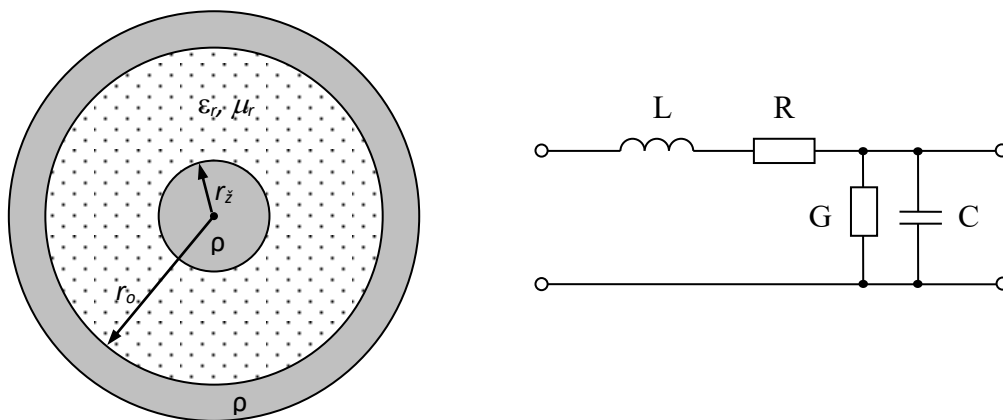


Koaksialni kabel kot resonator

Koaksialni kabel

Eden najbolj uporabljenih visokofrekvenčnih vodov je koaksialni kabel. Sestavljajo ga kovinski srednji vodnik (srednja žila), dielektrik in kovinski oklop. Ponavadi ima čez oklop prevlečen še plastični zaščitni sloj, ni pa nujno (npr. poltrdi koaksialni kabli so brez zaščite). Srednja žila in oklop sta lahko sestavljena iz prepleta več tanjših vodnikov, lahko pa tudi iz enega samega. Dielektrik pogosto uporabljenih koaksialnih kablov je po navadi polietilen (PE) ali teflon (politetrafluoretilen - PTFE), obstajajo pa tudi izvedbe z zračnimi celicami. Presek koaksialnega voda in električno nadomestno vezje sta prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Presek koaksialnega voda in njegovo nadomestno vezje

Označene veličine v preseku kabla so naslednje: relativna dielektričnost ϵ_r , relativna permeabilnost μ_r , specifična upornost vodnikov ρ , polmer srednjega vodnika r_z in polmer oklopa r_o . Označene veličine v nadomestnem vezju pa so: porazdeljena induktivnost vodnikov L , porazdeljena upornost vodnikov pri nizkih frekvencah R (pri višjih frekvencah izgube povečuje kožni pojav), porazdeljena prevodnost dielektrika G (ponavadi zelo nizka) in porazdeljena kapacitivnost C . Porazdeljeni induktivnost in kapacitivnost sta enaki:

$$\frac{L}{l} = \frac{\mu_0 \mu_r \ln \frac{r_o}{r_z}}{2\pi} \text{ [H/m]} \quad (1.1)$$

$$\frac{C}{l} = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln \frac{r_o}{r_z}} \text{ [F/m]} \quad (1.2)$$

Najbolj pogosta karakteristična impedanca koaksialnih kablov je 50Ω , saj je ta vrednost dober kompromis med nizkimi izgubami in zmožnostjo prenosa visokih moči (obe lastnosti izhajata iz geometrije kabla). Iz obeh porazdeljenih induktivnosti in kapacitivnosti izhaja karakteristična impedanca koaksialnega kabla, ki je enaka:

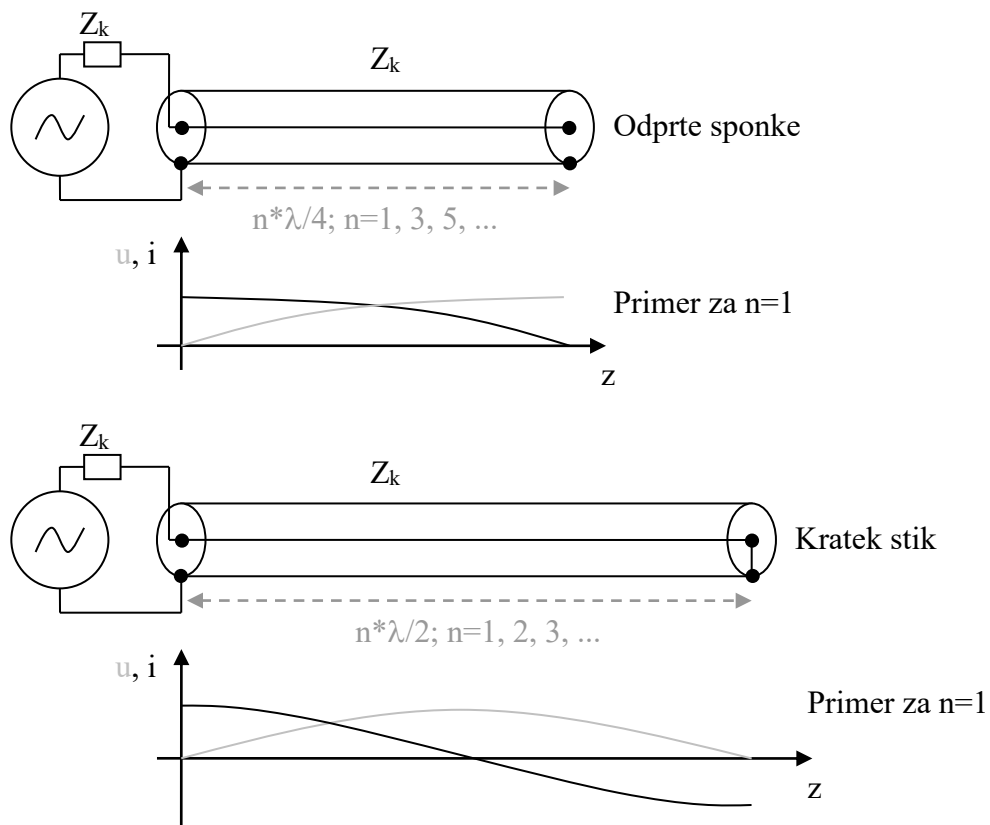
$$Z_k = \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ } [\Omega] \quad (1.3)$$

Hitrost razširjanja TEM valovanja v koaksialnem kablu določata relativni dielektričnost in permeabilnost s sledečo enačbo:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/} \quad (1.4)$$

TEM valovanje se širi od frekvence nič naprej, zgornjo mejo frekvenčnega območja kabla pa določa začetek razširjanja prvega naslednjega rodu, to je TE_{11} .

Koaksialni kabel lahko uporabimo kot resonator, ko je njegova dolžina enaka $n \cdot \lambda/4$. Zanimive resonančne pojave dobimo, ko uporabimo nezaključen (nepovezan) kos koaksialnega kabla dolžine $n \cdot \lambda/4$, pri čemer je n liho naravno število. Prav tako nas zanimajo resonance kratkostičenega kabla, ko je njegova dolžina enaka $n \cdot \lambda/2$, kjer je n naravno število. V obeh primerih se pojavi v kablu stojni val, ko se na priključni in oddaljeni strani pojavijo maksimumi in minimumi (napetosti in tokov). Ko imamo opravka z nezaključenim kablom dolžine $\lambda/4$, se odprte sponke nepovezanega konca kabla preslikajo na drugo stran v kratek stik. Zato ob taki frekvenci dobimo v prevajalni karakteristiki ničlo. Prav tako dobimo ničlo v prevajalni karakteristiki ob frekvenci, ko je dolžina kratkostičenega kabla enaka $\lambda/2$. Pri uporabi realnih kablov z izgubami seveda ničle nadomestijo minimumi, ki so tem bolj izraziti, čim manj izgub ima uporabljeni kabel. Razmere napetosti in tokov v obeh primerih prikazuje Slika 2.



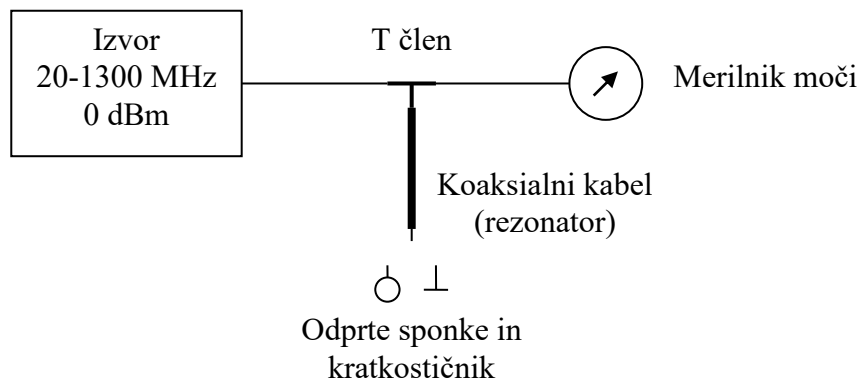
Slika 2: Razmere pri koaksialnem kablu pri četrtvalovni resonanci z odprtimi sponkami in polovični resonanci s kratkim stikom

Seznam potrebnih pripomočkov

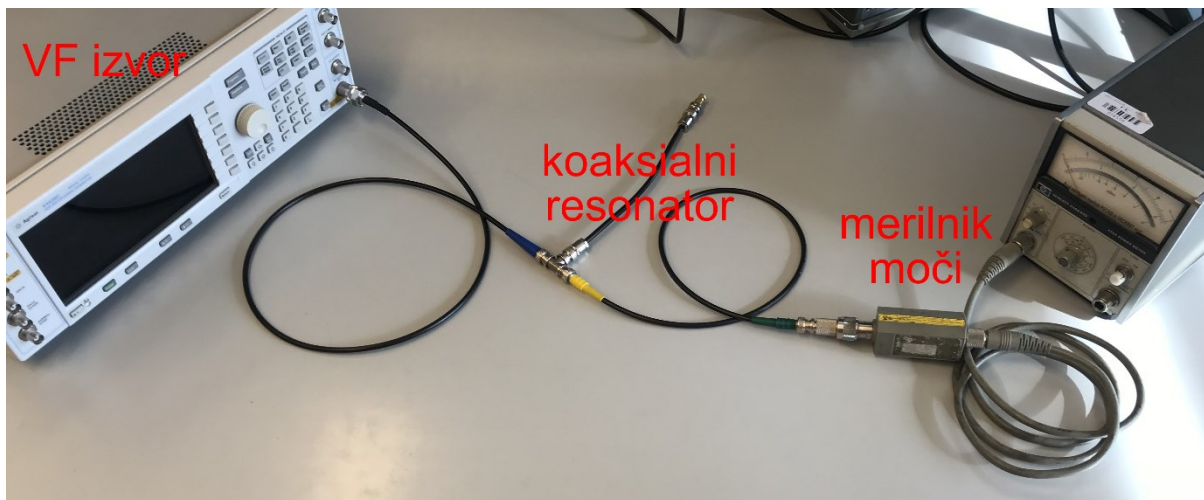
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Visokofrekvenčni izvor 20-1300 MHz, moči 1 mW
- Merilnik moči s pripadajočo merilno močnostno glavo
- Priključni kabli
- Merjeni koaksialni kabel dolžine 0,25 m, uporabljen kot resonator

Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje Slika 3, razporeditev pa Slika 4.



Slika 3: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 4: Slika vezave merilnih pripomočkov

Opis poteka vaje

Meritev prevajalne karakteristike koaksialnega resonatorja izvedemo s pomočjo visokofrekvenčnega izvora, merilnika moči in povezujočega voda, na katerega je priključen koaksialni resonator.

Pri nizkih frekvencah nezaključen kabel ne bo imel nobenega vpliva, kratkostičen pa ima ničlo v prevajalni karakteristiki že pri frekvenci nič. Frekvenco izvora višamo z majhnim korakom in sproti beležimo odčitek na merilniku moči. Frekvenčni korak mora biti dovolj majhen, da izmerimo globoke in izrazite minimume. Na podlagi razlik med minimumi lahko izračunamo točno dolžino uporabljenega resonatorja, ki vsebuje tudi vplive priključkov (npr. t-člena in

**FE**UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko**LSO**Laboratorij za
sevanje in optiko

kratkostičnika). Z višanjem frekvence se povečujejo tudi izgube povezujočega voda med izvorom in merilnikom moči, zato amplituda maksimumov upada s frekvenco.

Če uporabimo izvor moči 1 mW (0 dBm) in merimo decibele na merilniku moči, lahko takoj izmerimo prevajalno karakteristiko, brez nepotrebnega preračunavanja odčitkov in moči izvora. Prevajalno karakteristiko obeh resonatorjev (nezaključenega in kratkostičenega) izrišemo na isti graf. Iz razmikov med minimumi izračunamo točno dolžino obeh resonatorjev.

Naloga

1. V območju od 20 MHz do 1300 MHz izmerite karakteristiko koaksialnega resonatorja, kadar je ta na koncu kratko sklenjen, ter kadar so njegove sponke na koncu odprte
2. Oba frekvenčna poteka izrišite na graf. Število točk za graf si izberite tako, da bodo na njem vidni zanimivi pojavi
3. Izračunajte točno dolžino obeh resonatorjev