

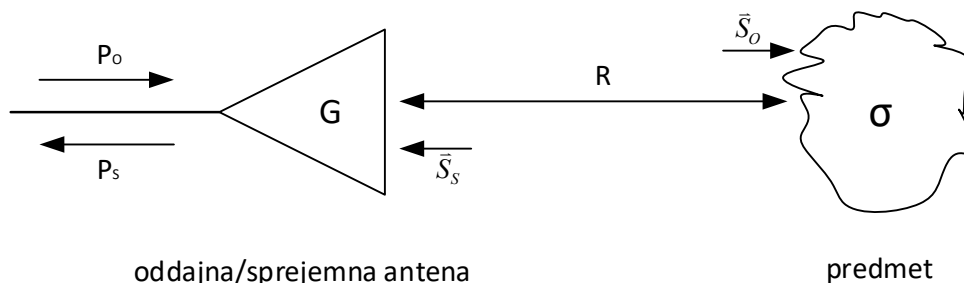
Merjenje odmevne (radarske) površine predmetov

Radarska površina predmeta

Vpliv predmeta na valovanje najenostavneje opišemo z odmevno površino predmeta. V slučaju radijskih valov imenujemo odmevno površino tudi **radarska površina predmeta** (ang. Radar cross-section - RCS). Odmevna površina je seveda funkcija več spremenljivk: valovne dolžine valovanja, snovi iz katere je predmet izdelan, smeri vpadnega valovanja in smeri, v kateri opazujemo odbito valovanje, polarizacije vpadnega in odbitega valovanja v odvisnosti od orientacije predmeta.

Radarska površina predmeta je tudi osnova za zaznavo letal v različnih primerih. Nevidna letala kot so naprimer *B-2 Spirit*, *F-117 Nighthawk* ali *F-22 Raptor* (ki so namensko načrtovana za nizko zaznavnost), bodo imela takšno strukturo, da bo njihova radarska površina čim manjša (absorpcijska barva, ravne površine, površine pod takšnim kotom, da prejeti signal odbijejo v drugo smer od vpadne). Komercialna potniška letala bodo po drugi strani imela veliko radarsko površino (gola kovina, zaobljena površina, ki poskrbi, da se nekaj signala v vsakem slučaju odbije nazaj, veliko izboklin – motor, antene...). Odmevna radarska površina je tako ena izmed najbolj varovanih vojaških podatkov.

Najzanimivejši primer je opazovanje radarske površine takrat, ko za oddajo in sprejem valovanja uporabljamo isto anteno, kot je to prikazano na sliki 1. Smer opazovanja odbitega valovanja je tedaj natančno nasprotno enaka smeri vpadnega valovanja na predmet. V tem primeru je radarska površina odvisna le od ene smeri oziroma od orientacije predmeta, kar hkrati poenostavi obravnavo.



$$S_o = \frac{P_o G}{4\pi R^2}$$

$$S_s = \frac{S_o \sigma}{4\pi R^2} = \frac{P_o G \sigma}{(4\pi R^2)^2}$$

$$P_s = \frac{S_s G \lambda^2}{4\pi} = \frac{P_o G^2 \lambda^2 \sigma}{4\pi (4\pi R^2)^2}$$

$$\frac{P_s}{P_o} = \frac{G^2 \lambda^2}{4\pi (4\pi R^2)^2} \cdot \sigma \quad \frac{P_s}{P_o} = \left(\frac{\rho - 1}{\rho + 1} \right)^2$$

Kovinska krogla s polmerom r: $\sigma = \pi \cdot r^2$

Ravna kovinska plošča s površino A: $\sigma = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A^2$

Slika 1: Radarska (odmevna) površina.

Definicija radarske površine je naslednja: če bi predmet enakomerno razpršil vpadno valovanje v vse smeri, bi navidezno razpršeno moč dobili kot produkt gostote moči vpadnega valovanja S_0 in radarske površine predmeta. Radarska površina predmeta je zato lahko tudi dosti manjša ali dosti večja od fizičnega preseka predmeta.

Radarsko površino lahko enostavno izračunamo za nekaj preprostih geometrijskih oblik, če je predmet precej večji od valovne dolžine (da se izognemo resonančnim pojavom) in je izdelan iz znane snovi, najenostavneje iz kovine. Radarska površina velike kovinske krogle je na primer natančno enaka preseku krogle. Ker lahko s kroglo ponazorimo precej resničnih predmetov, je odmevnost kovinske krogle smiseln razlog za opisano definicijo radarske površine.

Odmevnost nekaterih predmetov je lahko tudi precej večja, kot bi to lahko sklepali iz njihovih fizičnih dimenzij. Na primer, radarska površina ravne kovinske plošče je dosti večja od svoje fizične površine, če je le plošča pravilno orientirana proti sprejemno/oddajni anteni. V primeru idealne orientacije se ravna kovinska plošča obnaša kot antenska odprtina, ki jo enakomerno osvetlimo z vpadnim valovanjem. Radarska površina v željeni smeri je tedaj za faktor smernosti odprtine D večja od fizične površine plošče.

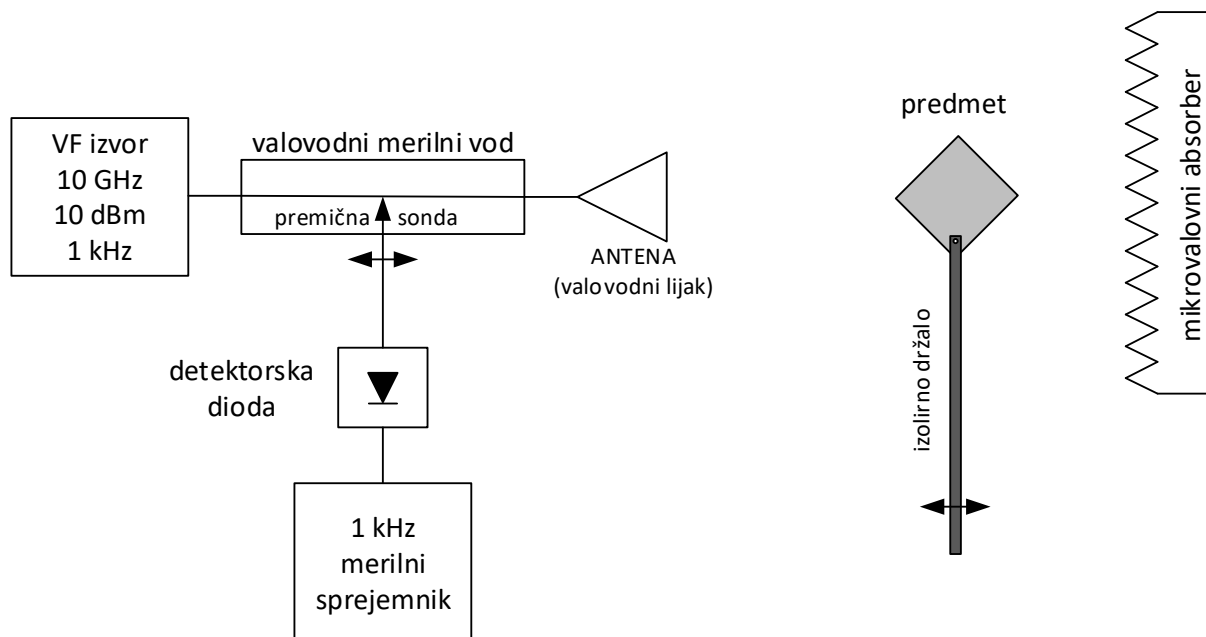
Iz treh kovinskih plošč, postavljenih pod pravim kotom, izdelamo napravo, imenovano trirobnik ali radarski odbojnik. Takšna naprava ima zelo veliko radarsko površino ne glede na orientacijo, saj vsakršno vpadno valovanje odbije natančno v isti smeri nazaj. V optiki poznamo enako napravo pod imenom "mačje oko".

Seznam potrebnih pripomočkov

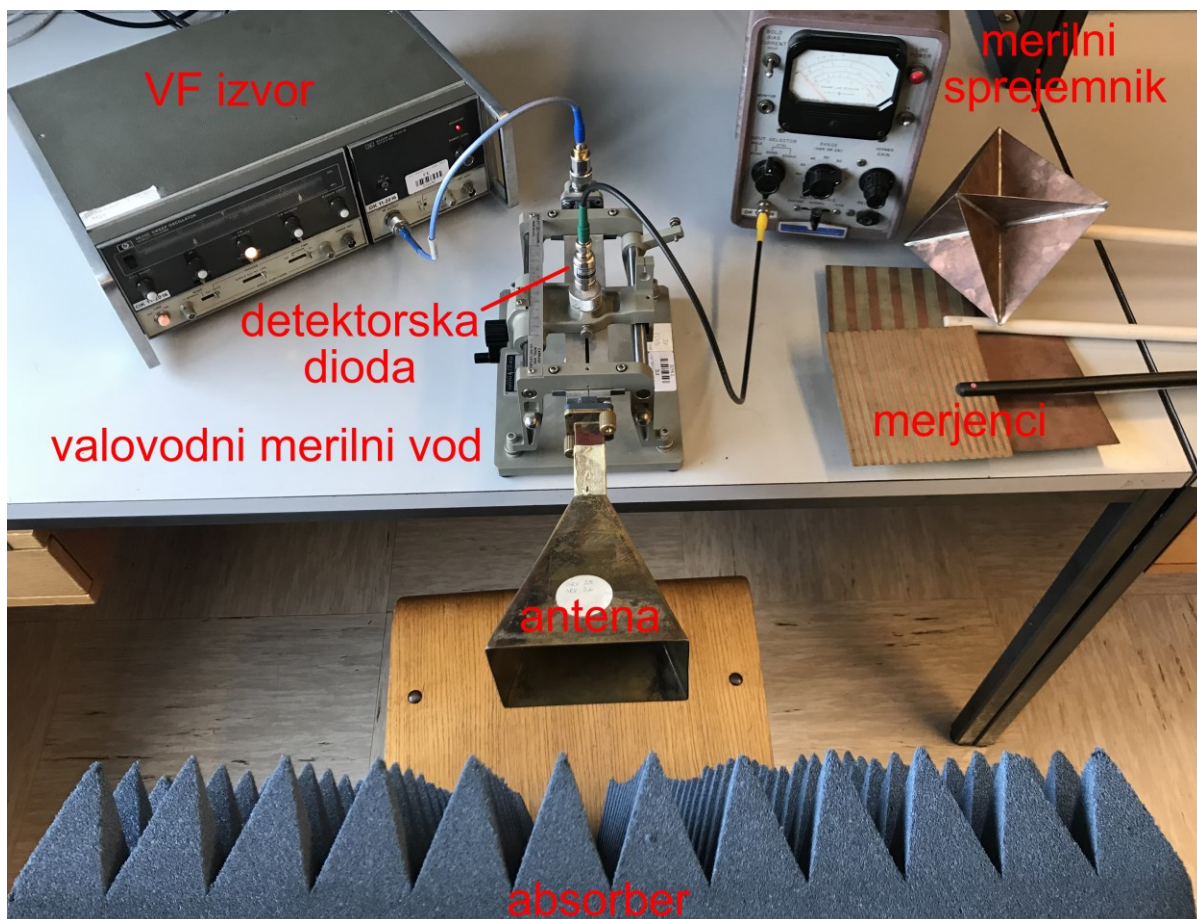
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 10 GHz, z izhodno močjo do 10 dBm (10 mW), z amplitudno modulacijo 1kHz.
- Anteno (lijak) za 10 GHz z valovodnim priključkom.
- Valovodni merilni vod za 10 GHz področje z detektorjem in 1 kHz merilnim sprejemnikom.
- Aluminijsko ploščo velikosti vsaj en kvadratni meter.
- Ploščo mikrovalovnega absorberja za 10 GHz.
- Več različnih predmetov (merjencev) na držalu iz izolirnega materiala.
- Podstavek za anteno in 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 radarske površine zahtevamo, da se nahaja predmet v

Fraunhofer-jevem področju antene. Ker se tudi predmet obnaša kot antena, velja ista zahteva za oddaljenost tudi glede na dimenzije predmeta.

Valovodni lijaki so običajno dobro prilagojene antene. Vendar pri meritvi radarske površine sprejemamo zelo šibek odboj od predmeta in nas vsak drug odboj valovanja, na primer na priključku antene na prenosni vod, zelo moti. Zato ga moramo nujno upoštevati. Meritev zato začnemo z merjenjem impedance (prilagojenosti) antene na prenosni vod. Namesto predmeta namestimo le mikrovalovni absorber, da nas odboji od drugih predmetov ne motijo. S premikanjem detektorja vzdolž merilnega voda najdemo minimume in maksimume ter iz njihovega razmerja določimo razmerje stojnega vala.

Detektor nato zapeljemo natančno v sredino med položaj minimuma in položaj maksimuma. Ta položaj detektorja je dober približek za merjenje jakosti napredujočega vala vsaj pri smiselno dobro prilagojenih antenah. Če ne poznamo dobitka uporabljene antene, ga lahko takoj izmerimo z uporabo velike kovinske plošče.

Merjeni predmet, seveda na izolirnem držalu, držimo v področju med anteno in absorberjem. Ročaj naslonimo ob trden predmet (npr. stol) da čim bolj omilimo premikanje merjenca. Maksimalno sprejeto moč bomo dobili takrat, kadar bo naš merjenec odbil največ signala nazaj v anteno. Vsak, še tako majhen premik bo povzročil odboj žarka v drugo smer. S premikanjem merjenca najprej poiščemo maksimum stojnega vala. Takrat kazalec merilnega sprejemnika z gumbom *gain* postavimo na vrednost 1. Nato merjenec premaknemo nekoliko nazaj ter tokrat s preciznim premikanjem poiščemo minimum. Pri izbrani frekvenci je razlika med minimumom in maksimumom 1,5 cm, zato moramo biti pri premikanju počasni. Iz razmerja med minimumi in maksimumi izračunamo razmerje moči med napredujočim valom in odbojem od predmeta, iz tega razmerja pa po izrazih na sliki 1. določimo radarsko površino merjenca.

Na opisani način izmerimo odmevnost več različnih predmetov. Pri ravni kovinski plošči pazimo, da poiščemo največjo radarsko površino, to je takrat, ko je plošča natančno pravokotna na smer proti anteni. Rezultat meritve primerjamo s teoretskim izrazom za ravno kovinsko ploščo danih izmer.

Obratno pri radarskem odbojniku preizkusimo, kako se njegova radarska površina spreminja z orientacijo triobnika. Seveda preverimo tudi motilne pojave, na primer odboj od samega držala brez predmeta na koncu.

Končno postavimo na držalo še predmete, odbojnost katerih zavisi od polarizacije vpadnega valovanja. Takšen predmet je na primer plošča iz izolacijskega materiala, na katero so nalepljeni bakreni trakovi. Radarsko površino izmerimo za oba slučaja, ko polarizacija antene sovпада s smerjo trakov oziroma je na smer trakov pravokotna.

Naloga

1. Izmerite in izračunajte radarsko površino ravne kovinske plošče, triobnika ter dveh plošč iz bakrenih trakov. Preverite vpliv držala merjenca ter polarizacije na plošči iz bakrenih trakov.