

Radar

Den personal, som det senaste året tjänstgjort vid F 2, har nog inte kunnat undgå märka en antenntyp av mindre vanligt utförande på en av hangarens tak.

Antennen är det mer synliga beviset på den radaranläggning, som F 2 i likhet med flygvapnets övriga flottiljer tilldelats.

Radarstationen är avsedd användas i flygsäkerhetstjänsten med främsta uppgift att övervaka och leda inflygning och landning vid flygplatsen, när väderleksförhållandena icke medgiva normalt landningsförfarande.

Vad är det då, som gör, att radarmaterielen betraktas såsom effektivare än de hävdvunna hjälpmedlen radiopejlstationerna, angoringsfyrar med flera radioanläggningar? Ja, främst torde fördelen vara den, att man mycket snabbt kan fastställa flygplanens läge och kontinuerligt följa dem sedan de kommit in i radarstationens verksamhetsområde till skillnad från äldre radionavigeringsmetoder, där man hänvisas till att antingen från flygplanen eller också från marken utföra upprepade pejlingar för att kunna fastställa läget.

Principen för de radarstationer, som flygvapnet disponerar i flygsäkerhetstjänst, grundar sig på radiovågornas ekoverkan och innebär i korthet följande.

Radiovågor av mycket kort våglängd ha, beträffande reflexion, brytning och polarisation, samma egenskaper som ljuset. Radarstationens sändare skickar ut en energipuls i en bestämd riktning. När denna träffar ett mål, t ex ett flygplan, återkastas en del av energien och uppfångas av radarstationens mottagare. Om man nu tagit tiden från det att pulsen utsändes, träffar ett mål och åter uppfångas i mottagaren, kan man lätt räkna ut avståndet till målet när faktorerna, tiden och pulsens fortlplantningshastighet äro kända. I praktiken utföres givetvis icke dessa räkneoperationer utan alla värden registreras på så kallade katodstrålerör, vilka äro avstånds- och riktningsgraderade och där man alltså kan följa målet och direkt avläsa önskade värden.

Principen förefaller enkel men att praktiskt utforma och utnyttja den är produkten av en stor forskarstabs intensiva och energiska arbete, som intensifierades under det andra världskriget. Det ligger här nära till hands tro, att radar helt skulle vara ett resultat av det senaste krigets forskning, men så är icke fallet. Redan år 1886 kom den tyske fysikern Hertz underfund med att korta radiovågor

reflekterades. Omkring 1920 började de militära myndigheterna i Amerika att intressera sig för problemet att medelst radiovågor mäta avstånd till föremål. År 1935 hade forskningen i England kommit så långt, att en plan för radarbevakning av engelska ostkusten utarbetades och torde 1939 i stort förverkligats.

På 1930-talet röntessa dessa problem inte bara intresse i Amerika och England utan även Tyskland och Japan insågo den stora militära betydelsen av radar och nedlade sannolikt mycket arbete och stora belopp på denna forskning för att kunna hålla jämna steg med utvecklingen i de anglosaxiska länderna.

Fortskrifandets under kriget var en ständig kapploppning mellan de stridande för att finna nya medel och motmedel. På detta sätt tillkom under rubriken »radar» en mängd olika radiotekniska system, som icke enbart grundar sig på radiovågornas ekoverkan, men till detta gives kanske tillfälle att senare återkomma.

Enligt nu tillgängliga källor lyckades dock de allierade behålla ett visst försprång, vilket enligt många mening fick avgörande betydelse för krigets utgång.

Historierna om radars betydelse under en del enskilda krigshandlingar äro legio. Här skall emellertid endast dess betydelse i stort beröras.

Medelst radar kan navigering för såväl flygplan som fartyg ske under vilka siktförhållanden som helst. Den för de allierade så viktiga konvojtjänsten kunde med minskat hot för ubåtsfaran lösa sin uppgift, enär ubåtarna så snart de kommo i övervattensläge blevo avslöjade av radar. Oavsett mörker, dimma och moln kunde bombfällning ske med hjälp av radarbombsikte. De tyska V-bombernas batteriplatser fastställdes genom att V-bombplanorna följdes, varefter man matematiskt konstruerade fram banornas utgångspunkter.

Nattjaktplanen försågos med radar, varigenom de i mörkret kunde upptäcka fiendens flygplan. Kulsprutorna kunde synkroniseras med radarutrustningen så att både inriktning och avfyrning kunde ske helt automatiskt.

Vad som ovan nämnts är endast de mera betydelsefulla användningsområdena för radar, och trots den oerhörda utveckling, som skett inom detta gebit, anses det endast vara en början.

Man förstår vad t ex USA väntar sig av radar,

Sjöräddning

De personer som hålla på att sjöräddningstjänsten är något av ondo har rätt... Förvisso ha de det... Tänk att ryckas upp ur sin sötaste slummer av en ilsken telefonsignal (jag skulle vilja ha ett samtal med den där Bell eller vad killen hette) och vara tvungen att gå ur den varma sängen. Småsvärande vacklar man upp, sätter fötterna på det iskalla golvet och vacklar iväg i mörkret. Man slår fötterna i en stol. Fortsätter halvgråtande, för att efter ett ögonblick slå fötterna i en annan stol. Telefonen kastar sina nyvassade signaler genom det egyptiska mörkret och man når äntligen den lilla svarta apparat... apparaten. Halvt vansinnig, med gråten fortfarande i halsen, kramande sin misshandlade fot möts man av en glad nyrakad stämman, som glatt förkunnar att det är utryckning med sjöräddningskärnan och att man så fort som möjligt skall infinna sig å flottiljen. Låt oss dra en barmhärtighetens slöja över resten och återkomma till det hela när det arma offret vaknat ordentligt, för då, då kan det inte bli annat än lovord över sjöräddningstjänsten...

Finns det någon mera intressant tjänstgöring? Finns det någon mera spännande sysselsättning? Finns det något mera nervöst än att vänta på utryckning? Nej och åter nej! Jag minns sedan i somras flera utryckningar som faktiskt voro som klippta direkt ur något äventyrmagasin, ja, jag minns också flera som voro enformiga och långa och som avslutades med att radion meddelade: »Spaningarna inställes. De saknade funna på — holmen drickande kaffe hos bekanta.» Det är klart att en viss procent av uppdragen måste sluta så, men det finns ju andra exempel som den gången när vi letade efter herr X. Hans fru var så orolig, för se han skulle ju bara ut ensam och segla i ett par dagar. Efter

när de anser att de tre miljarder, som de nedlade på radarforskningen intill 1945, vara en god penningplacering.

Det är dock att hoppas, att resultatet av denna forskning i ännu högre grad kommer det fredliga arbetet tillgodo, och redan nu känna många skeppare sig trygga tack vare, att fartygen utrustats med radar. Härigenom underlättas navigationen, och risken för kollision är praktiskt taget eliminerad. Även den civila luftfarten begagnar sig i stor utsträckning av dessa anläggningar.

KL.

sammanlagt bortåt 10—12 timmars spaning med 2 stycken T 2:or fann fänrik Andersson, fu Lindzäter och jag honom... vid en liten ö i Svartlöga skärgård... glatt vinkande...

Men vi ha ju också gjort nytta. Paret Törnkvist, ja ni kanske minns dem, hade nog inte klarat sig mycket längre till och att vi upptäckte dem berodde på 90 procent envishet och 10 procent tur (eller var det kanske tvärt om?) Nå vi hittade dem och efter allehanda äventyr, sådana som landning i halv storm, paddling i trasig gummibåt, ja detta kom på Fänrik Larssons, Spanar-Lasses, lott, han kom nästan fram till kobben men sista biten fick han vada i vattnet släpande den lufttomma båten efter sig, sniffning över »söndagsseglare» för att om möjligt påkalla deras uppmärksamhet. Ingen skall dock tro att de kom underfund med att något hade hänt, nej då de vinkade så glatt som helst, när vi for över dem, med fanj Kling i baksitsen, skjutande med signalpistolen, så att vi mer liknade en flygande fästning under eldgivning än en fredlig T 2 på spaning. Ingen reaktion, jo de vinkade om möjligt ännu gladare åt oss. Tänk att folk kan vara så förbaskat dumma var både fanjunkar Klings och min reflexion. Nå på denna historia blev det verkligen en Happy End, för flygambulansen kom och hämtade dem. Spanar-Lasse kom över till oss i T 2:an, vi fortsatte spaningen efter en motorbåt, som också var borta, och far och son, alltså Törnkvists, kom till sjukhuset. Därifrån meddelades det oss på sjöräddningen att båda två skulle klara sig och det måste ni ju hålla med om att det var en verklig Happy End.

Den enda önskan som man kan hysa när man som vi här på 1 div har kommit i närmare kontakt med sjöräddningstjänsten är att vi får nya kärror (de äro på väg), och att beredskapen skall kunna bli effektivare än vad den nu är, som den ju även kommer att bli.

Nå, en sak är ju säker och det är den, att de personer som påstå att sjöräddningstjänsten är något av ondo ha fel och borde snarast möjligt omvända sig... Annars får de med oss att göra... Förvisso få de det.

Ulph.

Viktigt meddelande, framför allt till alla föreningsmedlemmar i Stockholm och Stockholmstrakten, på omslagets innersidor!

Sveriges första radar - ett viktigt FFU [1]-projekt för något mer än 50 år sedan.

Denna artikel av civilingenjör Eric Elfhag, som här med författarens och redaktionens tillstånd återges i ursprungligt skick, publicerades första gången i Kungl. Örlogsmannasällskapets "Tidskrift i Sjöväsendet" nr 4/1998.

Civilingenjör Eric Elfhag var under många år verksam inom Marinförvaltningen sedermera Försvarets materielverk och var vid sin pensionsavgång 1984 sektionschef vid FMV-s radarbyrå

Beroende dels på den sekretess som gällde i samband med framtagning av rubricerad utrustning, dels på att så lång tid har förflutit att ärendet fallit i glömska, är vetskapen om denna första radar närmast obefintlig även för dem som är verksamma inom elektronikområdet. Då någon sekretess inte längre föreligger kan det anses motiverat att lämna en beskrivning över detta ur historisk synvinkel intressanta projekt.

Teknikhistorisk bakgrund

Historiskt synes Marinen av hävd ha spelat en framträdande roll vad gäller utveckling och tillämpning av avancerad teknisk materiel. Vad gäller elektronikområdet kan som utgångspunkt väljas införandet av sk gnistutrustning för trådlös telegrafi. (Ordet "gnist" var i gångna tider synonymt med "radio" och båda benämningarna förekom under en övergångsperiod parallellt.)

Den 12.1 1900 föreslog chefen för minavdelningen vid Kungl Marinförvaltningen (KMF) i en VPM att framställning skulle göras om upphandling av "ett ställ apparater för signalering utan tråd enligt Marconis system". Efter kompletterande marknadsundersökning inforades offerter från AEG, Siemens och Marconi Wireless Co. Beställning lades till AEG. Materielen levererades och installerades år 1901 på pansarbåtarna Thor, Oden och Njord samt torpedkryssaren Clas Uggla. Detta som inledning till gnistepoken, vilken varade i närmare 20 år. Det kan nämnas att handläggningen av gnistärenden med tiden blev rätt omfattande och att denna verksamhet sedermera överflyttades till torpedavdelningen vid KMF.

Den viktigaste uppfinningen i elektronrörets och därmed kanske i elektronikens historia gjordes i USA år 1906 av Lee De Forest. Det uppfunna röret benämndes först "audion" vilket senare ändrades till "triode" baserat på att röret innehöll tre elektroder. Revolutionerande för röret ifråga var att det kunde användas för att förstärka svaga elektriska signaler. Elektronrören förbättrades successivt och omkring 1920 kunde man med dessa bygga radiosändare med upp till 2 kW uteffekt. I och med detta var gnistsändarnas tid förbi och man övergick till elektron-rörsbestyckade sändarutrustningar. Fördelarna med de sistnämnda var beaktansvärda, dels därför att gnistsändarna var relativt komplicerade och

svårskötta,' dels därför att man med elektronrören också kunde åstadkomma trådlös telefoni.

Ett markant stegrad intresse för utnyttjande av radio i olika sammanhang uppstod nu. Förutom militärt intresse också det civila intresset för rundradio med ganska stora radiosändare och kvalificerade radiomottagare, vilket gav möjligheter till effektiv spridning av nyhetsinformation.

För kommunikation över stora avstånd upptäckte man snart att höga frekvenser (kortvåg) var lämpliga om man kunde bemästra inverkan av varierande vågutbredningsförhållanden. Radiokontakt kunde med någon tur upprättas till godtycklig plats på jordklotet. Riktad sändning kunde relativt lätt etableras genom att höga frekvenser möjliggjorde åstadkommande av antennarrangemang med riktningsverkan. Olika typer av störningar i radioförbindelser försökte man gäll analysera och om möjligt undvika, kanske en lärorik sysselsättning. Bland annat konstaterade man att föremål, exempelvis flygplan, som kom in i strålningsfältet från antennerna gav upphov till temporära förändringar i signalstyrkan. Störningen som sådan var väl inte uppskattad, men kunde praktiskt utnyttjas på något sätt genom att den varslade om förekomsten av något främmande föremål.

Vid slutet av 1930-talet hade man inom radiotekniskt ledande nationer klart för sig att man kunde åstadkomma varningssystem med hjälp av radioteknisk utrustning. Detta var främst av militärt intresse och som man snart insåg av så stor betydelse att vidare utveckling belades med hög sekretess. I samband med krigsutbrottet 1939 blev sekretessen total. Visst samarbete förekom dock mellan allierade nationer som England USA. I den våldsamt - eskalerade krigföring, som skedde mellan de stridande parterna, kan uppmärksammas "Slaget" om Storbritannien", där engelskt jaktflyg kunde förvarnas och därmed attackera anflygande bombeskadrar samt som begrepp "Slaget om Atlanten", där utgången blev i hög grad beroende på tillgången av elektroniska hjälpmedel. Vid exempelvis sjöslag mellan övervattensfartyg kunde radarutrustade fartyg agera utan hinder av mörker och nedsatt sikt, vilket gav dem ett klart övertag gentemot icke radarutrustade fartyg.

Läget i Sverige

Trots att Sverige inte blev direkt indraget i krig var läget dock i vissa avseenden bekymmersamt. I samband med att våra grannländer ockuperades blev vi inringade och i stort sett avstängda från viktiga importvaror. Detta ledde till restriktioner och ett omfattande ransoneringssystem. Dessutom hade vi en uppgift att i möjligaste mån hjälpa grannarna (Finland, Baltstaterna, Danmark och Norge) på olika sätt; bland annat genom att ge fristad åt flyktingar.

Samtidigt gällde det att genom snabb upprustning av försvaret förhöja den svenska beredskapen. Alla dess uppgifter måste lösas. Vissa åtgärder kom snabbt som i exempelvis engasdrift av fordon.

Tillgången till en välutvecklad tung industri medförde också en förhållandevis snabb upprustning av försvaret. Beträffande elektronisk materiel för försvarsändamål var läget dock sämre. Visserligen fanns Telefonaktiebolaget LM Ericsson (LME), men deras verksamhet var i huvudsak inriktad på telefoniutrustningar. Nära lierade med LME var Svenska Radioaktiebolaget (SRA) och Svenska Elektronrör (SER), där det förstnämnda hade visst samarbete med engelska Marconi-bolaget. SER hade samarbetsavtal med glödlampstillverkaren LUMA-lampan, då vissa moment i rör- och glödlampstillverkning kunde utföras i samma typer av automatmaskiner. Elektronrörstillverkningen var inriktad på de rörtyper som förekom i vanliga rundradiomottagare.

Förberedelser för åstadkommande av svenskbyggd radar

Knapphändig kännedom om speciell radioutrustning avsedd för upptäckande av militära objekt torde ha funnits hos en begränsad krets inom det svenska försvaret redan vid krigsutbrottet 1939. Det strategiska eller operativa värdet hade man troligen inte kunnat bilda sig någon uppfattning om innan rapporter från krigsskådeplatserna hade hunnit studeras. Under första halvåret 1940 började man inse det stora operativa värdet och att hög Prioritet borde gälla för att främst förse de svenska örlogsfartygen med något som kryptiskt benämndes RL-utrustning. Benämningen ändrades stegvis i tur och ordning RL = Radio Lokalisering, RE = Radio Eko, ER = Eko Radio, vilket i senare skede blev Radar.

Under senare delen av 1940 inkom till Patentverket förslag till apparatlösningar som dock var svårbedömbara i fråga om realiserbarhet och prestanda. Patent till enskilda privatpersoner kunde också medföra problem beträffande försvarets förfoganderätt och sekretesskrav.

Under 1940 tjänstgjorde som inkallad radioingenjör vid Kungl. Marinförvaltningens (KMF) torpedavdelning en man vid namn Torsten Elmqvist, som i sin civila gärning innehade en chefsbefattning vid Svenska AB Trådlös Telegrafi (SATT). Med det gedigna radiotekniska kunnande, som han innehade, kunde han ge förslag till förmodat realiserbara apparatlösningar av RL-typ. Man insåg då tidigt att det största problemet skulle bli åstadkommande av lämpliga elektronrör, främst sändarrör och bildrör. Försvarsstaben och Förvarsdepartementet hölls orienterade, och en viktig fråga uppstod, nämligen hur ett utvecklingsarbete skulle sammanhållas organisatoriskt. Man beslöt sig för att engagera Statens Uppfinningsnämnd (SUN), som då fick i "uppdrag att samordna utexperimentering och utveckling av RL-utrustning". Den 9 december 1940 anvisades 8.000:- för utexperimenterande av sändarrör. Uppdrag lämnades av SUN till det allierade företaget SER.

Under år 1941 intensifierades ansträngningarna successivt på att finna realiserbara lösningar baserade på resultat från pågående försöksverksamhet. Planering skedde i nära kontakt med KTH genom konsultativ medverkan från professorerna H.

Sterky (rektor²), H. Alfvén (elektronik), E. Löfgren (radioteknik) och G. Borelius/W. Weibull (teknisk fysik).

Man intresserade sig nu för två artskilda lösningar av RI.-apparatur, den ena baserad på interferensmetod och den andra på impulsmetod. Impulsmetoden som skulle tillämpas för framtagning av en s k flygplandetektor, avsågs baseras på klystronrör, vilket ledde till att firma Georg Schönander igångsatte experiment med framtagning av denna rörtyp.

Den 18 december 1941 föreslogs utökad samordnad experimentverksamhet i samband med att medel anvisades till

- a) Enskilda specialister 38.875:-
- b) SER 24.000:-
- c) KMF 30.000:-

Försöksverksamheten skulle vid SER stå under ledning av Owe Berg och vid KMF av Torsten Elmqvist. Vid utgången av 1941 hade man ganska bestämda riktlinjer för den fortsatta verksamheten. Prioritet förelåg för att med ledning av framkomna resultat skyndsamt konstruera en praktiskt operativa användbar ekoradio för marint bruk. Visst forsknings- och utvecklingsarbete på en flygplandetektor skulle bedrivas parallellt men med lägre prioritet.

Ansvar för verksamheten synes ha varit koncentrerat till SUN, där Alf Grabe (myntdirektör och chef för Myntverket) då var ordförande. Man förväntade sig påtagliga resultat under det nästföljande året. Man agerade snabbt. Den 5 januari 1942 ställdes 50.000:- till nämndens disposition för intensifierad experiment- och utvecklingsverksamhet. Samtidigt angavs att ingenjör Elmqvist syntes vara den mest lämpade att leda och sammanhålla experimenten på decimetervågsområdet. Som medhjälpare föreslogs Byråingenjör Hugo Larsson, Telegrafverket, Civilingenjör Ove Norell, KMF, Ingenjör Nils Knutsson, KMF, Ingenjör Olle Berg, SATT samt Ingenjör Bertil Kjellsson, SATT. Lokaler för fortsatta experiment ställdes till förfogande vid KTH avdelning Elektroteknik samt rum vid Myntverket. Fältförsök skulle utföras vid Bromma flygplats

Extremt kalla Trettondedagen 1942 skedde omgående en personligt sammanträffande utanför Myntverket mellan Grabe, Elmqvist, Larsson och Norell. Det framhölls då bland annat att ett intensivt arbete förestod, att någon ledighet inte kunde påräknas och att arbetet skulle fortgå även på sön- och helgdagar. För experimentarbeten vid KTH anställdes också strax därefter civilingenjör Kurt Engström hos professor Erik Löfgren

Trots rätt stora ansträngningar hade man icke lyckats framställa något användbart sändarrör hos de hittills här för engagerade företagen. Klystroner hade visat sig mycket svåra att tillverka och magnetroner visste man inte mycket om. Återstod specialkonstruerade trioder som kunde uppfylla krav på "största möjliga effekt vid högsta möjliga frekvens" alltså ett sökande efter bästa kompromiss.

Rördimensionerna måste vara små för att krav på korta ledningar och korta gångsträckor i röret skulle uppfyllas. Men rördimensionerna måste också vara så stora att röret ej överhettades vid avsett effektuttag. Man bestämde sig då för ett Telefunkenrör som i åtminstone ett exemplar fanns tillgängligt i Sverige.

Ett rör överlämnades till SRT som bland andra aktiviteter även hade en avdelning för förtillverkning, vars föreståndare hette Gösta Asker. Han lyckades då framställa dugliga rör av denna typ, vilket medförde tillgång inom landet och att utformningen av ekoradion kunde baseras på rörtypen i fråga. Samtidigt pågick vid SRT utveckling av ett katodstrålerör som avsågs kunna användas som bildrör främst för avståndsmätning vid ekoradio baserad på den s k impulsmetoden (pulsradar). Den UHF-triod, som man bestämt sig för att använda som sändarrör lämpade sig dock inte för kortpulssändning och därför var intresset för katodstråleröret i början inte särskilt stort. Man kunde som alternativ åstadkomma avståndsindikering med visarinstrument. Enda möjligheten att snabbt komma fram till en användbar praktisk lösning var att utnyttja UHF-trioden som sändarrör och låta röret arbeta i kontinuerlig mod. Avståndsbestämning kunde erhållas genom utnyttjande av frekvensmodulering.

Not: Elvhag har vid möte i Stockholm 2004-11-18 poängterat att det inte var helt lätt att skaffa rör utifrån p g a neutralitetsproblematiken. Men genom att Sverige lyckade hålla sig någerlunda väl med såväl Tyskland som England kunde viss kontakt hållas med resp land och viss materiel köpas in.

Prov med experimentutrustning

En ekoradioutrustning av kategori laborierprototyp provades på Bromma i mars-april 1942, varvid man kunde konstatera ekon från bl a Spångamasterna. Det var nu hög tid att förbereda serietillverkning, vilken som vanligtvis är fallet, måste inledas med serieprototyp(er). Samarbetsavtal tecknades bl a med LME och Bofors. Bofors skulle svara för framtagning av antenner med tillhörande vridutrustning under det att LME i stort svarade för övrigt som sändare, mottagare, signalbehandling (filtersystem), presentationsutrustning m m. Reservation gällde dock för sändaren som erfordrade ytterligare förbättringar, ett utvecklingsarbete, som pågick i SUN:s regi.

Prov till sjöss påbörjades den 17 maj 1942, då befintlig experimentutrustning installerades på minsveparen Bredskär. Mätningar skedde under gång upprepade turer Landsort - Mälsten. Landsorts fyr gav ett för mätningarna stabilt och värdefullt referenseko. Provverksamheten överflyttades senare till ett av Flottans

hjälpfartyg "Norden" en inhyrd Svea-ångare, som ombyggt till skolfartyg för utbildning av optiska mätare. Det visade sig vid jämförelse av mätvärden snart att experimentutrustningen gav noggrannare avståndsvärden än de optiska mätinstrumenten.

I slutet av oktober återgick Elmqvist till SATT. Det blev nu Hugo Larsson som svarade för ledning av experimentverksamheten vad gällde frekvensmodulerad ekoradio. Samarbetet med LME fungerade bra. Ett av de svårare momenten gällde framtagning av filterutrustning till mottagaren. För detta svarade inom LME Carl-Georg Aurell, sedermera professor vid CTH. Kontaktman vid LME var Torsten Lange. Den 10 december 1942 avrapporterades till SUN resultaten från den provverksamhet, som förevarit ombord på hjälpfartyget "Norden." Samtidigt bestämdes att vidare prov skulle utföras ombord på pansarskeppet "Drottning Victoria". Som avslutning för år 1942 återges följande protokollsutdrag:

1942 17 december

Marinförvaltningen anholder om anskaffning genom nämndens försorg av 4 st radiolokaliseringsapparater, en avses för pansarskepp, en för kryssare, en för jagare och en för uppställning i land. Tillverkning skall ske i samarbete med Telefon AB LM Ericson och Aktiebolaget Bofors.

I samband med varvsöversyn omkring årsskiftet 42/43 installerades en av RL-prototyperna, som nu till större delen var fabrikstillverkad, på pansarskeppet "Drottning Victoria". Den 28 januari 1943 skedde demonstration till sjöss för försvarsledningen. Tyvärr råkade det vid detta tillfälle blåsa halv storm men demonstrationen fullföljdes. I protokollsutdrag från den 2 februari 1943 anges följande:

Vid demonstration av ekoradioanläggningen den 28 januari deltog bl a statsrådet Sköld, statssekreterare Rosén, överbefälhavaren och cheferna för försvarsstaben, marinen och flygvapnet. Marinen övertagen montaget av de fyra beställda ekoradioanläggningarna. Arbetet omhänderhas av ingenjörerna Brigge och Ajger.

Inklusive tilläggsbeställningar beställdes totalt 15 st ekoradioanläggningar. För fartyg avsedda anläggningar fick beteckningen ER Ia och för landbaserad radar till kustartillerist infördes beteckningen ER Ib. Leverans och installation av de beställda ekoradioutrustningarna skedde successivt. SUN noterar i protokoll av den 10 augusti 1943:

Ekoradioanläggningarna på pansarskeppet Drottning Victoria och jagaren Gävle äro nu monterade.

Och i protokoll av den 25 november 1943:

Rapportering ang demonstration av ekoradioanläggningen på Mälsten som ägt rum den 1 och 5 november.

Översiktlig teknisk beskrivning av ekoradion

Experimentverksamheten för utveckling av ekoradio omfattade två alternativ benämnda interferensmetoden resp impulsmetoden. Vid bearbetning av de båda alternativen framkom att interferensmetoden borde kunna tillämpas för inmätning av sjömål under det att impulsmetoden borde tillämpas för inmätning av luftmål.

Ekoradioutrustning enligt interferensmetoden benämndes ER typ I och för ekoradioutrustning enligt impulsmetoden reserverades benämningen ER typ II. ER typ II kom dock aldrig till serieproduktion i svensk version främst beroende på svårigheten att framställa sändarrör som kunde ge erforderlig pulseffekt vid eftersträvad kort våglängd. Beteckningen ER II kom sedermera att användas för från utlandet anskaffad utrustning. ER typ I förekom i tre olika utföranden vilka skilde sig från varandra genom antennernas utformning. ER typ Ia som var avsedd för fartyg utformades i två versioner, den ena avsedd för pansarskepp och den andra för jagare. ER typ I b var främst avsedd för kustartillerist och uppställning på land. Vid fartygsinstallationen monterades antennen på befintlig vridbar märs. För landinstallationer måste i förekommande fall erforderlig vridutrustning nyanskaffas.

Då interferensmetoden innebär kontinuerlig sändning resp mottagning erfordrades två antenner för varje ekoradioanläggning, en sändarantenn och en mottagarantenn. Sändaren monterades på baksidan av sändarantennen. Mottagarutrustningen, som var uppdelad på olika enheter, bestod dels av två likadana på mottagarantennens baksida monterade enheter, dels i manöverpanelen befintlig apparatur. Den principiella uppbyggnaden framgår av bilaga 3. Följande karakteristiska egenskaper kan noteras:

- Läckstrålningen från sändarantennen ger lokaloscillatorverkan i mottagarna. Omkoppling mellan mottagarna M1 och M2 kan antingen utföras manuellt eller genom att 50-periodisk växelström påverkar en diodkombination. Filterenheten ger valbara dämpningsmöjligheter för närekon respektive fjärrekon och därmed möjlighet att prioritera ett aktuellt avståndintervall.
- Ekostyrka, pejlingsbalans (fininriktning av antennen) och målavstånd kan avläsas på visarinstrument. Målekosignalerna kan avlyssnas i hörtelefon, vilket ger möjlighet till ekotolkning. Den utsända signalen är frekvensmodulerad. Våglängd ca 65 cm och därmed bärvågsmedelfrekvens ca 460 MHz (strax under dagsläggets TV-kanal 21).
- Då sändarens frekvens p g a frekvensmodulationen oupphörligen ändras, kommer den till mottagarantennen återvändande reflekterade ekosignalen att ha en annan frekvens, än den sändfrekvens, som gäller i det tidsögonblick då ekosignalen träffar mottagarantennen. Frekvensskillnaden utgör ett mått på

avståndet till det reflekterande målet. Ekosignalen blandas i detektorn med pågående sändsignal varvid blandningsprodukter uppstår, där en av dessa har en frekvens som motsvarar frekvensskillnaden. Denna blandningskomponent separeras och förstärkas i mottagaren. Triangulär frekvensmodulation användes i ekoradion

Det största problemet vid utvecklingen av ekoradion synes ha varit att erhålla godtagbar funktion hos sändarenheten. Det kan därför vara av intresse att studera denna något närmare. Som frekvensbestämmande element använde man en s k, "Lecherledning" en resonansledning som baserar sig på ledningsteori. Totalreflektion uppstår om en ledningsände är öppen eller kortsluten. Mötet mellan framåtgående och en bakåtgående reflekterad våg ger upphov till "stående våg" med efter ledningssträckan uppträdande min- och max-punkter för spänning och ström

Beträffande sändarens uppbyggnad, gäller att UHF-trioden som bör arbeta mot hög belastningsimpedans, placerades på mitten av Lecherledningen, den ena ledaren ansluten till anoden och den andra till styrgallret. Ledningens ändpunkter isolerades ur likspänningssynpunkt från chassiet (jord) med speciella plattkondensatorer. Anodlikspänning och gallerförspänning kunde då inkopplas vid ledningens ändpunkter.

Frekvensmodulering erhöles med hjälp av en roterande vridkondensator. Frekvenssvingets storlek justerades genom att förskjuta kondensatorn något längs ledningen. Bärivågsmedelfrekvensen kunde påverkas av ett jordat bleck som närmades eller fjärmades från ledningen. Effekttuttaget till antennen reglerades med en kopplings slinga som kunde lägesändras relativt Lecherledningen. Högfrequensdelen i mottagaren är förhållandevis enkel. Yttre matningsspänningar erfordras ej (dock glödspänning) och inte heller lokaloscillator. Läcksignalen från sändaren ger lokal oscillatorfunktion.

Lecherledningen är här av typ kvartsvågsresonator vilken transformerar upp spänningen till detektorrörets anoder. Resonansfrekvensen justeras med trimkondensatorn till överensstämmelse med sändarens bärivågsmedelfrekvens. Antennkopplingen regleras så att kopplingen blir optimal d v s största möjliga utgående lågfrekvensspänning vid normal drift och lämpligt referenseko. Utsignalen från detektorn förstärks i ett förstärkarsteg innan signalen går vidare till manöverenheten, där den efter en omkopplare passerar filter för näreko- och fjärrekodämpning.

Den filtrerade lågfrekvenssignalen förstärks och förgrenas till dels en frekvenskännande krets vilken avger en ström proportionell mot frekvensen och därmed målavståndet, dels en diodbrygga vars utgående likspänning representerar målekoamplituden.

Upplösning och störekoundertryckning

Upplösningen i sida motsvaras i princip av horisontella lobbredden men påverkas här av det sidoutrymme som erfordras för lobväxlingen och blir därför ca 1,5 ggr lobbredden. Upplösning i avstånd föreligger knappast i egentlig bemärkelse. Proceduren för avståndsmätning kan, om målen ligger i ungefär samma riktning och inte tillhöra kategorin närekon eller fjärekon, endast fås att fungera för ett mål som ger påtagligt starkare ekosignal än de övriga. Man kunde dock genom val av filterinställning prioritera målekon från mål belägna inom ett visst begränsat avståndsområde.

Genom att utnyttja den i ekoradioutrustningen ingående hörtelefonen kunde radaroperatören genom lyssning erhålla akustisk tillsatsinformation. Varje hörbar ton motsvarade ett visst avstånd, vilket om flera toner förelåg samtidigt innebar flera mål inom lobbredden. Ett urskiljande av tonhöjd kunde då ge en grov uppskattning av målavstånden. Mål på gående eller kommande kurser ger upphov till dopplereffekter. Rörliga föremål ombord och vibrerande skrovytor kan likaledes ge upphov till doppler. Individuella egenskaper hos radaroperatören beträffande dels möjlighet att höra och karakterisera signalerna, dels att baserat på erfarenhet dra slutsatser om måltyp, var här av väsentlig betydelse.

Sammanfattning

Genom att utnyttja lobväxling erhöles trots relativt stora lobbredder ganska god mätnoggrannhet i sida. Mätfelet vid riktningsbestämning angavs vara mindre än 0,5 grader. Beträffande mätnoggrannhet i avstånd gällde att mätfelet var avståndsberoende och varierade mellan 50 och 200 meter.

Registrering av målavstånd kunde ske upp till 10 km. Radarräckvidden översteg dock vanligen ej 8 km mot ytmål beroende dels på att den relativt stora våglängden (65 cm) medförde ogynnsam vågutbredning, dels på att närekonstörningar nedsatte fria rymdräckvidden. Akustisk tillsatsinformation erhöles med hjälp av den i mottagarutrustningen ingående hörtelefonen. Teoretiskt sett borde man genom avlyssning ha kunnat bilda sig en uppfattning om' målavstånd, målfart och målsignatur samt dessutom märka om mer än ett mål fanns inom lobbredden. Den mängd nyttig information man kunde få genom lyssning var dock synnerligen beroende av radaroperatörens hörselsinne. Störningar främst i form av närekon och sidolobsekon inverkade på operatörens utvärderingsförmåga. Av väsentlig betydelse är emellertid att lyssningsutrustningen gav en enastående möjlighet till ekotolkning. Operatörer begåvade med speciella hörslegenskaper torde ha varit till god hjälp.

Radarteknisk utveckling var i början av 1940-talet en mycket prioriterad högteknologi. De största arbetsinsatserna synes ha gjorts i USA. Efter krigsslutet hävdades sekretessen så att större delen av de framkomna resultaten kunde

dokumenteras och delges omvärlden. Ett exempel härpå är den så kallade MIT-serien (MIT = Massachusetts Institute of Technology) som omfattar en serie bokband utgörande en sammanställning av det radar tekniska kunnandet inom USA vid krigsslutet.

Nedanstående citat gällande militärteknisk forskning och som daterar sig till slutet av 1945 är belysande:

"I den mån den militära sekretessens slöjor lyftas, börja konturerna klarna på den ena stora gruppen efter den andra av väldiga tekniska framsteg, som gjorts under kriget. Det säges i officiella meddelanden, att framställningen av atombomben kostat Förenta Staterna omkring 2 miljarder dollar. Från lika pålitlig källa erfara vi, att utvecklingsarbetet på ekoradio kostat ej mindre än 3 miljarder dollar och att denna sannolikt mer än någon annan detalj inom de allierades rustningar bidragit till den slutliga segern".

Bilagor

1. Pansarskepp och jagare försedda med ekoradio. (Antennarrangemang väl synliga).
2. Indikator- och manöverutrustning.
3. Blockschema.
4. Principschema för sändare och mottagare.
5. Lobväxlingsfunktion.
6. Antennstrukturer.
7. Fri rymdräckvidd.
8. Frekvenssamband.

Källförteckning

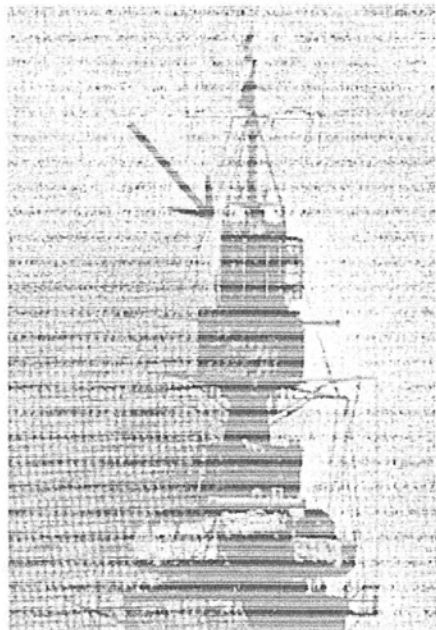
Marinens Televerksamhet. Gösta Brigge och Göran Engström.
Beskrivning av Marinens Ekoradioanläggning typ Ia. Krigsarkivet.
Svensk ekoradioutveckling under krigsåren 1939-1945. Sven Hasselrot.

Fotnot

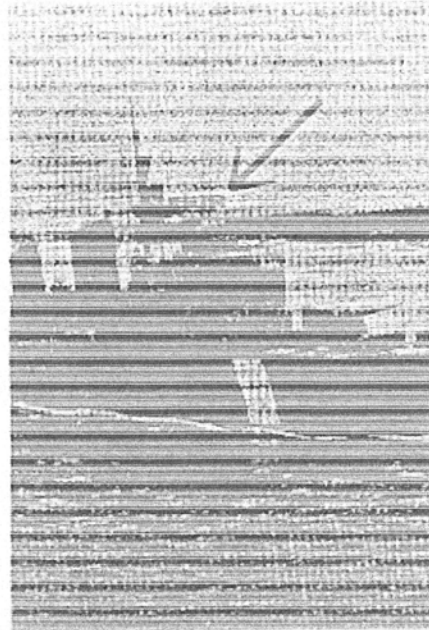
- [1] FFU Forskning Försök Utveckling
[2] Senare Generaldirektör för Telegrafverket

Bilaga 1

Pansarskepp och jagare försedda med ekoradio. (antennarrangemang väl synliga)



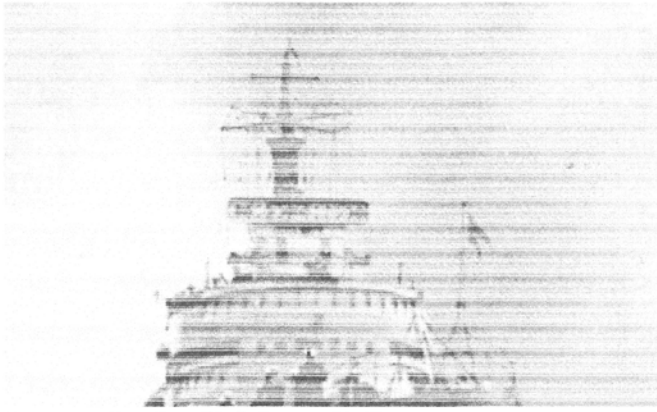
Pansarskepp Drottning Victoria



Jagaren Sundsvall.



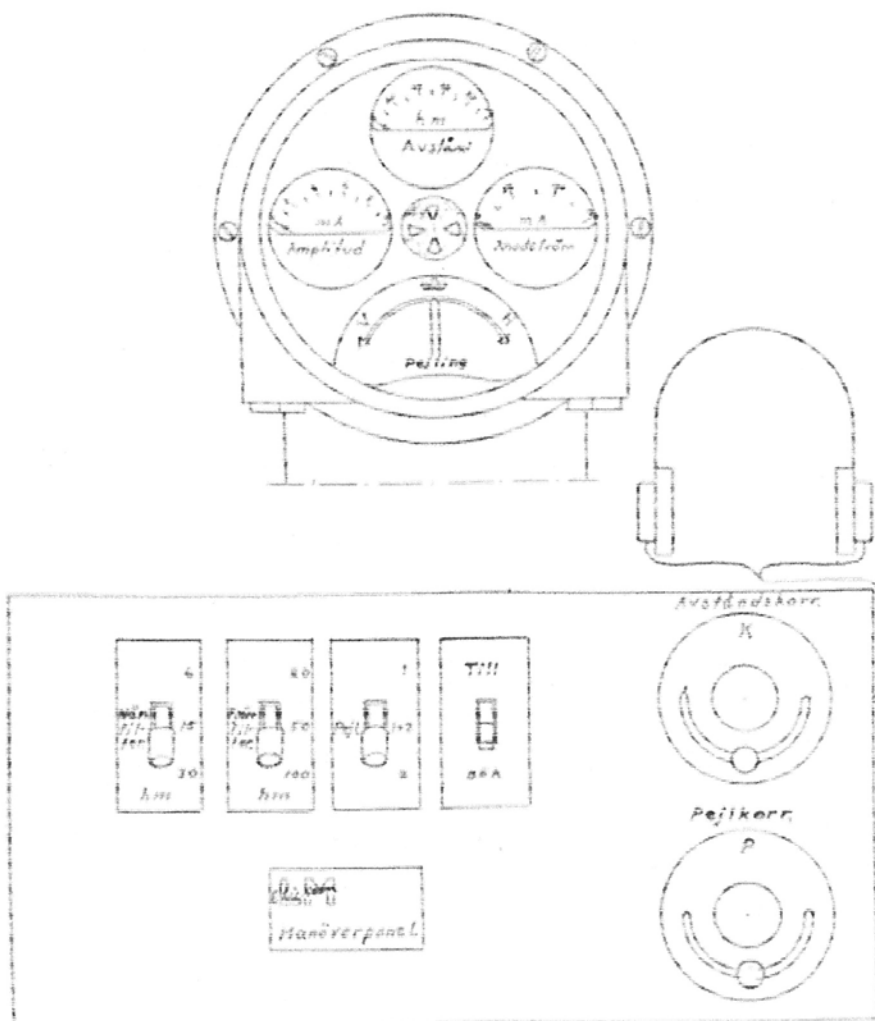
Pansarskepp Drottning Victoria (högupplöst)



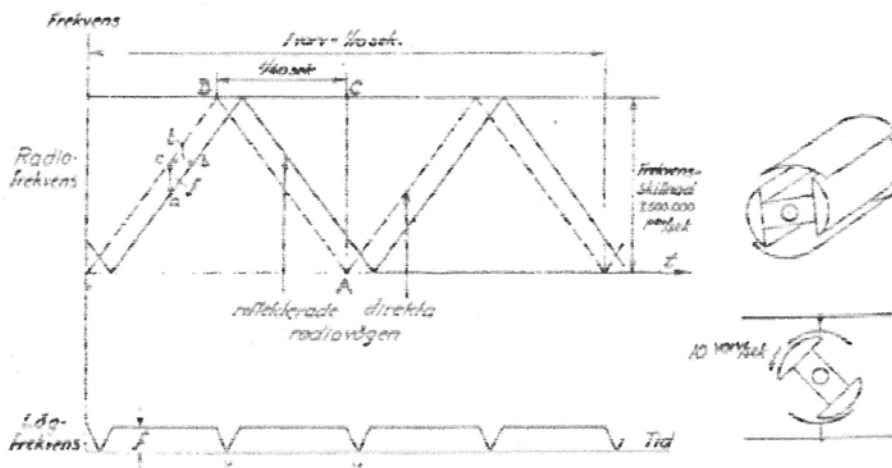
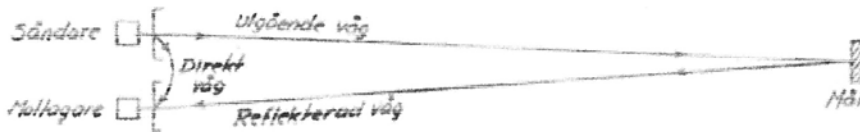
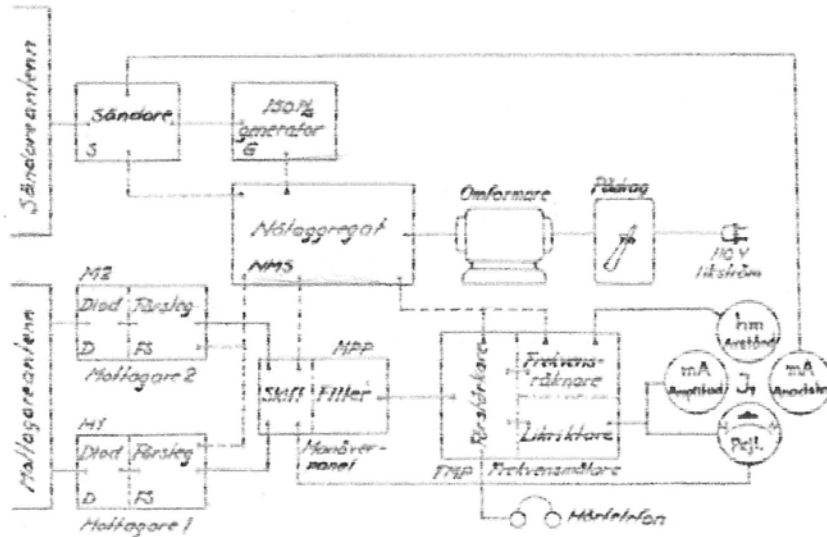
Jagaren Sundsvall (högupplöst)

Bilaga 2 Indikator och manöverutrustning

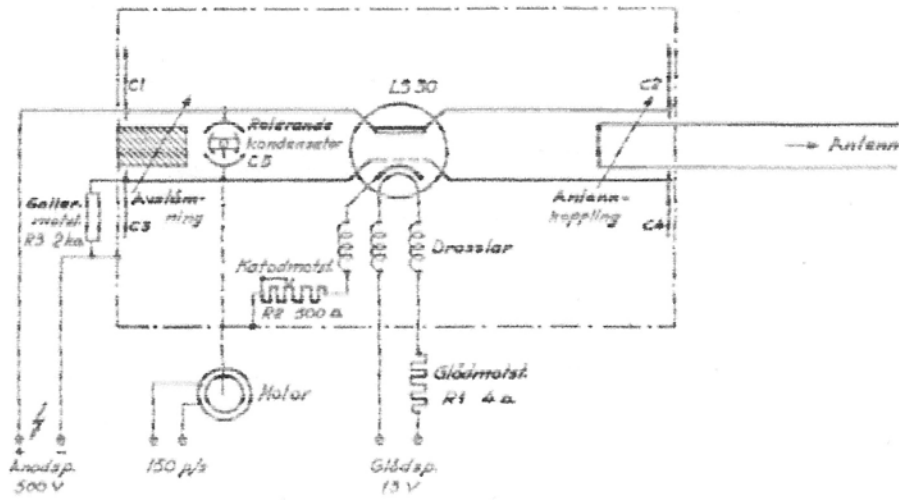
Indikator- och manöverutrustning



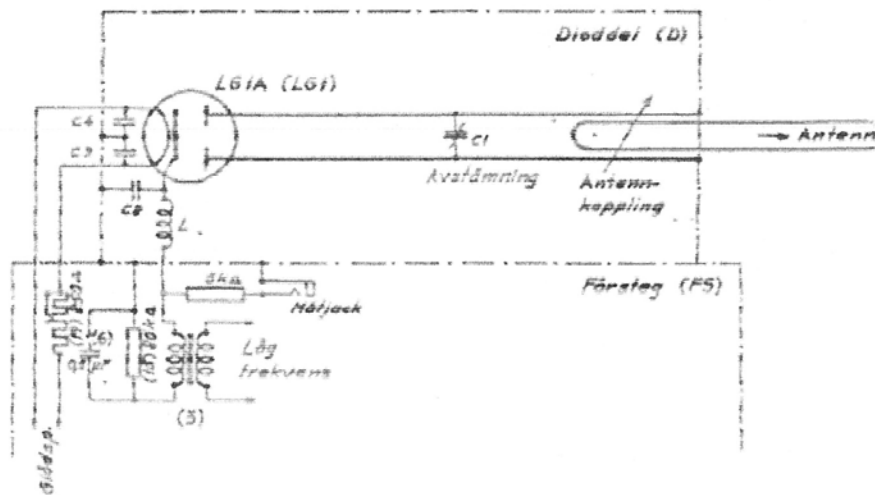
Bilaga 3 Blockschema



Bilaga 4 Principschema för sändare och mottagare

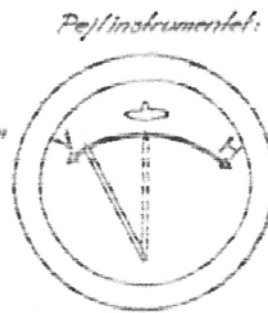
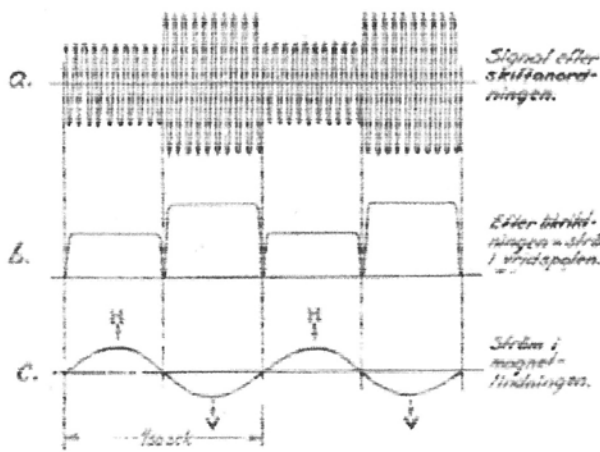
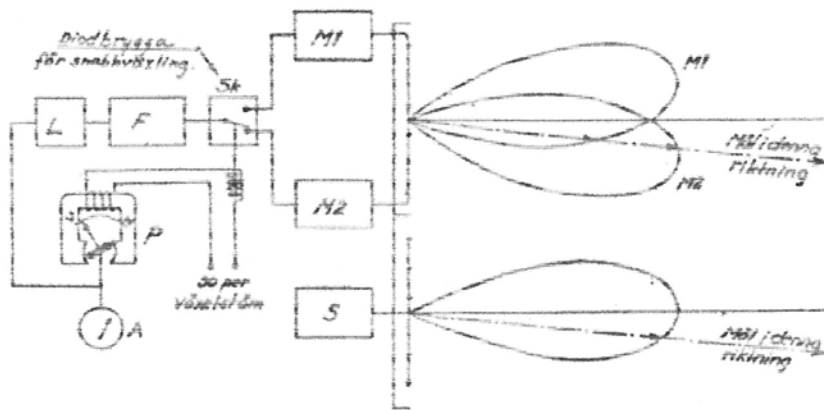


Principschema för sändaren.



Principschema för mottagarens dioddel.

Bilaga 5 Principschema för sändare och mottagare



Bilaga 6 Antennstrukturer

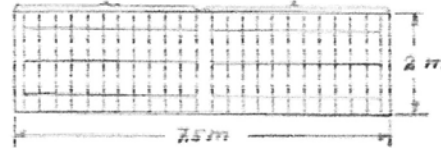
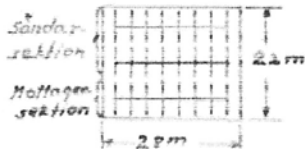
Ekoradio typ 1 Antennstrukturer

ER1a. Fartygsburen ekoradio.

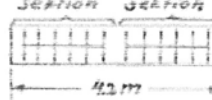
ER1b Landbaserad ekoradio.

Pansarskeppsversion

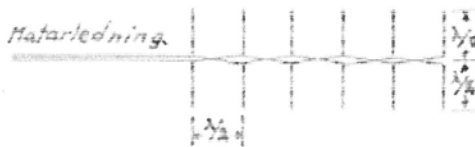
Mottagarsektion Sändarsektion



Jagarsversion

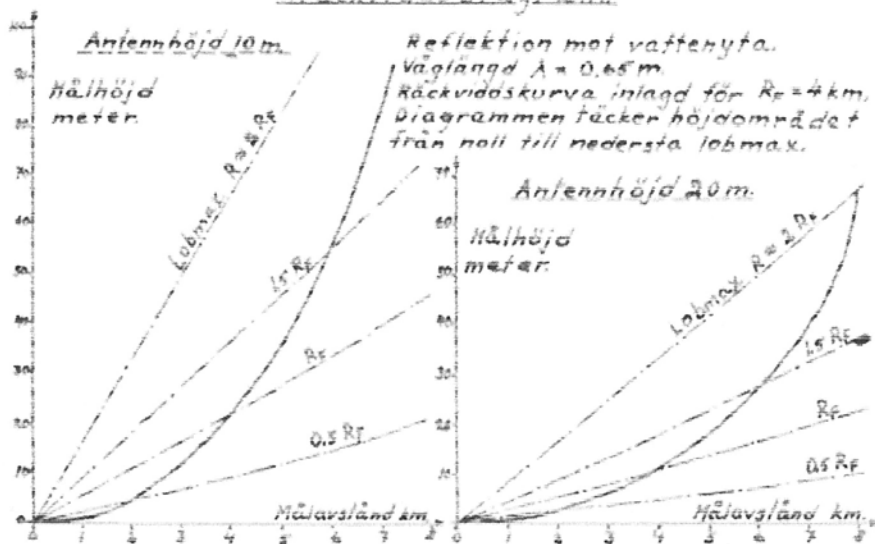


Exempel på antennelementgrupp
Metalltrådsnät bakom antennelementen
som reflektor. Avstånd $\lambda/4$.



Version	Sändarantenn			Mottagarantenn			Approximativa värden på horisontell lobbredd (Θ_H) vertikal lobbredd (Θ_V) och antennförstärkning (G)
	Θ_H	Θ_V	G	Θ_H	Θ_V	G	
Pansarskepp	15°	30°	30 dB	15°	60°	40 dB	
Jagare	30°	60°	30 "	20°	60°	30 "	
Land	12°	32°	150 "	12°	22°	150 "	

Räckviddsdiagram



Bilaga 7 Fri rymdräckvidd

Fri rymdräckvidd.

Energiförhållandet mellan ekosignal och brus hänfört till mottagarutgången kan skrivas

$$\xi = \frac{P_s \cdot G_T \cdot G_R \cdot \lambda^2 \cdot \sigma \cdot T \cdot \eta}{(4\pi)^2 \cdot k \cdot T_0 \cdot F \cdot R^4} \quad \text{varav } R = \sqrt[4]{\frac{P_s \cdot G_T \cdot G_R \cdot \lambda^2 \cdot \sigma \cdot T \cdot \eta}{(4\pi)^2 \cdot k \cdot T_0 \cdot F \cdot \xi}}$$

Med fria rymdräckvidden R_R korresponderar ett värde på energiförhållandet ξ . Normalt gäller $\xi \approx 50$. Som typexempel väljes att beräkna R_R för den ekoradio som installerades på pansarskeppen.

Arbetsmoden antages vara bäringsbestämning med lobväxling.

Sändareffekt	P_s	10 W
Antennförsförkning sändarantenn	G_T	30 ggr
" mottagarantenn	G_R	40 ggr
Våglängd	λ	0,65 m
Ekvivalent radar målyta	σ	1 m ² (referensvärde)
Aktionslid i resp. lobläge	T	0,01 sek.
Signalverkningsgrad	η	0,05 (se nedan)
Termisk brusenergi, bottenvärde	kT_0	$4 \cdot 10^{-21}$ Ws
Brusfaktor	F	20 ggr
Energiförhållande signal/brus	ξ	2,5 ggr

Beräkning av η . Inställning av när- och fjärrfilter antages så att mottagarbandbredden är 10 kHz. För $T = 0,01$ sek blir $\omega \cdot T = 100$ vilket ger 5 dB filterförlust. Sidoställda mottagarlobar ger 2 dB och fördelning på två mottagare ger 3 dB förlust. Ledningsförluster och operatörsförluster uppskattas till sammanlagt 3 dB. Totalt 13 dB förluster ger $\eta = 0,05$.

Insättning av angivna värden i räckviddsformeln ger för bäringsmätning $R_R = 6400$ meter.

Erfarenheter från operativ användning av ekoradion tyder på att störningar, främst från närekan dominerat över bruset med minst en faktor tio. Om förhållandet störnivå/brusnivå = 10 erhålles vid bäringsmätning

$$R_R = 3600 \text{ meter.}$$

Vid avståndsmätning och krav på att avläst värde ej avviker mer än 5% från verkligt värde inverkar fluktuationsegenskaper hos de blandade mätete- och störsignalerna starkt. Med anknäring till överling synes erfordras $\xi = 100$ dvs 4 ggr mer än vad ovan angivits för bäringsmätning.

För avståndsmätning erhålles då $R_R \approx 2500$ meter.

Mätavståndet indikerades på vridspoleinstrument. Dessa reagerade för medelströmmen hos ett pulslag som styrdes av nollgenomgångar hos den avståndsberoende lågfrekventa signalen. Frekvensen hos denna $= \omega = 2R$ Hz där $R =$ mätavståndet i meter.

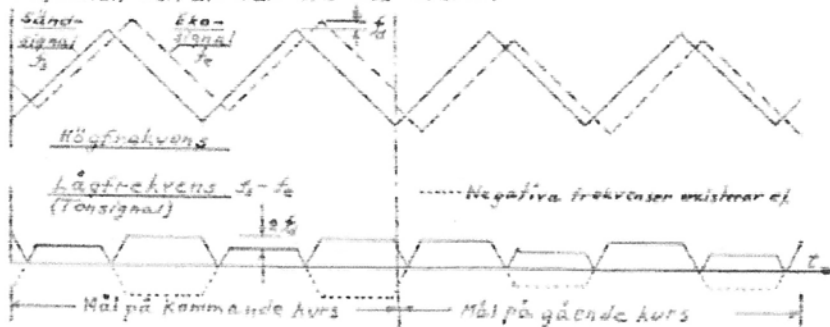
Bilaga 8 Frekvenssamband

Målavstånd och målfart. Frekvensanalys

(Målfarten gäller relativ fart i radiolled.)

Den utsända signalen når mottagarantennen med en tidsfördröjning som beror av målavståndet. Gångtiden blir $2R/c$ där R = målavståndet och c = ljusfarten. ($\approx 300 \cdot 10^6$ m/sek) Den högfrekventa sändarsignalen är frekvensmodulerad och frekvensändringen är 300 MHz per sekund. Vid mottagarantennen uppträddande avståndsberoende frekvensskillnad mellan pågående sändsignal och mottagen ekosignal blir då $\Delta f = 2R$ Hz där R är målavståndet i meter.

Relativ målfart ger upphov till frekvensförskjutning (dopplereffekt) av ekosignalen. Frekvensförskjutningen blir $f_d = 2v/\lambda$ Hz där v = hastigheten i meter per sekund och λ = våglängden i meter. Värlängden hänför sig till medelvärde hos den högfrekventa sändsignalen och är här cirka 665 meter.



Tonsignalen skiftar mellan $f_0 + f_d$ och $f_0 - f_d$ där i normalfallet $\Delta f \gg f_d$. Medelvärde av de båda tonfrekvenserna ger Δf och representerar således avstånd. Skillnaden mellan tonfrekvenserna $= 2f_d = 4v/\lambda$ ger målfarten. Inverkan av dopplereffekt blir märkbart först vid små målavstånd och relativt höga målfarter.

Ett flygplan på avståndet 1 km och med farten 100 m/sek skulle exempelvis för avståndet ge $\Delta f = 2000$ Hz och för farten $f_d \approx 300$ Hz. Tonsignalen skiftar då mellan 2300 och 1700 Hz och tonskillnaden är 600 Hz.

Rörliga föremål i omedelbar närhet av radarantennerna torde kunna ha gett upphov till störsignalen om avståndet är 10 meter blir $\Delta f = 20$ Hz.

Föremål som lägesändras snabbare än 6.5 m/sek ger då dopplereffekter f_d som överstiger Δf . Vibrationer (skrovdelar, master, linor, kättingar) kan ge påtagliga dopplereffekter. Om också antennerna vibrerar försämrats effekten. Närehan från havsvägen ger upphov till dopplereffekt genom farktygs fart relativt dessa, dessutom tillkommer inverkan av rullning och stampning. Tilläggas bör att närehan signalernas amplitud är mycket stor jämfört med ekosignaler från mål på större avstånd.

1[1] *FFU Forskning Försök Utveckling

2 [2] Senare Generaldirektör för Telegrafverket