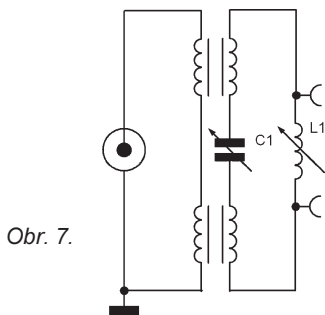


Symetrické anténní tunery

Miroslav Šperlín, OK2BUH

(Pokračování)

S-match



Obr. 7.

Autor použil zapojení L-článku z předěšlého obrázku (PE 3/10, s. 32), ale vinutí balunu uprostřed rozdělil a do toho místa vložil kondenzátor nebo v jiné variantě použil baluny dva na dvou samostatných jádrech; to je v podstatě jedno. Místo jednoho problémového balunu máme nyní dva problémové baluny. Oba jsou namáhány vysokým napětím a oba mají kapacitu proti zemi. Pomohli jsme si nějak? Pomohli. Kapacita proti zemi bude z obou vodičů žebříku stejná, ale protože napětí na nich je v protifázi, tak se vzájemně vyruší a žádný proud do země nepoteče. Je důležité, aby obě vinutí měla naprosto shodnou kapacitu. V každém případě doporučuji teflonovou izolaci vodičů, nejen kvůli napětové odolnosti, ale taky kvůli malým dielektrickým ztrátám. Výhoda S-matche spočívá v tom, že mu stačí jeden ladicí kondenzátor a jedna proměnná indukčnost. Protože se jedná o modifikovaný L-článek pracující na malém provozním Q, tak i ztráty budou malé. Na vyšších pásmech může nastat problém, že kapacita balunů bude větší než minimální potřebná kapacita ladicího kondenzátoru a nedostaneme se na vyšší impedance. Dále má S-match nevýhodu, že nedokáže vyladit impedance menší než 50 Ω. Jak je to možné? Někteří konstruktéři přece používají přepínač, který vzájemně prohodí cívkou a kon-

denzátor. Ano, to ale bude přepínat mezi obrázkem A a B (viz obr. 8) na ploše Smithova diagramu a do levého vyšrafovaného kruhu, kde se nacházejí rezistance pod 50 Ω, se stejně nedostaneme.

A mohou se vůbec na žebříku 600 Ω objevit impedance pod 50 Ω? Jistě, zvláště u zářičů kratších než $\lambda/2$. Třeba oblíbený dipól 2x 27 m vyladěný na 160 metrů vyrobí na vedení proudové kmitny s impedancí rozhodně menší než 50 Ω. A potom tedy nemůžeme S-match použít? Museli bychom ho trochu upravit, třeba tak, že by se baluny vyrobily s jiným převodním poměrem než 1:1. Různé provedení S-matche si můžeme prohlédnout na stránkách autora: <http://www.xs4all.nl/~pa0fri/ATU/Smatch/smatcheng.htm>

Nepřítel č. 1 – vysoké provozní Q

Než přistoupíme k popisu dalších typů tunerů, tak si musíme ujasnit nejdůležitější a amatéry bohužel opomíjené nebezpečí: vysoké provozní Q. Tento parametr má stejný vliv na to, kam se dovoláme, jako napětí na anodě koncového stupně. Fyzikální zákony jsou neúprosné a vzorec je jasný. Účinnost přenosu výkonu je přímý poměr Q naprázdno a Q provozního. Pokud budou obě „kvěčka“ stejná, tak je přenos nula a veškerý výkon se spotřebuje na cirkulační proudy v obvodu. Je tedy žádoucí, aby Q naprázdno bylo co nejvyšší (to je dáno kvalitou součástek) a provozní Q co nejnižší, tzn. obvod musí být tlumený zátěží. Když se zeptám radioamatéra „Jaký máš výkon?“, tak většinou odpoví s velkou přesností, ale když se zeptám „Jaké máš provozní Q tuneru?“, tak odpoví pokrčením ramen. Přitom oba parametry mají stejnou důležitost a vliv na sílu signálu. Ti, co někdy konstruovali koncový stupeň s elektronikou, si jistě vzpomenu na výpočet Π -článku. Tam se doporučuje provozní Q kolem hodnoty 12. Je to rozumný

kompromis mezi ztrátou a potlačením harmonických kmitočtů. Pokud tedy máme cívkou, která má Q naprázdno = 100, tak vlastně 12 % výkonu „obětujeme“ za harmonickou čistotu. V případě anténního tuneru ale nemusíme obětovat už nic, protože moderní transceivery mají filtry proti harmonickým už v sobě a normu potlačení bohatě splňují. Přesto jsou mezi námi takoví, kteří obětují 50 i více procent za svou nevědomost. Rozdělíme si tedy tunery do 3 kategorií:

Kategorie 1: Bude obsahovat takové tunery, které si optimální provozní Q nastavují automaticky.

Kategorie 2: Zde budou tunery, kde Q může ovlivnit uživatel svou chytrostí (nebo hloupostí).

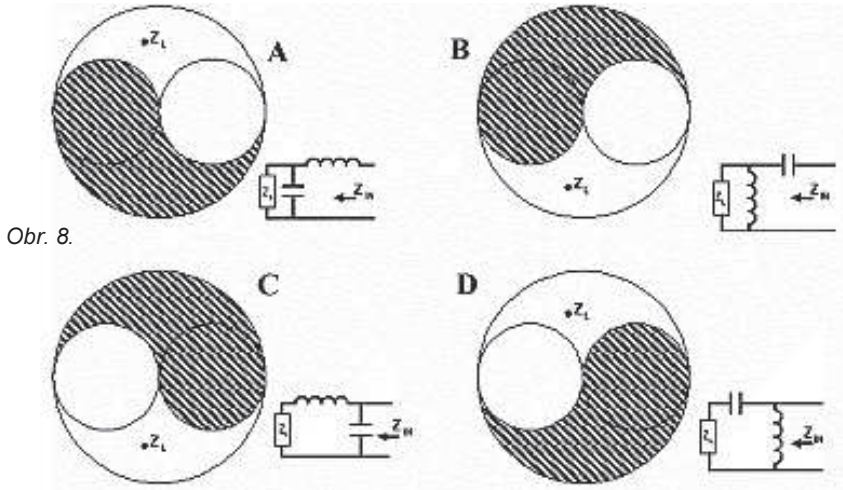
Kategorie 3: Sem patří tunery, kde provozní Q nejde měnit a vše záleží na štěstí a smůle.

Ještě si řekneme, jakou činnost vlastně od tuneru požadujeme. Musí umět transformovat impedance nahoru i dolů a musí umět kompenzovat reaktance kladné i záporné. A pokud možno by to měl dokázat s minimální ztrátou výkonu.

Tunery kategorie první

Ačkoliv se to zdá neuvěřitelné, tak do této neúčinnější kategorie patří tunery nejjednodušší, a to jsou L-články a jejich modifikace. Ano, L-článek skutečně nastaví automaticky své provozní Q na hodnotu, která je potřebná pro daný převod impedance. Např. pro transformaci z 50 Ω na 5000 Ω, tj. převod impedance 1:100, je potřebné Q odmocnina z tohoto poměru, tedy Q = 10. A skutečně takové bude, L-článek má jen jedno naladění a ani ten největší smolař ho nemůže naladit jinak. To už je ale extrémní případ, pro běžný převod např. z 50 Ω na 200 Ω, tj. na čtyřnásobek impedance bude provozní Q = 2. Pokud tedy máme cívkou běžné kvality, která bude mít Q naprázdno 100, tak ztráta bude pouhé 2 %. To se nám už s žádným jiným tunerem nepodaří.

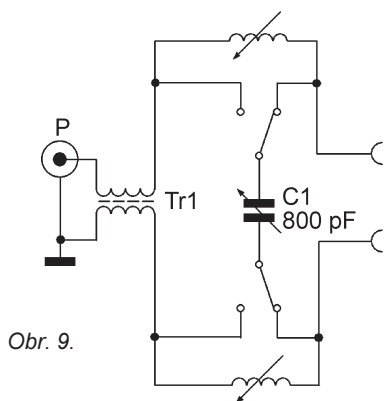
Na obr. 8 vidíme čtyři základní druhy L-článků, každý obsáhne jen polovinu plochy Smithova diagramu. Pokud chceme obsáhnout celou plochu a mít možnost transformovat 50Ω rezistancí nahoru i dolů, tak musíme alespoň jeden prvek přepínat. Můžeme tedy přehazovat kondenzátor ze vstupu na výstup a tím volit zapojení A nebo C. Totéž můžeme dělat s cívkou v zapojení B a D. Existuje ale jedna „finta“, pomocí které bychom se dostali na nižší impedance i bez přepínání, a sice zařazení balunu 4:1 před tuner. Potom by zapojení A i B dokázalo ladit už od 12,5 Ω, ale bylo by to zase na úkor účinnosti na vyšších impedancích, protože tuner by musel dohnat impedance převod zvýšením svého provozního Q. Samozřejmě že v praxi nemůžeme nikdy obsáhnout celou plochu „smítáku“, to by musely být hodnoty indukčnosti i kapacity nekonečné. Hlavní nevýhoda L-článku je menší rozsah přeladění ve srovnání s jinými typy tunerů. Můžeme si částečně pomoci přepínáním pevných kapacit k ladicímu kondenzátoru. Tato nevýhoda ale zcela odpadá u automatických tunerů s postupným přepínáním kondenzátorů a cívek relátky; tam není problém udělat velké přeladění a L-článek je preferován právě kvůli nízkým ztrátám. Tak dobře, ale L-článek je přece nesymetrický tuner a my chceme mluvit o symetrických. Žádný problém, dáme dva zrcadlově nad sebe a máme symetrický. A protože se nám dva stejné prvky dostaly do



Obr. 8.



série, tak je můžeme nahradit jedním. Symetrický L-článek tedy má jen tři součástky. Dvě cívky a jeden kondenzátor nebo dva kondenzátory a jednu cívku. Všechny tři prvky ale musí být plynule laditelné s tím, že dva stejné jsou mechanicky spřaženy nejlépe ozubenými koly nebo ozubeným řemenem. A nemůže být cívka s přepínatelnými odbočkami? To je trochu problém, protože pokud se chceme pohybovat plynule po ploše Smithova diagramu, tak potřebujeme minimálně dva prvky plynule laditelné. Třeba u T-článku, kde máme prvky tři, tak jeden z nich, většinou cívka, už může být jen přepínatelný. U L-článku tedy potřebujeme laditelnou cívku jako variometr válcový („rolšpulka“) nebo kulový. Jedinou výjimku snad můžeme udělat při provozu s jednou pevnou anténou, pro kterou si dáme tu práci a vyhledáme odbočky pro každé pásmo, pro nižší pásma i několik. Potom to ale bude tuner jednoúčelový a ne univerzální.



Obr. 9.

Na obr. 9 vidíme symetrický L-článek s možností přepínání kondenzátoru pro ladění vysokých i nízkých impedancí. Ladění obou cívek je mechanicky spřaženo. Transformátor Tr1 je proudový balun 1:1 namotaný koaxiálním kabelem nebo dvojlínkou na feritovém jádře s vysokou permeabilitou. Hodně lidí chápe „choke“ balun jen jako tlumivku na zabránění plášťových proudů. Je to ale trochu jinak: Magnetické pole „vidí“ střední vodič koaxiálu stejně dobře jako opletení. O tom se můžeme snadno přesvědčit změřením indukčnosti. Bude naprosto stejná na obou vodičích koaxiálního kabelu. Chová se to tedy jako skutečný transformátor. Pokud by proud v jednom vodiči měl být větší, tak se okamžitě transformuje s opačnou fází do druhého vodiče. Můžeme si to představit třeba jako dva protisměrně tahané řetězy, mezi něž vložíme ozubené kolo, které zaručí dokonalou symetrii pohybu. Toto je bezkonkurenčně tuner s nejmenší ztrátou a můžeme ho použít na libovolné délce žebříčku, tedy i přímo v napěťové kmitně (pokud má kondenzátor dostatečné mezery).

Řekněme si ale několik zásad ke konstrukci. Mechanické rozmístění součástek by mělo být takové, aby parazitní kapacity a indukčnosti byly v obou větvích stejné. To je docela problém u kondenzátoru, nejlepší by byl motýlkový, tzn. dva statory a s ničím nespojený rotor, ten však při stejné velikosti bude mít poloviční kapacitu. Jako propojovací vodiče jsou pro svoji menší indukčnost vhodné měděné pásky nebo více drátových vodičů paralelně. Důležitá je taky věc, o které se příliš nemluví: pro dokonalou symetrii by měla být jedna cívka motaná doleva a druhá doprava. Takové „rolšpulky“ asi neseženeme, ledaže bychom si je vyrobili sami.

Vzájemná magnetická vazba mezi cívkami vinutými stejným směrem bude totiž vytvářet soufázový (common mode) proud. Hliníková přepážka je pro magnetickou vazbu neúčinná a železnou přepážku bych tam raději nedával. Nezbyvá tedy nic jiného, než dát cívky co nejdál od sebe. Pro provoz na vyšších pásmech je velmi vhodné, když mají „rolšpulky“ proměnné stoupání závitů. Na fotografii (obr. 10) vidíme provedení tohoto typu tuneru od konstruktéra PA0LL.

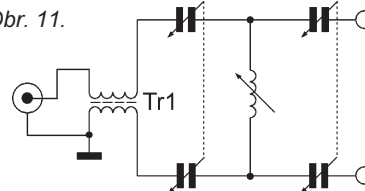
Zapojení L-článku je možno také modifikovat tak, že dvě cívky nahradíme dvěma spřaženými kondenzátory a mezi přepínače dáme jednu cívku. Zapojení potom bude fungovat jako horní propust a na rozdíl od předešlého nebude potlačovat harmonické kmitočty. To ale v dnešní době nevedí, moderní zařízení je mají velmi dobře potlačeny už sama od sebe. Horní propust zase naopak pomůže horším přijímačům od zahlcování nízkými kmitočty třeba od SV vysílačů. Dobré vlastnosti tuneru se nezmění a odpadne problém s vazbou mezi cívkami. S výhodou je možno použít i vakuové kondenzátory. Do kategorie L-článků patří i S-match, který už byl popsán výše.

Tunery kategorie druhé

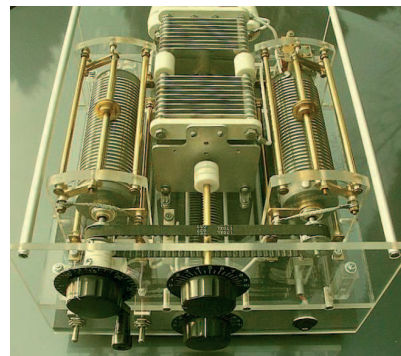
T-články

Do této kategorie jsme zařadili tunery, jejichž provozní Q může měnit uživatel. Typickým představitelem je T-článek. Symetrický T-článek vznikne spojením dvou klasických T-článků. Protože v příčné bychom dostali dvě cívky v sérii, můžeme je nahradit pouze jednou cívkou s dvojnásobnou indukčností. Symetrický T-článek tedy bude obsahovat celkem čtyři kondenzátory a jednu indukčnost. Kondenzátory jsou většinou řešeny jako dva duály, ale musí mít oddělené rotory a statory. Je možno použít i čtyři samostatné kondenzátory a dvojice mechanicky spojit ozubenými koly nebo ozubenými řemeny. Toto je T-článek zapojený jako horní propust (obr. 11). Opačná varianta se čtyřmi „rolšpulkami“ a jedním kondenzátorem je sice možná, ale příliš se nepoužívá, bylo by to rozměrově náročné.

Obr. 11.



Transformátor Tr1 je opět proudový balun 1:1 stejného provedení, jako byl u L-článku. Pro plynulý pohyb po ploše Smithova diagramu nám stačí jen dva proměnné prvky, jak jsme si vysvětlili v předešlé kapitole. Jeden prvek je tedy nadbytečný a může být nahrazen přepínačem. Většinou přepínáme odbočky na cívce, ale stejně tak dobře bychom mohli přepínat pevné kondenzátory místo jedné dvojice a cívku nechat plynule proměnnou. Pokud ale chceme dokonale využívat možnost změny provozního Q a tím optimalizovat účinnost, tak je lepší nechat plynule proměnné všechny tři prvky. T-článek má proti L-článku nespornou výhodu ve větším rozsahu přeladění a stačí mu k tomu menší hodnoty kapacit i in-



Obr. 10.

dukčností; je tedy univerzálnější. Ale nic na tomto světě není zadarmo, daří se mu to jen díky tomu, že použije vyšší provozní Q, než by použil L-článek. Pokud ale víme jak, tak ho můžeme hlídat, aby to nepřeháněl a použil jen takové Q, které musí. Pokud nevíme jak, tak nám může „sežrat“ většinu výkonu a my to ani nepoznáme, protože PSV bude dobré.

Uvedeme si malý příklad: Potřebujeme vyladit žebříček na frekvenci 1,8 MHz. Budeme se nacházet v kmitně proudu a impedance zde bude 30 Ω. Pokud použijeme L-článek, tak bude nutno, aby měl kapacitu kondenzátoru 1,4 nF. Pro tento úkol potřebuje L-článek provozní Q jen 0,8. T-článek stejný úkol zvládne i s kapacitou 200 pF, ale potřebuje k tomu provozní Q 22,5. Pokud budou mít oba tunery cívku, která má Q naprázdno = 100, tak ten první z přivedeného výkonu 100 W „sežere“ jen 0,8 W, zato ten druhý 22,5 W. Toto ale bude platit v případě, že jsme byli chytří a dali jsme u T-článku výstupní kondenzátor naplno a doladili jsme to cívkou a vstupním kondenzátorem. Pokud jsme byli méně chytří a měli jsme ho v polovině, tak bude ztráta mnohem větší. T-článek, tím že má 3 proměnné prvky, tak může každý úkol řešit na tisíc různých způsobů, všechny budou vyřešeny správně z hlediska převodu impedancí, ale budou rozdílné co do účinnosti přenosu. Pokud nemáme připojen wattmetr na výstupu, tak podle vstupního měření PSV a výkonu (zkřížené „rafiky“ jsou u továrních tunerů na vstupu) nemáme šanci nic poznat.

Jak tedy správně ladit T-článek, aby používal nejnižší provozní Q? Jednoduše – správné nastavení je takové, aby indukčnost měla co nejnižší hodnotu a jeden z kondenzátorů se pohyboval poblíž svého maxima. Který z nich to bude? Vždy ten, který je na straně nižší impedance. Tovární tunery používají většinou kondenzátory s kapacitou 200 pF. To je pro nižší pásma a nižší impedance málo, vyladit to sice jde, ale za použití vysokého Q. Přimlouvám se za použití větších kapacit, potom to porovnání ztráty oproti L-článku nebude tak dramatické. Někteří amatéři dělají na továrních tunelech chytrou úpravu. Přidají pomocné kontakty, které při vytočení kondenzátoru na maximum ho zkratují. Tím se zapojení změní na L-článek. Při ladění potom postupují tak, že se snaží anténu vyladit napřed L-článkem kvůli nízké ztrátě, a teprve když se to nepodaří z důvodu nedostatečné kapacity, tak přehazují na T-článek. Toto ale má význam jen u tunerů s plynule proměnnou indukčností, aby nám zůstaly i při jednom zkratovaném kondenzátoru stále dva plynule laditelné prvky, jak jsme si vysvětlili výše.

(Dokončení příště)