

## Slabljenje koaksialnega kabla

### Slabljenje kabla

V koaksialnem kablu se srečujemo z dvema vrstama izgub. To so izgube v dielektriku (zaradi nečistoč v dielektričnem materialu) in izgube v vodniku (zaradi končne prevodnosti kovine, npr. bakra). Izgube v dielektriku lahko z ustreznim tehnološkim postopkom izdelave dielektrika znatno zmanjšamo, na izgube v vodniku pa lahko nekoliko vplivamo le z izbiro bolj prevodnih materialov, pri čemer pa smo omejeni s samimi naravnimi lastnostmi. Zato izgube v vodniku predstavljajo glavni omejevalni faktor pri prenosu signala preko kabla.

Izgubna upornost kovine za enosmerne signale je podana kot

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (1.1)$$

pri čemer je  $\rho$  *specifična upornost* kovine,  $L$  *dolžina vodnika* in  $A$  *presekok vodnika* (žile oz. oklopa). Iz izgubne upornosti izhaja relacija za vrednost izgub, ki so običajno podane v logaritemskih enotah (*decibeli* – dB). Za enosmerne signale ( $f = 0$  Hz) so tako izgube v vodniku podane kot

$$\alpha[\text{dB}] = \frac{10}{\ln 10} \frac{\rho L}{Z_k A} \quad (1.2)$$

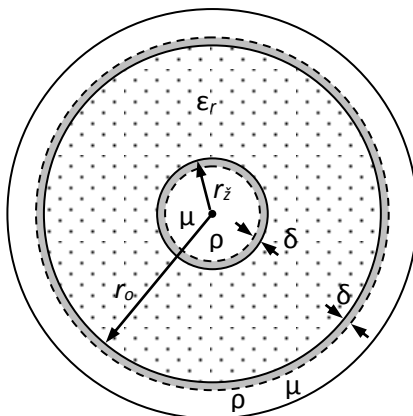
Pri višjih frekvencah izgube v vodniku naraščajo kot posledica kožnega pojava (*ang. skin effect*) v kovini, zaradi katerega večina toka teče le po tanki plasti na površini kovine, kot prikazuje Slika 1. Na ta način se namreč upornost kovine poveča. Debeline plasti pri kožnem pojavu pravimo vdorna globina  $\delta$  in je podana kot

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}; \quad \omega = 2\pi f. \quad (1.3)$$

Izgubna upornost kovine je tedaj podana kot

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{o \cdot \delta} = \frac{L}{o} \sqrt{\frac{\omega\mu\rho}{2}} = w\sqrt{f}. \quad (1.4)$$

Pri tem je  $o$  *obseg vodnika* (žile oz. oklopa),  $\mu$  *permeabilnost kovine*,  $f$  *frekvenca signala*,  $\omega$  *krožna frekvenca*,  $w$  pa *sorazmernostna konstanta*.



Slika 1: Ponazoritev kožnega pojava v koaksialnem kablu.

Pri visokih frekvencah ( $f \neq 0$ ) tako za vrednost izgub dobimo naslednjo relacijo:

$$\alpha[\text{dB}] = \frac{10}{\ln 10} \frac{\sqrt{\epsilon_r} L}{Z_0} \sqrt{\frac{\omega \rho \mu}{2}} \left( \frac{1}{r_z} + \frac{1}{r_o} \right) \ln \frac{r_o}{r_z} \quad (1.5)$$

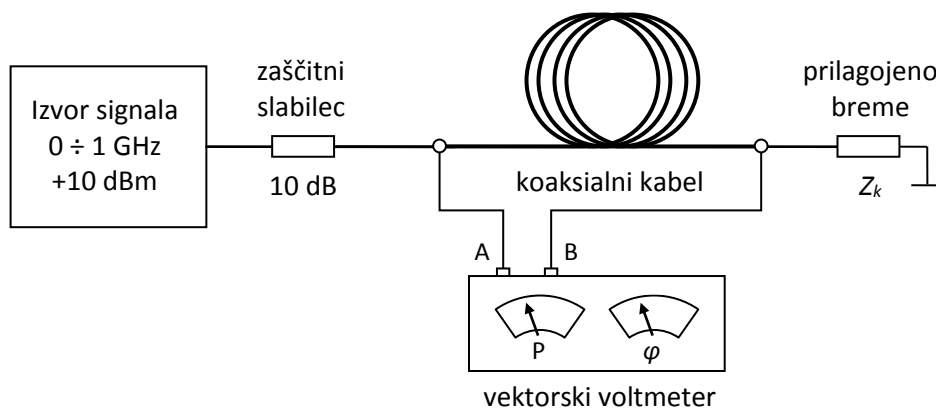
Izgube v kovini torej naraščajo s korenem frekvence, medtem ko izgube v dielektriku naraščajo linearno s frekvenco. Izgube vodnika se še dodatno povečajo, če je ta iz feromagnetnega materiala ( $\mu > \mu_0$ ). Iz zadnje enačbe je razvidno, da lahko na slabljenje kabla vplivamo z izbiro ustreznih dimenzij žile ( $r_z$ ) in oklopa ( $r_o$ ).

### Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor izmeničnega signala v frekvenčnem področju 0 do 1 GHz z izhodno močjo do 10 dBm (10 mW) na 50-ohmskem bremenu
- Vektorski voltmeter za dano frekvenčno področje
- Koaksialni kabel neznane dolžine nekaj deset metrov
- Zaščitni 10 dB slabilec
- Zaključitveno (prilagojeno) breme

Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje Slika 2, rasporeditev pa Slika 3.



Slika 2: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 3: Slika vezave merilnih pripomočkov



## Opis poteka vaje

Meritve izvedemo v frekvenčnem pasu od 0 do 1 GHz, za kar potrebujemo ustrezen vir izmeničnega signala z nastavljivo frekvenco signala. Vhodna moč v kabel naj bo 0 dBm. Pri tem med vir in kabel vstavimo še ustrezen zaščitni slabilec signala, da ob morebitni maksimalni izhodni moči vira ne moremo prekrmiti vektorskega voltmetra. Nastavljena izhodna moč vira naj bo tako za uporabljen slabilec večja od 0 dBm. Signal vodimo na koaksialni kabel, ki naj bo na drugem koncu zaključen s prilagojenim bremenom, da na kablju nimamo odbojev.

Za meritve slabljenja kabla bomo uporabili vektorski voltmeter. S slednjim izmerimo moč signala na vhodu in na izhodu iz kabla, razmerje obeh vrednosti pa predstavlja slabljenje kabla. Pri tem se moč običajno podaja in meri v logaritmskih enotah (dBm), slabljenje pa posledično podajamo v decibelih in je kar razlika moči v dBm. Relacije so sledeče:

$$\text{Moč: } P[\text{dBm}] = 10 \log \frac{P}{1\text{mW}}, \quad (3.1)$$

$$\text{Slabljenje: } a = \frac{P_{izh}}{P_{vh}} \rightarrow a[\text{dB}] = 10 \log(a) = 10 \log \left( \frac{P_{izh}}{P_{vh}} \right) = P_{izh}[\text{dBm}] - P_{vh}[\text{dBm}]. \quad (3.2)$$

## Naloga

1. Izmerite slabljenje koaksialnega kabla v območju od 0 do 1 GHz
2. Potek izrišite na graf.