poměr zrcadlových kmitočtů, neboť ty jsou od přijímaného signálu vzdáleny jen málo a jsou tak přijímány jen s nepatrně menším útlumem. Proto lze tento přímý způsob jednoho směšování použít pouze u přijímače, který je určen pro místní příjem jednoho, nejvýše dvou vysílačů a i v takovém případě je velké nebezpečí vzájemného rušení.

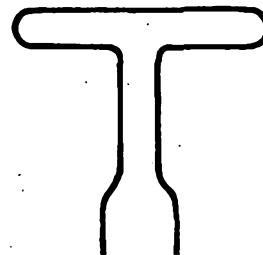
Oscilační obvod je naladěn na kmitočet 11 MHz. Rozdíllový kmitočet 300 kHz se odebírá z kolektoru směšovacího tranzistoru a je přiváděn přes oddělovací kondenzátor 10 nF na dolní propust RC, která odfiltruje zbytky vyšších směšovacích produktů a částečně upraví i šířku propouštěného pásma. Upravený signál se přivádí na integrovaný obvod MAA145, v němž se zesílí tak, aby došlo k jeho amplitudovému omezení. Tím se zesílí tak, aby došlo k jeho amplitudovému omezení. Tím vznikne ze sinusového průběhu signál obdélníkovitého průběhu. Šířka těchto obdélníků se mění v rytmu modulace.

Mf zesilovač s IO MAA661

Jako zesilovačů a demodulátorů se v zahraničí používá několik typů integrovaných

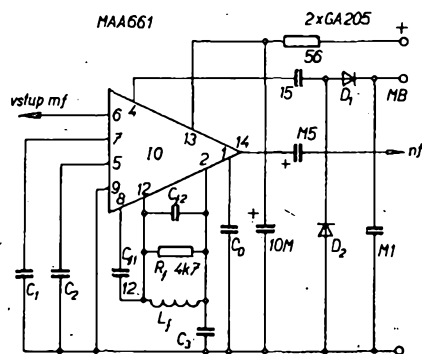


Obr. 97. Mf zesilovač s počítačím detektorem; T_1 může být typu KFI24 (KFI25) nebo KF508. L_1 je na kostříčce o $\varnothing 8$ mm s ferokartovým jádrem a má 30 z drátu o $\varnothing 0,2$ mm CuL

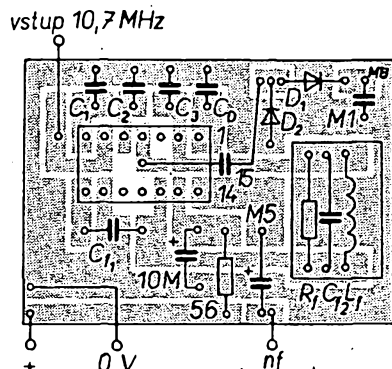


Obr. 98. Upravený hrot pistolové páječky

Základní funkční zapojení *IO* v obvodu měřicího zesilovače je na obr. 99. Je to zároveň zapojení modulové jednotky s tímto obvodem (obr. 100). Kondenzátory C_1 , C_2 a C_3 slouží k vysokofrekvenčnímu blokování příslušných obvodů a k filtraci stejnosměrného předpětí. Jejich správná kapacita ovlivňuje do jisté míry stabilitu jednotlivých stupňů diferenciálního zesilovače a koincidenčního detektoru. Je vhodné použít keramické kon-



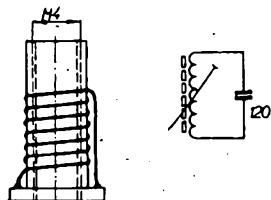
Obr. 99. Základní zapojení IO MAA661 (C_p , L_1 viz text a obr. 101)



Obr. 100. Deska s plošnými spoji K216 pro základní zapojení MAA661; kondenzátor 15 pF je pájen ze strany spojů a to pouze tehdy, budeme-li používat vývod MB

denzátorů malého, nejlépe poduškovitého provedení, i přesto, že tyto kondenzátory nejsou pro tak vysoký kmitočet určeny; jejich kapacita se totiž velmi rychle zmenšuje při kmitočtech nad 1 MHz, u kondenzátorů typu III (TK 782) pro stejnosměrné napětí 12,5 V se jmenovitá kapacita na kmitočet 10 MHz zmenšuje i na 20 %. Použití rozměrově větší svitkové kondenzátory není však vhodné, neboť ty mají vždy určitou indukčnost a zvětšují tak náchylnost IO k nestabilitě. Výhodnější je proto použít výše uvedené keramické kondenzátory s poněkud větší kapacitou než je předepsáno, případně zapojit i dva paralelně: vyhovuje 0,1 μ F.

Nestabilita IO, způsobená buď nedostatečným blokováním, nebo nevhodným přizpůsobením vstupního obvodu, se projeví značně zkreslenou reprodukcí přijímaného signálu a skokovou změnou výstupního nf signálu při mírné a plynulé změně intenzity vstupního signálu; při zobrazení na obrazovce osciloskopu se objeví v lineární části



jádro-mat. mosaz

Obr. 101. Jednoduchý laděný obvod pro fázovací člen nf modulovou jednotku. Cívka má 30 z drátu o $\varnothing$ 0,25 mm CuL na kostře o $\varnothing$ 5 mm s mosazným jádrem M4

demodulační křivky S zákmit ve tvaru další křivky S, avšak velmi ostré a úzké.

Kondenzátor C_0 společně s vnitřními obvody v IO tvoří obvod deefáze při příjmu monofonního signálu. Pak je jeho kapacita 4,7 nF. Je-li výstupního signálu z IO využito pro stereofonní příjem, pak je $C_0 = 150$ pF, a působí pouze jako filtrační prvek pro zbytkovou složku mf nosného kmitočtu, která by mohla nepříjemně ovlivnit činnost stereofonního dekodéru.

Kondenzátory C_1 a C_2 společně s cívkou L_1 a tlumicím odporem R_1 jsou součástí fázovacího obvodu. Přesnost nastavení tohoto obvodu určuje míru zkreslení i potlačení rušivé amplitudové modulace. Jakost obvodu nesmí být příliš velká, obvod je ještě třeba ztlumit odporem R_1 . Cívku obvodu lze realizovat i plošně (viz dále). Použije-li se vinutá cívka, není její zhotovení náročné (obr. 101). Je použita kostrička o průměru 5 mm s vnitřním závitem M4. Jako jádro je použit mosazný šroubek M4 o délce 15 až 20 mm. Mosazný šroubek je použit proto, protože pak má cívka takový činitel jakosti, že k dosažení potřebné šířky propouštěného pásma není již nutné tlumit obvod odporem R_1 , případně lze použít větší odpor, což se příznivě projeví zvětšením výstupního nf napětí. Cívku je vhodné umístit do stínícího krytu.

Člen RC v obvodu napájení dokonale filtruje a vysokofrekvenčně i nízkofrekvenčně blokuje napájecí napětí.

Výstupní napětí nosného kmitočtu z posledního omezovacího stupně diferenciálního zesilovače, které je vyvedeno na vývod 4 IO, lze výhodně využít k indikaci přijímaného signálu a k nastavení všech vf obvodů (mimo fázovacího) na maximální zesílení. Vf napětí z tohoto bodu je usměrněno zdvojovačem napětí a vyvedeno na měřicí bod MB. Jeho velikost je při zalimitovaném signálu asi $0,4 \pm 0,1$ V. Při nastavování jednotlivých obvodů (slouží-li k indikaci napětí na MB) musí však být vstupní signál tak malý, aby ho obvod neomezoval, protože jen tak jsou změny napětí na MB dobře patrné.

Poznámka

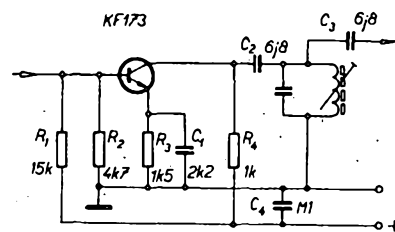
Poměrně jednoduchou stavebnici mf zesilovače lze výhodně realizovat jedním až dvěma moduly mf zesilovače s plošnými cívkami ve spojení s modulovou deskou s integrovaným obvodem. Spoj vazební smyčky laděného rezonančního obvodu a IO (přes kondenzátor 1 nF) by neměl být delší než 20 až 30 mm. V pokusném vzorku byly desky umístěny kolmo na základní desku se stínicími přepážkami s mezerou mezi deskou a přepážkou 10 až 20 mm. Tento zesilovač je vhodný tam, kde se nepožaduje velká selektivita.

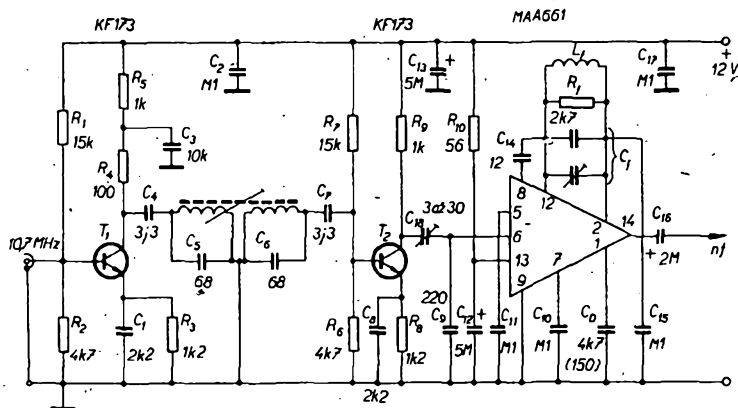
Modulovou mf jednotku obdobné kvality jako předchozí lze realizovat i se zapojením podle obr. 102 (deska na obr. 103) a obr. 99 (deska na obr. 100). Laděný obvod s cívkou a kondenzátorem je stejný i stejně provedený jako obvod LC fázovacího členu.

Laděné obvody obou stavebnic nastavujeme na maximální zesílení. Po nastavení lze jemným otáčením šroubku ladění cívky fázovacího členu naladit obvod tak, aby v reprodukováném signálu byl při maximálním zesílení signálu minimální šum.

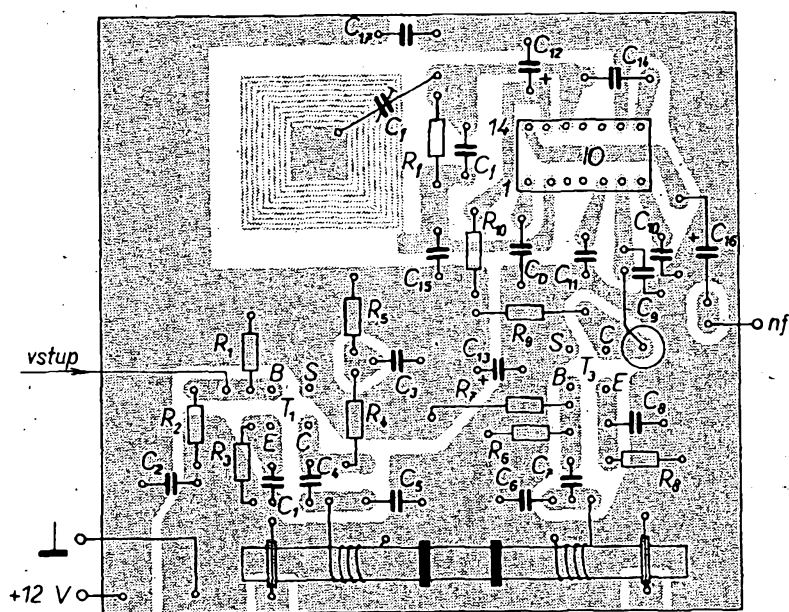
Kompletní mf zesilovač na jedné destičce

Pro kvalitní dálkový příjem na VKV je třeba, aby měl mf zesilovač dostatečné zesílení, neboť mf zesilovač by měl omezovat signál již při vstupním napětí řádu jednotek μ V a aby také selektivita pro přenos jednoho kanálu (vysílače) byla co největší. Tomuto požadavku plně vyhovuje mf zesilovač s inte-





Obr. 105. Zapojení mf zesilovače s MAA661



Obr. 106. Deska s plošnými spoji s plošnou cívkou fázovacího obvodu (K218)

desce ze strany spojů (obr. 104). Feritová pásmová propust se nastavuje až při oživování celého mf zesilovače.

Jakostní a přitom jednoduchý mf zesilovač, jehož zapojení je na obr. 105 a deska s plošnými spoji na obr. 106, má dva křemíkové tranzistory typu KF173, případně KF124. Mezi tranzistory je feritová pásmová propust. V zapojení je použit i integrovaný obvod MAA661 s fázovacím obvodem s plošnou cívkou na desce s plošnými spoji. Takto zhotovená cívka má jakost menší než cívka vinutá, přesto je však třeba obvod tlumit odporem 2,7 kΩ. „Výrobní tolerance“ plošné cívky mohou být značné, i 30% změna indukčnosti není na závadu; je jí pouze nutno vykompenzovat doladěním paralelním kondenzátorem. K doladění a správnému nastavení obvodu je použit hrníčkový kapacitní trimr 3 až 30 pF, nebo skleněný trimr 15 pF.

Mf signál ze vstupní jednotky se přivádí přes vhodný vazební člen s malou impedancí podle obr. 87 na bázi prvního tranzistoru. Z kolektoru tohoto tranzistoru je signál veden přes C_4 na feritovou propust a z ní přes C_7 na bázi druhého tranzistoru. Výstup T_2 je veden přes kapacitní dělič C_{18} , C_9 na vstup integrovaného obvodu.

Protože se parametry obvodu MAA661 kus od kusu mírně liší, je vhodné zapojit vstupní kapacitní dělič s kapacitním trimrem, aby bylo možno nastavit obvod na optimální pracovní režim. Nastavení kapacitního dělice

je dosti kritické v rozmezí několika pF. Nesprávné nastavení se může projevit již popisovanou nestabilitou a zakmitáváním obvodu. Někdy je třeba připojit k trimru ještě paralelně kondenzátor 10 až 27 pF.

Zapojení mf zesilovače na desce s plošnými spoji je zcela prosté jakékoliv náchylnosti k zakmitávání a je velmi odolné vůči nepříznivým vnějším vlivům, ať již jde o vř. elektromagnetické pole či blízké kovové předměty apod. Z tohoto důvodu není třeba stínit ani celý mf zesilovač, ani jednotlivé obvody. Postačí pouze dokonalé „prozemnění“ se vstupní jednotkou.

Dobré nastavení celého mf zesilovače je jednoduché. Nemáme-li žádné vhodné měřicí přístroje a nezáleží-li nám příliš na přesném dodržení mf kmitočtu 10,7 MHz, pak stačí, nastavíme-li všechny laděné obvody na maximum výstupního signálu: po připojení mf zesilovače k nf zesilovači a napájecímu zdroji nastavíme proměnné prvky obou laděných obvodů (tj. u fázovacího jádra cívky a v děliči kapacitní trimr) na vstupu do IO zhruba do střední polohy. Při dotyku kovovým předmětem na bázi druhého tranzistoru se musí z reproduktoru ozvat větší šum, případně stanice KV či SV. K bázi vstupního tranzistoru připojíme pak kus drátu (asi 0,25 m) a pohybem zkratovaných kroužků po feritu nastavíme slyšitelný signál nebo šum na maximum hlasitosti. Přitom pohybujeme vždy jedním kroužkem od cívky ke středu tyčky, až se v jedné jeho poloze šum

zvětší, pak postupujeme stejně s druhým kroužkem. Nastavení je velmi ostré.

S uvedenou délkou feritu lze dosáhnout nadkritické až mírně podkritické vazby. Při kritické vazbě je přenos největší, a proto nastavujeme vazbu na největší zesílení. Správným nastavením lze dosáhnout kritické vazby se šířkou pásma $B_{\sqrt{f}} = 200$ až 220 kHz, případně malým posuvem kroužků směrem ke středu feritu až šířky pásma $B_{\sqrt{f}} = 350$ kHz s plochým nebo nepatrně prosedlým vrcholem. Dalším posuvem kroužků ke středu se šířka pásma dále zvětšuje, charakteristika má však dva výrazné vrcholy vlivem nadkritické vazby.

Použijeme-li k nastavení vf generátor 10,7 MHz s modulací FM a nf milivoltmetr, pak vf generátor (kmitočet 10,7 MHz) připojíme přes kondenzátor 100 pF na bázi prvního tranzistoru a nf milivoltmetr na výstup IO. Lze také využít vývodu 4 IO, jak již o tom byla řeč. Posuvem zkratovaných kroužků po feritu nastavíme největší výchylku ručky nf milivoltmetru, čímž je zajištěno správné nastavení obvodů (tj. kritická vazba), menší výchylka ručky svědčí o vazbě podkritické (při níž bude mít ručka měřidla při přeladování generátoru dvě maximální výchylky). Posuvem kroužků se však mírně mění rezonanční kmitočet obvodů a je proto třeba nepatrnou změnou polohy jedné z cívek na feritu obvod doladit.

Změněnou velikost výstupního napětí si poznamenejme a vf generátor přeladíme na kmitočet 10,5 MHz a opět nastavíme kroužky na maximální výstupní napětí. Totéž uděláme na kmitočtu 10,9 MHz, případně i na jiném kmitočtu. Kroužky pak ponecháme v té poloze, při níž je výstupní signál největší (bez ohledu na kmitočet). Určitý rozptyl napětí výstupního signálu v závislosti na přenášeném kmitočtu může být způsoben:

- rozptylem kapacit kondenzátorů v rezonančních obvodech (68 pF),
- nestejnými cívkami pásmové propusti,
- nestejným umístěním obou cívek na koncích feritové tyčky,
- nestejným tvarem zkratovaných kroužků,
- vlastnostmi feritové tyčky.

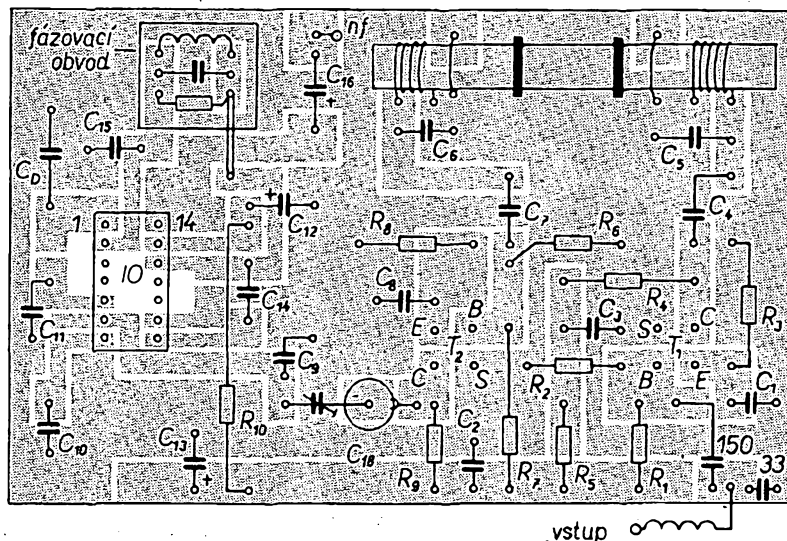
Po nastavení zajistíme cívky i kroužky zakápnutím lakem.

Po nastavení feritové pásmové propusti doladíme oba kapacitní trimry na největší zesílení přenášeného signálu nebo šumu. Definitivně mf díl nastavíme až po připojení vstupní jednotky, tedy i po doladění jejich obvodů – vyladíme slabou stanici a kapacitním trimrem fázovacího obvodu nastavíme nejmenší šum (nejčistší příjem) mezi dvěma jeho maximy. Tím je přijímač nastaven.

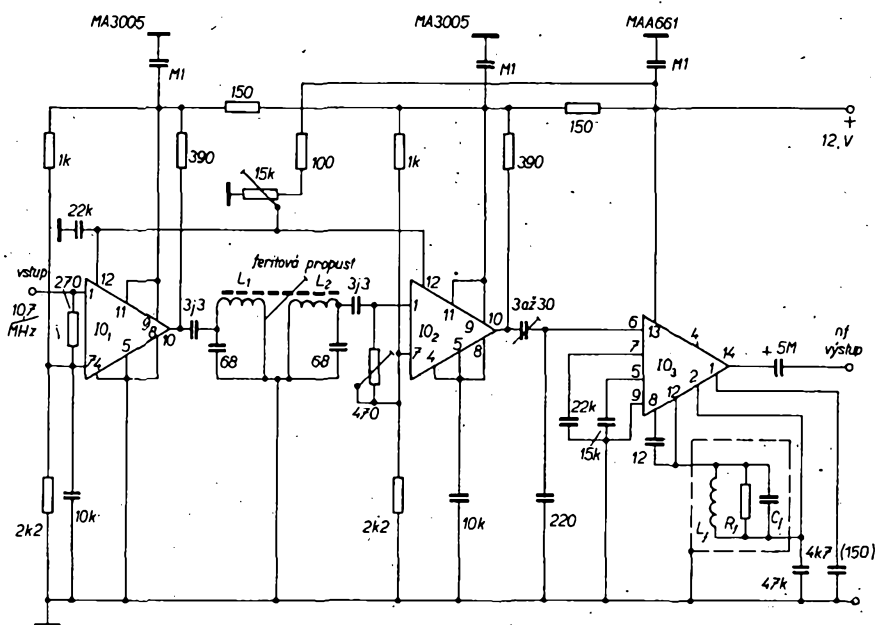
Jiné varianty mf zesilovače s MAA661

Jiná varianta mf zesilovače má desku s plošnými spoji podle obr. 107. Zapojení je stejné jako u právě popsaného zesilovače, rozdíl je pouze v tom, že ve fázovacím obvodu je použita vinutá cívka a to stejná jako u modulové jednotky s IO na obr. 101. Mf zesilovač se nastavuje stejným způsobem jako zesilovač na obr. 105.

V AR č. 6/74 byl na str. 213 popis mf zesilovače s integrovanými obvody MA3005 a MAA661. Tento zesilovač má velmi dobré parametry, je-li správně nastaven a je-li v něm zapojen keramický filtr SFC10,7MA. Tento filtr, který není běžně ke koupi, lze však velmi výhodně nahradit feritovou pásmovou propustí. Nastavení není o nic obtížnější, neboť je pro větší stabilitu vypuštěn laděný obvod LC na vstupu MAA661



Obr. 107. Deska s plošnými spoji K219 mf zesilovače s vinutou cívku fázovacího obvodu



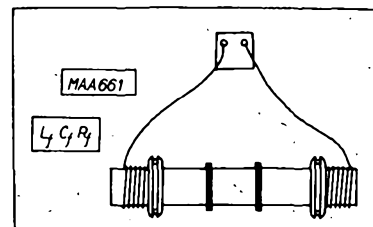
Obr. 108. Schéma upraveného mf zesilovače (původní schéma v AR č. 6/74)

a nahrazen již známým laditelným kapacitním děličem z předchozího mf zesilovače. Odporovým trimrem 15 kΩ lze nastavit předpětí řídicího tranzistoru v MA3005 od nuly do plného napájecího napětí a měnit tak zesílení obou obvodů ve značném rozsahu. Upravené zapojení je na obr. 108.

Použita je deska s plošnými spoji H24; část s feritovou pásmovou propustí je na obr. 109. Pokusný přijímač, sestavený ze čtyřobvodové, varikapu laděné vstupní jednotky s vazebním členem s velkou impedancí (obr. 86a) mezi směšovačem a vstupem do tohoto mf zesilovače, vykazoval velmi dobré vlastnosti i při nastavení bez měřicích přístrojů. Po pečlivém nastavení rozmitačem HP, generátorem FM-AM Marconi, osciloskopem HP a šumovým generátorem se základní parametry přijímače shodovaly s kvalitním profesionálním přijímačem.

Ukázka kompletní konstrukce přijímače

Na fotografii na obálce je tuner sestavený ze čtyřobvodové vstupní jednotky s „odklápecím laděním“ (obr. 72 a 73) a z mf zesilovače z obr. 107. Tento zesilovač lze bez komplikací nahradit mf zesilovačem s plošnou cívku ve fázovací obvodu (obr. 106). Vazba mezi vstupní jednotkou a mf zesilovačem má malou impedanci a je zapojena podle obr. 87c. Tento přijímač, i když je jeho pořizovací cena velmi přijatelná, je velmi výhodný pro dálkový příjem. Jeho citlivost přes celý přijímaný rozsah kmitočtů je v grafu na obr. 110. Jeho technické parametry jsou:



Obr. 109. Deska H24 s upevněnou feritovou pásmovou propustí

Kmitočtový rozsah: 63 až 115 MHz, plynule přeladitelný.
Počet laděných obvodů: 4.
Počet tranzistorů: 3.
Vstup: souosý kabel 75 Ω.
Citlivost: viz obr. 110.
Potlačení f_{ml} : 100 dB.
Potlačení zrcadlového kmitočtu: 50 dB.
Potlačení $f_p + 1/2 f_{mf}$: 66 dB.
Napěťový zisk vstupní jednotky na měřicím kmitočtu (92 MHz): 40 dB.
Napájecí napětí: 12 V.

Mechanicky je tuner proveden tak, že na čelní stěnu vstupní jednotky je vedle základní desky (obr. 73) připevněna (připájena) deska mf zesilovače. K omezení průniku oscilátorového napětí do obvodů mf zesilovače je vhodné vpájet mezi oba díly stínící přepážku. Není na škodu, je-li celý přijímač umístěn ve stíněné skřínce.

Nastavení celého přijímače s feritovou propustí bez měřicích přístrojů

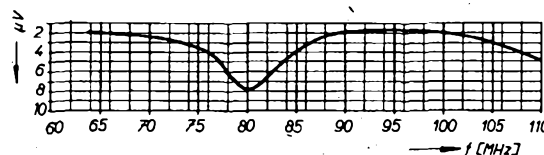
K přijímači s předběžně nastaveným mf zesilovačem (viz str. 75) připojíme nf zesilovač a anténu a uvedeme jej do chodu. Z reproduktoru se musí ozvat šum.

Všechny laděné obvody vstupní jednotky nastavíme na největší šum v horní části kmitočtového pásma, tedy u jednotky laděné varikapu při ladicím napětí 12 V, u jednotky s odklápěcími cívkami asi při odklopení desky 1,5 až 2 mm od základní desky.

Po tomto nastavení obvodů naladíme slabší stanici a postup opakujeme, tj. všechny laděné obvody přijímače včetně feritové propusti nastavíme na největší hlasitost přijímaného signálu. Ladíme přitom obvody od konce mf zesilovače (od fázovacího obvodu) postupně až ke vstupnímu obvodu vstupní jednotky.

Při nastavování zkratovaných kroužků feritové propusti si musíme počínat jemně, nastavení je velmi ostré a i nepatrný pohyb kroužku má za následek značnou změnu zesílení i tvaru přenosové charakteristiky. Přesné nastavení na maximum zesílení však zaručuje správný průběh charakteristiky, což značně usnadňuje práci.

Aby se kroužky během doby neposouvaly, je vhodné před konečným nastavením na maximum oba kroužky zakápnout voskem a dokud je vosk měkký (popř. ho nahřát) nastavit obvody na maximum a pak nechat



Obr. 110. Průběh vstupní citlivosti pro odstup $s/\delta = 26$ dB

wosk zatvrdnout. Výhodné při tom je, že pro nastavení můžeme používat i kovové předměty, neboť celá střední část feritové propusti je naprosto necitlivá na okolní prostředí. Přiblížení či dotyk ruky či kovových předmětů nemá žádný vliv na průběh přenosové charakteristiky. Citlivější jsou pouze místa s oběma cívkami na krajích tyče, cívkami se však při nastavování nehýbá, takže nastavení feritové propusti (při správném dodržení výrobního postupu) je značně jednoduché a bez jakýchkoli komplikací.

Při správném nastavení všech obvodů přijímače a především feritové propusti se při ladění „objevují“ i nejsilnější stanice „skokem“, tj. při pozvolném pohybu ladícího knoflíku se náhle prudce zvětší šum a hned nato „naskočí“ stanice, jejíž intenzita signálu se při dalším pozvolném ladění nemění, pak se opět prudce zvětší šum, a v zápětí stanice zmizí. Tento způsob vyladění stanice je známkou dobré selektivity přijímače.

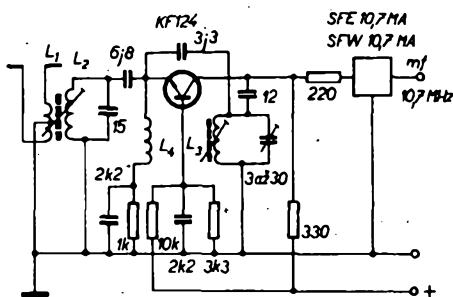
Subminiaturní přijímač VKV

Na závěr si ještě ukážeme zapojení subminiaturního přijímače VKV, velmi jednoduchého, který je určen pro monofonní příjem místního vysílání. V zapojení je sice použit zahraniční integrovaný obvod TDA1043; tento obvod lze však nahradit integrovanými obvody TESLA typu MAA661 a MA0403.

Přijímač má pouze jeden tranzistor, který je zapojen jako kmitající směšovač. Na vstupu má dílu je keramický pásmový filtr (buď dvouobvodový typu SFE107MA nebo lépe čtyřobvodový typu SFW107MA); není-li k dispozici keramický filtr, lze s výhodou použít feritovou pásmovou propust. Při náhradě integrovaného obvodu a pásmového filtru není již ovšem možno dosáhnout původních miniaturních rozměrů. Za keramickým filtrem je zapojen obvod TDA1043 s fázovacím obvodem, potenciometr hlasitosti a reproduktor.

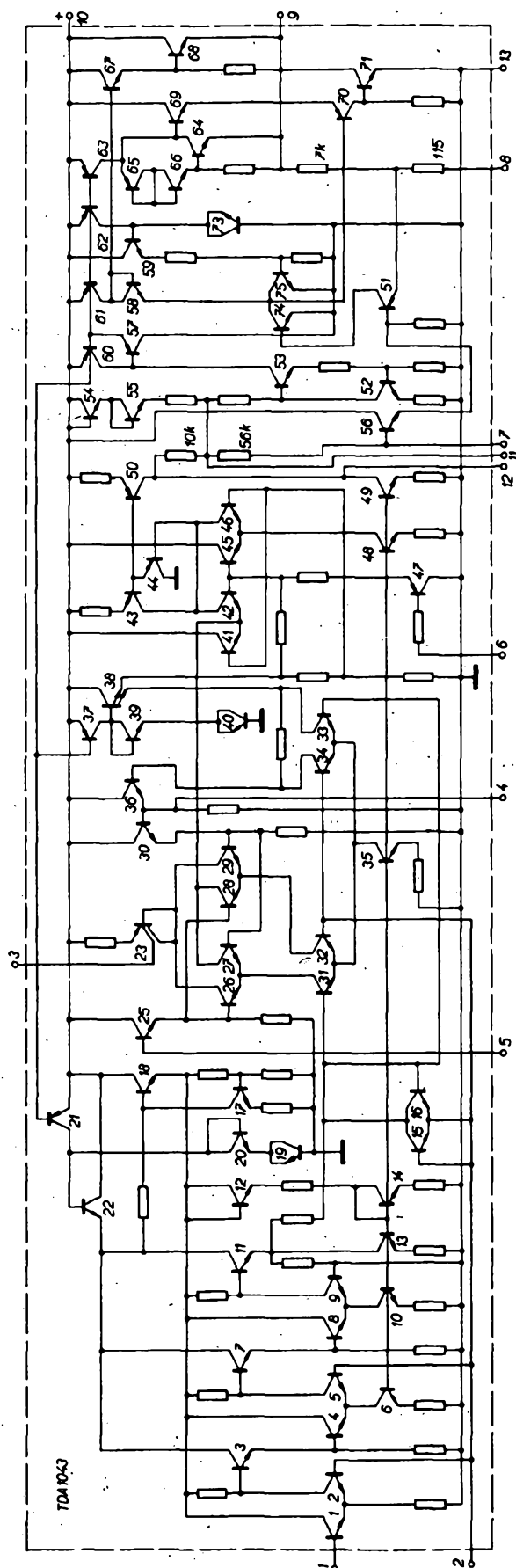
Integrovaný obvod TDA1043 je původně určen pro zvukovou část přijímačů barevné televize, hodí se však velmi dobře i pro popisovaný přijímač VKV. Obvod je v pouzdru DIL, obsahuje 71 tranzistorů a jeho zapojení je na obr. 111. Obvod má tyto funkční celky: třístupňový diferenciální zesilovač s účinným omezovačem amplitudy, koincidenční detektor, obvod pro elektronické nastavení hlasitosti a nf zesilovač s budícím a koncovým stupněm – koncový stupeň má maximální nf výkon 4 W na zatěžovací impedanci 16 Ω . Obvod dále obsahuje pomocné obvody napěťové a proudové stabilizace a tepelnou pojistku proti přetížení koncového stupně nf zesilovače. Elektronické řízení hlasitosti je velmi výhodné v tom, že přívody k regulátoru (potenciometru) lze vést libovolně dlouhými vodiči, neboť regulátorem se ovládá pouze stejnosměrné napětí, jímž se pak v IO řídí zesílení nf zesilovače.

Vstupní obvod přijímače (obr. 112) s cívkou L_1 je pevně nastaven na kmitočet přijímaného signálu. Obvod se do rezonance s kmitočtem příslušného vysílání ladí jádrem cívky nebo změnou kapacity paralelního kondenzátoru. U obvodu oscilátoru je tomu obdobně. Žádá-li se příjem dvou stanic, pak lze v obvodu oscilátoru použít malý jednoduchý ladící kondenzátor, popř. lze jako ladící kondenzátor použít upravený horníkový trimr. Lze použít i přepínač, jímž se budou volit paralelní kondenzátory s různou kapacitou. Přepínač však musí být umístěn co nejblíže obvodu oscilátoru. Vstupní obvod není třeba přeladovat, má dostatečnou šířku.



$L_1 = 5 \text{ z, drát } \varnothing 0,2 \text{ mm, odbočka uprostřed (2,5 z), cívka je na } L_2, L_3 = 6 \text{ z, drát } \varnothing 0,5 \text{ mm na kostičce } \varnothing 5 \text{ mm s feritovým jádrem M4; } L_4 = \text{vl tlumivka, } 20 \text{ z, drát } \varnothing 0,2 \text{ mm, samonosné na } \varnothing 3,5 \text{ mm}$

Obr. 111. Zapojení integrovaného obvodu TDA1043



Obr. 112. Zapojení vstupní části

pojistku proti přetížení, vstupní odpor je větší než 10 MΩ na všech rozsazích, při stejnosměrných měřeních se indikuje samočinná polarita měřeného napětí. Přístroj se napájí ze dvou baterií 9 V, které při provozu po 8 hodin denně vydrží bez nutnosti výměny asi půl roku.

Přístroj lze dále doplnit číslicovým multimetrem PM 2513 stejných rozměrů.
Pit Export News č. 2/1975 F. K.

Dlouho očekávaný vstup do marketingu v oblasti digitálních hodin realizovala firma Texas Instruments na výstavě spotřební elektroniky v Chicagu. Její hodinky s displejem LED indikují pět funkcí: sekundy, minuty, hodiny, dny a měsíce. Elektronika hodin je realizována technologií L²L. Podle záměrů firmy má být těchto hodin za první rok vyrobeno asi 1,5 miliónu kusů, předpokládaná cena je asi 100 US dolarů.
Electronics č. 5/1975 F. K.

Použití techniky iontové implantace umožnilo výrobu nového dynamického posuvného registru 2 × 1024 bitů s posuvným kmitočtem až do 10 MHz. Nejnižší posuvný kmitočet může být 10 kHz. Příkon obvodu je 0,2 mW/bit při kmitočtu 5 MHz. Vstupní a výstupní signál je určen pro obvody TTL. Výrobce Hughes dodává obvody v plochém pouzdru se 14 vývody.
Podle podkladů Hughes Sž

U dynamického posuvného registru 1024 bitů typu 2512, který je vyroben technikou MOS s kanálem typu p firmou Nortec, přejímá spoliintegrovaná technika recirkulaci vložených údajů. Oddělené řídicí vstupy pro zápis a čtení umožňují vepsat nové údaje a oběh již uložených údajů se současným výdejem dat nebo bez něj. Dva vstupy „selekt-chip“ dovolují jednoduchou stavbu větších paměťových systémů. Vstupy a výstupy údajů i řídicí vstupy jsou slučitelné s obvody TTL a DTL. K provozu je potřebné napájecí napětí ±5 V. Mezní kmitočet registru je průměrně 4 MHz. Těmito „oběhovými“ posuvnými registry lze nahradit např. drahé bubnové paměti, nebo konstruovat levné vyrovnávací paměti pro výpočetní techniku. Kromě toho lze registr použít i jako zpěťovací vedení nebo jako paměť s adresováním.
Podle podkladů Nortec Sž

Nové polské televizory

Čtyři typy nových televizních přijímačů nabízí polský elektronický průmysl (Unitra). *Syrius 2101* je přijímač pro příjem barevné televize s obrazovkou o úhlopříčce 59 cm; televizor je již částečně osazen integrovanými obvody a má programovatelnou volbu tří vysílačů.

Neptun 626 je přijímač pro černobílý příjem, konstruovaný technikou modulů s tranzistory, má obrazovku o úhlopříčce 61 cm a volbu tří programů.

Vela 201 je přenosný přijímač pro černobílý příjem s obrazovkou o úhlopříčce 31 cm. Televizor je osazen šesti integrovanými obvody, 16 tranzistory, 33 diodami. Napájí se ze sítě nebo z akumulátoru 12 V, spotřeba je

asi 18 W. Kanálový volič dovoluje volbu tří programů.

Libra 401 je přijímač pro příjem černobílých programů podle normy CCIR. Televizor má obrazovku o úhlopříčce 61 cm a možnost volby sedmi programů; televizor je určen pro export do západoevropských zemí.
Podle RA č. 12/1974 Sž

Japonská firma Toshiba se chystá zahájit výrobu barevných televizních obrazovek, určených pro Evropu a Austrálii. Zatím se předpokládá výroba 2500 kusů měsíčně. Obrazovka je maskového typu s řadovým uspořádáním elektronových trysek a s černou výplní šterbin okolo luminoforů. Vychylovací úhel je 110°.

Electronics č. 5/1975 F. K.

Americký vysílač WCVB, Boston, vysílá každé ráno od 8 hodin televizní programy pro hluchoněmé, nazvané News for the deaf, zpravodajství pro neslyšící. Diváci vidí na obrazovce hlasatele, který k nim mluví současně pomocí úst i rukou. V programu je dbáno na didaktickou dokonalost projevu. Není to příklad hodný následování?
Funkschau č. 9/1975 F. K.

Systém ULA (Uncommitted Logic Array), realizovaný technologií velkoplošné integrace CDI, řídí všechny důležité funkce (uzávěrku, clonu, posuv filmu, počítadlo atd.) v nové zrcadlovce Rolleiflex SLX. Jako vstupní čidlo je v kameře použita speciálně vyvinutá křemíková fotodiody (firmy Ferranti) s velmi rychlou reakcí. Použitý obvod LSI nahrazuje asi 20 běžných obvodů TTL.
Elektronik č. 1/1975 F. K.

Plochý zobrazovací panel

K realizaci plochých obrazovek je již mnoho závažných důvodů. Žádnou z vývojových prací se však dosud nepodařilo převést do „komerčního“ stadia. Podle přesvědčení vědců z Westinghouse Research Laboratories bude tento problém vyřešen v nejbližší době použitím jejich „tranzistorového“ stínítka.

Nové stínítko se skládá ze skleněného nosiče, povlečeného fosforovou substancí. Mezi tenkým skleněným nosičem a luminiscenční vrstvou jsou za pomoci technologie tenkých vrstev umístěny tranzistory, zapojené do matice typu XY. Každému „obrazovému“ bodu přísluší adresní logika a paměťová kapacita k uchování jasové informace. Princip obrazové matice umožňuje použít i jiné substráty, jakož i různé kombinace světelných zdrojů. Nevylučuje se ani použití tekutých krystalů.

S fosforovým stínítkem byl realizován vzorek ve tvaru čtverce o straně 15 cm. Rozlišovací schopnost byla 120 řádek v rovině X i Y, což odpovídá přenosu 14 400 obrazových bodů. V souhrnu bylo na desce asi 36 000 stavebních prvků, což je zřejmě jedna z dosud největších integrovaných struktur. Napájecí napětí desky je asi 125 V a příkon menší než 0,5 W. Každý zobrazovaný jasový bod lze ovládat zvlášť.

Dále se pracuje především na zjednodušení výrobní technologie, zvětšení rozlišovací

schopnosti a na několikabarevném zápisu. Šéf výzkumné vývojové skupiny, dr. T. P. Brody, říká: „Chceme dosáhnout tak ploché obrazové vrstvy, aby ji bylo možno srovnat s běžnou fotografií“.

Elektronik č. 12/1974 F. K.

Aktivní filtry RC, realizované hybridní technologií

Pro kmitočty do 20 kHz je u firmy Siemens vyvíjen modulový adaptivní systém aktivních filtrů RC, realizovaných hybridní technologií na tantalových tenkých vrstvách. Obvod má tři výstupy a lze ho použít jako dolní, horní nebo pásmovou propust.

Charakteristické kmitočty, kmitočtový rozsah a zesílení lze nastavit nezávisle externími prvky. Kombinací několika základních modulů je možno sestavovat filtry vyšších řádů (Butterworthův, Besselův, Čebyševův nebo Carrův typ).

Vzhledem k vzájemné teplotní kompenzaci odporů (tantal-nitrid) a kondenzátorů (beta-tantal) je dosaženo téměř ideální kompenzace prvků RC, jejichž $TK = 4 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. To v praxi znamená, že při teplotní změně asi 50 °C je odchylka kmitočtu od jmenovité velikosti pouze asi 0,2 %.

Dalšími stavebními prvky jsou operační zesilovače v pouzdrích MINIFLAT. Vzhledem ke klasickým prvkům RC (filtrům) se hybridní řešení vyznačuje pronikavým zmenšením rozměrů, váhy a podstatným zlepšením přesnosti a stability.

Elektronik č. 2/1974 F. K.

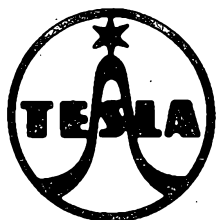
Singer Co. uvádí na trh první elektronicky řízený šicí stroj pro domácnost, Athena 2000. Více jak 350 mechanických dílů nahrazuje p-kanálový čip MOS, vyvinutý American Mikrosystems v Santa Clara. Stroj má automaticky programované nastavení hustoty vpichů, šířky a délky spoje aj. Stojí 799,95 US dolarů.
Electronics, květen 1975 F. K.

Paměti na bázi magnetických domén se zřejmě dostávají do stadia praktického využití. Předpokládá se možnost levně nahradit diskové a bubnové paměti (až 100 Kbit a více). Texas Instruments má zahájit výrobu 256bitových modulů „bubble memory“ ještě v tomto roce.
F. K.

Electronics, květen 1975

Polská firma Unitra je v poslední době velmi aktivní v exportu piezoelektrických krystalů. Nyní sjednala pětiletý kontrakt v hodnotě 2,5 mil. dolarů se společností IBM. Týká se prvků, označených Q166 a Q167, vyvinutých speciálně pro počítače IBM. Piezoelektrické prvky a přesné odpory Unitra jsou dále dobře zavedeny na francouzském a belgickém trhu. Úspěšně pronikají i do Velké Británie.
F. K.

Electronics, červen 1975



SOUČÁSTKY A NÁHRADNÍ DÍLY K OKAMŽITÉMU ODBĚRU

ELEKTRONKY

ECC82, ECC83, ECC84, ECC85, ECH200, ECL84, ECL86, EL81, EL83, EL84, EL86, EL500, PABC80, PCC84, PCL200, PL81, PL32, PL84, PL508, PL509, 6A2P (6H31), 6CC42, 6K4P (6F31), 6L31, 6N15P (6CC31), 6Ž1P (6F32), 6Ž5P (6F36), 12F31, ECF801, ECF803, EF183, EF184, PC86, PC88, PCF801, EF800, 6Ž1EE, 6Ž1PV, E83CC, DCG4/1000, AZ1, DY51, EAA91, EY88, EZ80, EZ81, PY82, PY83, PY500, 1Y32T, 6B31, 6Y50, STR85/10-c, STR150/30, 11TN40, EM84, EA52.

OBRAZOVKY

35MK22, 430QP44, AW43802.

DIODY

GA202, GA203, GA204, GA206, GAZ51, 4-GAZ51, KA206, KY705, KY708, KY710, KY711, KY712, KY715, KY721, KY722, KY725, KYZ30, KYZ70, KYZ71, KYZ72, KYZ73, KYZ74, KYZ77, KYZ78, KYZ79, KYZ81, KYZ82, KYZ83, KYZ84, KYZ87, KYZ88, KYZ89, KYZ92, KYZ93, KYZ94, KYZ95, KZ724, KZ799, KS188A (KZZ71), KZZ73 (D814V), D814D, 2NZ70, 5NZ70, 6NZ70, 1PP75.

TRANZISTORY

OC30, GC500, 2-GC500, GC501, GC502, GC507, 2-GC507, GC508, GC509, GC510, GC510K, GC510K + 520K, GC511, GC511K, GC511K + GC521K, GC515, GC516, GC521K, GC522, GC522K, GD608 + 618, GS501, GS502, GS507, 103NU70, 2-103NU70, 106NU70, 101NU71, 2-101NU71, 102NU71, 103NU71, 104NU71, 2NU72, 2-2NU72, 3NU72, 2-3NU72, 4NU72, 2-4NU72, 5NU72, 2-5NU72, 2NU73, 3NU73, 2-3NU73, 4NU73, 2-4NU73, 5NU73, 2-5NU73, 6NU73, 2-6NU73, 7NU73, 2NU74, 2-2NU74, 3NU74, 2-3NU74, 4NU74, 6NU74, 2-6NU74, 7NU74, GF501, GF502, GF503, GF504, GF506, OC170 (GT322), OC170 výb. (GT322A), 152NU70, 155NU70, 156NU70, KC510, KC507, KC508, KCZ58, KCZ59, KD602, KF504, KF506, KF507, KF517, KFY16, KFY34, KU601, KU611.

INTEGROVANÉ OBVODY

MH5410, MH5420, MH5430, MH5450, MH5472, MH7400, MH7403, MH7410, MH7420, MH7430, MH7440, MH7450, MH7453, MH7460, MH7472, MH7474, MH7490, MH7493, MH8400, MH8450, MA0403, MAA115, MAA125, MAA145, MAA225, MAA245, MAA325, MAA345, MAA435, MAA501, MAA502, MAA503, MAA504, MAA525, MAA550, MAA661, MBA125, MBA145, MBA225, MBA245.

VÍCEÚČELOVÝ MATERIÁL

Odpory uhlíkové: TR 112a, TR 143 až 146m, TR 106 až 108.

Odpory MLT: TR 151 až 154.

Odpory drátové: WK669 44 až 45.

Potenciometry vrstevné: TP 180a, TP 181a, TP 280n až 287n.

Potenciometry knoflíkové: TP 400.

Potenciometry keramické: TP 053.

Elektrolytické kondenzátory: TE 980 až 993, TC 934y až 939a, TGL 5151.

Kondenzátory odrušovací: TC 242.

Kondenzátory krabicové: TC 451 až 461, TC 471 až 489, TC 651 až 669.

TESLA

OBCHODNÍ PODNIK

Pro jednotlivce i organizace odběr za hotové i na fakturu:

- + ve značkových prodejnách TESLA,
- + na dobírku od Zásilkové služby TESLA,

Moravská 92,

PSČ 68 819 UHERSKÝ BROD.

+ podle dohody s oblastními středisky služeb TESLA: pro kraje Středočeský, Jihočeský, Západočeský, Východočeský – OBS TESLA, Praha 1, Karlova ul. 27, PSČ 110 00, telefon 26 21 14; pro Severočeský kraj OBS TESLA, Ústí nad Labem, Pařížská 19, PSČ 400 00, telefon 274 31; pro Jihomoravský kraj OBS TESLA, Brno, Rokytova ulice, areál č. 6, PSČ 600 00, tel. 67 74 49; pro Severomoravský kraj OBS TESLA, Ostrava, Gottwaldova 10, PSČ 700 00, tel. 213 40; pro Západoslovenský kraj OBS TESLA, Bratislava, Karpatská 5, PSČ 800 00, tel. 442 40; pro Středoslovenský kraj OBS TESLA, Banská Bystrica, Malinovského 2, PSČ 974 00, tel. 255 50; pro Východoslovenský kraj OBS TESLA, Košice, Luník I, PSČ 040 00, tel. 362 32.