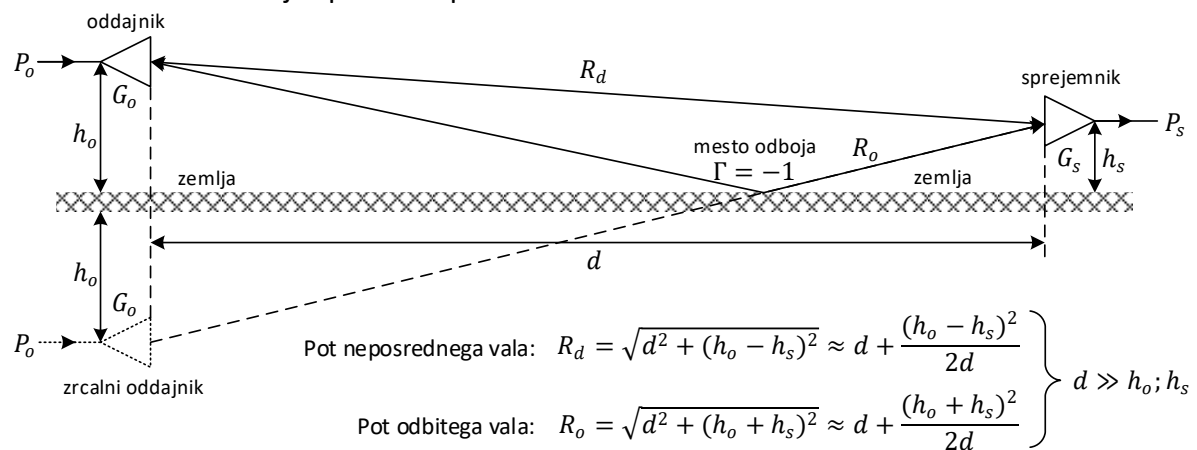


Interferenca krožno-polariziranih valov nad ravno površino

Radijska zveza nad zemeljsko površino

Odbiti valovi ne motijo samo antenskih meritev pač pa tudi večino resničnih radijskih zvez. V slučaju zemeljske radijske zveze je najbolj nadležen odboj od ravne zemeljske površine, ki je ponazorjen na Sliki 1. Odboj od zemeljske površine prinaša predvsem dodatno slabljenje v radijsko zvezo. Celotno slabljenje zveze s takšnim odbojem je zato dosti večje od slabljenja zveze na enaki razdalji v praznem prostoru.



Slika 1: Radijska zveza nad zemeljsko površino

V večini radijskih zvez sta višini oddajne h_o in sprejemne h_s antene dosti manjši od vodoravne razdalje med antenama d . Kot, pod katerim se radijski valovi odbijejo od zemeljske površine, je zelo majhen in to ima več posledic. Pri nizkih vpadnih kotih je odbojnost zemeljske površine skoraj enaka -1, ne glede na prevodnost tal. Vpliv neravnosti tal je majhen iz istega razloga. Ker je kot med neposrednim in odbitim žarkom majhen, neposrednega in odbitega vala običajno ne moremo ločiti s smernim diagramom sprejemne ali oddajne antene.

$$E_s = E_d + E_o = \sqrt{\frac{2P_o G_o Z_0}{4\pi}} \cdot \frac{e^{-jkR_d}}{R_d} + \sqrt{\frac{2P_o G_o Z_0}{4\pi}} \cdot \Gamma \cdot \frac{e^{-jkR_o}}{R_o} \quad (1.1)$$

Električno polje na mestu sprejemne antene je kazalčna vsota neposrednega in odbitega vala, ko to prikazuje enačba 1.1. Pri majhnih višinah obeh anten nad ravno zemeljsko površino je interferenca med neposrednim in odbitim valom uničujoča in znatno slabi polje na mestu sprejema. Obratno se pri velikih višinah anten prispevki neposrednega in odbitega vala lahko tudi seštejejo v fazi in dobimo zaradi odboja celo močnejše polje kot pri enako dolgi zvezi v praznem prostoru.

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{G_s \lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{|E_s|^2}{2Z_0} \\ &\approx \frac{P_o G_o G_s \lambda^2}{(4\pi d)^2} |e^{-jkR_d} - e^{-jkR_o}|^2 \\ &\approx \frac{P_o G_o G_s \lambda^2}{(4\pi d)^2} \cdot 4 \sin^2 \left\{ \frac{\pi}{2d\lambda} [(h_o + h_s)^2 - (h_o - h_s)^2] \right\} \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$P_s \approx \frac{P_o G_o G_s \lambda^2}{(4\pi d)^2} \cdot 4 \sin^2 \left(\frac{2\pi h_o h_s}{d\lambda} \right) \quad (1.3)$$

Končni rezultat za slabljenje takšne zveze je v enačbi 1.2 napisan tako, da predstavlja prvi del izraza slabljenje v praznem prostoru, drugi del pa dodatek zaradi interference. V slučaju zemeljske radijske zveze sta višini obeh anten majhni glede na razdaljo med antenama, zato je argument sinusa majhen in lahko vrednost sinusa kar nadomestimo z argumentom, kot to zapišemo z enačbo 1.3. V tem slučaju ugotovimo, da raste slabljenje takšne radijske zveze s četrto potenco razdalje, v nasprotju z zvezo v praznem prostoru, kjer raste slabljenje le s kvadratom razdalje. Dodatno slabljenje zaradi interference lahko zmanjšamo le z večjo višino obeh anten nad zemeljsko površino.

V slučaju radijske zveze zemeljske postaje z letalom ali umetnim satelitom povzroča odboj od površine tal nadležno nihanje jakosti signala. Ker so vpadni koti večji, se vplivu odbitih valov lahko izognemo z uporabo usmerjenih anten. Interferenco z odbitimi valovi omejimo tudi z uporabo krožne polarizacije, ker ima odbojnost tal pri večjih vpadnih kotih različen predznak za vertikalno oziroma horizontalno polarizacijo in zato menja smer vrtenja krožno polariziranega vala.

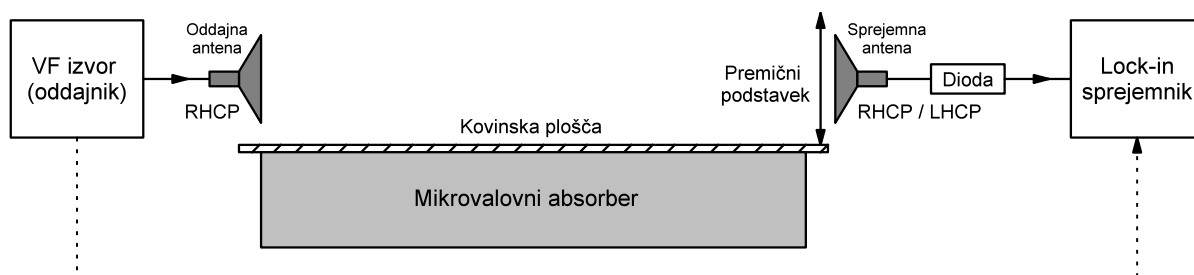
Pri uporabi GNSS signalov nas bolj kot samo nihanje sprejemne moči zaradi razširjanja po večpotju moti časovna zakasnitev istega (oddanega) signala. V primeru, da je odboj celo močnejši od neposrednega vala, ki ga zastira visoka stavba ali hrib, to prinese znatno poslabšanje točnosti določanja položaja, s čimer se lahko izračunan položaj premakne tudi za več metrov! Krožna polarizacija tako v tem primeru ne koristi zgolj pri preprečevanju interference, temveč zaradi menjave smeri polarizacije pri odboju od tal služi predvsem odpravi zakasnjene inačice istega signala že na nivoju sprejema. Sodobna digitalna obdelava zakasnjeno informacijo sicer lahko zavrže, a je zato potrebna dodana obdelava po enega izmed satelitov in uspešnem pridobivanju informacije o almanahu.

Seznam potrebnih pripomočkov

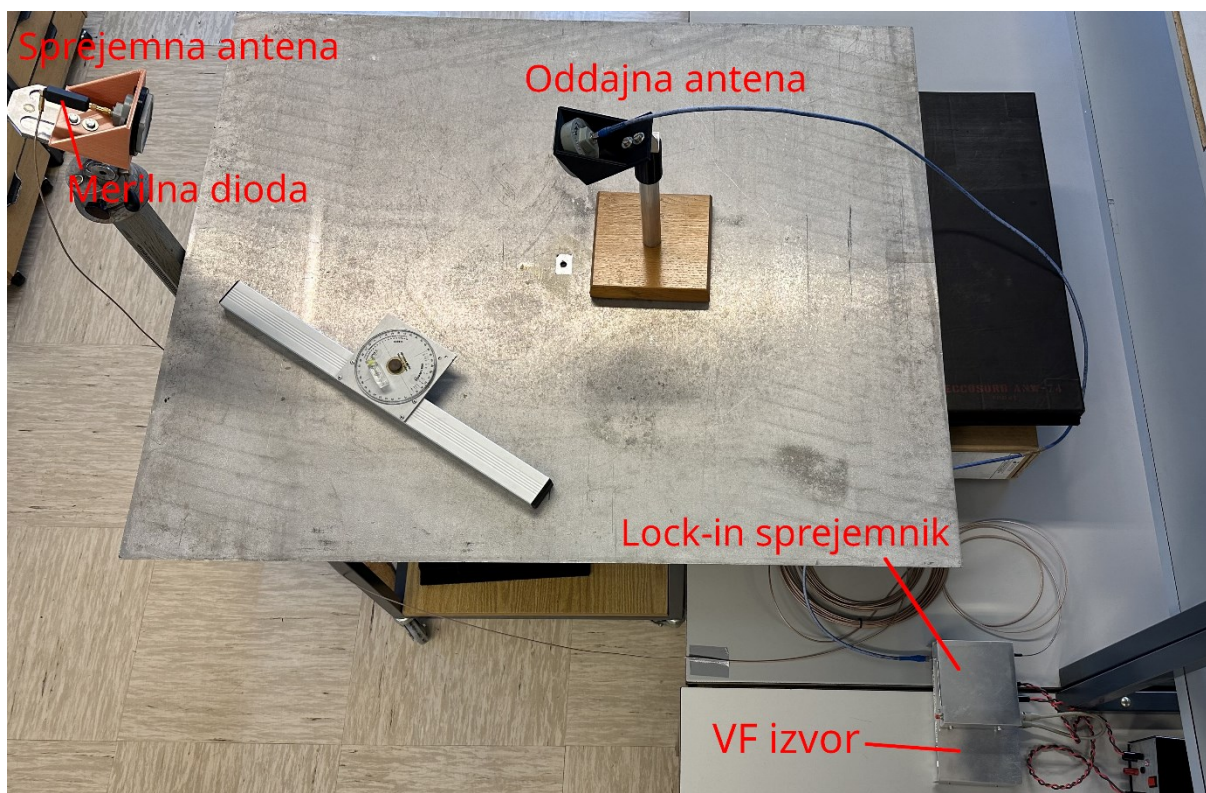
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 1.7-4.2GHz, z izhodno močjo vsaj 10 dBm (10mW).
- Krožno-polarizirano (oddajno) anteno za "S" frekvenčno področje na nepremičnem podstavku, ter levo in desno-krožno polarizirano (sprejemno) anteno na podstavku z nastavljivo višino.
- Lock-in sprejemni merilnik s pripadajočo diodno glavo.
- Ravno kovinsko ploščo s površino vsaj en kvadratni meter, na ustreznem podstavku (mizi).
- Nekaj plošč ravnega mikrovalovnega absorberja.
- Vodno tehniko s kotomerom.
- Priključne kable za vse povezave.

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



Slika 2: Skica vezave merilnih pripomočkov

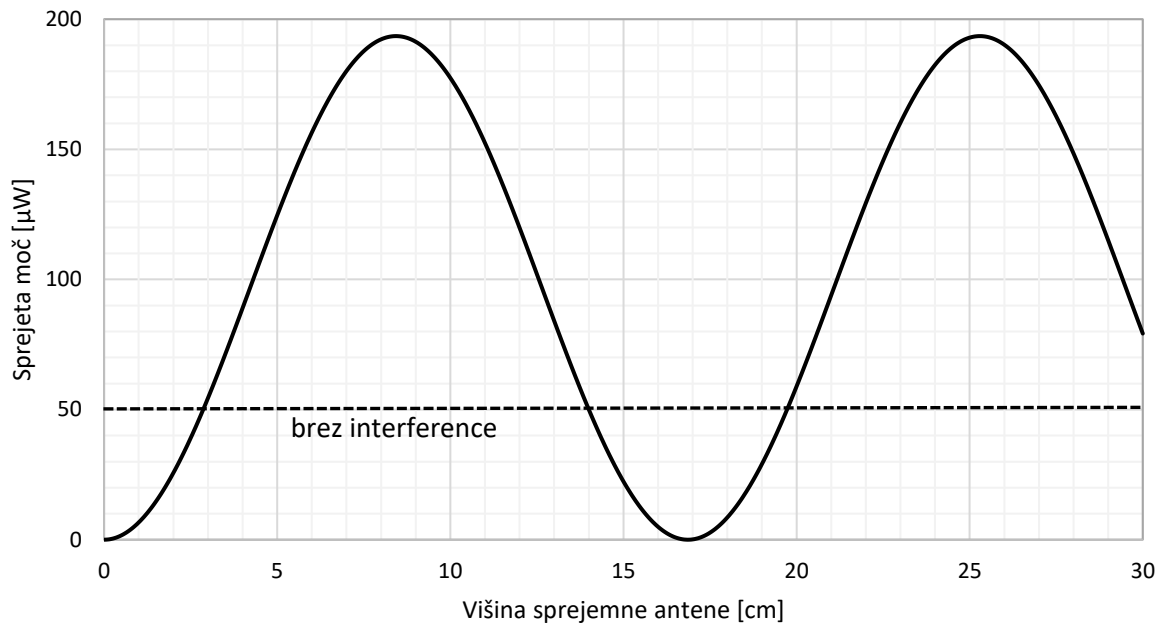


Slika 3: Slika vezave merilnih pripomočkov

Opis poteka vaje

Pri vaji izmerimo interferenco valov nad ravno površino pri uporabi krožno polariziranih anten. Povsem jasno je, da bo pri dveh linearno polariziranih antenah prišlo do nihanja sprejete moči, kot to prikazuje Slika 4. Nihanje moči seveda izgine oziroma močno oslabi, če kovinsko ploščo odstranimo oziroma jo prekrijemo s kosom mikrovalovnega absorberja. Na ta način lahko tudi enostavno preverimo učinkovitost samega absorberja.

Drugačen rezultat pričakujemo pri krožni polarizaciji. Signal bo pri odboju od tal menjal smer polarizacije, torej iz desno-krožne v levo ali obratno, zaradi česar nihanje moči na sprejemni anteni ne bo zaznavno. Seveda povsem podobno velja, če uporabljamo sprejemno anteno z napačno polarizacijo. V tem primeru bomo sprejeli samo signal, ki je k nam prišel preko odboja od tal. In nazadnje je z linearno polarizirano sprejemno anteno povsem nemogoče razločiti med neposrednim in odbitim valom, kadar za sprejem uporabljamo zgolj preprost merilnik moči.



Slika 4: Sprejeta moč kot funkcija višine sprejemne antene

Pred izvedbo meritev moramo najprej pomisliti na zahteve in omejitve merilnih inštrumentov. Pri meritvi slabljenja radijske zveze zahtevamo, da se anteni nahajata na dovolj veliki razdalji, v področju daljnega polja. Zahtevo upoštevamo za obe anteni, ki ju uporabljamo pri meritvi! Ravno zemeljsko površino ponazorimo s kosom pločevine, ki ima za razliko od tal odbojnost -1 tudi za večje vpadne kote. Pločevino postavimo na kocko iz mikrovalovnega absorberja in tako zagotovimo, da se radijski valovi ne razširjajo slučajno tudi pod ploščo. Plošča mora biti tudi zadosti ravna glede na valovno dolžino oddajnika!

Glavna omejitev merilnih instrumentov je občutljivost merilnika moči (sprejemnika). Pri tem lahko uporabljamo močnejši izvor ali pa bolj občutljiv merilnik. Močnejši izvor je načeloma dražji in bolj dovzeten za poškodbe pri nepravilnem rokoivanju, zato za sprejem raje uporabimo diodni detektor. Ta je vezan v sistem Lock-in sprejemnika, ki je vklenjen na amplitudno moduliran VF izvor oddajne strani. Takšna postavitve nam omogoča sočasno delovanje več različnih postavitvev laboratorijskih vaj z izsevanim poljem v prostor.

Rezultat vaje predstavimo kot meritev sprejete moči v odvisnosti od kota nagiba sprejemne antene. To storimo za oba primera sprejemne antene: Krožno polarizirana oddajna antena $\rightarrow$ levo-krožno polarizirana sprejemna ter krožno polarizirana oddajna antena $\rightarrow$ desno-krožno polarizirana sprejemna.

Naloga

1. Izmerite interferenco valov nad ravno površino za dve različno polarizirani sprejemni anteni (LHCP, RHCP).