

VAJA 22. - UGOTAVLJANJE POLARIZACIJE ANTENE IN OSNEGA RAZMERJA
 =====

1. 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.

Pri antenah si pri določanju polarizacijskih lastnosti definiramo koordinatni sistem, kot je prikazano na sliki 1. Smerni vektor vertikalne komponente lv kaže navzgor, smerni vektor horizontalne komponente pa je tako obrnjen, da kaže njun vektorski produkt v smeri razširjanja valovanja lr 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 desno in druga levo polarizirani. 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 (angleško 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 bi lahko dobili iz poznavanja položaja minimuma oziroma maksimuma.

Če poznamo polarizacijo sprejemne in oddajne antene, izraženo s krožnimi razmerji Q_1 in Q_2 , potem lahko izračunamo faktor (izkoristek) prenosa moči po izrazu na sliki 2 glede na maksimalno moč, ki bi jo dobili, če bi polarizacijo ene od anten točno prilagodili na polarizacijo druge antene.

Na sliki 3 so prikazani razmerje krožnih komponent, osno razmerje in faktor prenosa moči za nekaj najbolj

zanimivih primerov polarizacije.

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_0 na vodju.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 10GHz, z izhodno močjo do 10dBm (10mW) in možnostjo amplitudne modulacije z 1kHz (27kHz) pravokotnim signalom.
- (2) Tri linearno polarizirane antene (korugirane lijake).
- (3) Podstavek za dve anteni.
- (4) Anteno s krožno/neznano polarizacijo.
- (5) 50ohmski uporovni delilnik za dve anteni.
- (6) Merilno diodo za 10GHz (ali vektorski kvocientni merilnik).
- (7) Merilni sprejemnik (1kHz ali 27kHz) z risalnikom.
- (8) Vrtiljak za merjeno anteno.
- (9) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 4.

3. Obrazložitev in 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 prereзов 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 5.

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 pa 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 uporovnega 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. Meritev je seveda dosti enostavnejša, če namesto uporovnega delilnika in diode razpolagamo s kvocientnim merilnikom.

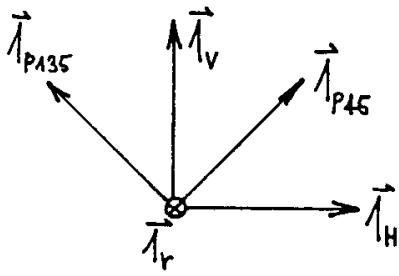
Čeprav meritev polarizacije antene ni tako zahtevna kot meritev smernega diagrama, kar se odbitih valov in drugih motilnih pojavov tiče, saj delamo vedno z antenama obrnjenima z glavnima snopoma ena proti drugi, moramo vseeno paziti na omejitve merilnih inštrumentov. Ko sestavljamo željeno polarizacijo 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).

4. Prikaz značilnih rezultatov

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. Pri tem ne smemo pozabiti označiti skale (linearna, kvadratična ali logaritemska). Če razpolagamo s kvocientnim merilnikom, priložimo tudi diagram izmerjene faze.



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

$$\vec{1}_{P45} = \frac{\vec{1}_V + \vec{1}_H}{\sqrt{2}} \quad \vec{1}_{P135} = \frac{\vec{1}_V - \vec{1}_H}{\sqrt{2}} \quad \text{enotni vektorji za poševni polarizaciji}$$

$$\vec{1}_L = \frac{\vec{1}_V + j\vec{1}_H}{\sqrt{2}} \quad \vec{1}_D = \frac{\vec{1}_V - j\vec{1}_H}{\sqrt{2}} \quad \text{enotni vektorji za krožni polarizaciji}$$

$$\vec{E} = \vec{1}_L E_L + \vec{1}_D E_D$$

razstavljanje vektorja \vec{E} na krožne komponente

$$E_L = \vec{E} \cdot \vec{1}_L^* \quad E_D = \vec{E} \cdot \vec{1}_D^*$$

$$Q = \frac{E_L}{E_D} \quad \text{razmerje krožnih komponent}$$

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

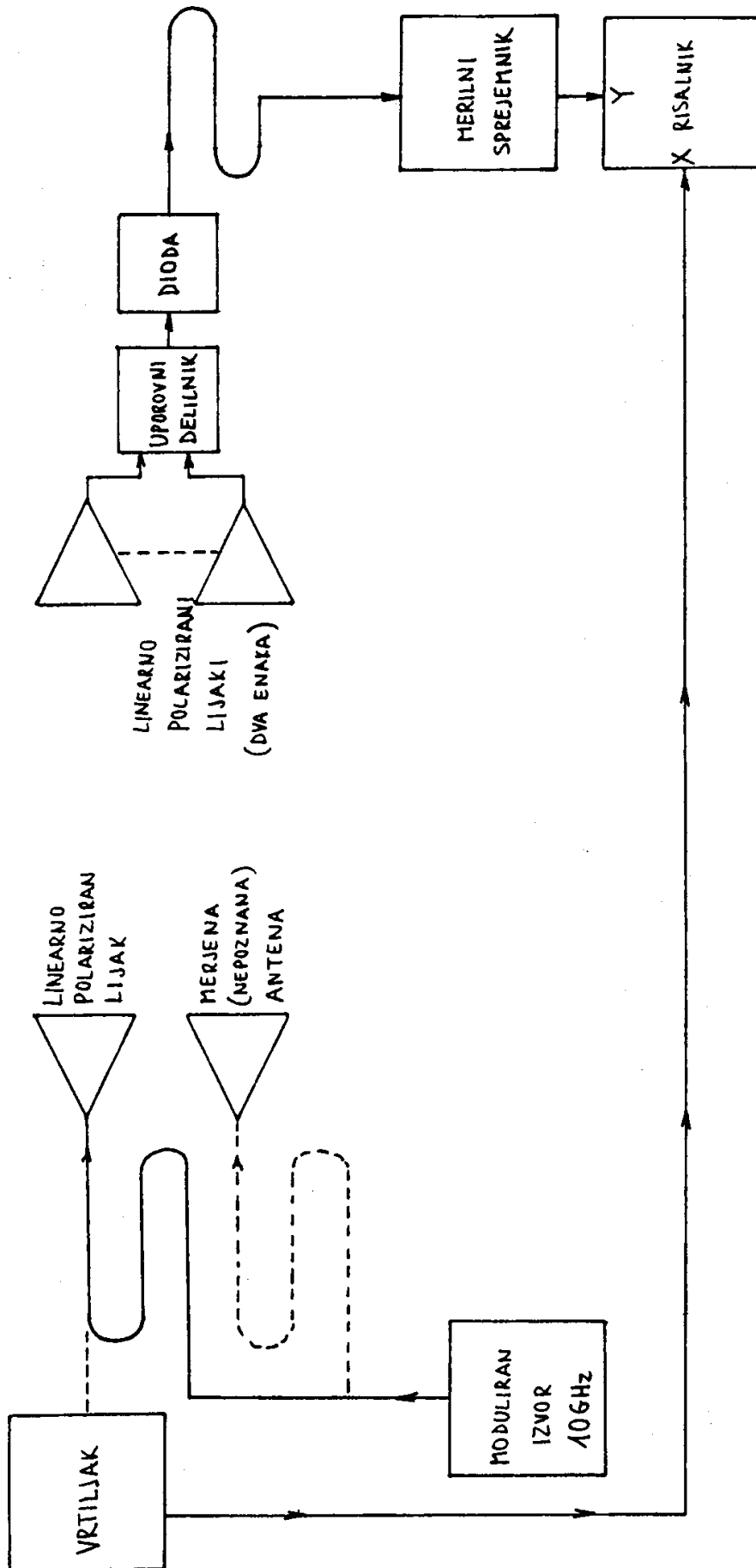
Slika 1. - Definicije veličin.

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

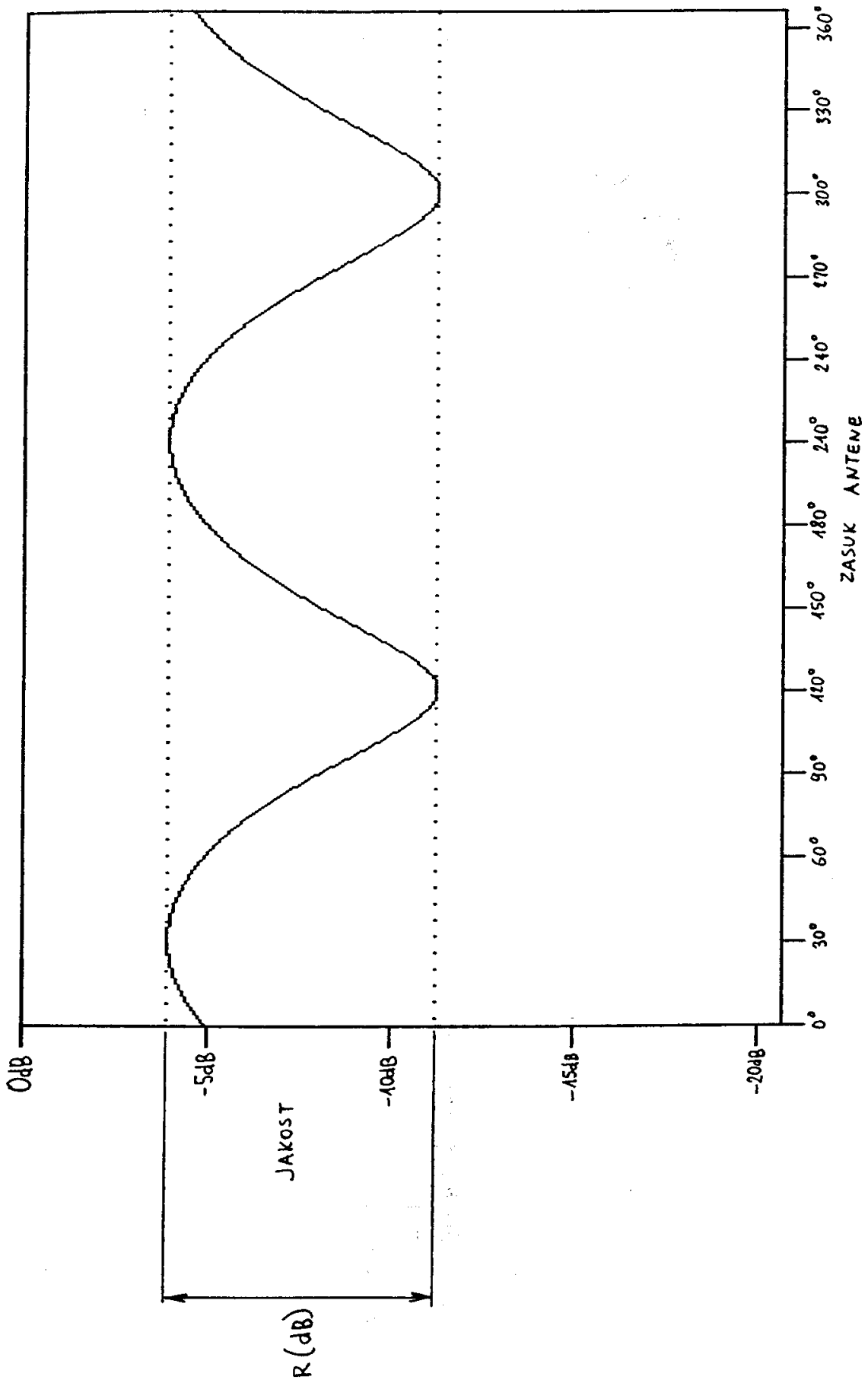
Slika 2. - Faktor prenosa moči.

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

Slika 3. - Razmerje krožnih komponent Q, osno razmerje ter faktor prenosa moči.



Slika 4. - Vezava merilnih instrumentov



Slika 5. - Merjenje osnega razmerja antene.