
Från långvågsradio till artificiell intelligens

Avioniken, det vill säga de flygburna elektroniska systemen, har efter hand kommit att få en avgörande betydelse för utvecklingen av de militära flygsystemen och för deras egenskaper. Avionikens egenskaper ger sig emellertid ej tillkänna utåt på samma påtagliga sätt som flygplanet självt.

Avioniken – den osynliga systemkomponenten

Avionikens uppgifter är i princip att *insamla, bearbeta och presentera information för föraren* eller annan operatör och att *automatiskt styra* vissa funktioner. Genom *elektronikens* utveckling har dessa uppgifter efter hand kunnat lösas i allt större omfattning och med högre prestanda, samtidigt som storlek, vikt och pris per funktion drastiskt minskat.

För ett enkelt skolflygplan som bara flygs i vackert väder behövs i princip ingen avionik. Enkla instrument för motor, fart och höjd, samt karta och en enkel kompass räcker.

Radion hör till de viktigaste utrustningarna, bland annat för att trygga hemflygning och landning vid allvarliga fel i övrig avionik.

För flygning i moln och på natten, behövs ett *horisontgyro* eller en *gyroplattform*, som också ger information till andra utrustningar om flygplanets attityd.

Navigeringsutrustningar ger flygplanets position och vägen till destinationen. *Radionavigeringsutrustningar* av olika typer samt *tröghetsnavigeringsutrustningar* är de viktigaste. För landning i dålig sikt behövs *landningsutrustning*.

Flygradarn är det viktigaste hjälpmedlet för att upptäcka mål på stort avstånd. Upptäckt av vissa typer av mål kan även ske, genom uppmätning och presentation med en *FLIR-utrustning*, från den värmestrålning som alla objekt utsänder.

Sikten och siktlinjesindikatorer behövs för att rikta in flygplanet mot målet för anfall med kanoner, raketer och bomber liksom för anfall med robotar där *robotbåtpatruller* finns för att starta och preparera robotarna.

Styrautomater är viktiga för att avlasta föraren när han behöver uppmärksamheten för annat än flygning. I de moderna flygplanen har man även ersatt den mekaniska kopplingen mellan styrspak och roder genom *elektriska styrsystem*, eller på engelska *fly-by-wire*.

Vid flygning på låg höjd och i hög fart behöver föraren få all information presenterad så överskådligt och lättuppfattligt som möjligt. Automatiska beräkningar görs i *datorer* och presenteras föraren i form av information via en genomsnittlig spegel innanför frontrutan – en så kallad siktlinjesindikator. Han behöver på så sätt ej släppa omgivningen med blicken.

Automatiseringen kräver en effektiv sammankoppling av de flesta utrustningarna och funktionerna – ett *integrerat avioniksystem*. De olika utrustningarna utnyttjas för ett flertal olika ändamål i *integrerade systemfunktioner*.

Elektroniska indikatorer på frontpanelen gör att presentationen lätt kan anpassas till varierande behov och stora informationsmängder. Presentationen kan också lätt ändras.

Med en *radarvarnare* kan föraren få reda på när hot från fientliga system uppstår och får därigenom möjlighet att undvika detta. Med *störsändare* och *rems- och fackelfällare* kan fientliga radarsystem eller robotar störas eller vilseledas.

Tillsammans utgör dessa *motmedel* nödvändiga utrustningar för att begränsa förlustrisken.

Digitala reglerutrustningar för bränslesystem, motorreglering, bromsreglering etc... är numera en del av avioniken.

Registrerutrustningar i form av bandspelare och datorminnen samlar data av olika förlopp under flygningen för senare utvärdering på marken, dels för att underlätta fellokalisering och dels för insamling av underrättelseinformation från *elektrooptiska spaningssensorer*.

Noggrann beräkning av fart, höjd och mach-tal sker i *luftdataenheter* för distribution till andra delsystem. Uppmätning av absolut höjden över mark och vatten sker med *radarhöjdmätare*. Med *igenkänningsutrustning* kan det egna flygplanets identitet automatiskt meddelas till egna förband för att undvika vådabekämpning, samt ett upptäckt måls identitet avgöras.

Till avioniken räknas även *elförsörjningssystemet* med *huvudgenerator, reservgenerator och batteri*.

Utvecklingen fram till 1960-talet

Svensk avionikutveckling kan grovt indelas i tre epoker. Den första, 1936–1948, sammanfaller med flygplanen *B3*, *B17*, *B18*, *J9*, *J21* och *J22*.

Den andra – *J30*, *J28*, *J29*, *J33*, *J34* och flygplan 32 i olika versioner – sträcker sig ungefär fram till 1960. Den tredje omfattar systemflygplanen 35, 37 och 39.

Den första epokens avionik var synnerligen spartansk. Radion i *B3* och *18* arbetade på långvåg och kortvåg med en 70 meters släpantenn. Radiopejlar på långvåg utnyttjades för navigeringen. I *J22* installerades en kortvågsstation. Samtliga radioutrustningar köptes utifrån. Den första svenskbyggda flygradion, *FR-5*, tillverkades av *AGA* för *J21*.

Flygplanen hade enkla kursstyrningsutrustningar, kopplade till en fjärrkompass. *B3* hade ett bombsikte för planbombfällning, medan *B18* utrustades med ett svenskutvecklat dykbombsikte. Senare infördes också ett enkelt reflexsikte för raketkjutning i *B18*. Elsystemen var av likströmstyp 24V.

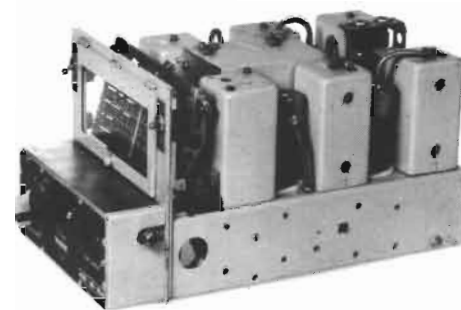
Den andra epoken inleddes med inköpet av det radarutrustade nattjaktflygplanet *J30 MOSQUITO* från England och ett flygradarkunnande kunde börja byggas upp inom landet. *J30* hade också ett radarnavigeringssystem med samhörande markfyrar. De blev utgångspunkt för svensk vidareutveckling av utrustning för flygplan 32 och 35.

Igenkänningsutrustning av allierad typ samt radarhöjdmätare ingick liksom även flygradion av VHF-typ.

J33 VENOM, som också inköptes från England, fick ärva utrustningar som suttit i *J30*. *J34 Hawker HUNTER* hade en enkel radar för avståndsmätning för att förbättra siktets noggrannhet.

Avioniken var hittills i huvudsak inköpt utifrån, i vissa fall licenstillverkad. I början av 50-talet startade KFF ett eget intensivt arbete för att i samarbete med svensk industri bygga upp ett kunnande på de flesta avionikområdena. För flygplan 32 blev utvecklingen av flygradarn en viktig uppgift. *LM Ericsson*, *SRA*, *SAAB* och *CSF* i Frankrike engagerades med KFF som tekniskt sammanhållande. *SAAB*, *AGA* och *Philips* engagerades för utveckling av sikten, gyrotrusningar, flygradion och navigeringsutrustningar. KFF startade utvecklingen av remsfällare och radarvarnare.

Flygplan 29 var relativt enkelt utrustad. Hade ett gyrosikte, ett första försök med elektronisk kurshorisont, radio, pejl samt IK-utrustning. I *S29C* infördes den aktiva bakomvarningsradarna *APS-13*, som senare byttes till en av KFF utvecklad radarvarnare *PQ-17*.



Flygradion FR-2. Användes i flygplan B17, S17 och B18. Fjärr- och direktmanövrerbar kortvågsmottagare med äldre typer av elektronrör. Separat sändardel och strömförsörjning med roterande omformare.

och Pw 50

Systemflygplan 35-37-39

För *J35A* inköptes en fransk radar, övrig utrustning ärvdes i stort från flygplan 32. En enkel styrautomat utvecklades av *SAAB*.

För *J35B* hade utveckling av en svensk flygradar påbörjats hos *LM Ericsson*. Den kom dock för sent och *J35B* fick från början ha barlast i stället för radar som dock infördes senare. Radarindikatorn utvecklades av *SRA*. *SAAB* utvecklade sikte för jaktraketer och "Sidewinder"-roboten.

Samtidigt med flygplan 35 påbörjades utvecklingen av det första datoriserade strilsystemet — *STRIL 60* — med dataöverföring av kommenderade värden på höjder, kurser etc... liksom

P 5 02

speciella kommandon. För att presentera all denna information i den trånga kabinen i J35 utvecklade ARENCO på KFF anvisningar en serie indikatorer av spalttyp, som medgav en mycket komprimerad instrumentbräda. För noggrann fart- och höjd information i överljudsart utvecklade ARENCO också en luftdataenhet. Signaler från styrdataomvandlaren kombinerades i datacentral till styrorder på en styrindikator, sammanbyggd med radarindikatorn. Styrindikatorn kunde också visa landningsinformation.

För horisontstabilisering av radarn och andra beräkningar erfordrades en gyroplattform, som kom att utvecklas av AGA. Två radiostationer erfordrades för att klara tal och data samtidigt. De kom successivt att införas i olika generationer, betingade av ökade sambandskrav, bland annat utökning till UHF.

J35B och det ur avioniksynpunkt snarlika 35D kom således att bli de första systemflygplanen med nära samarbetande utrustningar. För J35D var också tidplaneringen samordnad mellan flygplan- och avionikutveckling.

35F, som i sin systemutformning byggde på 35D, utformades för den nya direktanfallstaktiken med IR- och radar-robotarna rb 28 och rb 27. Det krävde en förbättrad radar, nytt sikte och robothjälpapparater. Dessutom infördes senare en IR-spanare. Ny radioutrustning samt en av LM Ericsson nyutvecklad IK-utrustning tillkom. Resultatet blev ett system som gör att J35F var och fortfarande är ett av Europas bästa allvädersflygplan.

Spaningsversionen S35F försågs med radarvarnare samt rems- och fackelfällare av samma typ som senare infördes i flygplan 37.

Flygplan 37 var från början planerat för att utnyttja dator teknik för automatisering av navigeringen, så att en särskild navigatör ej skulle erfordras. En ny radar krävdes för den lång-räckviddiga spaningen efter sjömål för insats av rb 04. En engelskutvecklad siktlinjesindikator infördes. SRA fick ansvaret för anpassning av denna till flygplandatorn, tillsammans med en centralindikator för radar och viss annan presentation. Utvecklingen av den centrala datorn skedde hos SAAB.

Navigeringssystemet avsågs ursprungligen bli av Decca-typ, men detta ersattes senare av ett doppler-navsystem. Ett förbättrat gyrosystem - FLI-37 - utvecklades av AGA. Ett nytt luftdatasystem väsentligen byggt på mekanisk teknik utvecklades av ARENCO. En styrautomatutveckling köptes från Honeywell med licenstillverkning hos SAAB. Taktiskt instrumentlandningssystem inköptes och döptes till TILS.

SAAB fick ansvaret för utvecklingen av datorprogrammen, liksom för samordningen och integrationen av hela elektroniksystemet. Detta var en del av SAAB:s huvudleverantörsupdrag för att samordna den totala systemutvecklingen. KFF hade ansvaret för avtalen med avionikleverantörerna.

Utveckling av flygradio, IK, radarvarnare och motmedelsutrustningar, som nu även utökats med störsändare, leddes dock helt av KFF medan SAAB hade ett mycket begränsat ansvar.

Med AJ37 infördes halvledarteknik i så gott som hela avioni-

ken. Systemet integrerades mycket tätt kring den centrala kalkylatorn, som fick allt flera nya uppgifter allteftersom utvecklingsarbetet visade på nya möjligheter. Utbyggnad av minnet blev nödvändig i flera omgångar. Datorn visade sig vara idealisk för att utföra många funktioner som tidigare varit svåra att åstadkomma, bland annat effektiv test och funktionsövervakning.

Med AJ37 kom också en annan ny teknik, avancerade realtidsprogram med mycket höga dynamiska noggrannhetskrav. Kraven på lätthanterlighet för föraren ställdes allt högre. Utvecklingen krävde att en systemsimulator byggdes upp på laboratoriebas. I denna kunde all programvara provas i samverkan med anslutna utrustningar och modeller för yttre signaler. Med föraren "inkopplad" kunde olika funktioner provas ut mycket väl före flygprov.

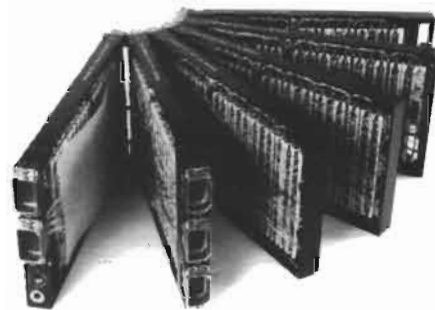
Flygplan 37 var ursprungligen avsett att bli ett enhetsflygplan för jakt, attack och spaning. Spaningsversionen kom i allt väsentligt att bygga på attackversionen med vissa tillägg.

När jaktversionen skulle påbörjas befanns dock, att stora delar av avioniken i AJ37 ej skulle komma att uppfylla de tekniskt/taktiska krav som nu ställdes för JA37. En helt ny radar, med förmåga att spana i en kraftig markekobakgrund erfordrades, varför utveckling av en pulsdopplerradar påbörjades hos LM Ericsson. En väsentligt kraftfullare central dator behövdes och anskaffades från Singer-Kearfott. Presentationsutrustningen byttes ut för att passa till den nya radar, som hade helt digital bildinformation. Även siktlinjesindikatorn byttes ut för att erhålla större synfält och bättre genomsiktsegenskaper. I övrigt var avsikten att AJ37-utrustningar i huvudsak skulle bibehållas.

Av ekonomiska skäl, betingade av den snabba teknikutvecklingen, kom ny luftdataenhet, styrautomat och tröghetsnavigeringsutrustning, samtliga byggande på datorteknik att anskaffas från USA. Den svenska utvecklingsinsatsen kom att koncentreras till radar och presentationsutrustningen, som båda kom att innehålla datorteknik. Ericsson utvecklade också en ny IK-station med frågefunktion. SATT vidareutvecklade radarvarnaren från AJ37.

Med den nya centraldatorn i JA37 introducerades en ny teknik att föra över signaler mellan de olika enheterna i systemet. Hittills hade detta skett genom separata ledningar för varje signal. Genom att utrustningarna var digitala blev det lämpligt att överföra signalerna i digital form, varigenom de dessutom kunde överföras i tidsmultiplex på samma ledare mellan två utrustningar. Därigenom behövdes endast ett fåtal ledare, oberoende av hur många signaler som skulle överföras. Genom denna teknik kunde signalkablagets omfattning hållas på rimlig nivå.

Likasa blev det möjligt att införa mycket effektiva övervaknings- och testfunktioner i systemet. Härigenom försvann till stor del behovet av en komplicerad yttre testutrustning och omfattande testkablage till denna. Registreringsfunktioner för



Centralkalkylator CK-37 används i AJ och S37. Är konstruerad med utvikbara kortramar. Kort uppbyggda med kärnminnen och diskreta transistorer.

underhåll och utbildning kunde enkelt införas. För utvärderingen på respektive förband utvecklades en datorbaserad markutrustning genom FMV egna insatser. Systemet har i praktisk användning blivit ett väsentligt medel för att upprätthålla JA37 höga tillgänglighet och effektivisera utbildningen.

Studie- och systemdefinitionsperioden, från början av 70-talet till beslut om flygplan JAS39 1982, innefattade en intensiv verksamhet för att systematiskt förbereda utvecklingen av den komplexa avionik som förutsågs för det kommande flygplanet.

Ett stort försöksprogram för bildalstrande IR-teknik – *FLIR* – initierades på *Ericsson* och ledde fram till försöksutrustningar som flygprovades med gott resultat i en *SK37*. En annan väsentlig komponent var en ny typ av siktlinjesindikator som medgav väsentligt större synfält och mycket hög genomsikt. Indikatorn utvecklades av *Hughes Aircraft* i samarbete med *SRA*. Även indikatorn flygprovades i *SK37* med gott resultat. Ett studiearbete för en helt ny typ av radarvarnare, med hög förmåga att identifiera och peka ut hotsystem, initierades hos *SATT*.

För FMV stod det tidigt klart att det nya systemet skulle komma att kräva och innehålla datorer och programvara i stor omfattning. Eftersom kraftfulla datorer skulle bli erforderliga i de utrustningar som planerades att utvecklas i Sverige och programering i något högnivåspråk bedömdes mycket angeläget, initierade FMV 1975 ett samarbete mellan de närmast berörda industrierna *Ericsson*, *SRA*, *Data-Saab* och *SaabScania*.

Dessutom ett specialistföretag för att konstruera ett system av datormoduler som skulle kunna ingå i respektive företags utrustningar.

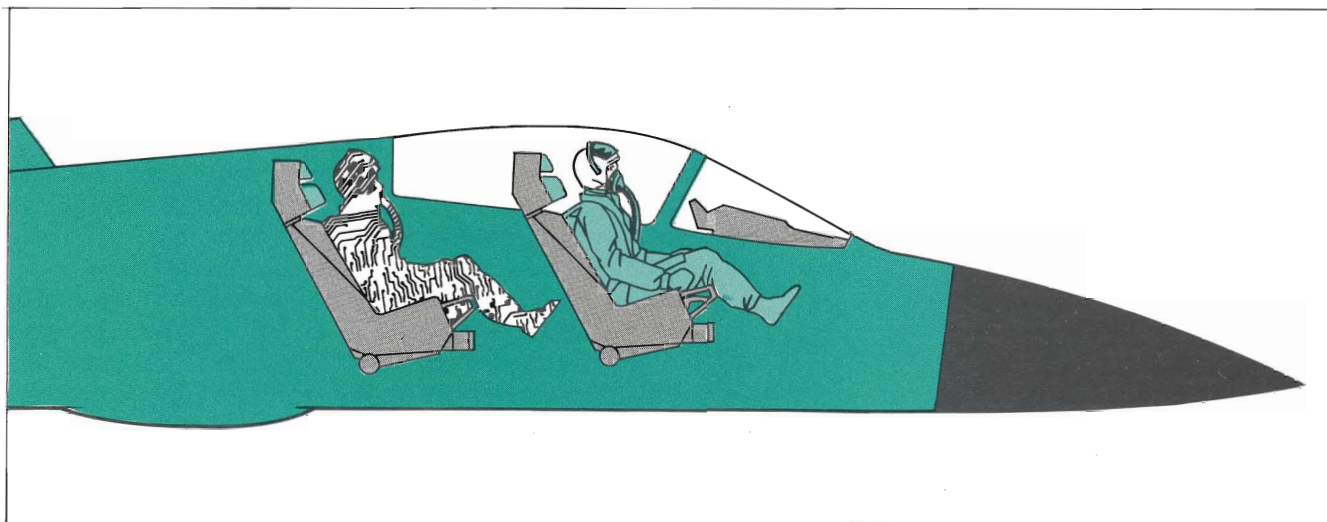
Genom ett intensivt försöksarbete kunde systemets egenskaper demonstreras i erforderlig omfattning för att kunna utgöra grund för fasta utvecklingsåtaganden i JAS39-avtalet. Införande av standardiserade datormoduler krävde samtidigt att apparatlådorna i flygplanet även invändigt utformades på ett enhetligt sätt.

Den inledda utvecklingen av *System JAS39* har inneburit en fortsättning på utvecklingen mot allt mer komplexa systemfunktioner och utrustningar inom avionikområdet. Det fundamentalt nya är att avioniken även blivit en integrerad och nödvändig del av plattformen själv och dess funktionssystem för att dessa skall kunna erhålla erforderliga prestanda. Elektroniska utrustningar som till stor del utnyttjar mikrodataorer ingår i styrsystemet, bränslesystemet, försörjningssystemen etc... Kraven på säkerhet och tillförlitlighet har där blivit än mer accentuerade än i de traditionella avioniksystemen.

Om en förare skall kunna utnyttja systemet i alla typer av uppdrag ställs mycket stora krav på utformning och anpassning av systemfunktioner samt på kabinens presentations- och manöverorgan.

Detta har kunnat lösas med en helt elektronisk presentation.

En förutsättning för att JAS39 med sina – i jämförelse med potentionella motståndare – begränsade flygtekniska prestan-



da skall kunna ha god effekt är att dess målinmätningssystem har höga prestanda.

Avsaknaden av en navigatör eller operatör i baksitsen kompenseras av den avancerade avionik och datateknologi som byggs in i flygplanet.

Någon närmare beskrivning av JAS39 avioniksystem ges ej här. Det är dock helt klart, att många av de funktioner som är under utveckling eller planeras kan inordnas inom rubriken *artificiell intelligens* i vad avser deras möjligheter att ge den ensamma föraren ett stöd i hans arbete. Denna liknar mycket den hjälp han skulle kunna få av en kamrat i en baksits. De tekniska möjligheterna att generera, analysera och koordinera information och presentera den för föraren på automatiska kriterier, eller när han begär det, är mycket stora. Begränsningen syns främst ligga i konstruktörernas förmåga att överblicka, strukturera och samordna arbetet med det totala systemet.

Teknik- och systemutveckling

I det föregående har främst visats hur avioniksystemen som sådana har utvecklats, medan utvecklingen av de enskilda utrustningarna ej närmare har berörts.

En fullständig beskrivning härav ligger utanför denna skrifts ambitioner. Här skall dock kort beröras vissa gemensamma faktorer som mera påtagligt karakteriserat utvecklingen av all avionik.

Under tiden fram till slutet av 50-talet var elektronröret den dimensionerande komponenten för konstruktion av all avionik. I början utnyttjades rör som konstruerats för allmän användning, främst i radioutrustningar och med stor volym och effekt. Antalet var av praktiska skäl därför begränsat och därmed också antalet funktioner i utrustningarna.

För logiska funktioner utnyttjades reläer, som även – inledningsvis – hade rejäla dimensioner.

Behovet av ökade funktioner och samtidig begränsning av volym, vikt och effektförbrukning, liksom behov av aktiva komponenter i servosystem och andra beräkningsenheter drev fram utveckling av allt mindre rörtyper.

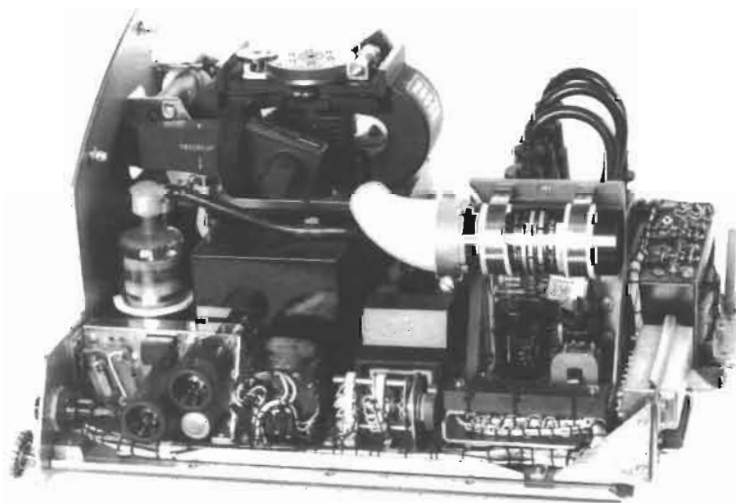
Slutfasen av denna utveckling kan sägas representeras av subminiaturrörerna som i huvudsak användes i *J35D* och *F*. Ett typexempel visas på bild härintill. I en typisk radarstation ingick vid denna tid cirka 200 elektronrörsfunktioner och 100-tals reläer.

Under slutet av 50-talet kom transistorn till allmän användning. Tillämpning i avioniken medgav en väsentlig minskning av vikt, volym och effektbehov. Däremot tillkom behov av betydligt bättre kylning på grund av transistorernas temperaturberoende. Komplexiteten kunde ökas radikalt och medge snabbt ökande funktionsinnehåll och prestanda. En typisk radarstation innehöll med denna teknik omkring 14 elektronrör, 500 transistorer, 5 integrerade kretsar och 175 reläer.

Det väsentligaste utvecklingssteget kom dock med den integrerade halvledarkretsen. Härigenom blev det praktiskt möjligt att konstruera datorer med användbara prestanda och rimlig storlek.

741 → Inom de analogt arbetande utrustningarna hade den integrerade operationsförstärkaren en motsvarande genomslagsverkan. Med datorerna kom också den för systemutvecklingen avgörande egenskapen hos avioniken, att utvecklingen av de mest svårdefinierade funktionerna kunde ske i huvudsak oberoende av utveckling och tillverkning av utrustningen. Programvara blev en helt ny systemkomponent, vilket naturligen medförde avsevärda initialproblem innan dess speciella karaktär i realtidssystem blev identifierad och allmänt känd.

Även om förhållandevis stora system hade kunnat byggas upp med rörtekniken medförde svårigheter med toleranser, signalöverföringar, driftsäkerhet etc. , avsevärda problem. Nu kunde väsentligt mera omfattande samverkan mellan systemens olika delar åstadkommas genom att stabila egenskaper hos komplicerade funktioner erhöles. Beräkningsnoggrannheter och toleranser innebar inga begränsningar när väl fysika-

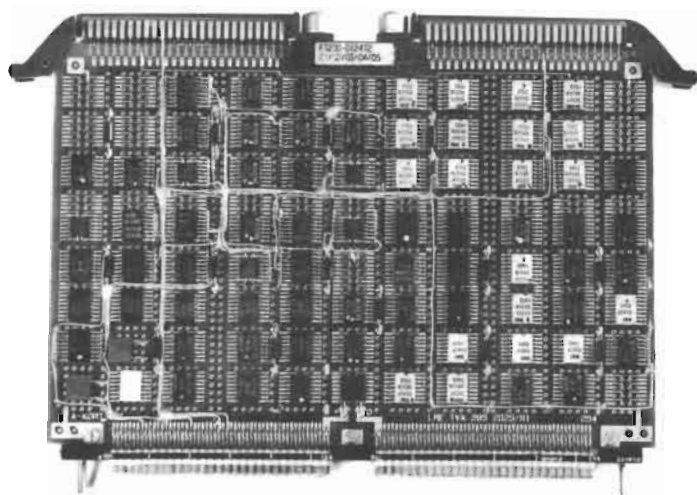


*Siktesradar PS-03/A – användes i flygplan J35
DRAKEN. Är uppbyggd med rörteknik.*

liska data omvandlats i elektrisk form och digitaliserats. Där-
emot kom snabbhet och erforderlig minneskapacitet att bli be-
gränsande för omfattningen av realiserbara funktioner.

Huvuddelen av avioniken var dock fortfarande analog till sin
principuppbyggnad, eftersom initialuppbyggnaden av elektronik för
att realisera en dator var stort. *AJ37* är därför ett typexempel
på ett hybridsystem byggt kring en central dator. All
signalöverföring sker på enskilda ledare i analog form.

Från mitten av 60-talet accelererade halvledarutvecklingen
inom alla tillämpningsområden. Snabbast gick den på logiska
komponenter, speciellt minneskretsar. En stadig ökning av
packningstätheten, med en fördubbling vart annat år, gav un-
derlag för tillämpning av datorteknik i allt fler utrustningar.
Samtidigt kunde funktionsutvecklingen ske decentraliserat i
respektive delsystem. Integration av allt mer komplexa funk-
tioner möjliggjordes genom digital signalöverföring i tidsmul-
tiplex. Ett typexempel på uppbyggnadsteknik framgår av bild
här bredvid visande en enhet i radar *PS-46/A* som totalt inne-
håller 4 elektronrör, 300 transistorer, 3200 integrerade kretsar
och 10 reläer.



PS-46/A Enhet

Den starkt ökade komplexiteten i programvarufunktionerna
framtvungade en mycket strikt metodik för utveckling, kontroll
och dokumentation av programvaran. Omfattande utvecklings-
resurser i form av datorsystem för programvaruhantering och
systemsimulatorer, som medgav prov med ett komplett system
i realistiskt simulerad miljö, blev nödvändiga och erforderliga
även för systemets hela användningsperiod.

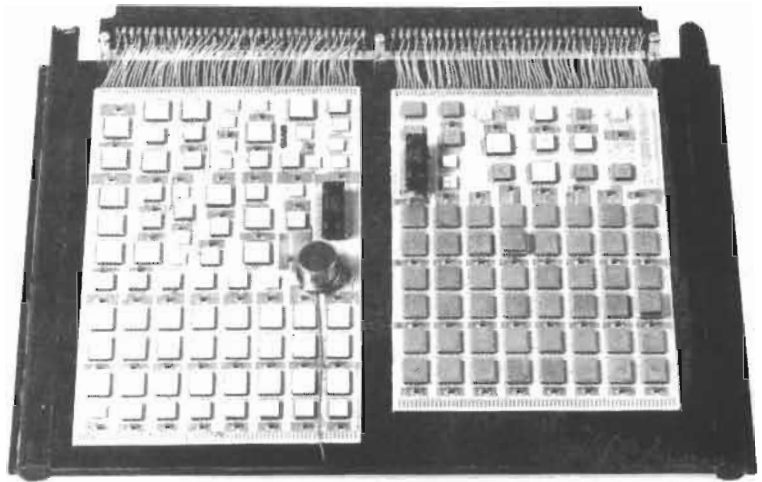
För den avionik som ingår i *JAS39* innebär framtiden en
fortsatt utveckling i förlängningen av *JA37*. En fortsatt stark
komplexitetsökning parat med ytterligare miniatyrisering
möjliggörs genom mikroprocessorer och högintegrerade kretsar
även på mikrovågsområdet samt ett avancerat byggsätt. Ef-
fektförbrukningen är ett mindre problem, medan effektiv kyl-

ning blivit allt väsentligare för att funktionssäkerheten skall bli acceptabel trots det starkt ökade komponentuppbådet. Möjligheterna att åstadkomma funktioner av önskad omfattning begränsas nu främst av tekniken i gränsytan mellan den fysikaliska omvärlden och den digitala elektroniken, samt av systemkonstruktörens förmåga att överblicka, strukturera och konstruera erforderlig programvara. Tekniken kan representeras av ett datorkort för *Dator D80*. Som jämförelse med tidigare radarutvecklingar kan nämnas att radar PS-05/A innehåller cirka 100 000 000 transistorfunktioner, huvuddelen i form av högintegrerade kretsar och minnen, medan volymen halverats från *JA37*.

Utvecklingen inom datorområdet, som är den mest påtagliga följden av den allmänna elektronikutvecklingen, illustreras av bild här intill.

Avionikens utveckling och dess betydelse för flygsystemets egenskaper kan också illustreras av amerikanska uppgifter om att kostnaden för avioniken i en *Boeing B-17 FLYING FORTRESS* utgjorde några få procent av totalkostnaden, medan den i *B-1* vuxit till närmare 40 procent.

22% → 40%



Dator 80 – används i flygplan *JA37* och är uppbyggd på keramiska mönsterkort med integrerade kretsar i "chip carrier"-teknik.

KFF/FMV och industrins roller

Under perioden 1936–48 var KFF roll främst att stödja Flygstaben vad gäller anskaffning av färdiga flygplan, samt att i viss mån kompletteringsköpa avionikutrustning.

I slutet av 40-talet och under hela 50-talet påbörjades ett omfattande arbete med kunskapsuppbyggnad och egen utveckling inom främst flygradarområdet. En omfattande laborativ verksamhet drevs bland annat på Bromma, där införskaffad surplusmateriel modifierades och installerades i en B3 mera känd under namnet "*Blondie*". KFF kom att bygga upp ett omfattande kunnande inom samtliga teknikområden och genomförde själv detaljerad specifikations- och konstruktionsarbete samt drev omfattande försöksverksamhet. En anledning var exempelvis att man inte ville delge industrin hela kravbilden

för ett system utan endast ge de tekniska detaljkraven för de delar av utrustningarna som skulle tillverkas. För en radar kunde således antenn, sändare, mottagare och indikator beställas hos olika tillverkare med KFF som tekniskt och planeringsmässigt sammanhållande.

Inom de flesta teknikområden av vikt sökte man bygga upp tekniskt kunnande hos svenska industrier. De förhållandevis korta utvecklingstiderna och relativt långa serierna gav också gott underlag för en sådan policy. Krigsårens försörjningsproblem var säkert i ganska färskt minne.

Mot slutet av perioden blev problemen att projektmässigt hantera utvecklingsarbetet på detta sätt inom KFF allt mera uppenbara. Svårigheterna att rekrytera den erforderliga personalen med det statliga lönesystemet blev allt större, liksom att driva projektarbeten inom KFF organisationsformer som primärt beaktade tekniska ansvarsförhållanden. Höjdpunkten i detta arbetssätt – vilket nämnts tidigare – blev framtagandet av beväpningssystemet B3F i J35F. Här utvecklades dock *LM Ericsson* som tekniskt systemsammanhållande för arbetena med radar, robotsystem och sikte.

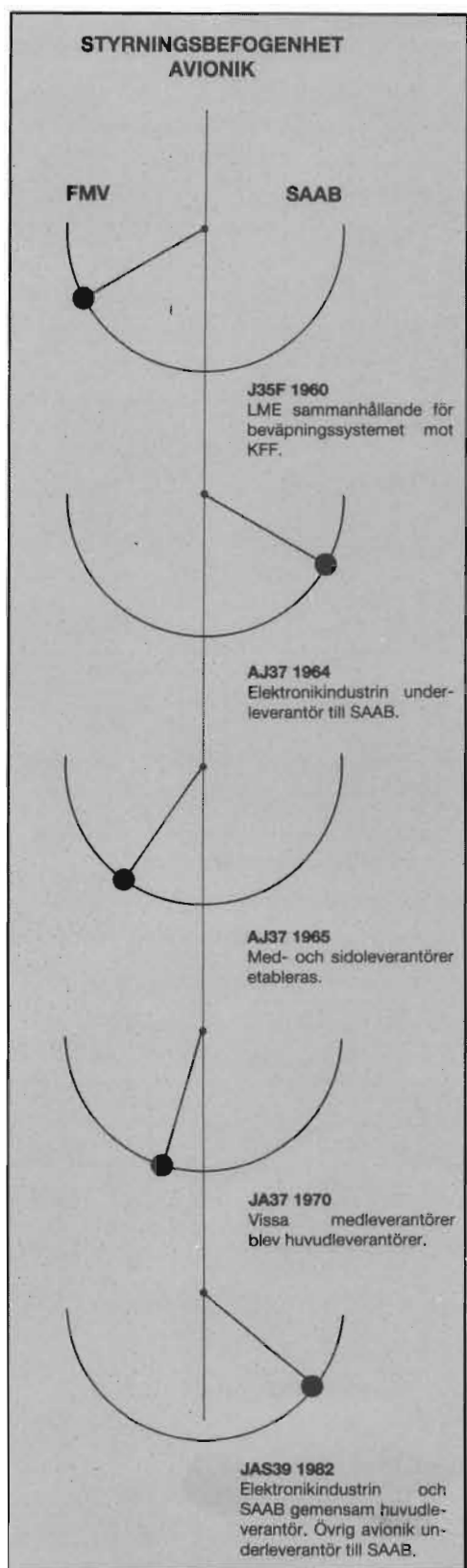
Vid uppstartandet av 37-arbetet gavs *SAAB*, som konsekvens av tidigare erfarenheter, ett uppdrag att vara huvudleverantör för det nya flygplanet med de övriga industrierna som underleverantörer. *SAAB* skulle genomföra hela projekteringen enligt en huvudspecifikation. De kontraktsmässiga åtagandena var ganska ofullständiga och gav *SAAB* mycket fria händer. KFF roll blev därmed mycket svag.

Efter en kort tid bedömde statsmakterna *SAAB:s* ekonomiska fördelar som alltför stora och avtalen om utveckling av de viktigare utrustningarna återfördes till KFF direkta ansvar.

SAAB skulle dock fortfarande ha ansvaret för den tekniska och tidsmässiga koordineringen av projektet. KFF hade att tekniskt specificera och styra de olika medleverantörerna och hade ansvaret för dessas prestanda och leveranstider. *SAAB* hade det tekniska ansvaret för systemutformning och av datorprogram mm...

Genom avtalsformen och ansvarsfördelningen mellan KFF och de olika industrierna kunde det tekniska arbetet ske under relativt informella former. Ett djupgående tekniskt samarbete byggdes upp mellan *SAAB*, elektronikindustrins och KFF ingenjörer, där tekniska förslag kunde väckas, diskuteras och genomföras med kort omloppstid, speciellt vad gäller utvecklingen av de integrerade systemfunktionerna där kraven var mycket allmänt formulerade.

KFF kunde i hög grad styra utvecklingsarbetena hos medleverantörerna och tillföra erfarenheter. Gentemot huvudleverantören *SAAB* medförde dock ansvarsfördelningen stundom omfattande diskussioner beträffande planering, ändringsbehov etc., *SAAB:s* erfarenheter av anskaffning och utveckling av avionik var dessutom begränsade, vilket i vissa fall innebar svårigheter för KFF att få erfarenhetsmässiga konstruktionskrav tillgodosedda.



Under början av 60-talet initierade KFF bildandet av *TUAB* som ett tekniskt stödorgan för KFF specificerings- och styrningsarbete. Huvuduppgiften gällde STRIL-systemet, men även inom avionikområdet startades en kunskapsuppbyggnad, främst inom navigerings-, presentations- och forskningssimulator – *FOSIM* – för fristående studier av flygmekaniska och förarrelaterade problem. Parallellt med det projektbundna arbetet, hos främst *LM Ericsson* och *SRA*, bedrevs studier och försöksverksamheter för nästa utvecklingssteg medan FOA:s resurser endast utnyttjades i begränsad omfattning.

Under *JA*-utvecklingen bibehölls arbetsfördelningen mellan FMV och industrin i stort oförändrad. Genom den tekniska utvecklingen och av ekonomisk nödvändighet kom dock anskaffningen av flera utrustningar att ske i konkurrens mellan svenska och utländska leverantörer. Detta krävde ett väsentligt mer detaljerat upphandlingsunderlag, inte minst för att skapa fasta förutsättningar för huvudleverantörens åtaganden. Dessa erfarenheter tillämpades också för de svenska leverantörerna.

JA37-systemet togs fram under en period av mycket snabb teknisk utveckling.

Ett av FMV huvudproblem inom avionikområdet blev därför att analysera den tekniska utvecklingen och styra inriktningen av industrins arbete mot långsiktigt tekniskt/ekonomiska lösningar. Under utvecklingsarbetet kom detta att medföra ett flertal, delvis mycket omfattande förändringar och generationsväxlingar av den tekniska upplåtningen inom vissa utrustningar med avsevärda praktiska planerings- och koordineringseffekter för systemutvecklingen, speciellt hos huvudleverantören. Härigenom kom dock *JA37-systemet* att få en mycket bra grund för det vidareutvecklingsarbete som FMV redan då förutsåg. Systemet kom trots detta att levereras i rätt tid.

Inom funktionsutvecklingsområdet, speciellt datorprogramutveckling och föraranpassning, fortsattes samarbetsformerna från *AJ37*. *SAAB* hade här byggt upp en mycket djup och bred kompetens och drev arbetena i mycket nära samverkan med FMV sakenhet och provflygare. Ambitionsnivån i arbetet var mycket hög. Inte minst härigenom är *JA37* sett från föraranpassningssynpunkt – ett av världens bästa systemflygplan.

Detta nära samarbete har för både *AJ* och *JA37* fortsatt för den successiva vidareutveckling som avioniksystemen i dessa kommit att undergå under FMV ledning efter serieleverans.

