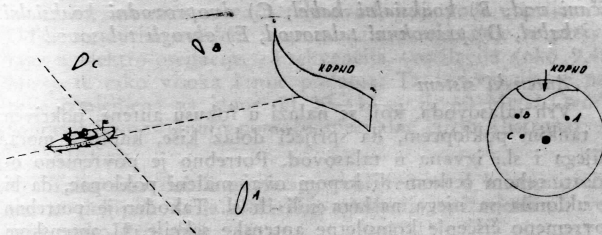


# Radar i njegova primjena u navigaciji

## SLIKA NA POKAZIVAČU — EKRANU

Na slici 9 je prikazana situacija na Radaru: brod sa radarom, obala i još tri broda u okolici: A, B, C. Rotiranjem antene objekti su osuti elektromagnetskim impulsima, a po isteku nekog vremena, odjeci od objekta će se povratiti u prijemnik i biti će pokazani u srazmjernim daljinama od centra, koji predstavlja brod-predaje impulsa. Gledajući sliku na ekranu Radara, predočavamo sebi navigacionu kartu okoline, gdje se nalaze navedeni objekti (sl. 9-a i b). Ovo je od naročite koristi pri slaboj vidljivosti, gdje Radar daje dragocjene podatke za izbjegavanje sudara.

Na ekranu otkriveni objekti pomoću Radara označeni su, kao svijetle mrlje sa izraženim ivicama, a brodovi su predstavljeni svijetlim tačkama (mrljama):



Slika 9-a — Brod sa Radarom i obala i tri broda (A, B i C). Slika 9-b — Slika na panoramskom pokazivaču.

Pretpostavimo, da smo upotrebili Radar na skali od 6 milja, i panoramski pokazivač će reproducirati sliku u radiusu od 6 milja. U određenom vremenu predajni i prijemni impulsi pređu po 6 milja, a svijetla tačka na ekranu opisuje radialno vremensku bazu i to predstavlja period  $T_1$ . Daljina emisije — predajnika je, međutim, veća nego pokazuje ekran.

Objekti dalji od 6 milja će također vratiti talase, ali će oni stići samo za vrijeme periode  $T_2$ , kada će se svijetla tačka vratiti u centar ekrana, te oni neće biti na njemu registrirani.

Ako je objekt udaljen 3 milje umjesto 6, predajni impulsi, kao i odbijeni, trebat će samo pola vremena, da uhvate objekt i vrate se u antenu. Da se reproducira ovaj odjek na daljini od 3 milje, te da i on bude na ivici ekrana, potrebno je prebaciti Radar sa skale od 6 milja na skalu od 3, a tada će struja pilinih-zuba morati biti pojačana do istog maksimuma u razmaku  $1/2 T_1$ . Kod promjene skala Radara, postoji automatska regulacija struje pilinih-zuba.

## Ekran — zaslon

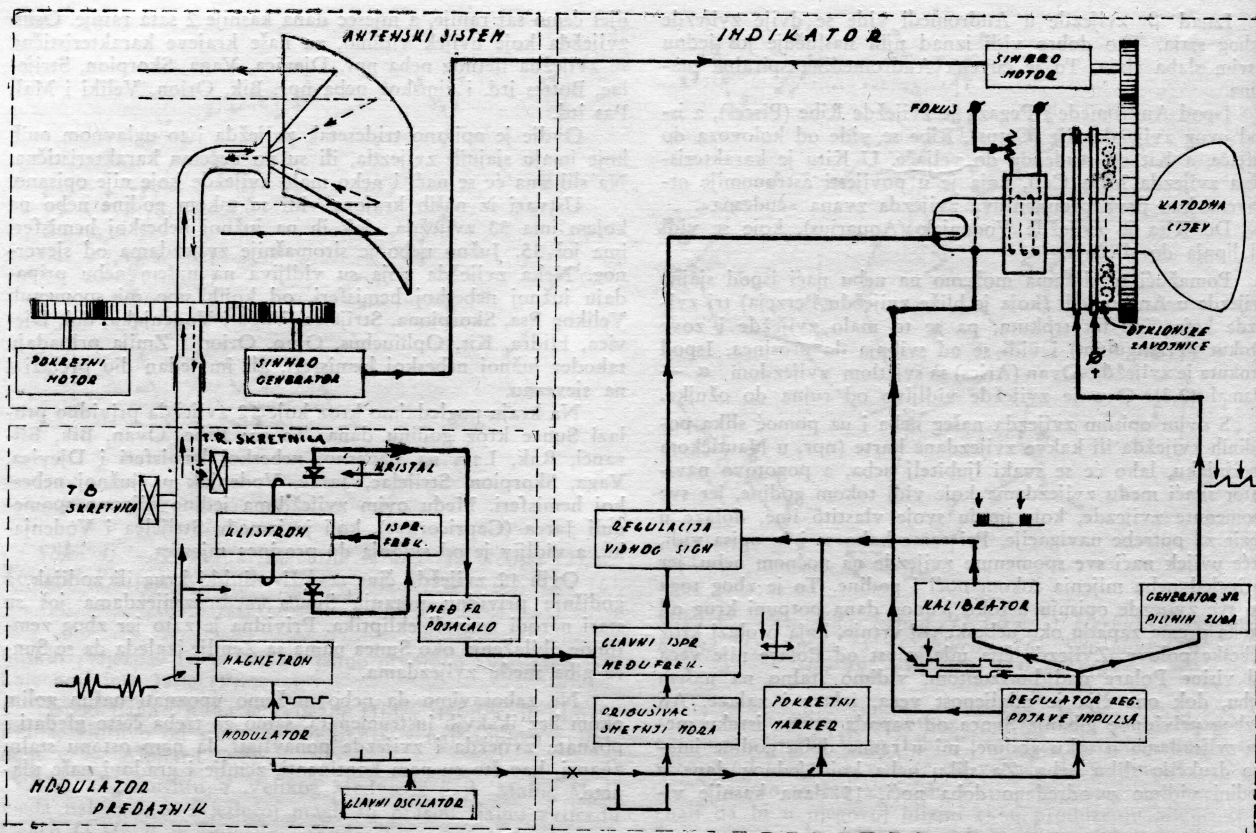
Upotrebljava se posebna konstrukcija katodne cijevi, čiji prednji dio služi, kao ekran-zaslon Radara. Lice katodne cijevi je premazano specijalnom floroscentnom smjesom, na kojoj su lako vidljivi elektromagnetski odjeci. Sam ekran je ovalnog oblika, radi niskog pritiska, koji vlada u katodnoj cijevi. Slika na ekranu nije samo sekundarne pojave, nego se i neko vrijeme zadržava po gašenju Radara, a tokom rada slika je trajna.

Bezprekorni rad svih djelova i elemenata radarske instalacije, uvjetuje pojavu slike na ekranu, naravno, da se unutar određene skale nalaze objekti ili kopno, čije otkrivanje ovisi o udaljenosti od broda, koji se služi Radarom.

Najprije imamo glavni (master) oscilator, koji proizvodi regularne impulse, na pr. 1.000 u sekundi.

Pošto je modulator primio regularne impulse od glavnog oscilatora, u njemu se proizvode impulsi za vrlo kratko vrijeme (na pr. jedna mikrosekunda u najviše slučajeva i manje).

Takvi impulsi imaju voltažu od oko 10.000 V. Ovi impulsi su upućeni u magnetron, koji predstavlja cijev diodu posebne konstrukcije. Snabdjeven je vrlo jakim magnetom, i on samo može — magnetron — da proizvede oscilacije, koje su dosta jake i sa dovoljno visokom frekvencom za Ra-



Slika 10 — Dijagram Radarske instalacije. Grafički prikaz kretanja impulsa unutar instalacije, strelice pokazuju moment od kojeg glavni oscilator snabdijeva uređaj Radara impulsima

dar. Magnetron proizvodi ove oscilacije tako dugo, koliko dobiva visoku negativnu voltažu od modulatora (na pr. za jednu mikrosekundu). Ova visoko-frekventna strujanja su upućena u talasovod, koji ih predaje anteni.

S obzirom, da kod predajnika Radara primarnu ulogu igraju magnetron i modulator, s toga ćemo se posebno osvrnuti na njih.

#### Magnetron

Kod viših frekvencija radio cijevi, upotrebljene kao oscilatori, ne daju dovoljno snage. Pronalazak magnetrona sa šupljim rezonatorima ovaj nedostatak uklanja. Magnetron još daje vrlo visoke frekvencije sa impulsnom snagom od nekoliko hiljada KW, te je time moguće ostvarenje radiolokatora sa malim talasnim dužinama i velikim dometom. Magnetroni se izrađuju još i za talasne dužine od 1,25 cm, ustvari je upotrebljen za talase kraće od 10 cm.

Magnetron je dioda sa jakim magnetskim poljem u pravcu osovine katode. Ovo magnetsko polje stoji okomito na električno polje, koje postoji između anode i katode, a magnetron se samo pobuđuje na oscilacije, te pretvara na taj način struju niske frekvencije u struju vrlo visoke frekvencije. Sa stoji se od anode, katode i magneta.

#### Modulator

Ima za zadatak, da upravlja radom predajnika, oblikuje impulse i određuje njihovo trajanje i frekvenciju ponavljanja. Poželjno je, da modulator stvara što pravokutnije modulacione impulse, vrhovi impulsa moraju biti ravni. Modulator u većini upravljanje vrši pomoću posebnog visoko frekventnog generatora, koji ispravlja smetnje impulsa.

Imamo modulatore sa jednim i sa više stepena djelovanja. Kod njih se impulsi stvaraju i oblikuju, dok njihov napon i snaga budu dovoljni za daljnju upotrebu u Radarskom sklopu (vidljivo u slici 10).

#### Talasovod

Kod Radarskih instalacija treba, da bude veoma dobra izvedba talasovoda, trebaju omogućiti dobru vidljivost slike

sa minimalnim gubicima. Vrh talasovoda završava u fokusu parabolične antene. U upotrebi su uglavnom slijedeći vodovi (slika 11):

- Dvožični vod — od 2 žice;
- Koaksijalni kabel, sastavljen od 1 žice, koja je u sredini šupljeg metalnog cilindra;
- Dvoprovodni koaksijalni kabel, sastavljen od 2 paralelne žice zamotane u cilindrični metalni plašt;
- Pravokutni talasovod — kao šuplja metalna cijev;
- Okrugli talasovod, od šuplje metalne cijevi.



Slika 11 — visokofrekventni talasovodi u presjeku, A) dvožični vod, B) koaksijalni kabel, C) dvoprovodni koaksijalni kabel, D) pravokutni talasovod, E) okrugli talasovod

#### Antenski sistem

Vrh talasovoda, koji se nalazi u fokusu antene, pokriven je tankim poklopcem, da spriječi dolaz kiše, kapljica mora, snijega i sl., izvana u talasovod. Potrebno je povremeno obrisati suhom četkom ili krpom ovaj maleni poklopac, da bi se uklonila sa njega naslaga soli ili sl. Također je potrebno povremeno čišćenje kompletne antenske sekcije. U antenskom sklopu se još nalazi: motor za pokretanje antene, generator sinhronizacije okretanja antene i otklonske zavojnice oko katodne cijevi, kao i sama antena.

#### Parabolična antena

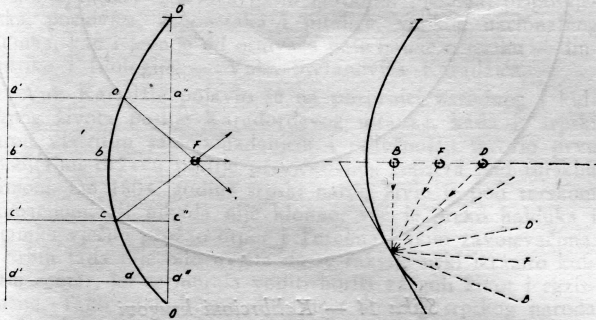
Obično, za usmjeravanje radio talasa, služi metalna parabolična antena. Ovo svojstvo parabolične antene zasnovano je na geometrijskim svojstvima parabole.

I — Parabola je geometrijsko mjesto svih tačaka jednako udaljenih od fokusa ili žarišta i pravca nazvanog direkt-



risom. Slika 12 - prikazuje, da su udaljenosti  $F - a = a - a'$ ,  $F - b = b - b'$  itd. Iz ovog proizlazi, da će biti jednaki i putevi zraka od tačke F do linije O, tj. do otvora antene (do točaka  $a''$ ,  $b''$  itd.), jer je ova linija paralelna sa direktrinom. Budući da su jednaki putevi, bit će jednake i faze zračenih i reflektiranih talasa iz F, te tako na otvoru parabolične antene dobivamo polje, koje po cijeloj ravnini otvora ima istu fazu, a to je jedan od glavnih uvjeta za usmjerenje elektromagnetskih talasa (slika 12-a).

II — Povučemo li na bilo koju tačku tangente, vidjet ćemo, da su upadni kutevi jednaki odraznim. Ako zrake dolaze iz fokusa, bit će odbijene u paralelnom smjeru sa osovinom parabole.



Slika 12-a

Prikaz svojstava paraboličnih antena, koje imaju osobine parabole

Slika 12-b

Tako, valovi zračeni iz fokusa parabole, bit će odbijeni u paralelnom snopu i imat će istu fazu, bit će dobro usmjereni.

Kod ovih antena, treba paziti na njihovo pravilno fokusiranje. Kod njih će koncentracija talasa biti toliko bolja, u koliko su talasi kraći i ukoliko je reflektor veći. Zato su ove antene upotrebljene samo kod decimetarskih i centimetarskih valova.

Talasoovodom se napajaju parabolične antene. Kako bi antenu i talasovod zaštitili od vanjskih utjecaja, obično se zatvaraju u okuče od nekog dobro izolacionog materijala (na pr. plastika, a u novije vrijeme okuče od specijalnih staklenih vlakana). Postoje i druge vrste antena, naročito kod novijih radara.

Horizontalni snop, kojeg zrači antena iznosi  $1^\circ - 2^\circ$ , a po vertikali oko  $25^\circ$ . Vertikalni snop, podešen je tako, da valjanje i posrtanje broda ne utječe na prijem. Horizontalni snop treba da bude što manji (kod boljih radara  $1^\circ$ ), radi boljeg odabiranja — odvajanja objekata, koji su blizu jedan drugom u prirodi, a da ne bi bili prikazani, kao jedna tačka na ekranu umjesto dvije.

## PRIJEM

Odbijene oscilacije — oslabljene, bivaju ponovo preko antene uvedene u talasovod, te zatim u prijemnik (slika 10). (Transmitter-blocker), tzv. T. B. skretnica sprječava dolazne talase, da idu u magnetron, i kada je izlazni impuls predan — T. R. skretnica zatvara talasovod, koji vodi u prijemnik. Odjeci su zatim uvedeni u granu talasovoda, gdje se pretvaraju u elektro-oscilacije. Frekvencija oscilacija (oko 9.400 Mc/s), te tako visoka i nije podesna. Ta frekvencija je najprije izmjenjena za iznos od 30—45—, ili 60 Mc/s. Ovo je napravljeno-postignuto pomoću specijalne cijevi klistrona.

### Klistron

Tako smo dobili oscilacije, proizvedene u klistronu. Zatim se dobijaju dvije električne oscilacije naizmjeničnih voltaža preko kristala.

Sada frekvencija dobivena pomoću klistrona —, razlikuje se za 30 Mc/s od frekvencije eho (odbojnih signala), a svakako i od frekvencije iz magnetrona.

Kako je kasnija frekvencija oko 9.400 Mc/s, frekvencija klistrona bit će 9.430 ili 9.370 Mc/s. Rezultirajuće oscilacije su impulsi, i njihov broj u sekundi je različit od spomenutih dvaju frekvencija, koji je u ovom slučaju 30 Mc/s.

### Kristal

Je upotrebljen, da propusti struju samo u jednom pravcu, ali ne u suprotnom, on je u stvari, kao jedan detektor.

Kristal je sastavljen od komada silikona sa specijalnim kontaktom.

Kristali su vrlo osjetljivi na visoki električni napon i vrlo mala razlika napona može ih oštetiti. Ako se pokazivač nalazi na većoj distanci od talasovoda, oscilacije se zatim najprije povećavaju u predpojačalu međufrekvence (predpojačalu među-frekvence), i zatim preko njega idu specijalnim kalebom u — glavno pojačalo.

### Automatsko reguliranje frekvencije

Pri radu prijemnika nastaju smetnje, te da se stvori jednaka međufrekvencija, postoje pojačala. I međufrekvencija mora ostati konstantna, da bi se odvijao pravilan rad u prijemniku. Za ovakovu regulaciju služe posebni uređaji prijemnika.

Podešavanje oscilacija kod dobrog prijemnika mora biti fiksno. Dio energije isijavanja je skrenut u isto kolo, gdje dolazi i frekvencija klistrona i sa drugim kristalom međufrekvencija se odvodi u specijalno kolo. Iz ovog kola struja se direktno odvodi u — klistron, ako je potrebno, da se ispravi frekvencija klistrona, tako da razlika između ove frekvencije i frekvencije od eho (odbojnika) oscilacija postigne naprijed označeni iznos, koji je u našem slučaju 30 Mc/s. Slučaj opisan ovdje, naziva se automatsko reguliranje frekvencije. Na ovaj način se međufrekvencija uvijek automatski ispravlja, u iznos na koji je podešen prijemnik. Automatsko reguliranje frekvencije nije apsolutno potrebno i neki uređaji su bez ovoga, (kao neki tipovi »Kelvin Huges« i »Decca« Radara).

### Podešavanja vidnog signala

Eho signal mora biti pojačan u međufrekventnim pojačalima. Ovdje svi odjeci i ostali signali, koji trebaju da budu vidljivi na ekranu, moraju biti još jedanput ispravljeni.

Sada ovakvi eho signali upućeni u katodnu cijev, ne smiju biti previše jaki, što se reguliše u odnosu na intenzitet prijema. Za ovu priliku signali su ograničeni u posebnom stepenu, ili u video pojačalu, tako da amplitude primljenih signala u katodnoj cijevi ne prelaze definitivnu granicu. Ovaj definitivni iznos (granica) može se regulirati sa dugmetom brilljans (brilliance).

### Generator pilinih zuba

Impulsi iz glavnog oscilatora također prelaze u drugi dio indikatora, da daju impulse sinhroniziranja. Ako je jedna voltaža negativna, druga je pozitivna i upućuje se u blok generator, gdje se dalje otprema. Negativna blok voltaža, upućuje se u generator koji proizvodi struju pilinih zuba (slika 10), za vrijeme vremena  $T_1$  (slika 8).  $T_1$  je dulji nego  $T_2$ , kao što se iz slike vidi, samo na duljim skalama —, na kratkim skalama  $T_1$  je dosta kraće nego  $T_2$ . Struja pilinih zuba odlazi do otklonske zavojnice preko kliznih prstenova.

U istom momentu, dok je impuls izašao iz glavnog oscilatora, pokrenut u magnetronu i upućen-emitirani vani, struja pilinih zuba kroz otklonsku zavojnicu počinje, da stvara radialni pomak svijetle tačke u centru ekrana. Slijedeća slika 13 prikazuje formiranje pojedinih vrsta impulsa unutar radarske instalacije. Tu postoje, kao prvi sinhronizirajući impulsi, zatim četvrtasti impulsi — negativni i pozitivni, te nama već poznati impulsi toka pilinih zuba.

Važno je spomenuti nastajanje posebnih pravilnih impulsa, koji se šalju na ekran Radara (vidljivo na slici 13-a, b, c i d).

### Sinhro sistemi

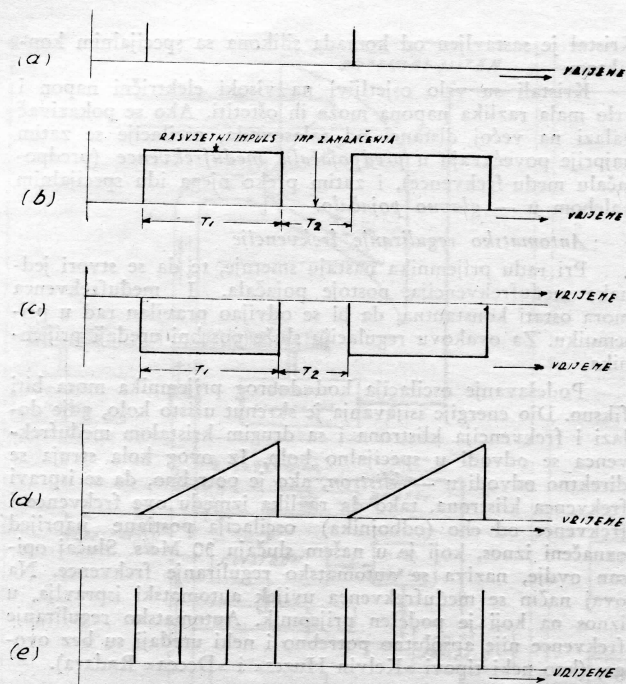
Kao što je poznato, pokretanje ovih kola mora biti sinhronizirano sa hodom antene. Ovo je postignuto sa sinhro sistemom (slika 10).

Specijalni generator, sinhro-generator okreće se sa okretanjem antene preko prenosioca, dok se antena okreće pokretnim motorom. Zatim se okretaji prenose na sinhro-motor, koji napaja okretanje deflektorsko-otklonske zavojnice. Dok su zavojnice u pokretu, struja pilinih-zuba dolazi preko kliznih prstenova. Postoje razni sistemi ovakovog načina sinhronizacije.

### Odlaganje zamaha sinhro-impulsa

Za vrijeme stvaranja impulsa, u magnetronu je potrebno kratko vrijeme, da se dođe do antene preko talasovoda, dok odjek treba da se vrati u prijemnik.

Za vrijeme ovog perioda svijetla tačka na ekranu se već pomakne malo od centra, tako da distanca na ekranu nije na nuli. Da se nadoknadi ovo izgubljeno vrijeme, moguće je, da



Slika 13 — Formiranje pojedinih vrsta impulsa  
 a) Sinhronizirajući impulsi, b) Impulsi — rasvjetni (pozitivni četvrtasti za rešetku katodne cijevi), za vrijeme  $T_1$ ; impulsi zamračenja (negativni, četvrtasti, da priguše dolazeće odjeke iz daljine), za vrijeme  $T_2$ , c) Negativni četvrtasti za kalibrator i generator toka pilinih-zuba, d) Tok pilinih-zuba, e) Impulsi za kalibracione krugove

se odlože sinhronizirajući impulsi. Struja pilinih-zuba, i posljedično pomicanje svijetle linije iz centra, počeo će nešto kasnije, tako da će se reprodukcija gore spomenutog odjeka pojaviti u centru ekrana.

#### Zamračeni i svijetli impulsi

Generator reguliranja impulsa (svijetli-tamni) šalje negativni potencijal na rešetku za vrijeme pauze  $T_2$  između pilinih-zuba, kada je svijetla tačka u centru. Kako je ranije objašnjeno, ovaj negativni potencijal je, da spriječi moguće odjeke objekata, koji su na velikoj distanci. Ovaj negativni blok-talasa (blokiranje talasa), naziva se *zamračeni impuls*, a pozitivni blok-talasa u kontrastu sa tim je *svijetli impuls* — (slika 13-b).

#### Kalibracioni krugovi

Za određeno vrijeme svijetla tačka se kreće od centra ka ivici ekrana, to se zna, za vrijeme  $T_1$  (slika 13-c), impulsi su stvoreni u konstantnim intervalima u *kalibratoru* (vidi sliku 13-e). Ovi impulsi su prešli u katodnu cijev preko *video pojačala* (ispravljača).

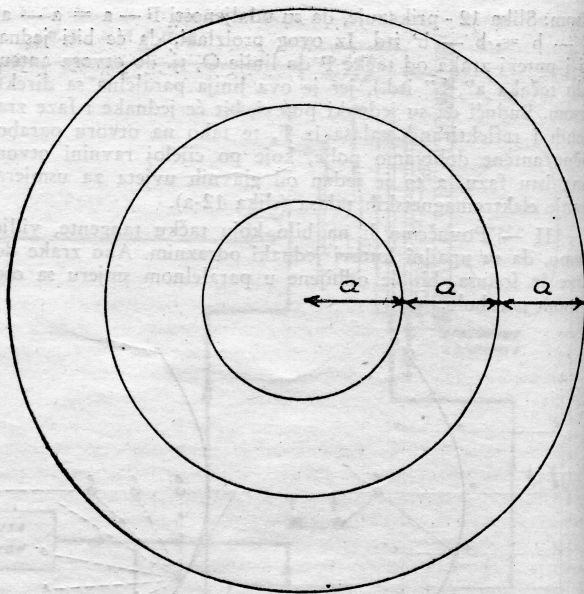
Ovdje se realizira elektronski snop, koji se normalno ugušuje za vrijeme njegovog radialnog pomaka ka ivici ekrana za vrlo kratko vrijeme. Ako su sada, kako pokazuje slika 13-e, četiri impulsa proizvedena u istim intervalima, elektronski snop će biti otpušten 4 puta, i ovdje će nastati 4 svijetle tačke na istoj distanci na *vremenskoj bazi* (prva se pojavi u centru).

Kada je vremenska baza u pokretu, ove tri tačke opisuju unutar ekrana tri kruga, koji se nazivaju kalibracioni krugovi ili krugovi za distancu (slika 14).

Svaki krug označava različito odstojanje na ekranu, na pr. na skali od 6 milja krugovi će biti, kao mjerilo distance na 2, 4 i 6 milja. Sad je moguće odrediti distancu od objekta, koji je vidljiv na ekranu, sa ovim krugovima.

#### Pokretni marker

Skoro sve radarske instalacije mogu također biti opremljene sa pokretnim kalibracionim krugom. Ovo je krug, čiji se promjer može mjenjati sa posebnom kontrolom. On se može postaviti tako, da dira najbližu stranu predstavljenog objekta. Poseban brojčanik pokazuje distancu od objekta, direktno u nautičkim miljama, kao i djelovima milja na posebnoj skali.



Slika 14 — Kalibracioni krugovi

Da se pojavi ovaj pokretni marker, sinhroni impulsi iz glavnog oscilatora (vidi sliku 10) su upućeni u generator pokretnog markera, koji stvara impulse za vrijeme radialnog pomicanja svijetle tačke na ekranu. Čas u kojem je ovaj impuls stvoren, nastao je za vrijeme prijema sinhron-impulsa, te ovaj novo stvoreni impuls može se po volji pomicati posebnom kontrolom, i sada nam je jasno, zašto se radius pokretnog markera može povećati ili smanjivati (ova je kontrola dobro uočljiva kod tipa Radara »Decca 45«, koji se nalazi na dosta naših brodova, dok ovu kontrolu nema Radar »Marconi Quo Vadis«, koji se nalazi na nekim našim putničkim brodovima).

#### Prigušenje odjeka mora

Ako je more uzburkano, od valova se također odbijaju elektromagnetski talasi, ali su ovi odrazi mnogo slabiji u jačini od odraza drugih objekata (na pr. od brodova). Ova pojava na ekranu Radara stvara smetnje nazvane *smetnje mora* (sea-clutter).

Kadkada su ovi odjeci mora, smetnja, da se dobro raspoznaju pojedini objekti na ekranu, što utječe na određivanje navigacionih tačaka. Ova pojava je dobro vidljiva kod jačeg osvijetljenja ekrana Radara. Ove se smetnje mogu otkloniti poslije emisije impulsa-automatski, tako da odjeci mora ne budu vidljivi.

Smetnje mora se otklanjaju sa posebnom kontrolom (slika 10). U prijemniku Radara ugrađeno je posebno kolo za *prigušenje smetnja mora* — gdje se ove smetnje slabe, i impulsi se šalju dalje u *glavno međufrekventno pojačalo* — ispravljač.

#### 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 (Tru 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 ... Wienczyslaw Kon.
- »Decca« Radar-Decca Radar Service — London.
- »Kelvin Hughes« Marine Radar — Kelvin & Hughes Marine Ltd — London.

#### Ispravak iz prošlog broja:

U uvodu treba da stoji: Ovaj drugi izraz R. D. F. označava sistem pronalazjenja smjera i položaja u odnosu na objekat, od kojeg su se odbili usmjereni elektromagnetski talasi. Dok noviji izraz Radar, pored gore spomenutog, obuhvaća još i očitavanje daljine od objekta.