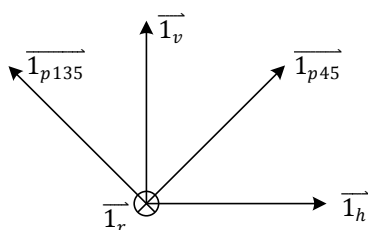


Ugotavljanje polarizacije antene in osnega razmerja

Vplivi, veličine in merjenje polarizacije anten

Elektromagnetno valovanje je prečno (transverzalno) valovanje. Pri vseh prečnih valovanjih moramo za točen opis valovanja razen jakosti, frekvence in faze polja navesti tudi polarizacijo. Da lahko s polarizacijo tudi računamo, je smiselno uvesti primeren koordinatni sistem in poljubno polarizirano polje razstaviti na poznane komponente.



Koordinatni sistem: $\vec{1}_v \times \vec{1}_h = \vec{1}_r$

$\vec{1}_r$ gleda proč od antene, v smeri širjenja valovanja pri oddaji

$$\vec{1}_{p45} = \frac{\vec{1}_v + \vec{1}_h}{\sqrt{2}} \quad \vec{1}_{p135} = \frac{\vec{1}_v - \vec{1}_h}{\sqrt{2}} \quad \text{enotni vektorji za poševni polarizaciji}$$

$$\vec{1}_L = \frac{\vec{1}_v + j\vec{1}_h}{\sqrt{2}} \quad \vec{1}_D = \frac{\vec{1}_v - j\vec{1}_h}{\sqrt{2}} \quad \text{enotni vektorji za poševni polarizaciji}$$

$$\vec{E} = \vec{1}_L E_L + \vec{1}_D E_D \longrightarrow E_L = \vec{E} \cdot \vec{1}_L^* \quad E_D = \vec{E} \cdot \vec{1}_D^* \quad \text{razstavljanje vektorja E na krožne komponente}$$

$$Q = \frac{E_L}{E_D} \quad \text{razmerje krožnih komponent} \quad R = \frac{|E_D| + |E_L|}{|E_D| - |E_L|} = \frac{1 + Q}{1 - Q} \quad \text{osno razmerje}$$

Slika 1: Definicije veličin

Pri antenah si pri določanju polarizacijskih lastnosti definiramo koordinatni sistem, kot je prikazano na Sliki 1. Smerni vektor vertikalne komponente $\vec{1}_v$ kaže navzgor, smerni vektor horizontalne komponente pa je obrnjen tako, da kaže njun vektorski produkt v smeri razširjanja valovanja $\vec{1}_r$ v oddajnem režimu, to je proč od antene. Na ta način je koordinatni sistem enako definiran ne glede na to, če dela antena v sprejemnem ali v oddajnem režimu.

Kot zgled so na Sliki 1 prikazani enotni vektorji za ortogonalni poševni polarizaciji (pod kotoma 45° in 135° stopinj) in enotni vektorji za obe krožni polarizaciji: levo in desno.

Pri polarizaciji elektromagnetnega valovanja vedno navajamo le smer vektorja električnega polja. V področju daljnega polja antene je z vektorjem električnega polja točno določena tudi smer in velikost vektorja pripadajočega magnetnega polja.

Poljubno polarizirano valovanje izrazimo kot vsoto dveh znanih ortogonalnih komponent: vertikalne in horizontalne ali pa desne krožne in leve krožne komponente. Pri razstavljanju na komponente ne smemo pozabiti, da je kvadrat velikosti vektorja s kompleksnimi komponentami dan s skalarnim produktom vektorja z njegovo konjugirano-kompleksno vrednostjo.

Razmerje krožnih komponent označimo s črko Q. Q je kompleksno število, ki nam povsem točno opiše polarizacijske lastnosti valovanja. Q lahko naravnost izmerimo tako, da polje sprejemamo z dvema antenama, ena z desno in druga z levo polarizacijo. Sprejeta signala vodimo na kvocientni merilnik, ki izmeri razmerje amplitud ter medsebojno fazo.

Ker je dobre krožno polarizirane antene težko tehnično izdelati, je lažje izmeriti osno razmerje polarizacije. Osno razmerje R (ang. Axial ratio) je definirano kot razmerje med minimumom in

maksimumom signala, ki ga dobimo pri obračanju ravnine polarizacije linearno polarizirane sprejemne antene. Osno razmerje pogosto podajamo v logaritemskih enotah (decibelih). Iz osnega razmerja lahko izračunamo samo velikost razmerja krožnih komponent Q , fazo lahko dobimo iz poznavanja položaja minimuma oziroma maksimuma.

$$\frac{P}{P_{max}} = \frac{|1 + Q_1 Q_2|^2}{(1 + |Q_1|^2)(1 + |Q_2|^2)} \quad (1.1)$$

Če poznamo polarizacijo sprejemne in oddajne antene, izraženo s krožnimi razmerji Q_1 in Q_2 , potem lahko izračunamo faktor (izkoristek) prenosa moči po enačbi 1.1 glede na maksimalno moč, ki bi jo dobili, če bi polarizacijo ene od anten točno prilagodili na polarizacijo druge antene.

Tabela 1 prikazuje razmerje krožnih komponent, osno razmerje in faktor prenosa moči za nekaj najbolj zanimivih primerov polarizacije.

Oddajna polarizacija	Sprejemna polarizacija							
	Q	R	VP	HP	PP45	PP135	DCP	LCP
VP	+1	∞	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5
HP	-1	∞	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5
PP45	-j	∞	0.5	0.5	0	1	0.5	0.5
PP135	+j	∞	0.5	0.5	1	0	0.5	0.5
DCP	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0
LCP	∞	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	1

Tabela 1: Razmerje krožnih komponent Q , osno razmerje ter faktor prenosa moči.

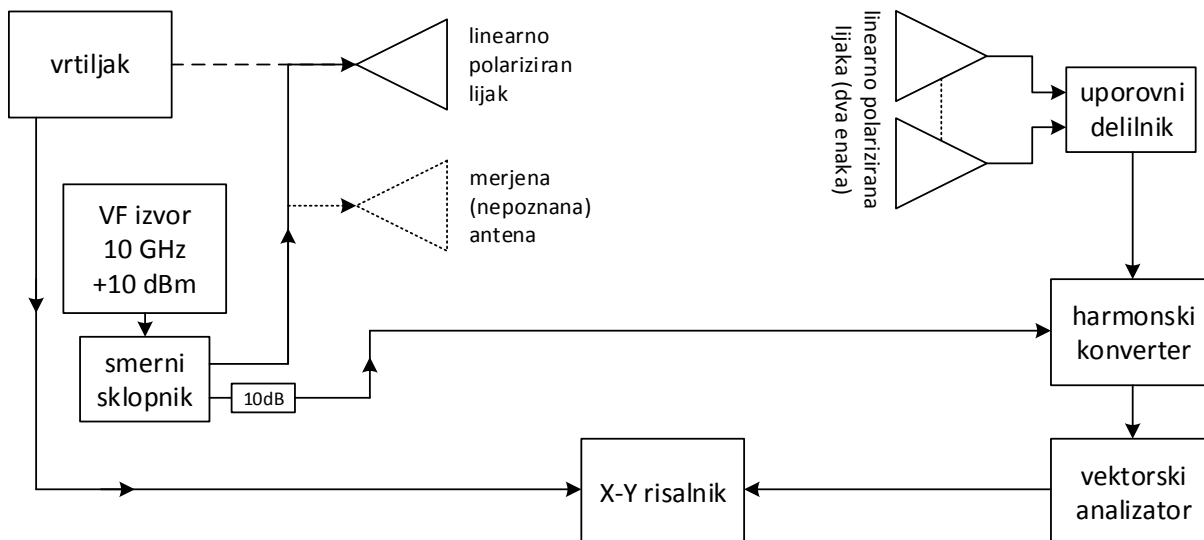
Kljub temu, da opisujejo povsem drugačen fizikalni pojav, so izrazi za računanje polarizacijskih veličin zelo podobni izrazom za računanje pojavov na prenosnem vodju. Pri tem ustreza razmerje krožnih komponent Q odbojnosti Γ na vodju, osno razmerje R pa razmerju stojnega vala R_o na vodju.

Seznam potrebnih pripomočkov

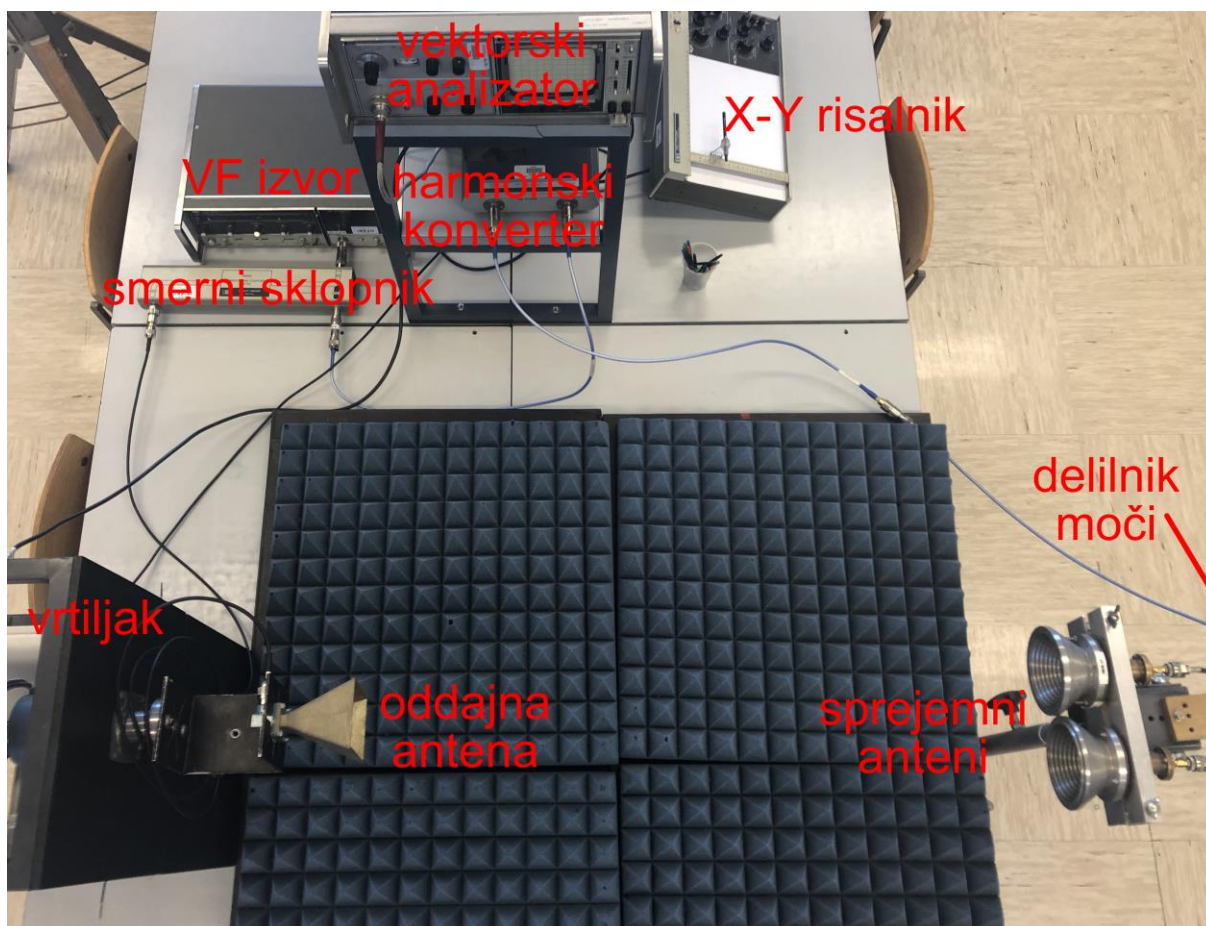
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 10GHz, z izhodno močjo do 10dBm (10mW).
- Tri linearno polarizirane antene (korugirane lijake).
- Podstavek za dve anteni.
- Anteno s krožno/neznano polarizacijo.
- 50ohmski uporovni delilnik za dve anteni.
- Vektorski kvocientni merilnik z risalnikom.
- Vrtiljak za merjeno anteno.
- Priključne kable za vse povezave.

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



Slika 2: Skica vezave merilnih pripomočkov

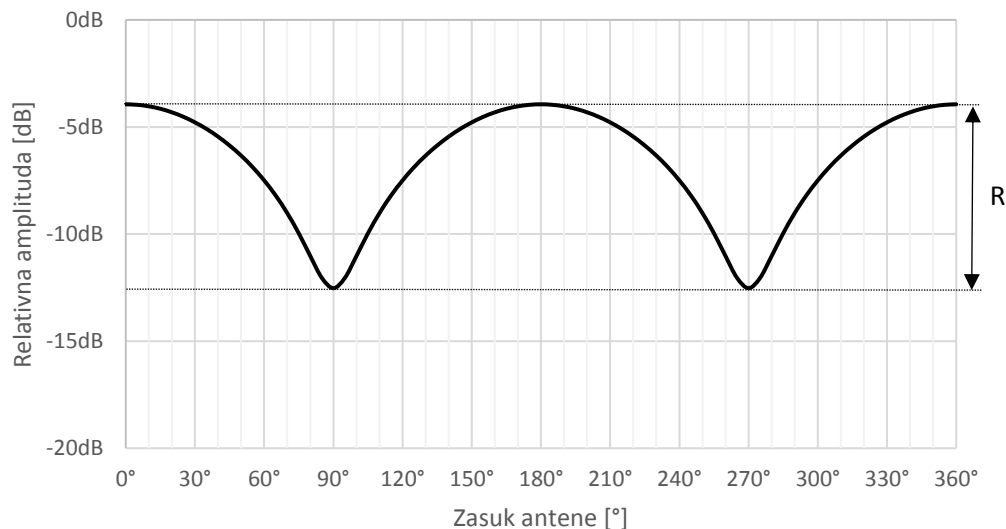


Slika 3: Slika vezave merilnih pripomočkov

Opis poteka vaje

Meritev polarizacije (osnega razmerja) antene opravimo podobno kot meritev smernega diagrama antene, le da vrtimo anteno po vzdolžni osi (polarizacija) namesto po enem od prerezov smernega diagrama.

Za preizkus merilne opreme najprej izmerimo osno razmerje z uporabo dveh znanih anten (linearno polarizirani lijaki). Pri tej meritvi moramo dobiti globok in oster minimum, ko sta polarizaciji lijakov med sabo pravokotni. Nato eno od anten zamenjamo z neznano (merjeno) anteno in spet izmerimo osno razmerje tako, da poiščemo minimum in maksimum pri vrtenju ene od anten po vzdolžni osi. Primer meritve osnega razmerja antene je prikazan na Sliki 4.



Slika 4: Merjenje osnega razmerja antene

Če je neznan antena skoraj linearno polarizirana (veliko osno razmerje), potem si zabeležimo lego minimuma: polarizacija merjene antene je nanjo pravokotna, minimum pa lahko odčitamo dosti točneje kot maksimum.

Če je neznan antena skoraj krožno polarizirana (majhno osno razmerje), moramo razen osnega razmerja ugotoviti še, če je antena levo ali desno krožno polarizirana. V ta namen sestavimo referenčno anteno iz dveh linearno polariziranih anten, ki jih napajamo preko uporabnega delilnika, fazni zamik napajanja pa dosežemo z različno dolžino kablov oziroma z vzdolžnim zamikom med antenama. Delovanje tako sestavljene antene moramo še prej preveriti z znano (linearno polarizirano) anteno.

Čeprav meritev polarizacije antene ni tako zahtevna kot meritev smernega diagrama, kar se odbitih valov in drugih motilnih pojavov tiče, saj delamo vedno z antenama obrnjenima z glavnima snopoma ena proti drugi, moramo vseeno paziti na omejitve merilnih instrumentov. Ko sestavljamo želeno polarizacijo z dvema antenama, moramo držati njuno medsebojno lego karseda konstantno skozi celo meritev, ker je skupna polarizacija zelo odvisna od medsebojne faze napajanja anten. Pri tem tudi majhne napake v dolžinah priključnih kablov in neprilagojenost anten prinašajo velike napake pri polarizaciji. Pri odbojih moramo tudi upoštevati, da se vertikalna komponenta odbija z različno fazo od horizontalne, krožno polariziran val zato pri odboju menja smer (desna v levo in obratno).

Vajo začnemo z merjenjem osnega razmerja znane, linearno polarizirane antene. Nato izmerimo polarizacijo neznanih anten. Končno skušamo sestaviti čimbolj krožno-polarizirano anteno iz dveh linearno-polariziranih anten.

Rezultat vaje predstavimo kot izpis risalnika za amplitudo osnega razmerja. Nato zamenjamo priključka risalnika y osi z izhodom faze vektorskega analizatorja in izrišemo še fazo. Pri tem

ne smemo pozabiti označiti skale (linearna, kvadratična ali logaritemska) z označevanjem razdelkov ter najmanjše/največje vrednosti!

Naloga

1. Izmerite osno razmerje, ko na sprejemu in oddaji uporabljate linearno polariziran korugiran lijak. Izmerite ter izrišite amplitudo in fazo.
2. Izmerite osno razmerje, ko na oddaji uporabljate neznano anteno. Izmerite ter izrišite amplitudo in fazo.
3. Z dvema linearno polariziranimi antenama poskusite na sprejemu sestaviti krožno polarizacijo. Na oddaji uporabite linearno polarizirano anteno. Izmerite ter izrišite amplitudo in fazo ter označite osno razmerje.