



2018-07-19

Radioutvecklingen för det militära flygsambandet

Arne Larsson

F03/18



Gnistradio 1916, telegrafi.



Kv och Lv 1920-30-talen, telegrafi telefoni



VHF-radio 1945-, telefoni AM



VHF FM Styrdata, 1958-2004



UHF-radio, AM/FM, 1970-



Mjukvaruradio 1,7 GHz, 2010-talet

Inledning

Detta dokument beskriver radions utveckling inom det svenska försvaret för samband Mark – Flyg (flygtrafik- och stridsledning) och är framtaget för utställningen ”Försvarsradio 100 år” vid Ledningsregementet i Enköping den 6 oktober 2018. Inom flygvapnet har under de 100 år som gått sedan det första radiosambandet upprättades funnits/finns ett flertal andra radiosystem för operativa funktioner som inte medtagits i detta dokument men som beskrivs i andra utgivna FHT dokument, se www.fht.nu. I dessa dokument finns utförligare beskrivningar och bilder:

- Flygvapnets radiosystem Del 1. 1916-1945. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#fvra1916
- Militär flygradio 1916-1990. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#fvtpalank
- RAS 90/TARAS. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#ras90_taras
- Lulis historia. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#lulis
- Radiostaion Rk 02. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#rk02
- Radiostation Ra 529. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#ra529
- Radiostation Ra 706. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#ra706
- Radiosändare RT 02. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#rt_02
- Sändtagare 705. http://www.fht.nu/fv_dokument.html#stag705

Gnistradio

När radio för samband flyg-mark i Sverige 1916 började utprovas inom arméns- och marinens flygväsende var det gnistradio med telegrafi som gällde. Det var på gnistsändarnas tid och elektronrören med dess modulationsmöjligheter fanns inte i de dåtida radioteknikernas medvetande. Flygplanens roll vid denna tidpunkt var bland annat att rapportera iakttagelser från flygplan till marken. En mycket viktig funktion var att rapportera artilleriets träffar för att få större träffsäkerhet. Man använde sig först av brevduvor och olika signalmedel men inget av dessa visade sig vara tillräckligt effektivt. De svenska militärattachéerna i andra länder rapporterade att radio börjat användas. Detta fick till följd att armén, trots brinnande krig, beställde radiosändare för flygplan från AEG/Telefunken i Tyskland. Den skulle användas vid skjutövningar för artilleriet vid Skillingaryd i Småland juni 1916. Radion kunde inte levereras i tid och med kort varsel användes en flygsändare från AGA i Sverige. Proven blev en enorm framgång där löjtnant Claes von Flemming med en gnistradio installerad i en Albatross kunde telegrafera ned till marken från flygplanet. Gnistradion fungerade genom att spänningen till en spole (induktans) bröts och slogs till och att ett gnistfält skickades ut från en på flygplanet hängande trådantenn. Genom spolens dimensionering och antennens längd kunde frekvensområdet någorlunda begränsas till långvågsbandet. Detta var en revolution för sambandet flyg mark och som medgav tidigare oanade möjligheter. Gnistsändarnas bredbandiga utsignal var ett stort störningsproblem. Lösningen av detta har en intressant anknytning till Sverige. Den svenske civilingenjören Ragnar Rendahl (1878-1929) var under några år anställd av AEG i Berlin som förste laboratorieingenjör. Han förbättrade den dåtida gnistsändaren genom att bland annat ersätta det tidigare kul-gnistgapet med en serie av mindre gnistgap i form av plana elektroder. Därmed skedde gnistöverslagen mera regelbundet och kontrollerbart och verkningsgraden höjdes. Den nya metoden benämndes ”Tönende Löschfunken” därför att signalerna nu lät som en 1000-perioders ton till skillnad mot det råa skrovliga ljudet från sändare med kul-gnistgap.

Med denna teknik reducerades störningarna avsevärt. Ragnar Rendahl flyttade hem till Sverige och anställdes vid Kungl Marinförvaltningen i Stockholm där han betydde mycket för utvecklingen av radio inom marinen. Radiomottagarna på marken utgjordes av dåtidens kristallmottagare. Under 1917 kunde de från AEG i Tyskland beställda gnistradiosändarna levereras som fick benämningen Flygradio Fr m/17.

Elektronrör.

Att införa mottagare i flygplan mötte från början stora tekniska svårigheter. Tekniken kunde först endast erbjuda mottagare med detektorer av kristalltyp. De som provat på att få in en radiostation med kristalldetektor inser lätt det stora problem som fanns med att sitta i ett skakigt öppet flygplan och försöka att hitta rätt ställe med nålen mot kristallen. Radioutvecklingen för samband mark-flyg hade uti världen accelererats och i USA hade Lee de Forest utvecklat en förstärkare med elektronrör som innebar en revolution för trådlös kommunikation. Nu kunde även kristalldetektorn ersättas i radiomottagarna genom att en ”förstärkarlampa” nyttjades som detektor. Nu kunde man inom arméflyget börja installera radio med mottagare i flygplanen. 1917, några år efter utvecklingen i USA, beställer arméflyget från AEG de första ljudförstärkarna med leverans och kontroll i Tyskland under 1918, alltså under pågående krig. Det var en låda som skruvades fast på framsidan på Fr m/17. Nu kunde dubbelriktat samband hållas mellan mark och flygplan.

Efterkrigsåren kännetecknades av en neddragning av försvarsanslagen och när flygvapnet bildades 1926 tillfördes flygvapnet från armén och marinen 12 st gniststationer m/17 och 20 st Fr m/20 som var rörbestyckade samt de bilburna radiostationerna Br m/23 och Br m/25. Sambandet mark-flyg skedde fortfarande med telegrafi på långvågsbandet.

Radiotelefoni.

Under tidigt 20-tal började information att komma om att man bland annat i USA kunnat överföra tal till och från flygplan. Det var förknippat med stora problem, radiokanalerna var bredbandiga, informationen försvann i brus, ljudnivån i flygplanen var hög mm. Telegrafi med morsetecken var relativt säkert, treställiga bokstavskombinationer med olika betydelser var lättare att ta emot speciellt om de upprepades och radions motståndare hade tveksamt börjat acceptera radio med telegrafi.

Från 1926 hade flygvapnet börjat pröva radiotelefoni för samband med jaktflyg som var ensidiga och därmed hade svårt att hantera telegrafimeddelanden.

Manöverreglemente för flygvapnet som gavs ut 1927 behandlar bland annat ”*Ordergivning i luften, med Radiotelefonering*”. Försök utfördes vid F3 med Fr m/25 men utan tillfredställande resultat. Man fann att mottagaren inte var tillräckligt känslig och rapporterade att mottagning av telefoni från en 200 W markstation inte var möjligt och 1929 vidhöll Flygstyrelsen att radio endast skulle användas med radiotelegrafi. Marinen låg på en högre teknisk radionivå och Chefen för kustflottan framförde under 1930 att:

”Sommarens erfarenheter har givit ytterligare belägg på svårigheten att efter starten dirigera jaktflygplanen mot ett fientligt mål. Enda tillförlitliga sättet torde vara inmonterande av radio i jaktplanen, t.ex. kortvågstelefoni”.

Efter år av utprovningar och interna olika uppfattningar om kortvåg och telefoni angav Flygstyrelsen i ett VPM 1932 att de mobila radiostationerna skall förses med en kortvågstilläts och att kortvåg har blivit standard.

1934 blev ett märkesår för flygvapnets radiosamband då Flygstyrelsen beslöt att hålla en stor signalsamövning, som utöver flygvapnet även omfattade armén och marinen. Övningen var den första i sitt slag genom att på ett väl förberett sätt få fram hur radiosambandet fungerade inom hela försvarsmakten samt att dra slutsatser om hur den skulle utvecklas. I slutrapporten angavs att bristerna för radiosambandet var mycket stora och allvarliga och många förslag till åtgärder redovisades. Flera av de i rapporten redovisade förslagen till åtgärder fanns med i 1936 års försvarsbeslut och kom efter realiseringen att vara kvar till början av 60-talet.

1936 meddelar CF1 att radiotelefoni på kortvåg visat sig vara synnerligen användbart och för de nya mark- och flygradiostationer som 1936 års försvarsbeslut gav utrymme för blev kortvåg och telefoni det dominerande sambandsmediet. Under de sista krigsåren kom genombrottet för det svenska flygvapnet med telefoni även om telegrafin fanns kvar på flottiljerna till mitten av 60-talet.

1936 gav Flygförvaltningen ut "Föreskrifter för radiomaterielens indelning" med nya benämningar för mark- och flygradio.

- Fast markradiostation "Fmr".
- Transportabel markradiostation "Tmr"
- Fast markradiopejlstation "Fmrp"
- Transportabel markradiopejlstation "Tmrp"
- Markradiosändare "Mr s"
- Markradiomottagare "Mr m"
- Flygradiostation "Fr"
- Flygradiosändare "Fr s"
- Flygradiomottagare "Fr m"
- Flygradiopejlstation "Fr p"
- Antennmateriel tillhöra i vissa fall radiostationen
- Materiel avsedd för radiopejling och radiomottagning sammanförs till en plats "Pejl- och mottagningsstation" som operativt blir "Pejl- och mottagningscentralen".

Radio på VHF-bandet, AM.

Under andra världskrigets nödländade ett antal flygplan från västsidan i Sverige och de var bestyckade med radio på "UK-bandet" 100-156 MHz som senare kom att benämnas "VHF-bandet". Radiostationerna väckte stort intresse här och provades "i smyg".

Resultatet blev efter svenska förhållanden mycket positiva. Det smalbandiga radiosambandet (360 kHz kanalsseparation) med tal (telefoni) uppvisade kvalitéter som var överlägsna de befintliga radiostationernas. Det var ett utmärkt alternativ för att med radio och tal kunna leda jaktflyget. De amerikanska myndigheterna uppväktades via den svenska ambassaden i Washington med anhållan om att under kriget få köpa dylika radiostationer men fick avslag på förfrågan då radiosambandet var en av anledningarna till västmakternas flygframgångar mot Tyskland. Risken att någon fungerande radiostation skulle komma i fiendens händer var inledningsvis för stor. SAAB och SRF (SRT) i Sverige erbjöd sig att tillverka VHF-radio till flygvapnet men lyckades inte att få beställningar.

När kriget slutade 1945 fanns det enorma lager av försvarsmateriel i Europa från vilka bland annat UK-radion inköptes i stora antal. Ungefär 2000 radiostationer köptes in för installation i flygplan som Fr-VII och för ett stort antal olika markapplikationer som Fmr-V. Detta till priser som de svenska radioleverantörerna inte kunde konkurrera med.

Nu hade flygvapnet övergått till VHF-bandet med ett mycket stort antal radiostationer och allt kändes då mycket bra.

Det visade sig under de närmaste åren att radiostationerna inte var helt bra. Det var en förkrigskonstruktion som snabbtillverkades för kriget och åldringen tog ut sin rätt. Genom underrättelser visste man att bombflygplan från Sovjet medförde speciella störare och Fr-VII/Fmr-V var relativt lätta att störa ut. Därför beställdes Radiostation Rk-01 1950 med anpassad data från SRT. Det var en kristallstyrd radiostation på VHF-bandet med 100 kHz MF-bandbredd och 350 W uteffekt. Antal flygplan och markradioanläggningar ökade vilket medförde att Radiostation Fmr-7 beställdes 1955 också den på VHF-bandet med 100 kHz MF-bandbredd. Den hade en mekanisk styrgenerator med vilken godtycklig radiokanal kunde ställas in från operatörsplats. Detta var flygvapnets första radiostation för flygtrafik- och stridsledning med styrgenerator.

De militära markradiostationerna för flygtrafikledning klarade inte det nya internationella kravet på 25 kHz kanalseparation varför en ny markradio med benämningen Radiostation Rk-03 beställdes 1974 hos ECI i USA. Det var en heltransistoriserad radio på frekvensområdet 103-156 MHz med AM-modulation. Utvecklingen och en mindre förserie på 125 radiokanaler utfördes i USA medan AGA i Sverige som underleverantör tillverkade c:a 500 radiokaler.

Frekvensmodulation, FM

1958 utvecklade SRT ett styrdatasystem där jaktflyget i näst intill realtid kunde ledas fram till en fientlig flygande plattform. Styrdatan överfördes från ledningscentral till jaktflyg med radio och tonskiftmodulering. Detta skulle utföras på VHF-bandet med AM. En Radiosändare Fmr-10 anskaffades från Rohde & Schwartz med en antennuteffekt av 100 KW. Stora problem uppstod under provperioden där det konstaterades att AM-modulationen inte var lämplig och att överföringen måste ske med FM-modulation. Radiosändare Fmr-10 modifierades med en FM-modulator och Flygradio Fr-21 anskaffades med AM/FM. Detta var införandet av FM i flygvapnet för Stridsledning.

Nationellt radionät för stridsledning

Vid införandet av Stril-60 med central ledning ökade behovet av att kunna fjärrstyra radiostationerna. Signalomformare 1225 infördes och med detta kunde ett landsomfattande nät för stridsledning med radio byggas ut för tal- och datastridsledning som skyddades med hjälp av hög sändareffekt, antensystem med förstärkning, fortifikatoriskt skydd samt tillgång till reservkraft. Från och med 16 januari 1964 skedde övergång från 100 kHz kanalseparation till 50 kHz.

Radio på UHF-bandet

Inom NATO nyttjades UHF bandet (225-400 MHz) för militärt radiosamband. Detta medförde att svenska flygvapnet tidigt 50-tal började att intressera sig för detta frekvensband och från 1953 finns beskrivningar och offerter på amerikanska militära radiostationer. Våra grannländer Norge och Danmark planerade att ha infört radio på UHF-bandet under 1955. För samverkan med grannländerna Norge och Danmark för bl.a. flygsäkerhetsändamål var det av största vikt att radiosamband kunde upprätthållas. 1959 beslutas om lån från Norge (NATO) av UHF-radiostationer och pejlar och från Danmark (NATO) av radiostationer. Utrustningarna installerades vid Kiruna, F 21, F 4, F 9 och F 10. I januari 1960 startar ett flygplan från Bromma för att hämta den norska utrustningen i Oslo. Transporten sker nattetid under stor sekretess. Den danska utrustningen flögs till Ängelholm.

Detta var starten för införandet av UHF i flygvapnet och ett flygsäkerhetsavtal skrevs mellan Sverige-Norge – och Danmark som fick namnet SVENORDA. I en skrivelse står det:

”Enligt nu fastställda bestämmelser ang. samarbete mellan Norge och Sverige i flygsäkerhetsfrågor skall vissa FV flygbaser kunna biträda norska militära fpl. som av säkerhetsskäl tvingas överskrida gränsen.”

För Svenordafunktionen beställde flygvapnet Radiostation Fmr-13 från Rohde & Schwartz i Tyskland. Den hade frekvensområdet 200-400 MHz, 50 kHz kanalseparation och var amplitudmodulerad. Radiostationen fungerade inte bra och en modifiering 1968 gjorde inte stationen nämnvärt bättre.

1970 togs ett beslut om att UHF-radion för Svenorda skulle ersättas med en NATO-station som i Sverige fick benämningen Radiostation Rk-11. Den beställdes i ett antal av 56 st radiokanaler från ITT i Fort Wayne USA och utrustningen togs från en pågående stor tillverkning på 20 00 radiokanaler för bland annat Vietnamkriget. Den hade frekvensområdet 225-400 MHz, heltransistoriserad, AM-modulation och med kanalseparationen 50 kHz. Leveransen av de första radiostationerna skedde samma år med installationstart i Kiruna.

När Stril-60 togs i drift i mitten av 60-talet stod det klart att man inte kunde få disponera tillräckligt många kanaler i VHF-bandet för att möta det ökade kanalbehovet för stridsledning med radio. Kanalantalet på VHF-bandet skulle visserligen ökas genom att minska kanalseparationen från 50 till 25 kHz men civil- och militär flygtrafikledning tog de flesta av de nya kanalerna. Därför beslöt CFV att tilldela sektorerna kanaler för stridsledning i UHF-bandet (225-400 MHz) med AM/FM modulation för tal och dataöverföring. Radiostationerna för mark och flyg skulle vara heltransistoriserade och försedda med syntesoscillatorer.

Som markradio för detta ändamål beställdes 1970 Radiostation Fmr-18 från Svenska Philips AB (PTAB). Utveckling och tillverkning av en mindre förserie beställde PTAB i sin tur från Motorola i Scottsdale USA. Specifikationen innehöll flera krav som tillsammans var svåra att möta i en bredbandig radio. Utvecklingsarbetet blev betydligt mer tidskrävande än vad Motorola hade förväntat sig och ställde mycket stora krav på konstruktörerna och tillgång till den absolut senaste tekniken.

För flygplan beställdes 1971 Flygradiostation Fr-28 från AGA i Sverige. Det blev en mycket bra radiostation och kallades för flygradios ”Rolls-Royce” och exporterades senare till ett antal andra länder.

Den option på ytterligare leverans av Fmr-18 i beställningen hos PTAB utnyttjades av olika anledningar inte utan i stället lades en beställning på AGA att ta fram en markvariant av den mycket lyckade flygradion Fr-28. Den 4 juni 1975 beställde FMV från AGA Electronics AB 40 st. radiostationer med separata sändare och mottagare samt 15 st. sändtagare. Radioutrustningen fick benämningen Ra-730 MT. Till markradiostationerna togs ett bradbandigt heltransistoriserat effektsteg fram av SRT (Effektsteg 204).

Radiostationerna som anskaffades under början av 70-talet för flygtrafik- och stridsledning var i operativ drift under den kommande 30-årsperioden och uppvisade stor operativ tillförlitlighet. Kompletteringsanskaffningar gjordes men utvecklingsmässigt var grundkraven de samma.

Störsäker radio för stridsledning

Under mitten av 1980-talet började diskussioner och planering för att ersätta det befintliga styrdatasystemet samt införa ett bättre störskydd för striradiosystemet och krypto för talfunktionen.

Behovet av en störsäker radio för stridsledning var stort och ett beredningsarbete startade under sent 80-tal med att specificera en radio liknande NATOS JTIDS-koncept. Arbetet startades i ett projekt med arbetsnamnet RAS-90 som senare ändrades till TARAS med målet att leverera Radio-90. Radion hade frekvensbandet 960-1215 MHz med ett kraftigt störskydd med frekvenshopp och direktsekvensspridning.

En av flera metoder för att åstadkomma ett bra störskydd var bl. a. att tillämpa ”Bandspridning” som innebar att för nyttoinformationen använda betydligt större HF-bandbredd än tidigare.

För bandspridning finns en rad metoder varav de vanligast förekommande är

- Frekvenshopp, FH
- Direktsekvens, DS
- Kombinerat FH/DS

Frekvenshopp, FH

Som namnet antyder hoppar (byter) sändare och mottagare synkront mellan ett antal i förväg bestämda frekvenser. Vanligtvis använd kryptologiska metoder för att bestämma i vilken ordning frekvenserna besöks.

Direktsekvensbandspridning, DS

Ds har i i sin grundform en fix kontinuerligt utsänd bärfrekvens, dvs. spektrum flyttar sig inte. Sändareffekten sprids över hela det spridda bandet. Ju större bandbredd desto lägre effekttäthet och risk för upptäckt, ett förhållande som kan ha sina fördelar om man vill sända med liten risk för upptäckt. Endast mottagare försedda med rätta spridningssekvensen kan ”lyfta” signalen ur bruset.

Kombinerat FH/DS

Detta är en kombination av de föregående beskrivna.

Link-16 är ett exempel på användande av denna metod. Det Ra90-system som under 1990 talet utvecklades för flygvapnet var ett annat.

Stridsledning under 2000-talet

Efter leveransen av den nya Radio Ra90 framkom nya starka krav på interoperabilitet vilket innebar krav på övergång till Link-16. Detta var anledningen till att Ra90 ersattes med Link-16. Tekniskt sett var Ra90 mycket lik Link-16.