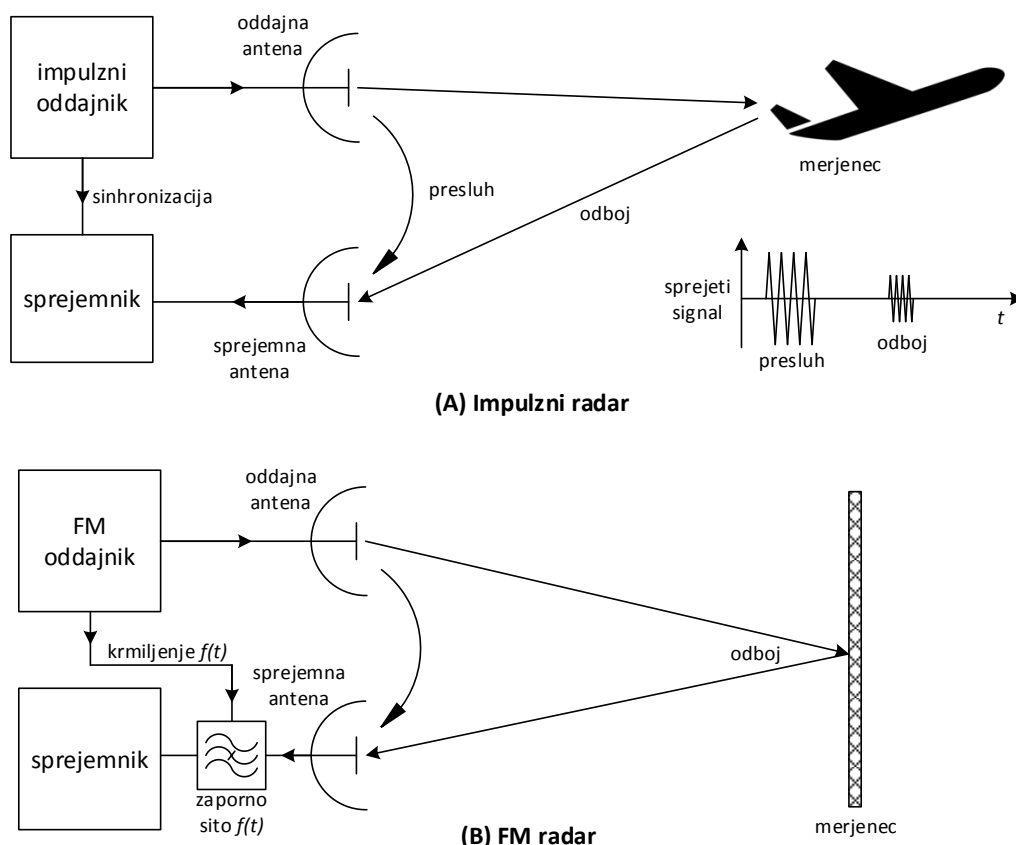


Merjenje razdalje s frekvenčno-moduliranim radarjem

Merjenje razdalje z elektromagnetnim valovanjem

Osnova merjenja razdalje z elektromagnetnim valovanjem je (običajno natančno) poznana hitrost razširjanja valovanja. Fazna hitrost in skupinska hitrost elektromagnetnega valovanja sta v zemeljskem ozračju zelo blizu hitrosti svetlobe v povsem praznem prostoru. Merjenje razdalje je osnova radionavigacije in radiolokacije. Pri radionavigaciji skuša uporabnik določiti lastni položaj s pomočjo lastnih radijskih naprav in radijskih svetilnikov na znanih točkah. Pri radiolokaciji (radarju) pa skušamo z radijsko napravo na znanem mestu določiti položaj radijsko povsem pasivnega oziroma aktivnega (radarski transponder na civilnih letalih) uporabnika.

Pri radiolokaciji se radijski oddajnik in sprejemnik običajno nahajata na istem mestu (monostatični radar). V tem slučaju je osnovni tehnični problem zagotoviti dovolj majhen presluh med sprejemnikom in oddajnikom, saj je odbiti signal od oddaljenega uporabnika razmeroma šibek. Glede na velikostne razrede merjenih veličin razlikujemo dve tehnični rešitvi: impulzni radar in frekvenčno-modulirani radar (slika 1).



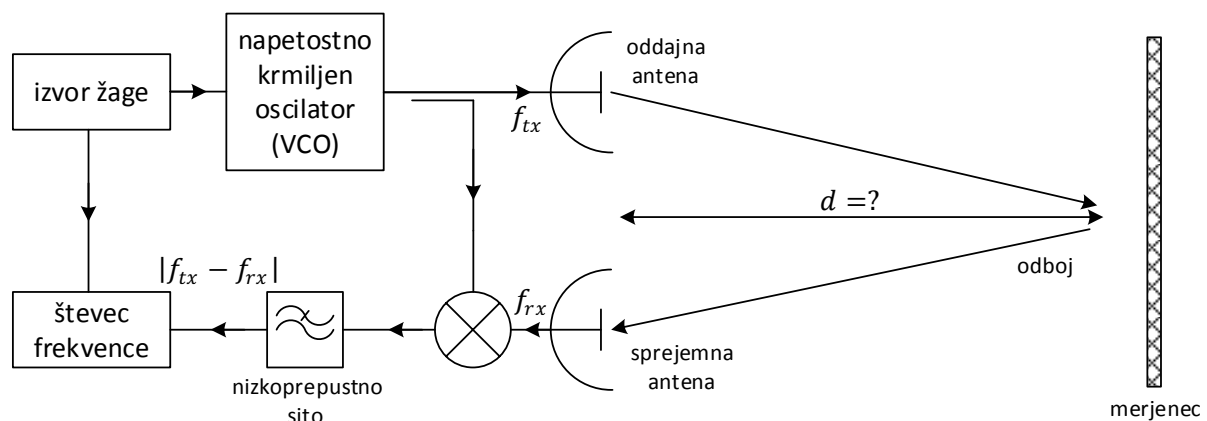
Slika 1: Impulzni in FM radar.

Pri impulznem radarju delujeta oddajnik in sprejemnik izmenično. Oddajnik omeji čas oddajanja na razmeroma kratek impulz. Sprejemnik je v času oddajanja sicer onesposobljen zaradi neželenega presluha med sprejemno in oddajno anteno. Čas trajanja impulza zato izberemo dosti krajši od časa potovanja radijskega signala do merjenca in nazaj, da je v času prihoda odbitega vala oddajnik izključen.

Pri frekvenčno-moduliranem radarju oddajnik stalno oddaja, vendar spreminja frekvenco lastne oddaje. Ker je odboj od merjenca časovno zakasnen, je njegova trenutna frekvenca drugačna od trenutne frekvence oddajnika. Sprejemnik torej loči željeni odboj valovanja od neželenega presluha glede na frekvenco sprejetega signala.

Vsaka od opisanih tehničnih rešitev ima svoje dobre in slabe strani. Impulzni radar omogoča velik domet, ker je v času sprejema odboja oddajnik povsem izključen in dosega sprejemnik visoko občutljivost. Domet frekvenčno-moduliranega radarja omejuje presluh, ki ga s frekvenčnimi siti ne moremo povsem izločiti. Obratno je za merjenje kratkih razdalj primernejši frekvenčno-modulirani radar, ker kratki impulzi zahtevajo veliko frekvenčno pasovno širino oddanega signala ter visoko vršno moč oddajnika.

Pri frekvenčno-moduliranem radarju frekvenco oddajnika najpogosteje moduliramo z nizkofrekvenčnim signalom žagaste ali trikotne oblike. Če frekvenca oddajnika linearno narašča (ali upada), je trenutna razlika med oddajno in sprejemno frekvenco konstantna in premo sorazmerna razdalji do merjenca. Presluh med oddajnikom in sprejemnikom zato pogosto izkoristimo kot lokalni oscilator sprejemnika, ki nam v mešalniku da razliko obeh frekvenc, kot je to prikazano na sliki 2. Na tej osnovi delujejo na primer radijski višinomeri v letalih v frekvenčnem pasu širine do 100 MHz okoli osrednje frekvence 4,3 GHz.



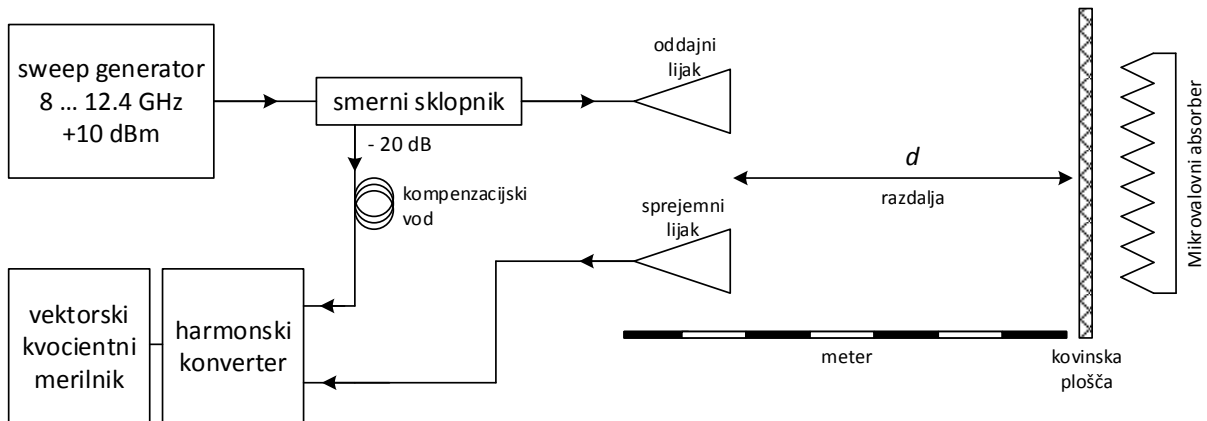
Slika 2: Običajna izvedba FM radarja.

Seznam potrebnih pripomočkov

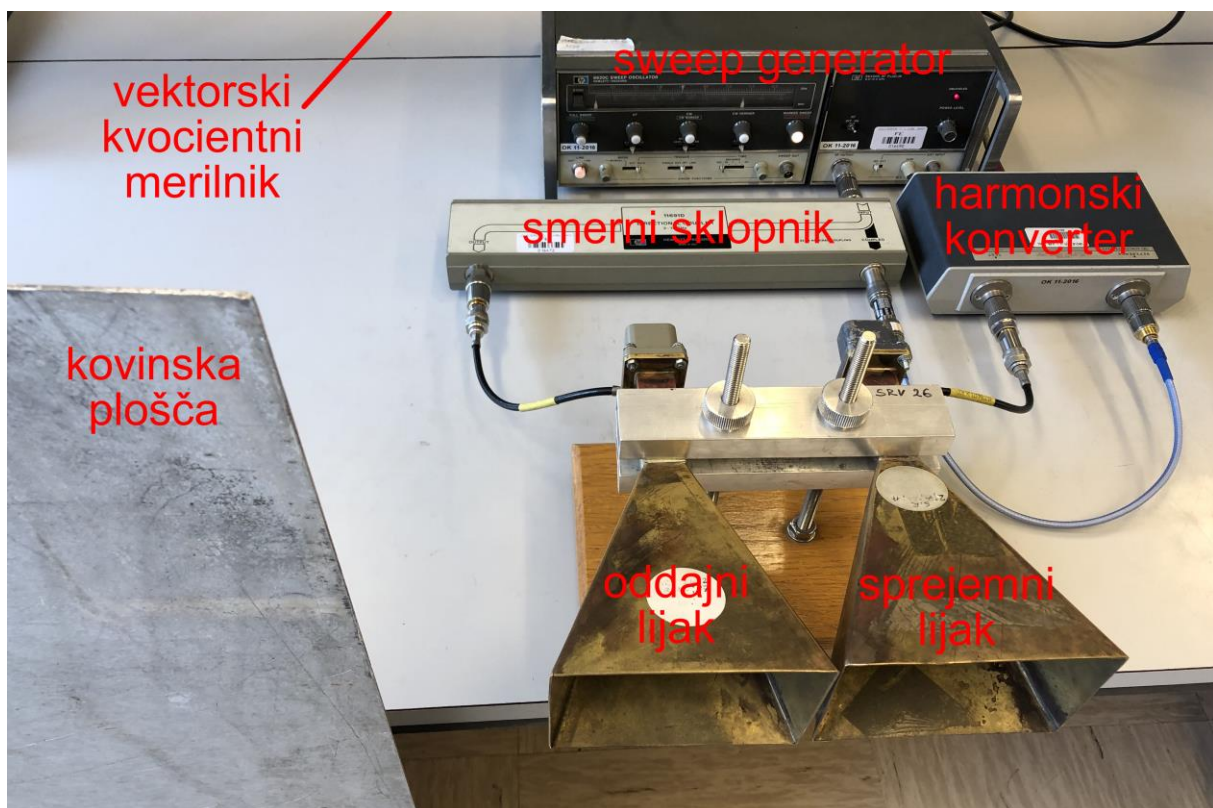
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Frekvenčno-moduliran izvor v frekvenčnem pasu 8 - 12,4 GHz z izhodno močjo do 10 dBm (10 mW).
- Dve anteni (lijaka) za pas 8-12,4 GHz z dobitkom 20 dBi in prehodi na koaksialni priključek.
- Aluminijsko ploščo velikosti vsaj en kvadratni meter.
- Ploščo mikrovalovnega absorberja za dani frekvenčni pas.
- -20 dB smerni sklopnik za uporabljeni frekvenčni pas.
- Vektorski merilni sprejemnik za dani frekvenčni pas s polarnim prikazovalnikom.
- Meter za preverjanje razdalje.
- 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

Pri izvedbi vaje moramo najprej pomisliti na omejitve merilnih inštrumentov in predvsem na omejen prostor, ki ga imamo na razpolago. Omejen prostor zahteva uporabo čim višjih frekvenc in predvsem širšega frekvenčnega pasu. Kot frekvenčni pas zato uporabimo celoten pas, ki ga zmorejo uporabljene antene. Za običajne piramidne valovodne lijakke s pravokotnim valovodnim priključkom znaša razmerje med najnižjo in najvišjo uporabno frekvenco približno 1:1.5.

Kot oddajnik uporabimo sweep generator, to je visokofrekvenčni izvor, ki že sam vsebuje izvor žage za modulacijo frekvence visokofrekvenčnega oscilatorja. Glede na oddaljenost merjenja do nekaj metrov je smiselna uporaba frekvenčnega pasu širine nekaj GHz, na primer celotni valovodni pas X, se pravi frekvenčno področje 8-12,4 GHz.

Kot sprejemnik uporabimo vektorski (kvocientni) merilnik, ki meri razmerje jakosti ter razliko v fazi dveh signalov. Referenčni signal za kvocientni merilnik dobimo iz oddajnika preko smernega sklopnika, saj glavna signala oddajnika napaja oddajno anteno. Referenčni signal lahko tudi zakasnimo s primerno dolgim kosom koaksialnega kabla, da na ta način vsaj delno kompenziramo zakasnitve v obeh antenah ter priključnih kabljih do obeh anten. Sprejemno anteno priključimo na drugi (merilni) vhod vektorskega merilnega sprejemnika.

Kot merjenec, do katerega merimo razdaljo, uporabimo veliko kovinsko ploščo. Za preizkus delovanja naprave kovinsko ploščo nadomestimo z mikrovalovnim absorberjem, da ovrednotimo jakost presluha oziroma jakost odbojev od ostalih predmetov v sobi. Absorber pozneje nadomestimo tako, da še bolj zadušimo neželene odboje, če je to potrebno. Razdaljo med merjencem in antenama izmerimo še z metrom, da umerimo skalo FM radarja.

Na polarnem prikazovalniku kvocientnega merilnika takoj opazimo, da oddaljenost merjenca vpliva tako na jakost kot na fazo sprejetega signala. Jakost je sicer obratno sorazmerna razdalji do merjenca, vendar nam ne daje točnega merila za razdaljo, saj zavisi tudi od velikosti (odmevne površine) merjenca.

Točnejši rezultat dobimo iz meritve razlike med sprejemno in oddajno frekvenco, kar lahko izračunamo iz izmerjene razlike v fazi med obema signaloma, saj je razlika (krožnih) frekvenc enostavno odvod faze (v radianih) po času. Ker je merjena količina razlika frekvenc sprejemnika in oddajnika, enostavno preštujemo število period razlike frekvenc v eni periodi žage sweep generatorja. Število period razlike frekvenc točno ustreza številu period faze, ki jih opazimo na zaslonu polarnega prikazovalnika kvocientnega merilnika. Točna vrednost razlike frekvenc oziroma frekvenca žage sta pri tem nepomembni, saj se v končnem računu krajšata.

Za vajo umerimo opisani merilnik razdalje tako, da merjenec (kovinsko ploščo) postavljamo na znane razdalje in za vsako razdaljo zapišemo število celih period faze in preostali fazni kot. Pred začetkom meritev seveda izberemo širino frekvenčnega pasu (gornjo in spodnjo frekvenco na sweep generatorju) tako, da dobimo pri največji razdalji merjenca smiselno število period faze (na primer 10).

Nato merjenec približujemo k antenam v majhnih korakih ter si sproti beležimo manjšanje faznega kota. Nazadnje iz izmerjenih podatkov narišemo diagram faznega kota kot funkcije oddaljenosti merjenca od anten. Iz strmine narisane krivulje in širine frekvenčnega pasu končno izračunamo hitrost elektromagnetnega valovanja v zraku.

Naloga

1. Izmerite fazni zasuk med sprejetim in oddanim signalom za nekaj razdalj med antenama in kovinsko ploščo.
2. Izrišite fazni zasuk v odvisnosti od oddaljenosti od merjenca na graf.
3. Iz strmine narisane krivulje in širine frekvenčnega pasu izračunajte hitrost elektromagnetnega valovanja v zraku.