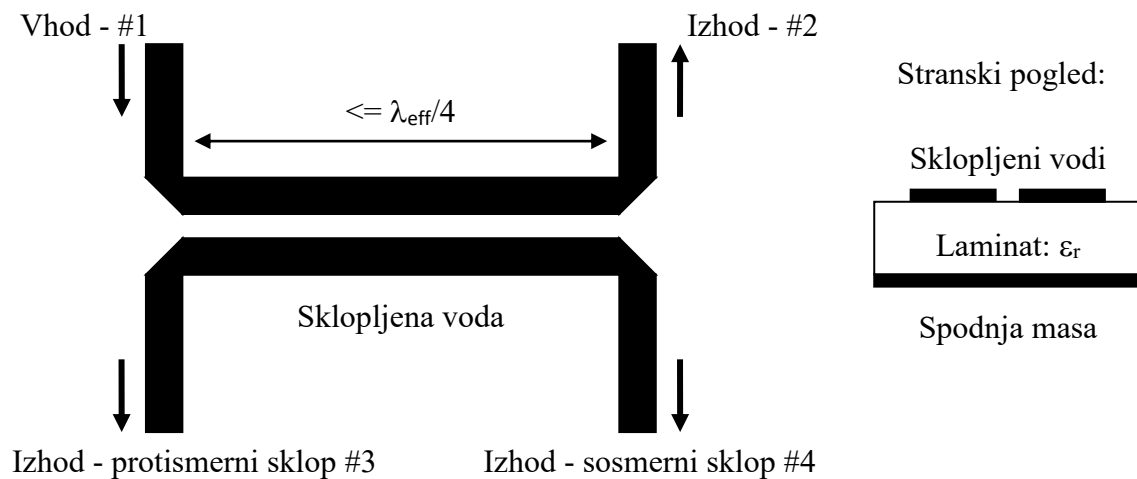


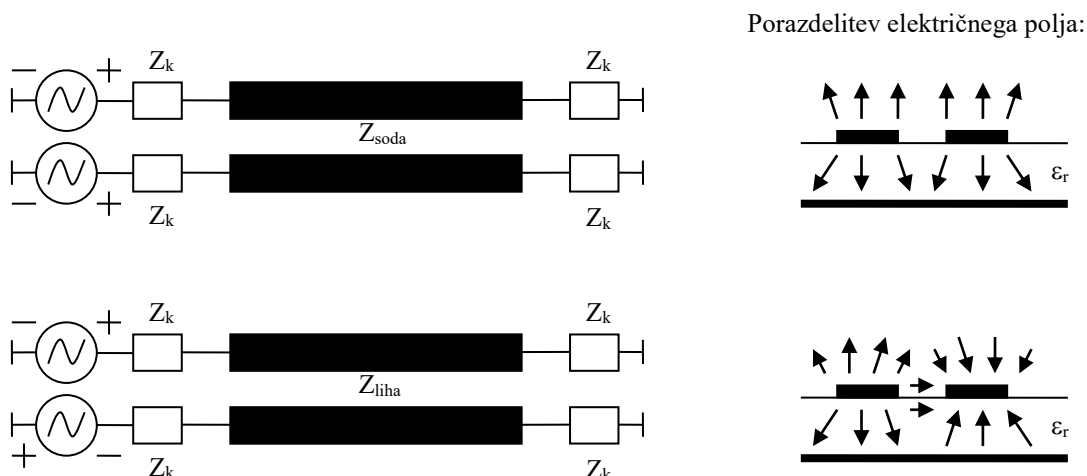
## Smerni sklopnik

### Smerni sklopnik

Smerni sklopnik je visokofrekvenčni pasivni element, ki loči med napredujočim in odbitim valom, katera se hkrati širita po sklopniku. Zato ima poleg vhodnega in izhodnega priključka, še dva dodatna priključka, ki dajeta informacijo (sklop) o obeh valovih. Sosmerni sklop dobimo na priključku, ki je v smeri napredujočega vala. Obratno, protismerni sklop dobimo na priključku, ki je v obratni smeri od napredujočega vala. Obstajajo tudi različice s samo tremi priključki (vhod, izhod in sklop), odvisno za kateri sklop je sklopnik narejen. Najdemo jih v mnogo izvedbah, od valovodnih do mikrotrakastih. Običajno je sklopnik sestavljen iz vsaj treh vodnikov, od katerih sta vsaj dva medsebojno kapacitivno in induktivno sklopljena (tretji vodnik je ozemljitveni vod - masa). Primer pogoste mikrotrakaste izvedbe sklopnika prikazuje Slika 1.



Slika 1: Smerni sklopnik v mikrotrakasti izvedbi.

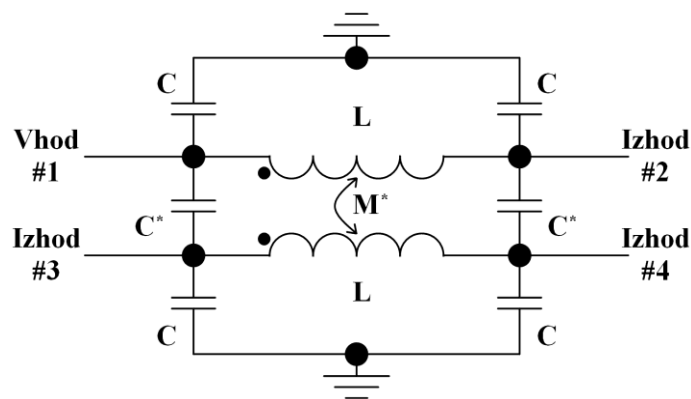


Slika 2: Liho in sodo vzbujanje mikrotrakastega sklopnika in pripadajoči porazdelitvi električnega polja okoli obeh sklopljenih vodov.

Za TEM valovanje (z enojnim rodod) vemo, da se lahko širi le na dvovodniških (ali več) strukturah. Skozi mikrotrakasti trovodniški sklopnik, se lahko širita dva (približna) TEM rodova. Prvi rod (imenujemo ga *sodi rod*) dobimo, ko vzbujamo oba voda sofazno. Drugi rod (imenujemo ga *lihi rod*) dobimo, ko oba voda vzbujamo protifazno. Razmere prikazuje Slika 2.

Če bi imel sklopnik na obeh straneh sklopljenih vodov enak in homogen dielektrik enake debeline, potem bi se skozi sklopnik širil pravi TEM val. V tem primeru bi bili tudi hitrosti valovanja obeh rodov (lihega in sodega) enaki – velja za TEM sklopnik. Enaki zato, ker je električno polje pri obeh rodovih enakomerno porazdeljeno v zgornjem in spodnjem dielektriku. V primeru s slike 1 in 2, kjer imamo mikrotrakasti sklopnik, kateri ima spodaj laminat z  $\epsilon_r$  in maso, na zgornji strani pa samo zrak (dielektrik je torej *nehomogen*), se širi samo približni TEM val. V tem primeru hitrosti obeh rodov nista enaki. To je razumljivo, saj je porazdelitev polja ob lihem in sodem rodu različna v zraku in dielektriku. Sodi rod ima manj električnega polja v zraku, kot lihi rod. Zato je tudi hitrost razširjanja sodega rodu nižja.

Sklopnik s *homogenim* dielektrikom ima lastnost, da je njegov sosmerni sklop enak nič pri vseh frekvencah. Protismerni sklop ima periodično obliko. Pri nizkih frekvencah je najmanjši, največji sklop doseže pri dolžini sklopnika  $\lambda_{\text{eff}}/4$ , ponovno najmanj pri  $\lambda_{\text{eff}}/2$  in tako naprej. Med izhodom (#2) in protismernim sklopom (#3) obstaja tudi  $90^\circ$  fazna zakasnitev. Nadomestno vezje sklopnika s *homogenim* dielektrikom (protismerni sklopnik) je prikazano na sliki 3. Protismerni sklopnik je naprava, ki meri napetost na vodu preko kapacitivnega delilnika (medsebojna kapacitivnost  $C^*$ ) in tok na vodu preko tokovnega merilnega transformatorja (medsebojna induktivnost  $M^*$ ). Ker se napredujoči in odbiti val na prenosnem vodu razlikujeta v medsebojni fazi toka in napetosti, vzorce toka in napetosti seštejemo v fazi ali v protifazi, da dobimo signale, ki so sorazmerni le napredujočemu oziroma le odbitemu valu na prenosnem vodu.



Slika 3: Nadomestno vezje protismernega smernega sklopnika..

Mikrotrakasti sklopnik nima homogenega dielektrika, saj se valovanje širi tako v zgornjem dielektriku (zrak), kakor tudi v substratu (laminat z  $\epsilon_r$ ). Dielektrik povleče vase električno polje, zato je električni sklop šibkejši od magnetnega in rezultat je sosmerni sklop. Protismerni sklop je pri nizkih frekvencah podoben protismernemu sklopu sklopnika s homogenim dielektrikom (periodična oblika in maksimum pri  $\lambda_{\text{eff}}/4$ ), pri višjih frekvencah pa lahko precej odstopa.

Glavne lastnosti smernega sklopnika določajo tri veličine:

$$\text{Protismerni sklop: } C_{dB} = 10 \log \frac{P_{\#3}}{P_{\#1}}$$

$$\text{Izolacija: } I_{dB} = -10 \log \frac{P_{\#4}}{P_{\#1}}$$

$$\text{Smernost: } D_{dB} = I_{dB} + C_{dB} = -10 \log \frac{P_{\#4}}{P_{\#3}}$$

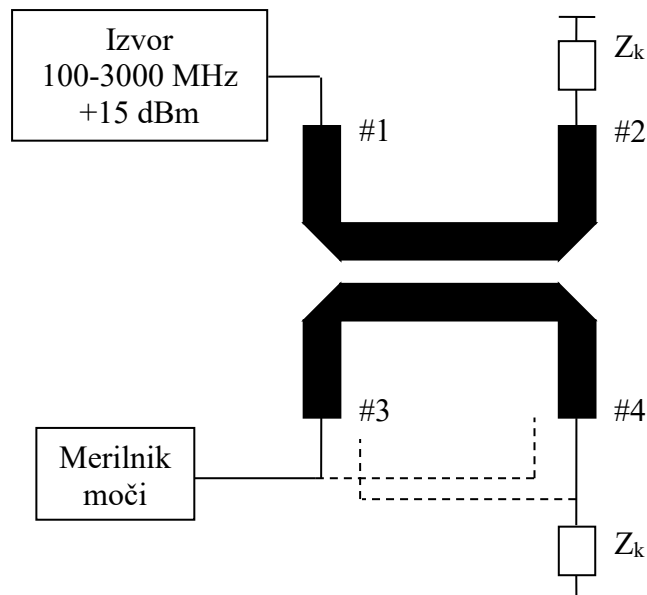
Protismerni sklop daje informacijo o velikosti napredujočega vala v sklopniku. Običajno znaša sklop med -30 do -10 dB. Smernost določa sposobnost razlikovanja sklopnika med napredujočim (protismerni sklop) in odbitim (sosmerni sklop) valom. Čim višja je smernost, tem boljši je sklopnik. Če je sklopnik simetričen, potem je sosmerni sklop zelo majhen in posledično smernost zelo velika. Tipične vrednosti smernosti za dobre sklopnike so nad 30 dB.

### Seznam potrebnih pripomočkov

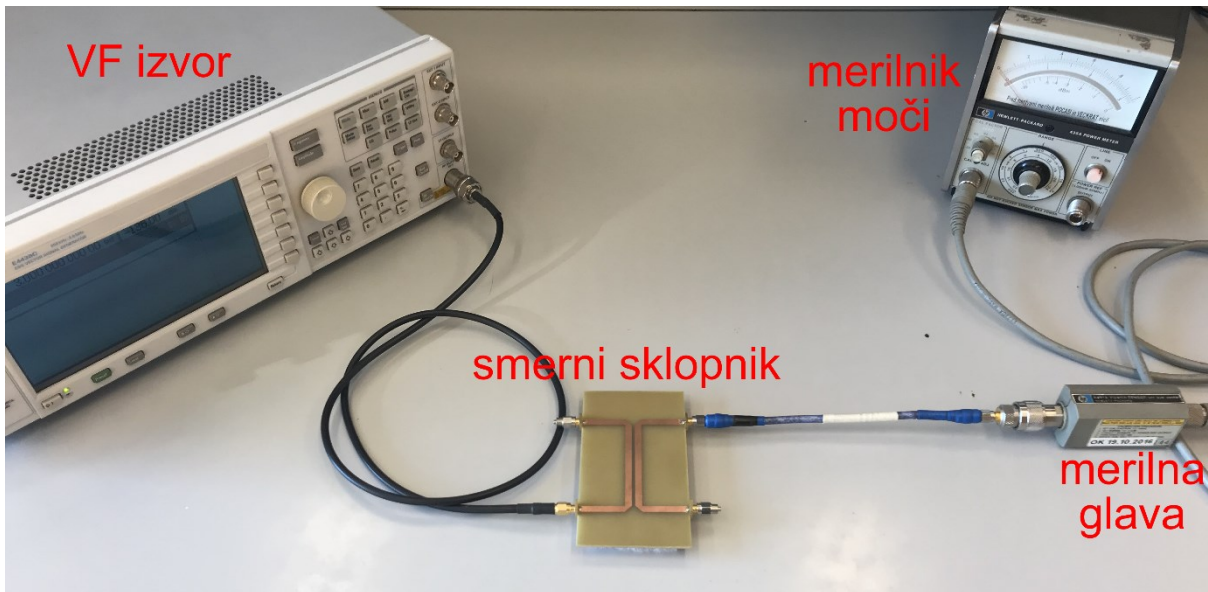
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Visokofrekvenčni izvor 100-3000 MHz, moči 15 dBm (31 mW)
- Merilnik moči s pripadajočo merilno močnostno glavo
- Priključni kabli
- Merjeni smerni sklopnik v mikrotrakasti izvedbi
- Zaključna prilagojena bremena 50 Ω

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



Slika 4: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 5: Slika vezave merilnih pripomočkov

### Opis poteka vaje

Pri vaji izmerimo lastnosti mikrotrakastega smernega sklopnika. Na vhodni priključek (#1) povežemo visokofrekvenčni izvor. Na izhodni priključek (#2) povežemo prilagojeno breme. Za meritev protismernega sklopa povežemo merilno močnostno glavo na protismerni izhod (#3) in sosmerni izhod (#4) zaključimo z bremenom. Za meritev izolacije povežemo merilno močnostno glavo na sosmerni izhod (#4) in protismerni izhod (#3) zaključimo z bremenom. Iz obeh meritev lahko izračunamo smernost sklopnika in ugotovimo za katero frekvenčno območje je narejen. Vrednosti  $C_{dB}$  in  $I_{dB}$  preračunavamo sproti in jih vpisujemo v tabelo.

Izvor nastavimo na začetno frekvenčno območje, izhodno moč pa na 15 dBm. Poskrbimo da je izhod ugasnjen (RF off), ter ničimo merilnik moči. Nato prižgemo izhod, ter pričnemo z meritvijo, pri čemer ne spreminjamo moči vira. Če merilnik moči ne pokaže vrednosti to pomeni, da je sprejeta moč manjša od -25 dBm.

S pomočjo frekvenčnega poteka protismernega sklopa in izolacije v frekvenčnem območju od 100 MHz do 3 GHz izračunamo frekvenčni potek smernosti mikrotrakastega sklopnika. Glede na potek smernosti in protismernega sklopa ocenimo delovno frekvenčno območje sklopnika. Iz izmerjene dolžine sklopljenih vodov in frekvence ob minimalnem protismernem sklopu (takrat dolžina sklopljenih vodov ustreza  $2 \cdot \lambda_{eff}/4$ ) določimo efektivno dielektrično konstanto mikrotrakastega voda po spodnji enačbi.

$$\sqrt{\epsilon_r} = \frac{c_0}{f \cdot \lambda_{eff}} \quad (1.1)$$

### Naloga

1. Izmerite frekvenčni potek protismernega sklopa in izolacije v frekvenčnem območju od 100 MHz do 3 GHz. Vrednosti izrišite na graf.
2. Izračunajte frekvenčni potek smernosti mikrotrakastega sklopnika. Vrednost izrišite na graf.
3. Ocenite delovno frekvenčno območje sklopnika, ter določite efektivno dielektrično konstanto mikrotrakastega voda.