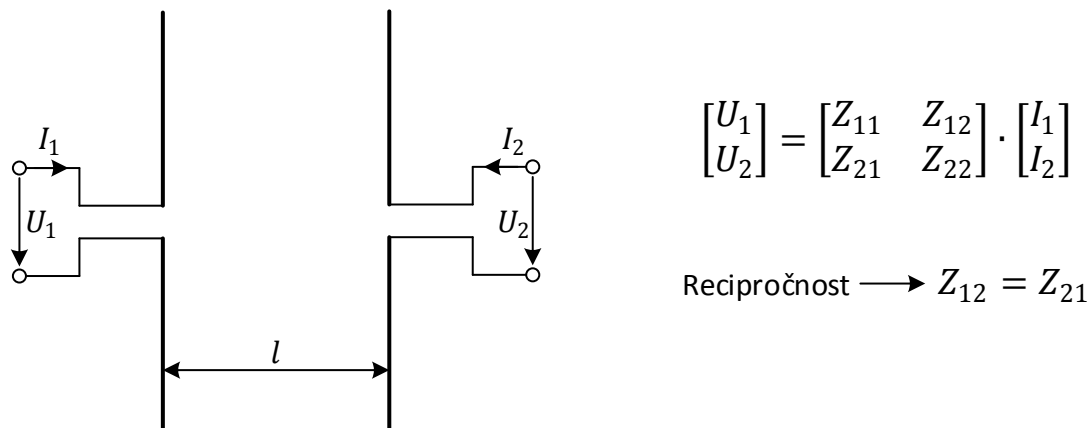


## Medsebojna impedanca dveh polvalovnih dipolov

### Medsebojni vplivi anten pri sestavljanju skupin

Pri sestavljanju enakih anten v skupino pogosto ne moremo zanemariti medsebojnih vplivov med antenami. Pri tem ne smemo spregledati dejstva, da vsaka antena sama zase deluje v nekoliko drugačnih pogojih. Bližnja okolica posamične antene ni več prazen prostor, pač pa je zapolnjena z drugimi posamičnimi antenami iz iste antenske skupine.

Vpliv ostalih sestavnih delov skupine se kaže na dva načina: vpliv ostalih posamičnih anten, ko te niso vzbujane in vpliv ostalih posamičnih anten zaradi vzbujanja z istim izvorom. Antenske skupine običajno načrtujemo tako, da je prvi vpliv zanemarljiv, to pomeni, da nosilna kovinska struktura ene posamične antene ne dela sence drugi posamični anteni. Medsebojni vpliv posamičnih anten v skupini zato običajno zapišemo z medsebojnimi impedancami oziroma z eno od matrik, s katerimi opisujemo več vhodna vezja. Skupino anten potem obravnavamo na enak način kot vezja.

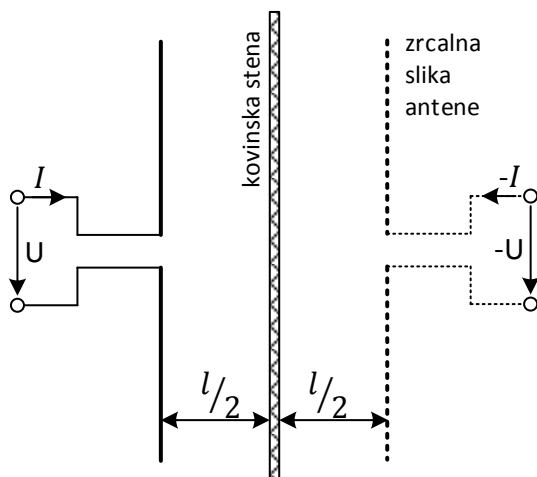


Slika 1: Definicija medsebojne impedance anten.

Najenostavnejši primer je skupina dveh polvalovnih tanko žičnih dipolov, prikazana na Sliki 1. Če enega od dipolov odklopimo od generatorja in pustimo njegove priključne sponke odprte, po njem tečejo le zelo majhni tokovi in je vpliv na drugi dipol zanemarljiv. Obnašanje skupine dveh dipolov zato dobro opišemo z impedančno matriko  $Z$ . Pri tem sta  $Z_{11}$  in  $Z_{22}$  lastni impedanci dveh osamljenih dipolov, medsebojni vpliv pa opisujeta medsebojni impedanci  $Z_{12}$  in  $Z_{21}$ .

Če sta dipola enaka, sta seveda impedanci  $Z_{11}$  in  $Z_{22}$  med sabo enaki. Zaradi recipročnosti pa sta medsebojni impedanci  $Z_{12}$  in  $Z_{21}$  med sabo vedno enaki tudi pri dveh različnih dipolih. Medsebojna impedanca dveh dipolov ( $Z_{12}$  ali  $Z_{21}$ ) je seveda funkcija medsebojne orientacije dipolov in razdalje med njima. Skupini dveh dipolov ustreza tudi antena sestavljena iz enega dipola pred veliko kovinsko steno. Impedanco in ostale lastnosti takšne antene dobimo s pomočjo zrcaljenja, kot je to prikazano na Sliki 2. Zrcalni dipol se seveda napaja z obratno fazo toka, da dobimo nično polje na mestu kovinske stene.

Recipročnost velja tudi v skupini iz več anten in so zato ustrezne medsebojne impedance v obeh smereh enake. Impedance vsake posamične antene v skupini iz več enakih anten pa niso več nujno enake med sabo, ker je seštevek vplivov ostalih posamičnih anten različen za vsako posamično anteno. Napajalno vezje za skupino iz več kot dveh anten je zato lahko komplicirano!



$$U_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$

$$U = Z_{11}I + Z_{12}(-I)$$

$$Z_{vh} = \frac{U}{I} = Z_{11} - Z_{12}$$

Slika 2: Impedanca dipola pred kovinsko steno

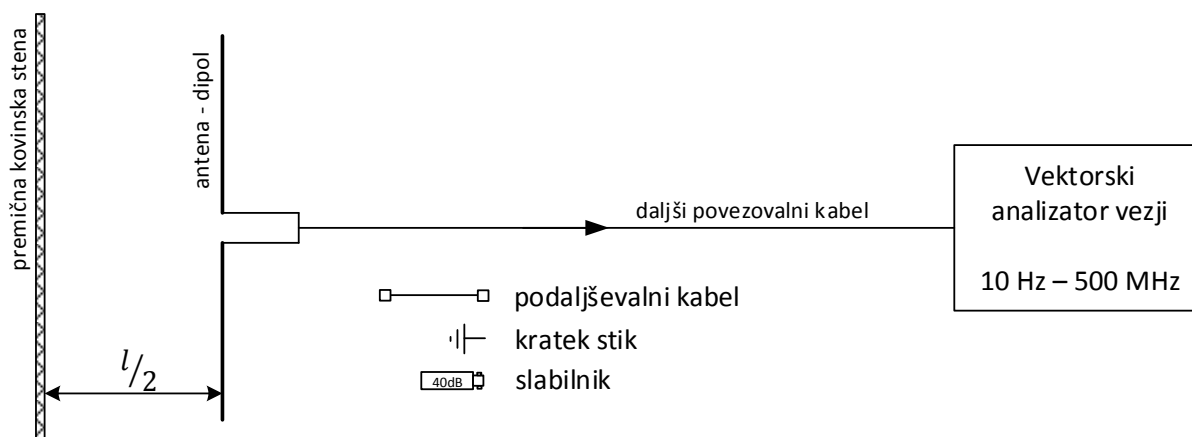
Končno, če poznamo matriko medsebojnih impedanc antenske skupine, lahko preko enostavnega računa določimo vhodno moč v skupino in preko nje dobitke skupine. Takšen način določanja dobitka skupine je običajno enostavnejši za računanje in za praktično meritev. Na primer, dobitke bočne skupine z dvema sofazno napajanimi polvalovnimi dipoloma bo največji pri tisti oddaljenosti med dipoloma, ko doseže impedanca najnižjo realno vrednost, kar pomeni najnižjo vhodno moč v skupino za enako sevano polje.

### Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Vektorski analizator vezji za frekvenčno področje do 500 MHz, s pripadajočim mostičkom za merjenje impedance.
- Polvalovni dipol s simetričnim vezjem, na stojalu.
- Kos aluminijeve pločevine, velikosti 1 kvadratni meter.
- Pripomočke za kalibracijo (podaljševalni kabel ,kratkostičnik, 50 Ohm breme, 60 dB slabilec)
- Priključne kable za vse povezave.

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

Medsebojno impedanco med dvema polvalovnima dipoloma najlažje izmerimo z uporabo zrcaljenja. Na ta način potrebujemo za meritev en samo polvalovni dipol, ki mu merimo impedanco na priključnih sponkah. Medsebojno impedanco potem preračunamo po enačbi na Sliki 2.

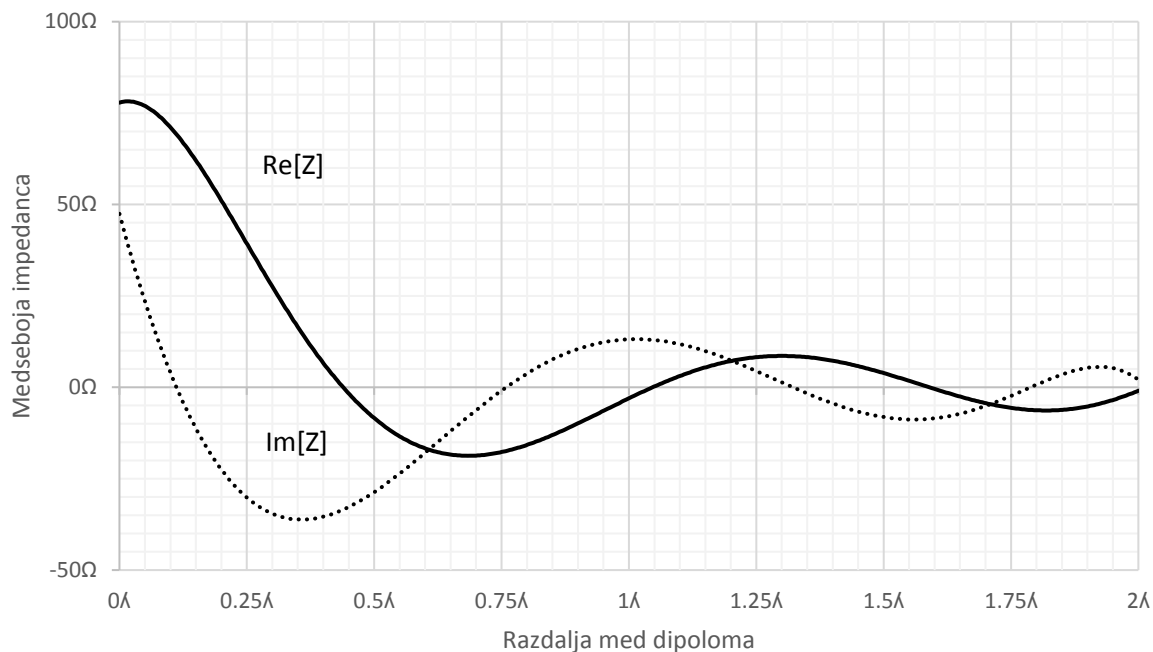
Merjeni dipol preko mostička za merjenje priključimo na vektorski analizator vezji. Frekvenčno območje nastavimo na zanimivem predelu med 350MHz in 450 MHz, impedanco pa opazujemo pri 400 MHz. Pred pričetkom meritev moramo opraviti kalibracijo merilnega sistema, da merimo impedanco točno v točki dipola. V ta namen uporabimo podaljševalni koaksialni kabel takšne dolžine, da skupaj s konektorji in prehodi ustreza električni dolžini zračnega voda v podstavku dipola. Opravimo kalibracijo odprtih sponk, kratkega stika in 50 Ohm bremena, ki ga nadomestimo z ustreznim velikim slabilcem (40 dB – 60 dB). Nato podaljševalni kabel odstranimo in povežemo vektorski analizator vezji neposredno na priključek dipola. Po potrebi pod dipol ustrezno namestimo kos mikrovalovnega absorberja, ki nekoliko zaduši odboj armirano betonskih tal.

Najprej izmerimo impedanco samega dipola brez kovinske plošče. Ta impedanca ustreza vrednosti  $Z_{11}$  v impedančni matriki. Nato dipolu približamo kovinsko ploščo. Kovinska plošča bi morala biti neskončno velika. Za našo točnost meritve zadošča kovinska plošča, ki je velika nekaj valovnih dolžin. Kovinsko ploščo približujemo dipolu ter merimo razdaljo med ploščo in dipolom. Na vsaki razdalji odčitamo izmerjeno impedanco.

Medsebojno impedanco dobimo tako, da odštejemo od vrednosti  $Z_{11}$  izmerjeno impedanco na dani razdalji. Zaradi zrcaljenja je seveda razdalja do drugega dipola enaka dvakratni razdalji dipola od reflektorja!

Idealni potek medsebojne impedance za dva vzporedna polvalovna dipola je prikazan na Sliki 5 kot funkcija razdalje med dipoloma. Pri resnični meritvi seveda pride do napak, predvsem zaradi končnih dimenzij kovinske plošče in netočnosti samih meritev. Od vseh netočnosti se

najbolj pozna vpliv meritve  $Z_{11}$ , saj se od te vrednosti odštevajo vse ostale izmerjene vrednosti, zato se resnično potrudimo, da začetno meritev opravimo karseda točno.



Slika 5: Izmerjena medsebojna impedanca med polvalovnimi dipoloma

### Naloga

1. Izmerite medsebojno impedanco dveh polvalovnih dipolov.
2. Izrišite graf poteka realnega in imaginarnega dela impedance v odvisnosti od razdalje med dipoloma.