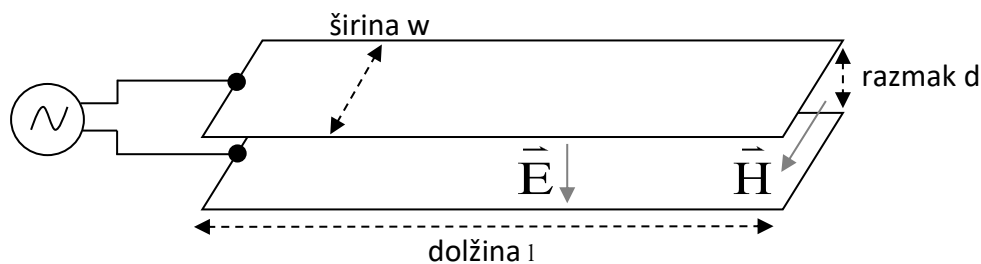


Merjenje odbojnosti TEM lijaka

TEM lijakasta antena

Ena izmed osnovnih in najbolj preprostih prenosnih linij je vsekakor dvovod. Še danes je sukan dvovod (parica) najbolj razširjen prenosni medij za hitra lokalna računalniška omrežja. Sestava dvovoda je zelo enostavna: dve okrogli žici ali kovinska trakova, ki ohranjata medsebojno razdaljo, in se po dolžini ne spreminjata v prečnih izmerah (premer žice ali širina traku). Elektromagnetno valovanje, ki se širi po taki prenosni liniji (od frekvence nič naprej), imenujemo prečno elektromagnetno oz. TEM valovanje. Trakasti dvovod prikazuje Slika 1.



Slika 1: Trakasti zračni dvovod.

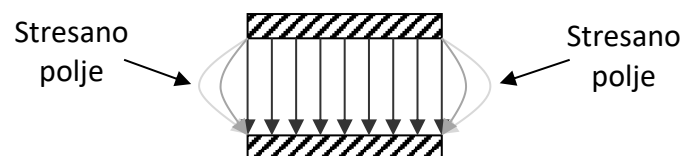
TEM valovanje sestavljata dve komponenti, električno $\vec{E}$ in magnetno $\vec{H}$ polje, katerih smer je pravokotna na smer razširjanja valovanja, to je vzdolž trakastega dvovoda (od izvora proč). Prav tako sta vektorja električnega in magnetnega polja med seboj pravokotna ter v točnem razmerju valovne impedance $|\vec{E}|/|\vec{H}| = Z$. Prečni izmeri trakastega dvovoda, širina w in razmik d , določata njegovo karakteristično impedanco. V primeru trakastega dvovoda z zračnim dielektrikom karakteristično impedanco določa enačba:

$$Z_k = \sqrt{\frac{\mu_0 \frac{d}{w}}{\epsilon_0 \frac{w}{d}}} = \frac{d}{w} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx \frac{d}{w} \cdot 377 \Omega \quad (1.1)$$

Hitrost razširjanja valovanja v vzdolžni smeri je takrat seveda enaka hitrosti svetlobe c_0 :

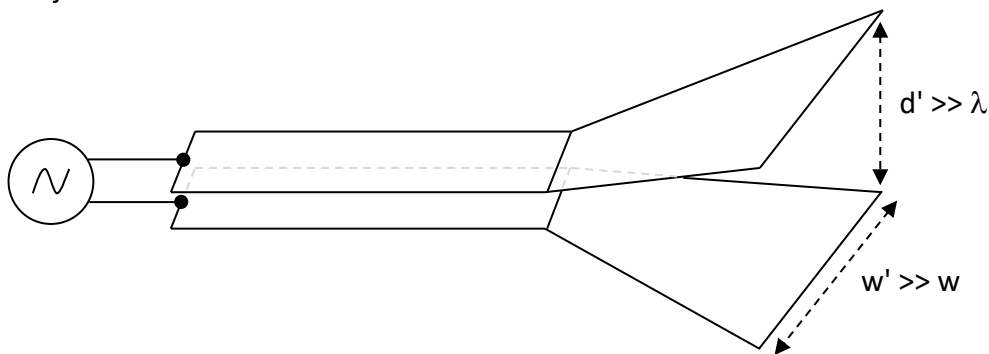
$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \frac{d}{w} \cdot \epsilon_0 \frac{w}{d}}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad (1.2)$$

Električno polje takšne strukture je v glavnem porazdeljeno v prostoru med obema trakovima, le manjši del pa je prisoten na straneh dvovoda. Polju, ki poteka na straneh dvovoda, pravimo stresano polje in ga prikazuje Slika 2.



Slika 2: Stresano električno polje na straneh zračnega trakastega dvovoda.

Dokler je razdalja med trakovima (razmak d) majhna v primerjavi z valovno dolžino, je stresanega polja malo. V tem primeru je tudi prosti (odprti) konec dvovoda (na Sliki 1 desno) enak odprtim sponkam z odbojnostjo $\Gamma \approx +1$. Če razmak d povečamo vse do $\lambda/2$, se razmere spremenijo. Informacija iz konca trakov doseže valovanje točno na sredini med obema trakovima z zakasnitvijo cele četrte periode. Z zakasnjeno informacijo, se pravi z informacijo z napačno fazo, se valovanje točno na sredini med trakovima sploh ne odbije, temveč nadaljuje svojo pot v isti smeri naprej v prostor. Pri razmaku $d = \lambda/2$ znaša odbojnost takega dvovoda $|\Gamma| \approx 0,3$. V kolikor razmak d povečamo na več kot λ , postane tak dvovod že dokaj učinkovita antena z odbojnostjo $\Gamma \approx 0$. Trakasti zračni dvovod z enakomerno razširitvijo (povečanje razmaka d in širine trakov w v enakem razmerju), imenujemo TEM lijakasta antena. TEM lijak je prikazuje Slika 3.



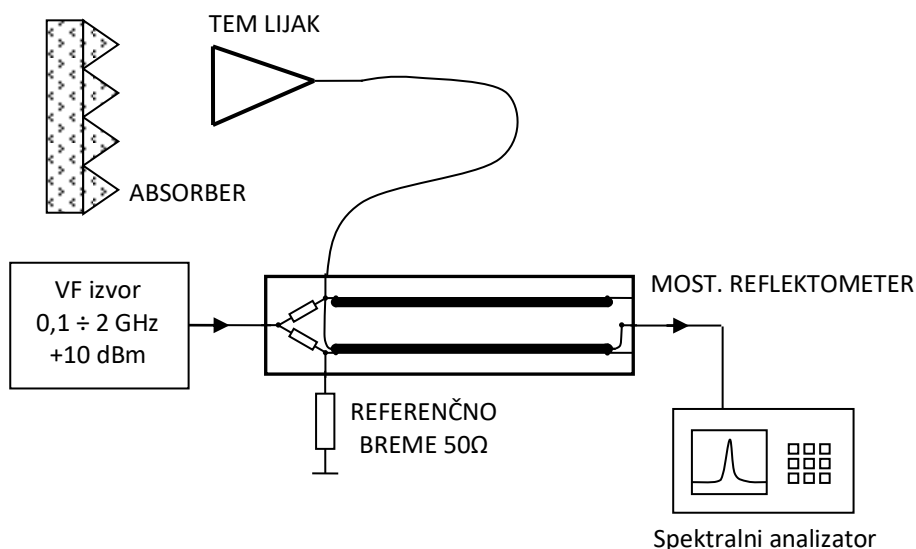
Slika 3: Zračni trakasti dvovod, ki se razširi v TEM lijakasto anteno.

Seznam potrebnih pripomočkov

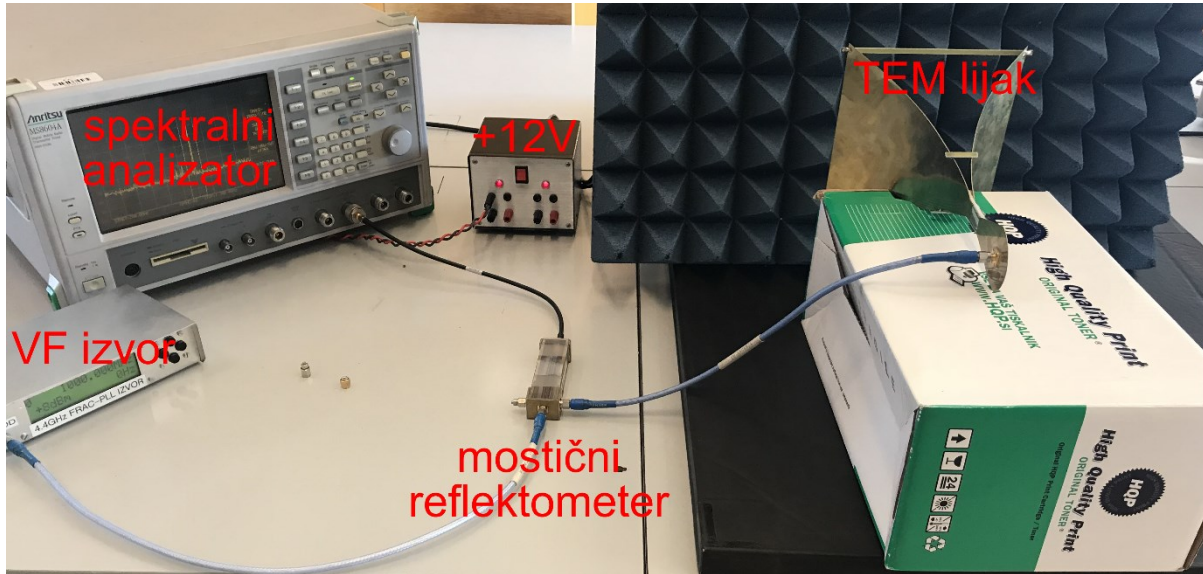
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor v frekvenčnem področju od 100 MHz do 2 GHz izhodne moči 10 dBm
- Mostični reflektometer s simetričnim členom in povezovalnimi kablji
- Visokofrekvenčni spektralni analizator
- Merjenec: TEM lijakasta antena s kosom mikrovalovnega absorberja

Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje Slika 4, razporeditev pa Slika 5.



Slika 4: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 5: Fotografija vezave merilnih pripomočkov

Opis poteka vaje

Pri vaji merimo odbojnost bremena preko meritve izhodne moči signala mostičnega reflektometra (s spektralnim analizatorjem) ob znani moči vhodnega signala. Enačba napetostnega odziva mostičnega reflektometra je enaka $U = U_{vir}/8 \cdot \Gamma$. Če merimo moč (namesto napetosti) in upoštevamo napetost na sponkah vira U_{vir}' , dobimo sledečo enačbo:

$$U_{vir}' = U_{vir}/2 \Rightarrow U^2 = \frac{U_{vir}^2}{4^2} \cdot |\Gamma|^2 \Rightarrow P = \frac{P_{vir}}{16} \cdot |\Gamma|^2 \quad (2.1)$$

Velikost odbojnosti pogosto podajamo v logaritemskih enotah (decibelih), pri čemer je relacija med linearno in logaritemsko odbojnostjo:

$$\Gamma_{dB} = 20 \log|\Gamma|; \quad \Gamma_{dB} < 0 \text{ dB} \quad (2.2)$$

Meritev najprej pričnemo z določanjem izhodne moči visokofrekvenčnega vira P_{vir} . Izhod nastavimo na vrednost 10 dBm, ter frekvenco 100 MHz. Na mostič povežemo znano breme → odprte sponke ($\Gamma = 1$) in izmerimo sprejeto moč. S pomočjo enačbe izračunamo P_{vir} v frekvenčnem pasu med 100 MHz in 2 GHz.

V drugem delu vaje na vhod merilnega mostiča priključimo TEM lijakasto anteno, pri čemer pred odprtino lijaka postavimo dovolj velik kos mikrovalovnega absorberja. Ker je TEM lijak v osnovi sestavljen iz trakastega dvovoda, inštrumenti pa imajo večinoma koaksialni priključek, je na merjeni anteni še prilagodilni člen (ang. balun) med asimetričnim koaksialnim priključkom ter simetričnim zračnim dvovodom. Nato iz meritve moči s pomočjo spektralnega analizatorja pri dani frekvenci izračunamo neznano odbojnost TEM lijaka Γ . Kot moč vira za izračun uporabljamo vrednosti P_{vir} , ki smo jih določili v prvem delu vaje.

Naloga

1. Določite izhodno moč VF vira s pomočjo morilnega mostiča in znanega bremena (odprte sponke $\Gamma = 1$)
2. Izmerite odbojnost TEM lijaka v frekvenčnem pasu od 100 MHz do 2 GHz ter meritev izrišite na graf.