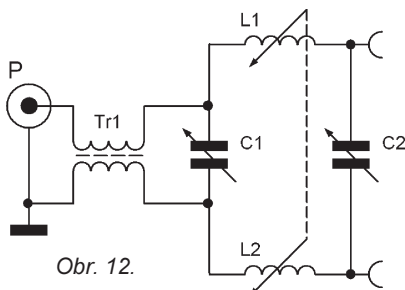


Symetrické anténní tunery

Miroslav Šperlín, OK2BUH

(Dokončení)

Π-články

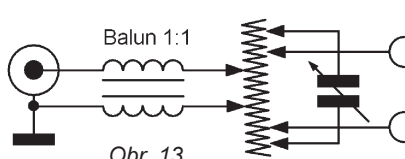


Obr. 12.

Na obr. 12 vidíme symetrický Π-článek. Na vstupu je opět použit proudový balun Tr1 s převodem 1:1. Cívky L1 a L2 jsou mechanicky spřaženy, kondenzátory jsou samostatné. I u tohoto typu tuneru má uživatel možnost ovlivnit provozní Q, pouze zásady budou opačné. Zatím co T-článek měl problém s vysokým Q_p na nízkých impedancích a nízkých kmitočtech, Π-článek bude mít tentýž problém se ztrátou na vysokých impedancích a vysokých kmitočtech. Zásada při ladění tedy bude použít co nejvyšší indukčnost a snažit se, aby jeden z kondenzátorů byl poblíž minima své kapacity. Bude to ten, na jehož straně bude vyšší impedance. Pozor na vzájemnou vazbu cívek, platí totiž, co bylo psáno u L-článku (PE 4/10).

Tunery „na prkénku“

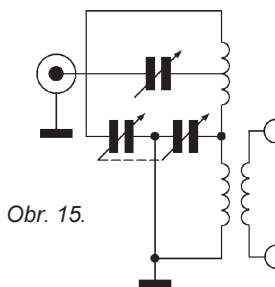
I tyto tunery starých radioamatérů (obr. 13) patří do kategorie, kde je možno provozní Q ovlivnit vyhledáním vhodných odboček a nacvaknutím krokosvorky přímo na závit cívky. Zde je ale bezpodmínečně nutné měřit výstupní proud (nebo napětí), protože podle údaje PSV-metru na vstupu sice poznáme naladění, ale nebudeme vědět, jaké provozní Q jsme „spáchali“. Zde se můžeme snadno přesvědčit o platnosti této teorie. Čím bude tuner ladit „ostřeji“, tím menší proud do antény dostaneme. Při správném nastavení bude účinnost tohoto tuneru výborná, jen si dost dobře nedovedu představit rychlý přechod z pásma na pásmo třeba v závodě:



Obr. 13.

Tunery kategorie třetí

Do této kategorie zařadíme tunery, jejichž provozní Q nemůže uživatel ovlivnit; jejich účinnost bude na každé impedanci

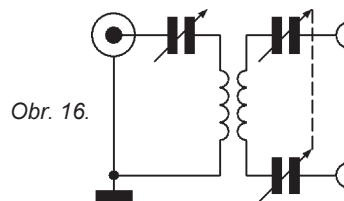


Obr. 14.

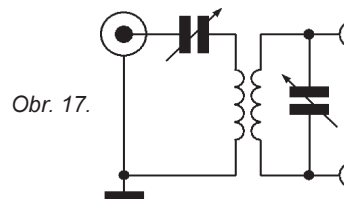
jiná. Typickým představitelem jsou tunery s vazební cívkou na vstupu nebo na výstupu. Jejich nespornou výhodou je dobrá symetrie, protože vzduchová vazba mezi cívkami bude mít malou vzájemnou kapacitu a proud $I/3$ tekoucí do země bude malý (pokud ovšem neuděláme chybu a střed cívky „z pilnosti“ neuzemníme). Horší to ale bude s účinností. Máme zde dva protichůdné požadavky: Pokud bude Q_p obvodu nízké, tak vzájemná vazba bude slabá a budeme ztrácet energii rozptylem. Pokud bude Q_p vysoké, tak důsledek už známe – ztratíme energii v cirkulačních proudech. Jistě se nám podaří najít kompromis, kde ztráta bude docela únosná, ale bohužel to bude platit jen pro jednu impedanci. Do této kategorie patří i oblíbený Z-match, který má zanícené zastance i odpůrce. Jistě, zastánci měli to štěstí, že impedance jejich antény byla náhodou zrovna optimální. Účinnost typického Z-matche vidíme na obr. 14. Příjemná ztráta kolem 10 % je pouze v oblasti kolem 300 Ω. Taková impedance se ale na laděném napájecí nevyskytuje. V kmitnách proudu se pohybujeme v desítkách Ω a v kmitné napětí je běžné impedance 4000 až 8000 Ω. V obou těchto oblastech bude ztráta naprosto neúnosná. V oblasti mezi kmitnami sice najdeme rezistanci 300 Ω, ale se silnou reaktancí, a jak se s ní tuner vypořádá, na tomto grafu nepoznáme. Podobně na tom budou i další typy tunerů s vazební cívkou na výstupu (obr. 15). Počtem závitů vazební cívky samozřejmě můžeme oblast snesitelné ztráty posunout do jiné oblasti impedancí, ale nikdy se nevyrovnáme univerzálnosti předěšlých kategorií tunerů.

Tunery s vazební cívkou na vstupu (obr. 16 a 17) na tom budou o něco lépe, protože máme možnost zvolit paralelní „napětíové“ napá-

Obr. 14.



Obr. 16.



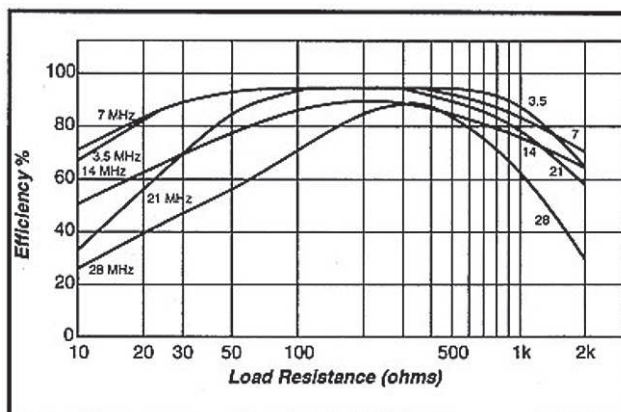
Obr. 17.

jení pro kmitny napětí nebo sériové „proudové“ napájení pro kmitny proudu. Tím dostaneme dvě oblasti impedancí, kde by mohla být ztráta snesitelná. Přepínání je možno řešit pomocí zdířek a zkratovacích propojek, nebo i pomocí přepínače. Problém s neovladatelným Q_p ale bude i zde.

Měření ztrát tunerů

Je mi naprosto jasné, že značná část radioamatérů mi neuvěří nic z toho, co píš, dokud si to neověří „na vlastní kůži“. Dobře, tak pojďme na to. Nejjednodušší metoda je připojit na výstup tuneru zátěž 50 Ω a přehazovat wattmetr na vstup a výstup tuneru. To nám jistě dá určitou představu o ztrátě, ale bohužel na impedanci, která nás zajímá nejméně. Kdybychom měli takové štěstí, že naše anténa má přesně 50R ± j0, tak tam přece žádný tuner dávat nebudeme. Nás zajímá, jakou bude mít tuner ztrátu přímo na impedanci naší konkrétní antény. Zde ale máme velký problém: běžné wattmetry neumí měřit v oblasti komplexních impedancí jiných než 50R ± j0. Pro zjištění výkonu bychom museli změřit napětí, proud a fázový úhel mezi nimi. Vektorový voltmetr je pro amatéra nedostupný a i kdyby si ho vypůjčil, tak bude mít docela problém měřit na vyšších impedancích, protože kapacita měřících sond, přestože je malá, měření velmi zpřesní.

Dobře, ale přece pokud známe komplexní impedanci v obou složkách, tak stačí změřit napětí jednoduchým voltmetrem a výkon vypočítáme. Ano, to je pravda, ale museli bychom znát přesné rezistanci i reaktanci. To je další problém, protože běžné anténní analyzátoři jsou konstruovány pro měření na koaxiálních kabelech, a pokud se příliš vzdálíme od 50 Ω, tak jsou nepřesné a impedanci na žebříku nezjistíme. Tudy cesta nevede,



zkusíme to jinak a popíšeme si celkem čtyři metody, jak zjistit ztrátu tuneru.

Metoda pomocí dvou tunerů

Metoda je jednoduchá a přesná, ale potřebujeme dva stejné tunery. Jedním tunerem vyladíme anténu nebo jinou zátěž (i komplexní) na vstupní PSV 1:1. Na tento tuner již nesaháme a místo zátěže připojíme opačně zapojený druhý tuner zakončený wattmetrem a zátěží 50 Ω. Nyní naladíme druhý tuner, aby PSV na vstupu prvního bylo opět 1:1. Prvním tunerem tedy impedanci transformujeme někam (třeba na 4000 Ω) a druhým tunerem ji zase vrátíme zpět na 50 Ω. Zjištěnou ztrátu potom nezapomeneme podělit dvěma. Takto zjistíme skutečnou ztrátu tuneru s naší skutečnou anténou. Můžeme místo antény vkládat různé odpory a nakreslit si závislost ztráty na impedanci, jak to vidíme u Z-matche (obr. 14). Zkusíte si takto projít různé typy tunerů a nebudete věřit svým očím. Pokud se nám nechce stavět každý tuner dvakrát a kamarád se k tomu taky nemá, tak vyzkoušíme další metodu.

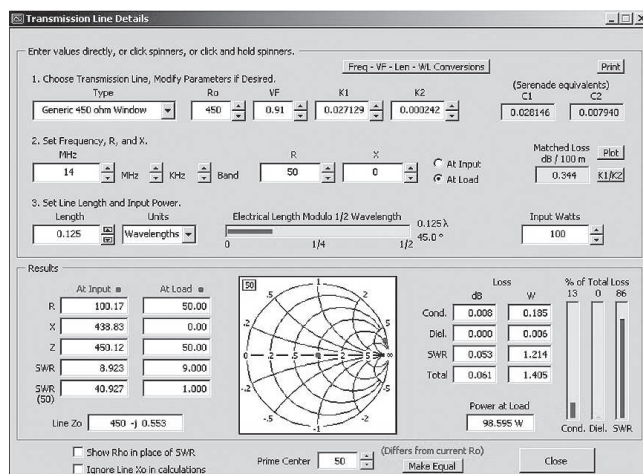
Metoda s měřicím vedením

Měřicí vedení zhotovíme z dvojlinky 450 nebo 300 Ω. Vedení bude na svém konci zatížené odporem 50 Ω, před který zařadíme wattmetr, a pokud jsme perfekcionista, tak i proudový balun 1:1. Výhoda této metody spočívá v tom, že vedení impedancí přetřansformuje vždy na hodnotu, kterou wattmetr „umí“, tedy na 50 Ω. Dvojlinku roztaháme ve volném prostoru na zahradě nebo i v bytě, tak aby byla vzdálena od zdi a vodivých předmětů. Impedance na vstupu dvojlinky ale nemůžeme volit libovolně jako v případě dvou tunerů, ale bude to řada komplexních impedancí opsaných na kružnici Smithova diagramu s poloměrem PSV = 1:9, resp. 1:6 podle impedance dvojlinky. Tuner potom vyladíme na vstupní PSV 1:1 a sledujeme na výstupním wattmetru, co nám z výkonu vysílače zbylo. Jaké impedance můžeme na vstupu dvojlinky různých délek očekávat, zjistíme nejlépe podle programu TLD (Transmission Line Details), který si stáhneme na stránkách autora AC6LA (obr. 18). Pro dvojlinku 300 Ω budou impedance v rozmezí 50 – 1736 Ω, pro dvojlinku 450 Ω v rozmezí 50 – 3982 Ω, samozřejmě včetně kladných i záporných reaktancí. Program vypočítá i ztrátu vedení, kterou odečteme, a zůstane jen ztráta tuneru. Tímto způsobem se nám podaří nejlépe nasimulovat poměry jako při provozu se skutečnou anténou. Opět se asi budeme divit a pořadí oblíbenosti svých tunerů přehodnotíme.

Metoda pomocí výpočtu

Tato metoda bude nejméně přesná, ale pro hrubý odhad postačí. Potřebujeme jen několik bezindukčních rezistorů, které mohou mít malý odpor, pokud použijeme anténní analyzátor. Když ho nevládneme, tak použijeme „výkonovou“ metodu pomocí vysílače a PSV-metru, potom ale musí být odpory trochu větší. Napřed připojíme odpor takové hodnoty, na které chceme

Obr. 18.



ztrátu tuneru měřit – třeba 200 Ω a vyladíme tuner na vstupní PSV 1:1 a už na něho nesaháme. Potom připojíme rezistor s dvojnásobným odporem, tedy 400 Ω. Pokud by ztráta tuneru byla nulová, tak by se PSV mělo změnit na hodnotu 1:2. To se nestane, PSV bude lepší vlivem ztráty. Do

výpočtu ale nebudeme zadávat hodnotu PSV, ale koeficient odrazu ρ (řecké písmeno ró).

Co to proboha je? Je to hodnota, kterou ukáže každý jednoručkový PSV-metr při přepnutí do polohy „zpět“ (reflected). Když ukáže do poloviny stupnice, tak $\rho = 0,5$, když do třetiny, tak $\rho = 0,33$ atd. PSV se potom rovná $\rho + 1/\rho - 1$. Zapišeme si tedy změřenou hodnotu s dvojnásobným odporem jako ρ_1 . Potom připojíme odpor poloviční, tedy 100 Ω a zapišeme ρ_2 . Vzorec pro výpočet ztráty v dB potom vypadá takto:

$$L \text{ [dB]} = 5 \cdot \log(9 \cdot \rho_1 \cdot \rho_2)$$

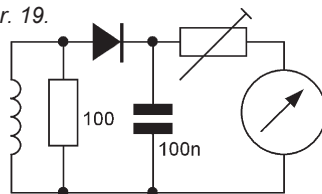
Pokud místo s decibely počítáme raději v procentech, tak takto:

$$P_{ztr} [\%] = 100 \cdot [1 - 3 \cdot \sqrt{(\rho_1 \cdot \rho_2)}]$$

Metoda porovnávací

Pokud máme tuner, jehož ztrátu známe, tak ho můžeme použít jako referenci pro porovnání ztrát jiných tunerů. Potom stačí pouze zjistit rozdíl napětí nebo proudů na výstupu. Stupnice přístrojů nemusí být ani cejchovaná, bude stačit, že má nějaké dílky a je trochu lineární. K tomu účelu si vyrobíme „klešťový ampérmetr“ podle obr. 19. Cívku tvoří 10 závitů na feritovém „zaklapávacím“ jádru, dioda je Schottky, v nouzi i germaniová, odpor trimru podle citlivosti měřáčku. ‚Klapačku‘ potom jednoduše nacvakneme na jeden vodič napáječe. Takto zjistíme i symetrii tuneru. Proud musí být v obou vodičích stejné. Pokud porovnáme ztráty dvou tunerů, tak nezapomejme, že výkon klesá s druhou mocninou napětí i proudu. Pokud tedy jeden tuner ukáže 10 dílků a druhý jen 7, tak jeho výkon není 70 %, ale jen 49 % toho prvního. Tunery samozřejmě porovnáme na stejné impedanci a frekvenci.

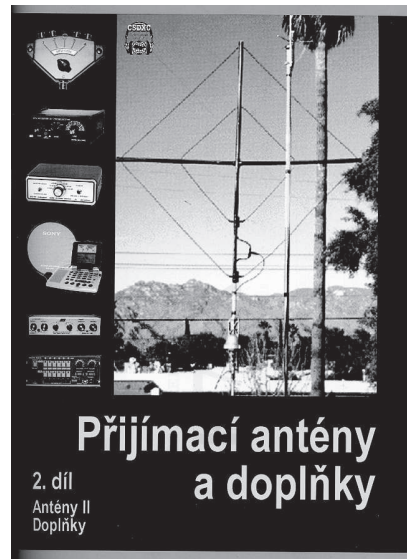
Obr. 19.



A co říci na závěr? Nejdůležitější vlastností tuneru je jeho provozní Q a amatér, který tuto hodnotu nezná, by na

dotaz „Jaký máš výkon?“ měl odpovídat „Nevím“. To, že tuner dokáže udělat dobré PSV v širokém rozsahu impedancí, neznamená vůbec nic, to dokáže naprosto skvěle i odporový dělič. Dobrý tuner to musí dokázat s minimální ztrátou výkonu a dobrou symetrií. Všechny tyto měřicí metody i další zásady v článku uvedené samozřejmě platí i pro tunery nesymetrické.

Zajímavá knížka o anténách



Československý DX klub vydal v loňském roce 2. díl knihy „Přijímací antény a doplňky“. Na tvorbě jejího obsahu se podílelo 20 radioamatérů z OK i OM. Kniha je brožovaná, formátu A5 a 176 jejích stran je rozděleno do dvou částí:

Antény: Popisy amatérských konstrukcí antén i popisy profesionálně vyráběných antén: drátové antény pro KV, smyčkové, magnetické, rámové, Yagiho antény, aktivní i vášnivé antény (Mini-Whip a MaxiWhip) ad.

Doplňky: Informace o několika desítkách většinou továrně vyráběných anténních prepínačů, rozbočovačů, preselektorů, předzesilovačů, tunerů, balunů ad.

Podrobnosti o knize naleznete snadno na: www.dx.cz, kontakt pro objednávky: distribuce@dx.cz.

OK1HYN