

## Votlinski resonator

### Votlinski resonator

Osnovni rod, ki se širi v pravokotnem kovinskem valovodu, je  $TE_{10}$ , pri čemer prvi indeks označuje smer  $x$  (širša stranica valovoda) in drugi indeks smer  $y$  (ožja stranica valovoda). Električno polje rodu  $TE_{10}$  v valovodu ima samo eno (prečno) komponento  $E_y$ , magnetno polje pa sestavljata prečna komponenta  $H_x$  in vzdolžna komponenta  $H_z$ :

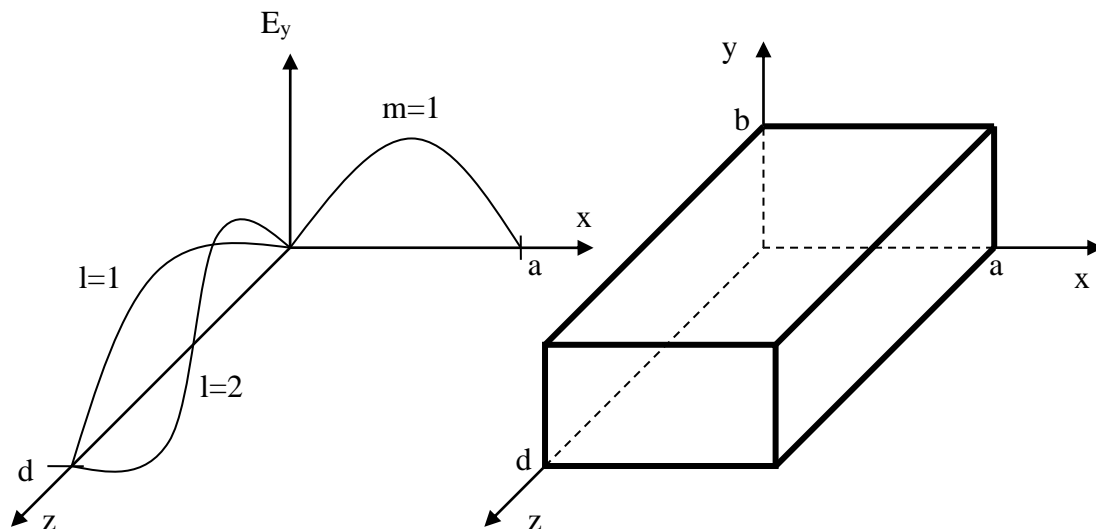
$$E_y = -\frac{j\omega\mu a}{\pi} A_{10} \sin \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta z} \quad (1.1)$$

$$H_x = \frac{j\beta a}{\pi} A_{10} \sin \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta z} \quad (1.2)$$

$$H_z = A_{10} \cos \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta z} \quad (1.3)$$

$$E_x = E_z = H_y = 0 \quad (1.4)$$

Če pravokotni kovinski valovod zapremo s kovinskima stenama (torej ga kratko staknemo v ravnini  $XY$  na razdalji  $z=0$  in  $z=d$ ), dobimo kvadrasti votlinski resonator, ki je prikazan na Sliki 1.



Slika 1: Kvadrasti votlinski resonator in primer porazdelitve komponente električnega polja  $E_y$  za rodova  $TE_{101}$  in  $TE_{102}$ .

Seveda moramo v resonator postaviti priključke. Če delamo votlinsko resonatorsko sito potrebujemo dva priključka, enega za vzbujanje (vhod) in drugega za odzvem signala (izhod), na primernem mestu v votlini in s primernim električnim (paličasta sonda) ali magnetnim (zančna sonda) sklopom. Lahko pa tudi vzbujujamo oz. odzvemamo signal preko majhne odprtine v stenah votlinskega resonatorja. Tak resonator shranjuje v svoji votlini (prostornina  $V$ ) električno in magnetno energijo, katera pa se porablja zaradi končne prevodnosti sten (površina  $A$ ) in izgub dielektrika, seveda, če je votlina z njim napolnjena.

Kvaliteta  $Q$  votlinskega resonatorja je sorazmerna prostornini  $V$  in obratno sorazmerna površini  $A$ .

Ker smo kratko staknili valovod po smeri  $z$ , dobijo zgornje komponente električnega in magnetnega polja še odvisnost po  $z$ . Če se omejimo le na rod  $TE_{10l}$ , pri čemer tretji indeks  $l$  označuje smer  $z$ , dobimo:

$$E_y = E_{y0} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{l\pi z}{d} \quad (1.5)$$

$$H_x = H_{x0} \sin \frac{\pi x}{a} \cos \frac{l\pi z}{d} \quad (1.6)$$

$$H_z = H_{z0} \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{l\pi z}{d} \quad (1.7)$$

$$E_x = E_z = H_y = 0 \quad (1.8)$$

Komponente polja imajo torej sinusno ali kosinusno porazdelitev po smereh  $x$  in  $z$ . Indeks  $l$  je naravno število in rodovi si sledijo tako:  $TE_{101}$ ,  $TE_{102}$ , itd. Primer porazdelitve komponente električnega polja  $E_y$  za omenjena rodova je prikazan na Sliki 1. Seveda je v splošnem možnih rodov neskončno in zavzemajo obliko  $TE_{mnl}$ , kjer so  $m$ ,  $n$  in  $l$  naravna števila.

V splošnem primeru so resonančne frekvence kvadrastega votlinskega resonatorja sledeče:

$$f_{mnl} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\mu_r\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}, \quad (1.9)$$

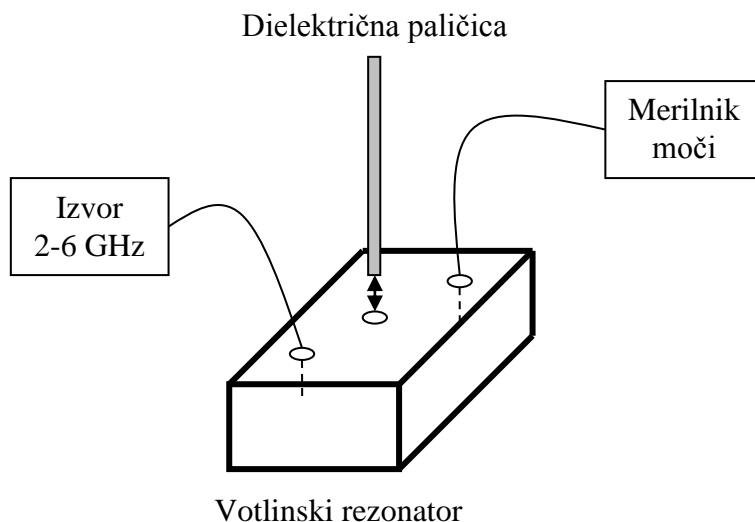
kjer so  $m$ ,  $n$  in  $l = 1, 2, 3, \dots$ ,  $a$  stranica resonatorja v smeri  $x$ ,  $b$  stranica resonatorja v smeri  $y$  in  $d$  dolžina resonatorja v smeri  $z$ .

### Seznam potrebnih pripomočkov

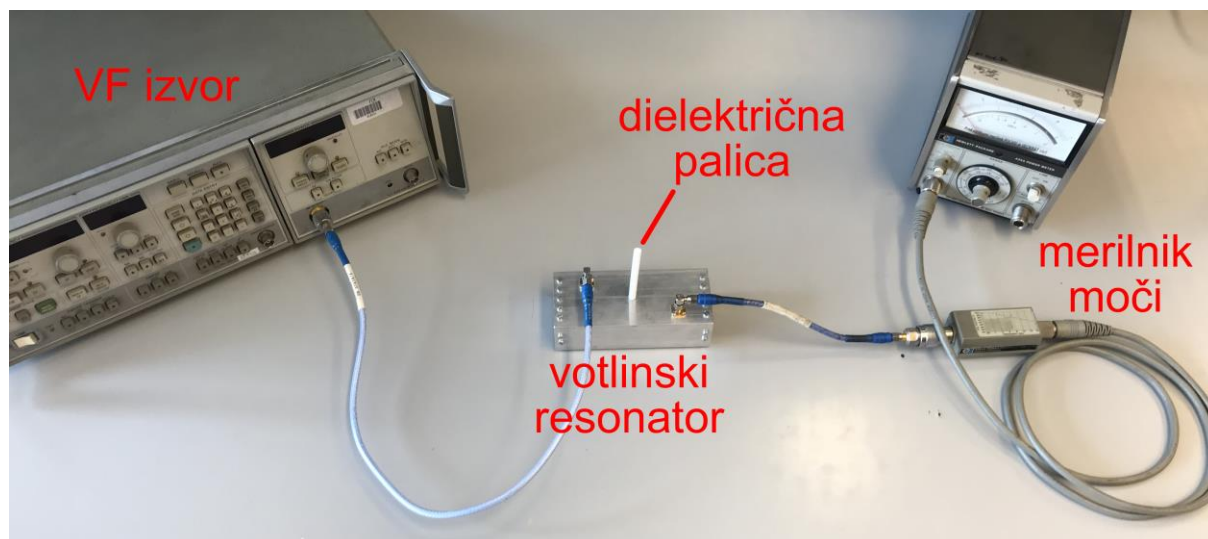
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Visokofrekvenčni izvor 2-6 GHz
- Merilnik moči s pripadajočo merilno močnostno glavo
- Priključni kabli
- Merjeni kvadrasti votlinski resonator, z izmerami 55 x 35 x 120 mm ( $a$ ,  $b$ ,  $d$ )
- Dielektrična paličica za uglaševanje resonatorskih frekvenc

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



Slika 2: Skica vezave merilnih pripomočkov



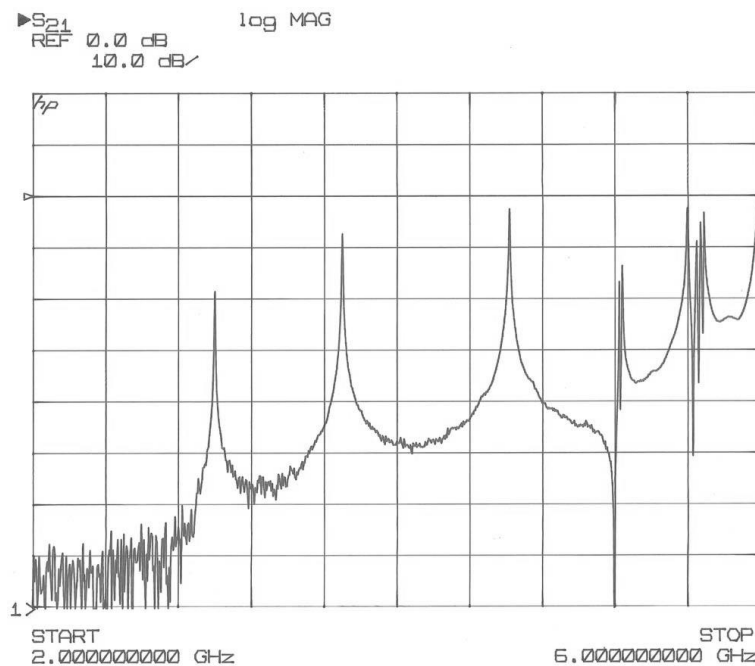
Slika 3: Slika vezave merilnih pripomočkov

### Opis poteka vaje

Zanimajo nas resonančne frekvence kvadrastega votlinskega resonatorja. Uporabljeni votlinski resonator vzbujamo z električnim poljem, saj imata priključka v votlini vsako svojo paličasto sondo. Na sredini votlinskega resonatorja je luknja, v katero lahko vstavimo dielektrično paličico za ozkopasovno uglasovanje resonančnih frekvenc. Seveda bo imela paličica vpliv le na tiste resonance, ki imajo na tem položaju (sredina votline) hrbet električnega polja. Tiste resonance, ki imajo na sredi votline vozle, ne bodo čutile vpliva paličice oz. bo njen vpliv zelo majhen. Resonančne frekvence poiščemo z nastavljanjem frekvence izvora in opazovanjem detektirane moči na drugem priključku. Zavedati se moramo, da so resonance, zaradi visoke kvalitete votlinskega resonatorja ( $Q$  je nekaj tisoč), zelo ozkopasovne. Zato iščemo resonance votlinskega resonatorja z majhnim frekvenčnim korakom, še najbolje zvezno z ročnim nastavljanjem preko vrtljivega gumba na izvoru. Glede na izmere votline izračunamo približno najnižjo resonančno frekvenco rodu  $TE_{101}$ , in iskanje resonanc začnemo malo pod to vrednostjo. Glede na uporabljeni votlinski resonator

začnemo iskati resonance pri okoli 2 GHz in si zabeležimo vse resonančne frekvence do 6 GHz. Ob vsaki najdeni resonanci poskusimo ugotoviti vpliv dielektrične paličice, tako da jo v celoti vstavimo v luknjo na sredini resonatorja, in si pribeležimo vpliv (da ali ne), ta bo na merilniku opazen kot upad izmerjene moči, ter tako ugotovimo, za kateri rod  $TE_{mnl}$  ali  $TM_{mnl}$  gre.

Primer prevajalne funkcije kvadrastega votlinskega sita je prikazan na Sliki 4.



Slika 4: Izmerjena prevajalna karakteristika votlinskega resonatorskega sita

### Naloga

1. Izmerite resonančne frekvence kvadrastega votlinskega resonatorja v območju od 2 do 6 GHz in si zabeležite vpliv dielektrične paličice.
2. S pomočjo dielektrične paličice ugotovite za kateri rod gre ( $TE_{mnl}$  ali  $TM_{mnl}$ ).