

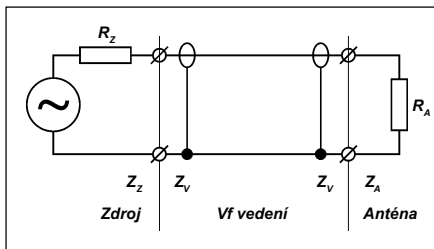
# Elektrotechnické měření (9)

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))

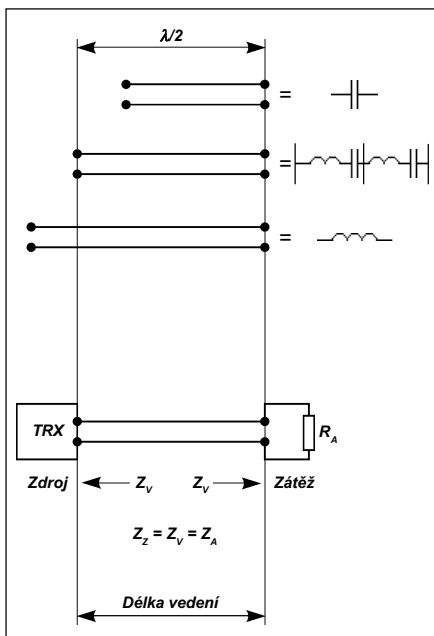
V RŽ 2/01 jsme se v popisu antény OWA dotkli otázky proč má být napájecí vedení n-násobkem  $\lambda/2$  a stručně jsme se snažili popsat postup při výrobě vedení o délce rovné násobku  $\lambda/2$ . V souvislosti s touto problematikou jsme použili termín zkracovací činitel vedení. Název dnešního pokračování by tedy mohl znít: Měření zkracovacího činitele vedení aneb jak napájecím nepokazit anténu. K tomu nám budou nápomocny vědomosti prezentované v předchozích měřeních (viz tab. 1).

## Trocha teorie na úvod

Již mnohokrát bylo uvedeno, že naším cílem je, aby impedance zátěže byla pouze ohmická a rovná výstupní impedanci zdroje signálu, protože pouze tehdy je možné přenést maximální výkon (viz obr. 1). Spojovací vedení mezi zdrojem a zátěží (anténou) má však také svoji impedanci, což nám může trochu zkomplikovat život. Díky němu se musíme na daném kmitočtu snažit nejen o rezonanci antény, ale i napájecího vedení. Pokus o názorné grafické vyjádření je na obr. 2 - pouze při délce vedení rovné  $\lambda/2$  (nebo násobku  $\lambda/2$ ) se chová



Obr. 1 - Náhradní schéma pro přizpůsobení.



Obr. 2 - Názorné vyjádření chování vedení vůči rezonanční kmitočtu.

Tab. 1 - Související publikovaná měření	
Rádiožurnál	Téma článku
5/98	GDO a měření
6/98	Měříme impedanci
5/00	Měření na anténách
1/01	Měření na napájecí k anténě
2/01	Měření el. vlastností antény HX-B

jako sériový rezonanční obvod, je-li kratší, pak jako kapacita, je-li delší, jako indukčnost. Rychlost šíření elektromagnetických vln se ve vakuu rovná rychlosti světla. Je-li dielektrikem něco jiného, je rychlost šíření menší. Celou záležitost lze vyjádřit jako zkrácení vlnové délky vhodným koeficientem. Proto se zavedl činitel zkrácení  $k_{zkr}$ , který je závislý na dielektrických vlastnostech použitého materiálu vyjádřených jeho permitivitou  $\epsilon$ :

$$k_{zkr} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}$$

Přesnou hodnotu  $\epsilon$  konkrétního použitého materiálu zpravidla nikdy přesně neznáme, jsme však schopni na základě měření rezonance porovnat skutečnou (mechanickou) vlnovou délku konkrétního kusu vedení s vlnovou délkou teoretickou (elektrickou) odpovídající danému kmitočtu:

$$k_{zkr} = \frac{\lambda_{mech.}}{\lambda_{elektr.}}$$

Celá záležitost možná vypadá malicherně, ale ignorování existence konkrétní hodnoty činitele zkrácení pro použitý koaxiální kabel může způsobit, že nikdy nedospějeme ke skutečné hodnotě  $\lambda/2$ , se všemi důsledky s tím spojenými. Ale o tom blíže v dalších pokračováních.

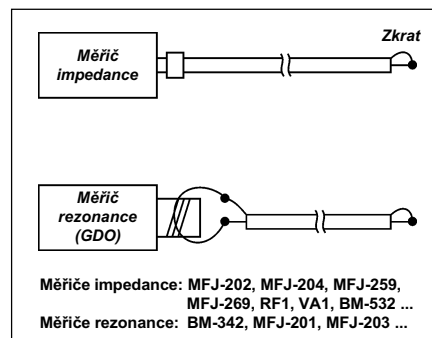
## Měření zkracovacího činitele vedení pomocí analyzátoru impedance

Měřil: Jan Bocek  
Datum: 24.6.2001

Proměřované koaxiální kabely:  
viz tabulka 2

Cíl:  
Ověřit hodnoty činitele zkrácení několika vybraných koaxiálních kabelů proměřením rezonanční metodou.

Použité přístroje:  
1. HF analyzátor MFJ-259B pro měření rezonance, rezistance, impedance, reaktance, SWR a fáze v rozsahu 1,8 až 170 MHz (nebo



Obr. 3 - Ideové schéma zapojení pro měření zkracovacího činitele vedení.

- cokoliv, co umožňují měnit kmitočty a měřit rezonanci - např. GDO, Z-metr, RF1, BM538, generátor + VF voltmetr atd.)
2. Transceiver IC 730
  3. SWR-meter SX-100 a VM1
  4. Počítač

## Schéma zapojení:

Ideové schéma zapojení je na obr. 3.

## Postup:

Metrem změříme co nejpřesněji délku kabelu od svorky ke svorce (viz obr. 4). Zkratovaný kabel připojíme k měřiči impedance. Budeme-li zvyšovat kmitočty od minimální hodnoty, naměříme nejdříve maximum napětí, které odpovídá vlnové délce  $0,25\lambda$ . Maximálnímu napětí odpovídá maximální impedance. Plynule pokračujeme ve zvyšování kmitočtu až k minimu napětí odpovídající vlnové délce  $0,5\lambda$ . Pro naše účely tento bod vyhovuje více než předchozí, protože odečet minima se dá provést s menší chybou než maxima.

Budeme postupovat následovně. Při postupném zvyšování kmitočtu (zvolíme vhodný krok) si zapisujeme klesající hodnoty impedance od hodnoty cca  $5\Omega$  přes její minimální hodnotu až do hodnoty  $5\Omega$  při jejím opětovném nárůstu. Protože někdy bývá minimální hodnota méně výrazná, vypočteme frekvenci, odpovídající minimu impedance, jako střední hodnotu kmitočtů při impedancích  $5\Omega$ . Naměřené hodnoty kmitočtu zapíšeme do tabulky 2 a doplníme vypočtenými hodnotami elektrické délky  $0,5\lambda$  ( $150/f$ ) a zkracovacího činitele  $k_{zkr}$  (viz vzorec výše).

## Důležité praktické poznámky:

- délku kabelu měříme opravdu přesně, tj. od svorky ke svorce
- čím delší kus koaxy měříme, tím přesnější bude výsledek (minimálně 10m)
- zkracovací činitel vypočteme alespoň na tři desetinná místa a také s ním dále v tomto tvaru počítáme
- násobky  $0,5\lambda$  se chovají jako opakovač impedance
- ladíme vždy od nejnižšího kmitočtu (asi 1,5 MHz) a hledáme nejnižší impedanci

Tab. 2 - Naměřené a vypočtené hodnoty					
Číslo kabelu	Typ kabelu	Délka kabelu mech. [m]	Kmitočty při min. Z [MHz]	Délka kabelu elektr. [m]	Vypočtený $k_{zkr}$
1.	75 $\Omega$ , $\phi$ 7 mm	30,05	3,22	46,58	0,645
2.	RG-213	50,00	3,95	75,95	0,658
3.	Hard Line, $\phi$ 18 mm	50,00	2,46	60,97	0,820
4.	75 $\Omega$ , $\phi$ 10 mm	20,60	4,75	31,57	0,652
5.	50 $\Omega$ , $\phi$ 9,6 mm	28,20	3,5625	42,105	0,66975
6.	50 $\Omega$ , $\phi$ 12 mm	15,20	6,48	23,10	0,658
7.	75 $\Omega$ , $\phi$ 9,8 mm	30,00	3,8116	39,35	0,762

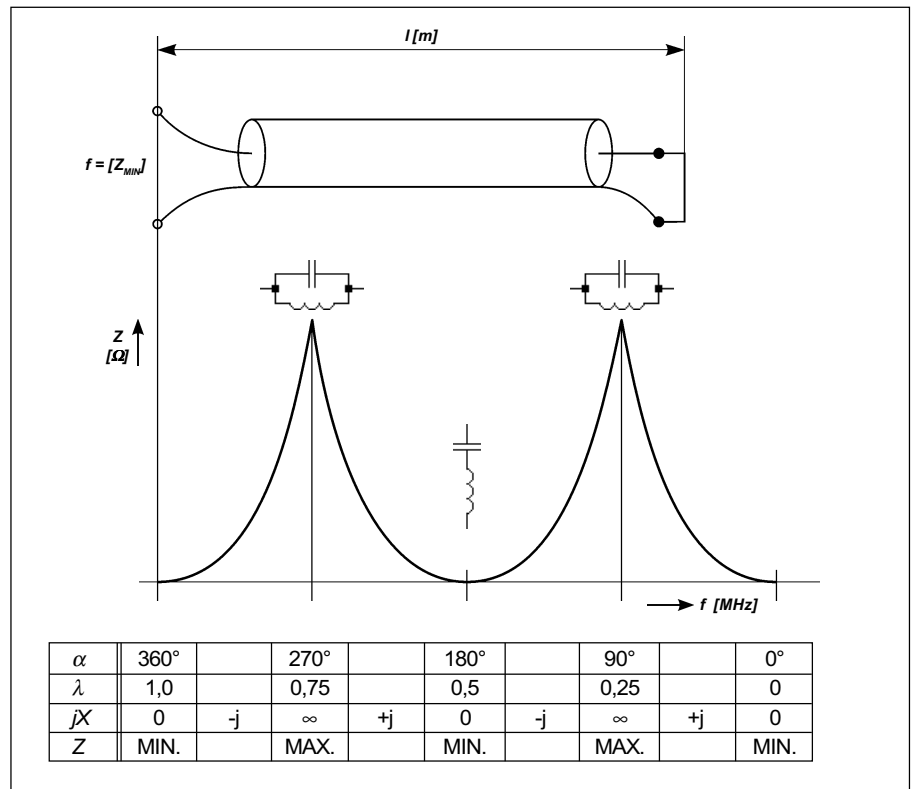
- zkratovací spojka musí být krátká a musí být započtena do celkové délky vedení
- pokud nevyjde činitel zkrácení v rozsahu cca 0,6 - 0,8, jde o chybu měření

## Závěr

Na základě výsledků měření (tab. 2) můžeme konstatovat, že pro dobré přizpůsobení vedení je nezbytné znát skutečnou hodnotu zkratovacího činitele pro konkrétní použitý koaxiální kabel. Není dobré se spoléhat pouze na hodnoty deklarované výrobcem, protože jak je uvedeno v teoretické části, podléhá činitel zkrácení stejným vlivům jako dielektrikum kabelu (stárí, kmitočtová závislost atd.). Pro neznámé kabely z domácích zásob toto platí dvojnásob. Zkratka, vědět z čeho vlastně vedení realizují, je prvním krokem k tomu, jak si nezkažit anténu.

## Doporučená literatura:

- [1] Imrich Ikrényi: Amatérské krátkovlnné antény; 1972
- [2] Karel Jordan: Antény; 1980
- [3] Jindra Macoun: Antény a kabely; AR-B 1/94
- [4] ARRL Handbook for Radio Amateurs; 2001
- [5] Jan Bocek: Měření na anténách a napáječích; 1997
- [6] Lew Mc Coy: Our Antennas; ARRL, 1994
- [7] Peirre Villemagne: Antény pro pásmo 160 - 30 m; 1999
- [8] Wire Antenna Classics, Volume 1, 2; ARRL, 1999



Obr. 4 - Průběh impedance v závislosti na frekvenci u zkratovaného vedení.