

Reflektometr pro 145 a 433 MHz

Reflektometr (směrový vazební člen) je přístroj, který v radioamatérské praxi dovoluje uskutečnit několik poměrně přesných vysokofrekvenčních měření, ovšem za předpokladu, že se mu při stavbě věnuje patřičná péče. To je ostatně zásada platná nejen pro reflektometr. S jeho pomocí můžeme kontrolovat provozní stav napáječe i antény, podle jeho údajů můžeme ladit vysílač a v relativně úzkých pásmech, kterými amatérská pásma jsou, jej můžeme použít i jako průchozí měřič výkonu. Pokud bude někdo chtít, může dále popsaný reflektometr vylepšit i k provozní kontrole přijímače, a sice tím způsobem, že do jeho víčka (přibližně uprostřed) dá třetí smyčku, kterou bude napájet přiměřeným napětím ze signálního generátoru, kalibrátoru nebo šumového generátoru a bude tak moci kontrolovat stav svého přijímače. Ve své konečné podobě může reflektor nahradit různé měřicí dipóly i dost nevhodné „žárovkové wattmetry“.

Pro zachování impedanční homogenity napájecí trasy mezi vysílačem a anténou jsou rozhodující vnitřní rozměry reflektometru. Pro těleso se čtvercovým vnitřním průřezem a s vloženým vodičem kruhového průřezu lze použít podle [59] vzorce:

$$Z_0 = 138 \log_{10} \frac{0,539h}{a},$$

kde h – délka vnitřní strany čtvercového průřezu,
 a – poloměr středního vodiče.

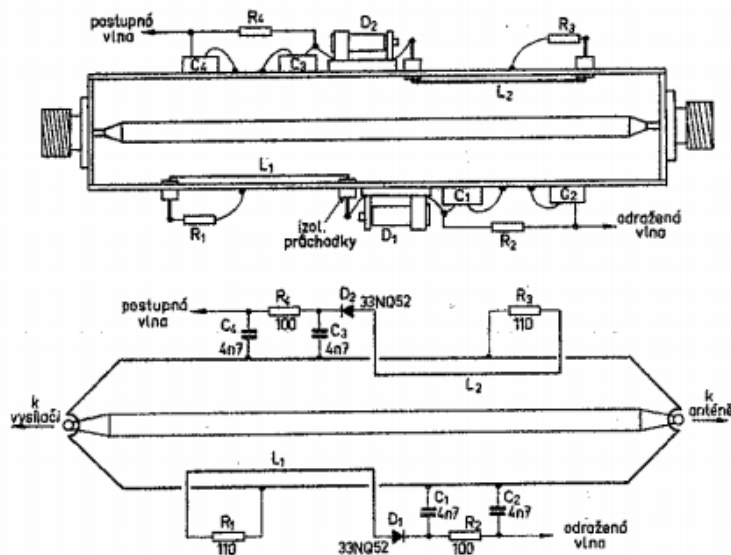
Pro impedanci 75Ω je $h = 19,5$ mm, $a = 6$ mm. Celková délka reflektometru bez konektorů je 132 mm a mohla by být menší, kdyby

smyčky reflektometru nebyly od sebe tolik vzdáleny, ale tím by se mezi nimi zvětšila vzájemná vazba a měřené hodnoty by byly méně přesné.

Na koncích reflektometru jsou umístěny koaxiální konektory, které je vhodné pro dokonalejší spojení k reflektometru připájet. Mezi oběma konektory je uchycen střední vodič a se středními vodiči konektorů spojen pájením. Pájením jsou také spojeny stěny krabičky, ke které se šrouby připevňuje víčko, na němž může být již zmíněná třetí smyčka ke kontrole přijímače. Kmitočty 145 a 433 MHz nejsou příliš vysoké, ale nebude na škodu budou-li díly reflektometru postříbřeny.

Do prostoru reflektometru zasahují dvě vazební smyčky (L_2 pro postupnou a L_1 pro odraženou vlnu), které v kombinaci se svými zakončovacími odpory vytvářejí směrové vazby. Jejich opačná orientace umožňuje, aby každá byla citlivá na jiný směr proudu. Vazební smyčky procházejí stěnami reflektometru průchodkami z izolačního materiálu (nejlépe teflon) a jsou zakončeny vždy paralelními kombinacemi odporů 330Ω (odpor R_1 a R_3) v provedení TR112a nebo TR151. Usměrnovací diody D_1 a D_2 jsou vybrány z tzv. „centimetrových“ ve válečkových keramických pouzdrech. Diody jiného provedení jsou převážně vhodné pouze pro pásmo 145 MHz. Protože obě smyčky je možné stejně nastavit, měly by obě diody mít stejné elektrické parametry, aby reflektometr mohl měřit stejně z obou směrů. Diody v keramických pouzdrech nelze bez nebezpečí jejich poškození pájet a jsou proto upevněny v kontaktních držácích z fosforbronzového plechu, opět na teflonových podložkách (může to být i sklolaminát). Za diodami jsou filtrační obvody z kondenzátorů $4,7$ nF (C_1 až C_4) z kvalitní keramiky a odporů 100Ω (R_2 a R_4) opět v provedení TR112a či TR151. Celková sestava reflektometru a jeho elektrické schéma jsou na obr. 1.50A a B.

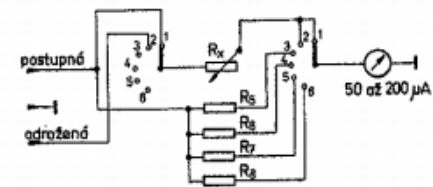
Přívody všech součástek musejí být co nejkratší a vývody, které se uzemňují, se připájejí přímo k vnějšku reflektometru, a to nejlépe přes přinýtovaná pájecí oka. Smyčky kromě průchodu teflonovými průchodkami procházejí ještě pérovými kontakty, aby bylo možné při nastavování reflektometru měnit jejich vazbu se středním vodičem a teprve po nastavení se pérové kontakty zapájejí v definitivní poloze smyček. Hloubku zapuštění smyček do koaxiálního vedení reflektometru



Obr. 1.50. A) Rozmístění součástek reflektometru; B) schéma reflektometru

metru volíme co nejmenší, abychom na co nejmenší míru omezili kapacitní vazbu mezi smyčkami a středním vodičem reflektometru, protože ta nevykazuje směrovou vazbu. Je pochopitelné, že veškeré pájení se bude dít cínem a kalafunou s vyloučením jakýchkoliv pájecích past, jejichž zbytky podporují korozi. Zbytky kalafuny se po pájení vymyjí nebo odloupnou.

Díky vzájemnému posunutí smyček je mezi nimi vazba asi -35 až -40 dB, která neovlivňuje měření. Smyčky je vhodné zapustit do reflektometru tak, aby světlost mezi nimi a stěnou reflektometru byla 1 až 1,5 mm. Protože obě pásma jsou od sebe kmitočtově příliš vzdálena, případná kmitočtová kompenzace by značně snížila citlivost reflektometru a pro měření výkonu bude nutné cejchování pro každé pásmo zvlášť a navíc pro každé pásmo alespoň dva výkonové rozsahy, jak je zřejmé ze schématu stejnosměrného doplňku reflektometru – viz obr. 1.51.



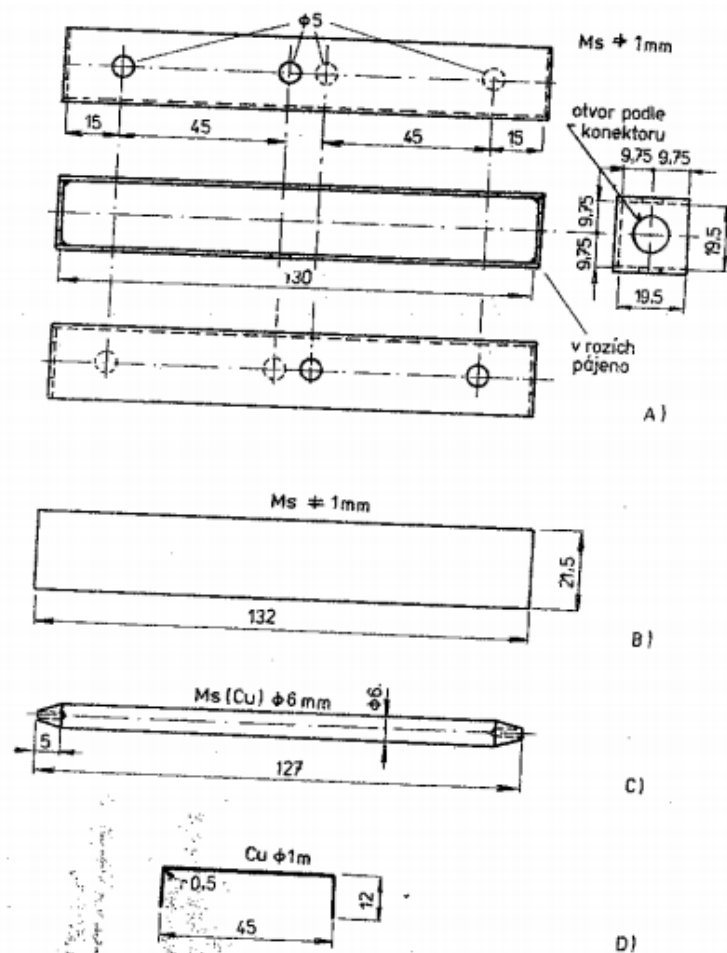
Obr. 1.51. Zapojení stejnosměrného přípravku k reflektometru. U šestipolohového dvoupólového přepínače jednotlivé polohy znamenají: 1 – postupná vlna, 2 – odražená vlna, 3 – výkon N_1 (např. do 10 W) pro 145 MHz, 4 – výkon N_2 (např. do 50 W) pro 145 MHz, 5 – výkon N_3 (např. do 10 W) pro 433 MHz, 6 – výkon N_4 (např. do 50 W) pro 433 MHz

Výkonové cejchování jednotlivých rozsahů děláme pomocí zakončovacího odporu se stejnou impedancí jakou má napáječ. Protože diody mají nelineární charakteristiku, zhotovíme si zakončovací odpory pro ČSV 1,5, 2 a 3 tak, že paralelně spojíme vhodné odpory. I pro cejchování s výkony řádově desítek wattů postačí odpory v provedení pro 1 W, protože měření je krátkodobé.

Odpory R_5 a R_6 vybíráme nejprve odhadem, protože napětí z detektorů budou pro každý výkonový rozsah různá a navíc závisí na vnitřním odporu měřidla a také napětí budou z obou pásem různá (na 433 MHz při stejném výkonu pochopitelně větší). To nejlépe dokazuje několik následujících orientačních údajů pro některá ručková měřidla v pásmu 145 (433) MHz o průchozím výkonu, který potřebujeme k maximální výchylce měřidla. DHR 5/100 μ A 1,75 (0,35) W, DHR 5/50 μ A 0,45 (0,15) W a DHR 3/100 μ A 0,55 (0,12) W.

Pro cejchování reflektometru k měření ČSV si zhotovíme již zmíněné zakončovací odpory. Pro ČSV vyšší než 3 je už nepotřebujeme, protože takový ČSV je vždy špatný a na jeho přesné hodnotě nezáleží. Zapneme vysilač, odporem R_1 nastavíme maximální výchylku a přepneme z polohy 1 do polohy 2 při stejné hodnotě odporu R_1 a zjištěnou hodnotu pro odraženou vlnu si poznačíme. To opakujeme se zakončovacími odpory pro ČSV 1,5, 2 a 3.

Jednotlivé výkonové rozsahy reflektometru ocejchujeme tak, že reflektometr zakončíme odporem pro ČSV 1 a výkon v zátěži měříme



Obr. 1.52. A) Hlavní rozměry tělesa reflektometru; B) víčko reflektometru; C) vnitřní vodič reflektometru; D) smýčka reflektometru

např. pomocí zakončovacího odporu spojeného s vhodným vysokofrekvenčním voltmetrem, pokud se k ocejchování nepodaří vypůjčit nějaký měřič výkonu. Pro zvolené výkonové rozsahy nastavujeme i hodnoty odporů R_5 až R_6 .

Při ladění vysílače na maximální výkon používáme kteroukoliv z vyhovujících poloh přepínače kromě polohy 2, protože při dokonalém přizpůsobení bychom se ničeho nedoměřili.

Všechny důležité mechanické díly reflektometru jsou uvedeny na obr. 1.52A až D. Změnou průměru vnitřního vodiče je možno reflektometr upravit pro impedanci 50Ω , otvory ve středním vodiči mají průměr a hloubku podle použitých konektorů a právě tak se upravují i průměry otvorů v bočních stěnách, aby jejich průměr souhlasil s vnitřním průměrem vnějšího pláště konektoru. Zdánlivá pracnost reflektometru i náročnost jeho nastavení a ocejchování se mnohokrát vrátí při jeho používání.

Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: Směrové antény pro amatérská VKV pásma. Naše vojsko, Praha 1965.
- [2] Jordan, K., OK1BMW: Amatérská radiotechnika a elektronika, I. díl, kapitola „Antény“. Naše vojsko, Praha 1984.
- [3] OK1VCW: Amatérská měření kolem antén. Radioamatérský zpravodaj č. 8/1971, str. 1 až 7.
- [4] OK1VR: Měření dvouprvkové antény cubical quad. Radioamatérský zpravodaj č. 3/1972, str. 4 a 5.
- [5] OK1VCW: Zisky antén quad. Radioamatérský zpravodaj číslo 3/1975, str. 9 až 12.
- [6] OK1VCW: Soutěž o nejlepší anténu – II. Radioamatérský zpravodaj č. 4/1977, str. 29.
- [7] OK1VCW: Několik poznámek k anténám quad. Radioamatérský zpravodaj č. 1/1978, str. 19 až 21.
- [8] Burger, O., OK2ER: Anténa pro dálkový příjem FM a TV. Amatérské rádio č. 12/1977, str. 467 až 469.
- [9] OK1DAK: Swan – kouzelná anténa? Radioamatérský zpravodaj č. 4/1978, str. 14 až 17.
- [10] Závodský, J., OK1ZN: Změřené parametry antény Swan, Amatérské rádio č. 12-A/1978, str. 457 a 458.
- [11] OK3AU (ex-OK3CDI): Sůľaž o nejlepší anténu – III. Radioamatérský zpravodaj č. 9/1978, str. 12 a 13.