

vaci kmitočety generátoru lze volit až 0,2 MHz. Generátor byl řešen pro potřeby časové reflektometrie ([17]).

Závěr

I v době, kdy použití diskretních součástek ustupuje před integrovanými obvody, má jejich aplikace v lavinových generátorech významné oprávnění. Lavinové generátory jsou typickým příkladem zapojení, v němž lze s poměrně jednoduchými prostředky dosáhnout výborných výsledků. Lavinové generátory mají široké použití v nanosekundové impulsové technice. Uplatňují se zejména v měřicí technice, kde jsou potřebné pravoúhlé impulsy s čelem kratším než 1 ns o amplitudě několika desítek voltů. Většina popisovaných zapojení byla experimentálně ověřena a řada z nich použita při stavbě různých měřicích přístrojů.

Literatura

[1] Rescio, G.: Milimicrosecond Pulse Generator Using Si Planar Transistors in Avalanche Mode. Fairchild

- SGS: Application report AR123, leden 1965.
- [2] Herden, W.: Application of Avalanche Transistors to Circuits with Long Mean Time to Failure. IEEE Trans IM, 25, č. 2, červen 1976, s. 152–160.
- [3] Schuster, H.: Erzeugung von Impulsen mit extrem steilen Flanken durch Avalanche-transistor-Schaltungen. Radio, Fernsehen, Elektronik č. 6, 1969, s. 184–187.
- [4] Klimek, A., Tomášek, J., Fibich, Z.: Polovodičové spínací součástky. SNTL: Praha 1970, s. 35–36.
- [5] Djakonov, V. P.: Lavinnýje tranzistory i ich primeněníje v impulsnyh ustrojstvach. Radio: Moskva 1973.
- [6] Mitchell, W.: Avalanche Transistors Give Fast Pulses. Electronic Design 6, březen 1968, s. 202–209.
- [7] Pfeiffer, W. B.: Ein einfacher Impulsgenerator für Reflexionsfaktor- und Sprüngerübertragungsmessungen. Internationale Elektronische Rundschau č. 11/1971, s. 268–272.
- [8] Wanson, R. C.; Adler, E.: Avalanche-Mode Operation of Silicon Transistors. Electro Technology č. 12/1962, s. 100–103.

- [9] Tielert, R.: Subnanosecond-Pulse Generator, Employing 2-stage Pulse Step Sharpener. Electronics Letters č. 3/1976, s. 84–85.
- [10] Daněk, M.; Novák, O.: Lavinové tranzistory v praxi. Sdělovací technika č. 4/1975, s. 139–140.
- [11] Myslík, V.; Machač, P.: Generátor impulsů se subnanosekundovou délkou hran. Sdělovací technika č. 12/1980, s. 443–445.
- [12] Brocke, W. A.: Schnelle Leistungs-Impulsgeneratoren. Elektronik č. 6/1970, s. 83–84.
- [13] Šimek, B.: Návrh útlumových článků. Sdělovací technika č. 6/1968, s. 212–213.
- [14] Rein, H. M.: Erzeugung variabler Rechteckimpulse mit Lavinentransistoren. AEU č. 9/1975, s. 389–399.
- [15] Petřík, T.: Širokopásmové reaktančné oneskorovacie vedenia. Slaboproudý obzor č. 2, 3 a 4/1956.
- [16] Havlík, L.: Spínací vlastnosti mžikové diody. TESLA Elektronika č. 2/1979, s. 43–49.
- [17] Brňovják, K.: Generator jehlových impulsů. Diplomový úkol ČVUT-FEL, katedra radioel. zařízení, 1980.

Subminiaturní anténa a vf předzesilovač pro VKV

(autorské osvědčení č. 213 579)

Ing. Jan Klábal

Ve třetím čísle Amatérského radia řady B/79 (dále [1]) jsem uveřejnil popis a návod ke stavbě subminiaturní aktivní antény pro příjem v rozhlasových pásmech VKV. Podle došlých dopisů a telefonních hovorů si tuto anténu postavilo značné množství čtenářů, někteří s úspěchem, jiní, a nebylo jich mnoho, s naprostým neúspěchem. Potvrdilo se, co jsem uváděl, že aktivní anténa buď pracuje po správném nastavení s překvapivou účinností (vzhledem k jejím nepatrným rozměrům), nebo nepracuje vůbec. Z dalších připomínek a řady mých dalších experimentů s touto anténou vzešly některé nové poznatky a změny v zapojení, zjednodušeném nastavení i obaluze, i nové varianty jejího použití, s využitím principu zpětné vazby pro vf zesílení. V následujícím článku nejprve popluji upravené zapojení, činnost i nastavení subminiaturní aktivní antény, v další části uvádím variantu zapojení i širší praktické využití. Úvodem však nejprve několik slov uvedených již v [1], která jsou určena pro oživení paměti a pro ty, kteří zmíněný článek nevládní a chtějí si anténu zhotovit.

Má-li být příjem rozhlasového vysílání v pásmu velmi krátkých vln jakostní, vyžaduje dobrou intenzitu pole žádaného vysílače v místě příjmu a kvalitní anténní systém, který je schopen s velkou účinností přijímat a převádět zachycené signály na vstupní svorky přijímače. Při volbě vhodné antény pro dané příjmové místo je třeba vycházet kromě pořizovacích nákladů z těchto základních kritérií: ze vzdálenosti a polohy místa příjmu vzhledem k vysílači, z instalačních možností rozměrnějšího anténního systému při příjmu vzdálenějšího vysílače a ze vstupní citlivosti přijímače.

Vzdálenost a polohu místa příjmu od žádaného vysílače změnit nemůžeme (nechceme-li měnit bydliště) a je-li z hlediska šíření velmi krátkých vln značně nevhodná a naráží-li navíc zbudování rozměrnějšího anténního systému nejen na konstrukční a instalační těžkosti, ale

také na problémy rázu organizačního (např. souhlas majitele domu aj.), je veškerá snaha o příjem žádaného vysílače zbytečná. Nemáme-li tedy možnost zajistit na vstupních svorkách přijímače signál vyhovující velikosti, je v podstatě zbytečná snaha opatřit si přijímač pro příjem v pásmu VKV s vynikajícími příjmovými a reprodukčními vlastnostmi, neboť sebestlepší přijímač by stejně reprodukoval málo kvalitní signál, utápějící se trvale či v různé dlouhých časových intervalech v šumu.

V místech, kde lze očekávat sice slabší, ale stále signál, je výhodné používat velmi citlivé přijímače, připojené na výkonné anténní systémy.

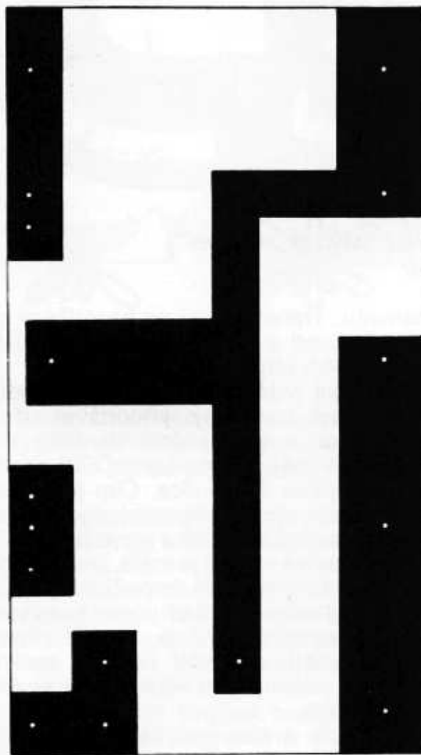
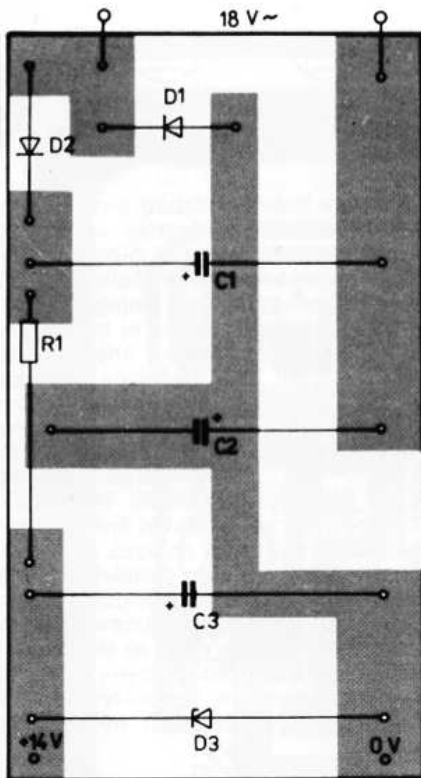
Zvětšuje-li se konstrukční úpravou anténní systém, zvětšuje se jeho směrovost i zisk. Anténa pak na nižších pásmech může dosahovat až neúnosných rozměrů.

Velký zisk je bezesporu žádoucí, směrovost méně, rozměrnost je však již nežádoucí a je tedy omezujícím činitelem.

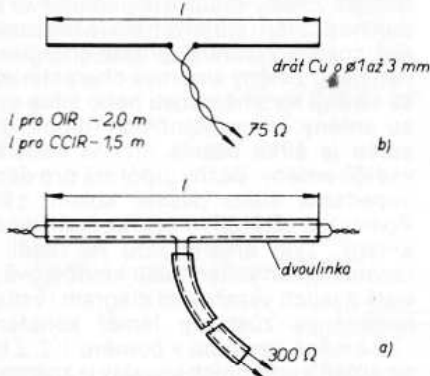
Účinností antény je dána její schopnost zpracovat beze ztrát přijatou vf energii, která se pak přivádí napáječem do vstupních obvodů přijímače. Tato schopnost je především určována ziskem, směrovostí, správným přizpůsobením anténního systému k napáječi, zpětným vyzářováním, kvalitou materiálu použitého na prvky antény a umístěním antény v prostoru. U vlastní antény pak ještě přesným nastavením všech prvků. Pokud není výstup antény ideálně přizpůsoben k napáječi, vznikají při tomto nepřizpůsobení odrazy, které mají za následek, že část napětí nakmitaného na anténě je anténou vyslána zpět do prostoru (k tomuto jevu dochází vždy) a ke vstupním svorkám přijímače se dostane jen menší část původně přijatého signálu. Tim se výrazně zmenší kvalita příjmu. Naprosto dokonalé přizpůsobení je však prakticky nerealizovatelné a se stárnutím antény i svodu se postupně zhoršuje. To je velkou nevýhodou všech antén, které jsou konstrukčně shodné jak pro příjem, tak pro vysílání.

Zmenšování rozměrů antén (tim i jejich snazší konstrukce, instalace a údržba) se již v minulosti stalo předmětem mnohých výzkumných a vývojových prací. Pokud jsou však tyto antény řešeny pouze jako pasivní, je jejich zisk vždy výrazně menší než zisk běžného půlvlnného dipólu.

V místech, kde je intenzita pole žádaného vysílače dostatečná, lze s výhodou použít autorem vyvinutou a dále popisovanou subminiaturní aktivní



Obr. 3. Deska s plošnými spoji usměrňovače Q112



Obr. 4. Drátový dipól $\lambda/2$ a) 300 Ω ; b) 75 Ω

stanici (může být i v šumu). Pomocnou anténu odpojme, případně zasuneme prutovou anténu a do anténních zdířek přijímače připojíme propojovací kabel od aktivní antény. Anténu umístíme zhruba do místa, kde se nacházela pomocná anténa. U přijímače se vstupem 70 Ω připojíme kabel přímo pomocí příslušného konektoru, u přijímače se vstupem 300 Ω následovně: má-li přijímač vyvedený zemní vodič, připojíme na něj stínění kabelu a vnitřní vodič připojíme do jedné ze dvou zdířek 300 Ω . Nemá-li uzemňovací zdířku, připojíme střední vodič kabelu do jedné zdířky 300 Ω a stínění připojíme přes vzduchovou cívku, která má 3 závity drátu Cu o průměru 0,5 až 0,7 mm, navinuté na \varnothing 8 mm, do druhé zdířky. U prutové antény připojíme na vychývací zbytek prutu pouze střední vodič. Použijeme-li k provizornímu propojení kus měděného vodiče, připojíme jej jako střední vodič kabelu.

Potenciometr R4 nastavíme na maximální odpor (minimální tlumení), kapacitní trimry Ct1 a Ct2 nastavíme do střední polohy a potenciometr P1 v napájecí vytočíme do polohy „nula“, tj., aby na běžici nebylo žádné napětí (nebo jen velmi malé) proti zemi.

Zapneme napájení a potenciometrem P1 pozvolna otáčíme tak, aby se na plus pólu antény zvětšovalo napětí od nuly k maximální hodnotě. V určitém bodě se ze zapnutého přijímače začne ozývat vyladěná stanice a její hlasitost se bude s otáčením běžce potenciometru zvyšovat až do okamžiku, kdy prudce stoupne hlasitost s následujícím zmizením stanice. Ozvou se nepříjemné hluky a zmizí i šum – zesilovač antény se rozkmital. Pokud se stanice neozve, ale vzroste prudce šum s následujícím „tichem“, tj. rozkmitáním zesilovače, jsou velmi nepříznivě nastaveny kapacitní trimry Ct1 a Ct2, je třeba je nastavit do jiné polohy (obr. 1). Pokud se zesilovač nerozkmitá ani při

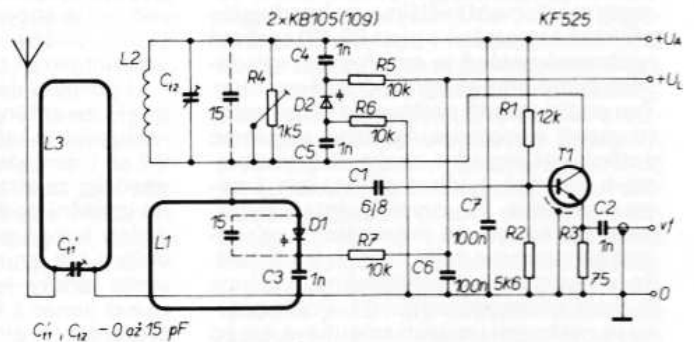
umístění antény v prostoru. Někdy stačí i posun antény o 30 až 50 cm k výraznější změně intenzity signálu tak, že je třeba zvětšit tlumení cívky L2. Čím více musí být výstupní obvod ztlumený, tím silnější je přijímaný signál a anténa je méně citlivá na změny okolí. Při slabém signálu je naopak třeba případ od případu „dotáhnout“ vazbu. K tomu je nejvhodnější využít potenciometru P1. Tlumení cívky L2 nastavíme odporem R4 až po konečném nevhodnějším umístění antény i jemném doladění obou kapacitních trimrů. A ještě upozornění: kmitá-li zesilovač, pak anténa vyzařuje do okolí a signál lze zachytit na jiný přijímač, zhruba do 15 až 20 m, proto se snažíme oscilace omezit na minimum.

Nyní si můžeme ještě vyzkoušet přeladění antény na jiný vysílač, který jsme předtím zachytili na pomocnou anténu. Ladění přijímače nastavíme do místa jeho příjmu a výše uvedeným způsobem nastavíme nejprve kapacitní trimry a pak tlumení. I když lze přeladění navicvičit, máme-li možnost zachytit více stanic, je výhodnější po vyzkoušení příjmu s tímto zapojením upravit je na dálkové ovládání i laděných obvodů podle následujícího zapojení.

Laděná anténa

Tato varianta antény umožňuje dálkově doladovat její laděné obvody v rozsahu přeladění celého pásma. Je určena pro místa, kde je možný výskyt většího počtu vysílačů. Základní funkce zůstává stejná, pouze místo doladovacích trimrů je použito varikapové ladění. Výstupní obvod s cívkou L2 je tlumený stejným způsobem jako u základního zapojení, tj. paralelním trimrem R4. Zapojení laděné antény se dvěma varikapami KB105 (možno použít i typ KB109) je na obr. 5. Ladí se vstupní

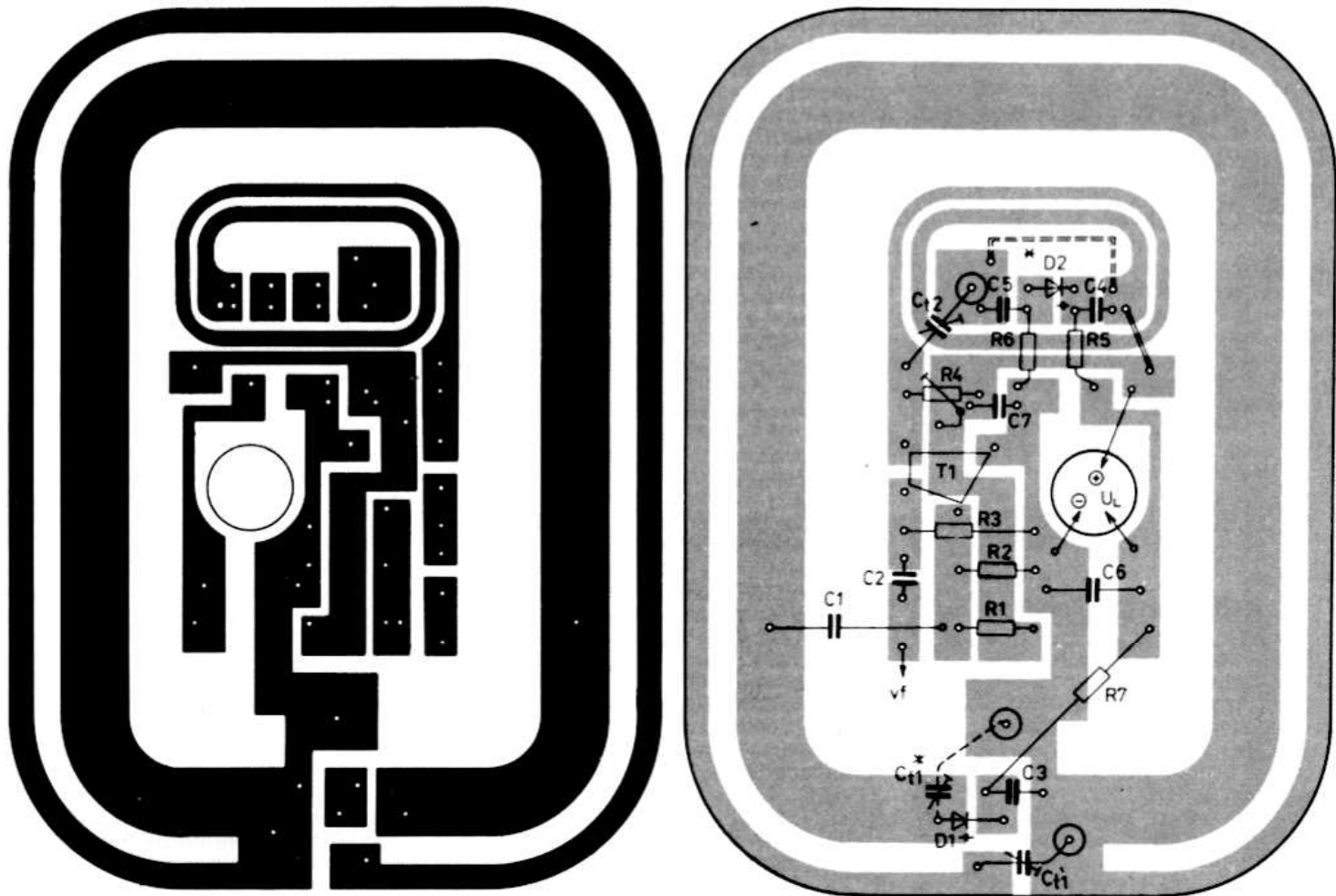
Obr. 5. Zapojení laděné subminiaturní aktivní antény. V tomto zapojení není C₁₁ připojen



plném napájecím napětí, pak buď máme obráceně vytočený odporový trimr R4, nebo je v zapojení závada. Po rozkmitání zesilovače potenciometrem P1 pozvolna otáčíme zpět, až se opět ozve vyladěná stanice. Nyní trimry Ct1 a Ct2 nastavíme oba obvody LC do rezonance na kmitočty přijímané stanice, tj. na maximální signál (hlasitost). Rozkmitá-li se opět zesilovač antény, „povolíme“ vazbu potenciometrem P1. Po nastavení obou kapacitních trimrů na maximum signálu nastavíme trimr R4. Pomalu jím otáčíme tak, abychom více ztlumili obvod s L2 až do jeho vytočení na plné napájecí napětí. Může se stát, že už při nastavování kapacitních trimrů bude zesilovač kmitat při velmi malém napětí (P1 vytočen k „zemi“), pak je nutno trimrem R4 obvod ztlumit a teprve potom dokončit doladění Ct1 a Ct2. Trimr R4 v konečném nastavení dáme do takové polohy, aby potenciometr P1 byl vytočen na 5 až 8 V na kolektoru T1. Po tomto nastavení ještě vyzkoušíme vhodně

i vazební obvod a pro dosažení vyhovujícího souběhu mezi oběma obvody je ve vazebním obvodu ponechán kapacitní trimr Ct2. Trimr se nastaví na maximum příjmu uprostřed pásma tak, že se nejprve vyladí stanice na přijímači a nastavením napětí U_L (potenciometr P2) se naladí oba obvody antény na nejlepší příjem (při správně nastavené vazbě, viz popis předchozí verze) a trimrem se „dotáhne“ maximum. Kondenzátory C3, C4 a C5 oddělují stejnosměrné napájení obou varikapů při zachování vf zkratu. Kondenzátory C6 a C7 blokují vysokofrekvenční i nízkofrekvenční vývody napájecího i laděného napětí.

Při nastavování antény postupujeme obdobně jako v předchozím případě s tím, že po jejím připojení na vyladěný přijímač otáčíme nejprve potenciometrem P1 až se zesilovač antény rozkmitá, pak opět tlumení zvětšíme pouze do oblasti zvýšeného šumu a potenciometrem P2 vyladíme anténu na přijímaný vysílač. Změnou na-



Obr. 6. Deska Q113 s plošnými spoji subminiaturní aktivní antény (vnější závit je zapojen pouze při použití jako anténní zesilovač viz text)

stavení obou potenciometrů nastavíme vyladěný vysílač na nejkřestší příjem. Při přeladování přijímače na jiný vysílač ponecháme P1 v dané poloze nebo jen nepatrně tlumení zvětšíme a přeladíme přijímač a společně s ním i P2. Při správně nastavené anténě je na přijímači vyladěném mimo stanici výrazně zvýšený šum. Ten podle stupně nastavení zpětné vazby (tlumení) signalizuje, jak úzké je pásmo anténou přijímané a zesilované, proladíme-li přijímač. Ladíme přijímačem a potenciometrem P2, trvale „dotahujeme“ naladění antény na maximální šum, dokud nenaladíme další stanici. V případě, že se zesilovač antény rozkmitá, zvětšíme tlumení potenciometrem P1. Podle popisu se nastavení jeví jako zdlouhavé, ale po několikrátém přeladění je již tato činnost velmi rychle zvládnutelná.

Zapojení antény, uvedené na obr. 6, je pro pásmo CCIR. Má-li být použito v pásmu OIR, pak se pouze paralelně k L1 a L2 připojí kondenzátory o kapacitě 15 pF tak, jak je to ve schématu označeno čárkováně. Nastavení je pak již totožné s výše uvedeným návodem.

Aktivní anténa jako selektivní zesilovač

Přiblížíme-li aktivní anténu k delšímu vodiči, zesílí se přijímaný signál. Toto zjištění mě přivedlo k myšlence, využít vhodným zapojením aktivní anténu pro velmi selektivní laděný zesilovač k dipólové či drátové anténě. Vzhledem k tomu, že lze u plošně provedené antény snadno realizovat přesně definovaný anténní obvod s indukční vazbou na jednozávitovou vstupní cívku L1, lze i drátovou anténu s její velkou výstupní impedancí na aktivní anténu připojit. Aktivní anténa se pak chová jako úzkopásmový přeladitelný an-

ténní zesilovač. Anténní obvod je na spojové desce aktivní antény realizován vnějším závitem, ke kterému je paralelně připojen kapacitní trimr. Pro anténní obvod je na spojové desce antény z obr. 6 využit plošný závit, který je veden po vnějším okraji závitu cívky L1.

U původní desky s plošnými spoji antény [1] lze anténní obvod s indukčností L3 realizovat měděným vodičem o průměru 0,7 až 1 mm, který obtočíme kolem okraje destičky ze strany součástek a přilepíme na izolační podložku 5 mm nad destičku. Jeden konec připájíme na zemní konec cívky L1 a druhý na kapacitní trimr C₁₁, jehož druhý konec připojíme opět na zemní konec L1. V místě spojení L3 s C₁₁ připojíme drátovou anténu. Impedance drátové antény se však mění podle její délky a dosahuje až několik set ohmů. Aby byl přenos signálů z drátové antény na vstupní obvod zesilovače vyhovující, musí mít velkou impedanci i anténní obvod. Anténní obvod s plošnou cívkou L3 a kapacitním trimrem C₁₁ je zatěžován indukční vazbou na vstupní laděný obvod se závitem L1 a připojenou anténou. Aby bylo možno dosáhnout u anténního obvodu velkého rezonančního odporu (a tím i zajistit velkou vstupní impedanci), musí mít i vstupní laděný obvod s L1 velkou jakost. Vzájemná indukční vazba mezi oběma obvody je dostatečně těsná, aby se přijatá vF energie přenesla s minimálními ztrátami z anténního obvodu na vstupní obvod. Jakost vstupního obvodu je především dána kapacitou vazebního kondenzátoru C1 a stupněm nastavení kladné zpětné vazby mezi L1 a L2. Při zvětšování kladné zpětné vazby se výrazně zužuje kmitočtové pásmo přijímaných signálů (před nasazením oscilací je i menší než 100 kHz). Tim se ovšem výrazně zvětší jakost vstupního

obvodu. Transformaci na nezatížený anténní obvod s L3 může dosáhnout jeho rezonanční odpor značných hodnot.

Drátová anténa je z měděného vodiče (může být izolovaný, vhodná je síťová dvoulinka) o délce násobků délky vlny (není kritické), tj. pro pásmo CCIR zhruba 3, 6, nejlépe 9 m i více. Čím je použitý vodič delší, tím je i přijímaný signál silnější. Rozladění anténního obvodu v závislosti na délce vodiče je malé, jeho naladění vzhledem k velké impedanci značně ostré. Výhodnější než připojení kusu vodiče na anténní závit je připojit přesně definovanou drátovou lineární anténu. S jejími elektrickými vlastnostmi se dále seznámíme.

Z teorie antén vyplývá, že anténa je selektivní prvek, což znamená, že změnou pracovní vlnové délky se změní i její poměrná délka l/λ a tím i její vF parametry. Nejdůležitější z těchto parametrů jsou výstupní impedance, směrová charakteristika a šířka přijímaného pásma. Kmitočtové změny vstupní impedance se sledují na poměru stojatých vln (a tím i množství zpětně vyzařené přijaté energie) na napájecí. Změny směrové charakteristiky se sledují na směrovosti nebo šířce svazku antény. U rezonančních (dipólových) antén je šířka pásma určena tloušťkou vodičů antény. Běžný dipól má pro danou impedanci šířku pásma kolem $\pm 5\%$. Podstatně větší šířku pásma mají lineární antény. Tyto antény jsou na rozdíl od rezonančních antén málo kmitočtově závislé a jejich vyzařovací diagram i vstupní impedance zůstávají téměř konstantní i při změně kmitočtu v poměru 1:2. Z teorie antén a anténních soustav je známo, že na vodiči lze nalézt takovou oblast, kde příspěvky od jednotlivých elementárních zářičů (rozložených po vodiči) se vhodné fázově sčítají a vytvářejí v určitých smě-

