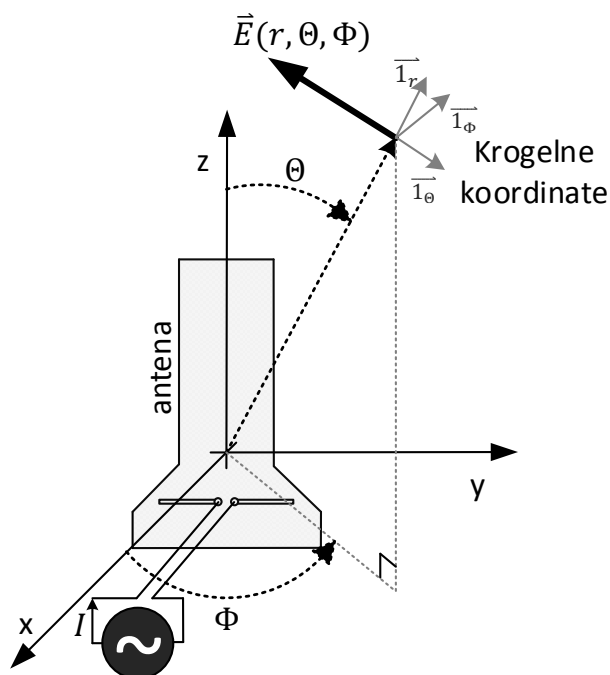


Merjenje smerne diagrama antene

Smerni diagram

Vsako anteno opisujeta dva pomembna podatka: smerni diagram $F(\Theta, \Phi)$ in sevalni izkoristek η . Smerni diagram pove, v katero smer antena izseva moč, ki jo dovaja oddajnik oziroma iz katere smeri prihaja moč, ki jo antena daje sprejemniku. S preprostimi besedami: slednji pomeni, kam naj antena seva in kam naj antena ne seva. $F(\Theta, \Phi)$ imenujemo tudi amplitudni smerni diagram, čeprav je to kompleksna funkcija, ki opisuje spreminjanje amplitude in faze polja v odvisnosti od smeri Θ in Φ . Sevalni izkoristek pove, kolikšen delež moči oddajnika se koristno pretvori v valovanje v praznem prostoru oziroma kolikšen delež prispele moči iz praznega prostora konča v sprejemniku.

Smerni diagram običajno zapišemo v krogelnem koordinatnem sistemu, kjer je Φ zemljepisna dolžina, namesto zemljepisne širine pa uporabljamo polarno razdaljo Θ .



$$\vec{E} = \vec{1}_p \propto I \frac{e^{-j2\pi\frac{r}{\lambda}}}{r} F(\Theta, \Phi)$$

polarizacija

$$D = \frac{4\pi |F(\Theta_{MAX}, \Phi_{MAX})|^2}{\oint_{4\pi} |F(\Theta, \Phi)|^2 d\Omega}$$

$$F\left(\Theta, \Phi = \frac{\pi}{2}\right) \equiv \text{Ravnina } \vec{E} (yz)$$

$$F(\Theta, \Phi = 0) \equiv \text{Ravnina } \vec{H} (xz)$$

Slika 1: Smerni diagram antene

Anteno postavimo v koordinatno izhodišče. Sevano električno polje antene $\vec{E}(r, \Theta, \Phi)$ je vektorska funkcija vseh treh koordinat: oddaljenosti od izhodišča r , polarne razdalje Θ in zemljepisne dolžine Φ . Elektromagnetno valovanje je prečno valovanje: polarizacijo sevane električnega polja opisuje smerni vektor $\vec{1}_p$. Pri dovolj veliki razdalji r je odvisnost od razdalje za vse antene enaka. Če nam meritev daje drugačno odvisnost od razdalje, to preprosto pomeni, da merimo preblizu.

Od številnih lastnosti antene nas najbolj zanima smernost D (angleško: directivity). Smernost je neimenovano razmerje, ki nam pove, kolikokrat višjo gostoto moči seva antena v željeni smeri v primerjavi s popolnoma neusmerjeno (izotropno) anteno pri enaki (nespremenjeni)

skupni izsevani moči. Smernost pogosto preračunamo v decibele glede na izotropno anteno $D_{dBi} = 10 \log_{10} D$.

Soroden pojem smernosti je dobitok G (angleško: gain). Dobitek antene je zmnožek sevalnega izkoristka in smernosti antene. Tudi dobitok je neimenovano razmerje, zato ga pogosto preračunamo v decibele glede na izotropno anteno $G_{dBi} = 10 \log_{10} G = 10 \log_{10} \eta + D_{dBi}$. Dobro načrtovane antene imajo sevalni izkoristek $\eta \approx 1$ blizu enote. Pri takšnih antenah je dobitok $G \approx D$ zelo blizu smernosti.

Ker je smerni diagram v katerikoli obliki funkcija dveh neodvisnih spremenljivk, kotov Θ in Φ , je meritev v vseh možnih smereh lahko izredno zamudna. Nalogo si poenostavimo tako, da izmerimo več skrbno izbranih prereзов smernega diagrama. Na primer, anteno vrtimo po polarni razdalji pri izbrani, konstanti zemljepisni dolžini Φ_1 . Isto meritev nato ponovimo pri drugačni zemljepisni dolžini Φ_2 in tako naprej. Dobimo N različnih prereзов smernega diagrama $F(\Theta, \Phi_1), F(\Theta, \Phi_2), F(\Theta, \Phi_3) \dots F(\Theta, \Phi_N)$.

Če predvidevamo rotacijsko simetričen smerni diagram, ki ni odvisen od zemljepisne dolžine Φ , v grobem zadošča že meritev enega samega prereza smernega diagrama, da iz njega določimo smernost antene D . Natančnejšo smernost D merjene antene dobimo tako, da izmerimo več različnih prereзов smernega diagrama. V primeru preproste antene izmerimo najmanj dva med sabo pravokotna prereza.

Iz N grobih ocen smernosti $D_1, D_2, D_3 \dots D_N$ v N različnih prerezih nato izračunamo dosti natančnejšo smernost D :

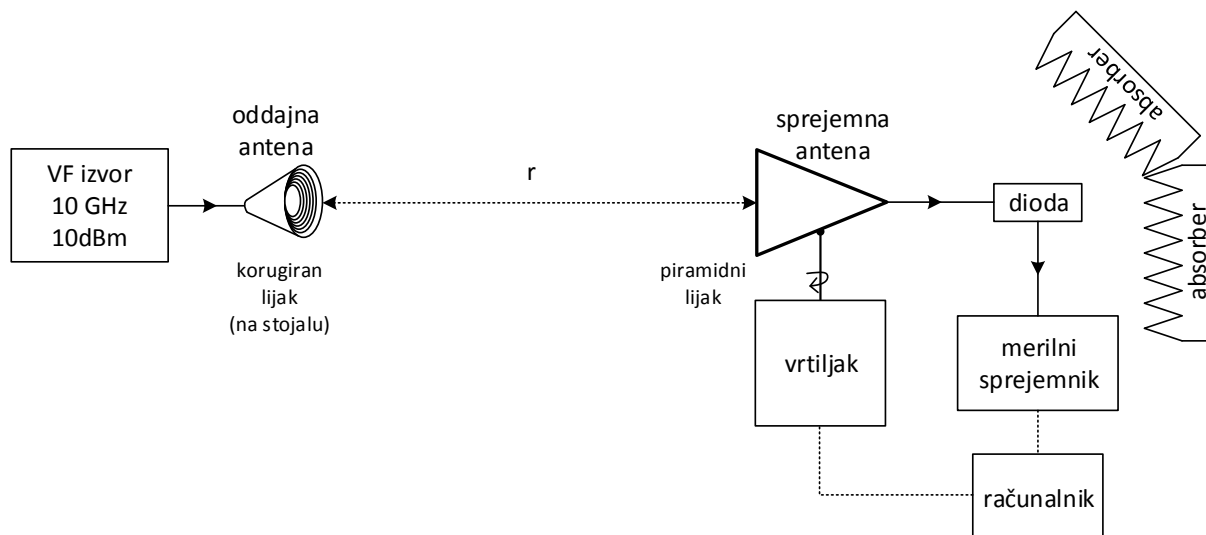
$$D = \frac{N}{\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} + \frac{1}{D_3} + \dots + \frac{1}{D_N}}$$

Seznam potrebnih pripomočkov

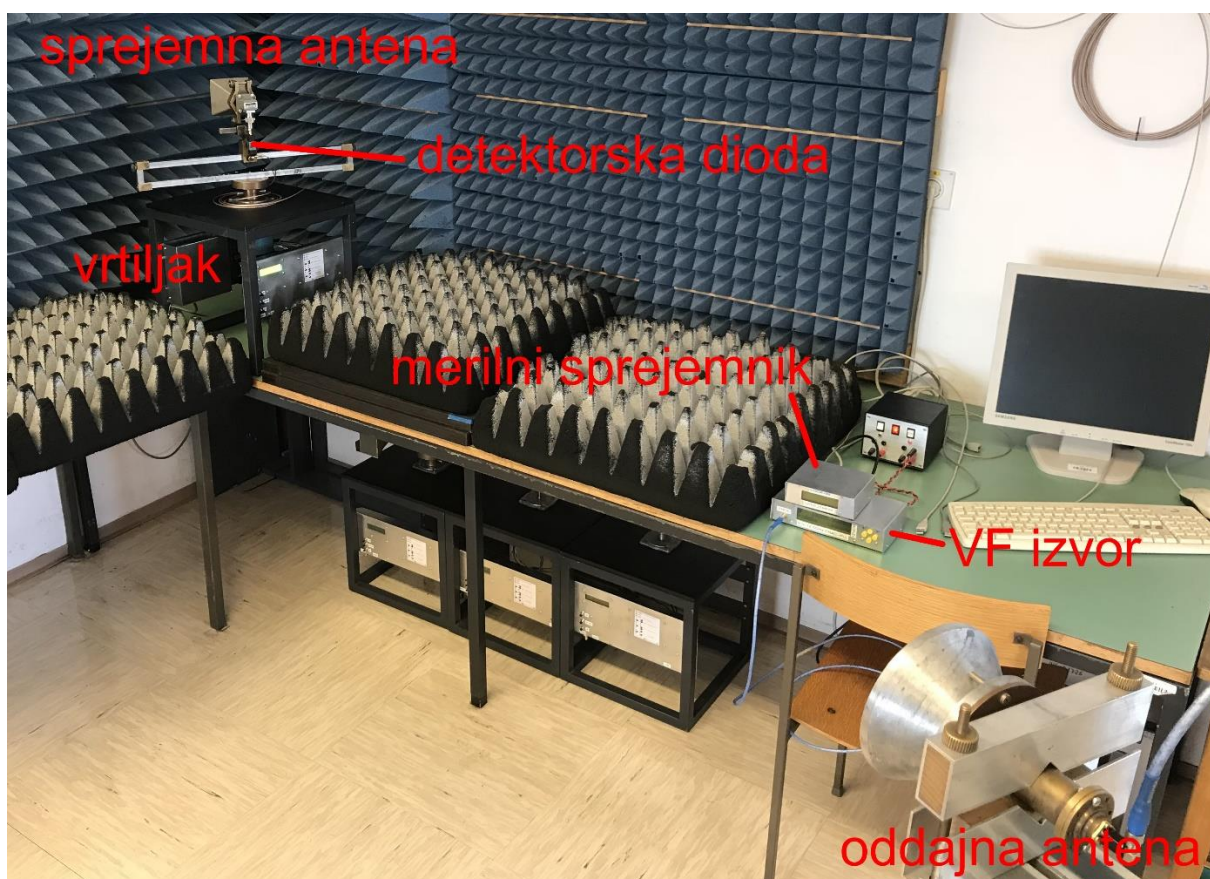
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 10GHz, z izhodno močjo do 10dBm (10mW) in možnostjo amplitudne modulacije z 1kHz pravokotnim signalom.
- Dve anteni za 10GHz (korugiran lijak in piramidna antena).
- Merilno diodo za 10GHz z Lock-in sprejemnikom.
- Vrtiljak za eno anteno in nepremični podstavek za drugo.
- Računalnik s programom za merjenje anten.
- Nekaj plošč absorberja
- 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

Pri izvedbi vaje moramo najprej pomisliti na zahteve meritve in na omejitve merilnih inštrumentov. Pri meritvi smernega diagrama zahtevamo, da se anteni nahajata na dovolj veliki razdalji, v področju daljnega polja. Zahtevo moramo upoštevati za obe anteni, ki ju uporabljamo pri meritvi! Ker meritve ne moremo opraviti v povsem praznem prostoru, bodo rezultat meritve smernega diagrama v glavnem motili odbiti valovi od predmetov v bližnji okolici. Zato je treba ustrezno namestiti plošče iz snovi, ki vpija radijske valove dane frekvence. Glavna omejitev merilnih inštrumentov je občutljivost sprejemnika (diode). Zato ustrezno

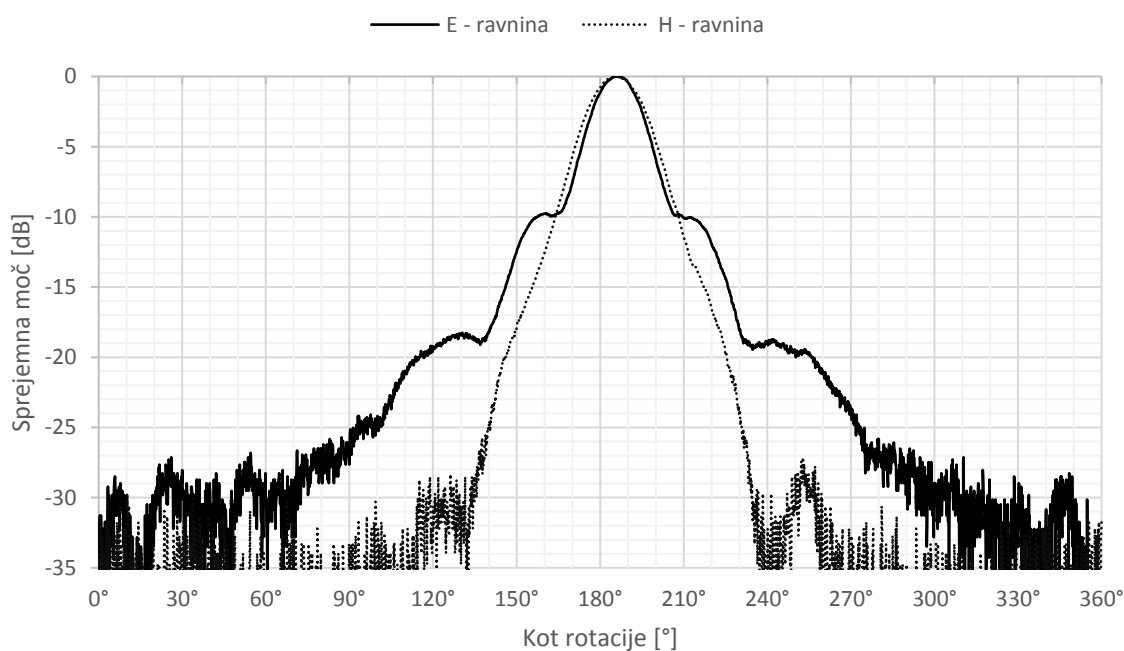
nastavimo izhodno moč oddajnika tako, da bomo diodo uporabljali v pravilnem režimu delovanja.

Pri merjeni anteni moramo določiti ali poiskati smer, v katero ta največ seva. Pri uporabljenih lijakah bo to smer naravnost naprej, pravokotno na odprtino lijaka. Koordinatni sistem si obrnemo tako, da tej smeri ustreza os Z.

Določiti moramo tudi prereze, v katerih bomo smerni diagram merili. Za lijake dane oblike in dimenzij zadoščata dva prereza pod pravim kotom. Izberemo ju tako, da eden ustreza ravnini električnega polja, drugi pa je nanjo pravokoten. Prereza ustrezata dvema ravninama s konstantnim fi-jem v našem koordinatnem sistemu, anteno pa vrtimo po kotu theta.

Pred pričetkom meritve izklopimo napajanje vrtiljaka, da popusti električna zavora motorja. Obe anteni obrnemo za isto polarizacijo. Frekvenco oddajnika nastavimo na 10 GHz z 1 kHz amplitudne modulacije. Moč oddajnika ustrezno nastavimo tako, da z ročnim vrtenjem antene na Lock-in sprejemniku vidimo vsaj 45 dB dinamike (0 dB kadar sprejemamo šum, ter vsaj 45 dB pri sprejemu glavnega snopa). Pri tem seveda pazimo, da s telesom popolnoma ne zakrivamo glavnega oddajnega snopa. Merilni sprejemnik omogoča tudi večji dinamični razpon, vendar se takrat že približujemo mejnim sposobnostim diodne glave. Ko določimo ustrezno oddajno moč, zavrtimo anteno v izhodišče tako, da odprtina lijaka gleda stran od oddajne antene, vklopimo napajanje vrtiljaka in opravimo testno meritev. Pri pravilni nastavitvi, se bo šum sprejema nahajal na dnu merilne skale.

Anteno običajno zavrtimo v enem prerezu za polni kot (360 stopinj). Na ta način preverimo, če smo res zadeli maksimum smernega diagrama, če so stranski snopi simetrični in koliko motijo meritev odboji. Meritev ponovimo v drugem prerezu, oba izmerjena diagrama pa jasno označimo, za katero orientacijo antene sta bila izmerjena. Pri merjenju drugega prereza ne smemo pozabiti na polarizacijo oddajne antene na drugi strani radijske zveze! Nato oddajno anteno postavimo še v obratno (napačno) polarizacijo in ponovimo meritev pri nespremenjeni moči oddaje. Opazujemo smerni diagram antene pri takšni napačni merilni postavitvi.



Slika 4: Primer meritve smernega diagrama piramidnega lijaka v dveh ravninah

Vse meritve smernega diagrama, preračun smernosti in kot glavnega snopa za nas opravi računalniški program. Meritve si shranimo v zelenem izhodnem formatu in jih natisnemo.

Primer izmerjenega smernega diagrama je prikazan na Sliki 4. Amplitudna skala je logaritemska in je izražena v dB. Na sliki 4 vidimo tudi motilne pojave: mejo občutljivosti (šum) merilnega sprejemnika in (majhen) vpliv odbitih valov. Če želimo opraviti ročno integracijo smernega diagrama je priporočljivo razširjeno razrisati vsaj osrednji del diagrama.

Naloga

1. Izmerite smerni diagram piramidnega lijaka v ravnini E in H. Rezultata natisnite na en A4 list. Iz obeh meritev izračunajte smernost antene.
2. Izmerite smerni diagram piramidnega lijaka, kadar sta polarizaciji anten pravokotni med seboj. Rezultat natisnite na drug A4 list.