



## Fizikalni praktikum II

### Poročilo

# Vaja: Transmisijska linija

Simon Bukovšek

Datum vaje: 25. 10. 2022  
Datum oddaje poročila: 8. 11. 2022

## 1 Teoretični uvod

Transmisijska linija je koaksialen kabel, po katerem se lahko širijo napetostni valovi, ki upoštevajo valovno enačbo. Razmerje med napetostjo in tokom v transmisijski liniji se imenuje karakteristična impedanca in se izračuna kot

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

kjer sta  $L'$  in  $C'$  induktivnost in kapacitivnost linije na enoto dolžine. Transmisijsko linijo zaključimo z ohmskim uporom  $Z_T$  in merimo, kako se pri konstantnem izmeničnem toku na začetku spreminja amplituda napetosti v odvisnosti od faze valovanja na koncu ( $kd$ ).

## 2 Pripomočki

- Koaksialen kabel in izmenljiv upor.
- Generator izmenične frekvence in osciloskop s sondo.
- Računalnik.

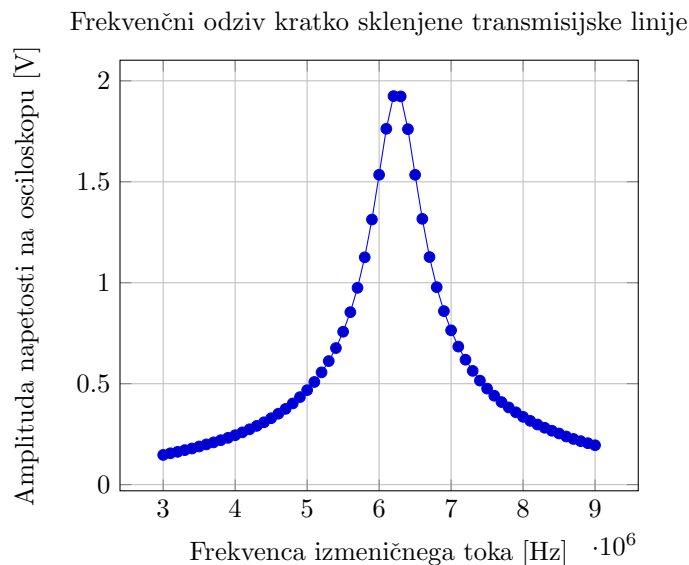
## 3 Meritve

Najprej smo izmerili napetost na začetku linije za frekvence med 3 MHz in 9 MHz z uporom  $0\ \Omega$  na koncu. Nato smo v okolici maksimuma izmerili frekvenčni odziv za 10 različnih uporov na koncu. To smo ponovili tudi pri dvojni in trojni frekvenci.

## 4 Analiza podatkov

Najprej smo preverili, ali škatlast signal na generatorju povzroči škatlast signal na osciloskopu. Meritev je bila zadovoljiva, zato smo preverili še, ali daje generator enakomerno napetost po vseh zelenih frekvencah.

Ko smo tudi to potrdili, smo izmerili napetost na začetku linije za na koncu kratko sklenjeno linijo za frekvence med 3 MHz in 9 MHz. Izmerjen odziv prikazuje spodnji graf.



Maksimalna napetost je bila izmerjena pri frekvenci  $\nu_{\max} = (6,25 \pm 0,05)$  MHz. Dolžina kabla je bila  $l_0 = (704 \pm 1)$  cm. Sedaj lahko izračunamo hitrost valovanja kot:

$$c = \frac{\omega}{k} = \frac{2\pi\nu_{\max}}{\frac{\pi}{2l_0}} = 4\nu_{\max}l_0 = (1,76 \pm 0,02) \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}.$$

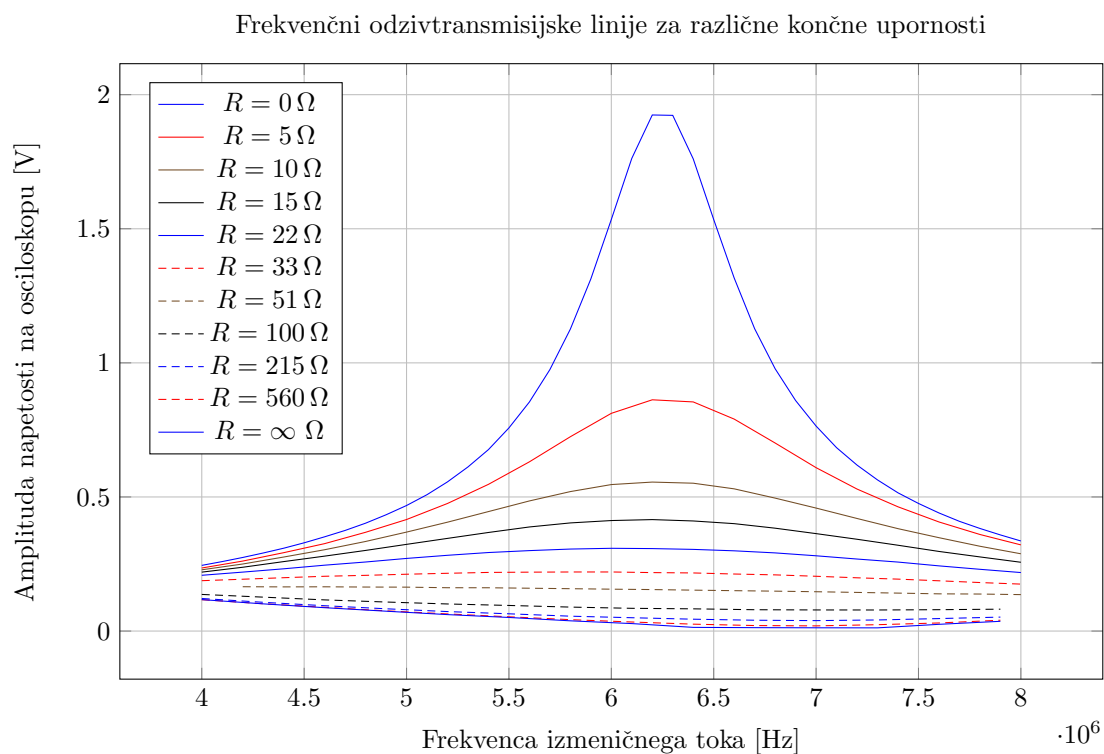
Dielektričnost materiala med obema deloma koaksialnega kabla je enaka

$$\varepsilon = \left(\frac{c_0}{c}\right)^2 = 2,90 \pm 0,05.$$

Za tem smo okrog vrednosti 6,25 MHz izmerili odziv za več različnih uporov. Vsi odzivi so prikazani na spodnjem grafu.

upor [ $\Omega$ ]	Ekstremi napetosti pri danih frekvencah [V]		
	6,25 MHz	13,8 MHz	19,0 MHz
0	1,92	0,0075	1,36
5	0,86	0,022	0,81
10	0,52	0,037	0,56
15	0,42	0,050	0,44
22	0,31	0,068	0,35
33	0,22	0,094	0,27
51	0,16	0,13	0,2
100	0,079	0,28	0,10
215	0,039	0,50	0,061
560	0,019	0,85	0,044
$\infty$	0,012	1,61	0,037

Iz grafa je razvidno, da je lastna impedanca kabla okoli  $51 \Omega$ . Podatki v tabeli lepo kažejo na dejstvo, da se pri dvojni frekvenci ekstremi napetosti ravno obrnejo, pri trojni frekvenci pa so spet enako razdeljeni, kot pri enojni.



Iz podatkov danih v navodilih lahko izračunamo induktivnost in kapaciteto linije na enoto dolžine:

$$C' = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0}{\ln \frac{D}{d}} = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ F/m}$$

in

$$L' = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D}{d} = 2,61 \cdot 10^{-7} \text{ H/m.}$$

Iz teh dveh podatkov lahko spet izračunamo hitrost valovanja in lastno impedanco transmisijske linije:

$$c = (L'C')^{-\frac{1}{2}} = 1,76 \cdot 10^8 \text{ m/s,}$$

kar je bilo pričakovati, in

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 46 \Omega,$$

kar pa je malo manj od prave vrednosti.