

Miroslav Šperlín, OK2BUH, visper@mbox.vol.cz

## Antény a „cvakací“ ferity

*V poslední době se objevují na různých burzách za levný peníz odrušovací „nacvakávací“ feritová jádra. Tyto „choke“ odrušovače jsou zhotoveny z tzv. tlumivkových feritů, tedy materiálů s vysokou permeabilitou a vysokými ztrátami v oblasti vlnových délek. Při konstrukci rezonančních obvodů bychom si s nimi asi velké radosti neužili, ale na proudové baluny je to ideální materiál. Ale k čemu potřebuji balun a ještě k tomu proudový?*

Začneme zcela neobvykle napřed praxí a průběžně budeme odvozovat teorie. Zhotovíme si za pár minut jednoduchý přípravek – klešťový ampérmetr. A z čeho? No přece z cvakacího jádra. Jádro otevřeme a na jednu polovinu namotáme 5 závitů tenkého smaltovaného drátu. K vinutí připojíme malou žárovku, třeba 12 V/50 mA. Přilepíme ji třeba tepelným lepidlem.

A teď to celé nacvakneme na koaxiál odcházející od našeho zařízení k anténě. Snížíme výkon na minimum, zakličujeme a pomalu zvyšujeme. Tak co, svítí? A neměla by že?

Ti, co mají mimořádné štěstí nebo co používají QRP si mohou zhotovit citlivější variantu. Místo žárovky připojíme diodu, kondenzátor a ručkové měřidlo. Teď už to zcela jistě indikuje všem. A co to indikuje? No přece plášťové proudy, tedy drahocennou energii, která možná ohřívá spřátelené hlodavce, ale na Havaji určitě slyšet není.



Obr. 1. „Klešťový ampérmetr“

### Co jsou plášťové proudy?

Hodně lidí je přesvědčeno, že koaxiál nevyzařuje, protože je stíněný. To platí možná pro mikrofonní kabel a nízké frekvence, ale magnetickému poli vznikajícímu průtokem proudu střední žilou je srdečně jedno, že mu stojí v cestě měděné opletení.

Napáječ (lhostejno zda koaxiál nebo dvojlinka) nebude vyzařovat energii pouze tehdy, když proudy v obou vodičích budou stejně velké a vzájemně opačné. Magnetické i elektrické pole se dokonale vyruší a napáječ bude netečný k okolí. Pokud na takto dokonalý napáječ nasadíme náš „klešťový ampérmetr“, nebude indikovat nic.

Často bývá slyšet názor, že koaxiál vyzařuje tehdy, je-li špatně PSV. Není tomu tak. Pokud bude

dodržena symetrie proudů, tak ani „rozvlněné“ vedení vyzařovat nebude. Ale opačně, když bude symetrie proudů špatná, tak se zhorší PSV a navíc se bude měnit s délkou vedení. Pokud se tedy setkáme s anténou, která je citlivá na délku koaxiálu, je potřeba hledat příčinu a ne vedení stříhat a hledat nejlepší PSV. Je smutné, že někteří výrobci ke svým anténám přímo doporučují určité délky kabelu (většinou se jedná o vertikály). To je důkaz toho, že anténa má ošizené nebo chybějící radiály a k záření potřebuje plášť koaxiálu. To by nevdalo pouze v případě stožáru z umělé hmoty, pod kterým by stál transceiver na dokonalé síti radiálů – potom ať si koax klidně září. Ten úhel záření asi nebude zrovna výhodný, ale energie se alespoň nějak dostane „do vzduchu“. Pokud ale kabel vede kolem zdi, světlíkem, domem, tak se dostane tak akorát do... (sousedova televizoru). Plášťové proudy ale nekončí na kostře našeho TRX, ale pokračují nedokonalým uzemněním po elektrické síti, vodovodu atd., dokud se úplně neutlučou. Paradoxně nejvíce doporučovaná délka násobků 1/2 lambda je z tohoto hlediska nejhorší. Tato délka má jedině opodstatnění pro měřicí účely (jako opakovač impedance). Pravý odborník ovšem dokáže měřit na libovolné délce (Smithův diagram si prostě pootočí).

Existuje ale ještě jedna příčina, proč se PSV mění s délkou kabelu. Málokrterý PSV–metr totiž dokáže na Smithově diagramu opsat přesnou kružnici. Většinou dělá elipsu nebo jinou „bramboru“. Tuto skutečnost si můžeme snadno ověřit, ale to by byl námět na jiný článek.

Někdo teď možná namítne, že mění délku kabelu proto, aby dosáhl u TRXu čistě reálnou impedanci. Věřte tomu nebo ne, ale transceiveru je to docela jedno. Reflektometrická ochrana vlastně tvoří pomyslnou kružnici, většinou o poloměru PSV = 1:1,5. Je zcela jedno, zda do kruhu vstoupíme zleva (ze strany nízkých resistancí), zprava nebo zespodu (ze strany záporných reaktancí) nebo shora. Pokud jsme uvnitř, je TRX šťasten a pustí plný výkon. Je zbytečné polemizovat o tom, že bude nejšťastnější ve středu kruhu. Tranzistory mají své kapacity, trať indukčnosti, bude to na každém pásmu trochu jinak. Klidně tedy věřme kružnici ochrany, kterou si výrobce sám namaloval.

Takže to shrneme: Plášťové proudy jsou škaredá věc, která nás okrádá o drahocenný výkon, ruší sousedy, zhoršuje předozadní poměr směrovek – a co je nejhorší – ruší taky nás. Jak je to možné? V an-

ténařině platí přísný zákon reciprocity a kabel, který vyzařuje, stejně dobře taky přijímá. A pokud prochází „neradostným prostředím“ tak.... však víte.

Jak se tedy zbavíme plášťových proudů? Důslednou symetrizací!

### Symetrizace

Hodně lidí se domnívá, že symetrizace slouží pouze k tomu, aby horizontální anténa „nešilhala“. U vertikálních antén je všeobecně považována za zbytečnou. Chyba! Kvůli plášťovým proudům je důležité symetrizovat všechny antény, i ty nesymetrické. Zkusíme si náš „klešťový ampérmetr“ nacvaknout na koaxiál v patě naší vertikální antény. To je světle! To je škody výkonu!

Musíme tomu zabránit. Jak? Nejlépe proudovým balunem. Pokud máme dost „cvakacích“ feritů, tak máme vyhráno. Ferit navlečený na koaxu vytvoří shodnou indukčnost na vnitřním vodiči i na opletení. Pokud jsou proudy v obou vodičích stejně velké, ale opačného směru, tak se indukčnost vyruší. Ferit tedy nezpůsobuje žádnou ztrátu pro průchozí signál. Plášťový proud je tam ale jaksi navíc. Zalekne se „nastražené“ induktivní reaktance a prostě touto cestou nepůjde. Aby se ale opravdu pořádně „zalekl“, musí být reaktance dostatečná – jeden ferit nestačí. Cvakací ferity mívají permeabilitu v rozmezí 300–1000. Minimální počty jsou 20 kusů pro 160 m, 10 ks pro 80 m atd. Vždy bychom měli indukčnost změřit provléknutím obyčejného vodiče daným počtem feritů. Měříme obyčejným můstkem na 1 kHz, protože rezonanční měřiče jsou většinou „zmatené“ nízkým činitelem Q. Reaktance by měla být minimálně čtyřikrát větší než impedance kabelu, čím více – tím lépe, tím nic nemůžeme zkazit. Např. pro pásmo 80 m a kabel 50 OOHH vychází minimální indukčnost 19 mimiH. Tak co? Už žárovka zhasla? Ale copak? Přestalo to vysílat, PSV se zhoršilo? Věřím, to je důkaz, že ta „potvora“ anténa ten koax potřebovala jako protiváhu. Tak radiály a ladit, ladit...

Co když ale nevládneme dostatečný počet feritů? Možností je několik. Třeba namotat dostatečný počet závitů koaxiálu jako velkou vzduchovou cívku. Princip je stejný, ale zbytečně prodlužujeme délku vedení a tedy i ztráty. Jinou možností je namotat asi 10 závitů koaxu na velký ferit. K tomuto účelu se výborně hodí jádro VN transformátoru ze starého televizoru (pokud má někdo odpor ke starým jádrům, může si koupit nové asi za 200 Kč). Účinnost tohoto provedení je obdivuhodná, ale má to jednu nevýhodu: asi se nám k tomu nepodaří přemluvit jiný kabel než RG58, takže vhodné pouze na QRP do 500 W.

### Guanello proudový balun

Nyní si popíšeme výrobu proudového balunu, který má navíc výhodu, že ho lze snadno přepojit jako 1:1 nebo 1:4. K jeho zhotovení potřebujeme dva kusy feritových jader. Je možno použít toroidní jádra nebo naše oblíbené „cvakačky“. Dále si opatříme

dvojlinku o impedanci 100 OOHH. Do výkonu 500 W vystačíme s běžnou instalační dvojlinkou „pod omítku“ s izolací PVC, vhodný typ je např. CYKYL 2Ax1,5, má téměř přesně 100 OOHH. Pro vyšší výkon použijeme raději izolaci teflonovou. Nyní vybereme dvě „cvakací“ jádra, pokud možno se stejnou indukčností. „Cvakačky“ vyloupeme z plastových obalů, obě poloviny jádra slepíme epoxidem a takto vzniklé „trubky“ slepíme k sobě. Vznikne velké dvouděrové jádro.

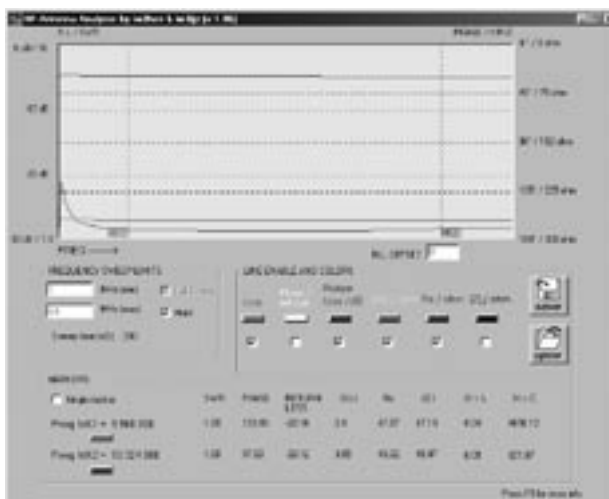
Na každou polovinu navineme 3 závity dvojlinky. Závitem je myšlen průchod otvorem.

Změříme indukčnost každého vinutí – měly by být min. 15 mimiH a měly by být obě stejné. Pokud nedosáhneme této hodnoty, má naše jádro malou



Obr. 2. Proudový balun 1:4

permeabilitu a v takovém případě se můžeme pokusit „procpat“ ještě čtvrtý závit nebo oželet stošedesátku. Vinutí propojíme stejně jako u známého TV symetrizačního členu – na jedné straně paralelně, na druhé sériově. Nyní změříme znovu indukčnost. Na paralelní straně by měla být dvojnásobná proti jednomu vinutí, na sériové straně osminásobná. To je balun 1:4 z 50 OOHH na 200 OOHH, vhodný třeba pro smyčkové antény. Pokud zapojíme obě strany paralelně, budeme mít balun 1:1. Balun vykazuje neuvěřitelně rovnou kmitočtovou charakteristiku v rozsahu 1,8–100 MHz. Takové parametry jsou z klasickým napěťovým balunem nerealizovatelné.

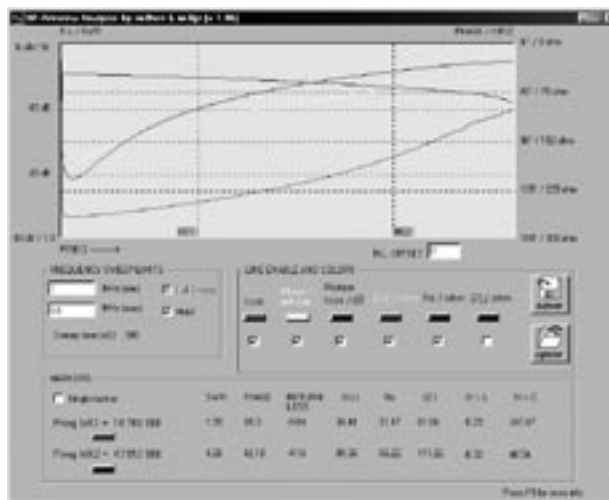


Obr. 3. Analyzátor není pokazený, je to opravdu tak rovné.

Rovněž ztráty jsou velmi malé. Výkonové zatížení je 500 W pro jádra 20x20x30 mm, pro větší výkon je možno slepit více jader za sebou (delší trubky), nebo použít větší typ.

## Závěrečná úvaha

Antény se dělí na dvě skupiny: Dipóly a unipóly. Do skupiny dipólů patří všechno, co má ve vzdu-



Obr. 4. Napěťový balun 1:1 navinutý na stejných jádrech. Nejspodnější křivka je PSV.

chu obě kmitny napětí, kladnou i zápornou, podle věty „Každá hůl a každá elektřina má dva konce“. Dipóly nemusejí být napájeny vždy uprostřed. Zařič  $l = \lambda/2$  může být napájen v kterémkoliv bodě (pokud to umíme) – podle toho se různé jmenuje (FD4, Zeppelin, dipól atd.). Pokud se nám podaří vždy potlačit plášťové proudy, budou tyto antény rovnicenné.

Skupina unipólů má ve vzduchu jen jednu kmitnu napětí, druhá se zrcadlí v zemi. Napětí na konci bude dvojnásobné proti dipólu, proud v patě rovněž. To je důkaz zrcadlení, chybějící půlka „hole“ bude nahrazena. Aby k tomuto efektu došlo, je podmínkou skutečně dokonalá zemní rovina, tvořená množstvím podzemních radiálů nebo několika radiálů nadzemními, ale pečlivě vyladěnými.

Existují však antény, které nelze zařadit do žádné z těchto dvou skupin. Typický příklad je drát nerezonanční délky, vedoucí z okna na švestku a vyladěný transmatchem. Protiváhu tvoří v lepším případě vodovod, v horším vedení sítě. Je to unipól nebo dipól? Tuto anténu můžeme zařadit do třetí skupiny, kterou nazveme třeba „zmršeniny“.

Majitel takové antény se dobrovolně vzdává poloviny výkonu, protože k unipólovému efektu – zrcadlení – zde nedojde, anténa se chová spíše jako zmrzačený dipól s druhým ramenem zazděným podle věty „hůl do baráku vnořená chová se jako zlomená“. V tomto případě je ovšem zcela zbytečné se zabývat plášťovými proudy.

