

# Elektrotechnické měření (10)

JAN BOCEK, OK2BNG ([jan.bocek@vitkovice.cz](mailto:jan.bocek@vitkovice.cz))

ING. TOMÁŠ KLIMČÍK, SWL ([tomas.klimcik@vitkovice.cz](mailto:tomas.klimcik@vitkovice.cz))

Již v elektrotechnickém „pravěku“ prováděli průkopníci radioamatérského sportu některá měření, která jsou tak jednoduchá, že právě pro svoji jednoduchost upadla v zapomnění. A právě jedno takové elegantní měření si v tomto pokračování ukážeme.

Co to je činitel zkrácení, jaký má fyzikální význam a proč je pro nás tak důležitý, jsme naznačili v Elektrotechnickém měření 9. Tehdy jsme jej měřili pomocí analyzátoru impedance, dnes to zkusíme jinak.

## Měření zkracovacího činitele vedení pomocí SWR-metru

Měřil: Jan Bocek

Datum: 16.9.2001

### Proměřované koaxiální kabely:

1. 7 m RG213
2. 8,6 m neznámý 75Ω

### Cíl:

1. Osvojit si měřicí metodu
2. Ověřit velikost činitele zkrácení u skutečného vedení

### Použitá přístroje a pomůcky:

1. Transceiver s plným rozsahem ladění 3,5-30 MHz v režimu TX
2. SWR-metr s rozlišovací schopností v oblasti 1,0 až 1,2
3. Bezindukční zátěž 50 nebo 75Ω podle  $Z_{vst}$  SWR-metru

4. Propojovací T konektory PL259
5. Kalkulačka

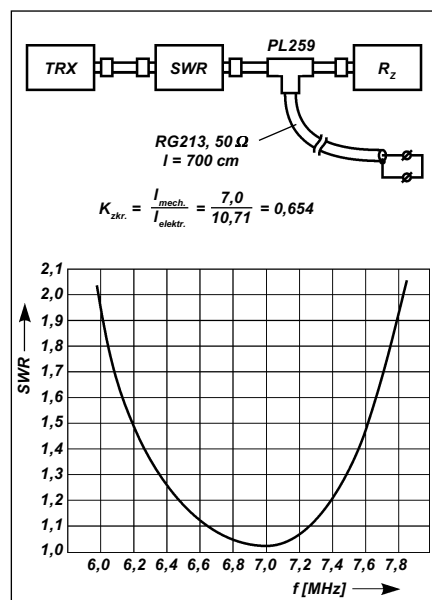
### Schéma zapojení:

Ideová schéma je na obr. 1, ukázka praktické realizace zapojení je na obr. 2.

### Postup:

Vycházíme z již zmíněného obr. 1. Jako zdroj signálu je použit TRX, který je odblokovaný pro ladění v celém rozsahu kmitočtů od 1,5 do 30 MHz. Pokud má náš SWR-metr citlivost 5 až 10 W na plnou výchylku stupnice, můžeme jako zátěž pro 5 W použít vlastnoručně vyrobený odpor sestavený z 20 kusů paralelně spojených odporů s hodnotou 1k0,5 W. Musíme však zkontrolovat kmitočtovou závislost zátěže do 30 MHz – SWR-metr nesmí ukázat výchylku větší než 1,2 při kmitočtech nad 10 MHz, jinak je zátěž nevhodná a měření s ní nelze provádět. Na obr. 2 je praktické zapojení s použitím T-kusů propojujících všechny PL konektory. Je třeba úzkostlivě dbát na elektrickou „těsnost“ všech spojů z hlediska vř proudů. Propojovací kabely mezi SWR, TRX a zátěží nesmí být delší než 10 cm.

Vlastní měření provádíme na zkratovaném vedení. Měníme kmitočet a sledujeme průběh hodnot, které ukazuje SWR-metr. Hodnoty předozadního poměru budou vykreslovat V-křivku



Obr. 2 - Měření zkracovacího činitele koaxiálního kabelu pomocí „V“ křivky na SWR-metru.

s poměrně výrazným minimem (zejména u vedení 50Ω) - srovnaj s průběhem impedance v Elektrotechnickém měření č. 9. A o toto minimum jde. Základem je ladit od nejnižšího kmitočtu a nalézt prvé minimum SWR. První minimum nastane poblíž délky vlny 0,25λ, další až při délce 0,75λ... V bezprostřední blízkosti „minima SWR“ musíme pomalu ladit nahoru a dolů a snažit se střed minima určit co nejpřesněji, například pomocí aproximace  $f_{středni}$ . Vše nejlépe objasní následující příklady.

### Příklad 1:

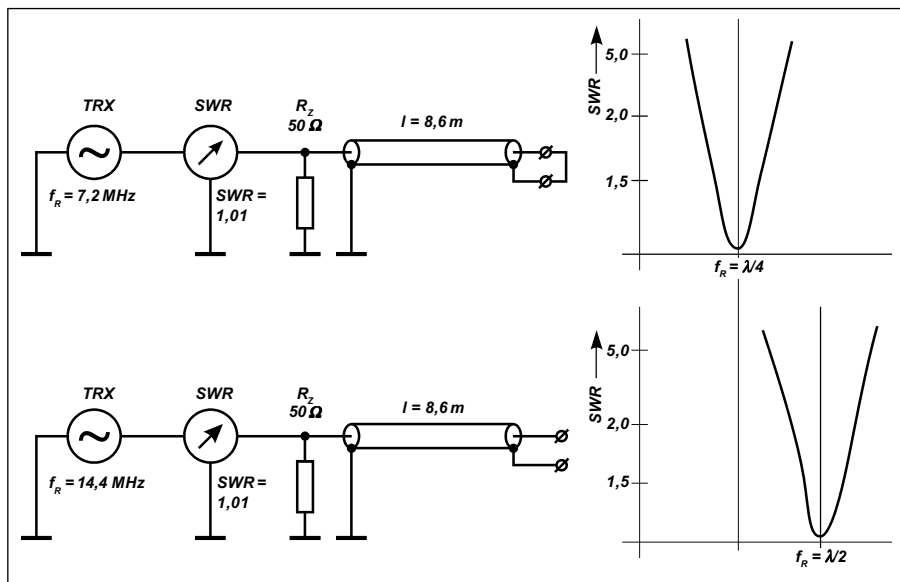
Koaxiální kabel typu RG213 o jmenovité impedanci 50Ω (viz tab. 1) a o délce 7,0 m zkratujeme a připojíme na měřicí pracoviště podle obr. 2. Výše popsaným způsobem najdeme minimální výchylku SWR-metru při kmitočtu 7,001 MHz. Tomuto kmitočtu odpovídá 1/4 vlnové délky λ. Celou vlnovou délku tedy dostaneme jako čtyřnásobek – pro kmitočet 28,004 MHz to bude 10,71 m. Činitel zkrácení potom vypočteme následujícím způsobem:

$$K_{zkr.} = \frac{I_{mech.}}{I_{elektr.}} = \frac{7,0}{10,71} = 0,654$$

### Příklad 2:

Koaxiální kabel o průměru 9 mm zelené barvy a o délce 8,6 m na konci opět zkratujeme a stejným způsobem připojíme na měřicí pracoviště. Minimální hodnotu SWR (1,01) nalezneme na kmitočtech 7,2 a 21,6 MHz. Těmto kmitočtům odpovídá vlnová délka 10,416 m. Činitel zkrácení pak bude:

$$K_{zkr.} = \frac{I_{mech.}}{I_{elektr.}} = \frac{8,6}{10,416} = 0,825$$



Obr. 1 - Měření zkracovacího činitele koaxiálního kabelu pomocí SWR-metru.

Tabulka 1 - Elektrické hodnoty některých koaxiálních kabelů													
Koaxiální kabel		RG213	H100	H155	H1000	Ai7	Ai7Plus	RG58	RG11	RG17	RG20	RG62	RG187
Impedance	[Ω]	50	50	50	50	50	50	53	75	50	50	93	75
Kapacita	[pF/m]	96,8	77	82	80	74	84	93,5	67,3	98,4	100	43	65
Činitel zkrácení		0,66	0,85	0,81	0,83	0,83	0,85	0,66	0,66	0,88	0,88	0,75	0,70
Druh dielektrika		PE	šnek	pěna	pěna	PE-C	PE-vzd.	PE	PE	spec	spec	PE-V	
Průměr kabelu	[mm]	10,3	9,8	5,4	10,3	7,0	10,8	5,0	10,3	23,0	30,4	6,5	2,8
Dovolené napětí	[kV]	5,0	5,0	2,0	5,0	3,0	5,0	2,0	5,0	1,2	1,4	0,5	1,0
Útlum při 10 MHz	[dB]	2,2	1,3	3,0	1,2	2,0	0,9	4,1	2,3	0,7	0,5	3,0	7,0
Útlum při 100 MHz	[dB]	6,5	4,1	9,3	3,9	7,0	3,3	16,1	7,5	2,6	2,2	10	25

Jako kontrolu provedeme měření při rozpojeném konci, kdy se minimum SWR hodnoty přesune na hodnotu vlnové délky  $\lambda/2$ . Názorně to ukazuje obr. 1. Rezonance, projevující se minimem SWR, nastala při 14,4 MHz.

## Závěr

Nakonec cítíme potřebu provést určitou stručnou rekapitulaci poznatků z posledních dvou měření.

Nejprve k čemu je vůbec dobré měřit činitel zkrácení? – Pravda, v katalogích výrobců kabelů je jeho hodnota uváděna. Skutečnost nás ale poučila, že oproti skutečné může mít rozptyl až 10 - 20 %. Potřebujeme-li, aby vedení fázovalo nebo transformovalo, je to již velká chyba.

Dále z obou měření (9 a 10) vyplývá, že vše vychází z teorie a praxe rezonančních jevů na vedení. Proto nemusíme mít hned analyzátor impedance či podobné zařízení (MFJ-259, RF1, VA1, šumový, impedanční, anténní či jiný

můstek), ale vystačíme s dobrým SWR-metrem (většina nových TRXů ho již má). Vždy si musíme uvědomovat fyzikální podstatu rezonance na vedení – k tomu nám pomůže vhodná literatura (počínaje „Biblí“ radioamatéra od Imricha Ikrényiho „Amatérské krátkovlnné antény“ a konče různými Antennabooky). To nám umožní zorientovat se v otázce kdy  $\lambda/2$  a kdy  $\lambda/4$ . Vše ostatní je pak jen hledáním minima měřené veličiny.