

Metalické vedení

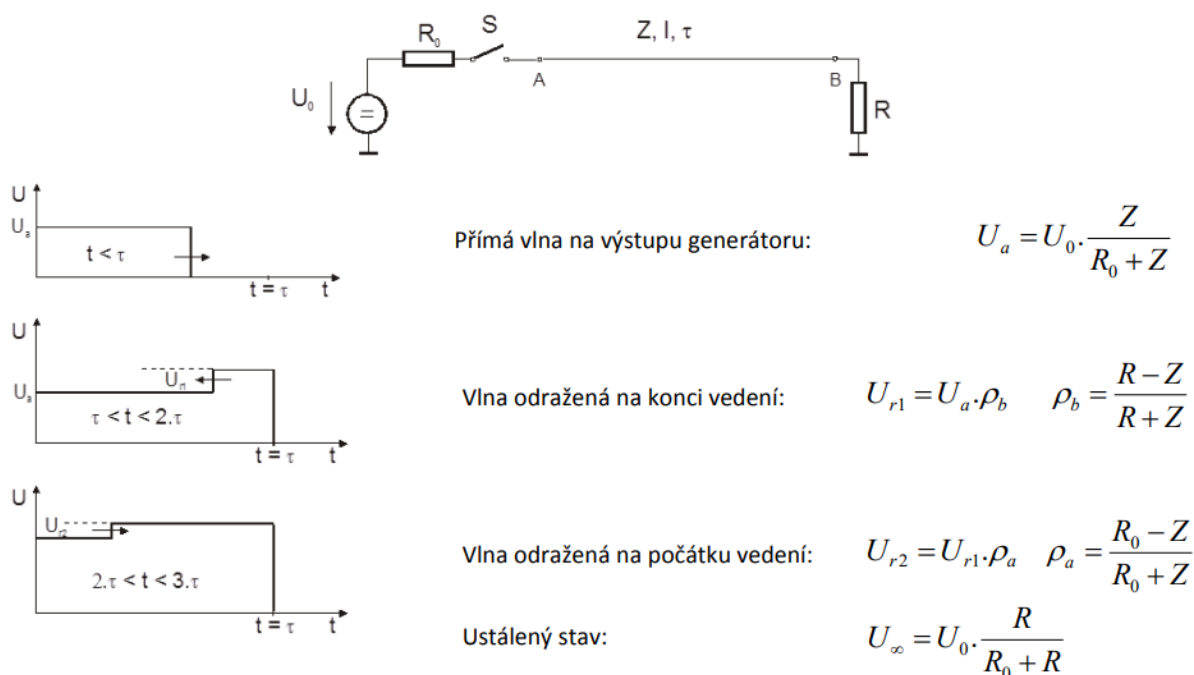
Pomůcky:

osciloskop, impulsní generátor, koaxiální kabel, multimetr, nastavitelný rezistor

Úkoly:

1. Určit činitel odrazu na konci vedení
2. Pomocí osciloskopu změřit délku kabelu
3. Ověřit charakteristickou impedanci koaxiálního kabelu
4. Impedanční přizpůsobení na počátku vedení

Teorie:



Odrazená vlna je závislá na zakončení kabelu. Pokud bude odpor konečného zařízení velice malý, tak dojde ke zkratovému zapojení a vlna se vrátí s opačnou polaritou. Po dosazení do vzorce $\rho_b = \frac{R - Z}{R + Z}$ nám vyjde: $\lim_{R \rightarrow 0} \rho_b = \lim_{R \rightarrow 0} \frac{R - Z}{R + Z} = \frac{-Z}{Z} = -1$.

Pokud bude odpor konečného zařízení stejný, jako charakteristická impedance koaxiálního kabelu, tak by k odrazu nemělo dojít. Po dosazení do vzorce: $\lim_{R \rightarrow Z} \rho_b = \lim_{R \rightarrow Z} \frac{R - Z}{R + Z} = \frac{Z - Z}{Z + Z} = 0$.

Pokud bude odpor konečného zařízení silně převyšovat charakteristickou impedanci koaxiálního kabelu, tak se vlna zcela odrazí. Po dosazení dostaneme: $\lim_{R \rightarrow +\infty} \rho_b = \lim_{R \rightarrow +\infty} \frac{R - Z}{R + Z} = \frac{1 - \frac{Z}{\infty}}{1 + \frac{Z}{\infty}} = \frac{1}{1} = 1$.

Vypracování:

1. Určit činitel odrazu na konci vedení

Činitel odrazu se určuje jako podíl naměřeného napětí před a po odrazu vlny na konci vodiče. Odražená vlna závisí na impedanci vodiče a na odporu zakončení. Na zdroji bylo po celou dobu nastaveno napětí 2.3V. Osciloskop četl napětí zdroje jako 2,4V, kterou budu používat při výpočtech.

Při nastavení konečného odporu na hodnotu 0.77Ω , která měla simulovat zkratové zapojení nám ze vzorce vyjde $\rho_b = \frac{0.77-50}{0.77+50} \cong -0.97$. Napětí po odrazu jsme naměřili 0,620 mV. S využitím vzorce $U_1 = U_a \cdot \rho_b$ po vyjádření dostaneme $\rho_b = \frac{U_1}{U_a}$. U_1 získáme, pokud od naší naměřené hodnoty odečteme napětí na zdroji, protože naše hodnota je součet napětí vysílaného a odraženého. Tedy po dosazení $\rho_b = \frac{U_1}{U_a} = \frac{0.620-2.4}{2.4} \cong -0.74$.

Při nastavení konečného odporu na hodnotu 25Ω , ze vzorce vyjde $\rho_b = \frac{25-50}{25+50} = -\frac{1}{3}$. Napětí po odrazu jsme naměřili 1.75 V, z toho $\rho_b = \frac{U_1}{U_a} = \frac{1.75-2.4}{2.4} \cong -0.27$.

Při nastavení konečného odporu na hodnotu 50Ω , ze vzorce vyjde $\rho_b = \frac{50-50}{50+50} = 0$. Napětí po odrazu jsme naměřili 2.35 V, z toho $\rho_b = \frac{U_1}{U_a} = \frac{2.35-2.4}{2.4} \cong -0.02$.

Při nastavení konečného odporu na hodnotu 100Ω , ze vzorce vyjde $\rho_b = \frac{100-50}{100+50} = \frac{1}{3}$. Napětí po odrazu jsme naměřili 3.11 V, z toho $\rho_b = \frac{U_1}{U_a} = \frac{3.11-2.4}{2.4} \cong 0.3$.

Při odpojení konečného odporu jsme simulovali zapojení $R \rightarrow \infty \Omega$, ze vzorce $\rho_b = \frac{1-\frac{50}{\infty}}{1+\frac{50}{\infty}} = \frac{1}{1} = 1$. Napětí po odrazu jsme naměřili 4.62 V, z toho $\rho_b = \frac{U_1}{U_a} = \frac{4.62-2.4}{2.4} \cong 0.93$.

2. Měření kabelu pomocí osciloskopu

Se změřením kabelu jsme využili faktu, že na osciloskopu (viz. foto) je vidět, kdy osciloskop přijímá jen vyslaný signál, a kdy i signál odražený. Delta těchto dvou stavů znázorňuje čas, za který signál doputuje na konec vodiče, odrazí se a zase připutuje zpět k osciloskopu. Tedy za danou dobu uběhne 2x délku kabelu.

Naměřená délka nám vyšla $1.57 \mu s$. Pomocí vzorce $s = v \cdot t$ můžeme tedy změřit délku kabelu. Za s dosadíme $2l$, kde l je délka kabelu. Za v dosadíme rychlost šíření signálu kabelem, což je $0.65c$, kde c je rychlost světla ve vakuu. Za t dosadíme náš naměřený čas.

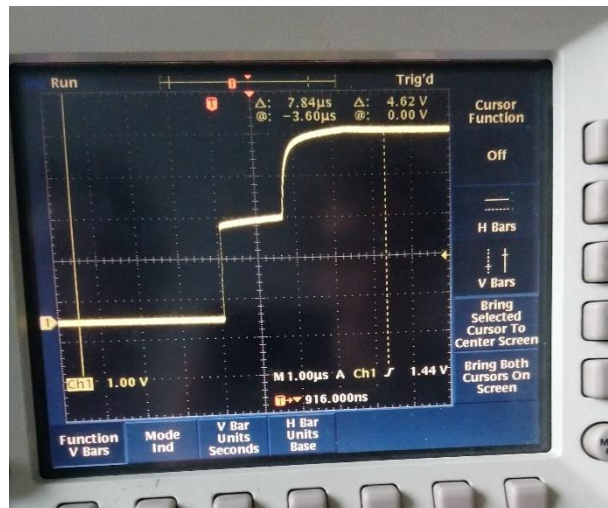
Tedy ze vzorce vyplývá:

$$s = v \cdot t \Rightarrow 2l = 0.65c \cdot 1.57 \cdot 10^{-6} \Rightarrow l = \frac{0.65 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1.57}{2 \cdot 10^6} = 153,1m$$

Výsledná délka kabelu je tedy dle našeho výpočtu $153.1m$.

3. Měření charakteristické impedance vedení

Pro změření charakteristické impedance vedení jsme potřebovali nastavitelný rezistor připojený na konci kabelu a osciloskop, na kterém jsme pozorovali změny signálu na základě nastaveného odporu. Nastavili jsme odpor tak, aby zmizela odrazová vlna. Když jsme pak takto nastavený rezistor připojili k multimetru, tak nám ukázal odpor $R = 54.0 \Omega$



4. *Pozorování impedančního působení na počátku vedení*

Na počátku vedení můžeme pozorovat, že signál vyslaný ze zdroje a zaznamenaný v osciloskopu je nejprve jeden a po určité době se k němu přidá odražený signál z konce kabelu (viz. foto). Když jsme se podívali na konec signálu, tak jsme mohli pozorovat, že signál je symetrický. Na konci dochází k podobnému jevu jako na začátku, jen zdroj již nevysílá signál, a tedy jediný zaznamenaný signál je odražený z konce vodiče.

Závěr

Měření nám umožnilo vizualizovat průchod signálu koaxiálním kabelem a jeho odražení na konci. Jak jsme při měření zjistili, tak odraz je způsoben připojeným odporem. Následně jsme využili odražené vlny ke spočítání délky kabelu, jehož délku jsme si i na místě ověřili. Poté jsme pomocí nastavitelného odporu měřili impedanci dodaného koaxiálního kabelu. Při pozorování průběhu signálu jsme pak mohli vidět symetričnost signálu. Naměřené hodnoty nám povětšinou odpovídají vypočteným, či zjištěným hodnotám. Případné chyby v měření se budou nacházet na straně experimentátora. Měření bych zhodnotil jako úspěšné.