

Protokol 1: Měření vlastností koaxiálních vedení

Student 1: Šimon Roubal

Student 2:

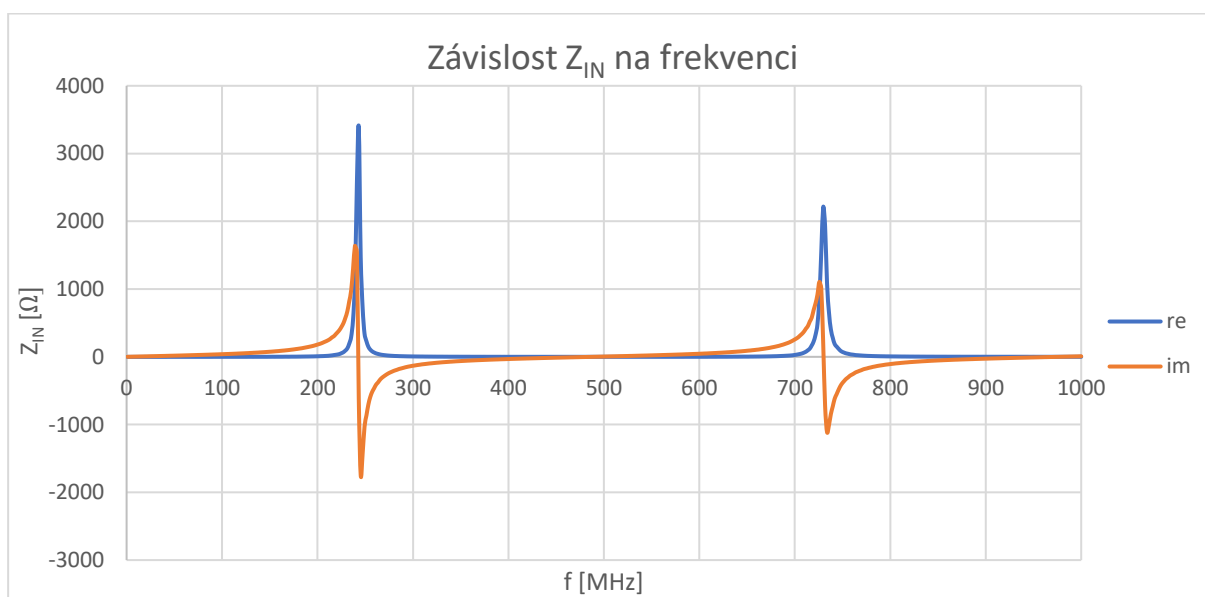
Datum: 9.3.2021

Body:

Měřené vzorky koaxiálního napáječe

Číslo vzorku	Délka vzorku l [m]	Char. impedance Z_0 [Ω]
3	0,21	50

1. Kmitočtová závislost reálné a imaginární složky vstupní impedance zkratovaného vzorku napáječe a srovnání s teoretickými předpoklady



Porovnání změřené kmitočtové závislosti s teoretickým předpokladem (graf je uveden v příloze):

Změřený graf odpovídá teoretickému předpokladu.

Výpočet přibližného kmitočtu čtvrtvlnné rezonance (1.9):

$$f_{rez} = \frac{c}{4l} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 0,21} = 357 \text{ MHz}$$

2. Určení základních parametrů napáječe měřením ve čtvrtvlnné rezonanci

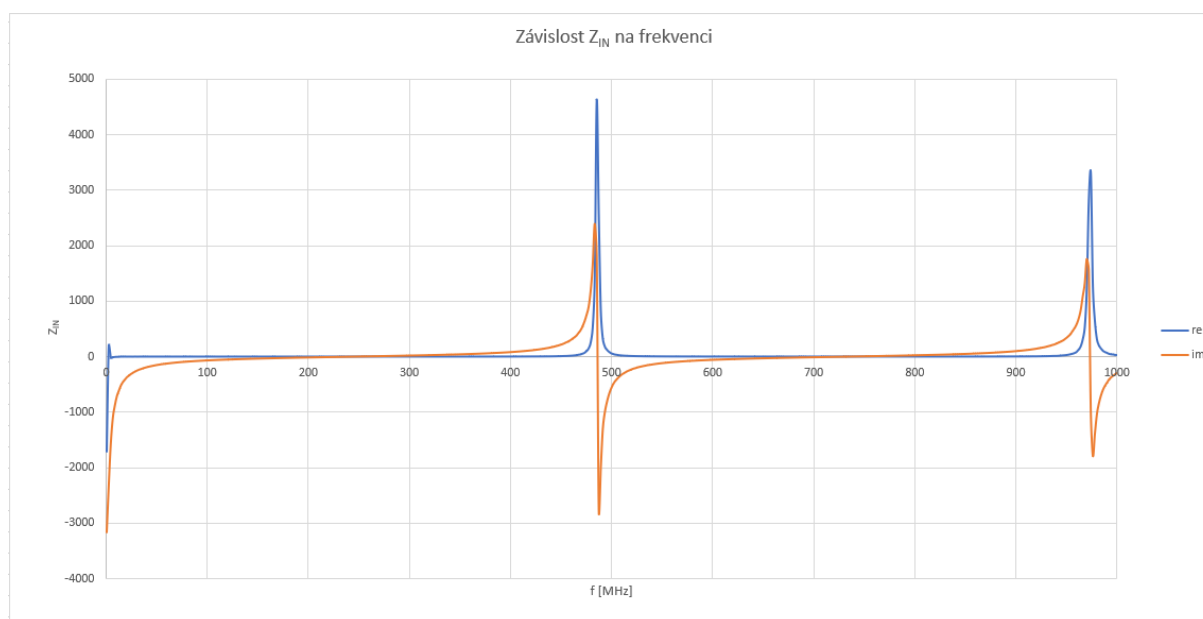
Naměřené hodnoty zkratovaného vzorku napáječe:

f_{rez} [MHz]	R_{rez} [Ω]
243,2	3388

Výpočet podmínky pro přibližně přesná měření kapacity C_1 :

$$l < 0,22\lambda_0 \rightarrow f_x < 0,02 \frac{c_0}{l} \rightarrow f_x < 0,02 \frac{3 \cdot 10^8}{0,21} \rightarrow f_x < 28,5 \text{ MHz}$$

Měření reaktance $X(f_x)$ vzorku **naprázdno** a výpočet kapacity C_1 (1.12):



f_x [MHz]	$X(f_x)$ [Ω]	C_1 [$\text{pF} \cdot \text{m}^{-1}$]
11	-717	96

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_x * |X(f_x)| * l} = \frac{1}{2\pi 11 * 10^6 * |-717| * 0,21} = 96 \text{ pF} * \text{m}^{-1}$$

Výpočet činitele zkrácení ξ (1.10):

$$\xi = 4 \frac{f_r * l}{c} = 4 \frac{243,2 * 10^6 * 0,21}{3 * 10^8} = 0,68$$

Výpočet charakteristické impedance Z_0 (1.3):

$$Z_0 = \frac{1}{\xi * c * C_1} = \frac{1}{0,68 * 3 * 10^8 * 96 * 10^{-12}} = 51,1 \Omega$$

Výpočet měrného útlumu β (1.2):

$$\beta = \frac{Z_0}{R_{rez} * l} = \frac{51,5}{3388 * 0,21} = 0,072 \text{ m}^{-1}$$

$$\beta_{dB} = \beta * 8,6859 = 0,072 * 8,6859 = 0,625 \text{ dB/m}$$

Vypočtené hodnoty vzorku napáječe:

ξ [-]	Z_0 [Ω]	β [m^{-1}]	β_{dB} [dB/m]
0,68	51,1	0,072	0,625

3. Určení charakteristické impedance napáječe z hodnot vstupní impedance napáječe naprázdno a nakrátko mimo rezonanci

Naměřené hodnoty vzorku napáječe:

f [MHz]	Z_k [Ω]	Z_p [Ω]
350	1,63-52,67j	0,13+41,89j

Výpočet charakteristické impedance Z_{0v} (1.14):

$$Z_{0v} = \sqrt{Z_k * Z_p} = \sqrt{(1,63 - 52,67j) * (0,13 + 41,89j)} = (51,24 + 0,586j)\Omega$$

Porovnání vypočítané charakteristické impedance ($Z_0 \approx Z_{0v}$) ve 2. a 3. bodě měření:

$$Z_0 \approx Z_{0v} \rightarrow 51,1\Omega \approx 51,24\Omega$$

Kmitočet měření (pro body 4 až 7) $f_1 = 260$ MHz

4. Změřená impedance

- Zátěže $Z_z = (122-j46)\Omega$
- Na vstupu úseku vedení $Z_{vst} = (18+j10)\Omega$ zakončeného impedancí Z_z

5. Změřená impedance $Z_{kal} = (90-j440)\Omega$ na vstupu úseku vedení Z_0 zakončeného zkratem

Výpočet činitele odrazu ρ_p na vstupu úseku vedení Z_0 zakončeného zkratem, útlumu $2\beta l$ a posuvu fáze $2\alpha l$ vloženého vedení:

Pozn. činitel odrazu si vyjádříme ve fázorovém tvaru $\rho_p = |\rho_p| \cdot e^{j\alpha}$, počítáme v radiánech.

$$\rho_p = \frac{Z_{kal} - Z_0}{Z_{kal} + Z_0} = \frac{(90 - 440j) - 50}{(90 - 440j) + 50} = 0,92 - 0,22j$$

$$2\beta l = \ln\left(\frac{|\rho_k|}{|\rho_p|}\right) = \ln\left(\frac{1}{|\rho_p|}\right) = \ln\left(\frac{1}{|0,92 - 0,22j|}\right) = 0,052$$

$$2\alpha l = \pi - \arg(\rho_p) = \pi - (-0,22) = 3,37$$

Výpočet impedance zátěže na konci vloženého vedení z měřené vstupní impedance vloženého vedení s uvážením útlumu a fázového posuvu vloženého vedení:

$$\begin{aligned} \rho_{p2} &= \frac{Z_{vst} - Z_0}{Z_{vst} + Z_0} = \frac{(18 + 10j) - 51,1}{(18 + 10j) + 51,1} = -0,44 + 0,21j \\ \rho_z &= |\rho_{p2}| \cdot e^{j\arg(\rho_{p2})} \cdot e^{2\beta l} \cdot e^{j2\alpha l} = |-0,44 + 0,21j| * e^{0,21j} * e^{0,047} * e^{3,352j} \\ &= 0,49 - 0,12j \\ Z_{Z_vyp} &= Z_0 \cdot \frac{1 + \rho_z}{1 - \rho_z} = 51,1 \frac{1 + (0,49 - 0,12j)}{1 - (0,49 - 0,12j)} = (138,3 - 43,7j)\Omega \end{aligned}$$

Porovnání vypočítané impedance zátěže Z_{Z_vyp} se změřenou impedancí zátěže Z_z v bodě 4:

$$Z_z \approx Z_{Z_vyp} \rightarrow (122 - 46j)\Omega \approx (138,3 - 43,7j)\Omega$$

Závěr:

V první části jsme ověřili shodu naměřené kmitočtové charakteristiky impedance s charakteristikou reálnou. Dále jsme počítali hodnoty napáječe, které se potvrdili býti správné hned v dalším kroku, kdy jsme pomocí nich vypočítali impedanci, která je shodná s impedancí naměřenou. V čtvrtém bodě jsme změřili impedanci zátěže $(122-46j)\Omega$ a

impedanci na vstupu vedení $(18+10j)\Omega$. Na závěr jsme změřili impedanci na vstupu vedení zakončeného zkratem $(90-144j)\Omega$. Vypočítali jsme tuto hodnotu pomocí vstupní impedance vloženého vedení s uvážením útlumu a fázového posuvu vloženého vedení. Vypočítaný výsledek se trochu liší od naměřeného. To bude nejspíš při tolika výpočtech způsobeno chybou zaokrouhlení.