Så blev AXE ett sjumilakliv

Av Bengt-Arne Vedin

Utvecklingen av AXE-systemet är Sveriges största civila tekniska utvecklingsprojekt. På sätt och vis pågår projektet ännu.

I en stor internationell översikt, vars ene författare, Amos Joel, också är upphovsmannen till elektroniska telefonstationer, beskrivs utvecklingen fram till nu i tre generationer (boken heter Robert J Chapuis och Amos E Joel jr: *Electronics, Computers and Telephone Switching,* North-Holland, Amsterdam 1990). Först gjorde man elektroniska och programmerbara stationer. Därefter blev de digitala. I det tredje steget flyttades olika funktioner ut rent geografiskt, så att det som förr var en sammanhållen telefonstation å en enda plats blev ett antal separata moduler som kunde placeras där det från systemsynpunkt var bäst. I detta steg består systemet också av telefoner, abonnenter och förbindelser, inte bara av stationen.

Denna utveckling syns tydligt på Telemuseum, där man kan avnjuta hur det knäpper från en elektromekanisk telefonstation – med nödvändighet helt sammanhållen till en enda plats. Betraktar man en sådan station anar man den generationsväxling i tankesätt som kom att krävas för att få fram elektroniska telefonstationer. Vi talar om skilda tankestilar för de professionella kulturer som ser verkligheten med olika tumregler, lathundar och metaforer – så väl etablerade att det inbitna proffset inte ens reflekterar över eller kan inse att det kan finnas alternativ.

Den elektromekaniska generationen varade mer än ett halvsekel, med en tankestil präglad av vad man kunde göra med reläer och elektromekaniska kontaktdon. Reläerna stod t ex för debiteringsinformation och registrerade samtalens längd och väg. Det naturliga för teletekniker i denna tradition var att se elektroniken som ett rent substitut; måhända kunde man nå högre tillförlitlighet, snabbare funktion, lägre kostnad och effekt och mindre utrymme. Men de var inte frågan om att konstruera på annorlunda sätt, utom i detaljer.

Nästa steg var att inse att man kunde erbjuda några nya funktioner, som förr varit för dyra eller opraktiska. Det som däremot var en revolution i tankesätt, det var när det som utmärker en

dator, att den kan programmeras, började diskuteras också för telefonstationer. Det innebär ju att man faktiskt gör om telefonstationen genom att skriva och mata in ett program, en för den med datorfilosofin obekante en ovan tanke.

IBM lanserade mycket riktigt sin första telefonväxel 1968. Men datorer är från telefonisynpunkt bara alltför otillförlitliga och osäkra. De är underförsörjda med vissa funktioner som står för telefonstationens stora jobb, har å andra sidan en rad finesser som den tjatiga telefonstationen saknar behov av. De två tankestilarna räcker inte, varken datorns eller elektromekanikens, utan det krävs något tredje. Att tänka digitalt och inte analogt, att tänka i termer av hela telefonisystemet och inte bara i begränsade delar, som transmission för sig och telefonstationer för sig, det krävde i sin tur även det en ny eller vidareutvecklad tankestil.

Med AXE förverkligades något som borde vara omöjligt. Man tog tre generationssprång i ett enda kliv. AXE var elektroniskt, blev digitalt senare, och tillät att man bröt upp systemet i moduler som kunde placeras ut där det passade bäst.

Elektronikens nya tankestil

När det gäller elektronik finns det, sedan transistorns födelse, en kardinalfråga: när skall man låsa konstruktionen? Hur mycket av den framtida utvecklingen skall jag inteckna? Bakgrunden är det faktum att kostnaden för rå datakraft sjunker med hälften var artonde månad. Så har det hållit på sedan före 1960. Samtidigt sjunker energiförbrukningen, samtidigt ökar tillförlitligheten. Därför riskerar en konstruktion att snabbt bli föråldrad. Det som inte fungerar ekonomiskt – eller tekniskt – nu har blivit vanligt om två år och föråldrat om ytterligare två år.

Särskilt för programmering och dataminnen fick denna utveckling stora effekter. För inte så länge sedan var minnen och centralenheter i datorer så dyra och de hade så liten kapacitet att det gällde att till varje pris spara på dem. Programmerarens högsta dygd – en del av tankestilen på området – var att hitta genvägar så att programmet fick så få instruktioner som krävde så liten plats som möjligt, vilket i sin tur krävde programmering i eller nära maskinens eget språk, snarare än i något bekvämare och överskådligare programmeringsspråk som kostade mer utrymme.

I elektronikens värld sker det oväntade eller snarare det väntade, men vid en oväntad tidpunkt och i en överraskande kombination. Här leks oavbrutet hela havet stormar, eftersom utvecklingstakten är så mycket högre än på andra teknikområden – enligt en amerikansk analys tjugo gånger högre. På tio år avverkas till exempel fem generationer av olika minnestyper. Gamla problem får helt nya lösningar och att gamla lösningar blir ointressanta eller kanske för dyra – i värsta fall hinder för framtiden.



1. Kabeldragning i AXE-stativ, 1980-talet. L M Ericssons fotoarkiv.

När transistorn kom, utvecklad på Bell Labs, såg man den som en elektronrörets ersättare. Bell Labs grundidé var en komponent som förstärkte ström, elektriska signaler. Det pekade mot radio, men även mot kopplingsfunktionen i telefonstationer.

I början arbetade man mest med analoga transistorer och kretsar. Först så småningom kom de annorlunda digitala. Att signalerna inom teletekniken var analoga innebar att de troget avbil-

dade människans tal i telefonen. Det vore annars möjligt att dela upp talet och organisera det i ett begränsat antal ljudnivåer och frekvenser, alltså att koda signalen. Fördelen var att kodningen inte kostade något i kvalitet, eftersom elektronik och mänskligt öra kunde återskapa ljudet som det lät från början. Den metoden kanske till och med kunde bli bättre och mer ekonomisk.

Ytterligare en möjlighet var i svang, och det var tidsuppdelning av signalen. I den traditionella metoden, *rumsuppdelning*, får telefonsignalen sig tilldelad en given bana, en fix kanal – banan är given och fix i rummet, som kunde man följa en sladd hela vägen, därav namnet.

Den nya varianten, tidsuppdelning, innebar i stället att många signaler delar på samma förbindelse. Kodningen utnyttjas här för att komprimera de ursprungliga signalerna – samtalen – så att de kan läggas efter varandra i tiden, uppdelade. Det är ungefär som om den första sekunden av mitt samtal skickas under en tiondels sekund och så följer nio andra samtalssekunder från andra samtal komprimerade på samma sätt (beskrivningen är förenklad!). Kodar man på rätt sätt kan man blanda flera signaler. Närmare mottagaren måste de separeras och sättas ihop till de ursprungliga samtalen. Tidsuppdelning och kodning förutsätter alltså en hel del bearbetning – databehandling – och ligger därför närmare det digitala arbetssättet.

Ett forum för den gryende elektroniska tekniken för telefonstationer blev ISS, International Switching Symposium, som från starten 1957 skapade samsyn och drev på utvecklingen. Andra internationella samverkansorgan spelade också en sådan roll.

Värd för det första ISS var Bell Telephone, och det var därifrån som bomben släpptes. Värdfolket drog ridån åt sidan för den allra första datoriserade telefonväxeln. SPC, datorstyrning, hade blivit en trollformel, och Morris, en liten landsortsstad i Illinois tio mil sydväst om Chicago, vallfartsort och teknikhistoria.

Bertil Bjurel på Televerket hade, liksom kollegerna på L M Ericsson, insett att transistortekniken krävde bevakning. Han ledde Televerkets grupp vid detta första ISS. I L M Ericssons fanns Kurt Katzeff och Gösta Neovius. – Ingen av oss teletekniker hade någonsin hört talas om programmering – inte i vår värld i alla fall, säger Katzeff. – Det var nog bara Neovius som riktigt förstod vad Bell-folket presenterade.

Det hade inte varit så naturligt att göra programmerbara datorer heller, men på 40-talet hade några matematiska genier (främst väl Alan Turing och John von Neumann) aktualiserat en hundra år gammal tanke, nämligen att göra maskinerna generella, mångkunniga, och att i stället låta dem styras av *program*. Det var revolutionerande då: en idé som först var svår att begripa sig på, så

ovan och ny var den. Det tog tid innan den vann kraft – fast i dagens perspektiv tycks tvekans tid ha varit kort. Programmering innebär att en och samma maskin instrueras att sköta de mest olikartade uppgifter. Statistik ibland, fysik när det behövs, adressregister emellanåt, bokföring om så krävs. Allt styrs av programmet.

När samma idé började få rotfäste inom Bell Labs var det under namnet SPC, "stored program control". *Programminnesstyrning* blev länge den otympliga svenska termen; vi talar i fortsättningen om datorstyrning eller datorisering.

Den första idén om att använda transistorer hade varit att använda elektroniska kopplingselement för väljardelen i telefonstationen, för att skicka fram samtalen. Men än så länge var det olika miniatyrreläer som började bli intressanta, till exempel reed-reläer. De bevisade inte att elektroniken skulle segra, men de bidrog onekligen till att röra om i grytan. Tekniken tycktes faktiskt förändras snabbare än förr.

Sverige i gång tidigt

L M Ericsson var tidigt ur startgroparna när det gällde att undersöka elektronikens förutsättningar inom teletekniken. Den första experimentmodellen hette EMAX, färdig redan 1954. Den var en ren prototyp, ett slags experiment för att se hur långt elektroniken bar.

Det var ännu en elektronik som saknade transistorer – försöksutrustningen var uppbyggd av dioder och en komponent som heter glimrör. Stationen var ett försök med tidsdelning, så samtalen skickades fram "upphackade", med kodning av signalerna. Den pulsfrekvens man v alde visade sig representera ett klokt val – densamma (8 000 perioder per sekund) som senare skulle komma att bli standard internationellt. Komponenterna i EMAX kostade på tok för mycket, de slukade energi och var inte tillförlitliga nog. L M Ericssons tekniske chef Jacobaeus ville nu ta steget direkt till ingenjörsmässigt arbete, till praktiska, färdiga produkter som kunde lämna laboratoriet och gå ut i fältmässiga prov.

Starkt intryck gjorde Bells demonstration av den datorstyrda telestationen i Morris 1957. Skulle L M Ericsson gå vidare med ett nytt projekt, så behövdes det tydligen datatekniker och, efter Jacobaeus recept, helst ett konkret och praktiskt projekt. 1959 fanns det konkreta planer på en stor telestation med tidsdelad multiplex, vilket innebar många samtal parallellt på samma "ledning".

För att klara behovet av tekniker rekryterades färska civil- och gymnasieingenjörer. De jämte tekniker som kunde flyttas om inom företaget fick, liksom kolleger från Televerket, gå igenom en nyupplagd påbyggnadsutbildning, närmast av högskolekaraktär, som initierats av de två företagen gemensamt.

Idén om ett konkret projekt fylldes av en lycklig slump, utan

att det blev den stora station man hade drömt om. För att komma in på den jättelika USA-marknaden, så svår på grund av AT&T:s monopol, förvärvade L M Ericsson North Electric i Ohio, som bl a tog fram en amerikansk variant av den svenska koordinatväljaren. North Electric var sedan gammalt leverantör till det amerikanska försvaret. Flygvapnet behövde nu helelektroniska växlar. Som alla militära order innebar det skärpta krav på tekniken, på tillförlitlighet och robusthet. Telefonstationerna, större än friggebodar, skulle till exempel kunna transporteras med helikopter. 1960 fick North Electric, med starkt stöd från Stockholm, ordern. Det var en konkret utvecklingsuppgift, samtidigt koncentrerad. Det gällde att knyta samman några hundra linjer på ena sidan med en handfull långdistanslinjer på den andra.

Från mitten av 50-talet samverkade L M Ericsson och Televerket genom något som hette Elektroniknämnden. Idén var att dela på elektronikutvecklingen och undvika dubbelarbete eller tekniska system som inte passade ihop. Hösten 1958 höll man ett gemensamt seminarium i nämndens regi. Teknikerna berättade för varann hur långt de kommit med elektroniken. Utöver EMAX hade L M Ericsson ett nytt telefonregister, en utrustning för en livs levande telefonstation i Årsta i Stockholm, nu med transistorer. Man var på väg mot den elektroniska telefonstationen, liksom Televerket med sin A205E, Klimax kallad, skämtsamt efter EMAX.

Bengt-Gunnar Magnusson, värvad som projektledare till Televerkets projekt, ansåg att de olika ansatserna bara var elektronik införd i tidigare systemstruktur. På så vis trodde han inte att det gick att utnyttja datatekniken fullt ut – inte på långt när.

– Inget av de här förslagen är rätt väg – vi måste gå direkt på datorstyrning, fick hans chef Bertil Bjurel höra. Och denne svarade: – Gör då det. Formulera dina tankar så skall jag stötta dig i ett sådant program.

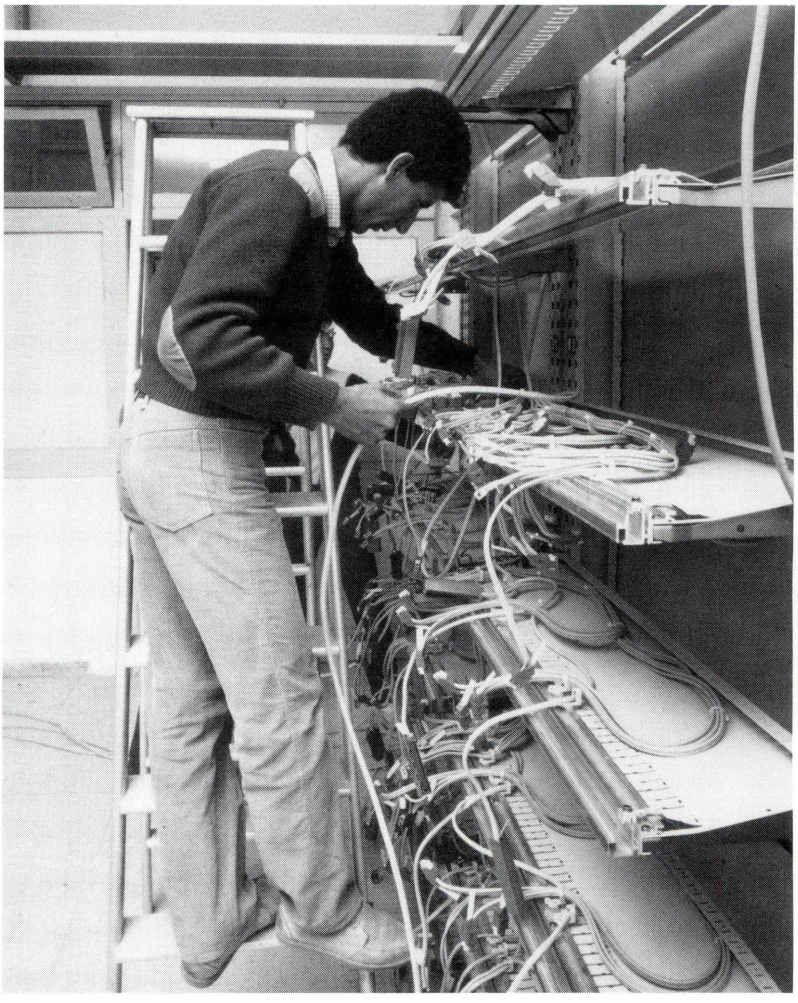
Så gav Magnusson dödsstöten åt det projekt han anställts för, A205E, i och för sig bara avsett som ett experiment. I stället föddes Televerkets projekt Test 1. Han hade dessutom synpunkter på vilken teknik man skulle välja. Ville man styra som i en dator så borde det ske med program. De borde programmeras in i minnen. Det blev Magnussons och Televerkets linje – logiken, programmen, skulle ligga i minnen, *s*ystem*l*ogik *i* *m*innen, vilket förkortades SLIM.

En mer omedelbar förlängning av relätraditionen var att istället bygga elektronikkretsarna så att de direkt representerade instruktionerna, programmet eller systemlogiken, alltså *s*ystem*l*ogik *i* *k*retsar eller SLIK. Om SLIM gav överlägsen flexibilitet så var det ibland till ett högt pris: långsamt och dyrt med fler transistorer. L M Ericssons linje SLIK var snabb och sparsam – och

inflexibel, om man senare ville ändra på arbetsuppgifterna, dvs på programmen.

Det här var att ersätta reläerna. Men skulle själva koordinatväljarna vara kvar? Nej, kanske inte. Transistorer eller andra nya lösningar kunde komma in även här. Återigen fick de två företagen olika uppgifter. L M Ericsson skulle fortsätta med tidsuppdelade system, som i EMAX, medan Televerket arbetade med mer traditionella rumsuppdelade system. Vi erinrar oss att rumsuppdelning innebär en konstant linje uppkopplad hela tiden för ett enda samtal. Det är egentligen slöseri, eftersom samtalet kan kodas och komprimeras och då inte tar så stor plats.

Telefonstationen 412-L för USA:s flygvapen följde precis SLIK-principen, och det systemet skulle bli tidsuppdelat. Grundutveck-



2. Kabeldragning i AXE-stativ, 1980-talet. L M Ericssons fotoarkiv.

lingen gjordes i Stockholm, och 1961 var det dags att flytta över större delen av det svenska laboratoriet till USA.

Åter till Televerket. Test 1 fick ersätta A205E för att det senare inte var tillräckligt datoriserat, men hur elektroniskt kunde egentligen Magnussons Test 1 bli? Nog lades programmen i minnen, SLIM-principen. Men vilka minnen – hål i plåtar!

Det naturliga var elektroniska minnen, vilket på den tiden betydde kärnminnen, små elektromagneter. De hade dock den obehagliga egenskapen att det som var lagrat i minnet försvann helt om strömmen stängdes av. Katastrof för en telefonstation! Teleföretagens match med detta problem, jorden runt, är för en tekniker ohejdat spännande att se. Olika minnestekniker, olika representanter för tillämpad fysik, fanns med litet varstans. Bell satsade till exempel på en finkornig fotografisk film.

Och Televerket satsade på något som för dagens datortekniker måste låta apokryfiskt: hålplåtsminnet. Det var en kopparplåt i storlek A5, där man stansade 5 mm hål. Ett hål representerade en nolla, saknades hålet så var det en etta. Plåtarna placerades i en hållare med 128 plåtar, vardera med 320 bit eller nollor/ettor-val. Multiplicerat blir det 4 096 instruktioner om vardera 10 bit.

L M Ericsson hade nu erfarenhet från 412-L och var på väg att skapa datorstyrda telefonstationer som utnyttjade kodväljare och kiseltransistorer. Företaget började sälja AKE-system ute i världen innan systemet var färdigt.

År 1961 blev Bertil Bjurel chef för Televerkets tekniska byrå och den 1 april 1963 överdirektör. Han ansåg det viktigt att även i sitt nya jobb stå kvar i Elektroniknämnden. Hans dagbok som ny överdirektör innehåller noteringar om denna nämnd fem av de nio första dagarna.

Sålunda läser vi att Televerket lagt upp en "taktisk plan för fortsatt utveckling av en elektronisk telefonanläggning samt dragit upp tidsplanerna för det elektroniska arbetet innebärande att helelektroniska anläggningar – stortillverkning – kan beställas redan 1967. Personligen tror jag att detta blir möjligt först år 1970".

Redan den 4 april 1963, fyra dagar in i det nya jobbet, framgår det att Televerket skall utveckla elektroniska telefonanläggningar med impulsstyrda koordinatväljare och L M Ericsson centralstationer med elektroniskt styrda kodväljare. Elektronikgruppen fick på så sätt ett homogent projekt och verkstäderna får hålla sig till känd teknik, antecknar Bjurel bland fördelarna. Nu måste elektroniksektionen ökas ut, står det också.

En knapp vecka senare är det styrelsens tur att få information om hur samarbetet fortskrider. "Det... råder delade meningar inom Televerket rörande den tidpunkt vid vilken alla nya telefonanläggningar kan beställas elektroniska. För min del tror jag

1969–70, men det elektroniska projektets ledare Magnusson gissar på 1967. Förväntningarna på den nya tekniken ekonomiskt sett är att en station för 10 000 nummer inom Stockholms och Göteborgs telefonnät kommer att bli cirka en miljon billigare än dagens 500-väljaranläggningar."

Av dagboken för den 16 april framgår att elektronikgruppen skall ökas med 50 procent räknat i personal. Kontraktsersättning skall användas, ett annat sätt att säga att Televerket vill konkurrera med marknadsmässiga löner för att få tag i bra folk.

Nästa dags anteckningar rymmer en intressant notering: cheferna för de båda företagen "framförde som absolut krav att utvecklingsarbetet skall koordineras hårt och att praktiskt taget inga eftergifter får göras när det gäller att få en enhetlig uppbyggnad av datautrustningen". Detta skulle fixeras i ett nytt samarbetsavtal. Bjurel själv var skeptisk: "Personligen ställer jag mig mycket tveksam inför de svårigheter som måste uppkomma när man praktiskt skall styra samarbetet så hårt som företagens huvudmän begär. en fördröjning av arbetet blir ofrånkomlig och missnöje bland ingenjörerna oundvikligt. Man får kompromissa i vissa avseenden där så blir nödvändigt." Detta Bjurels tvivel på att få teknikerna att följa principen om hårdstyrning mot enhetliga system visar hur väl han kände sina pappenheimare. Kom L M Ericsson med en idé så sade Televerket nej, kom Televerket med en idé så sade L M Ericsson nej. – NIH-barriären, not invented here, fungerade underbart väl, konstaterar en i efterhand road Bertil Bjurel. – Så där höll de på, fram och tillbaka.

Så mycket som möjligt skulle alltså vara gemensamt i de två företagens lösningar. Samtidigt fick de två organisationerna med olika projekt pröva olika lösningar, som kunde skärpas mot varandra, som SLIM kontra SLIK.

Efter de olika proven där man delat erfarenheterna med varandra var det så dags att granska de systemförslag som fanns. Nog med torrsim! Nu gällde det att göra fungerande telefonstationer, inte bara i full skala utan sådana som kunde kopplas in och fungera i det vanliga nätet. Sådana som kunde kommersialiseras.

Två företag, två organisationer som arbetade med samma sak, hur skulle de dela på uppgifterna och samtidigt samarbeta och undvika dubbelarbete? Torsten Larsson, då chef för stationsprojektering inom Televerket, fann den förlösande formeln:

– Televerket arbetar med stationer för storstäder.

Ty det var något som Televerket ville lära sig mer om. Många anslutna abonnenter var ett av kännemärkena för sådana stationer.

– L M Ericsson, å andra sidan, inriktar sig på stationer för landsorten.

En sådan station måste ha en bredd i de uppgifter den skall

klara. Trafikvägsschemat är mer komplicerat. Det passar ett företag som säljer över hela världen.

Men egentligen hade man inte behövt olika system för dessa två tillämpningar. Det var en lek med ord; Bertil Bjurel vill än i dag säga "stora respektive små lokalstationer". Den fiffiga formuleringen bröt dock isen och gav klara linjer. Målet för L M Ericsson blev alltså Tumba och AKE 12, målet för Televerket Storängen och A 210. Båda skulle bli reguljära kommersiella produkter.

Samarbetet skulle fortsätta, det var viktigt. Därför fanns det en lista över vad som skulle vara gemensamt. Det gällde viktiga transistorer, programspråk, mekaniskt byggsätt, väljare och reläer, det gällde kärnminnen. Sedan fanns det allehanda praktiska skäl till att ändra och förbättra. Det var inte alltid lätt att komma ihåg att informera samarbetspartnern, kanske inte ens att informera alla internt berörda.

All utveckling gick alltså inte i samma riktning. Målet "det mest lika och standardiserat" förvandlades till "gemensamma kärnminnen, allt annat olika".

Televerkets Test 1 hade varit en teknikernas leksak. B-G Magnusson medger att man till exempel borde ha förstått hur orealistiskt det var att alla abonnenter skulle behöva byta telefonapparater för att få rätt signalnivåer (fast så hade AT&T gjort). Det viktiga var strukturen hos systemet, och både Televerket och L M Ericsson lärde sig mycket från Test 1, som avslutades medan AKE-projektet drog i gång.

Att A 210 var en "riktig" station innebar förstås ordentlig kapacitet. Till Test 1 fanns summa tjugo abonnenter anslutna – i Farsta dessutom, så det var ju nära till Televerket. Den nya stationen skulle ha ett genomtänkt system och vara en fullständig helhet inklusive själva kopplingsdelen, väljarna, styrda av datorn. Denna måste vara tillförlitlig, kunna felsökas och underhållas på ett fullt "kommersiellt" sätt. Som en mellanstation konstruerade man, men byggde aldrig, Test 2.

A 210:s struktur innebar en hel del decentralisering av vissa styruppgifter från den centrala processorn. De låg i stället på ett antal underprocessorer. Det var en princip som skulle fullföljas senare, i AXE, och där resultera i en boskillnad mellan regionalprocessorer och centralprocessorer.

Medan A 210 hade ett stycke kvar var L M Ericsson 1967 framme vid att demonstrera den första AKE 12-stationen för kunden, Televerket. Innan Tumbastationen kunde visas upp var man bara tvungen att lokalisera ett enstaka kvarvarande fel. Någonstans hade en programmerare satt ett minustecken i stället för plustecken, i något program, man visste bara inte var. Detta lilla fel spred sig sedan, långsamt, genom hela systemet.

Det gick helt enkelt inte att hitta felet. Jo, långt om länge gick det. Skälet till att felet var så hopplöst svårt att finna var att stationen styrdes av ett enda jätteprogram. Det fel som syntes var inte det ursprungliga, utan ett som det ursprungliga knoppat av sig. Grundfelet yttrade sig litet varstans – det var som en tallrik trasslig spaghetti, vilka ändar hängde ihop?

Göran Hemdal, det finländska programmeringsgeniet, som lidit av att behöva söka det undflyende, omöjliga felet, drog en radikal slutsats: spaghettiprogram gällde det att undvika helt. Helst inga fel alls, därnäst isolerade och lätthittade sådana.

Televerkets A 210 skulle invigas den mars 1970. Kanske är programvara inte ensamt om att egentligen bara kunna provas i verklig användning, men detta gäller i efter hand. I en telestation finns myriader med kombinationer av telefonsamtal och tjänster, och hur man än provar och gör stickprov och simulerar så är bister verklighet det enda riktiga provet.

Televerkets första fullstora datorstyrda telefonstation firades inte med champagne men väl med kaffe och tal. Inför gästerna klippte man av det blågula bandet, vilket i telefonivärlden innebär att man startar stationen.

Allt gick åt skogen. Stationen stängde helt enkelt av all trafik som skulle in till den. Dessutom stängde den av delar av andra stationer också. Vilken succé för datorstyrning. Så sitter felsökarna, olyckliga, mitt i natten och upptäcker att det är en person som aldrig gjort ett enda programfel i hela sitt liv som här gjort ett fel. Var? Snälla, gå igenom hela ditt material! Ja, men inget fel står ändå att hitta. Till slut, klockan fem på morgonen någon natt senare, upptäcks felet, det *verkliga* felet. Det visar sig att det är en av de ansvariga som missförstått en enkel information.

Här har vi åter spaghettiprogramvaran i dess prydno. Ett fel någonstans i systemet kan få ödesdigra konsekvenser någon helt annanstans i systemet. Felsökningen landar på fel plats. Fel syndabock. Snudd på omöjligt att spåra rätt. Vad göra?

1967 hade alltså AKE 12 installerats i Tumba. Erfarenheterna gjorde att man nu började tvivla på att AKE 12 någonsin skulle bli kommersiellt attraktiv för lokalstationer, däremot kanske för internationella stationer. Dessutom fanns det stora förväntningar på nästa produkt, AKE 13, ännu på ritbordet.

Rotterdam är en viktig ort för L M Ericsson. Där hade tidigare stora nyheter introducerats internationellt. Nu hade man fått en beställning på ett elektromekaniskt system. Med hela tilltron till de nya, ännu ofödda elektroniksystemen i bakhuvudet for L M Ericssons försäljare till den holländska staden och övertygade kunden om det vettiga i att byta specifikation. Det skulle bli en datorstyrd station i stället!

Den som fick i uppdrag att tekniskt leda projektet var Ivar Jacobson, som inte kunde just någonting om datorer:

– Mitt jobb var att se till att projektet blev marknadsanpassat, att det blev lönsamt. Och processorer och datorer... jag satte mig ned kvällar och helger och tröskade igenom allt material, som fanns, jag fick lära mig via skolboken, som jag ställde mot våra AKE-system. Men efter någon månads studier hade jag kommit fram till att som AKE såg ut var det inte lämpligt att gå vidare med det. Jag sa till Lars Olof Norén, chefen, att jag inte kunde ta ansvar för något jag inte trodde på.

Här kommer en nybörjare på datorer och säger att den produkt vi lyckats förmå holländarna att vara pionjärer på inte kommer att fungera! Men hur skulle man då göra i stället? Jacobson satte sig hela följande helg och funderade först, skissade sedan:

– Plötsligt trodde jag att jag skulle kunna lyfta upp min kunskap från de gamla elektromekaniska systemen och göra den så generell att den gick att översätta till den nya elektroniken. Det måste finnas en gemensam grund, några bakomliggande principer. Det ville jag också förmedla till alla i projektet.

Om principerna var generella, kunde man se ett datorstyrt system som ett reläsystem. Eller det traditionella registret som en dator, maskinvara plus program.

Full av entusiasm berättade Jacobson för sina kolleger hur problemet skulle lösas. Bara för att mötas med total oförståelse. Det skulle aldrig fungera. Oförståelsen förstärktes till fientlighet och konflikt. En av dem som var starkast emot jacobsons idéer var programmeringsgeniet och pedagogen Göran Hemdal.

Krav och system

Ellemtel startade 1970 och en av dess prioriterade uppgifter blev att se på problemet med lokalstationer. Televerket hade dödat sitt projekt, L M Ericsson våndades över AKE som man i varierande grad trodde och tvvlade på. Fanns det inte möjligheter att bygga vidare på existerande system och erfarenheter?

Hösten 1970, när han just kommit till Ellemtel som en av de första, ägnar sig B-G Magnusson åt att skärskåda alternativen i sin utredning. Den är första steget i det som var ett viktigt skäl till att bilda Ellemtel: utvecklingen av en ny lokalstation.

Men han ägnar sig förstås även åt att värva personal. Göran Hemdal kommer efter några månader, och redan hösten 1970 argumenterar Magnusson för att få över Lars Borg och Kjell Sörme från L M Ericsson. Det skulle ta ett år innan de kom till Ellemtel.

Ett av de alternativ som är uppe tidigt är idén att nyttja en vanlig, kommersiell dator för att styra trafiken i en telefonstation. Det alternativet avfärdas dock snabbt: inga datorer klarar realtidskraven; de flesta datorer arbetar inte i realtid, i takt med omvärlden

och signalerna in, men det går ju inte att spara vissa samtalskopplingar till på natten! Dessutom är tillförlitligheten i datorvärlden mycket långt ifrån vad som krävs i telefonins värld. Å andra sidan är en dator på andra sätt överkvalificerad, eftersom den klarar en mängd uppgifter som en telefonstation aldrig behöver.

Televerket lanserar förslaget om en vidareutveckling på basen av A 210, A 210V. Det fanns redan före Ellemtels bildande en sådan plan, för en station som skulle vara framme ungefär 1976. Under sina två år på L M Ericsson har B-G Magnusson hunnit delta i AK69, en utredning som han finner så otillfredsställande att han lanserar en annan, nämligen AK70, där lärdomarna från A 210 och AKE finns med, bland annat idén om regionalprocessorer.

Vid det fjärde projektmötet, i mars 1971, berättar en rapport att det finns tre alternativ för lokalstationen, ett som faktiskt återupplivar idén om att lägga in logiken i kretsar, SLIK, ett annat och närbesläktat men med logiken i minnen, SLIM, och så ett med en egen signalprocessor. Magnusson tar själv diskussionerna med uppdragsgivarna i moderföretagen och skyddar sina medarbetare, inte minst Göran Hemdal som redan 21 januari 1971 beskriver var skåpet skall stå. Det är en elegant utredning över vilka principer som bör vara bärande för ett väl fungerande system.

Bakom låg dyrköpta erfarenheter, framförallt från Tumba, men också från Storängen och Rotterdam. Hemdal har uttryckt dem så här:

– AKE i Tumba saknade testbarhet, hanterbarhet, systemintegritet. Inget fungerade innan allt fungerade. Om man ändrade på en punkt så måste allt testas. Om man rättade ett fel så genererade man två nya.

Men av detta friska och kärnfulla språk finns förstås intet i protokollen.

På mötet den 8 mars får projektkommittén löfte om att utredningen om alternativen skall vara klar 1 juli, men grunden är då inte tillfyllest för att starta ett projekt. Det blir bakläxa. B-G Magnusson preciserar sig i oktober och får i november i uppgift att fortsätta att formulera planerna mer i detalj.

Den pedagogiske Hemdal kunde kanske inte övertyga Ivar Jacobson om att denne hade fel men väl alla andra. Ju mer Hemdal samlade argument, desto mer övertygad blev han i stället – ytterst motvilligt först – om att Jacobsons idé nog faktiskt var rätt. Inte för AKE 13 väl, där den först varit på förslag och genomförts, där stod Hemdal fast vid att den inte passade, men som generell princip för framtiden. Fast den behövde utvecklas och byggas på. Den passade bara i en helt ny struktur.

Den strukturen var också organisatorisk. Magnusson, som lämnat Televerket för L M Ericsson under slutskedet av A 210-pro-

jektet, var noga med att låta systemet få sina konturer först, innan han stöpte sin organisation; organisationsuppbyggnaden fick inte bli styrande för systemets struktur, fick inte lägga band på den förutsättningslösa diskussionen om principiell uppbyggnad och funktion.

I maj 1971 var det så klart att det skulle bli en datadel och en telefonidel, så då blev det två sektioner med dessa uppgifter. Regionalprocessorerna, en idé från A 210, skulle sköta rutinuppgifter.

Men bara *någorlunda* klara var systemen då. En annan idé var nämligen att vinna tid och snabbare lära av erfarenheten genom att inte vänta tills ett systemkoncept var helt färdigt innan de delar av konceptet som hunnit bli färdiga började förverkligas. Och allt hade inte förverkligats innan man startade med nästa steg, provningen av de delar som faktiskt var färdiga.

– En viktig poäng var att alla nyckelpersoner efter ett tag hade jobbat ihop med Göran Hemdal och kunde följa hans spår vad gällde systemet. Nästa stora poäng var att vi mycket medvetet undvek att skilja på program- och maskinvara. förklarar Bengt-Gunnar Magnusson. De skulle bägge ligga funktionellt inom samma grupp. Det fick aldrig gå någon sektionsgräns mellan dem.

Det fanns sålunda inga specialsektioner för programkonstnärer. Eller för elektronikexperter. Eller för dem med elektromekanisk bakgrund.

– Hemdal hade nu fulländat strukturen med funktionsblock, Jacobsons idé. Inom dessa block skulle fördelningen mellan maskinvara och programvara avgöras, och det var det som var en egen helhet. Något annat som krävde helhetssyn var fördelningen mellan centralprocessor och regionalprocessorer.

– Den idén var nog mitt eget bidrag från A 210, fortsätter Magnusson, med tanken att avlasta centralprocessorn – som dessutom särskilt på den tiden hade begränsad kapacitet – en rad rutinuppgifter och förlägga dem längre ut i systemet. Nu renodlades idén, och vi delade upp uppgifterna i centrala och regionala. På köpet fick vi koncentrerade signalledningar i stället för råttbon med tiotusentals trådar.

Regionalprocessorer för rutinuppgifter med låg komplexitet, central processor för komplexa men sällsynta uppgifter – om man i stället valt en enda processor för alla uppgifter så hade den fått onödig och dyr kapacitet även för komplexa rutinuppgifter, så det hade varit en slösaktig lösning.

– Det här ställde höga krav på cheferna, som skulle förstå helheten och kunna hantera båda, flera, ja alla typer av problem. Och människor. För den rena och tunga programmeringen för centralprocessorn, huvuddatorn i systemet så att säga, måste vi sena-

re ha flera grupper. Och senare även en sektion för programstöd, säger Magnusson.

– Men så var det då en sak till: vi samlade hela funktioner i de organisatoriska enheterna. Gör man inte det riskerar man något som med ett fint ord kallas suboptimering. Det vill säga att man ser för snävt, gör en fördelning av tekniska resurser inom en given ram fast den ramen kanske kunde och borde förändras.

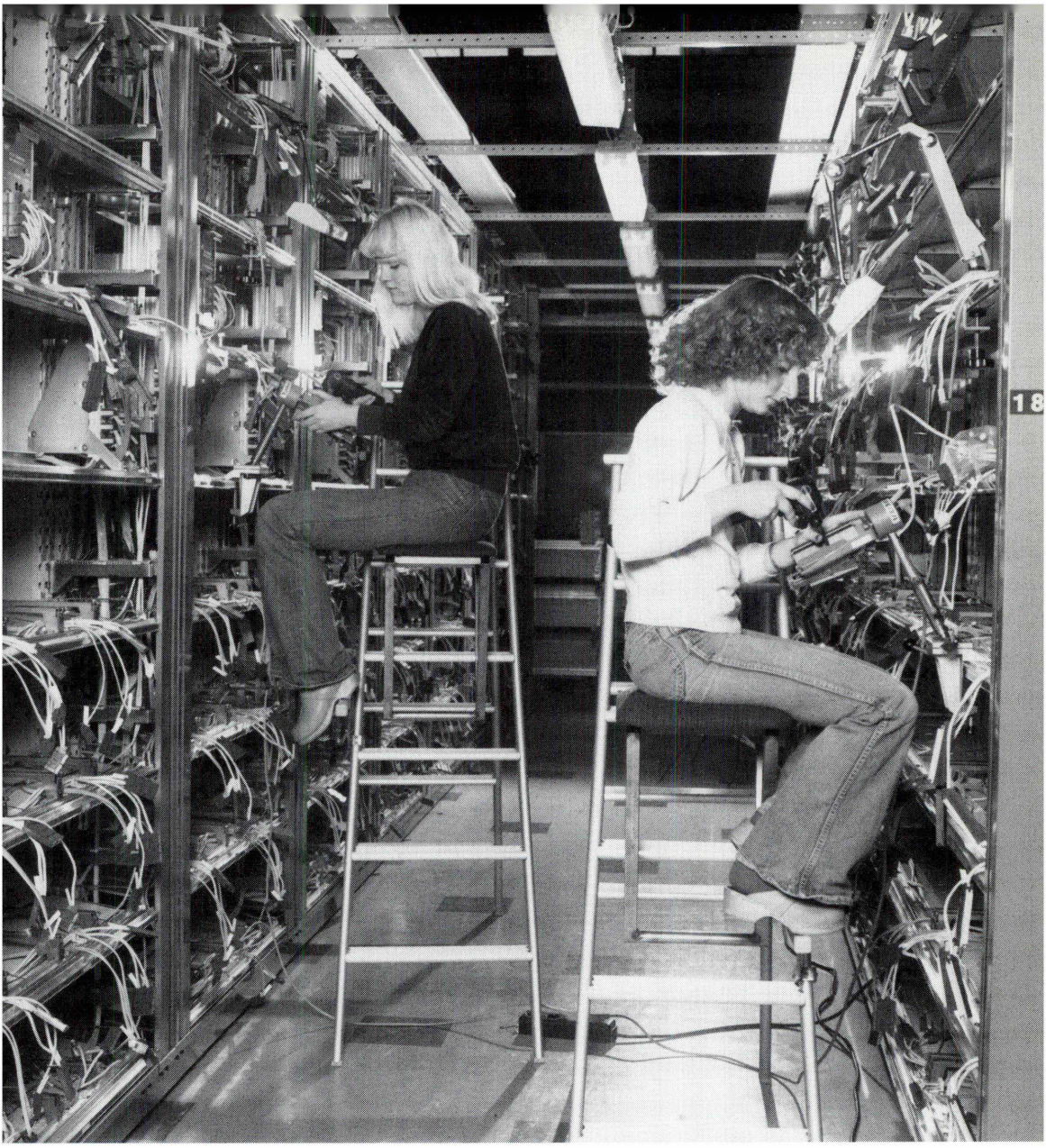
– Absoluta gränser mellan program- och maskinvara är ett klart exempel på vad vi ville undvika. Detsamma gällde regional- och centralprocessorernas samverkan. Här gällde det ju att avväga vilka arbetsuppgifter som skulle hamna var. Helhetssyn i stället för suboptimering, en sektion för helheten i stället för två specialiserade.

Inom olika beslutande organ, med representanter även för de två ägarna, fattades och registrerades beslut. Här togs nya problem upp och information flödade fritt. De var viktiga för att informera, för att hålla projekten på rätt kurs, för att göra nödvändiga modifikationer snabbt och för att styra så att den nödvändiga kompetensöverföringen mellan företagen fungerade.

Släpper man tekniker lösa producerar de helst något som innehåller alla möjliga tekniska finesser. Gärna på gränsen till det omöjliga. Och nästan oavsett kostnaderna. – Nej, man skall naturligtvis ge marknaden vad marknaden vill ha. Marknaden, det är ingen anonym företeelse eller en ruta på ett organisationsschema – den består av konkreta kunder. Nyskapande teknisk utveckling innehåller dock ett slags Moment 22 – detta att utan facit kan man inte ställa den fråga som ger facits svar. Det är egentligen endast de tekniker som arbetar med dess utveckling som verkligen vet vad den nya tekniken kan åstadkomma. Den ger helt nya finesser, och om marknaden, kunden, inte ens vet om att de finns så efterfrågar han dem heller inte.

Nu är det ändå inte hopplöst att kommunicera nya möjligheter i telebranschen. Kunderna, olika televerk och teletjänstföretag, har en betydande egen teknisk kompetens. Också de deltar i möten av typen ISS, International Switching Seminar. Många av dem har erfarenhet från "bägge sidor" – det är inte bara i Sverige som tekniker går fram och åter mellan Televerket och L M Ericsson. Ellemtel hade en stor och kompetent kun "i huset" – delägaren Televerket. Men det fanns en risk med det: Televerket kanske var alltför avancerat och exklusivt jämfört med världsmarknaden.

L M Ericsson satte därför redan hösten 1970 upp en grupp på ett halvdussin personer, med Inge Jönsson som chef och med bland andra John Meurling, för att ta fram vad som brukar kallas en kravspecifikation. Mot den skulle Ellemtels konstruktion vägas. Och då inte bara systemarkitektur utan eh hel produktstruktur med egenskaper som kapacitet, effekt, tillförlitlighet, etc. Det



3. Montering i AXE-stativ, 1980-talet. L M Ericssons fotoarkiv.

krävde en projektplan med kostnader och andra faktorer: arbete, instrument, datakraft och utvecklingstid. Först på det underlaget kunde det bli något beslut om att utveckla systemet.

Inom L M Ericsson deltog flera tiotal personer i arbetet med att extrahera det gemensamma för fler än 50 olika länder. Slutspecifikationen kom i bokform 1 april 1972 och hade sjutton kapitel med sju olika författare:

* systemet skulle vara datorstyrt och medge många olika funktioner – det skulle vara modulärt, så det kunde byggas ut och anpassas efter behov, tillämpning och marknad;

* det skulle passa i alla typer av telenät och kunna svara för flera olika kopplingsfunktioner utöver lokalstationens;

* systemet skulle vara framtidssäkert, det vill säga nya tjänster, ny teknik och nya telefonstationsidéer, också digitala sådana, skulle kunna utnyttjas;

* systemet måste vara lätt att producera och hantera, installera och underhålla; man talade om en halverad installationstid jämfört med en koordinatväljarstation;

* kapaciteten skulle räcka för 40 000 abonnenter, och det fanns sifferspecifikationer för trafikbelastning och andra tekniska prestanda, typ tillförlitlighet.

Punkten om möjlighet till senare digitalisering var delvis influerad av att CIT-Alcatel först i världen infört digitala väljare. De var inte elektromekaniska, inte ens mini- eller tungreläer, utan de arbetade i ren halvledarelektronik. Inom L M Ericsson pågick dessutom arbete i denna riktning – i Australien.

Det här skulle innebära teknisk frihet. Den friheten var av nöden i ett mer konventionellt avseende, nämligen att kunna byta minnen och kretsar allteftersom elektroniken fortsatte sin utvecklingslavin. Att i detta tekniska modultänkande även öppna för generationsskiftet från analogt till digitalt var djärvare – och svårare.

En mer övergripande princip för kravspecifikationen var att enbart ställa krav. Hur dessa sedan uppfylldes, det var helt och hållet Ellemtels problem. Medan nästa version av system- och projektbeskrivning var på väg, fortsatte L M Ericsson att från marknadssynpunkt granska de allt mer detaljerade prestanda som kom fram. En grupp under Björn Svedberg arbetade sig systematiskt igenom olika delar av de föreslagna planerna. I en värderande rapport belystes ett antal problem. Mycket av kritiken var det ganska lätt att ta hänsyn till direkt. Men det fanns några större problem. Kostnaderna för smärre stationer såg ut att bli för höga, tillförlitligheten tycktes bli för dålig. Och framförallt nådde kapaciteten inte de 40 000 abonnenter som specificerats, bara 80 procent av den siffran.

När projektet till slut, i mer bearbetat skick, presenteras för Televerket och L M Ericsson framgår det klart att det rör sig om ett helt nytt system. Erfarenheterna från AKE och A 210 liksom från konkurrenterna har förvisso gått in i konstruktionen – men det här är verkligen att starta om från början. Nya processorer, ny programvara, ny teknik i produktionen. Prislappen räknar B-G Magnusson fram till ungefär 600 manår och 250 miljoner kronor, då en mycket större summa än idag. Värst är det kanske, främst

för L M Ericsson, att projektlanen slutar med ett färdigt system först i april 1977. Och nu var det fortfarande 1972.

Första halvåret 1972 måste L M Ericsson – ångestfyllt – bestämma sig för att låta Ellemtel gå vidare med AXE-systemet. Det är ett beslut som skulle komma att ifrågasättas, i sina detaljer men också i sin helhet, under det följande året – något som återspeglar hur svårt valet i själva verket var. Ty det är hela fem år fram till 1977. På tre år, 1967–70, hade L M Ericsson lanserat två telefonstationssystem, AKE 12 och 13, för två olika tillämpningar, lokal- och transitstationer. Dessutom hade man fört fram datorstyrda koordinatväljarstationer ARE. De närmaste två åren har konkurrenterna aviserat en uppsjö av system med datorstyrning. Siemens och ITT har också ett helt sortiment av mer eller mindre olika telefonstationslösningar.

Den som hade att fatta det svåra beslutet var Hans Sund, chef för telefonstationsavdelningen hos L M Ericsson. Han satsade sin egen och företagets framtid på AXE. Han kapade ett år på projektplanen. 1977 duger inte, för 1976 fyller ju L M Ericsson hundra år! Magnusson får räkna om, kontrollräkna, ändra förutsättningarna för att se vad som är kritiskt. Slutresultatet blir fem års projekttid och nästan en miljon mantimmar. Då har B-G Magnusson verkligen försökt pressa tiden, han vet att det är bråttom. Sund kapar nu prislappen, manårsbehovet.

I bilden ingår att systemutformningen nu nått mer än halvvägs. Men det återstår ännu en bit. Innan konstruktionen blivit riktigt färdig går man i gång med att konstruera maskinvaran, som dock skall få fart först 1974 då bara föga systemutveckling återstår. Programmeringen skall starta först i slutet av 1974 men accelerera brant 1975–76.

Det har blivit allt mer accepterat att utvecklingsprojekt kan och bör ha höga och djärva mål, med konventionellt tänkande till och med omöjliga. Mål som i allmänhet handlar just om tid och pengar, ofta också om att få ner antalet ingående delar i en knstruktion. I AXE-projektet var man ovanligt tidigt ute med metoden och utan någon uttalad filosofi bakom. Men det fungerade, åtminstone vad det gäller genvägarna. Och i projektplanen blev det till slut påökt till 780 000 mantimmar.

Vilka djärva nya vägar kunde B-G Magnusson hitta för att klara Hans Sunds omöjliga krav? Ett exempel är virtekniken. L M Ericsson hade en mycket fiffig och avancerad teknik för att göra förbindningar i telefonstationer. Det var kontakttrådar som avisolerades i samma moment som själva lödningen – rationellt och bra.

Rationellt och bra i löpande produktion, ja. Men inte för en verksamhet där man måste klara att göra ändringar snabbt.

Verkstäderna krävde nämligen flera månader för att få igenom en ändring, och de månaderna hade ju Magnusson just blivit av med.

I slutet av 60-talet hade amerikanska AT&T lanserat en ny förbindningsteknik, som till att börja med hade sina problem, men som visat sig kunna automatiseras – och som tillät ändringar uppåt tio gånger snabbare. Den heter virtekniken därför att man virar förbindningstråden runt det lilla metallstift där det skall bli kontakt. Friktionen vid virningen smälter samman tråd och stift.

Med virning kunde konstruktören göra konstruktionsändringar själv. När AXE skulle ut i industriell produktion blev datorstyrda virmaskiner ett trumfkort. – Att vi gick över till virning var en avgörande faktor för att gå i mål med AXE i tid, menar flera av deltagarna i projektet.

I tid och i tid. Visst fanns det samtalsuppkopplingar att demonstrera från Södertälje under jubileet våren 1976 och en hel telestation att visa upp i Södertälje i slutet av samma år. Men egentligen gick projektet i mål en månad före den tidpunkt som Magnusson räknat fram i sin första skiss, nämligen 1 mars 1977, då Södertäljestationen slutligt togs i drift. Då var mantidsmätaren uppe i 1 400 000 timmar. Det stämde på det hela taget förbluffande bra med den ursprungliga skissen.

AXEs teknik

Att programvaru-artisteriet stod högt i kurs berodde delvis på att elektroniken, de integrerade kretsarna, inte minst minnena, ännu var så dyr och begränsad till sin kapacitet. Det var en konst att programmera med så få instruktioner som möjligt, allra mest kompakt om alla programinstruktioner hängde ihop i ett enda stort program. Det gällde att undvika onödigt dubbelarbete eller överlappning i datorn. En standardisering till moduler skulle däremot innebära just "onödiga" instruktioner, att kapacitet togs i anspråk som man var van vid att det rådde brist på. Man kan säga att modulerna kräver en mängd formulär som alltid följer med dem.

De existerande programmen brukar omväxlande kallas "ler och långhalm" och "spaghettiprogramvara". Allt hängde samman med allt annat, och det på ett alldeles oöverskådligt sätt – ler och långhalm. Allt var ett enda stort nystan – kokt spaghetti. Vi har sett hur fel dök upp där det inte vara några fel, därför att osynliga fel någon helt annanstans blev synliga när de fortplantat sig via leran och långhalmen.

Programvaran arbetar med något, nämligen data. Det är dessa som den knådar och bearbetar. Det finns olika slags data, sådana som används under en längre period, som när man ändrar samtalsavgiften, och sådana som har kortare varaktighet, som de som rör uppkopplingen av ett visst telefonsamtal.

Hemdal kombinerade nu Ivar Jacobsons tankegångar med sina

egna och band specifika data till specifika program. Det skedde i enheter som stod på egna ben därför att de representerade distinkta funktioner – funktionsblock. De skulle vara helt isolerade från varandra. Bara legitima signaler fick komma in i ett block, och det gick inte att koppla ihop dem på spaghettivis. Funktionsblocken innebar att en treenighet av data, program och även i vissa fall maskinvara fördes samman i självständiga moduler. Endast ett speciellt program, en programmodul, fick bearbeta vissa data, en datamodul. I övrigt var det vattentäta skott. På så vis skulle man hindra att när man drog i en spaghetti – numera korta makaronistumpar – så rörde sig hela nystanet.

För att reglera och styra vad som hände, utnyttjades ett signalsystem. Alla funktionsblock har samma attityd utåt: blocket kräver rätt slags signaler för att bli tillgängligt. Programmerarna fick finna sig i en bestämd struktur, som i sig framtvingade disciplin och skapade en helt annan säkerhet och tillförlitlighet. För att ytterligare strama upp systemet och göra det möjligt att ha en fast referenspunkt skapade Göran Hemdal något som var en förutsättning för att signaleringen mellan blocken skulle fungera, nämligen ett referensminne, som tjänar som innehållsförteckning och vägvisare fram till funktionsblocken.

En funktion kan till exempel vara att identifiera om den som ringer gör det med en fingerskiva eller en knappsats. Sedan är nästa funktion att avläsa siffrorna som kommer in. Eftersom man bara kan adressera ett block åt gången, går det lätt att identifiera eventuella fel. Blocken behöver heller inte jobba i takt med varandra.

Idén om funktionsblock i modulform representerar på sitt sätt ett dubbelt grepp: de tekniskt betingade funktionsblocken svarade ofta mot funktioner för kunden. De innebar att kunderna kunde lägga till och dra ifrån på ett flexiblet och öppet sätt.

"Moduler" och "modularisering" blev mycket riktigt slagorden för att beskriva AXE. I dag beskriver många tillverkare av telestationer sina system med samma nyckelord. Principerna om flexibilitet och moduler kan dock tillämpas på olika sätt.

För datorstyrningen fick Ellemtel utveckla en egen processor. Den blev den första i en hel serie, APZ 21-familjen. Dess uppgift är uppenbarligen att styra ett system med AXE:s mycket specifika egenskaper, att stödja just den modulära strukturen i programblock.

AXE-systemet skilde på telefonidel APT och styrdel APZ, och på regional- och centralprocessor i telefonidelen. Poängen är att det i en telestation finns mycket olikartade arbetsuppgifter. Vissa är av rutinkaraktär och utförs mycket ofta. Andra är exklusiva och komplexa och blir aktuella bara sällan. En "regional" uppgift som en enkel processor kan utföra är att ta reda på om en abonnent

lyft på telefonluren. En telefonstation går nämligen oupphörligt igenom alla "sina" abonnenter för att se om någon försöker ringa. Vi abonnenter märker inte fördröjningen till nästa sådan kontroll eftersom våra telefoner på så vis "får besök" tio gånger varje sekund.

I A 210 hade man börjat försöka lämna det tunga programmerandet i maskinkod, som innebär att man tvingas att för datorn ange hur data skall skyfflas eller program användas via långa oöverskådliga sifferserier, eller via andra metoder som ligger nära detaljbeskrivningen av datorns inre. Detsamma hade Hemdal gjort på L M Ericsson, och han hade fått fram ett särskilt programmeringsspråk Eriplex för telefoni. Han fullbordade nu denna idé genom att utveckla ett eget högnivåspråk för programmering av AXE, Plex. Programmen skrevs om logiskt och mycket överskådligare. Samtidigt som Hemdal tog fram Plex, sade man på Bell Labs att det var omöjligt att använda högnivåspråk för att programmera telefonstationer!

Med högnivåspråk går själva programmeringen tre gånger raskare än tidigare. En trefaldig ökning i produktiviteten, vem drömmer inte om det! Det har beräknats att Plex sparat 700 miljoner kronor, plus tid, räknat i snabbare projekt. I gengäld krävs en översättningsmaskin som talar om för datorn vad programmet egentligen betyder.

Det låg en speciell vits i att begränsa de kostnader som dagens och framtidens programarbete innebar – all maskinvara skulle ju bara bli billigare, dess kostnad snart kanske försumbar jämfört med just programkostnaderna.

Framtidsprognoserna för informationstekniken gjorde det självklart att man måste kunna byta till ny teknik. Och det var snart dags att gå från elektromekanik till elektronik i väljarna. L M Ericsson satsade ännu på kodväljaren i AKE. Men varför binda sig till reedreläer eller någon annan sådan teknik som till äventyrs bara var ett övergångsstadium till någon typ av halvledarelektronik? Gick det kanske rentav att göra tekniken så flexibel att den tillät även sådana generationsväxlingar?

Den övergripande ambitionen blev att AXE skulle vara neutralt inför framtida val av väljartyp. Vilken som helst väljare skulle kunna användas – det var flexibilitet det. Och det, i sin tur, skulle innebära öppenhet också för digital teknik.

Kurt Katzeff hade på L M Ericsson tidigare tagit initiativ till att utreda vad kostnaden skulle bli för att separera två enheter i telefonstationen, gruppväljaren och abonnentsteget, genom att införa separat strömmatning för de båda. Om man som förr hade gemensam strömmatning skulle det krävas stora konstruktions- och programbyten för att senare särа på dem och till exempel digitalisera bara den ena.

Det låter kanske inte så betydelsedigert. Kostnaden visade sig bli en tia extra per abonnent, och det var det värt, tyckte Ellemtels båda mödrar. Då fanns nämligen friheten, flexibiliteten, att i en framtid byta till digital väljare.

Från mitten av 70-talet inträffade förbluffande snabbt ett skred bland kunderna. Plötsligt tog marknaden för de tidigare dominerande analoga gruppväljarna bara slut – alla kunder ville i stället ha digitala.

Med AXE befnn sig L M Ericsson bland pionjärerna. Andra fick skrota sina system och börja om. Katzeffs utredning om strömmatningen – som inte varit inriktad mot AXE – och det beslut som följde gjorde även här AXE framtidssäkert.

Vi har några gånger berört olika ansatser till att ställa anloga system, dvs de traditionella, mot de nya digitala systemen, och att ställa rumsuppdelade signaler – också de traditionella – mot tidsuppdelade. AXE kom fram ur L M Ericssons och Televerkets erfarenheter från olika försök att fullfölja än den ena, än den andra av dessa linjer. I stället för att välja en enda lösning och renodla den, eller i stället för att göra en tidsbunden och olycklig kompromiss, lade man återigen ribban högre. Målet blev ett system som fullt ut skulle tillåta olika typer av system.

Digitaliseringen av teletekniken har ett särskilt drag av modernitet. Datorerna var i början ibland digitala, ibland analoga, innan digitaltekniken vann. Att tlefonin skulle bli digital – någon gång i en framtid – sågs delvis som en analogi till datateknikens omsvängning, och därmed hela elektronikens.

Från början var det för de flesta naturligast att tänka analogt, i kontinuerliga signaler med en direkt motsvarighet i den vanliga fysikaliska verkligheten, antingen det gällde till exempel ljusstyrka eller – som i telefonin – ljudnivå. Med datorerna utvecklades det en ny klan i den folkstam som heter tekniker, klanen digitaltekniker.

I ett digitalt system omvandlas alltså de direkta, analoga signaler som vi intuitivt har lätt att uppfatta och förstå till kodade signaler, till ett digitalt och indirekt språk. Det krävs omvandlare i bägge riktningar. I CD-spelaren där hemma är ljudsignalen från början kodad till nollor och ettor. Den måste så småningom bli analog, via ett omvandlingssteg.

Finessen är att kodningen sparar kommunikationsutrymme, och signalen blir mindre störningskänslig och lättare att kontrollera vad gäller överföringens kvalitet. Man kan säga att en dator eller en elektronikkrets gör en matematisk bearbetning av signalen som får till nettoresultat att det blir mindre signal att vidarebefordra. Sedan krävs motsvarande "baklänges" bearbetning vid mottagningen för att återfå signalen.

En annan fördel är att den digitala tekniken ger större frihet.

Den digitala gruppväljaren är ett bra exempel på detta. Med den digital finns det inte något tekniskt eller ekonomiskt skäl, inget tvång, till att ha den på samma plats som abonnentsteget. Abonnentsteget kan då decentraliseras, brytas ut och placeras närmare abonnenterna. Detta, i sin tur, har ibland stora ekonomiska fördelar, inte minst i u-länder med en svag eller ojämn infrastruktur. Att behovet av kabel reduceras kraftigt gör inte det hela sämre. Det förbilligar hela nätet – hela telesystemet. Olika delar, olika delsystem i det som förr var sammanhållna telestationer kan nu placeras ut mer fritt.

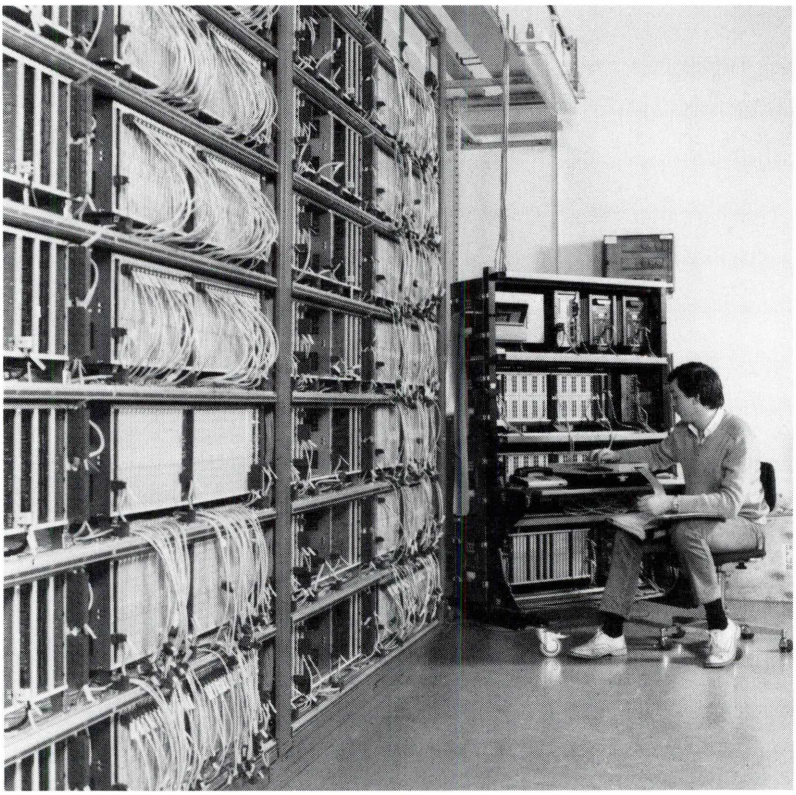
Tidigare, när systemet var helt analogt, var det från början givet vilka kablar och ledningar som krävdes för att bära samtal och annan kommunikation. Det gick att räkna ut, en gång för alla, på basen av antalet abonnenter och deras telefonibehov. Telestationen blev på så sätt en utrustning som i både ekonomiska och tekniska beräkningar behandlades separat och helt för sig – kablarna och nätet för sig.

Därmed kunde teleföretag specialisera sig på någon del av utrustningen. De företag som, likt L M Ericsson, täckte hela sortimentet, hade en klar och tydlig bodelning mellan telefonstationer, kablar, trensmission, radio etc. Det syntes på organisationsschemet. Den bodelningen speglades i en motsvarande uppdelning i olika funktioner och organisatoriska enheter hos kunderna, alltså världens televerk.

Poängen är inte att den digitala telefonstations- och signaltekniken i sig är så mycket billigare än den analoga. Utan poängen är att *hela nätet*, inklusive telefonstationerna, kan avvägas på ett nytt sätt, och på så vis kan man göra vinster genom att se detta som en ny, sammanhängande helhet. Och det var sannerligen inga små vinster som fanns att hämta hem: mellan 20 och 25 procent. Vinsterna ligger kanske främst i besparingar i nätförbindelserna, medan utlokaliserade enheter som abonnentsteg törhända kostar litet grand mer. Även när det gäller andra faktorer förskjuts vad som är praktiskt och ekonomiskt. Utflyttade abonnentsteg gör till exempel att en enda telefonstation med fördel kan täcka ett större område.

I sammanfattning kan alltså AXE:s modularitet beskrivas i flera dimensioner. Modulariteten är teknisk, kostnads- och kapacitetsmässig, och den är funktionell. Det funktionella, det är vad kravspecifikationen siktade mot, att tillgodose mycket varierade marknadsbehov. Samtidigt var det en funktionalitet internt i systemet, det gick för konstruktörer och programmerare att hålla isär och isolera olika enheter.

Den tekniska modulariteten siktade på öppenhet för framtida ny teknik. Men då inte bara öppenhet för framstegen inom den



4. Testning av AXE-station, 1980-talet. L M Ericssons fotoarkiv.

revolutionära mikroelektroniken, utan också en mer radikal frihet att ta steget från analog teknik till digital, från rumsuppdelad till tidsuppdelad signal. Kostnadsmässigt, till slut, låg flexibiliteten i att anpassa stationen till mycket olika trafikförhållanden, abonnentantal, etc.

Parallellt med att telefonsystemets arkitektur – dator- och telefonidelarnas strukturer – tog form, utvecklades dessutom ett mekaniskt byggsätt för AXE, en genomtänkt metod att foga samman de olika komponenterna. Poängen var att kunna utnyttja de nya fördelarna med elektronik och miniatyrisering. Ett viktigt krav var att byggsättet måste passa systemet överallt och under hela den tid det skulle fungera, inte bara till exempel i produktionen isolerat.

En fördel med halvledare är att de kräver så mycket mindre energi. Därmed blir kraven på kylning mindre, men bara med rätt byggsätt. Det här var i sig en stor nyhet för LM Ericssons kunder och alltså för Televerket, men naturligtvis kom konkurrenterna att ta till sig dessa fördelar de också, så småningom.

Resultatet blev även här, för det mekaniska byggsättet, ett modulsystem. Ett system som gjorde att enskilda moduler kunde kopplas in i stativ, ett slags bokhylleliknande ramar. Modulerna var ungefär som böcker som placerades in. Med standardiserad mekanik kunde detaljerna tillverkas i stora serier, med god precision och pressade kostnader.

Modulerna motsvarade det principiella schemats moduler. Och program kunde provas i de rätta maskinmodulerna, precis de som programmen sedan skulle fungera i, ute i verkligheten. Kablarna, de elektriska förbindningarna, ingår inte i den fasta mekaniken, ingick inte i bokhyllorna. De pluggades in mellan de enheter som skulle förbindas – flexibilitet blev resultatet. Alla sådana förbindningar satte på framsidan.

När AXE skulle levereras, ofta under stark tidspress, var denna idé en nyckelfaktor. Rackar kunde byggas i förväg, både hos L M Ericsson och hos kunden. Det gick lätt att se till att mekaniken fungerade oklanderligt. Problemen, både funktionellt och när det gällde att passa tiden, gällde elektroniken. Den måste testas, provas, köras in. Det skedde på hemmaplan, i ett stativ som var exakt likadant som det hos kunden. När utprovningen hemma var färdig skeppades elektroniken i väg till kunden, och där pluggades den omedelbart in och började fungera, som det gjort redan i Stockholm.

Projektet startar – åter till tidtabellen

I september 1972 har projektet alltså inte bara startat utan även kommit så långt som till instruktionslista för centralenheten i regionalprocessorn. Det finns en registerstruktur och en fysisk uppställningsplan. Under hösten diskuteras hur man utifrån skall kunna umgås med systemet, det som kallas input-output eller in- och utmatning. Frågor om hanteringskostnader för installation och dokumentation tas upp, liksom faktiskt en första tidsplan för utveckling av en digital gruppväljare. Den pekar mot en möjlig första installation i februari 1978...

I januari 1973 kan man konstatera att projektet ligger inom planens ramar, desamma som Hans Sund tvingat fram. Men då har man fördelat en del av den reserv som fanns från början. Under våren gör L M Ericsson en genomgång av hur systemet klarar kraven, och B-G Magnusson vill få till stånd ett multiprocessorsystem för att höja kapaciteten. Men det blir nej, ty sådana system har L M Ericsson bränt sig ordentligt på när AKE 13 utrustats med hela åtta processorer i parallell.

Det blir ingen särskild processor för in- och utmatning, regionalprocessorerna får duga. Informellt rapporteras att kapaciteten och snabbheten hos centralprocessorn inte räcker. Snart skall detta komma att utlösa en nykonstruktion, som bland annat innebär

införande av två nya signalbegrepp. Denna dramatiska och krävande åtgärd syns heller inte särskilt mycket i protokollen.

I april finns det orostecken vad gäller tidsschemat. Nu har det skett en ny ökning av tidsåtgången jämfört med planerna, denna gång med 40 manår, vilket bland annat skylls på att hela femton nya funktioner tillkommit på moderföretagens önskemål. Vad värre är, det pekar mot tre månaders försening med slutdatum. En förseningssignal, och inte den sista, men något beslut om officiell senareläggning blir det inte.

I september 1973 kommer L M Ericssons kritiska genomgång av strukturen, något som framgår av protokollen. Tillförlitligheten duger inte, visar det sig. Och kapaciteten är för låg. Lösningen blir – så småningom – dubblerade regionalprocessorer och mer decentralisering. För att hinna med Södertälje – det är nu beslutat att den första installationen skall ske i denna stad – blir det ingen dubblering av regionalprocessorer där. Att beslutet att bara ge Södertälje "enkelmaskin" var kvalfyllt går inte att se i protokollen. Däremot går det att läsa att man i centralenheten mikroprogrammerar vägvalet genom gruppväljaren, dvs lägger in vissa delar av programmet fast, en gång för alla.

Året avslutas kring dessa problem, och med ett facit av cirka tusen projektrapporter. Det blir för dyrt med dubbla regionalprocessorer, lyder ett budskap. Men vi måste ha det, lyder ett annat. Nöden är uppfinningarnas moder, och så lyckas Alvar Ohlsson ersätta en rad reed-väljare med elektroniska vippor, vilket bl a minskar mängden trådförbindningar. En annan vinning är när Rolf Sahlgren – mannen bakom det mekaniska byggsättet – lyckas integrera väljarenheten till ett enda kort.

– Världens telesystem är så stort och varierat att det nog inte går att ta hänsyn till allt, menar C G Larsson. Samtalstätheten är slumpartad, abonnenterna beter sig olika. Det finns diverse mycket olikartade mekaniska utrustningar som överlever runt om i världen. Det var till exempel inte så lätt att känna till prestanda för all världens olika fingerskivor, så vi rådfrågade så många äldre gentlemän på Televerket och L M Ericsson som vi kunde hitta. Resultatet blev någon fiffig kompromiss.

Besök på L M Ericssons tidigare dotterbolag North Electric spelade en viktig roll: – Vi kom över för att lära oss virtekniken för elektriska förbindningar på kretskort. Det var ju den tekniken B-G tilltvingat sig för att spara rejält med tid. Nu måste vi dessutom få tag i maskiner för detta, berättar Ivar Sjöquist.

– Eftersom North hade en framstående datortänkare som hette Skaperda, så passade vi på besöka honom också. Faktum är att datorn i AXE i mycket stöder sig på Skaperdas idér. Den stora skillnaden mellan Skaperdas idé och våra var att han delade upp

styrsystem och processorsystem i självständiga moduler som gjorde allt själva och hade samma gräns utåt, kommunicerade på samma sätt. Skaperda sände in all information en enda väg och försåg information som skulle till olika delar av processorn med olika adresser så att allt hamnade rätt. Detta hade Skaperda utvecklat nästan in absurdum. Det fanns bara denna enda kommunikationsväg, och all information skulle vara fullständig och försedd med komplett adresslapp. Det var genialiskt, men problemet var att det tog mycket tid i datorn, alltför mycket tid.

– Vi fick våra order dels från chefen, B-G Magnusson, förstås, och det gällde ofta kretsteknik och det praktiska yttre, att det hela skulle passa in i det mekaniska byggsätt som tog form. Dels var det de olika kraven som formulerades på projektmötena. Hos Kjell Sörme på systemsektionen fanns det en grupp som granskade och analyserade vad som kom fram. De slog larm om det blev problem med till exempel kapaciteten. De kunde också ändra på avvägningar och kompromisser som gjorts tidigare och som kunde vrida snett på systemnivå.

Det är inte alltid det går att tillverka efter konstruktörers ritningar. L M Ericsson hade gjort om sin gamla kabelverkstad i Älvsjö till elektronikverkstad, och där tillverkades åtminstone ett första exemplar av allting för AXE, inte bara för Södertälje, den första AXE-stationen, utan också delar till några av de senare stationerna. När Älvsjö inte räckte till anlitade man andra. På så vis skulle man få underlag för korrektioner i ritningarna. Men det behövdes förbluffande sällan. Viktigare var kanske att den inbokade verkstadsresursen tvingade konstruktörer som aldrig ville sluta finslipa att ändå lämna ritningarna ifrån sig. Samtidigt läckte AXE-kunnande in i L M Ericsson via Älvsjö.

I Ellemtel-gänget var Sture Roos en av männen bakom den digitala väljaren, en av svenskarna, är det bäst att tillägga. Roos är känd som en friskus och som en högkreativ uppfinnare, på de mest skilda områden. I början av 70-talet kom han till Ellemtel. – Det var som att komma till ett stort familjeföretag, tycker han.

Arbetet med den nya väljaren, med start inom AXE-projektet 1974, leddes av Gunnar Bjurel, Bertil Bjurels son. Men det fanns andra televerk än det svenska som var pionjärer och kvalitetsinriktade. Därför hade L M Ericsson-bolaget i Australien, EPA, fått ansvaret för en hel del teknisk spjutspetsutveckling, sedan ungefär 1970 digitala gruppväljare. Ett skäl var marknadskontakten, ett annat att det fanns möjlighet att här rekrytera bra ingenjörer – en ständig bristresurs. L M Ericsson såg till att Sture Roos och Ellemtel fick del av de första australiska konstruktionerna.

Utvecklingen drevs ganska länge i skymundan. Ute i världen var det bara det då obetydliga CIT-Alcatel som hade lanserat digital

teknik i väljarna. Men så började ekonomiska siffror och tekniska fakta göra digitala gruppväljare intressanta, och då blev det dags både att granska EPA:s system närmare och att se hur långt Gunnar Bjurel, Sture Roos och de andra kommit.

EPA hade valt säkra två före osäkra fyra megabit per sekund i datahastighet. Den högre hastigheten krävde satsning på en ny elektronikgeneration, och förordades av Roos. Men Bengt-Gunnar Magnusson lutade åt att nöja sig med känd, etablerad teknik – han tog så många risker på annat håll i projektet.

Nu var det dags att ställa de båda lösningarna mot varandra. Sture Roos och Jens Persson fick åka ner till Australien och presentera vad de gjort av den konstruktion som hade sitt ursprung på den sydliga kontinenten. Det blev inget varmt välkommen till att börja med. Men australiensarna visade sig ha samma ingenjörsmässiga och prestigefria attityd som svenskarna. Problemen löstes snabbt ansikte mot ansikte.

Roos och Persson stannade i ett år, 1974–75. Australien fick behålla ansvaret för den digitala gruppväljaren. Som så ofta var det personer som måste stå för överföring av kunskaper och krav. Elektroniken, maskinvaran, konstruerades på så sätt främst i Australien, och en prototyp levererades därifrån till Ellemtel våren 1976. Gunnar Bjurel på hemmaplan på Ellemtel fick huvudansvaret för programvara och färdigkonstruktion, alltså för projektet i dess helhet.

– Egentligen hade vi en alldeles för svår, ja en omöjlig uppgift att lösa under det där korta året, säger Sture Roos. Och tillägger: – Det var det bästa året för mig som tekniker någonsin! Vi skulle rent fysiskt bygga två digitala gruppväljare att ta med oss hem till Sverige, alltså maskinvaruprototyperna. Det skulle vi göra fast grundkonceptet inte var riktigt färdigt. Det var omöjligt – men det gick.

En digital gruppväljare skulle faktiskt kunna få sitt eget interna styrsystem, medan en uppsättning koordinat-, kod- eller reläväljare inte alls kunde programmeras på samma sätt. – Fördelen med program jämfört med maskinvara är ju att de lätt kan ändras. Det är emellertid inte så aktuellt just i en gruppväljare, säger Roos. Därför kunde vi lägga ännu fler funktioner i maskinvaran och därmed avlasta styrprocessorn APZ och programvaran. Utan den avlastningen hade nog inte den digitala gruppväljaren blivit den succé som den faktiskt blev.

Genom hela AXE-projektet går inte bara diskussioner om processorer och deras kapacitet, nya generationsskiften och inteckningar i framtida teknik, utan också motsvarande dilemman för minnestekniken. Fjärran var sannerligen B-G Magnussons hålplåtar, och nu höll de kärnminnen som regerat i något decenni-

um på att få stryka på foten för halvledarminnen – ständigt dessa halvledare! Utvecklingstakten framgår av att man i dag talar om minnen på 64 Mbit, där M står för miljon. I början av AXE satsade man djärvt på – 1 kbit, där k står för kilo eller tusen. Skillnaden mellan början av 70-talet och början av 90-talet är alltså en faktor 64 000.

De första dagarna i januari 1974 kom till slut beslutet om senareläggning: 1 oktober 1976 är nytt datum för Södertälje-stationen. Systemet skall provstartas ett år innan. Nu har det kalkylerade antalet mantimmar för första gången gått genom taket i planen, än så länge med ungefär fem manår eller en knapp procent. Nu börjar också stödsystemen på allvar kunna presenteras. Och i februari efterlyses en separat plan för den digitala gruppväljaren, vars historia vi just skildrat.

I mars fattas beslut om en korrigerad plan, den tredje versionen (egentligen den andra versionen, ty ursprungsversionen har en gång finputsats). Antalet manår har ökats med ungefär tio procent. "Vi möts 1 oktober 1976 i Södertälje", gäller ännu.

Nu har AXE-systemet blivit så färdigt att en del nya idéer inte kan få plats i konstruktionen just nu. Det gäller att bli färdig, först och främst. En idébank inrättas, en liggare för idéer som skall stå på tillväxt.

I juni är det klart med en plan för den digitala gruppväljaren. Man kan redan notera en ökning med 20 manår mot den nya huvudplanen. Det beror på att man tidigare helt glömt bort ett oundgängligt moment, vidare på att APZ krävt mer jobb (den fick konstrueras om) och att det allmänna systemtekniska arbetet visat sig mer krävande. I bästa fall kan Södertälje gå i gång den 1 augusti 1976 – men man flaggar också för den 1 december. Dock – 1 oktober ligger ännu fast.

Hjälpsystemet till AXE skall programmeras på Univac, kommer man fram till, men senare skall man gå över till IBM. En diskussion om utveckling av elektroniska koncentratorer – delsystem i stora telefonstationer som också skulle kunna tänkas fungera självständigt – startar. Reed-väljarna börjar finna sin struktur.

I mitten av hösten 1974 har kraven på manår ånyo skjutit i höjden, nu med 82 i tillägg till siffran från i maj. Det beror till stor del på behovet av mer arbetsledning och stora krav på initialutbildning. Det är med andra ord det tidspressade projektet och ökningen av antalet projektarbetare som tar ut sin rätt.

Nu prövar man en i teorin mycket lovande rationalisering. Programmeringen av AXE:s programblock görs i högnivåspråket Plex, källkoden, i en vanlig stordator, via det stödsystem man utvecklat. Därefter skulle det i denna dator bara ta högst en kvart att översätta programmet till AXE, till målkoden, dvs APZ-språk,



5. AXE-station i Saudi-Arabien, 1980-talet. L M Ericssons fotoarkiv.

varefter det kunde föras över till styrdelen i systemprovanläggningen. På så vis skulle programmeraren inom en kvart kunna göra en effektiv programkontroll och upptäcka logiska fel och direkt gå tillbaka och rätta i källkoden – en fin genväg.

Knuten är översättningen till APZ, och arbetet med idén pågår till hösten 1975. Då visar det sig att tiden för översättningen, väntetiden, alls inte uppgått till en kvart utan snarare till flera timmar. Två miljoner kronor, och dags för papperskorgen… och återgång till en mindre elegant, mer tålamods- och tidskrävande men

etablerad metod, att markera fel, "lappa och laga" i målkoden under provningen. Sedan rättning i källkoden, ny översättning och provning – eventuellt med nya fel att rätta.

Vid utgången av 1974 är centralenhetens maskinvara provad liksom en stor del av mikroprogrammeringen i den. En första etapp av programmeringssystemet är färdig, liksom den första programvaran för APZ.

Under hela 1975 och nästan hela 1976 tror man på att Södertäljestationen kan gå i gång den 1 december 1976, ett nytt datum man kommer fram till i oktober 1974. Det är egentligen bara i mars 1975 som ett frågetecken rapporteras. Desto fler är varningstecknen när det gäller resursbudgeten i manår räknat. Senare, i december 1975, klagar man över rekryteringssvårigheter – och en ny ökning på 20 manår.

I början av året diskuteras multiprocessorsystem igen. Nu tar man upp frågan om datakraft för provning och diskuterar vart olika anläggningar skall ta vägen – när kan Åbo, en länge lovad leverans, tas i drift? När kan Åbo få sin digitala gruppväljare? Det finns en rad prototyper åtminstone på väg – hur skall de bäst disponeras?

I april 1975 föreslår Gunnar Bjurel en ny inriktning för den digitala gruppväljaren, som blir godkänd. Det är bl a den högre datahastigheten som Sture Roos lyckats övertyga australiensarna om. Man jobbar med att få i gång systemprovningen.

I juni framgår det att manårskraven växt med 20, som verkar vara en ofta återkommande modul, att jämföra med de 60 manår som arbetats upp sedan den förra avstämningen. En tillväxt under perioden på 33 procent, jämfört med planen... Den första digitala telefonstationen bestäms till Åbo och tidpunkten till december 1977.

Till i början av oktober har en omfattande och noggrann genomgång av behovet av arbetsinsatser och därmed av manår blivit klar. Resultatet är ett negativt utropstecken, eller snarare ett frågetecken. Medan man hunnit arbeta upp 60 manår efter senaste avstämning har behoven sedan dess ökat med 140!

Slutspurten

Men den noggranna oktobergenomgången blir en bra, realistisk bas, ty fyra månader senare uppgår det ökade behovet bara till åtta manår. Nu är det, i början av 1976, dags för ny version av planen, där de nya manårsbehoven tas in – med någon reserv. Den nya marginalen kommer dock att ha förbrukats strax före årets slut.

Först var det en gemensam arbetsgrupp, men sedan förra året har allt större skaror medarbetare kommit från L M Ericsson för att lära sig AXE inför överlämningen. Dessa inlån accelererar under första halven av 1976.

Höstrapporten 1975 gav även viktiga tekniska besked.

Kapaciteten tycks stabil, effektbehovet har gått ner men minnesbehovet tyvärr upp. Ett antal nya följdprojekt av AXE formulerades i slutet av 1975, och de projekten dras i gång 1976.

En första större svensk teknisk presentation våren 1976 planeras noga. L M Ericsson måste tona fram som leverantör. Inom parentes kan nämnas att det (föga onaturligt) väcker olust inom Ellemtel att företaget i utländska presentationer inte får nämnas och att tekniker från Ellemtel där måste bära beteckningen L M Ericsson. Omvänt har man på L M Ericsson svårt att utåt förklara hur man ställer sig till det hälftenägda bolaget, i varje fall innan AXE blivit succé. Dock i känslor är inget för protokoll!

I början av år 1976 är det aktuellt att placera den första digitala gruppväljaren i Italien. Från L M Ericsson informerar man så småningom om att i det italienska dotterbolaget Fatme har arbete börjat med en anpassning av den till italienska krav och behov. Nu finns en första centralenhet för Södertälje.

Diskussionen gäller nu i hög grad frågor, problem och rutiner kring överlämningen av systemet till L M Ericsson. Det krävs tydliga definitioner och ansvarsfördelningar. Samtidigt diskuteras åter flerprocessorsystem i en rapport, och ett minne på 4 kbit – fyra gånger större än det förra – är på gång. Det hoppas man mycket på, ty en sådan större kapacitet skulle innebära stora fördelar, inte minst kostnadsmässigt. En ny regionalprocessor är också under arbete.

I maj finns underlag för vardera en särskild plan för bl a 4 kbit minne, installationsprovning och provhjälpmedel. Från L M Ericsson berättar man hur man ser på övertagandet, och Televerket utser en kontaktman för *sitt* övertagande. Södertälje är nästan helt installerat. Provningen startar utan att ens centralprocessorerna är dubblerade – de kompletteras senare. Nya integrerade kretsar som skall hjälpa till att tala om när abonnenten lyfter på telefonluren är på väg. I juni fungerar alla olika systemdelar till Södertälje, var för sig.

I början av hösten 1976 finns det en plan för den digitala gruppväljare som skall till Åbo. Systemförvaltningen hos Televerket och L M Ericsson diskuteras men utan definitiva lösningar, så frågan blir bordlagd. Nu kommer ytterligare en ström av delplaner som följd av Södertälje- och Åbo-projekten. Bland nya och fortsatta utvecklingsprojekt nämns koncentrater, landsväxlar och multiprocessorsystem.

I september kommer också den definitiva och formella signalen: Södertäljestationen kan inte invigas den 1 december samma år. Den nya tidpunkten är inte klar, men det blir den en månad senare, då invigningen spikas till den 1 mars 1977, som det också blev. Södertälje kan dock gå i provdrift första veckan i december.

Nu pekar kapacitetsberäkningar, efter olika prov, mot 35 000 abonnenter. L M Ericssons representanter sätter upp bestämda miner: specifikationen är faktiskt på 40 000. Det finns också ett förslag till hur man skall utforma den digitala gruppväljaren. Men den kommer att kräva mer tid!

I december finns det fler nya förslag till tilläggsprojekt: digital koncentrator, utflyttat väljarsteg (som då inte behöver byggas ihop med telestationen längre), ny regionalprocessor, digitalt abonnentsteg, högre processorkapacitet hos APZ 210. Det är viktigare att vidga användningen än att förbättra det system vi har, hävdar man på L M Ericsson. Nu är kapaciteten uppe i 38 000. L M Ericssons talesmän höjer pekfinger; det står 40 000 i kravspecifikationen. Och: det finns nu färska resultat från driftprovet i Södertälje. Som gick bra.

Protokollen förtiger däremot något annat som också gick bra. Den 20 januari 1977 byter man all programvara i stationen, i ett enda svep. Utan problem! En dramatisk demonstration, särskilt för veteraner från Tumba, Storängen och Rotterdam.

Under våren 1977 invigs inte bara Södertäljestationen, utan mängder av följdprojekt diskuteras och många beställs. Det blir nu aktuellt att bygga en digital station i Sverige, men var och med vilka specifikationer? En helt digital AXE presenteras i skiss, och Ellemtel efterlyser kravspecifikationer. Televerket efterlyser för sin del något annat – en liten digital gruppväljare.

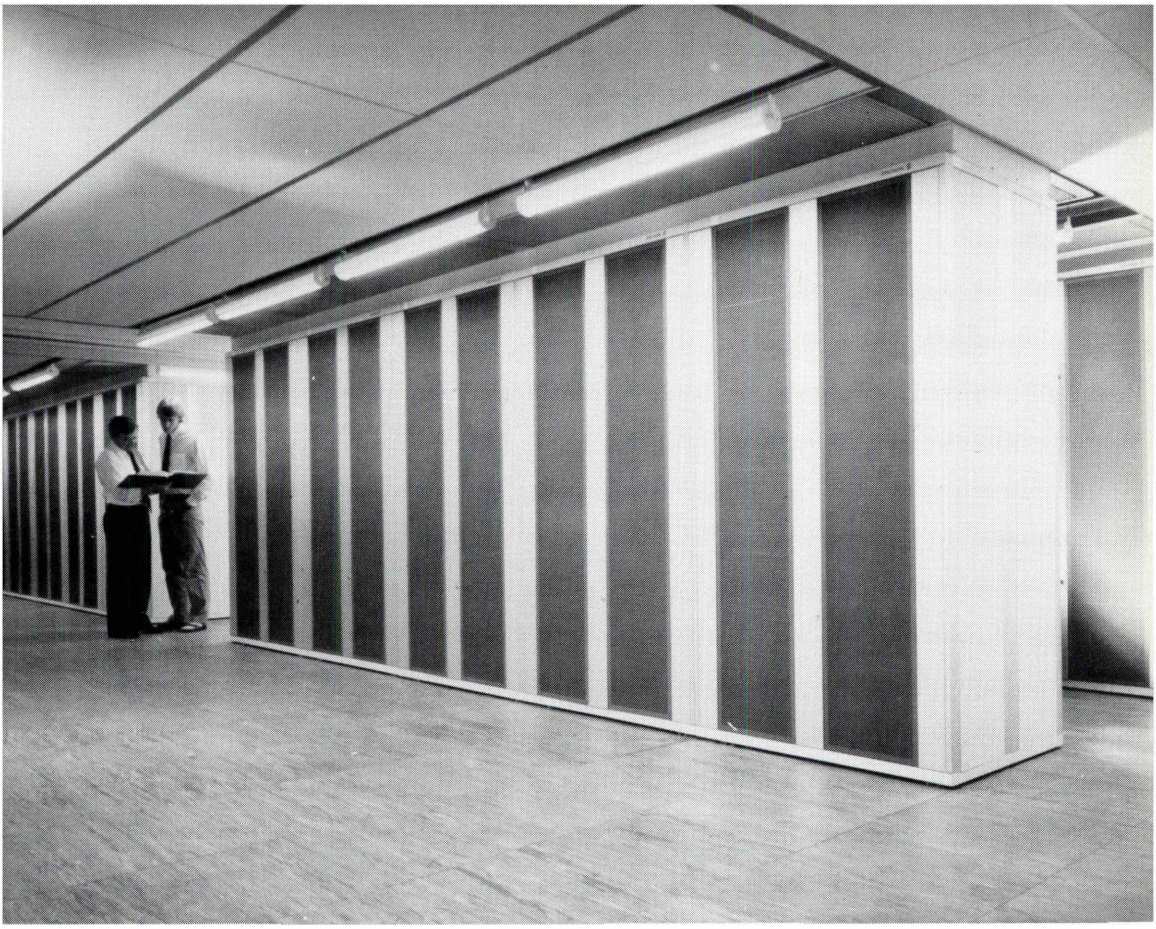
Året avslutas med frågor om en mini-APZ för små stationer, om strukturen hos koncentratorer, digitala abonnentsteg och komponenter för krigelektroniken. På våren får Åbo äntligen den första digitala gruppväljaren.

Att börja producera

Det tycks vara en omöjlig uppgift att gå över från elektromekanik till elektronik utan stora störningar och rena konvulsioner. För Facit blev det rena katastrofen. Kalkylatorerna blev helt annorlunda utformade, det hjälpte inte att vara världsbäst på mekanik. Hugin, Sweda, Tandberg, Luxor, Telefunken... För amerikanska NCR räknades det visserligen som ett framgångsprojekt när man klarade att gå över från elektromekaniska kassaapparater till elektroniska. Men då tvingades företaget att friställa mer än 10 000 anställda i en enda stad på ett enda år.

Jämfört med dessa upplevelser framstår etableringen av industriell produktion av AXE-systemet som rena mönstret. Hur kunde det gå så bra?

Nu var övergången visst inte smärtfri. Det förädlingsvärde som i traditionella koordinatväljarstationer låg på 70 procent sjönk till 51 procent, ett abstrakt sätt att säga att sysselsättningen flyttar över till tillverkarna av komponenter – deras andel av samma för-



6. Modern AXE-station, 1990-talet. L M Ericssons fotoarkiv.

ädlingsvärde ökade från 13 till 42 procent. 5000 jobb i produktionen gick förlorade på tre år. Men det berodde inte så mycket på övergången till AXE direkt som på luckan i order innan detta system sattes i produktion.

Det är svårt att få de ansvariga hos L M Ericsson att peka på några speciella orsaker till den trots allt mjuka och lyckade övergången. "Noggrann planering" är ett av svaren. Ett annat skäl är att Ellemtel lät alla ritningar passera en verkstad – L M Ericssons omgjorda tidigare kabelfabrik i Älvsjö. En tredje inslag är att överlämningen mellan Ellemtel och L M Ericsson var klar och tydlig och formaliserad.

Bland annat följande faktorer tycks ha haft stor betydelse:
- en stor order som skulle levereras snabbt: piska och morot
- krismedvetenhet: piska
- god planering
- svensk problemlösande anda
- utnyttjande och utveckling av existerande kompetens.

Kanske hjälpte det, paradoxalt nog, Ellemtel var ett separat företag. Det gjorde det rumsrent att tala om problemen att gå från en organisation till en annan, mer uttalat och välorganiserat än vid överföring inom ett och samma företag. Det formella, handskakningen, själva den nedtecknade proceduren, utvecklades medvetet.

I stor skala organiserades redan tidigt en systematisk arbetsrotation där ingenjörer från L M Ericsson arbetade på Ellemtel för att ta till sig AXE-systemet ordentligt. Många av nyckelpersonerna kom ju redan tidigare från L M Ericsson, och av dem som kommit från Televerket fullbordade några färden över till L M Ericsson.

Den stora ordern som drev på var till Saudi-Arabien. Visst hade tidiga order till Södertälje, Åbo, Australien och Frankrike varit viktiga, liksom Televerkets tidigarelagda beställningar. Men Saudi, det var eldprovet för hela organisationen, det var den order som kunde hjälpa företaget att överleva. Ty när Saudi-ordern togs, "århundradets teleaffär" till storleken, så var AXE ännu ett oprövat system. Faktum var att konkurrenterna spred illvilligt förtal om att det system L M Ericsson vunnit ordern med inte existerade och i varje fall inte kunde fungera.

Det var nog ett förtal i god tro. Vem kunde tro att L M Ericsson höll på att ta ledningen när det gällde elektroniska telestationer, ett företag som tycktes på väg att bli uträknat? Och konkurrenterna visste ju, av egen erfarenhet, att det L M Ericsson lovade var omöjligt att hålla. De hade väl erfarenhet av spaghettiprogram... Det betydde, omvänt, att om L M Ericsson verkligen lyckades, så skulle konkurrenterna stå där med sot i ansiktet och allt det de sagt skulle vändas till L M Ericssons fördel.

I offerten hade L M Ericsson lovat leverera inom 24 månader, redan det ett nytt rekord. De nya elektroniksystemen tillät ju en förkortad byggtid, det stod i den ursprungliga kravspecifikationen! Det var bara det att den leveranstid som man fick, som ett villkor för ordern, blev inte på 24 utan på 12 månader...

Men en fördel med att bygga digitalt var att elektroniken tog så mycket mindre plats och vägde så mycket mindre. Man hade råd att flyga över systemen i stället för att gå sjövägen. En annan fördel var att allt kunde provas på hemmaplan, i en likadan installation som kundens.

Efter en ungefär tre år djup konjunktursvacka, så djup, att teleföretag och förvaltningar sköt på sina investeringar, var den avgörande frågan hur L M Ericsson skulle klara sig när världsekonomin gick upp igen. Krismedvetandet fanns där, och det fanns bara ett sätt att överleva, att leverera Saudi-ordern i tid, och med framgång. Denna stämning av kniven på strupen hjälpte alldeles i bör-

jan, när det rådde en viss misstämning över att Ellemtel fått ta hand om det roliga: utvecklingsarbetet. Med full tidspress och praktiska problem var missmodet snart bortblåst.

De produktionsansvariga Sture Edsman och Stig Larsson lämnade ingenting åt slumpen. Allt planerades in i minsta detalj. Produktionens obetydligaste detaljer delades upp i ännu mindre. Projektledarna kartlade hur långt komponenter och delsystem kommit. Det som var någorlunda färdigt konstruerades och gjordes klart för produktion först. Planeringen av "industrialiseringen" innebar till slut 85 olika delprojekt. Larssons lag utvecklade en metod för att sätta ihop telestationerna automatiskt. Kundspecifikationer blev till styrprogram för att ta fram program- och maskinvara.

– Vi tänkte först byta till en ny generation arbetskraft, säger Stig Larsson. Det bara måste ske ett generationsskifte, det var vad alla sa. Den nya tekniken krävde sådan fingerfärdighet att de som arbetat med elektromekanik inte klarade av den. Men vi prövade ändå först att utbilda vår gamla personal, och det visade sig gå utmärkt. Vi hade, på verkstadsgolvet och bland teknikerna, en fond av både djup och tillräckligt allsidig kompetens för att det skulle gå fint att byta teknik. Utan att byta personal.

Ändå var många över de femtio. Det var den åldersgrupp som brukade dömas ut som "en förlorad generation". På L M Ericsson fick varje arbetare i stället ungefär tre månaders utbildning i den nya tekniken. Det minskade förädlingsvärdet inom L M Ericsson gick dock inte att göra något åt. Fabrikerna krympte en del.

Detta att behålla de gamla fabrikerna stämde inte med vanliga synsätt från USA eller England. Där var slagordet "Lägg ner och bygg nytt!" och "Rekrytera nytt!" Edsman menade, av erfarenheten från AXE, att det tvärtom var mycket enkelt: vad som är bra för den gamla typen av produktion är också bra för den nya, elektroniska.

Mer än tidigare system konstruerades AXE för att vara enkelt att producera, det fanns med bland kraven. Däri låg också idén att varje arbetare skulle göra en större helhet, inte bara en liten detalj i ett oöverskådligt helt. Själva flödet på fabriksgolvet ger bättre överblick och en klarare bild av den enskilda arbetsinsatsens betydelse.

Edsman och Larsson fann att det gällde att övertyga linjecheferna, chefer för olika avsnitt i produktionssystemet, inte att de själva skulle göra allt jobbet eller rekrytera nya "mellanchefer". Som konsekvens blev projektledningen ytterst liten: fem personer. Då kunde den inget annat göra än sätta fart på andra. Ledningen undvek hårdstyrning, lämnade öppet för initiativ.

Med elektronik och med AXE:s moduler fanns underbara möj-

ligheter till helt skräddarsydda system – en frestelse inte utan risker. Om varje kund gick sin egen väg skulle det ändå kosta tid och pengar. Ty det förhindrade ju att man i programvaran drog nytta av "återbruk" av tidigare program, vilket skulle spara inte bara på tid och pengar, utan även öka tillförlitligheten och göra det lättare att byta erfarenheter. Göran Sundelöf som var ansvarig för programvaran ledde därför utvecklingen av det som fick namnet "källsystem". Man tog de huvudsakliga kraven från ett antal kunder och marknader och förde samman alla krav som var likartade. För detta knippe av krav utvecklades något som passade dem alla – ett källsystem, en viss kombination av funktionella moduler. För en annan grupp av kunder, återigen med sinsemellan likartade önskemål, blev det en annan utformning. Ett sådant system kunde sedan, "på marginalen", justeras efter de funktioner som en specifik kund önskade sig.

Och elektroniken går fort...

Och från ungefär 1982 gick det inte att sälja några analoga gruppväljare längre. Den första analoga AXE-gruppväljaren hade installerats 1977. Den första digitala kom i Åbo våren 1978. Fyra år senare var alltså scenväxlingen komplett.

Och en ny modul blev en ren superdator. Medan en mindre modul klarade de små systemen, de små telestationernas krav.

Och AXE-systemet blev nyckeln till Ericssons framgångar inom mobiltelefoni. "Å sjutton", tänkte Bengt-Gunnar Magnusson, när han hörde om den AXE-framgången, "inte tänkte vi nånsin på mobiltelefoni. Vi ville bara göra flexiblast tänkbara system!"

How AXE made a giant leap forward

Summary

The AXE telecommunications switching system was the first electronic switching system from the Ericsson Corporation to score major success. And what a success—it brought the company forward from the second to the first tier of global telecommunications companies.

An unusual feat it was also in the sense that the system was designed so as to allow for leapfrogging three generations of development—not in one go, but by allowing for smooth upgrading without any architectural redesign or compromise. This required, early on, the development of a new thought style, based neither upon the solid tradition of electromechanical systems, nor upon computers and their programming. It even required the founding of a new development company, jointly with Ericsson's equal partner in the venture, Swedish Telecom.

The trick was flexibility through modularization. As a principle, that may sound easy and straightforward enough, even obvious, but the compromises or the design choices have to be right. This is because flexibil-

ity in one direction means rigidity and commanding rules in some other, because different modules in combination require extra capacity and cost compared to a system or a sub-system custom designed for the purpose.

Apart from going electronic, the AXE system when developed 1970–77 was designed to allow for later digitization. No one could foresee the dramatically drastic switch from analogue systems to digital around 1980. This, in turn, meant that various modules of the switching system suddenly might be located at points of choice within the entire transission system, conceivably much closer to the subscribers, if that meant better economy and service. It did, and they were—with the modularity designed from the beginning.

The architecture is based upon functional blocks. These are isolated from each other, featuring an integrity that protects them from errors in other blocks. Signalling between them is governed by some of those rules that might be said to impede flexibility in one dimension, enlarging it in another. Each block is self-contained with regard to software, hardware, and data. Customer functions are also modularised, and capacity may be enlarged upon request, yet another dimension of modularity. And most obviously in the field of electronics: technology may change, the advantages of those changes continuously integrated into the basic structure.