

PSV metr pro pásma 144 - 1296 MHz

(Honza OK1TIC, ok1tic@seznam.cz)

ÚVODEM

Při mých laborováních na UHF a mikrovlnných pásmech jsem byl postaven před problém jak efektivně měřit činitel stojatého vlnění. Komerčně vyráběné PSV-metry většinou na těchto pásmech již nefungují nebo jsou příliš drahé. Bylo mi tedy jasné, že nejlepší bude postavit si vlastní PSV metr. Jenže jaký? Z mých předchozích laborování se směrovými vazbami, z nichž jsou PSV metry povětšinou složeny, jsem došel k závěru, že planární směrová vazba není zrovna nejjednodušší na výrobu a trpí leckterými nechtanými. Proto jsem hledal inspiraci jinde. Návodem pro výrobu PSV metru, který Vám v tomto článku popíši, mi byla směrová vazba popsána Paulem G7EYT v [1].

CELKOVÁ KONCEPCE

Schéma PSV-metru je zachyceno na obrázku 1. Jak je vidět, PSV-metr sestává se tří hlavních částí: směrové vazby, dvou detektorů výkonu a zobrazovací části. Směrová vazba slouží k oddělení části energie z přímého a odraženého signálu procházejícího hlavním vedením. Detektory tuto energii převádějí na stejnosměrné napětí, které je pak zobrazeno v zobrazovací části.

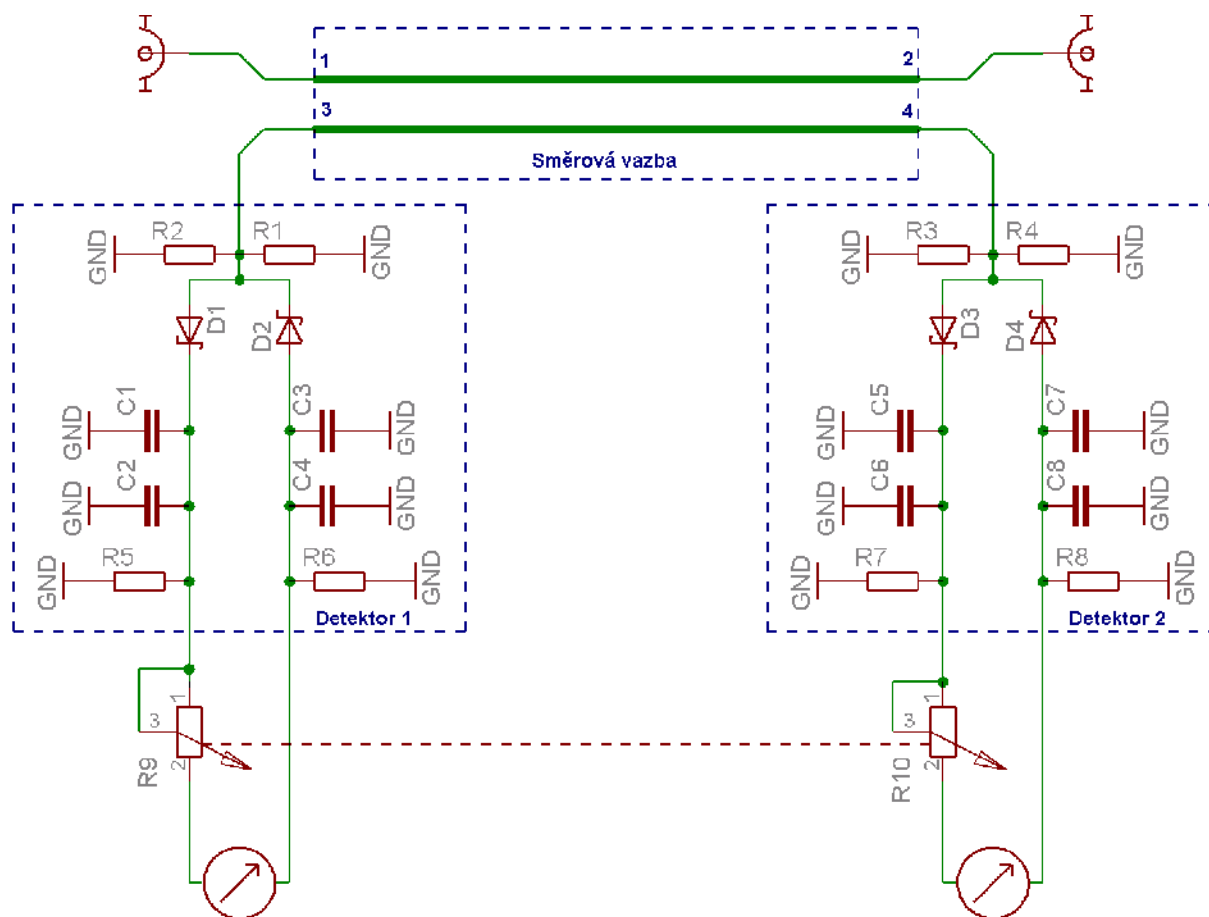
Všechny tyto části jsou dále popsány v této kapitole. Následující kapitoly pak popisují jak jsem realizaci PSV-metru pojal já.

Směrová vazba:

Směrová vazba, je vyrobena ze dvou kusů semirigidového koaxiálního vedení s vnějším průměrem 3,5 mm. Obě vedení mají ve stínícím plášti vypilovanou podélnou štěrbinu o délce 60 mm a šířce cca 1 mm tak, že je odhalena vnitřní izolace vedení. (Původní pramen [1] uvádí šířku štěrbinu cca 2 mm a délku 30 mm. Paulova směrová vazba je ovšem určena pro ISM pásmo 2,4 GHz, proto je dvakrát kratší.) Obě vedení jsou přitisknuty touto štěrbinou k sobě a za stínění připájeny. Tímto způsobem je snadno docíleno vazebního efektu při současném zachování charakteristické impedance obou vedení a mechanické pevnosti celé směrové vazby. Koaxiální provedení směrové vazby dále zaručuje nízké vyzařování do okolí, dobrý přechod mezi koaxiálním konektorem a vedením a tedy i nízký průchozí útlum a nízký útlum odrazů na vstupu vazby.

Detektory:

Detektory výkonu rovněž (prosté usměrňovače) sledují koncepci zvolenou v [1]. Jediný rozdíl je v použitých detekčních diodách. Vyhovuje v podstatě jakákoliv schottky dioda s nízkým bariérovým napětím určená pro mikrovlnná pásma. Já osobně použil jakýsi neznámý typ z vyřazené radiokomunikační techniky. Lze použít provedení se dvěma diodami v jednom pouzdře (můj případ), dvěma diodami ve dvou pouzdrech nebo by stačila i jedna dioda (jednocestný usměrňovač), pak je ale citlivost detektoru snížena. Dá se usuzovat, že citlivost bude snížena dvojnásobně, tudíž o 6dB, což je poměrně výrazná hodnota. Dále by měly být v obou detektorech použity stejné diody (stejně všechny součástky), aby bylo zaručeno, že měření nebude zkresleno.



Obr. 1 - Schéma PSV-metru

Zobrazovací část:

V mé realizaci jsem použil rozšířenou koncepci dvou panelových ručkových měřičů s předřazeným potenciometrem pro změnu citlivosti. Stejná koncepce je například použita v PSV-metru teplické Radiotechniky (žluto-zelený měřič). Měřič připojený k detektoru 1 ukazuje dopředný výkon, měřič připojený k detektoru 2 pak odražený výkon. Pokud potenciometrem nastavíme PSV-metr tak, aby dopředný výkon ukazoval 100% rozsahu ručkového měřiče, pak druhý měřič ukazuje rovnou hodnotu PSV. (Druhý měřič však musí být na PSV cejchovaný.)

VÝROBA SMĚROVÉ VAZBY

Výroba směrové vazby se může na první pohled zdát jednoduchá, skýtá však leccjaké překvapení či komplikace. Zkusím zde popsat několik rad a doporučení.

Pro stavbu směrové vazby vyhovuje pouze semirigidové vedení, které má pevné trubkové vnější vedení. Semirigid, který má stínění tvořené pocínovaným měděným opletením známým z běžných koaxiálních kabelů, nevyhovuje, špatně se piluje. Takovéto vedení včetně konektorů lze za rozumnou cenu sehnat mezi OK radioamatéry.

Nejprve si připravíme oba kusy koaxiálního vedení - nastříháme je na patřičnou délku (60mm + potřebný přívod ke konektorům) a oba konce připravíme k namontování na konektory. Konektory však v této fázi nemontujeme, zbytečně by koaxiální vedení chladily při pájení. Obě vedení vyrovnáme do přímky, odměříme v prostředku 60 mm pro šterbinu a konce vedení lehce zahneme. Ohýbat vedení když už je šterbina vypilovaná není dobré, šterbina by se mohla ohýbáním snadno zdeformovat.

Takto připravené vedení v prostředku, kde bude vypilována šterbina, pocínujeme. Pokud jako já použijete semirigid s hliníkovým pláštěm, vyplatí se použít vodičku pro pájení

hliníku. Pocínovat semirigid ještě před pilováním se vyplatí, neboť pak je spojování obou vedení k sobě podstatně snadnější.

Pocínované vedení upevníme lehce do svěráku a pilníkem vypilujeme štěrbinu 60 x 1 mm. Délka štěrbiny není příliš kritická. Dle mých měření bych však doporučoval, aby byla v rozmezí 50 až 70 mm, pokud chcete používat pásma 144 - 1296 MHz. Šířka štěrbiny také není kritická. Čím širší štěrbina bude, tím méně budou žíly obou vedení od sebe vzdáleny, tím větší bude výkon vyvázaný z hlavního vedení (větší vazba). Autor uvádí šířku štěrbiny 2 mm. Lze tedy očekávat, že dosáhl těsnější vazby a tím i větší citlivosti PSV-metru (PSV-metr je schopen měřit se slabšími signály). Drobné otřepení pláště kabelu způsobené pilováním zřejmě není na závadu.

Jakmile budou obě vedení vypilována, můžeme je k sobě připájet. Dbejte na to, aby se obě štěrbiny co nejvíce překrývaly. Nakonec připájejte konektory. Mé provedení směrové vazby zachycuje obrázek 2.



Obr. 2 - Provedení směrové vazby

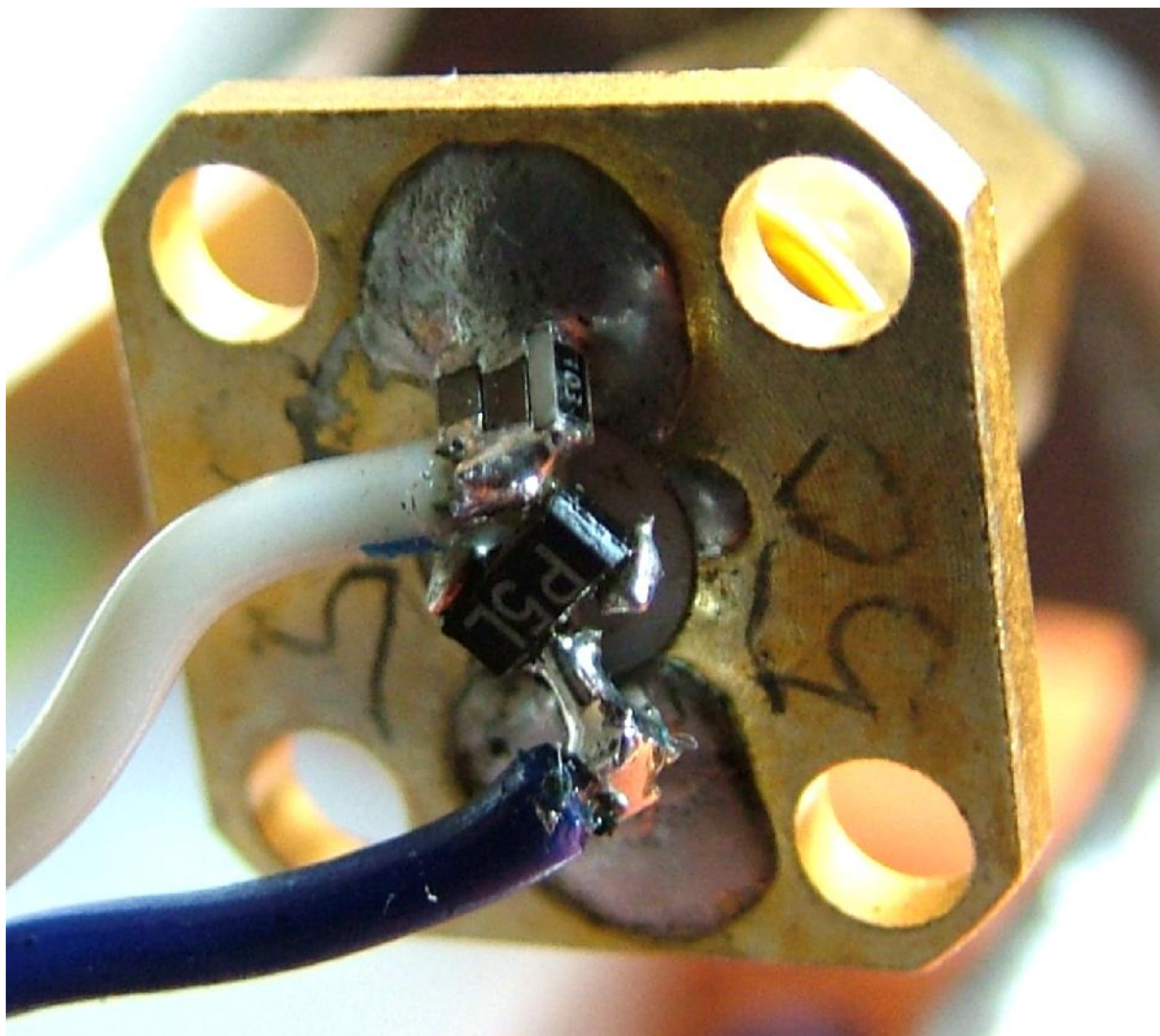
VÝROBA DETEKTORU

Jak bylo uvedeno výše, já použil pro vazební vedení SMA konektory. Tudiž vedení je zakončeno samečkou a detektory jsou vyrobeny na panelové samici. Tímto způsobem lze detektory z vazebního vedení snadno odmontovat a pokud jsou k dispozici patřičné měřicí přístroje, provést i měření směrové vazby.

Součástky detektoru jsou připájeny přímo na konektor bez použití jakéhokoliv tištěného spoje. Tímto se eliminují veškeré parazitní parametry detektoru a lze předpokládat, že detektor bude pracovat do vyšších kmitočtů. Pro odpory a kondenzátory jsem použil součástky velikosti 0603, které se však už obtížně pájejí. Mám pocit, že autor používá součástky velikosti 0805.

Hodnoty součástek jsem zvolil následovně: C1, C3, C5, C7: 100pF; C2, C4, C6, C8: 560pF; R1, R2, R3, R4: 100Ω; R5, R6, R7, R8: 10kΩ; R9, R10: 22kΩ/lin/stereo. Jak jsem uvedl výše, diody jsou neznámého typu. Zřejmě vyhovuje například BAT-15, diody od Avago Technologies (ex. Hewlett Packard) apod.

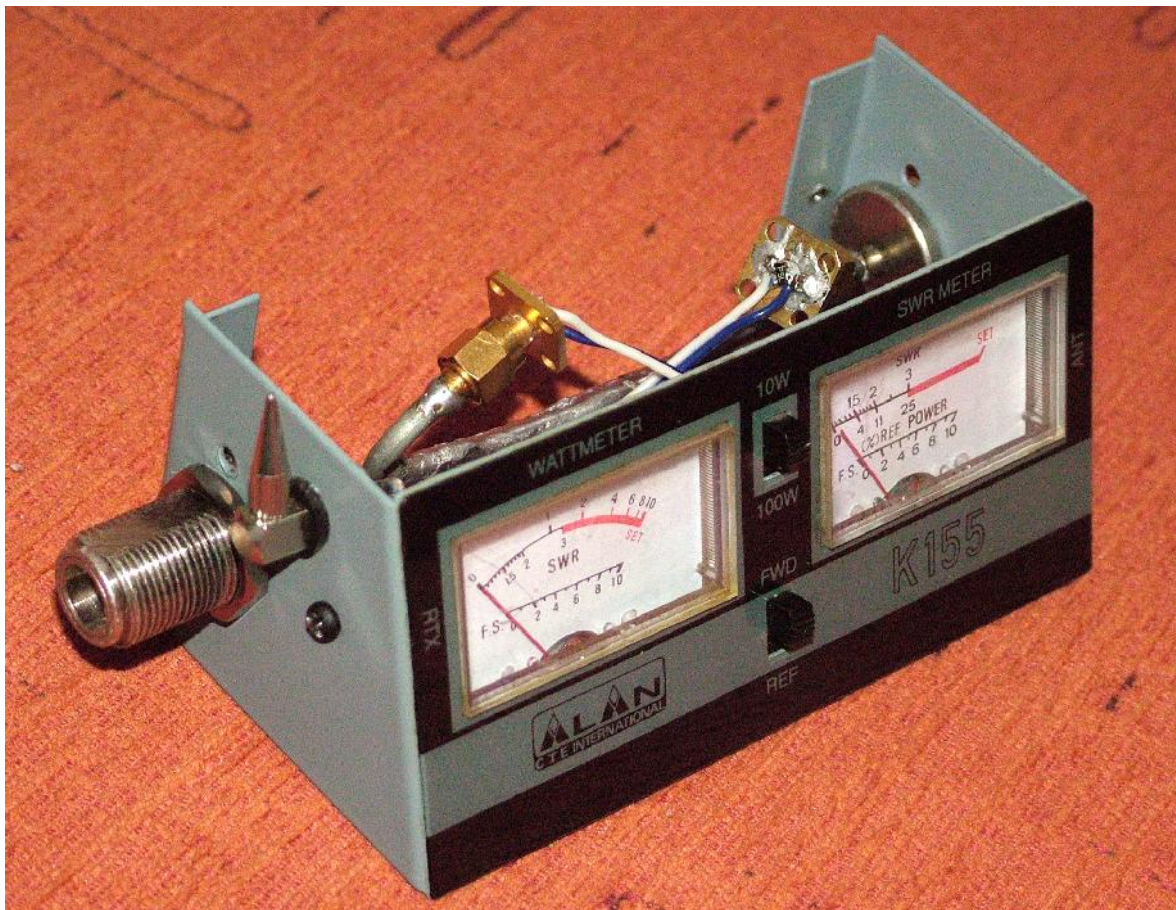
Detektor je zobrazen na obrázku 3.



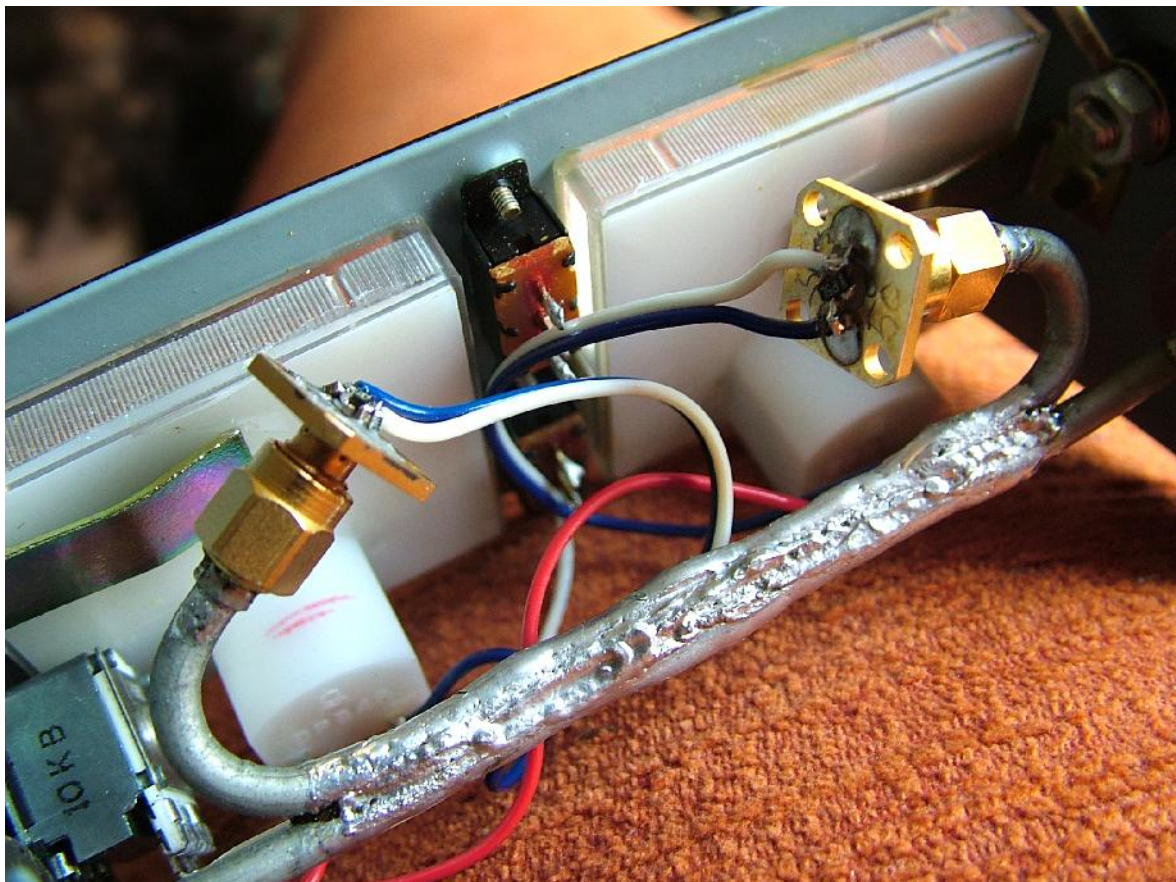
Obr. 3 - Provedení detektoru

ÚPRAVA STARÉHO PSV-METRU

Já osobně celý PSV-metr vmontoval do 'starého' nepoužívaného PSV-metru. Využil jsem tak krabičku i hotové ocejchované ručičkové měřiče. Má realizace je znázorněna na obrázcích 4 a 5.



Obr. 4 - Provedení PSV-metru, pohled zepředu



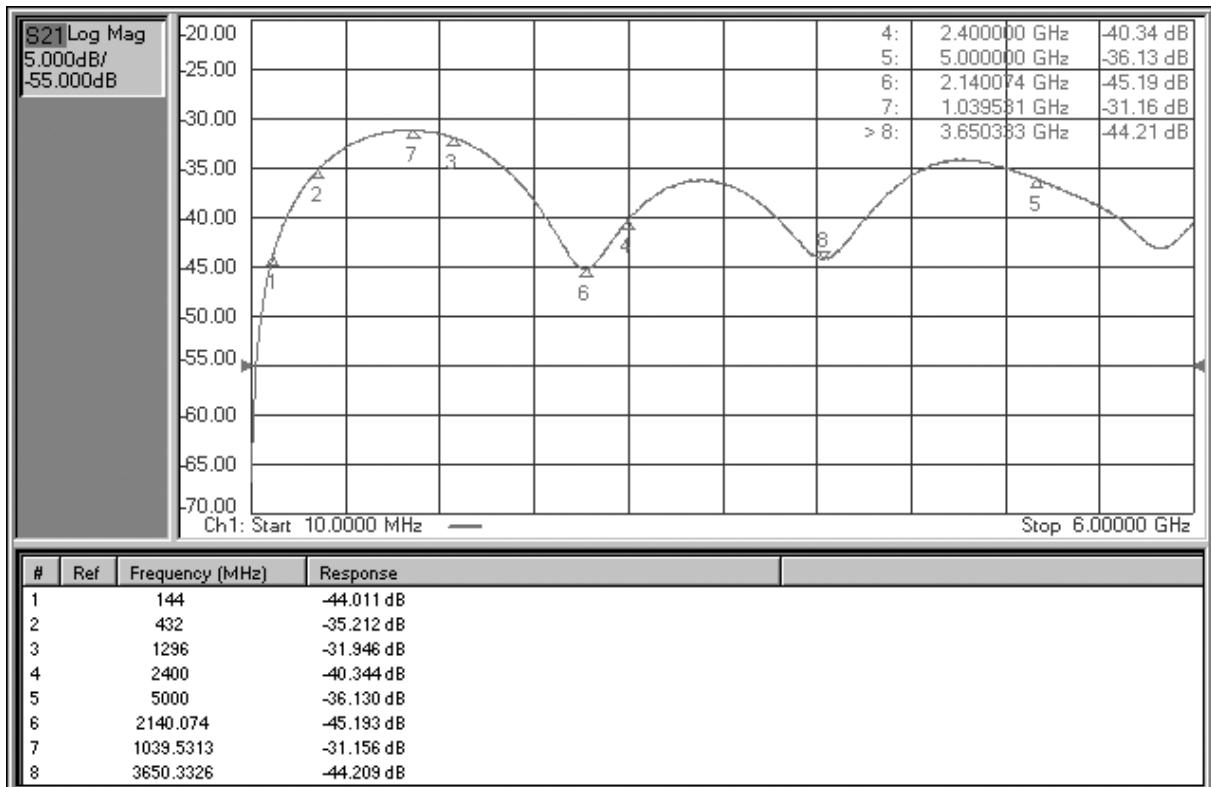
Obr. 5 - Provedení PSV-metru, pohled zezadu

NAMĚŘENÉ PARAMETRY

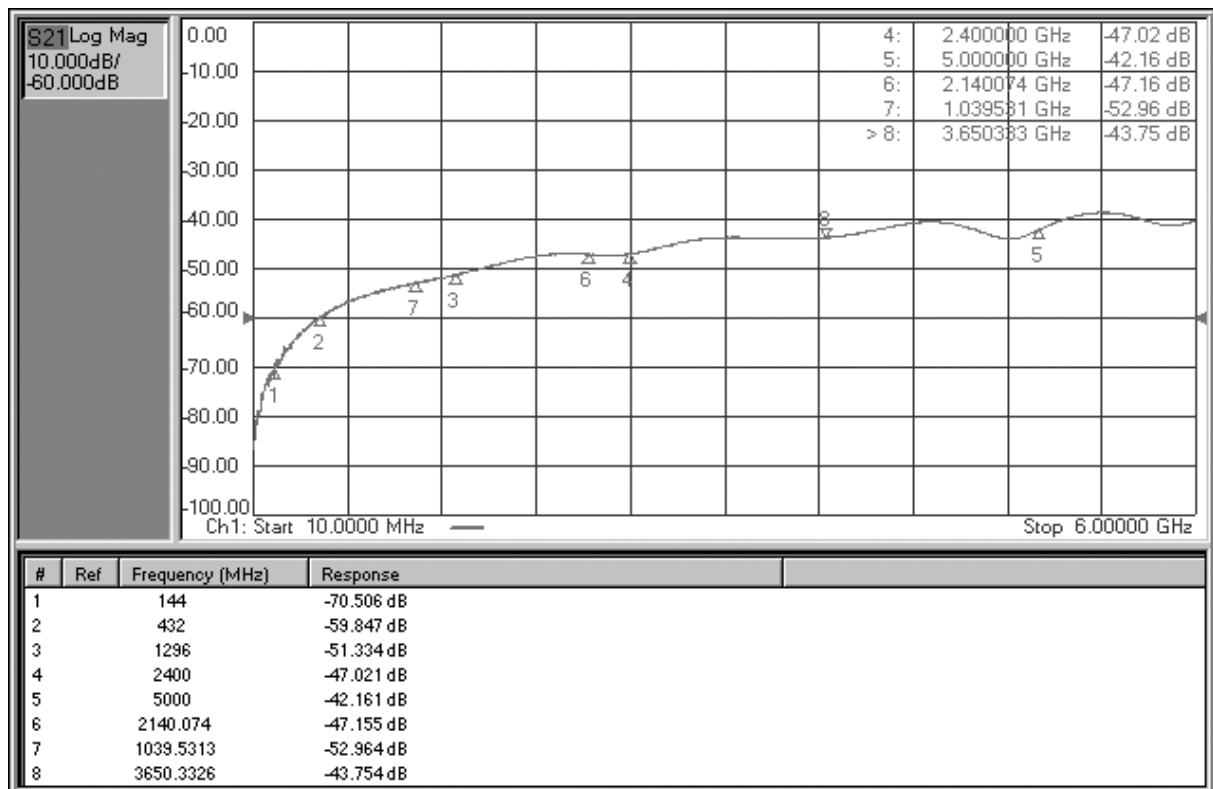
Průběh vazby (žádoucí přenos mezi hlavním a vazebním vedením - s_{31} dle obr. 1) a izolace (nežádoucí přenos mezi hlavním a vazebním vedením - s_{41} dle obr. 1) je zobrazen na obrázcích 6 a 7. Je žádoucí, aby rozdíl mezi vazbou a izolací - čili hodnota směrovosti - byl co největší. Tato hodnota totiž určuje spodní hranici PSV, kterou je PSV-metr schopen měřit. Jak je z grafů vidět, hodnoty směrovosti pro jednotlivé kmitočty jsou následující:

- 144 MHz: 26,5 dB
- 432 MHz: 24,6 dB
- 1296 MHz: 19,4 dB.

Vzhledem k tomu, že žádoucí signál detekovaný na vazebním vedení musí být silnější než-li signál nežádoucí, lze tedy očekávat, že spodní hranice koeficientu odrazu, který je PSV-metr schopen ještě úspěšně měřit (s přimhouřením oka), je -20,5 dB pro 144 MHz, -18,6 dB pro 432 MHz a -13,4 dB pro 1296 MHz. Přepočítáno na PSV to dělá 1:1,21 pro 144 MHz, 1:1,27 pro 432 MHz a 1:1,54 pro 1296 MHz. Měříme-li PSV nižší než tyto hodnoty, chyba měření je již značná. Na kmitočtech vyšších než cca 1,5GHz je hodnota směrovosti příliš malá a PSV-metr zde již není použitelný. Pokud chcete PSV-metr používat na vyšších kmitočtech, je zapotřebí použít kratší štěrbinu mezi vedeními.



Obr. 6 - Průběh vazby (s_{31})



Obr. 7 - Průběh izolace (S_{41})

Co se týče odhadu spodní a horní výkonové hranice, se kterou je PSV-metr schopen pracovat, je třeba dále zjistit převodní charakteristiku použitých detektorů. Ta je v mém případě zachycena v tabulce 1.

frekvence [MHz]	budící výkon [dBm]						
	-10	-5	0	5	10	15	20
144	62	156	356	752	1483	2817	5223
432	59	150	343	725	1434	2727	5065
1296	55	140	322	683	1353	2586	4844
2400	54	137	320	676	1349	2593	5281
5000	65	159	348	738	1455	2690	4655

Tab. 1: Přebodní charakteristika detektoru (výstupní napětí v [mV])

Předpokládáme-li, že vstupní odpor použitého ručičkového měřiče se pohybuje někde mezi 400 až 1000 Ω (měřič 100 μ A), pak již napětí cca 60 mV vybudí měřič na plnou výchylku. Toto napětí odpovídá výkonu -10 dBm (viz. tabulka 1). Vezmeme-li dále v úvahu hodnoty zachycené na obrázku 6, pak zjistíme, že minimální výkon, se kterým by PSV-metr měl být schopen pracovat je 35 dBm (cca 3 W) pro 144 MHz, 25 dBm (0,3 W) pro 432 MHz a 22 dBm (cca 0,15 W) pro 1296 MHz. Praxe mi však potvrdila trochu vyšší hodnoty – např. 1 W na 432 MHz.

Horní hranice výkonu je dána maximálním přípustným závěrným napětím použitých detekčních diod. Pokud předpokládáme hodnotu např. 4 V (příklad BAT-15) a vezmeme v úvahu orientačně tabulku 1, pak lze konstatovat, že na detektor nelze poslat více než cca 22 dBm. Přepočteno na vstup směrové vazby (opět viz. obrázek 6) to dělá více jak 1 kW pro 144 MHz, 57 dBm (500 W) pro 432 MHz a 54 dBm (cca 250 W) pro 1296 MHz. Je ovšem otázkou, zda-li např. onen 1kW zvládne zbytek PSV-metru (otázka průrazného napětí použitých komponent apod.).

Je však třeba ještě zdůraznit, že výše uvedené výpočty jsou jen velmi hrubé odhady.

Další měření ukazují, že průchozí útlum PSV-metru je pod 0,2 dB pro kmitočty do 1800 MHz a koeficient odrazu na vstupech PSV-metru je lepší než -25 dB pro kmitočty do 2 GHz. Více výsledků z mého měření je k prohlédnutí v [2].

ZÁVĚREM

Článek popisoval jednoduchou konstrukci PSV-metru, který je vhodný zejména pro UHF a SHF kmitočty. Z naměřených dat i z praxe je patrné, že takto konstruovaný PSV-metr je plně dostačující pro běžné radioamatérské potřeby a mě osobně se osvědčil jako velice přínosný přístroj. Všem, kteří se rozhodnete pro jeho konstrukci přeji hodně štěstí při výrobě.

73, Honza.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] <http://www.frars.org.uk/cgi-bin/render.pl?pageid=1085>

[2] <http://www.radioamater.cz>