

Radar i njegova primjena u navigaciji

UVOD

Riječ Radar je postala od prvih slova izraza — Radio Detection and Ranging. Ali u Britaniji originalni izraz umjesto »Radar«, bio je ranije — R. D. F. — ili Radio Direction Finding.

Ovaj drugi izraz R. D. F. označava sistem pronalazjenja smjera i položaja u odnosu na objekat, od kojeg su se odbili usmjereni elektromagnetski talasi, obuhvaća još i rčitavanje daljine od objekta.

Pored podataka: smjer, položaj i daljina od objekta, Radar u velike koristi pomorcu, da u magli vrši sigurnu manovru izbjegavanja sudara, u odnosu na brodove, koji plove u njegovoj blizini. Radar se danas upotrebljava u mnoge svrhe. Da ne spominjemo njegovu primjenu na vojnom području, napomenut ćemo, da Radar može poslužiti pomorcu i u meteorološke svrhe. Uvođenje Radara u trgovačku mornaricu datira prije 18 godina. Klasični tipovi Radara su kroz to vrijeme doživjeli izvjesnu revoluciju, tako, da su se pred par godina pojavili savršeniji tipovi Radara. Stariji tipovi su imali t. zv. Relativne panoramske pokazivače, prikazujući na ekranu vlastiti brod, kao nepomičnu tačku u centru, a pokretni i nepokretni objekti mjenjali su svoj položaj relativno, u odnosu na centar ekrana. Noviji tip Radara t. zv. »Chart Plan« ili »True — Motion Display« — Radar, koji pokazuje pravo kretanje vlastitog broda i ostalih pokretnih objekata na moru, dajući dragocjene podatke o pravim kursovima i pravim brzinama pokretnih objekata. Na takvom Radaru imamo sliku, na kojoj pokretni objekti na moru, ostavljaju vidljivi svijetli trag iza svog kursa.

HISTORIJSKI RAZVITAK RADARA

Godine 1826. Heinrich Herz je vršio pokuse sa radio-talasima, dužine oko 66 cm, te je dokazao da se talasi odbijaju od većih predmeta. 1904. godine dolazi do patentiranog izuma njemačkog inženjera Hule Meyera, koji izum pokazuje princip otkrivanja navigacionih prepreka pomoću refleksije radio-valova. Sistem impulsnog Radara, koji je danas u upotrebi, primjenjen je prvi put 1924/25. godine, kada su engleski i američki naučnici koristili jeku radio-talasa za mjerenje visine slojeva u jonosferi. Ovo je bio poticaj, pojedincima i naučnim ustanovama u Njemačkoj, Americi i Francuskoj, da rade na daljnjem usavršavanju ovog pronalaska. Prve tri nacije imaju na tom polju najviše uspjeha, gdje Radar usavršavaju, uglavnom u vojne svrhe. Zavidne rezultate postigli su saveznici neposredno pred početak II svjetskog rata, a naročito u toku rata, kada počinje intenzivno montiranje klasičnih Radara na ratne brodove.

Godine 1940. pronađen je u Engleskoj MAGNETRON sa šupljim rezonatorima. Magnetron je radio-cijev, pomoću

koje se mogu proizvesti električne oscilacije veoma velike snage i vrlo visoke frekvencije. Pronalazak magnetrona predstavlja prekrat u radio-lokatorskoj tehnici, čime počinje razdoblje modernog radio lokatora.

Imamo ranije tipove radio-lokatora, koji su radili sa malom snagom i sa metarskim talasima. Kasnijim razvojem radio-lokatora, tražila se je veća tačnost podataka, što se je moglo ostvariti samo sa sve kraćim talasnim dužinama i većom snagom. To je omogućio pronalazak magnetrona. Izrađeni su Radari sa talasnim dužinama od 1-5,5 cm pa na više, te sa impulsnom snagom do nekoliko hiljada kilovata i dometom do oko 500 km. a tačnost podataka je zavidno velika. Iza rata su se razvili radio-lokatori za navigaciju u avijaciji, osmatrački Radari sa dometom do nekoliko hiljada kilometara, te mali tranzistorijski Radari malih dimenzija i težina sa malim potroškom električne energije, ovi su već u upotrebi na trgovačkim brodovima u Engleskoj, kao navigacijski Radari.

Jedna od najpoznatijih firma — Associated Electrical Industries — (AEI) u Engleskoj, bavi se već više od 19 godina usavršavanjem proizvodnje radarskih uređaja i ona je jedan od pionira u izradi Radara sa centimetarskim talasnim dužinama, a danas prednjači u svijetu savršenstvom izrade »True Motion« Radara.

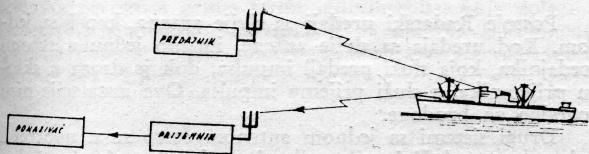
PRONALAZENJE PREDMETA POMOĆU RADIO SREDSTAVA

Infracrveni i prislušni sistem pronalazjenja ciljeva imali su dosta nedostataka, kao upotreba u mraku i magli. Radio talasi se brzo probijaju kroz maglu i mrak, te je pomoću njih lako odrediti položaj nekog predmeta na velikoj daljini.

Pronalazjenjem ciljeva sa radio talasima, izvor talasa može biti na osmatraču ili osmotrenom objektu. Dosta dugo su se upotrebljavali radio-goniometarski uređaji, koji su koristili radio valove, koji se je izvor nalazio na udaljenom predmetu. Radio-goniometarski sistemi imaju nedostatak, jer daju samo pravac bez udaljenosti, te ne mogu funkcionirati, ako predmet, čiji se položaj osmatra, nema radio predajnik. Ovi se nedostaci otklanjaju, ako obe stanice imaju predajnik i prijemnik sa jednakim talasnim dužinama. Radio valovi, koje zrači stanica, odbijaju se od udaljenog predmeta i vraćaju natrag, kao odjek. Sistem određivanja položaja predmeta, je u stvari Radar.

PRONALAZENJE OBJEKATA POMOĆU RADIO ODJEKA

Radarski uređaj sačinjava: radiopredajnik, radioprijemnik, te pokazivač, koji pokazuje pojavu odjeka od nekog predmeta, takav uređaj je smješten na istom mjestu (slika 1).



Slika 1. — Osnovni princip pronalazaženja predmeta pomoću radio odjeka

Preko antenskog sistema, predajnik usmjereno zrači elektromagnetske valove, koji se kreću brzinom svjetlosti, i šire u prostor do nailaska na neku prepreku, od koje se odbijaju. Dio reflektiranih talasa biva vraćen ka radarskoj stanici, čiji prijemnik takove talase registrira. Odbojni talasi od nekog objekta služe za određivanje njegova položaja. Predajnik, treba, da zrači veliku snagu, s obzirom, da je odbojni talas, koji prima prijemnik, veoma male snage, na što utječe: daljina, koju pređu talasi zračenja, te sposobnost odraza od predmeta. Zato prijemnik mora biti dosta osjetljiv, da primi i registrira vrlo malu reflektovanu energiju.

SISTEM SA FREKVENTNOM MODULACIJOM

Elektromagnetski valovi šire se u prostor sa stalnom brzinom, od približno 3×10^8 metara u sekundi. Na taj način, ako jedna određena perioda krene iz predajnika u vrijeme (t_1), ona će putovati sa tom brzinom i vratiti se u prijemnik za neko vrijeme:

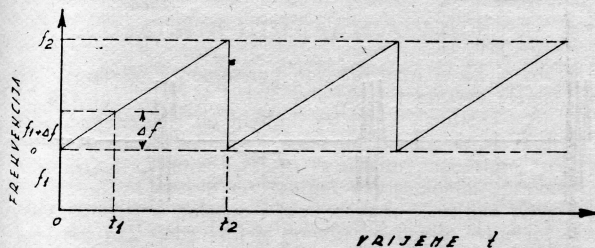
$$t = t_1 + \frac{x}{c}$$

c = brzina širenja elektromagnetskih valova

t = proteklo vrijeme

x = cijeli prevaljeni put ili dvostruko odstojanje

U frekventnom modulisanom talasu, svaka perioda se razlikuje od prethodne, pri maloj promjeni frekvence.



Slika 2. — Šema određivanja položaja predmeta frekventnom modulacijom

Ako frekventno modulirani talas ima neku frekvenciju (f_1), koja se u određenom razmjeru povećava od (t_1) do (t_2) i onda naglo vrati u (f_1). Tada dobivamo sistem u kome možemo prepoznati svaku pojedinu periodu radiofrekventivnih oscilacija u toku određene periode modulacije.

Trenutna frekvencija takvog radio talasa crtana u odnosu na vrijeme prikazana je na slici 2.

Pretpostavimo da se energija sa frekvencijom (f_1) zrači prema udaljenom predmetu u vremenu ($t=0$). Ona dođe do predmeta i poslije izvjesnog vremena, koje je određeno udaljenošću $X/2$ između predajnika i predmeta, odbija se natrag ka prijemniku, ali ova određena perioda vraća se u prijemnik u vrijeme (t_1), a tada predajnik zrači sa frekvencijom ($f_1 + \Delta f$), koji dolazi do prijemnika gotovo trenutno, i odbijeni signal frekvencije (f_1). Ne linearnim miješanjem ovih dvaju signala, stvara se, izbijanjem, jedna komponenta frekvencije (Δf). Veličinu ove frekvencije izbijanja određuje vremenski interval, koji je potreban za povratak signala, a za vrijeme kojeg se frekvencija predajnika postojano mijenja. Kako vremenski interval predstavlja samo jedan od načina mjerenja udaljenosti do reflektirajućeg predmeta, to se instrumentat za mjerenje ovoga može podesiti, da pokazuje direktnu udaljenost predmeta od osmatračke stanice. Postavljanjem antene na maksimum,

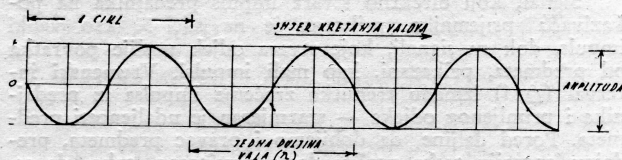
određuje se pravac predmeta, ako antena ima dobra usmjerna svojstva. Ovakav sistem određivanja položaja je osjetljiviji i podesan. Upotrebljen je tamo, gdje treba mjeriti relativno male daljine od reflektirajuće površine širokog objekta (radio-vidinomjeri u avijaciji).

IMPULSNI SISTEM

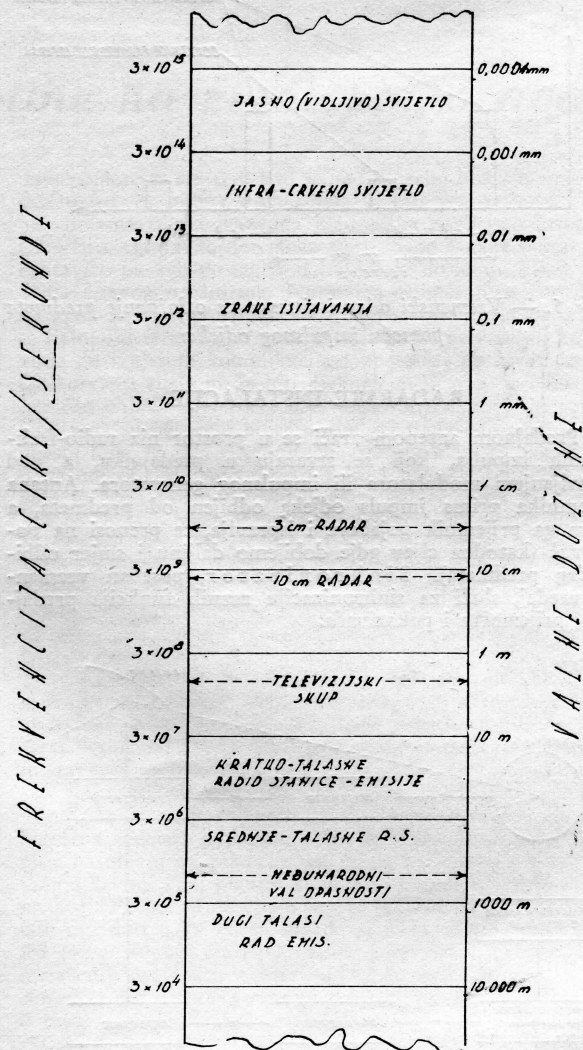
Većina Radarskih uređaja radi na principu zračenja i primanja kratkotrajnih impulsa elektromagnetske energije.

Brzo ponavljanje redosljeda impulsnih odraza u periodama, uvjetuje pojavu stalne slike na katodnoj cijevi. Elektromagnetski valovi, šire se mediumom, poput valova, izazvanih u moru bacanjem nekog predmeta.

Razmak između dva vrha (krijeste) elektromagnetskih valova bilježi se simbolom „ λ “ (grčki lambda). Jedna kompletna oscilacija od jednog vrha vala do drugog zove se Cikl. Broj skupnih talasa, koji prođu kroz jednu fiksnu tačku, u određenom vremenu, naziva se frekvencijom — a bilježi se simbolom »f«, a može se označiti i sa cikli za sekunde (c/s).



Slika 3. — Kretanje valova



Slika 4. — Skala frekvencija

Na pr: Radiotalas valne dužine 2 m kreće se brzinom od 10 m u sekundi i mora oscilirati frekvencijom od 5 cikla u sekundi. To se označava izrazom:

$$\text{brzina} = \text{frekvencija} \times \text{valna dužina}; \text{ ili } c = f \times \lambda.$$

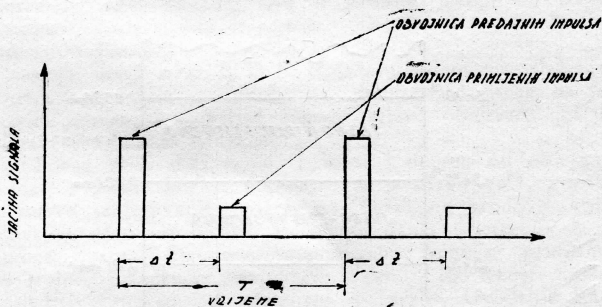
Ako je poznata valna dužina, može se pomoću određene skale (slika 4.) pronaći frekvencija, ne samo za valne dužine klasičnih Radara, nego i za veće ili manje, kao radio valovi, televizijski, infracrveno svjetlo itd.

Da se pronađe frekvencija predajne radio stanice valne dužine od 1.500 m, služimo se izrazom $f = c/\lambda$, ili frekvencija = $300.000.000 : 1.500 = 200.000$ cikla u sekundi.

Radio-frekvence su obično označene izrazom kilocikli u sekundi- kc/s - i megacikli u sekundi- Mc/s , što predstavlja hiljadu i milion cikla u sekundi. Za vrlo kratke vremenske intervale, upotrebljava se mikro sekunda (milijontni dio sekunde).

Talasne dužine, koje se općenito upotrebljavaju kod navigacijskih Radara, su oko 10 cm (3.000 Mc/s) ili 3 cm (10.000 Mc/s). Radiovalovi ovih valnih dužina zovu se još mikrovalovi.

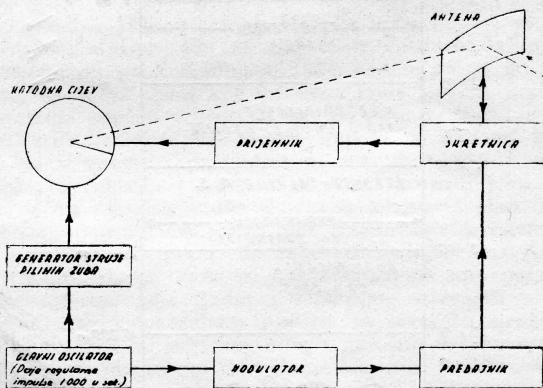
Signal, koji direktno stvara impuls predajnika na pokazivaču prijemnika, prikazan je na slici 5, kao veliki impuls, dok su signali, koje stvara odjek poslije povratka od predmeta, prikazani, kao mali impulsi. Vremenski interval (Δt) između trenutka zračenja impulsa iz predajnika i primljenog odjeka — srazmjernan je udaljenosti predmeta. Pored daljine, da dobijemo i pravac predmeta, predajnu energiju treba zračiti dosta usmjereno, tako, da se, pomicanjem smjera elektromagnetskog snopa, može osmotriti željeni predio u prostoru.



Slika 5. — Vremenski odnosi sistema za otkrivanje predmeta pomoću impulsnog odjeka

RADARSKJE INSTALACIJE

Predajnom antenom zrači se u prostor niz radio-frekventnih impulsa, koji se stvaraju u predajniku, a pod upravljanjem modulatora ili impulsnog generatora. Antena prijemnika prima impuls odjeka odbijen od predmeta, a zatim ga prijemnik pojačava i ispravlja, te prenosi na pokazivač (katodna cijev gdje dobijemo daljinu i smjer odbijajućeg predmeta). Synchronizator, poseban vremenski uređaj, služi za sinhronizaciju raznih funkcija predajnika, prijemnika i pokazivača.



Slika 6. — Blok diagram radarske instalacije

Postoje Radarski uređaji sa dvije antene, kao i sa jednom. Kod uređaja sa dvije antene, imamo jednu u sklopu predajnika, koja služi predaji impulsa, dok je druga u sklopu prijemnika, a služi prijemu impulsa. Ove instalacije nisu pogodne za brodove.

Drugi sistemi sa jednom antenom često su u upotrebi. Jedna antena služi i prijemniku i predajniku, tj. njen jedan dio služi predaji, a drugi dio prijemu impulsa, a sama konstrukcija ovakvih instalacija, izvedena je tako, da se unutar nje nesmetano odvija proces predaje i prijema impulsa.

Stvaranje impulsa

U glavnom oscilatoru (master oscillator) proizvode se električni impulsi vrlo kratkog trajanja (od oko 0,05 do 0,5 mikrosekundi).

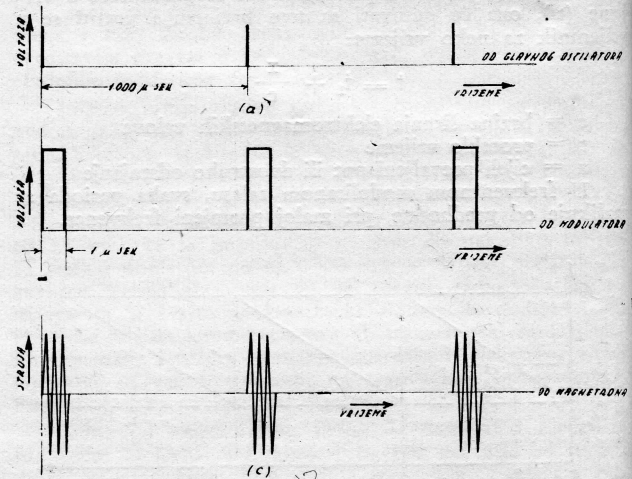
Nakon izvršene funkcije, glavni oscilator šalje impulse u modulator, koji ih pojačava i šalje u predajnik.

Predaja impulsa

Predajnik (transmitter) proizvodi oscilacije visoke frekvence, ali samo, kada je podstaknut sa jednim od tih pojačanih impulsa. Oscilacije visoke frekvencije idu put antene preko TR-skretnice (transit-receive), te bivaju isijavane u prostor. Slika 7-c pokazuje takove oscilacije grafički.

Predajnik Radara emitira visoko-frekventnu energiju u trajanju jedne mikrosekunde i biva van aktivnosti u trajanju 999 mikrosekundi.

Ovih raspoloživih 999 mikrosekundi su za zapažanje odjeka impulsa upravo predanih.



Slika 7. — a) Impulsi proizvedeni u glavnom oscilatoru; b) Impulsi proizvedeni u modulatoru; c) Oscilacije visoke frekvence proizvedene pomoću magnetrona

Prijem impulsa:

Osjetljivi prijemnik ima istu antenu, kao predajnik, posebno povezanu, koja veza naročite konstrukcije, sprječava oštećenja u prijemniku uslijed djelovanja vrlo visoke energije, koju emitira predajnik. Tu je primarnu ulogu odigrala t. zv. TR-skretnica, koja vrlo brzo i automatski vrši selekciju impulsa. Ova skretnica uvijek blokira prijemnik, za vrijeme predaje impulsa i uključuje kontakt antene i prijemnika poslije predaje impulsa. Ovo je moguće postići naročitim elektronskim prekidačem i tu je suština i uloga TR-skretnice.

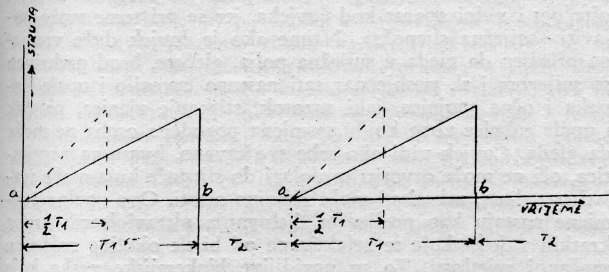
Energija reflektirana od nekog objekta uvodi se zatim u prijemnik, kao jedan određeni elektro-impuls, koji postaje vidljiv na katodnoj cijevi.

PANORAMSKI POKAZIVAČ (P. P. I. DISPLAY)

Plan Position Indicator

Ovaj se pokazivač upotrebljava, da napravi vidljivim odjek, te se primjenjuje kod navigacijskog Radara. Električnim putem antena je povezana zavojnicom — deflektorskom zavojnicom, koja je smještena oko prednjeg dijela katodne cijevi (oko lica). Ova deflektorska ili otklonska zavojnica otklanja snop elektrona na ekranu Radara. Ova zavojnica se okreće sinhrono, kao i antena. Ot-

klonska zavojnica prima struju pilinih-zuba, koja dolazi iz generatora vremenske baze (prikaz na slici 8.). U momentu predaje impulsa struja pilinih-zuba upravo startuje (položaj »a« slika 8.).



Slika 8. — Struja pilinih-zuba opskrbljava otklonsku zavojnicu i proizvodi radialnu vremensku bazu na ekranu Radara

Svijetla je tačka tada smještena u centru ekrana. Povećanjem struje pilinih zuba ona se konstantnom brzinom pomiče ka obodu katodne cijevi (ekrana). U času »b« na slici 8., struja je maksimalna i svijetla tačka hvata obod (ivicu) katodne cijevi (ekrana).

Zavojnica, oko kraja katodne cijevi, počinje da se ukopčava sa antenom, — kada radius antene upravo postigne po-

ložaj prema pramcu, zamišljena svijetla tačka kreće se od centra ekrana. Odbojni talas biva primljen i pretvoren u prijemniku u električni impuls, koji biva vidljiv na ekranu, kao svijetla tačka.

Antena rotira konstantnom brzinom od 40 okretaja u minuti. Kao što je prikazano, otklonska zavojnica oko katodne cijevi okreće se kao i antena. Kada je antena postavljena u položaj desno (subočice), zamišljena svijetla tačka kreće se od centra ka desnoj strani ekrana (90°), te kada je antena postavljena u položaj prema krmu, zamišljena svijetla tačka kreće se na dole (na ekranu 180°).

Literatura :

»Radar and coastal navigation in poor visibility« . . . Radar Sales Department, Leicester — England. —

»QUO VADIS« MARCONI NAVIGATION RADAR — The Marconi International Marine Communication Company — Chelmsford — England

»ESCORT« MARINE RADAR (TRUE MOTION) — Radar Sales Department Leicester — England

THE USE OF RADAR AT SEA . . . Sir Robert Watson — WATT

RADAR AND ELECTRONIC NAVIGATION . . . G. J. Sonnenberg

RADAR WŻEGLUDZE MORSKIEJ . . . Wienezyslav Kon

»DECCA« RADAR — Decca Radar Service — London
 »KELVIN HUGHES« MARINE RADAR — Kelvin & Hughes Marine ltd — London.