

FLYGVAPNET

T-4  
Seger

# RADIOLÄNK- KOMPENDIUM



1	Förord
2	Översikt av försvarets fasta radiolänknät (FFRL)
3	Sekretessbestämmelser
4	Definitioner
5	dB-begrepp
6	Stråkbeteckningar
7	Planering av radiolänkstråk
8	Tillgänglighet
9	Systemvärde
10	CCITT Modulering multiplex
11	Bildöverföring
12	Antenner
13	Automatisk telefonväxel AKE 129
14	Kabelförbindelser med förstärkare
15	Kraftförsörjning
16	Linjaritets- och intermodulationsmätning
17	TDR-mätning
18	Underhåll
19	
20	

**FÖRSVARETS MATERIELVERK**  
**Flygmaterieförvaltningen**

**Fastställs**

**Stockholm den 29/1 1971**

*B Lundqvist/H Franzén*



Växjö 1971

---

Beställs från  
Försvarets Bok- och Blankettförråd,  
Fack, Sundbyberg 1

## Förord

*R. Forsberg*

Detta radiolänkkompendium utgörs av ett antal fristående artiklar om teknik i försvarets fasta radiolänknät.

Artiklarna är sammanställda och redigerade efter föredrag som hållits vid kurser i radiolänkteknik för flygvapnets personal.

Kompendiet är avsett att i fortsättningen tjäna som underlag för allmän radiolänkutbildning.

Det är en förhoppning att publikationen successivt skall kunna utvidgas och bearbetas. Bidrag och synpunkter emottas därför tacksamt till Flygmaterieförvaltningens radiolänksektion, Stockholm 80.

- 1) Vissa äldre radiolänkar och multiplexsystem under utgående har ej redovisats. Exempelvis:

RL-41: Pulstidmodulerat basband (Z) för 22 eller 60 talkanaler.

TM-3: Pulstidmodulerad MUX för 22 talkanaler.

TM-4: Pulstidmodulerad MUX för 60 talkanaler.

Full samkörningsmöjlighet med redovisat system via OK för talkanaler.  
I övrigt inga möjligheter.

TM-2: MUX är bärfrekvenstyp med ledningsgrupper för 4, 12 och 24 talkanaler.

Intern genomkopplingsgrupp i systemet för 4 kanaler (GK4).  
LG4 kan enbart ha trafik med sig själv men kan för överföringen använda basband M (med RL-22) även som RL-14S och RL-21B. Se not beträffande de två senare. TM-2 ledningsgrupper har ej full överensstämmelse beträffande piloter med normala LG12 och LG24 (TM-6, 16, 13 och 12) varför samtrafik skall undvikas.

- 2) Radiolänkutrustning RL-81 med basband S är avsedd för talkanalöverföring (normalt LG300 eller LG120) med dubbelriktat basband basband eller för videoöverföring med enkelriktat basband. Vid talkanalöverföring utnyttjas inte basbandet helt.
- 3) Utrustningarna RL-14B och RL-21C har egentligen ett basband som motsvarar Q. På vissa svåra förbindelser är dock bruset i övre delen av detta basband Q så högt att kvaliteten endast motsvarar basband P.
- 4) Diagonala linjer i OK-fältet indikerar att man använder ett basband med större bandbredd än vad ledningsgruppen motiverar.

I nödsituationer kan man i vissa fall även använda en smalare bandbredd än vad ledningsgruppen kräver. Härvid reduceras dock ledningsgruppens kapacitet och ibland måste vissa nivåkorrigeringar göras.

- 5) LG12 med frekvensläge 60–108 kHz kan inte använda basband P men dock Q. Vanligen används LG12 i frekvensläge 60–108 i samband med videoöverföring. Se not 8.
- 6) LG24 erhållna med TM-6, 16, 13 eller 12 kan samtrafikera i full omfattning.
- 7) LG12 erhållna med TM-6, 16, 13 eller 12 kan samtrafikera i full omfattning.
- 8) Video- och bäringsmux redovisas inte här i detalj. Från videomuxen erhålls förutom video även delen 60–300 kHz av basbandet S.

Denna del kan utnyttjas för överföring av LG60 motsvarande undre delen av LG120. Alternativt och vanligen används endast 60–108 kHz av basband S för överföring av LG12 (i frekvensläge 60–108 kHz).

### Trafikal utformning

För överföring av telefontrafik kan förbindelser i form av talkanaler uppkopplas enligt tre olika huvudalternativ redovisade nedan.

#### Exklusiva, stela förbindelser (operativa förbindelser)

Dessa förbindelser uppkopplas stelt mellan två befattningshavare i två skilda anläggningar och avses utnyttjas för en bestämd operativ funktion, exempelvis stridsledning. Utnyttjningsgraden för en sådan förbindelse blir som regel låg. Skadas förbindelsen under krigsförhållanden måste en ny förbindelse uppkopplas en annan väg, vilket tar lång tid och kräver förberedda reserver. Alternativt kan reserven stå ständigt uppkopplad.

Trots dessa påtagliga nackdelar, som är särskilt framträdande för långa avstånd (hög skaderisk och kostnad), är ändå denna förbindelsetyp motiverad där krav på snabb uppkoppling och frihet från spärrningsrisk ej tillåter användning av förmedlade uppkopplingar via växlar.

Det förväntas dock att ATL-nätet (beskrivs senare), som medger snabb automatisk uppkoppling över alternativa trafikvägar och prioritetmöjlighet, i framtiden skall kunna ersätta en stor del av de operativa förbindelserna.

#### Gemensamma stela förbindelser (vx-vx förbindelser)

Dessa förbindelser uppkopplas mellan de lokala telefonväxlarna i två skilda anläggningar. Genom förmedling i dessa växlar kan trafik överföras i princip över större avstånd och över alternativa vägar. Emellertid är de lokala växlarna som regel manuella och dessutom ofta tvåtrådiga. Manuell förmedling är, jämfört med automatisk, långsam och det är svårt för telefonisterna att överblicka framkomstmöjligheterna i rikt förgrenade nät om förmedling skall ske genom flera växlar. Den tvåtrådiga karaktären hos växlarna inför en extra dämpning av 7 dB vid varje mellanliggande transitförmedling. Växlarna i förbindelsens båda ändpunkter, där ändförmedling sker till tvåtrådiga abonnenter, inför dock inte någon extra dämpning. En normal förbindelse över radiolänk med tvåtrådig avslutning i ändarna har en restdämpning av 7 dB. Finns en tvåtrådig transitförmedling på vägen ökar restdämpningen till 14 dB. Två transitförmedlingar ger en restdämpning av 21 dB, vilket med bistråksförbindelser med relativt höga brusnivåer, kan ge en icke acceptabel kvalitet.

Med anledning av den tvåtrådiga förmedlingen och nackdelarna med manuell förmedling begränsas förmedlingskopplarna normalt till en transitförmedling. Trots att vx-vx förbindelserna bildar mer eller mindre sammanhängande nät över landet är således de trafikala möjligheterna begränsade.

Under senare år har lokala, manuella växlar med fyrtrådig förmedling tillkommit. Även förutses sådana med automatisk fyrtrådig förmedling. Det är sannolikt att man med dessa fyrtrådiga växlar i kombination med

radiolänk- och fyrtrådiga trådförbindelser kommer att arrangera (huvudsakligen manuella) förmedlingsnät i flera trafikala nivåer exempelvis:

- Högsta nivån för långdistanstrafik inom landet med fyrtrådig förmedling
- Mellannivån för långdistanstrafik inom en region med fyrtrådig förmedling
- Lägsta nivån för kortdistanstrafik inom en region med tvåtrådig förmedling

De tre nivåerna, som har samtrafik med varandra, utnyttjas på så sätt att ju längre avståndet är desto högre upp i nivå förmedlas samtalet. Ett sådant arrangemang kan avsevärt öka »räckvidden» för manuell förmedling, huvudsakligen sker detta genom minskning av antalet transitförmedlingar.

ATL betyder Automatisk förmedlingsfunktion för Telefontrafik inom försvarets fasta radiolänknät. Den består av automatiska telefonväxlar av fyrtrådig typ placerade i vissa knutstationer. Trunkförbindelser mellan växlarna och anordnade i huvudstråk bildar ett maskformigt nät. Abonnentförbindelser, i huvudsakligen bistråk, ansluter lokala växlar i militära anläggningar till knutstationsväxlarna.

Förbindelser ingående i ATL

Knutstationsväxlarna är programminnestyrda (datorstyrda) och erbjuder förutom snabb uppkoppling även automatiskt alternativvägsval över det maskformiga huvudstråksnätet, geografiskt obunden nummerserie, prioritetsmöjlighet för särskilt viktig trafik etc. Nätet tillåter trafik med god kvalitet för hela landet.

# Översikt av försvarets fasta radiolänknät (FFRL)

H. Franzén

## Bakgrund

Utbyggnaden av FFRL påbörjades i mitten av 1950-talet med huvudsyfte att detta nät skulle tjäna som reserv för krigsmaktens och vissa av totalförsvarets viktigare telefonförbindelser anordnade i televerkets nät. Nätet initierades ursprungligen av de reservförbindelsebehov som uppkom i början av 1950 för flygvapnets stridslednings- och luftbevakningsorganisation. När det klarlagts att nätet skulle få landsomfattande karaktär för att täcka dessa senare behov, beslöt ÖB att nätet tekniskt och strukturmässigt skulle ges sådan utformning att det skulle kunna utnyttjas av hela krigsmakten för viktigare förbindelser.

Det förtjänar vidare att nämnas, att valet av radiolänk som transmissionsmedel huvudsakligen betingades av ekonomiska skäl. Beräkningar visade att för utbyggnad av ett landsomfattande nät med relativt begränsad överföringskapacitet var radiolänk avsevärt billigare än kabel. Detta förhållande är rådande även idag.

Under de gångna åren har FFRL karaktär som reservnät successivt försvunnit. Idag utgör FFRL och televerkets nät de två huvudalternativ som står till krigsmaktens förfogande för överföring av telefontrafik. Utnyttjning av två av varandra oberoende system ger den höga uthållighet under krigsförhållanden som är önskvärd för det totala sambandssystemet.

I koncentrerad form har den generella målsättningen för försvarets fasta radiolänknät följande utseende:

## Målsättning

- 1) Erbjuder erforderlig trafikkapacitet för aktuella överföringssätt (telefon, fjärrskrift, data, bild etc) med hög trafikal flexibilitet och tillgänglighet under krigsförhållanden.
- 2) Rimlig insats i form av kostnader och underhåll under såväl krig som fred.

Punkt 1 ovan representerar önskvärda egenskaper hos nätet medan punkt 2 representerar det pris man får betala härför.

Med tillgänglighet (punkt 1 ovan) avses den del av totaltiden som en förbindelse är tillgänglig för trafik. Faktorer som huvudsakligen påverkar tillgängligheten för en enskild förbindelse mellan två punkter är:

- Systemets tekniska driftsäkerhet
- Underhållsinsats
- Krigsskador

Genom lämplig balans mellan teknisk utformning samt kvalitet hos i systemet ingående utrustningar och underhållsinsats kan en hög tillgänglighet erhållas för en rimlig total kostnad. Denna kostnad räknad per år består således av årlig avskrivning av utrustningskostnader samt årliga drift- och underhållskostnader.

Under krigsförhållanden är krigsskador den dominerande faktorn beträffande tillgängligheten. Hårdgöring av anläggningar ingående i nätet lönar sig endast till en viss gräns på grund av den med säkerhetsgraden snabbt ökande kostnaden.

För att på bästa sätt erhålla erforderlig funktionssäkerhet under ett krigsskede bör viktiga radiolänkstationer förläggas på avstånd från sannolika mål för fiendens skadegörelse. Dessutom bör nätet ges en maskformig struktur, vilket möjliggör alternativa trafikvägar. Den största flexibiliteten och dessutom hög verkningsgrad i utnyttjande av dessa alternativa trafikvägar erhålls av ett trafikalt system baserat på automatisk förmedling och alternativvägsval.

Ytterligare en viktig omständighet för ernående av hög funktionssäkerhet är reservkraftsutrustning i nätets stationer. Härigenom görs systemets funktion oberoende av skador i elnätet.

Nätets utformning kan sammanfattas i följande viktiga punkter, vilka starkt bidragit till målsättningens uppfyllande:

- Skyddat utförande av nätets stationer
- Förläggning av nätets stationer på avstånd från sannolika fiendliga mål
- Strömförsörjning oberoende av skador på elnätet
- Maskformig nätstruktur i största möjliga omfattning för möjliggörande av alternativa trafikvägar
- Trafikala system i största möjliga omfattning baserade på automatisk förmedling och alternativvägsval
- Teknisk utformning som medger hög överföringskvalitet och tillgänglighet samt låg underhållsinsats
- Tillgång till transportabla radiolänkutrustningar i reserv

## Geografisk struktur

Strukturmässigt är FFRL uppdelat i ett huvudstråksnät och ett bistråksnät.

**Huvudstråksnätet** har en sammanhängande och landsomfattande maskformig struktur. Maskornas skärningspunkter benämnes **knutstationer**.

Ett stråk mellan två knutstationer benämnes **huvudstråk**. Mellan de två knutstationerna kan finnas ett antal **huvudstråksrelästationer**. Se bild 1.

Bistråksnätet består av enskilda eller i mindre mask- eller stjärnformiga strukturer sammanhängande **bistråk**, som förbinder militära anläggningar (terminaler) med huvudstråksnätet och/eller de militära anläggningarna inbördes. I vissa fall ingår särskilda **bistråksrelästationer** eller utnyttjas en huvudstråksrelästation för detta ändamål. Se bild 1.



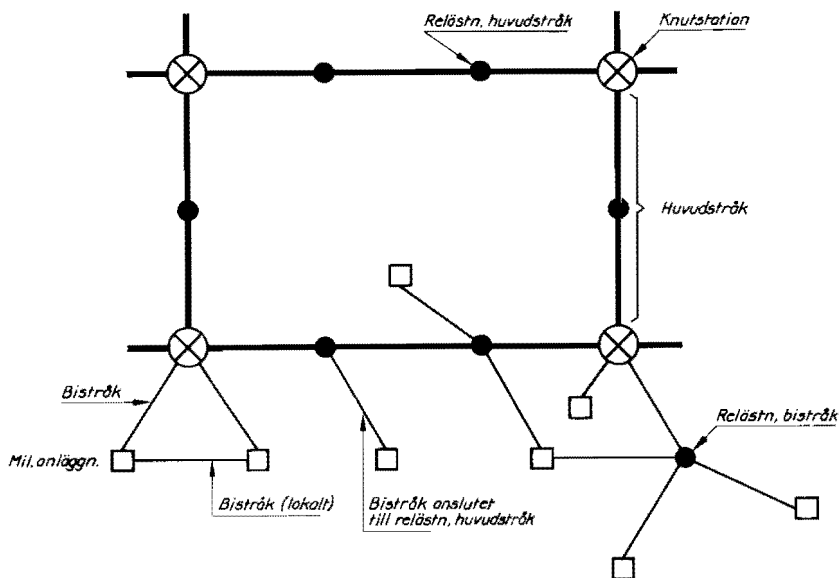


Bild 1

Huvud- och bistråkens transmissionsmässiga syfte är att prestera **basbandskanaler**, dvs mer eller mindre bredbandiga överföringskanaler lämpliga för överföring av ledningsgrupper av talkanaler, bildsignaler etc eller kombinationer därav. I knutstationer och även i vissa relästationer sker uppdelning och sammansättning av den i basbandet överförda ledningsgruppen till mindre grupper eller enskilda trafikkanaler för att möjliggöra en trafikal genomkoppling till andra stråk. I terminalen sker denna uppdelning och sammansättning ned till trafikkanaler, exempelvis talkanaler.

Transmissionsmässig utformning

Bild 2 visar ett huvudstråk mellan två knutstationer (via en relästation). Den på stråket befintliga radiolänkutrustningen (i detta fall typ RL-42C) presterar ett dubbelriktat basband U mellan knutstationerna. I relästationen är basbandet direkt genomkopplat. Basband U har överföringsbandbredden 60–1300 kHz, vilket är tillräckligt för överföring av en ledningsgrupp (LG 300) bestående av 300 talkanaler i olika frekvenslägen inom bandet 60–1300 kHz.

På knutstationerna finns multiplexutrustning (MUX) som ombesörjer denna frekvensmässiga sammanlagring eller uppdelning av flera talkanaler. MUX av denna typ kallas ofta bärfrekvensutrustning. Sammanlagringen sker successivt i flera steg. Vid knutstation A bildas först en grupp bestående av 12 talkanaler

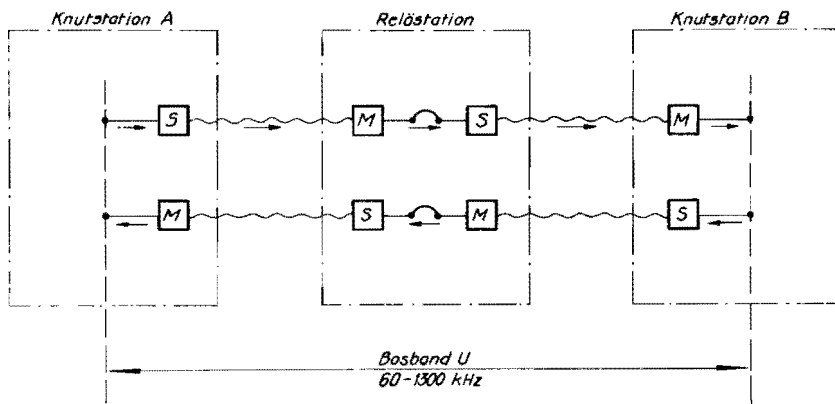


Bild 2

i frekvensläget 60–108 kHz. Se bild 3. Denna grupp är enbart avsedd för genomkoppling (inom multiplexutrustningen) och kallas därför GK12, dvs genomkopplingsgrupp för 12 kanaler. Av 5 sådana GK12 kan bildas GK60, dvs en genomkopplingsgrupp för 60 kanaler. Av 5 GK60 bildas sedan en LG300, dvs en ledningsgrupp av 300 talkanaler som frekvens-, impedans- och nivåmässigt är lämplig att överföra i ett basband (i detta fall basband U).

Efter överföring i basbandet till knutstation B sker uppdelning av ledningsgruppen LG300 successivt till GK60, GK12 och slutligen till talkanal.

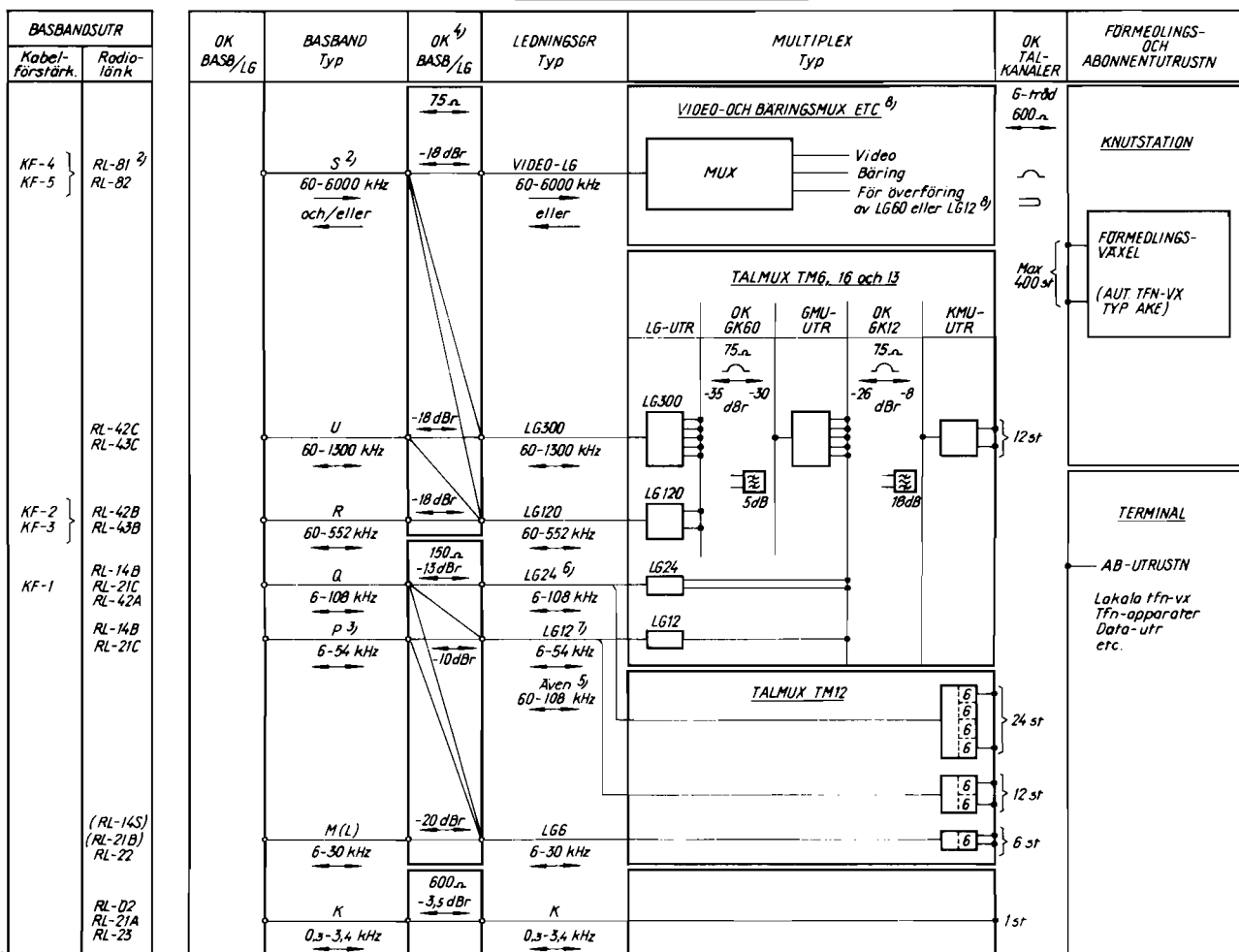
Riktningen B till A fungerar på samma sätt som A till B. Multiplexutrustningens olika modem för sammanlagring och uppdelning har normalt bägge dessa funktioner sammanbyggda i en och samma enhet.

På bild 3 redovisas en sammanställning av de basbands- och multiplexsystem som används i FFRL.

I en knutstation eller i en relästation där flera stråk sammanstrålar sker den trafikala hopkopplingen mellan stråken successivt på basis av GK60, GK12 och talkanaler (K) i OK GK60, OK GK12 eller OK för talkanaler enligt bild 3. Ju större grupp som kan användas, desto billigare blir genomkopplingen. Genomkoppling på talkanalsbasis är avsevärt dyrare än på 12- och 60-gruppsbasis.

Bild 3

TRANSMISSIONSSYSTEM FÖR FÖRSVARETS FASTA RADIOLÄNKNET



# Sekretessbestämmelser

A. Englund

De uppgifter som är av hemlig art inom radiolänkområdet är bl a följande:

- uppgifter angående en anläggnings läge
- anläggningens operativa funktion
- att ett visst B-nummer innebär en viss operativ uppgift
- frekvensuppgifter i förening med anläggningen och anläggningsnamnet
- stråkbeteckningar
- samtidigt användande av två olika kodbeteckningar för en anläggning
- trafikkapacitet i samband med anläggningsbeteckning
- anläggningens telefonnummer
- tillsynsmans telefonnummer i kombination med anläggningens
- anläggningens intressenter

Inte heller får två anläggningar ställas i relation till varandra. Man får till exempel inte tala om förbindelsen från B123 till B124 osv.

För vissa anläggningar gäller speciella sekretessföreskrifter. Uppgifter om dessa återfinns i "Bestämmelser GPL".

## Definitioner

R. Forsberg

Utdrag ur Transmissionstekniska riktlinjer för krigsmaktens telefonförbindelser, utgåva dec 1968.

Försvarsmaktens förbindelser är utförda både som tråd- och radiolänkförbindelser. Det kan därför tänkas att förbindelser som innehåller delförbindelser av både radiolänk och tråd blir uppkopplade. Detta måste dock ske efter vissa regler så att inte driftdämpningen blir för stor eller tjut uppstår. Risken för för stor restdämpning gäller speciellt för trådförbindelser.

En förbindelse är ett medel för dubbelriktad transmission t ex mellan två telefonapparater. På bild 1 visas enbart den ena ändapparaten. Förbindelsen består av en tur- och returkanal. En kanal är ett medel för enkelriktad transmission. En datakanal är således enkelriktad. Telefonförbindelsen är dubbelriktad. Se vidare bild 1 som innehåller viktiga begreppsdefinitioner.

Som komplettering till denna bild kan tilläggas att individuella ledningsbalanser kan användas när tvåtrådsidan är vänd mot telefonledningen. Då hör gaffeln till ledningen och man kan på det viset göra en balans som ger mycket bra obalansdämpning. En kompromissbalans har betydligt sämre egenskaper ifråga om obalansdämpning.

Begreppet restdämpning används ofta på telefonförbindelser. Härmed avses driftdämpningen från ändpunkt till ändpunkt, när ändapparaternas impedanser är 600 ohm och fasvinkeln är 0. Restdämpningen varierar med tiden på grund av åldringsfenomen i förstärkare, men variationerna måste givetvis hållas inom vissa gränser. I radiolänknätets multiplexutrustning hålls de nere med hjälp av automatisk nivåreglering. En sammansatt förbindelse påverkas av delförbindelsernas restdämpningsvariationer. Detta medför med hänsyn till den ackumulerade effekten bl a att fyrtrådsförbindelsen, som delförbindelse, inte kan ges restdämpningen 0 med mindre än att medelavvikelsen av denna delförbindelses restdämpningsvariationer ligger inom gränserna  $\pm 1,5$  dB.

**Restdämpning**

Genom överhörning och reflexioner i en telefonförbindelse uppstår eko. Eko inträffar när ett ljud som uppfattats av örat återkommer med så stor tidsskillnad, att två olika ljudintryck erhålls. Eko på telefonförbindelser har visat sig ha en störningseffekt som blir större ju större ekosignalen är i förhållande till den ursprungliga signalen, och ju större tidsskillnaden är mellan signalerna. På fyrtrådiga förbindelser över radiolänk är dock den störningseffekt som orsakas av tidsskillnaden försumbar.

**Eko**

Ekosignal bildas i den fyrtrådiga abonnentanknytningen genom akustisk återkoppling i fyrtrådsapparaten. En fyrtrådsapparat beräknas ha en ekodämpning av 16 dB, (bild 2). I den tvåtrådiga telefonapparaten bildas ekot inte bara på grund av akustisk återkoppling över mikrofonen och hörtelefon utan även på grund av reflexion i telefonapparaten. Här räknar man med 9 dB.

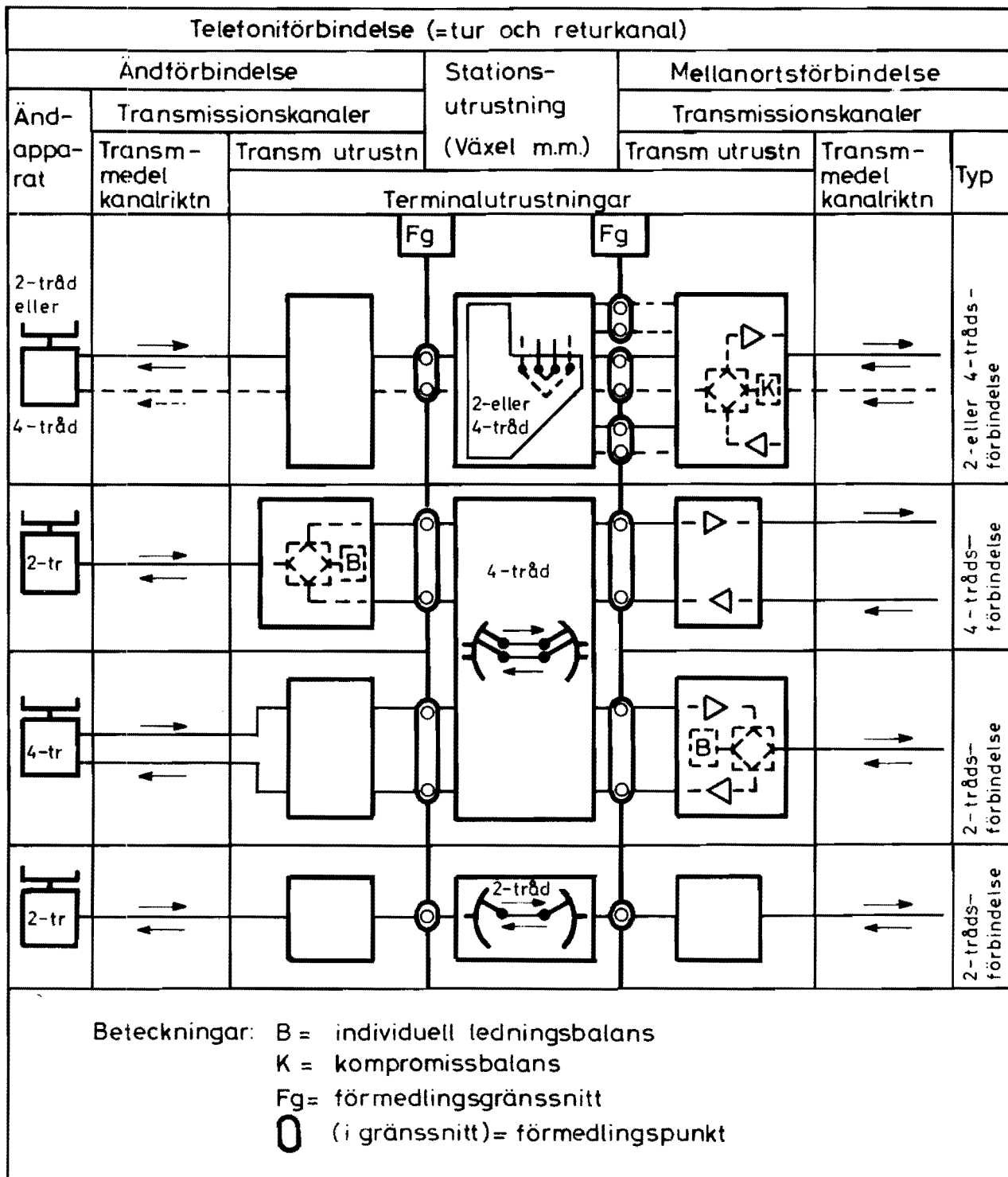


Bild 1

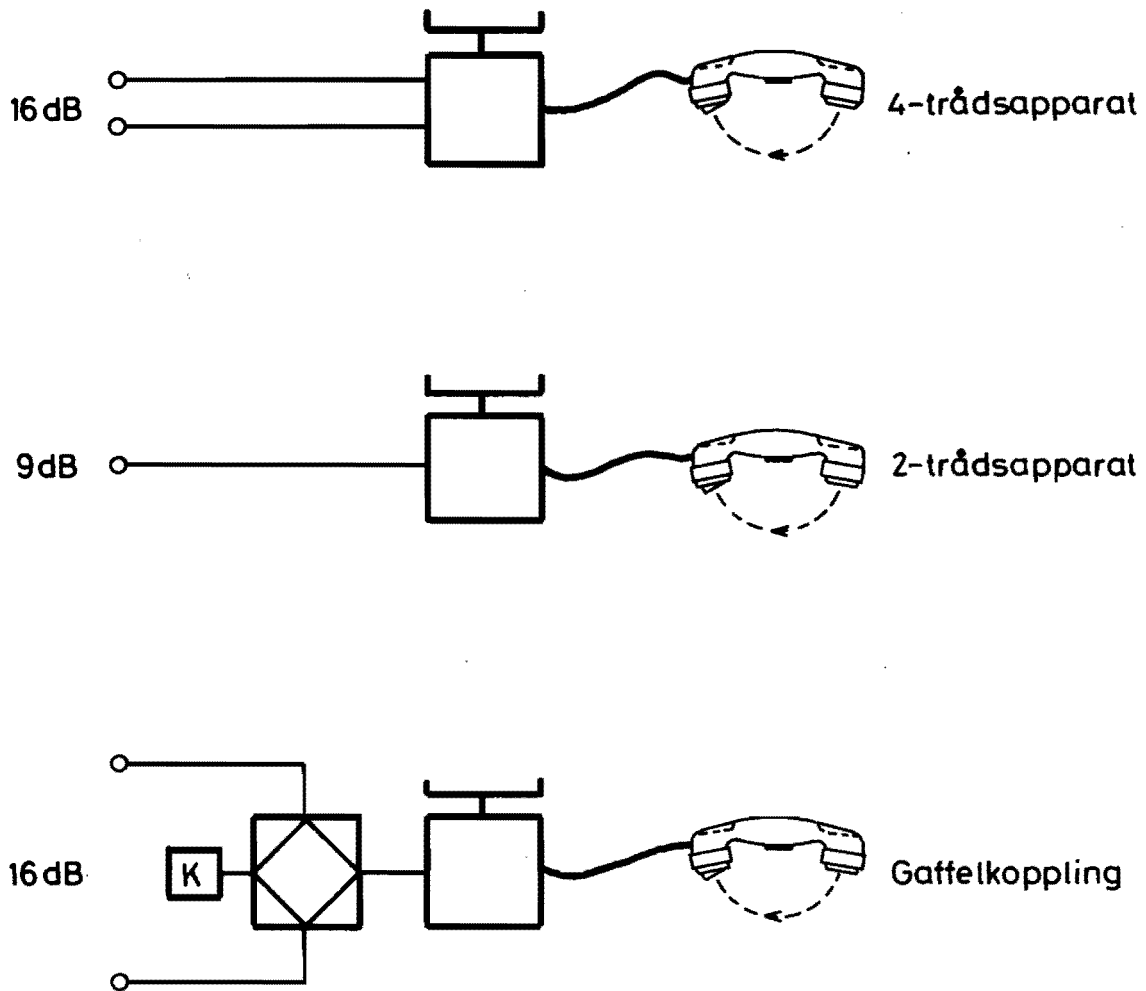


Bild 2

En gaffelkoppling, se bild 2, orsakar ekosignal dels i den tvåtrådiga anslutningen på grund av reflexion i anslutningspunkten, dels i den fyrtrådiga anslutningen på grund av obalans i gaffelkopplingen. I en sådan koppling räknar man med 16 dB om man har en kompromissbalans.

## Ekodämpning

Ekodämpning definieras som driftdämpningen mellan de båda transmissionsriktningarna i ett tvärsnitt av en telefoniförbindelse.

Se bild 3 med förklaringar. I en fyrtrådsavslutning eller gaffelkoppling där lednings- och balansklämmorna är avslutade med impedanserna  $Z_1$  respektive  $Z_B$  är obalansdämpningen  $A_b = 20 \log \left| \frac{Z_1 + Z_B}{Z_1 - Z_B} \right|$  dB. Ekodämpningen vid avslutningen är  $A_{e_g} = A_b + 7$  dB, därför att gaffelkoppling förutsätts orsaka en övergångsdämpning, gaffeldämpning, på 3,5 dB både från tvåtråd till fyrtråd och omvänt. Ekodämpningen vid en homogen ledning är  $A_{e_{fr}} = A_r + 2 A_L$ .

Man kan få ganska bra obalansdämpning om man kan anpassa till en speciell ledning och vet vilken ledningen är. Riktlinjerna anger 26 dB. Läger man sedan till 7 dB, så blir det 33 dB. Många gånger måste man använda en kompromissbalans och då kan man ibland inte räkna med mycket mer än vad man får i själva gaffeln; ca 7 dB.

Om ekosignalvägens kanaldämpning minskas, leder detta till ett allt kraftigare eko. När den till utsändningspunkten återförda ekosignalenergin är lika stor som eller större än den utsända börjar ekosignalen rundsvänga i återkopplingsvägarna så att tjutsignaler uppstår, dvs ekot övergår i tjut.

Eko- och tjutsignalvägar framgår av bild 4. Tjut uppstår när ekot blir så stort att det finns möjligheter för självsvängning.

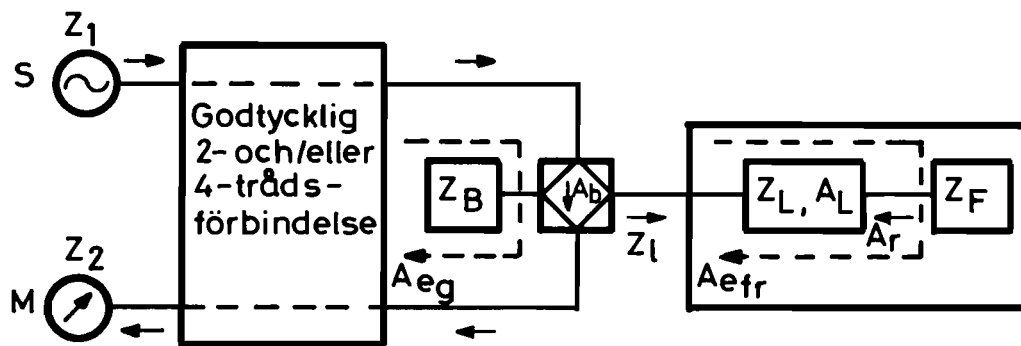
## Stabilitet

En förbindelses stabilitet är ett mått på hur mycket restdämpningen i de båda trafikriktningarna får minska innan tjut uppkommer. Stabiliteten anges som medelvärdet av den restdämpningsminskning (förstärkningsökning) för förbindelsens båda trafikriktningar som är möjlig innan rundsvängning inträffar.

Stabiliteten betecknas och definieras som  $= q - \frac{q_1 + q_2}{2}$  där  $q$  är medelvärdet av nominella restdämpningsvärdena i både trafikriktningarna, medan  $q_1$  och  $q_2$  betecknar restdämpningsvärdena i respektive trafikriktning när förstärkningen i dessa samtidigt och likformigt har stegrats så mycket att tjutsignal just uppstår och tjut inträffar.

Villkoret för att självsvängning skall inträffa är inte endast att den återkopplade spänningen är tillräckligt stor utan även att dess fasförskjutning är en heltalsmultipel av  $2\pi$ . Det senare gör att det inte är så säkert att självsvängning uppstår för den frekvens där ekodämpningen är lägst.

För fyrtrådiga förbindelser med nominella restdämpningen 0, finns risk för tjut om många fyrtrådssektioner kopplas i serie och avvikelserna från restdämpningen ligger ogynnsamt till. Man kan räkna med att på varje förmedlingspunkt finns det dämpning i stationskabling och i växlar - ungefär 0,5 dB per förmedling. I ett stort nät måste nivåerna övervakas noga och fastställda underhållsvärden följas.



$Z_B$  = Balansimpedansen

$Z_F$  = Fjärrändens belastningsimpedans

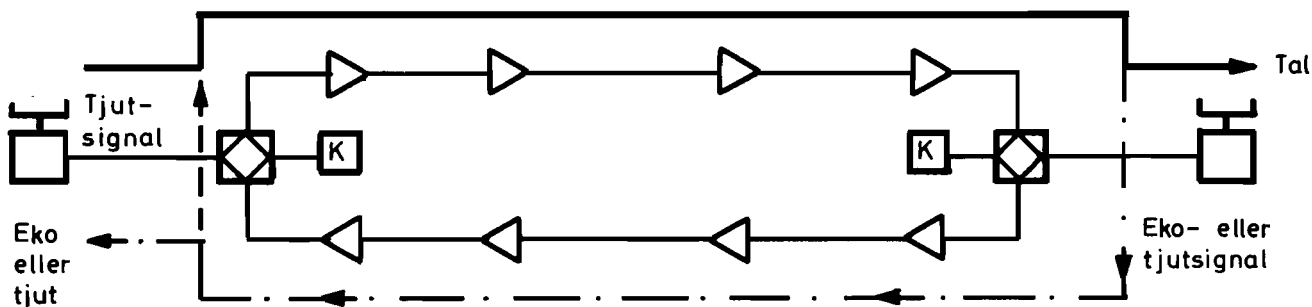
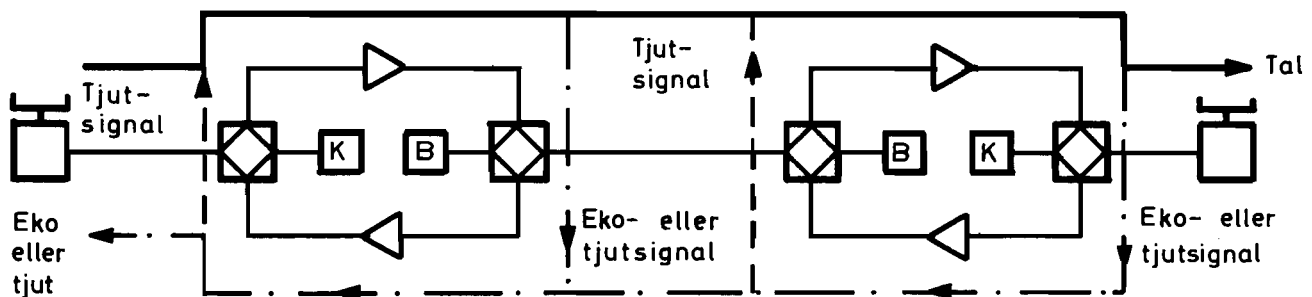
$Z_l$  = Ledningens inimpedans

$Z_L$  = Ledningens spegelimpedans

$A_L$  = Ledningens spegeldämpning

$A_r$  = Reflexionsdämpningen  $(= 20 \log \left| \frac{Z_L + Z_F}{Z_L - Z_F} \right| \text{ dB})$

Bild 3



**K** — Kompromissbalans

**B** — Individuell ledningsbalans

— Talväg

- - - Väg för eko- eller tjutsignal

· · · Väg för tjutsignal

Bild 4



### Telefonapparater, allmänt

I de transmissionstekniska riktlinjerna anges att både sändarreferensekvivalenten och mottagarreferensekvivalenten för telefonapparaterna förutsätts ha ett värde i närheten av -5 dB. Telefonapparaterna förutsätts vidare ha en impedans av storleksordningen 600 ohm när mikrotelefonen är avlyft. Abonnentanknytningens ekodämpning är beroende av om anknyningsapparaten är en två- eller fyrtrådsapparat.

En tvåtrådsapparat med mikrotelefonen avlyft förutsätts i förhållande till en impedans på 600 ohm med fasvinkeln 0 ha en reflexionsdämpning större än 9 dB, se bild 5. Ekodämpningen i förmedlingsänden av den tvåtrådiga anknyningsledningen blir därigenom minst 9 dB.

Om den tvåtrådiga anknyningsledningen genom en gaffeluppkoppling görs fyrtrådig i förmedlingsänden förutsätts ekodämpningen i denna på grund av tvåtrådsapparatens förutsatta reflexionsdämpning och gaffeldämpningarna bli minst 16 dB. Detta förutsätter att kompromissbalansens impedans överensstämmer med tvåtrådsanknytningens. En fyrtrådsapparat med mikrotelefonen avlyft förutsätts ha så ringa akustisk återkoppling att ekodämpningen i anknyningsledningens förmedlingsände blir mindre än 16 dB.

### Abonnentledningar

Abonnentledningarna, dvs telefonapparaternas anknyningsledningar till förmedlingscentral eller förmedlingsstation, förutsätts normalt vara högst ett par hundra meter långa med försumbar ledningsdämpning (understigande 0,4 dB). Abonnentledningar med ledningsdämpning över 4 dB betraktas som mellanortsförbindelser. Impedansen förutsätts vara "branschsymmetrisk" och 600 ohm med fasvinkeln 0.

### Restdämpning på förbindelser

Även om en förbindelse är sammansatt av flera delförbindelser förutsätts maximala restdämpningen mellan tvåtrådiga förmedlingspunkter inte överstiga 25 dB vid 1000 Hz. Vid denna frekvens förutsätts även inmätning och underhållsmätningar äga rum. Restdämpningen abonnent - abonnent blir ca 5 dB lägre än vad som är vanligt i Televerkets nät. Detta motiveras av sådana speciella krigstidsförhållanden som att telefonapparaten ofta används i bullrande miljö och att abonnentens uppmärksamhet ofta inte odelat kan ägnas lyssnandet och att ibland fler än två abonnenter kan delta i samtalet.

För kabelledning utrustad med fyrtrådsanslutningar förutsätts att varken obalansdämpningen i närändens eller reflexionsdämpningen i fjärrändens gaffelkoppling är mindre än 26 respektive 13 dB. Detta betyder på grund av ekosignaler från dessa gaffelkopplingar, att restdämpningen för en delförbindelse av detta slag inte kan tillåtas vara så låg som 0, om inverkan av gaffelkopplingars ekosignaler på ekodämpningen för hela den sammansatta förbindelsen skall kunna elimineras.

För en delförbindelse som består av en äkta fyrtrådsförbindelse får däremot, på grund av att inga ekosignaler uppstår, restdämpningen gå ner till 0. Detta förutsätter dock att medelavvikelsen för restdämpningsvariationerna på delförbindelsen ligger inom gränserna  $\pm 1,5$  dB, så att restdämpningen för hela den sammansatta förbindelsen inte alltför mycket kan komma att underskrida värdet 0.

En äkta fyrtrådsförbindelse är exempelvis FMV radiolänk-fyrtrådsförbindelser. En tvåtrådsförbindelse som man har gafflat upp i ändarna med hjälp av förstärkare räknas inte som en äkta fyrtrådsförbindelse.

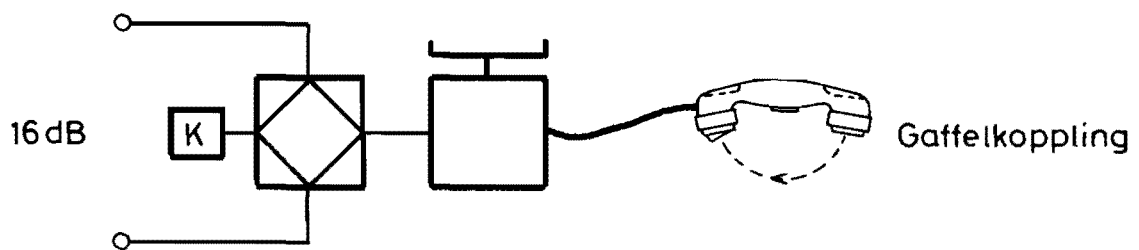
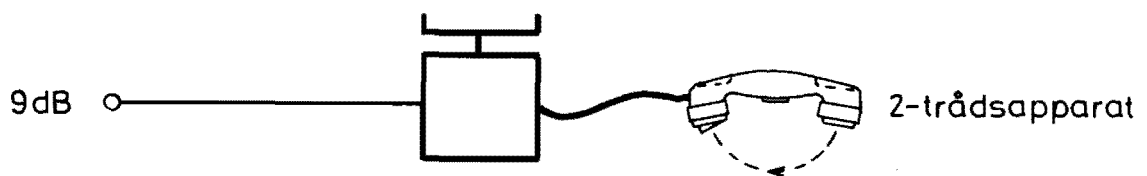
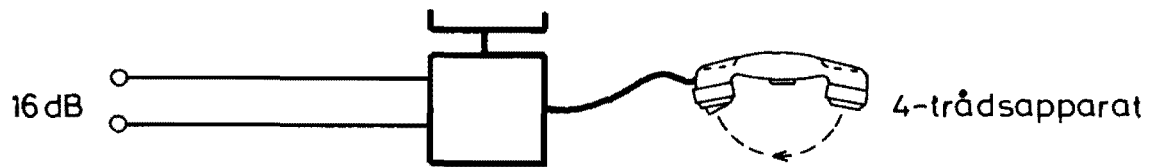


Bild 5

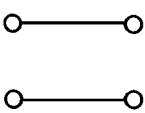
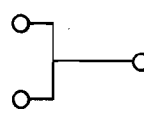
## Definitioner

### Kabelledningen och dess speciella transmissionsförhållanden

För att inte överskrida Televerkets anspråk på säkerhet mot överhörning mellan fysikaliska förbindelser i en kabel förutsätter man att högsta sändnivån i början av en kabelledning inte överstiger +5 dBr vid fyrskruvskabel och 0 dBr vid parkabel samt +10 dBr vid speciella fyrskruvar för fyrtrådsdrift.

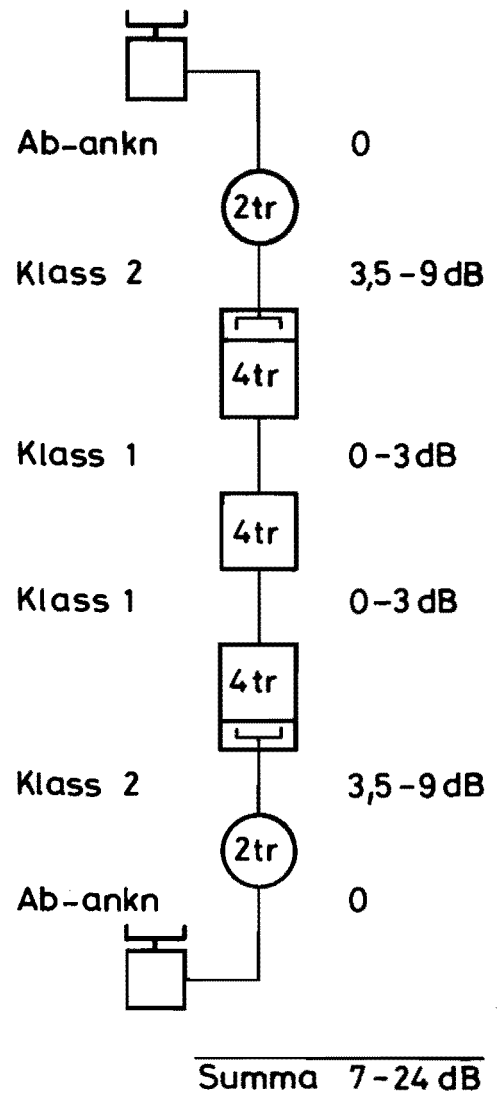
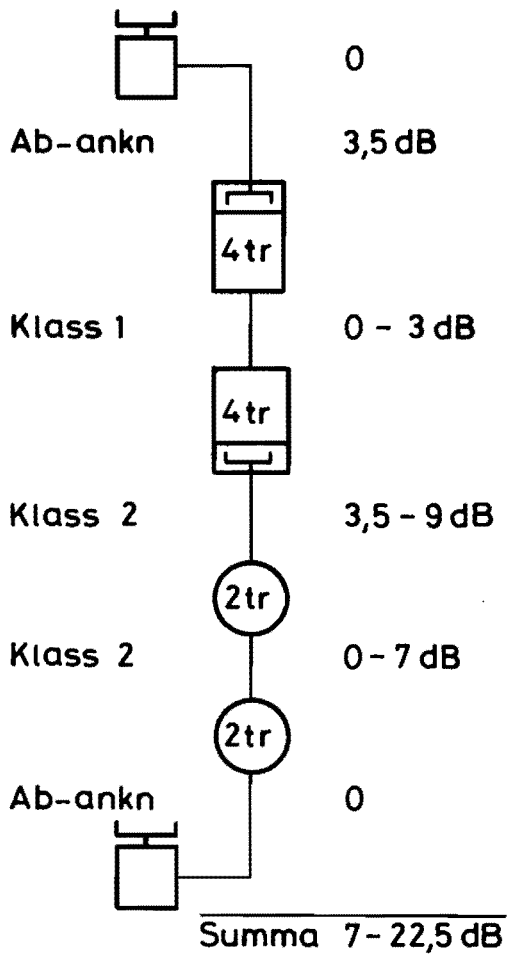
### Dämpningsklasser

I avvaktan på klarläggandet av övriga transmissionsegenskapers betydelse för förmedlingsbarheten indelas nätens förbindelser tills vidare i dämpningsklasser med hänsyn till telefonförmedling. Hänsyn tas även till om förmedlingsändarna är två- eller fyrtrådiga. Dämpningsklasserna presenteras i följande tabell.

Förbindelsetyp	4 tr - 4 tr	4 tr - 2 tr	2 tr - 2 tr
	Exempel på kombination av förmedlingsändar		
Klass	Restdämpning i dB		
	$\rho_{44}$	$\rho_{42}$	$\rho_{22}$
0 (Reglerad)	0 ( $\pm 1,5$ )	-	-
1	$\leq 3$	-	-
2	3-6	3,5-9	0-7
3	6-18	9-21,5	7-25

Uppdelningen i olika klasser har kommit till för att man skall få kontroll över att det inte kopplas upp förbindelser som har för hög restdämpning. 25 dB är det maximala värdet.

Bild 6 visar exempel på förbindelser som tillhör olika klasser. Här finns värden för varje typ av klass.



-  Gaffelkoppling
-  Förmedlingscentral
-  Förmedlingsstation

Bild 6

## Definitioner

Bild 7 visar karakteristiska delar och dämpning hos en förmedlad förbindelse.

### Förbindelsers trafik och provton-signalnivåer, allmänt

För olika slag av tonfrekventa telesignaler, såsom talsignaler, telegrafisignaler, datasignaler, manöversignaler, fastställs effektnivån relativt referenseffekten 1 milliwatt i 0-nivåpunkt. En på detta sätt i dB angiven effektnivå betecknas med dBm0. I telefonförbindelse förekommande trafik och provtonsignalnivåer är i regel avpassade för både fysikaliska och bärfrekventa förbindelser.

### Provtonsignal

Provtonsignalen har frekvensen 1000 Hz och sänds med nivån 0 dBm0 dvs med 0 dBm i 0-nivåpunkt, där provtonsignalens spänning vid denna nivå för impedansen 600 ohm med fasvinkeln 0 blir 0,775 V. I en telefonförbindelse är 0 dBm0 en relativt hög nivå. Att provtonsignalen får sändas med denna nivå beror på att mätning med provton vanligen utförs under kort tid och på en förbindelse åt gången. Det är således inte tillåtet att försöka rationalisera genom att prova en 12-grupp åt gången.

### Talsignal

Talnivån i 0-nivåpunkt är beroende av den talandes röststyrka och telefonan-knytningens egenskaper.

Det internationella samarbetet beträffande sådana faktorer som telefonappa-raters elektroakustiska omsättning, referensekvivalenter, inverkan på uppfattbar-heten, har ännu inte så slutförts att ett representativt värde på talsignalens stor-lek i 0-nivåpunkt finns att tillgå. I avvaktan på bättre underlag brukar man vid dimensionering av telefoninät med hänsyn till överhörning vanligen låta tal-signalens medelnivå representeras av en fiktiv signal, vars nivå är -15 dBm0.

Vid valet av detta värde, där det även ingår hänsyn till dimensionering av mång-kanalsystem, har förutsatts bråd timme, att tal pågår 25 % av tiden i vardera riktningen och att talsignaleffekten har sådan normalfördelning att talsignalens medelnivå blir -15 dBm0. I värdet innefattas även signaleffekten från manöver-signaler och bärfrekvensläckor. Denna fiktiva signal får inte användas för mät-ningar på enskilda talkanaler.

Nivån -15 dBm0 använder man när man vill beräkna vilken bruseffekt man skall gå in med på basbandet när man skall göra intermodulationsmätningar.

### Diskontinuerlig manöversignal

Diskontinuerliga manöversignaler används i huvudsak för manövrering av telefon-förbindelsers trafikillstånd (ringsignaler, fingerskivesignaler mm). Sändnivån för denna typ av manöversignaler bör inte vara högre än -6 dBm0. Det är också den manöversignalnivå som används på radiolänk, fast det här gäller utombandssig-nalering.

I en telefonförbindelse är även -6 dBm0 en relativt hög nivå. Att diskontinuer-liga manöversignaler får sändas med denna nivå beror på att signalernas medel-effekt över lång tid är låg. Skulle så inte vara fallet finns risk för överbelast-ningar i bärfrekvenssystemen. Televerket t ex använder inte högsignalnivå (-6 dBm0) utan lågsignalnivå (-18 dBm0). I gengäld ligger denna lågnivåssignal alltid på utom vid taltillstånd.

Förmedlingsbarhet  
Förbindelsedel  
Kanaldämpning i dB

Kanal A-B →  
Relativ nivå i dBr

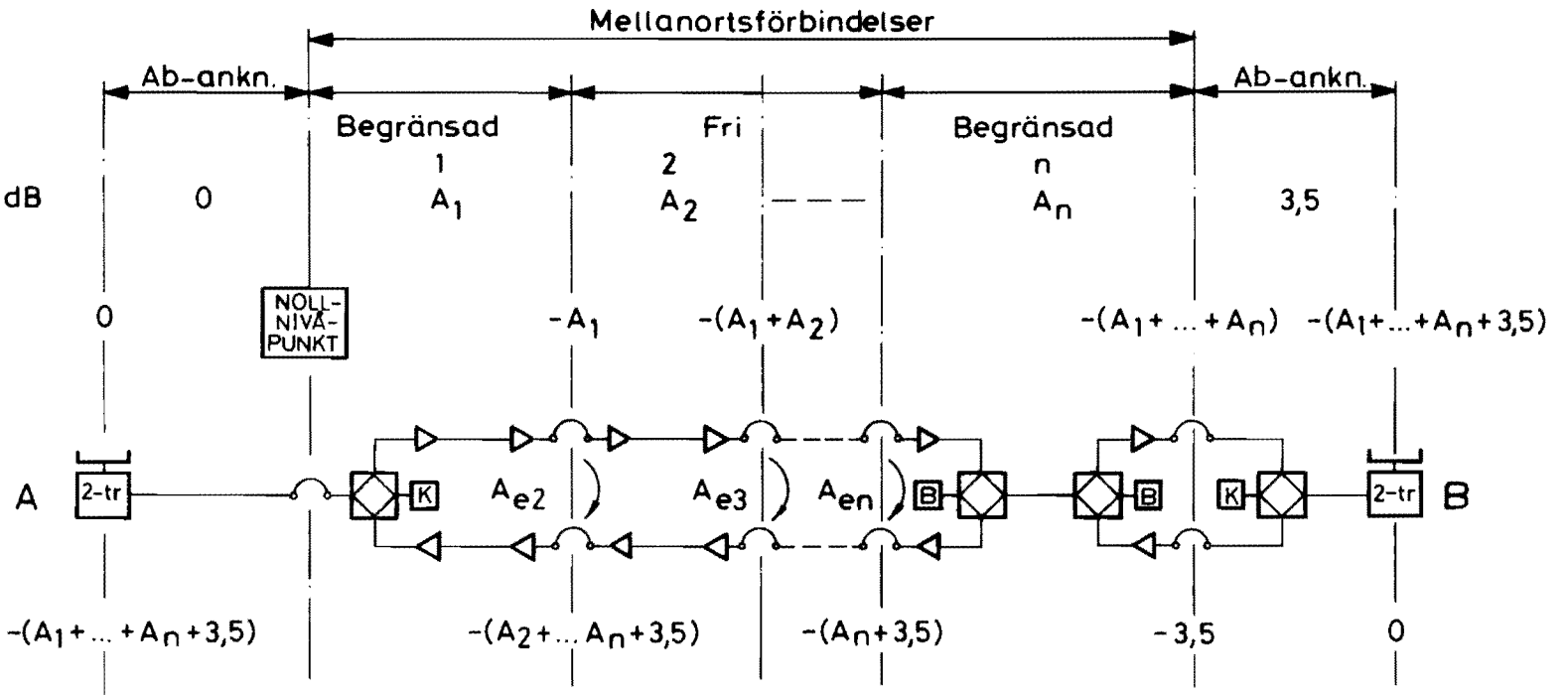


Bild 7

Kanal B-A ←

Relativ nivå i dBr  $-(A_1 + \dots + A_n + 3,5)$

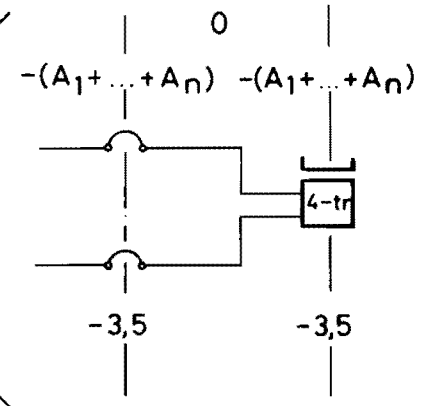
**Beteckningar**

- 2- eller 4-trådströpp
- Gaffelkoppling
- Individuell ledningsbalans
- Kompromissbalans
- Kanalförstärkare
- Kopplade förmedlingspunkter

**Anmärkningar**

1. Restdämpn mellan tvåtrådiga förmedlingspunkter såväl för kanal A-B som för kanal B-A är  $(A_1 + \dots + A_n + 3,5)$  dB. Restdämpn får enligt gjorda förutsättningar ej överstiga 25 dB
2. Förbindelsedel n är en ändförstärkt tvåtrådsförbindelse
3. Ekodämpningen  $A_{ei} \geq A_e(i + 1)$

Alternativ till B-ändens typ av abonnentanknytn



## dB-begrepp

H.Lööw

Det är skäl att peka på ett par definitioner för decibel (dB) och neper (N). Vad som speciellt bör understrykas är att dessa båda definitioner gäller effekt-nivåer. Med andra ord är det förhållandet mellan en inmatad och en utmatad effekt man jämför; hänsyn tas alltså till impedanserna i kretsarna.

---

### Definitioner

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \text{ dB}$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{P_1}{P_2} \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 8,69 \text{ dB}$$

dBm absolut nivå angiven relativt 1 mW, signal normalt utlagd  
 dBr absolut nivå angiven relativt 1 mW, signal endast under mätning  
 dBW absolut nivå angiven relativt 1 W  
 dBu relativ spänningsnivå i förhållande till 0,775 V  
 dBm0 nivå relativt provton i samma punkt

dBm0p, brus mätt psometriskt i en punkt med provtonnivå

Brusstorheter speciellt använda i USA och Canada:

dBa0, brus mätt med F1A-filter

dBrn0c, brus mätt med C-filter

$$0 \text{ dBa0} = 6 \text{ dBrn0c} = -84,5 \text{ dBm0p}$$

Vidare förekommer diverse icke normerade storheter såsom

dB $\mu$ V spänning relativt 1  $\mu$ V

dBV spänning relativt 1 V, hänsyn är här inte tagen till impedanserna

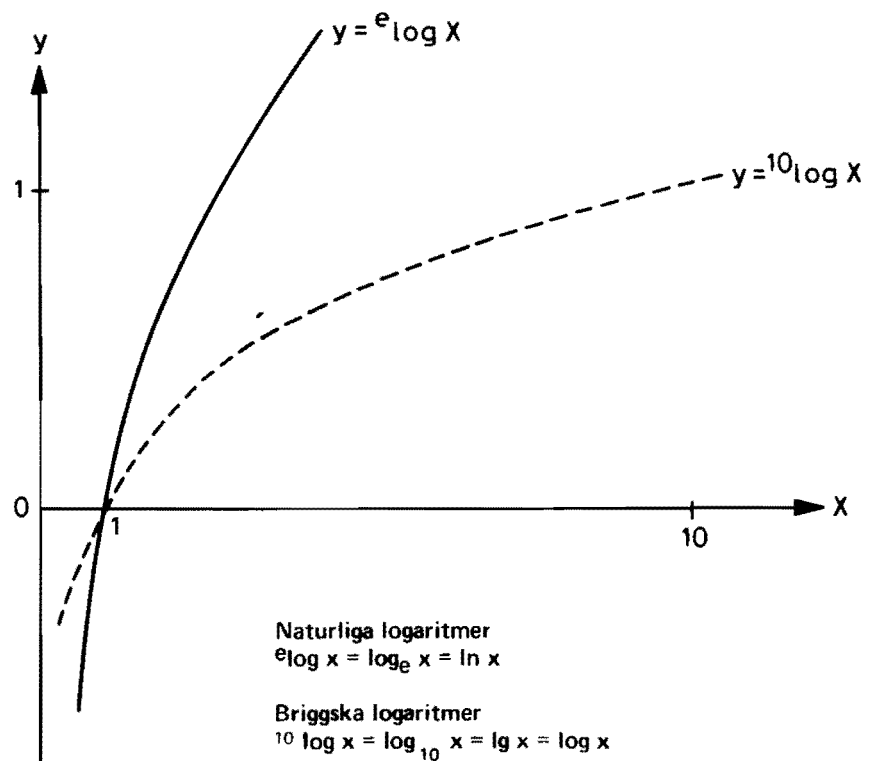
---

Definitionerna på dB och N finns angivna dels i Försvarsstandard FSD AO301:1, dels i föregående tabell. I tabellen angivna definitioner för dB och N samt efterföljande på dBm, dBr osv är avsedda att vara mera lättillgängliga komplement till FSD AO301:1.

Bild 1 visar vad som menas med naturliga och Briggska logaritmer. Den streckade kurvan föreställer 10-logaritmen för ett effektförhållande medan den hel-dragna kurvan motsvarar den naturliga logaritmen för samma förhållande. Båda logaritmerna skär x-axeln där förhållandet är lika med 1. För negativa värden utefter x-axeln existerar inte logaritmfunktionerna. Under diagrammet på bild 1 framgår några alternativa skrivsätt för dessa två logaritmsystem som man här arbetar med.

Både dB-begreppet, grundat på de Briggska logaritmerna och neperbegreppet, som bygger på de naturliga logaritmerna, är ett effektförhållande. Så länge det rör sig om ett relativt mått skriver man enbart sorten decibel eller neper (dB eller N).

Bild 1



## Neper - dB

Inom radiolänktekniken och dess angränsande områden är det vanligast att arbeta med decibel. Innan vi lämnar neper bör dock framhållas att vid teoretiska beräkningar är neperbegreppet att föredra. Speciellt gäller detta om man räknar på fyrpolsteori, transmissionsteknik etc.

## dBm

Ett index efter ordet dB betyder att det gäller en absolutnivå. Indexet m är det mest vanliga och då räknas nivån i förhållande till 1 milliwatt. dBm är alltså en absolutnivå räknad relativt 1 milliwatt. Dessutom gäller att signalen normalt ligger ute i systemet. Säger man att man har ett visst antal dBm så avser man den ton som under trafik ligger i systemet, exempelvis en pilotton. Om man inte menar att signalen ligger där normalt utan att man för att kunna mäta den, först måste ansluta en generator av något slag, då är det inte riktigt att tala om dBm längre. Då skall man istället välja dBr. En provton exempelvis ligger normalt inte ute i systemet, den lägger man in i en kanal under mätningens gång och den skall alltså anges i dBr.



Fördelen att arbeta med två olika angivelser, dBm och dBr, är följande. Finner man på ett schema vissa nivåer i dBm, så kan man förvänta sig att om man ansluter en selektiv nivåmeter avstämd för angiven frekvens, då skall man också få ett utslag enligt angivet värde - dBm - annars är det fel i systemet. Om det däremot på schemat är angivet ett visst antal dBr, ja då vet man att med samma selektiva nivåmeter något utslag ej erhålls förrän man anslutit en signalgenerator till lämplig punkt i systemet.

dBm kontra dBr

Ett annat nivåbegrepp som är praktiskt att arbeta med när det gäller systemvärde och sträckdämpningar är dBW. Poängteras bör att man får vara litet försiktig, eftersom dBV betyder någonting annat. dBW är absolutnivå relativt 1 watt. 0 dBW motsvarar 30 dBm. En insignal av exempelvis -60 dBm motsvarar således -90 dBW. De tre nu behandlade begreppen är effektnivåer - absoluta nivåer.

dBW

I angivelsen dBu, har man infört begreppet spänning. I detta fall tar man inte hänsyn till impedansförhållandet, det är alltså ett begrepp som inte ger någon större korrekthet. Förutsättningen för att man skall kunna räkna rätt med dBu-värdena är att man vet vilka impedanser man har på in- och utgång. Fördelen med dBu-begreppet är att man vid rutinmätningar i en viss krets kan föreskriva ett visst antal dBu. Vid rutinmätningar är man ofta bara intresserad av att se en förändring, exempelvis beroende på åldring, frekvensgång eller liknande.

dBu

För att kunna räkna om vad dBu verkligen betyder, måste man först veta vilken impedans man har i den punkt man mäter. Instrumentet är graderat i spänning relativt 0,775 V. Anledningen till att just 0,775 V valts är att 1 milliwatt över 600 ohm i spänning blir 0,775 V. Har vi alltså en punkt, där vi vet att impedansen är 600-ohmig, då är dBu lika med dBm eller dBr.

För begreppet dBm0 finns flera olika definitioner, ofta tillkrånglade och avancerade. Men om man ser praktiskt på det, så är det ingenting annat än en nivå som man har i ett system, relativt provtonsnivån. Den heldragna kurvan på bild 2 symboliserar en viss provtonsnivå. Om man sedan säger att en signal skall ligga på exempelvis -6 dBm0 betyder det att denna nivå (den streckade kurvan) hela tiden skall ligga parallellt med den heldragna kurvan och avståndet dem emellan skall då hela tiden vara 6 dB.

dBm0

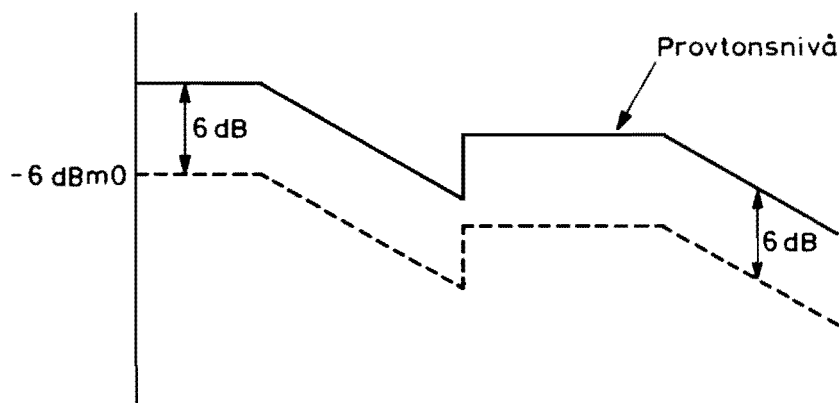


Bild 2

## dB-begrepp

Det enklaste sättet att förklara vad som menas med dBm0 är således att tänka på att dBm0 är en nivå relativt en provton i systemet, i just den punkt där man för stunden mäter.

dBm0p  
dB0p

En annan förkortning som på senare tid har blivit relativt vanlig är dBm0p, se tabell vid Definitioner. Bokstaven p står för ordet pondéré (fr.=vägt) och då leds tankarna automatiskt till att det är brus man talar om. Ett signalbrusförhållande på exempelvis 70 dB anges med 70 dB0p; det betyder att bruset ligger 70 dB under signalnivån och att den är mätt psometriskt. Motsvarande brusnivå är då -70 dBm0p. Detta är ett av CCI rekommenderat mätförfarande och används genomgående i Europa.

dBa0  
dBn0c

I USA och Canada används vanligen dBa0 och dBn0c. Vid dBa0 använder man ett speciellt filter, ett F1A-filter. För brusangivelsen dBn0c används ett C-filter. För både F1A-filtret och C-filtret har man 1 pikowatt som utgångspunkt. En pikowatt är -90 dBm, men bilden anger att 0 dBa0 är -84,5 dBm0p och anledningen är att mikrofonkapslarna har genomgått en viss förbättring under årens lopp och det gör att man har vid förnyade subjektiva mätningar kommit fram till att 0 dBa0 i verkligheten inte motsvarar -90 dBm utan -84,5 dBm. Speciellt på datablad över amerikansk utrustning är brusnivån angiven i dBa0.

dB $\mu$ V  
dBV

Dessutom finns andra icke normerade storheter, exempelvis dB $\mu$ V och dBV. För dessa storheter gäller att normalt är hänsyn inte tagen till några impedanser - det är ren spänningsmätning.

## Stråkbeteckningar

A. Englund

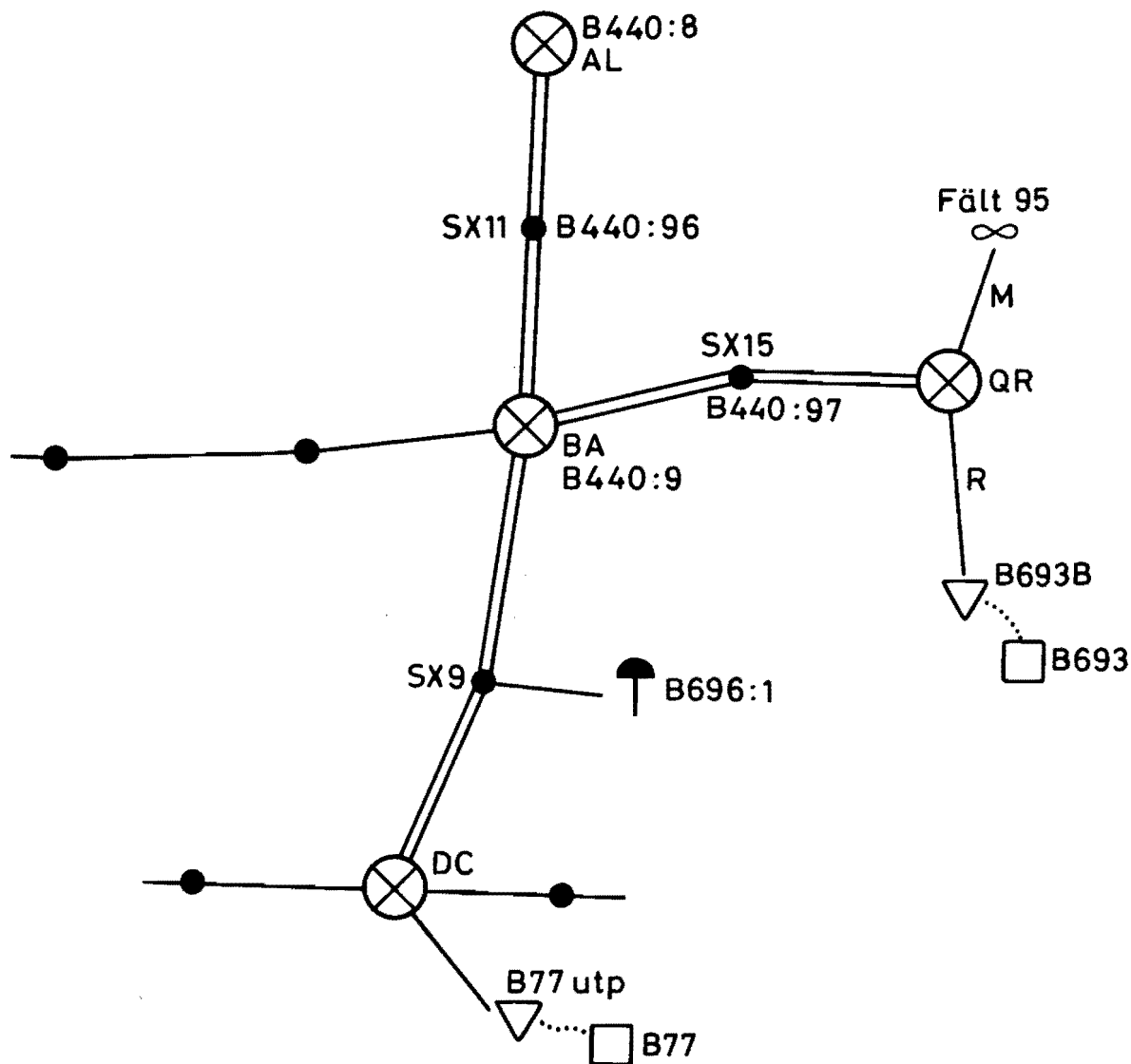
Stråken indelas i tre olika typer:

- huvudstråk
- bistråk med fjärrförbindelser
- bistråk utan fjärrförbindelser

Stråkupbyggnad

Bild 1 visar ett nätschema, där huvudstråken är markerade med dubbla linjer. Som huvudstråk definierar man stråk gående mellan knutstationer.

Ett bistråk kan gå från en knutstation till en ändstation men det kan också gå som ett ensamt hopp utan någon beröring med länknätet i övrigt.



När det gäller skillnaden mellan bistråk med fjärrförbindelse och bistråk utan fjärrförbindelse, så är det bistråkets användning det är fråga om. Bistråk med fjärrförbindelser anser man vara sådana bistråk som vidarekopplas i huvudstråk. Även bistråk utan fjärrförbindelser kan i vissa fall utnyttja relä- eller knutstationer i länknätet som relästation, men får då ej vidarekopplas i huvudstråk.

#### Kvalitativa krav

Man ställer olika krav för olika typer av stråk. Målsättningen för en radiolänkförbindelse, för den enskilda talförbindelsen eller dataförbindelsen i länknätet är, att samtliga tal- och dataförbindelser i länknätet skall ha ett signalbrusförhållande som är bättre än 30 dB under 99 % av tiden. CCITT kräver 50 dB för samma tid på en 250 mil lång internationell förbindelse. Våra krav är således inte lika hårda som de internationella rekommendationerna. Man kan av olika anledningar i fasta rälänknätet acceptera sänkta krav på signalbrusförhållandet.

Dessutom krävs att varje tal- eller dataförbindelse i nätet skall ha säkerhet mot förbindelseavbrott orsakade av fading. Det krävs att under 99,9 % av tiden avbrott ej får inträffa på grund av fading. Det betyder ungefär 9 timmars avbrott per år för varje enskild talkanal i länknätet. Avbrott för tekniska fel, service och underhåll anses uppgå till någon procent av tiden, dvs ca 10 gånger längre tid än avbrott på grund av fading.

Med utgångspunkt från dessa krav (30 dB i signalbrusförhållande under 99 % av tiden och max 0,1 % för fadingavbrott) kan man uppställa vissa villkor för länken och man ställer olika krav beroende på vilken typ av stråk det är och vilken typ av förbindelse som ingår i stråket.

För huvudstråk tillämpas alltid samma norm oberoende av vilken kategori av förbindelse, som ligger i själva stråket. Ett bistråk skall dimensioneras för det hårdaste krav man ställer på det. Ingår dels bistråk med fjärrförbindelser, dels bistråk utan fjärrförbindelser, ställer man automatiskt det hårdaste kravet (alltså bistråk med fjärrförbindelser) när man skall dimensionera ett sådant länkstråk.

Tidigare har sagts att det är två faktorer som bestämmer dimensioneringen.

- Signalbrusförhållandet
- Fading

#### Signalbrusförhållandet

Signalbrusförhållandet definieras som förhållandet mellan en provton, -3,5 dB mätt i fyrträdspunkt, och summan av brus och störningar i kanalen mätt psometriskt.

#### Fading

Definitionen av fading är krångligare, då det finns flera olika typer av fading. Det finns olika sträckor, som är olika utsatta för fading.

Ett sätt att få grepp om fadingmarginalen är följande:

Först ritar man en markprofil, som har viss skala i höjd- och sidled. Beräkningen av marginalen sker vid olika jordradier: vid jordradien 4/3, vid 1 och 0,8. Jordradie 1/1 anses motsvara normalfading och jordradie 0,8 gäller vid mycket stark fading. Se bild 2.

Beräkning av fadingmarginalen ur denna markprofil genomgås närmare på annan plats.

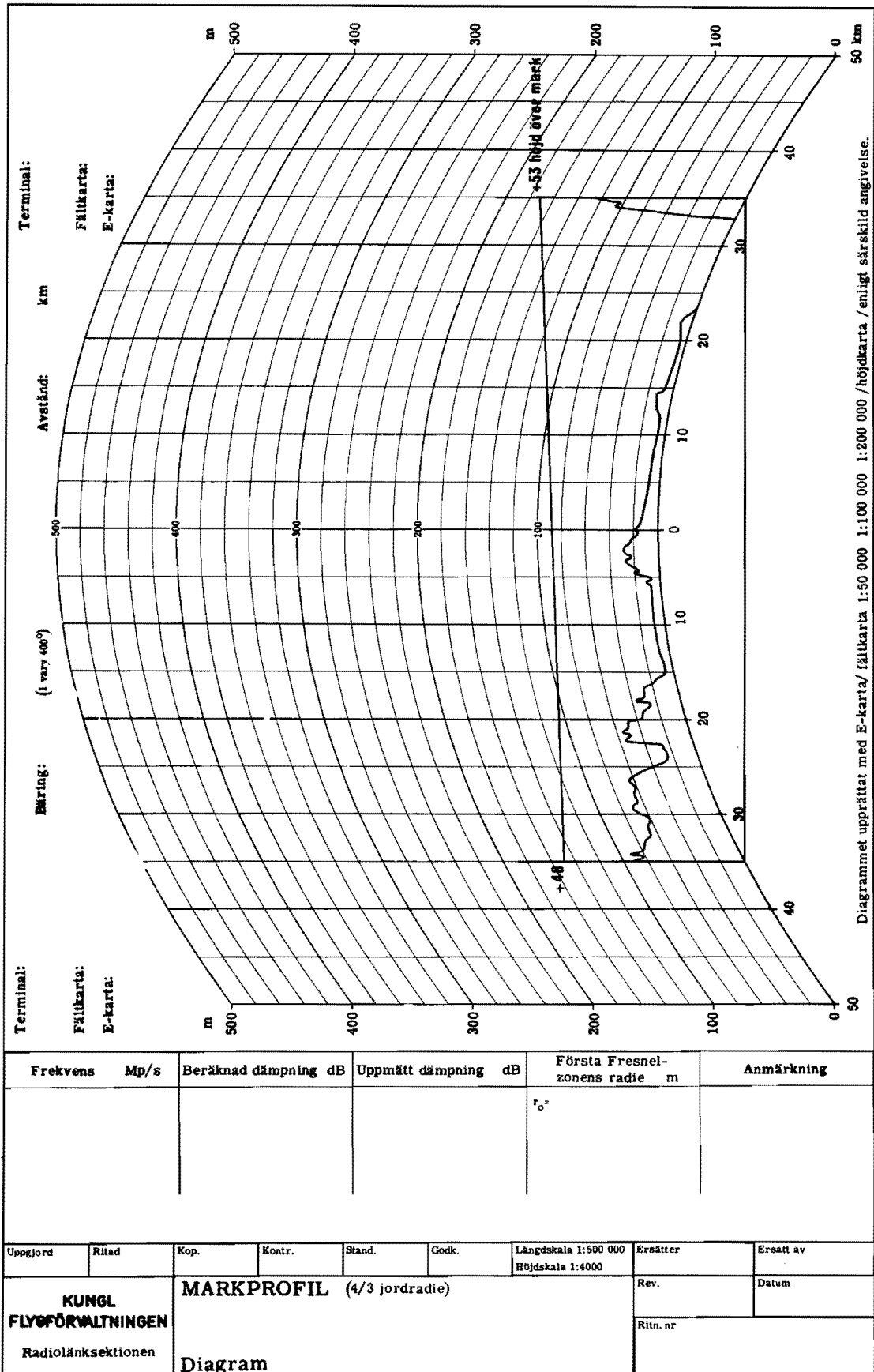


Bild 2

**Signalbrusförhållandet per länkhopp**

När man dimensionerar ett stråk måste man ta hänsyn till att det är inte bara ett ensamt länkhopp det gäller - en förbindelse kan mycket väl ingå i flera hopp. Man måste då se till att varje enskilt hopp i en länkförbindelse eller i ett länkstråk är så dimensionerat att det klarar kvaliteten för en enskild tal- eller datakanal, oberoende av hur den kopplas upp. När man börjar dimensionera, måste man räkna med att de enskilda talkanalerna kan ingå i ett maximalt antal hopp: 25 huvudstråkhopp och två bistråkhopp. Sedan återstår att omforma kraven, så att de blir applicerbara på ett enda hopp. Härvid gäller det att dela bruseffekten så att den ingår, dels i huvudstråksdelen, dels i de två bistråken. Av bruseffekten låter man 50 % falla på huvudstråksdelen och 25 % på vardera bistråksdelen. Av de fadingtider man kan tillåta, får 80 % falla på huvudstråket och 10 % på vardera bistråket.

**Dimensioneringsnormer**

Med dessa utgångspunkter kan man komma fram till en regel för dimensionering av stråken. Se tabell. För huvudstråkhopp gäller, att signalbrusförhållandet i den sämsta kanalen skall vara 57 dB. Fadingsmarginalen på ett huvudstråkhopp har normalvärdet 35 dB. Fullständiga dimensioneringsnormer återfinns i ritning FR30668.

Nedanstående krav skall uppfyllas under 50 % av tiden (t = marginal till tröskelvärde)						
<u>Huvudstråkhopp:</u>						
S/B i sämsta utnyttjade kanal: 57 dB (RL-81 = 60 dB)						
t : 35 dB (RL-81 och RL-42 andra värden)						
<u>Bistråkhopp:</u>	Lokalförbindelse			Fjärrförbindelse		
	1 hopp	2 hopp	3 hopp	1 hopp	2 hopp	3 hopp
S/B i sämsta utnyttjade kanal:	38	41	43	44	47	49
t :		15			22	

**Försämringsfaktorn hos utrustningar**

När man installerat en utrustning håller den normalt specificerade värden, men efter en tid börjar dess data gå ner. Det har t ex visat sig, att signalbrusförhållandet ökar. Detta måste man ta hänsyn till vid dimensioneringen. Kraven gäller för drift. Utrustningen skall alltså dimensioneras, så att den är "lite bättre" vid installationen. För den äldre typen av utrustningar (rörutrustningar osv) räknar man med en försämringsfaktor på 6 dB. För nyare utrustningar är försämringsfaktorn 5 dB.

**Nomenklatur**

Nomenklatur i samband med stråkplanering är omfattande och härvid används en mängd olika beteckningar.

Det finns trafikbeteckningar, stråkbeteckningar, anläggningsbeteckningar och olika koder. För knutstationer finns en tvåställig bokstavskod. Nästan samtliga i länknätet ingående anläggningar har dessutom en fortifikatorisk kod, B-nummerkoden. Knut- och relästationer har både B-nummer och trafikbeteckningar.

När det gäller huvudstråk döps alltid stråket efter de ingående knutstationerna och det sker i alfabetisk ordning. Bistråk döps också efter en viss regel. Om en ändpunkten finns i ett huvudstråk, så börjar man alltid med huvudstråksbeteckningen.

I nätet ingår olika typer av anläggningar. Det finns knutstationer - en ganska logisk beteckning eftersom de sitter som knutar i ett maskformigt nät. Det finns relästationer - renodlade länkstationer och sådana som har en blandad funktion. Vidare finns det länkstationer av uppsamlingskaraktär - uppsamlingsstationer. Slutligen kan nämnas änd- eller terminalstationer.

Tyvärr förekommer det ofta olika kodbeteckningar på samma anläggning. Det är svårt att ena de olika intressenterna. Andra beteckningar än B-nummer får endast användas i speciella fall.










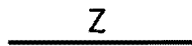

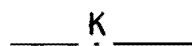
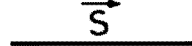





## Stråkblockschema, symboler

De beräkningsdata man kommer fram till vid dimensioneringen av ett stråk redovisas på en blankett, som kallas stråkblockschema. Se bild 3. Där finns uppgifter om frekvenser, typ av ingående radiolänk- och multiplexutrustningar, samt en stråkbild, som visar hur stråket ser ut. Vidare ingår uppgifter om antennpolarisation, tillåten antennkabeldämpning, bäring, antennhöjd, tjänstekanalanrop, fundamenthöjd, markprofiler samt vissa beräknade trafiktekniska data.

På stråkblockscheman och i andra sammanhang används vissa symboler, se bild 4. För trafikdata finns en viss nomenklatur, se bild 5 (L52452).

	Knutstation i radiolänknät
	Ändstation (anges i vissa fall endast med stationsnamn)
	Relästation i radiolänknät
	Radiolänkutpunkt
	Anslutningslåda för 20 ansl
	Anslutningslåda för 9 ansl
	Tfn-vx, automatisk
	Radiolänk i huvudstråk, dm-eller cm-våglängd (basband R <sup>1)</sup> )
	Radiolänk i huvudstråk, m-våglängd (basband Q <sup>1)</sup> )
	Radiolänk i bistråk, dm-eller cm-våglängd (basband Z <sup>1)</sup> )
	Radiolänk i bistråk, m-våglängd, flerkanaltyp (basband P <sup>1)</sup> )
	Radiolänk i bistråk, m-våglängd, enkanaltyp (basband K <sup>1)</sup> )
	Radiolänk, enkelriktad i pilens riktning, dm-eller cm-våglängd (basband S <sup>1)</sup> )
	Kabel (alt blanktråd)

1) Exempel (se ELT H 5910 beträffande basbandbeteckningar)

Bild 4

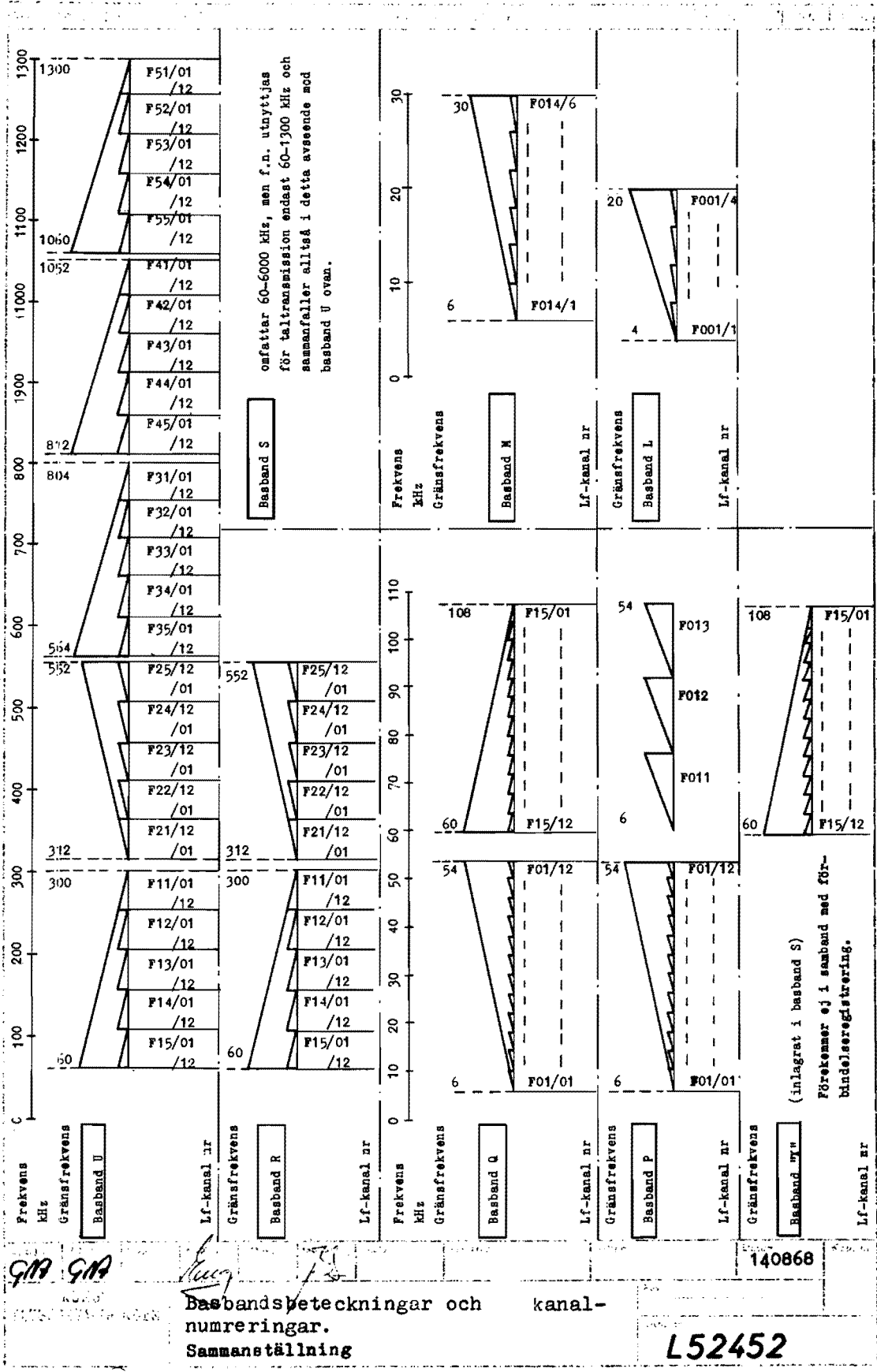


Bild 5

# Planering av radiolänkstråk

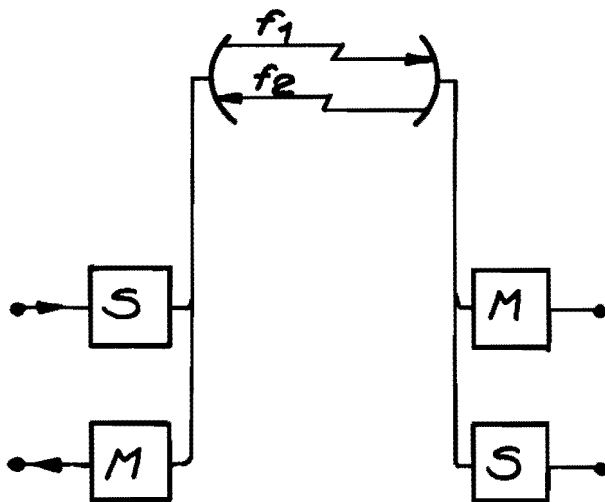
B. Nilsson

## Innehåll:

- Radiolänkars principiella uppbyggnad, nomenklatur
- Radiolänkars prestanda
- Sträckdämpningsberäkning
- Stråkplanering med exempel
- Litteratur

En radiolänk av enklaste typ är uppbyggd enligt bild 1. En sändare och en mottagare skapar en radiofrekvent förbindelse, högfrekvenskanal, i ena riktningen, en annan sändare och en annan mottagare skapar en högfrekvenskanal i andra riktningen. Med hjälp av dessa högfrekvenskanaler, som arbetar på skilda frekvenser, presteras en basbandskanal i ena riktningen och en basbandskanal i andra riktningen.

## Radiolänkars principiella uppbyggnad, nomenklatur



Basbands-  
kanaler      Hf-  
kanaler

Bild 1

För överbryggande av längre sträckor används flera seriekopplade hopp, se bild 2. De båda slutstationerna kallas terminaler och mellanstationen relästation.

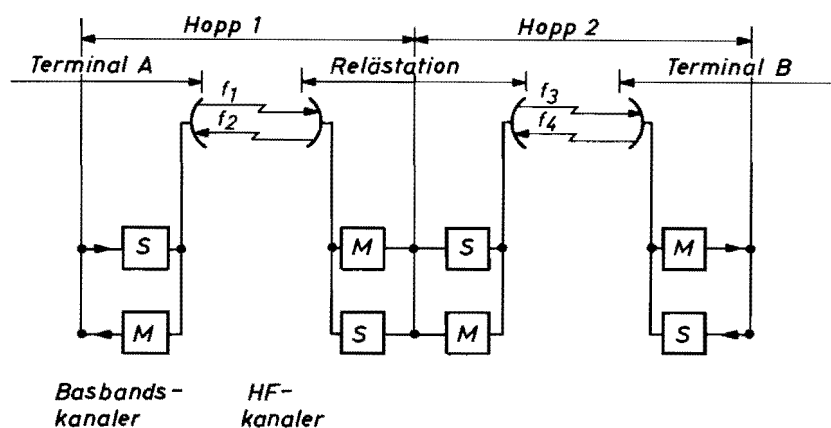


Bild 2

Basbandskanalerna används för den önskade informationsöverföringen. Uppdelning till flera skilda informationskanaler, exempelvis ett antal telefonkanaler, sker i en multiplexutrustning, se bild 3. Den sammanlagrade signalen från och till multiplexutrustningen kallas ledningsgrupp.

På den sändande terminalen modulerar ledningsgruppen högfrequenskanalen, på den mottagande terminalen återfås ledningsgruppen efter demodulering av högfrequenskanalen. Den dominerande modulationstypen är i dag frekvensmodulering. Detta gäller även i försvarets fasta radiolänknät, där dock även pulstidmodulering förekommer.

Relästationen kan ses som en förstärkarstation: den radiofrekventa signalen tas emot, förstärks och återutsänds.

Relästationer kan vara av olika typer. Vid en typ tas den högfrekventa signalen emot, förstärks, frekvensomsätts direkt och återutsänds. I denna typ av relästation förekommer således ingen demodulering, man förstärker signalen i dess högfrekventa form.

En annan relästationstyp innebär att den högfrekventa signalen via en mellanfrekvens omsätts till ny högfrekvent signal och sänds vidare.

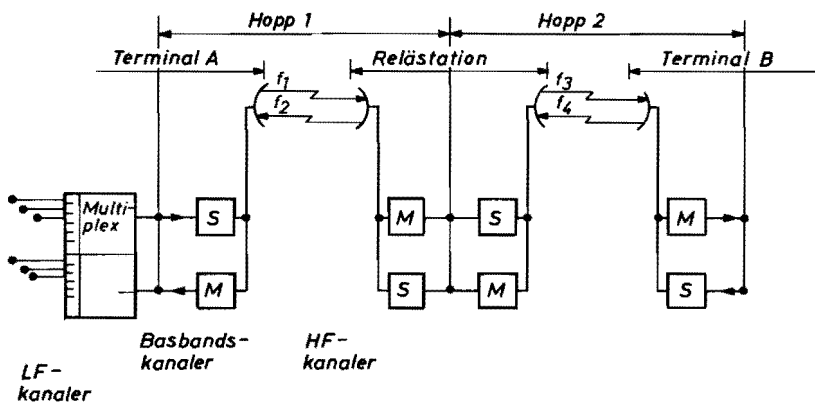


Bild 3

En tredje typ innebär att ledningsgruppen återbildas genom demodulering av högfrekvenssignaler, varefter ledningsgruppen modulerar en ny högfrekvent signal. Denna typ, vilken är den vanligaste inom försvarets fasta radiolänknät, har för- och nackdelar. Man får å ena sidan en viss kvalitetsförsämring vid modulering/demodulering i relästationerna, å andra sidan har man fördelen att enhetlig radiomateriel kan användas: relästationerna innehåller praktiskt taget samma materiel som terminalerna. Härigenom skapas god flexibilitet.

Radiolänkstråken innehåller vanligen ett antal hopp i serie. Säkerheten hos materielen är givetvis begränsad, utbredningen mellan antennerna har inte obegränsad säkerhet etc. Vid många seriekopplade hopp och vid höga krav på överföringssäkerhet förekommer det därför att man använder parallella högfrekvenskanaler för överföring av ett basband. Bild 4 - 7 visar exempel på några sådana parallellsystem.

RADIOLÄNK-STRÅK  
Reserv-arrangemang

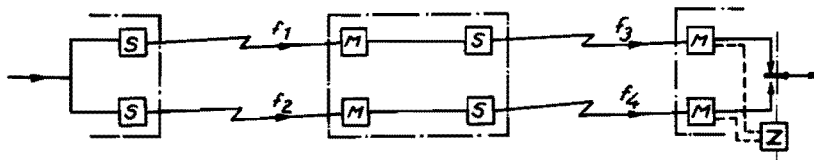


Bild 4

RADIOLÄNK-STRÅK  
Reserv-arrangemang

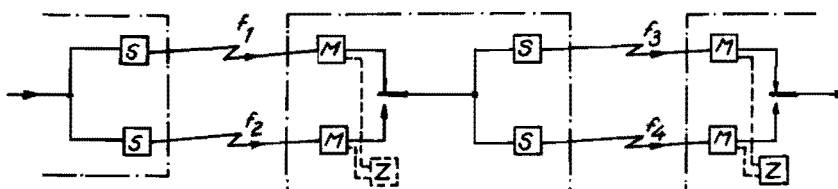


Bild 5

RADIOLÄNK-STRÅK  
Reserv-arrangemang

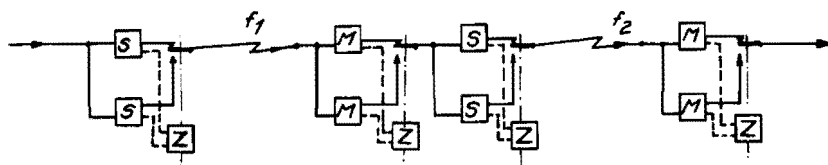


Bild 6

RADIOLÄNK-STRÅK  
Reserv-arrangemang

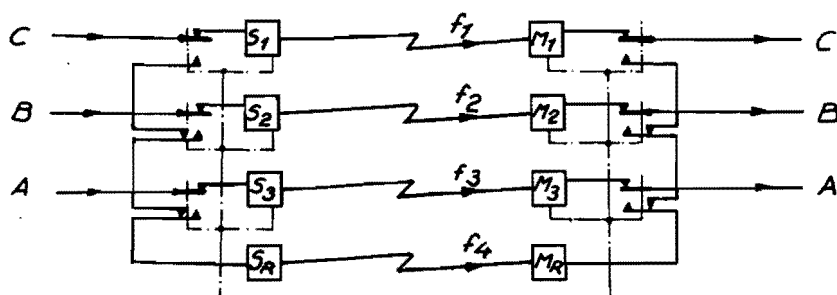


Bild 7

En radiolänks prestanda kan i stort karaktäriseras genom:

**Radiolänkars prestanda**

**Högfrekvenskanalen:** frekvensläge  
bandbredd  
uteffekt från sändare  
brusfaktor i mottagare  
antennförstärkning

**Basbandskanalen:** bandbredd

**Modulationsförhållanden**

Exempel på några typiska data i dessa avseenden finns sammanställda i tabell 1.

Dessa data bestämmer vad länken kan överföra, vilka avstånd som kan överbryggas vid vissa kvalitetskrav på det överförda basbandet etc. Förhållandena belyses något på bild 8.

Kapacitet		Basband Hz	Radioutrustning			Antenn		Anm
Förb typ	Antal		Högfrekvent bandbredd Hz	frekvensläge MHz	Put dBW	Typ	g dB	
Telefoni	1	0,3-4 k	15-50 k	150-400	0 till +20	yagi corner	5-12	Scatter-typ
	4	4-20 k	50-250 k	150-400	0 till +20	do + dipolm + helix	5-20	
	12	6-54 k	150-500 k	150-800	0 till +20	do + parabol	10-25	
	60	12-252 k	1-4 M	400-2000 (13000)	0 till +20	do parabol	15-30	
	960	60-4100 k	20-30 M	4000-13000	-10 till +10	parabol lins	25-45	
TV		0-6 M	30 M					
Telefoni	60	12-252 k	250 k	800-5000	+ 30 till 40	parabol	45-60	
Radar- video	1-3	0-2 M 0-8 M	2-10 M	4000-13000	-10 till +10	parabol	25-45	

Tabell 1

RADIOLÄNK  
Effektnivåer

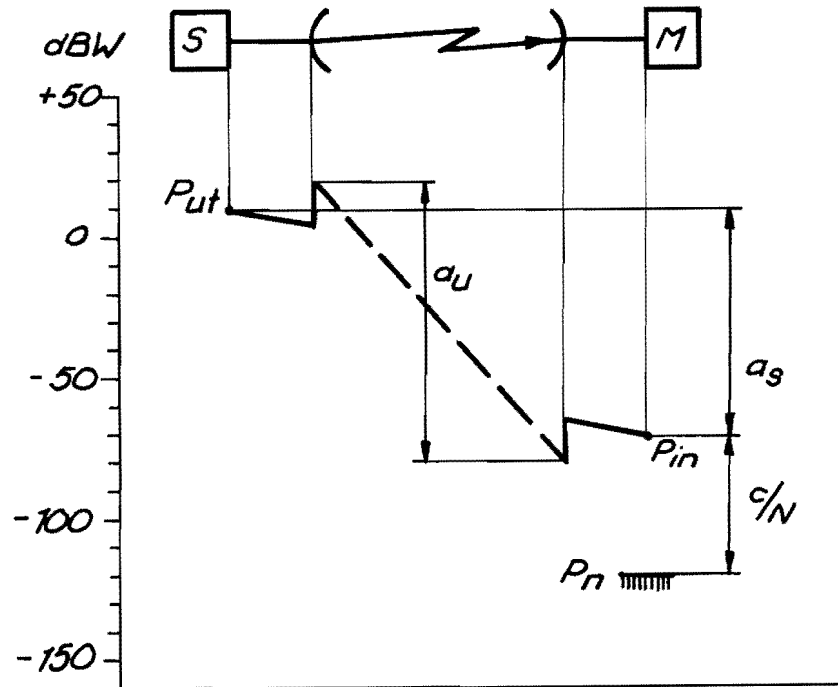


Bild 8

Bildens övre del visar en enkelriktad högfrequenskanal. Bildens undre del är ett diagram visande effektnivåerna utmed högfrequenskanalen från sändarens utgång till mottagarens ingång. (Nivåerna är angivna dBW, således dB relativt 1 W)

Sändarens uteffekt ( $P_{ut}$ ) dämpas i antennkabeln, förstärks i sändarantennen, dämpas under utbredning från sändarantenn till mottagarantenn, förstärks i mottagarantennen, dämpas i antennkabeln på mottagarsidan och når mottagarens ingång med nivån  $P_{in}$ .

På mottagarens ingång finns parallellt med den önskade signalen en brusignal med nivån  $P_n$ , vilken nivå bestäms av mottagarens bandbredd, brusfaktor etc. Förhållandet mellan dessa nivåer,  $P_{in}$  och  $P_n$ , brukar benämnas högfrekvent signal/brusförhållande (C/N).

$$C/N = P_{in} - P_n \text{ dB}$$

Detta högfrekventa signal/brusförhållande bestämmer signal/brusförhållandet även i den demodulerade basbandskanalen, det s k lågfrekventa signal/brusförhållandet (nedan betecknat S/N). Vid frekvensmodulering tillämpade modulationsdata ger vanligen en viss s k modulationsvinst, varvid det lågfrekventa signal/brusförhållandet är större än det högfrekventa signal/brusförhållandet, dvs:

$$S/N = C/N + (\text{mod vinst}) \text{ dB}$$

Bild 9 visar exempel på denna modulationsvinst.



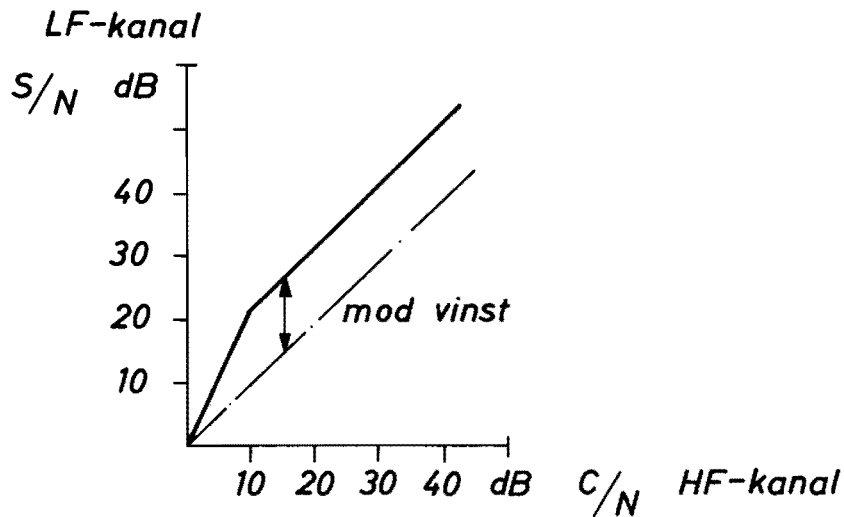


Bild 9

Ur stråkplaneringssynpunkt brukar radiolänkars prestanda sammanfattas i ett s k q-värde. Detta definieras som skillnaden mellan sändarens uteffektnivå ( $P_{ut}$ ) och mottagarens brusnivå ( $P_n$ ) ökad med modulationsvinsten, dvs:

$$q = (P_{ut} - P_n) + (\text{mod vinst}) \text{ dB}$$

q-värde (systemvärde)

Detta q-värde är ett för stråkplanering praktiskt och mycket användbart mått på en radiolänks prestanda.

Som framgår av det tidigare och bild 8 utgör q-värdet även summan av signal/brusförhållande i basbandet och dämpningen mellan sändarens utgång och mottagarens ingång. Denna senare dämpning kallas vanligen sträckdämpning ( $a_s$ ). Således gäller:

$$S/N = q - a_s \text{ dB}$$

Detta samband gäller inom ett relativt stort område, som dock begränsas åt ena hållet av tröskel effekter vid mycket låga signalnivåer och åt andra hållet av intermodulationseffekter vid höga signalnivåer, se bild 10.

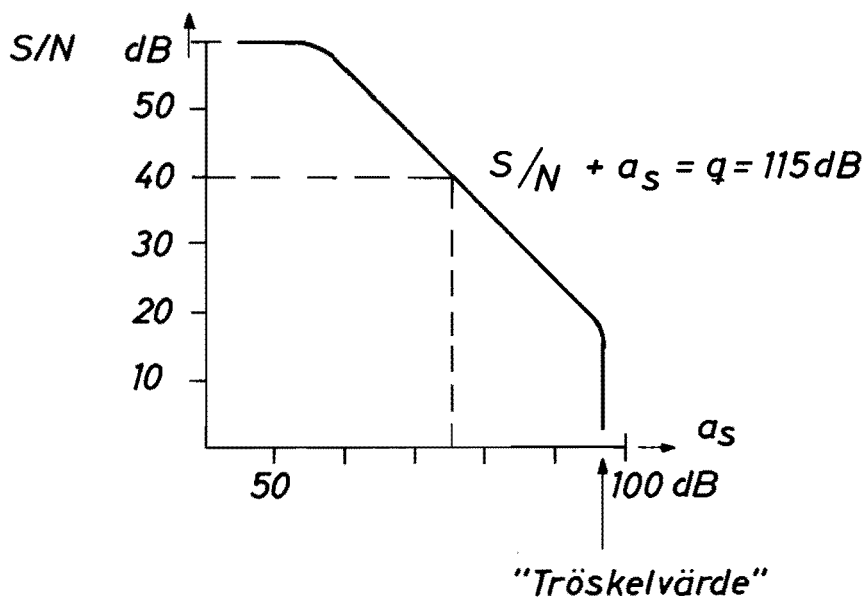


Bild 10

Konventionella radiolänkutrustningar har q-värden inom området 120 - 190 dB. För utrustningar inom försvarets fasta radiolänknät finns q-värdet angivet i respektive utrustningsbeskrivning.

Vid planering av radiolänkstråk bestäms typ av radiolänk väsentligen med ledning av erforderlig basbandsbredd, tillgängligt frekvensområde etc. För den sålunda utvalda radiolänken beräknas ett q-värde. Ur kraven på transmissionskvalitet hos de färdiga lågfrekvenskanalerna kan per hopp erforderligt signal/brusförhållande i basbandskanalen bestämmas. Härur kan den maximalt tillåtlige sträckdämpningen bestämmas enligt:

$$a_s = q - S/N$$

Radiolänkstråket måste nu planeras så att de enskilda hoppens sträckdämpningar ligger under detta värde.

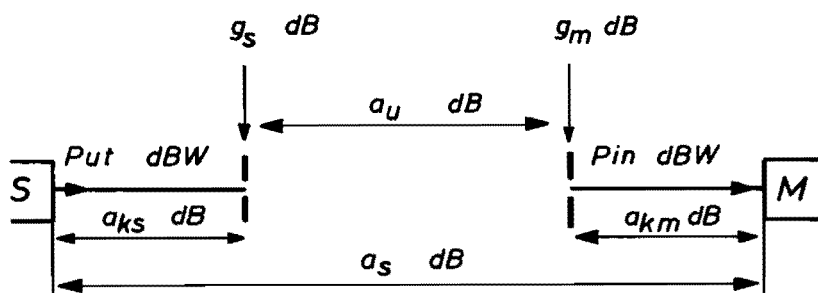


Bild 11



Fri rymd-utbredning

$$a_0 = 28 + 20 \log D + 20 \log f \text{ dB}$$

Bild 12

## Sträckdämpningsberäkning

Sträckdämpningen utgörs således av den totala dämpningen från sändarens utgång till mottagarens ingång, se bild 11.

$$a_s = P_{ut} - P_{in} \text{ dB}$$

Sträckdämpningen sammansätts av:

matarledningsdämpningen på sändar- och mottagarsidan ( $a_{ks}$ ,  $a_{km}$ )

förstärkningen på sändar- och mottagarsida ( $g_s$ ,  $g_m$ )

utbredningsdämpningen mellan antennerna ( $a_u$ )

Sträckdämpningen beräknas ur dessa sålunda:

$$a_s = a_u + a_{ks} + a_{km} - g_s - g_m$$

Matarledningsdämpningen beräknas enkelt ur uppgifter om aktuell matarlednings dämpning per längdenhet vid aktuell frekvens och den sammanlagda matarledningslängden. (Det bör observeras att för vissa utrustningstyper är q-värdet definierat för radiolänkutrustningen exklusive antenfilter. Härvid skall i matarledningsdämpningen även inräknas eventuellt förekommande sådan filterdämpning.)

## Matarledningsdämpning

Antennförstärkningen är känd genom valet av antenner. Här bör observeras att det förekommer två skilda referenssystem för antennförstärkning, antennförstärkning relativt isotrop och antennförstärkning relativt halvågsdipol. I denna framställning används antennförstärkning relativt halvågsdipol i konsekvens med att utbredningsdämpningen nedan uttrycks som utbredningsdämpningen mellan halvågsdipoler. I tabell 1 ges några exempel på för skilda frekvensområden vanliga antenntyper och förstärkningar.

## Antennförstärkning

Sedan nu matarledningsdämpning och antennförstärkning beräknats, återstår för beräkning av sträckdämpningen endast utbredningsdämpningen på den aktuella sträckan. I det följande lämnas en kortfattad översikt angående beräkningsmetodik härvid samt redovisas några praktiskt användbara »tumregler».

## Utbredningsdämpning

Utbredningsdämpningen mellan två i fri rymd placerade halvågsdipoler, se bild 12, kan beräknas enligt följande:

$$a_u = 28 + 20 \log D + 20 \log f \text{ (dB)}$$

D:avståndet A - B (km)

f:frekvens (MHz)

Denna utbredningsdämpning kallas vanligen fri rymddämpning och betecknas  $a_0$ .

För beräkning av utbredningsdämpningen mellan rymdskepp, satelliter etc är denna formel tillräcklig. Vid beräkning av utbredningsdämpning mellan antenner ingående i konventionella radiolänkar på jorden, måste hänsyn emellertid tas till terrängen mellan antennerna, till atmosfären etc. Dessa faktorer medför dels att utbredningsdämpningen avviker från frirymd-dämp-

ningen, dels att utbredningsdämpningen varierar i tiden. Utbredningsdämpningen brukar därför anses sammansatt av fri-rymd-dämpning och s k hinderdämpning:

$$a_u = a_0 + a_h \text{ dB}$$

Nedan redogörs först för beräkning av hinderdämpningens (och därmed utbredningsdämpningens) medelvärde och därefter för beräkning av dämpningens variation i tiden.

Med utbredningsdämpningens medelvärde avses här dess tids-medianvärde, dvs det värde som underskrids 50% av tiden och överskrids 50% av tiden.

Utbredningsdämpningens  
medelvärde

Hinderdämpningen innefattar enligt ovan allt som avviker från fri-rymd-förhållanden. Väsentliga faktorer är här dämpning på grund av atmosfärens inverkan och dämpning på grund av terrängens inverkan.

Medelvärdemässigt inverkar atmosfären genom absorption av viss energi. Denna absorptionsdämpning är praktiskt utan betydelse vid frekvenser under 10 GHz. Vid högre frekvenser verkar regn och dyl liksom atmosfärens gaser dämpande. Som exempel kan nämnas att regnfall med intensiteten 5 mm/h för frekvensen 13 GHz ger en extra dämpning av 0,15 dB/km.

För beräkning av hinderdämpning på grund av inverkan från terrängen mellan antennerna, gör man normalt upp en s k markprofil över terrängsnittet mellan antennerna, se bild 13.

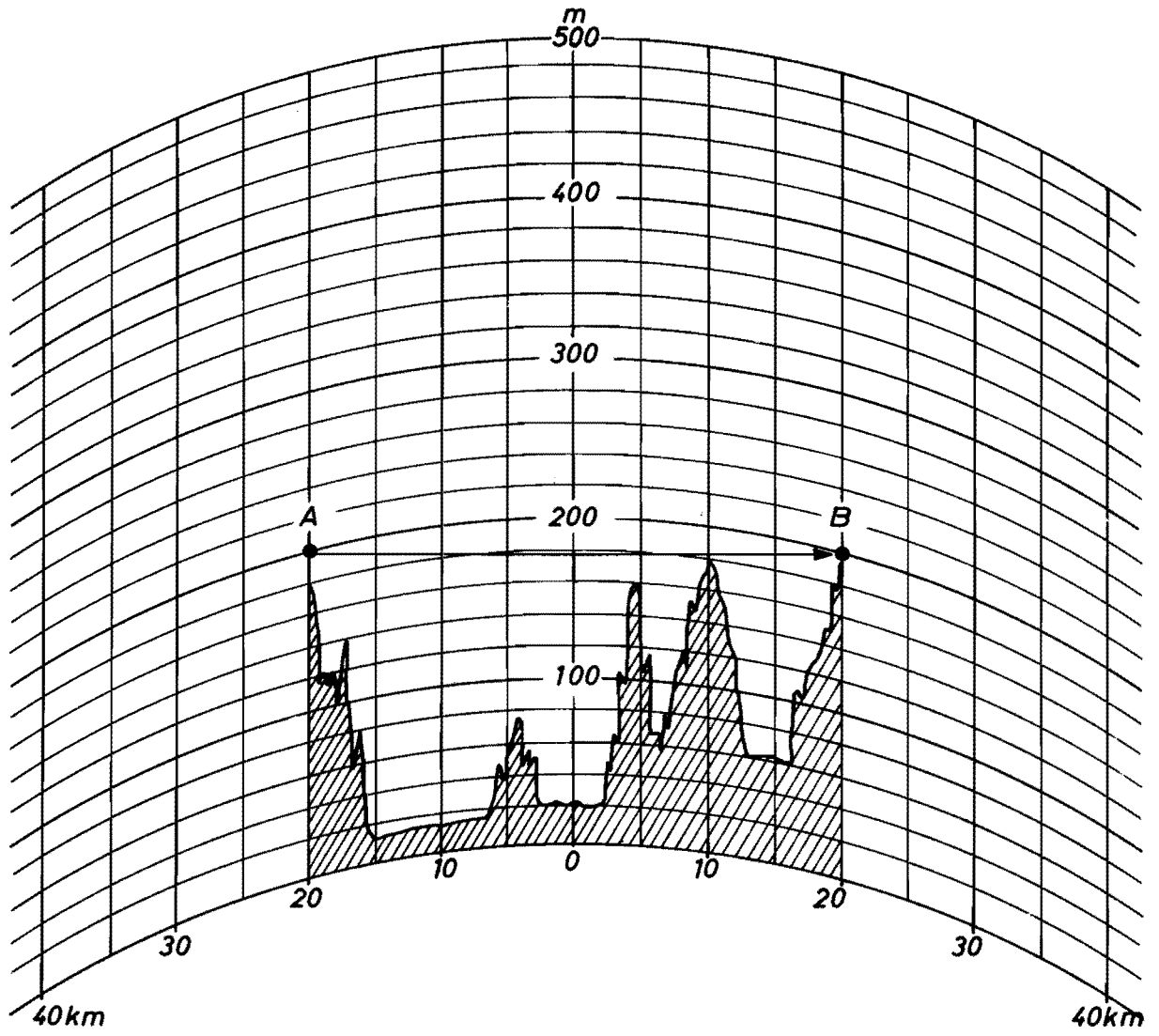
Vid uppgörande av en sådan markprofil måste givetvis hänsyn tas till jordkrökningen (såsom visas på bild 13).

För medelvärdesberäkningar, som det här gäller, antas härvid jordradien vara 4/3 av den verkliga (förhållandet sammanhänger med att atmosfärens brytningsindex normalt varierar med höjden över marken, vilket resulterar i att radioenergin i viss grad följer jordens krökning, refraktion). Detta förhållande mellan antagen jordradie och verkliga jordradien brukar kallas k-faktorn.

För bedömning av hinderdämpningen på sträckan är den så kallade första Fresnel-zonen av intresse. Se bild 14 och 15.

Första Fresnel-zonen utgörs av en rotationsellepsoid med brännpunkter i antennerna, dvs en cigarrformad volym mellan antennerna. Begränsnings-ellipsen utgörs härvid av orten för sådana punkter, för vilka summan av avstånden till de båda antennerna är lika med kortaste avståndet mellan antennerna plus en halv våglängd. Formeln för beräkning av första Fresnel-zonens radie framgår av bild 14.

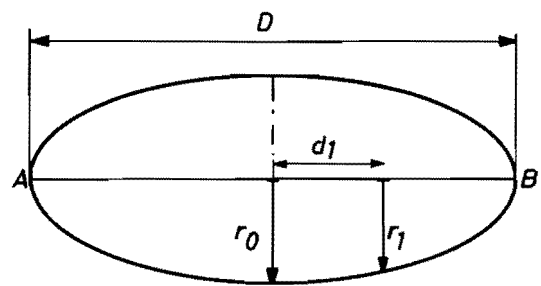
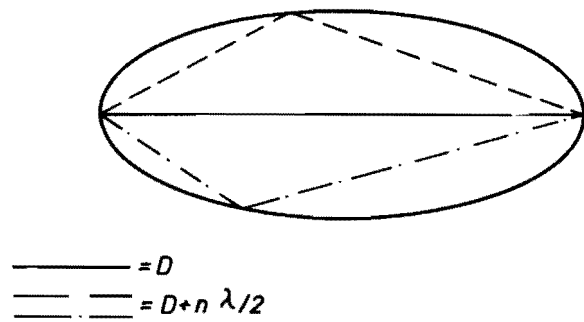
Station:                      Azimuth:                      Station:  
Elev: :    m                      Distance:    km                      Elev: :    m



Horizontal scale: 1:500000    Vertical scale 1:4000 k=4/3

Bild 13

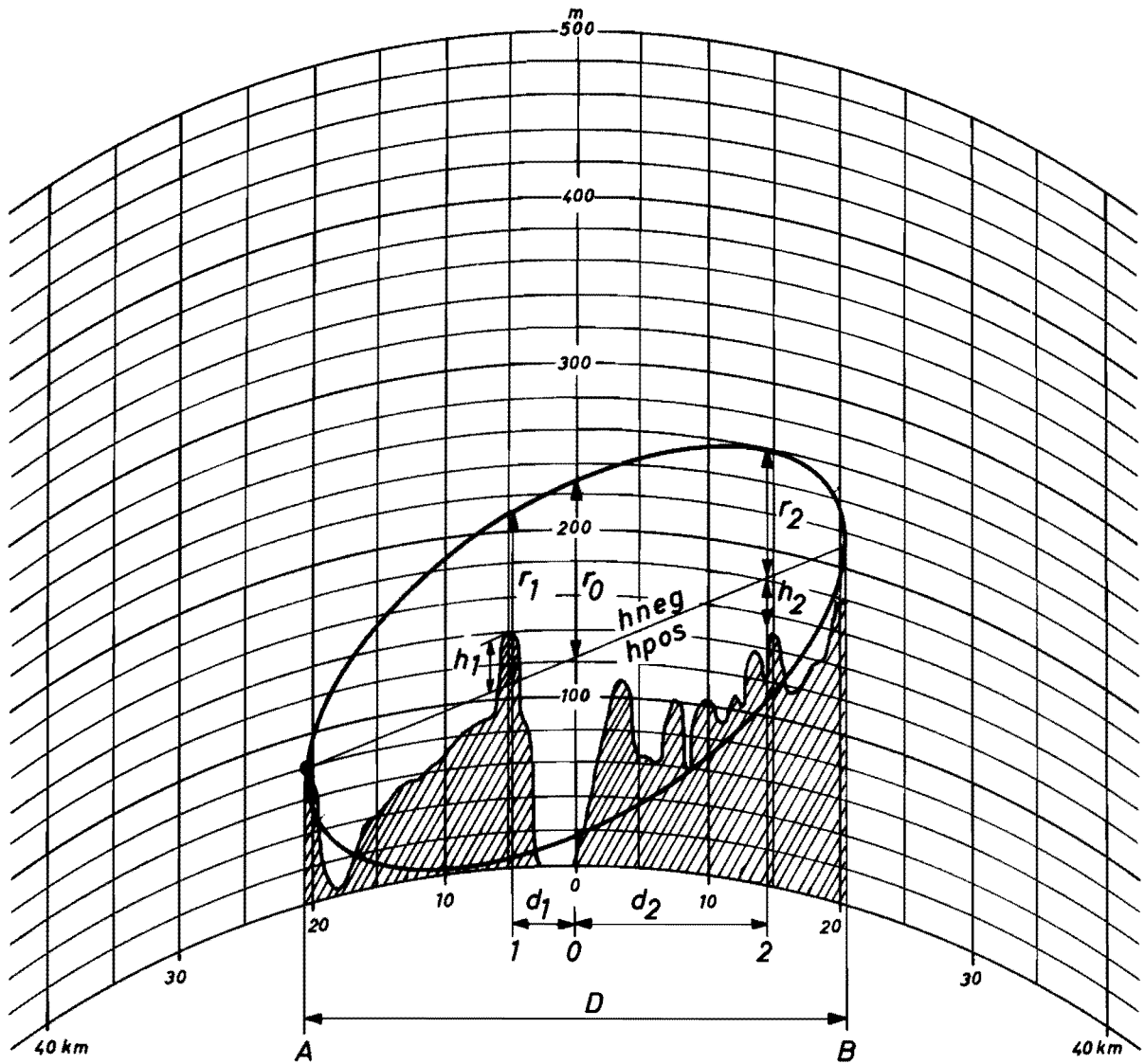
Frensel-zon



1. F-zonradie  $r_0 = 15,8 \sqrt{D \cdot \lambda}$   $[r_0 (m), D(km), \lambda (m)]$   
 $r_1 = r_0 \cdot \sqrt{1 - (\frac{2d_1}{D})^2}$

Bild 14

Station: Azimuth: Station:  
 Elev: m Distance: km Elev: m



Horizontal scale: 1:500000 Vertical scale 1:4000  $k=4/3$

Bild 15

Vid praktiska beräkningar av hinderdämpning brukar man förenklat anse att endast hinder inom första Fresnel-zonen är av intresse. Är denna zon helt fri från hinder, brukar hinderdämpningen approximeras till 0 och utbredningsdämpningen härvid sättas lika med frirymddämpningen. Om terrängen däremot tränger in i första Fresnel-zonen bedöms vanligen hinderdämpning föreligga. För beräkning av storleken av denna hinderdämpning finns flera metoder, här skall skisseras några av dessa.

Utgörs hindret av en »skarp kant» kan hinderdämpningen sägas bero på diffraktionsdämpning runt denna kant och härvid förenklat beräknas enligt följande. Tränger kanten in i första Fresnel-zonen och upp till siktlinjen mellan antennerna, ger den en dämpning av ca 6 dB. Tränger hindret upp till första Fresnel-zonens övre kant, ger det en dämpning av ca 16 dB.

Vid andra inträngningsdjup kan hinderdämpningen beräknas med ledning av bild 15 och 16. En svårighet föreligger givetvis vid bedömningen huruvida kanten är »skarp». Kravet är givetvis frekvensberoende, vid metervågslänkar kan även relativt »mjuka» åsar anses utgöra skarpa kanter, vid mikrovågslänkar krävs mera markerade bergkammar.

Denna bedömning, liksom bedömningen av dämpningen p g a flera inträngande skarpa kanter, kräver givetvis viss erfarenhet. En erfaren »dämpningsberäknare» kan för hinder av denna typ normalt beräkna medelvärdesdämpningen med en noggrannhet av  $\pm$  några dB.

Vissa terrängsnitt är sådana, att en yta med krökningsradien av storleksordningen jordradie tränger in i första Fresnel-zonen. Även hinder av denna typ kan beräknas enligt förenklade metoder. Tränger sådan »buktig jordyta» upp till siktlinjen, ger den en hinderdämpning av ca 20 dB.

Även för buktiga jordtytor liggande strax över och strax under siktlinjen, kan tämligen noggranna beräkningar av hinderdämpningen göras med relativt enkla metoder.

Enligt ovan skisserade metoder kan således medelvärdet av utbredningsdämpningen för en sträcka beräknas. Beräkningarna underlättas av diagram och nomogram, se bild 16, 17 och 18.



) ) ) )

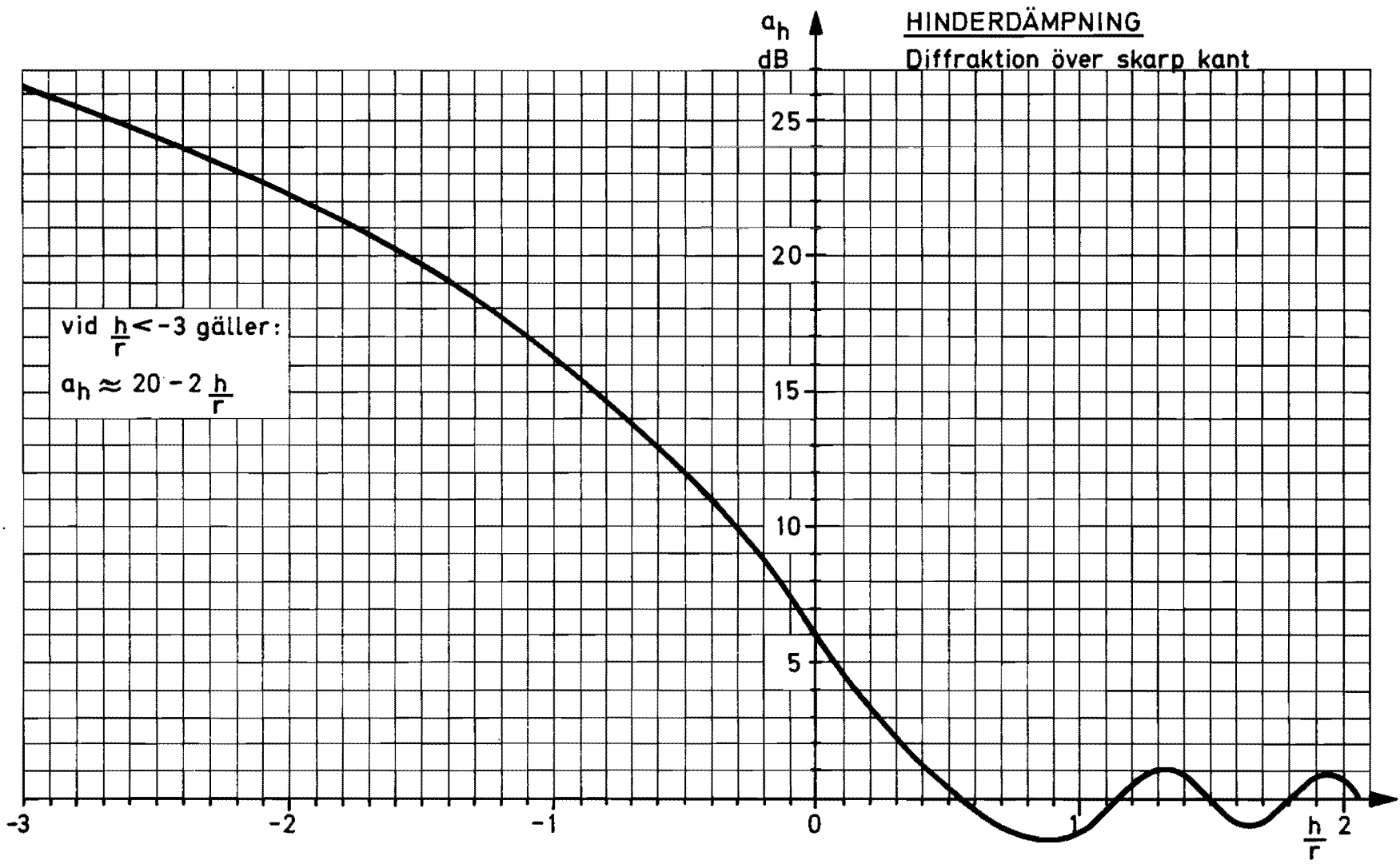
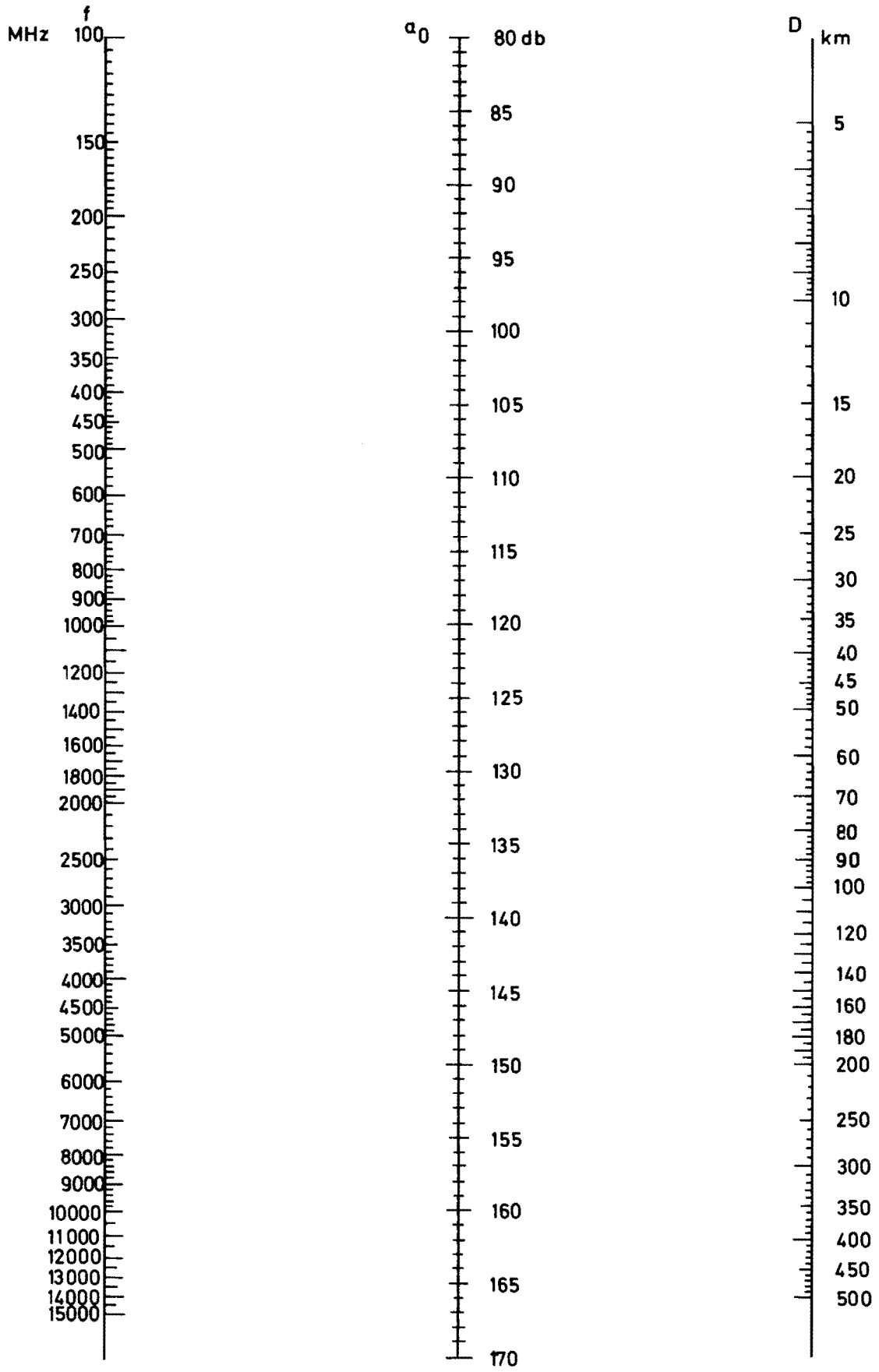
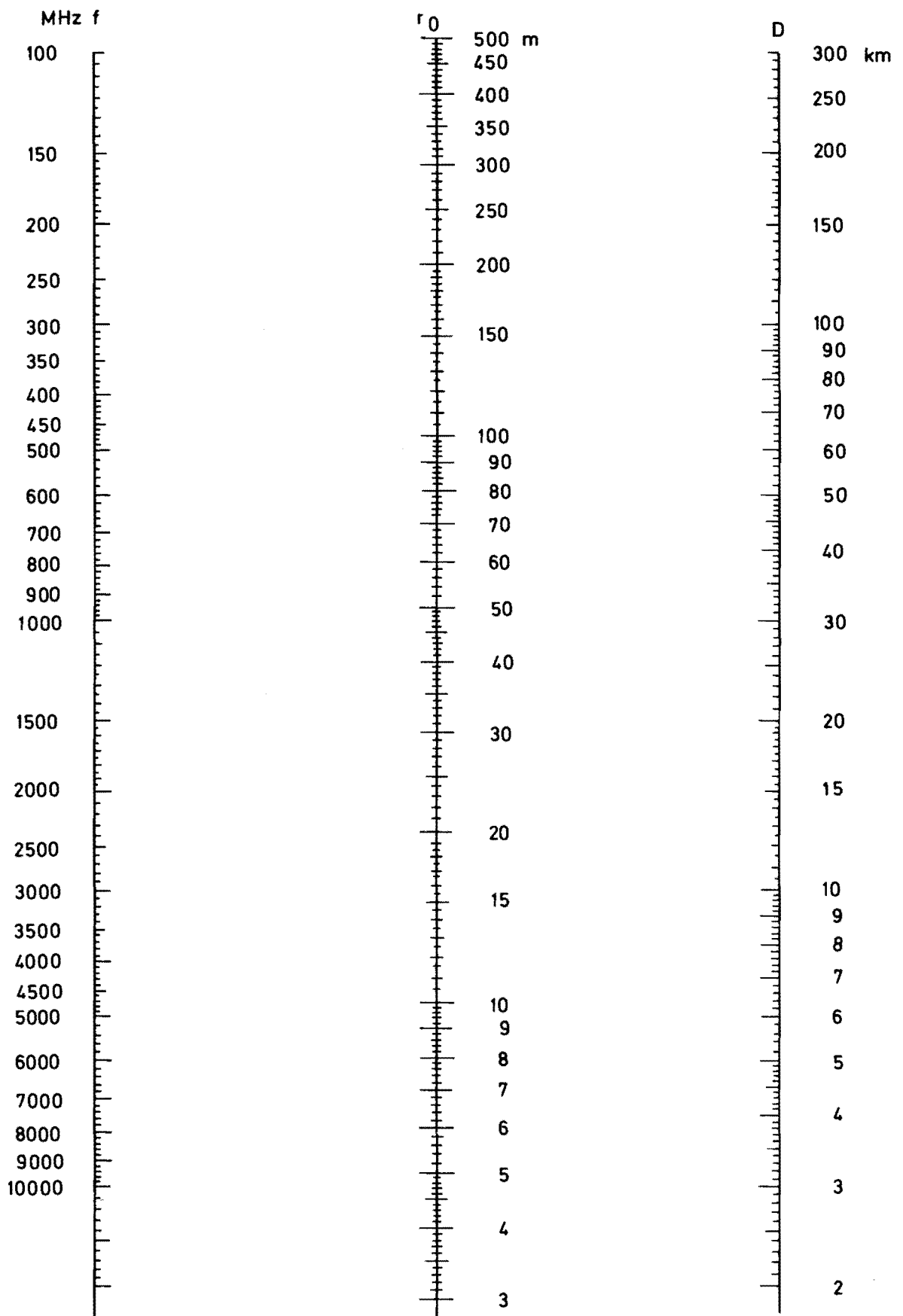


Bild 16



Utbredningsdämpning i fri rymd (a<sub>0</sub>)

Bild 17



Första Fresnelzonens radie vid sträckans mittpunkt.

#### Dämpningsvariationer (fading)

Som ovan angivits varierar emellertid utbredningsdämpningen med tiden. En viktig faktor härvid är förändringarna i jordens atmosfär, vars brytningsindex varierar med förändringar i lufttryck, fuktighet etc.

Detta kan dels påverka refraktionsförhållandena och därmed k-faktorn (vilket i sin tur förändrar terrängprofilens utseende), dels kan det skapa olika skiktningar i atmosfären, vilket givetvis påverkar utbredningen: det kan exempelvis åstadkomma flervägsutbredning och därmed interferensfenomen och fading.

Variationer i k-faktorn förändrar således markprofilens utseende, se bild 19, och därmed hinderdämpningarnas storlek. Man känner någorlunda väl k-faktorns statistiska fördelning i olika klimat och kan med ledning härav och ovan relaterade metoder beräkna variationerna i hinderdämpningen. För svenska förhållanden brukar k-värden mellan  $\infty$  och 0,6 beaktas.

Även variationer i dämpning p g a flervägsutbredning i atmosfären är statistiskt någorlunda kända. Speciellt för mikrovågsområdet är dessa av betydelse. Bild 20 visar i diagramform dessa dämpningsvariationers storlek (se linjen »Non diversity«).

Även reflektioner mot marken skapar interferensfenomen och, vid förändringar i k-faktorn, fading. Detta är aktuellt framför allt på sträckor där en relativt jämn yta i terrängen kan fungera som en spegel, vilket kan skapa mycket allvarliga fading-fenomen. Man strävar därför att undvika sådana sträckor eller att skydda sig genom att välja antennplatserna så, att de reflekterande ytorna maskeras av intilliggande höjder eller dyl.

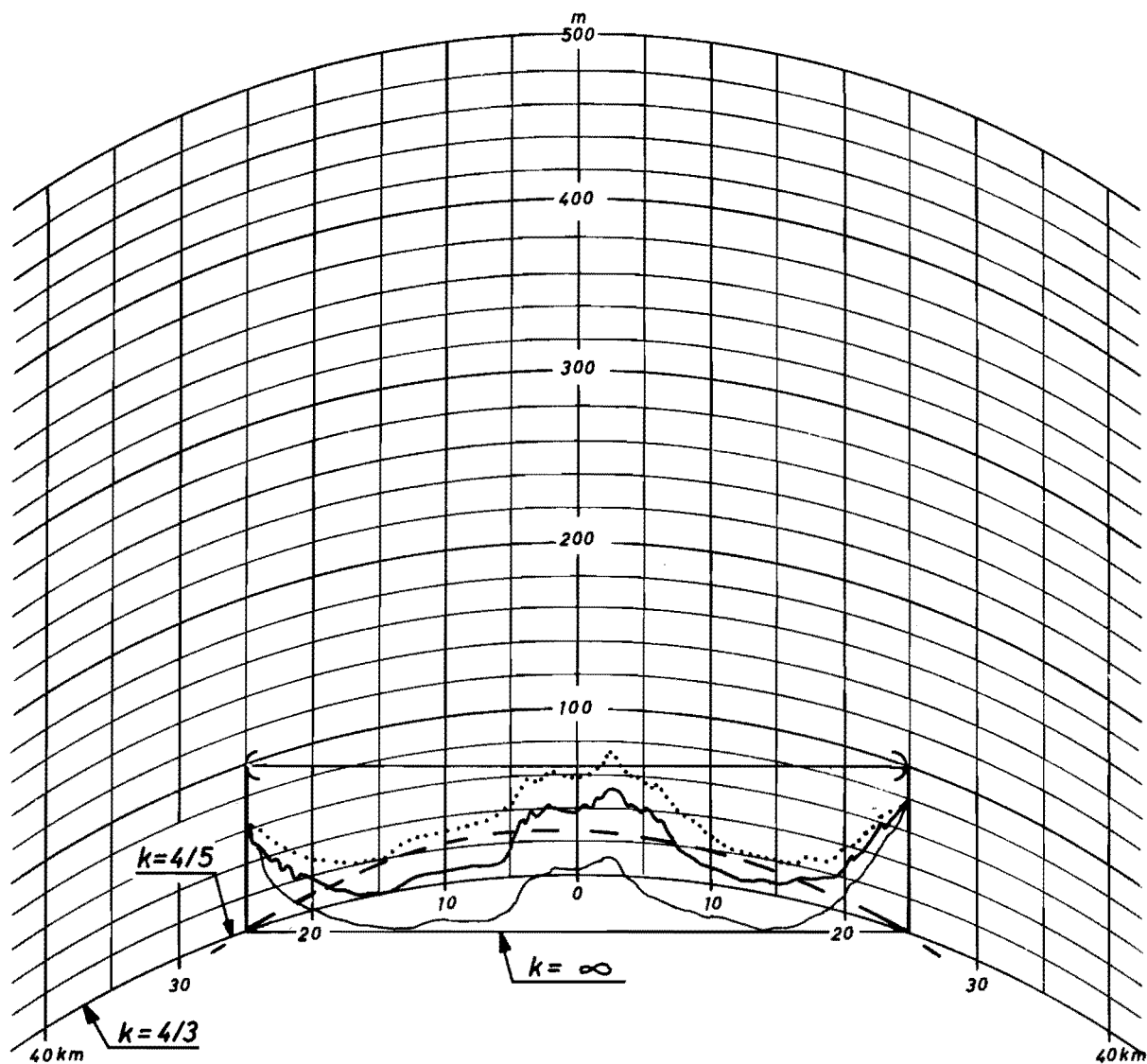
Enligt ovan skisserade metoder kan således variationerna i utbredningsdämpning beräknas. På bild 21 har skisserats några kurvor för dämpningens variation kring sitt medelvärde. Exemplet för mikrovågslänk visar att för aktuell sträcka överskrider medelvärdesdämpningen under 1 % av tiden med ca 16 dB, under 0,1 % av tiden med ca 28 dB och under 0,01 % av tiden med ca 40 dB.

Utbredningsdämpningen varierar således högst avsevärt med tiden. Variationernas storlek kan i vissa fall (speciellt vid interferensfenomenen) minskas genom att man utnyttjar s k diversitetsarrangemang, se bild 22 och 23.

Dessa innebär att en signal tas emot i två punkter (rymddiversitet) eller över två skilda frekvenser (frekvensdiversitet).

Härigenom ernås att interferenstopparna på de båda sträckorna (frekvenserna) förekommer vid olika tider, resulterande fadingen minskar, (se exempelvis linjerna »Dual diversity« på bild 20).

Station: Azimuth: Station:  
 Elev: m Distance: km Elev: m



Horizontal scale 1:500000 Vertical scale 1:4000  $k=4/3$

Bild 19

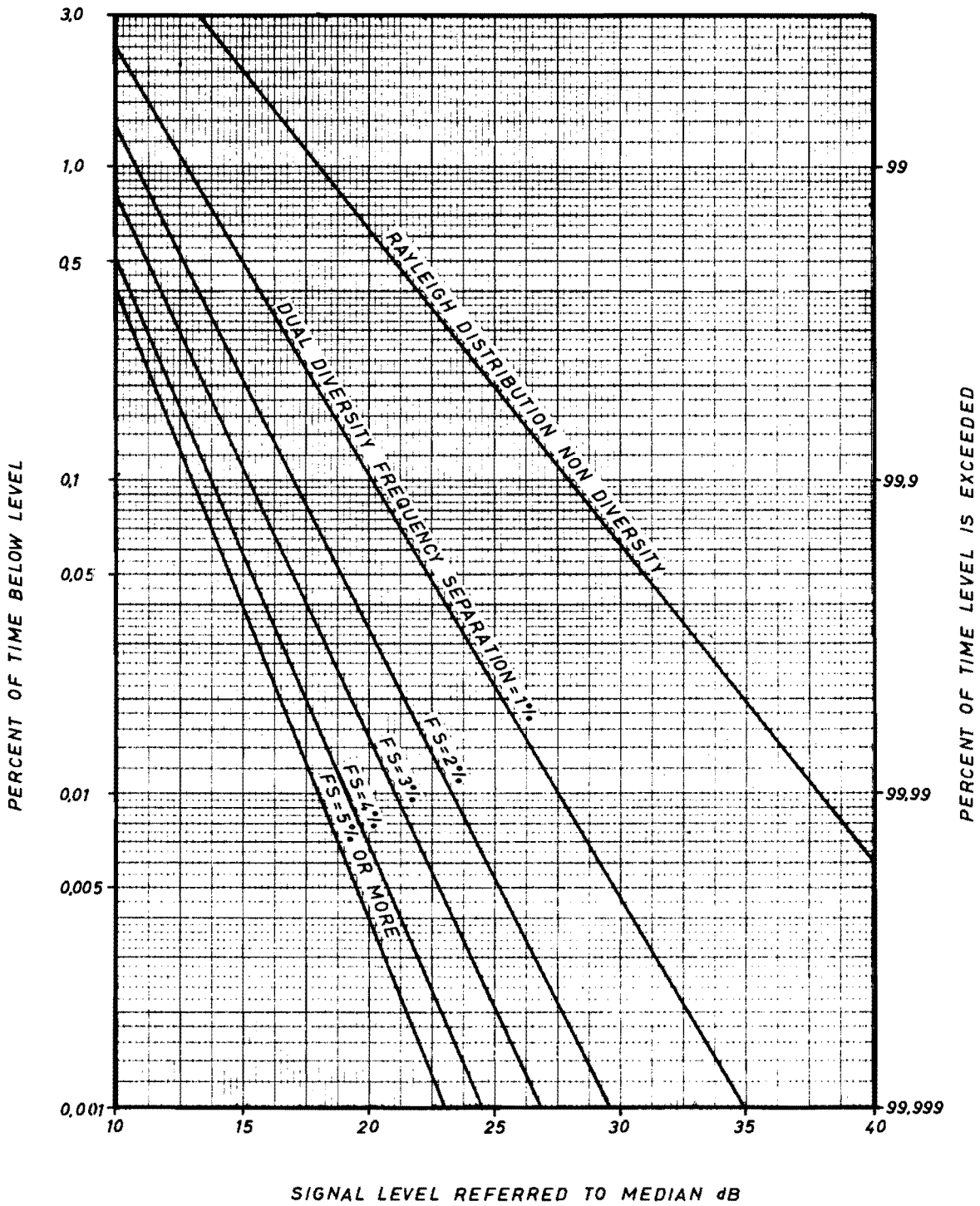


Bild 20

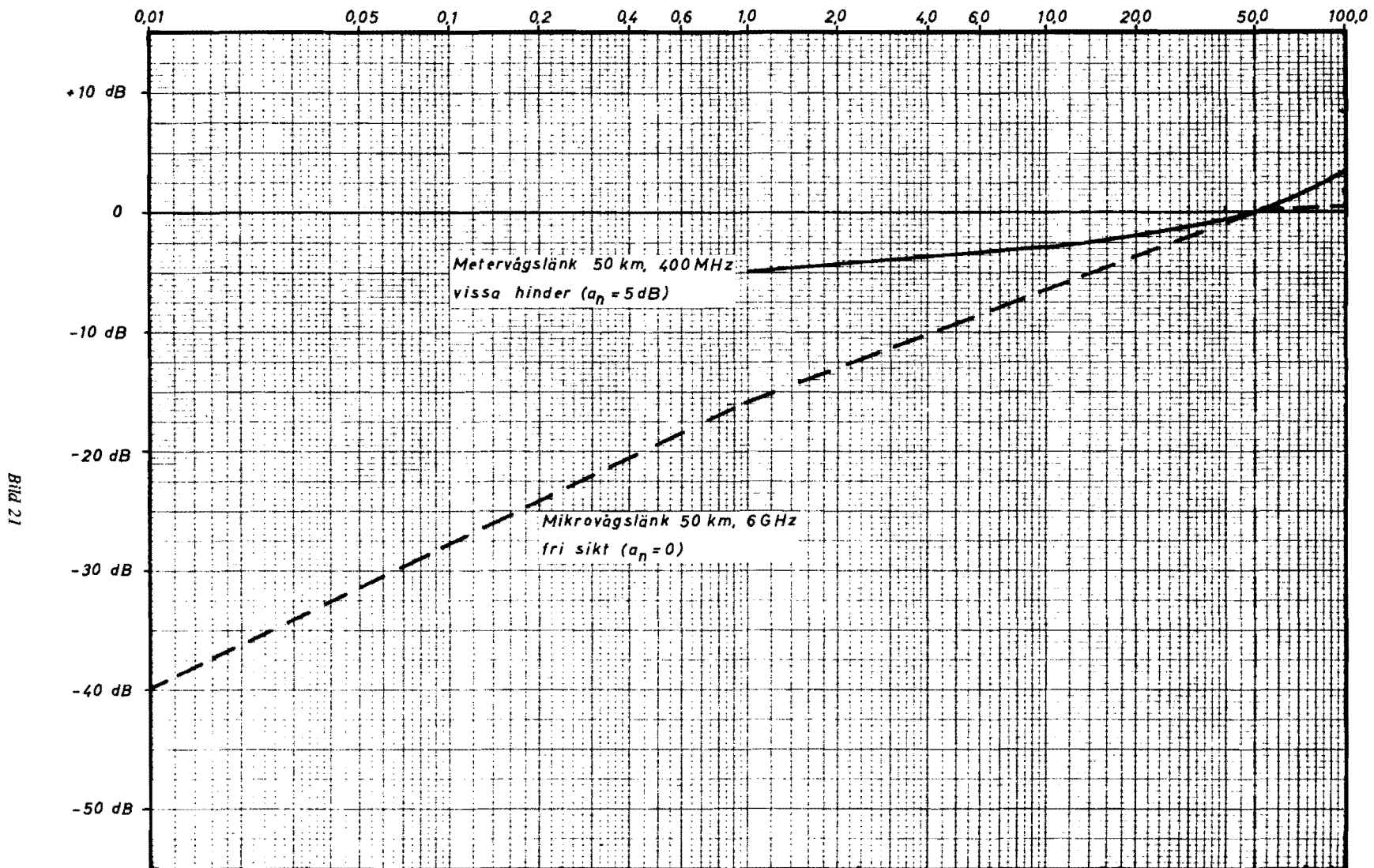
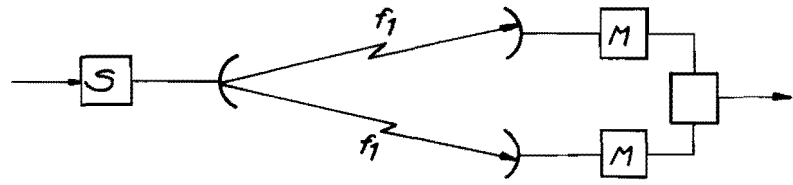
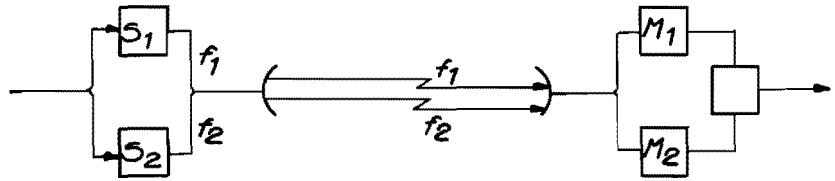


Bild 21

Fading-kurvor

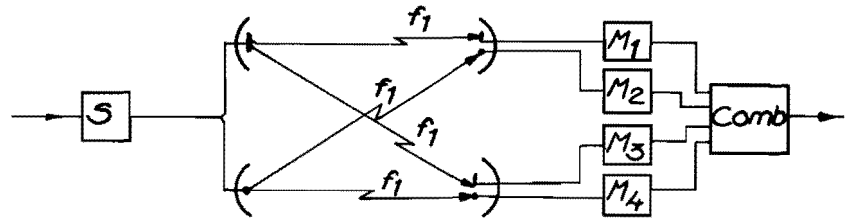


Rymd-diversitet



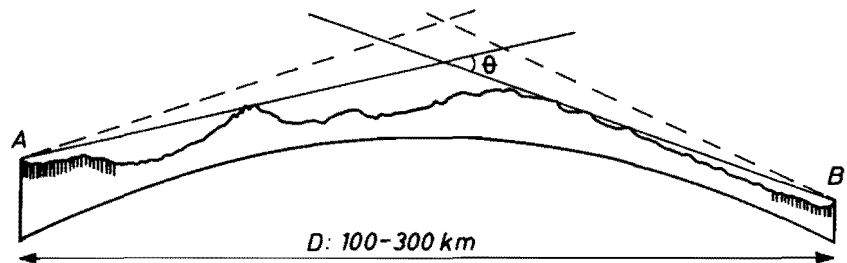
Frekvensdiversitet

Bild 22



Exempel på rymd-diversitet.

Bild 23



Spridning (Scattering)  
Principbild

Bild 24  
22



Ovan har berörts förhållandena för konventionella radiolänkar, även s k spridningslänkar skall här beröras med några ord.

Dessa länkar, vilka utnyttjas för att överbrygga avstånd avsevärt bortom fri sikt, utnyttjar fenomenet att atmosfären brytningsmässigt inte är helt homogen utan i viss mån sprider radioenergin. (Fenomenet påminner om förhållandet, att man nattetid kan se luften ovanför en vägbanan belyst av en mötande bils strålkastare redan innan man ser själva strålkastaren.) Se bild 24. För radiolänkar är framför allt spridning i troposfären av intresse. Denna utbredningsmekanism ger relativt höga men mindre avståndsberoende utbredningsdämpningar än normal diffraktionsutbredning, se bild 25.

Utbredning genom spridning

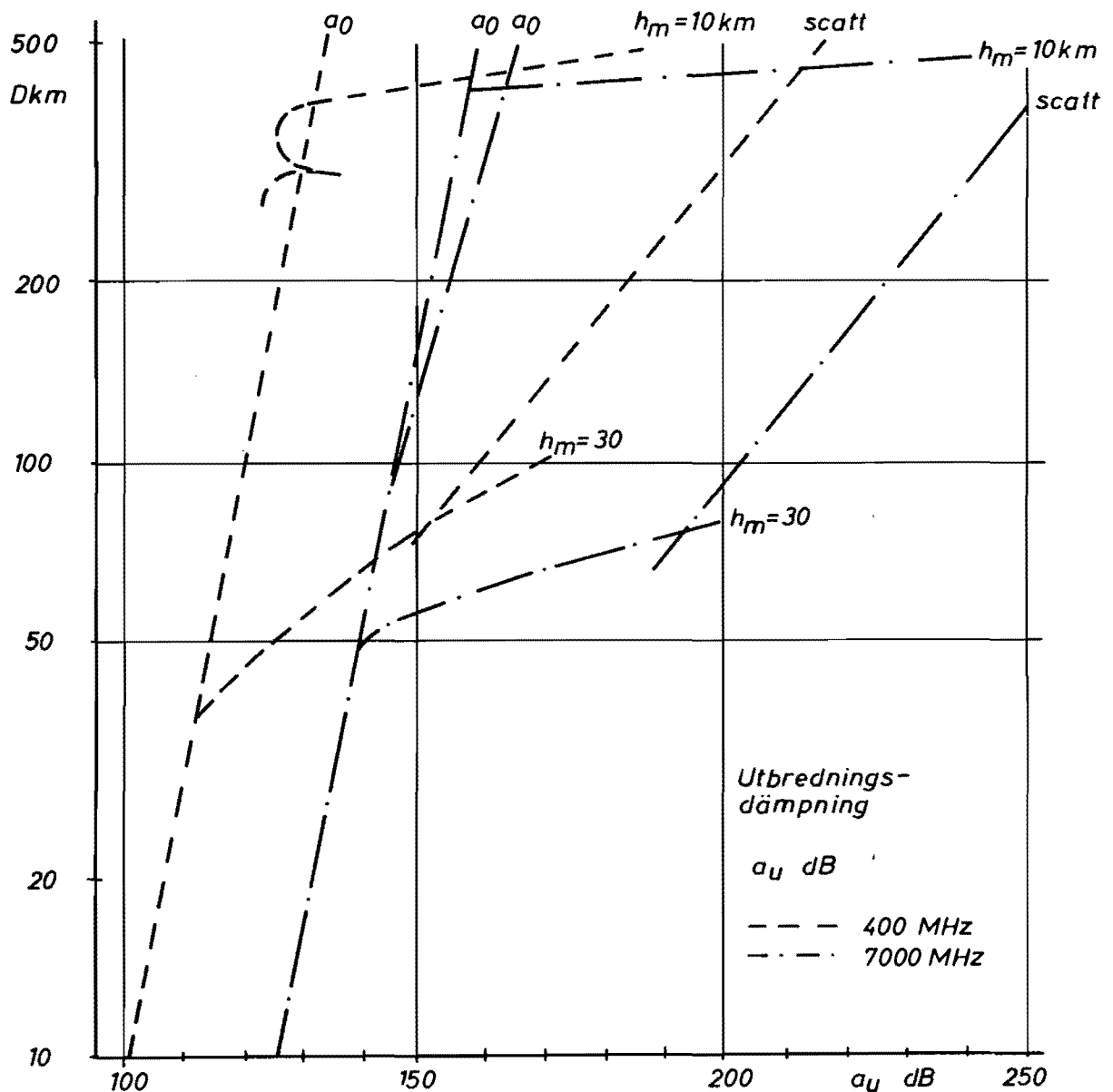


Bild 25

## Stråkplanering med exempel

Nedan redogörs för gången i stort vid stråkplanering och redovisas ett kortfattat exempel.

Vid stråkplaneringen utgörs primära ingångsdata av aktuellt stråks båda ändpunkter samt kapacitets- och kvalitetskraven på det överförda basbandet. Dessa krav, jämte hänsyn till disponibla frekvensband och terrängtyp som skall överbryggas, bestämmer primärt valet av radiolänktyp. Härmed kan också ett ungefärligt q-värde anges och med ledning av specificerade kvalitetskrav även ett ungefärligt maximalt sträckdämpningsvärde beräknas. Ur sträckdämpningsvärdet kan för olika antenn- och kabelalternativ maximal utbredningsdämpning anges.

Med ledning av dessa tillåtna utbredningsdämpningar och kartunderlag för aktuell terräng kan antalet erforderliga hopp preliminärt bestämmas.

Genom kartstudier uppsöks ett antal tänkbara stationsplatser och några alternativa sträckningar för stråket skisseras. Se bild 26.

Markprofiler görs upp för aktuella sträckor och utbredningsdämpningarna beräknas i detalj, varvid erforderliga antennhöjder etc för alternativa stationsplatserna studeras.

För slutgiltigt val av sträckning erfordras vanligen rekognosering av stationsplatser, kontrollmätningar i terrängen etc.

Vid valet mellan alternativa sträckningar tas, för undvikande av inbördes störningar etc, även hänsyn till tidigare existerande länkstråk. En avgörande faktor vid valet mellan alternativa sträckningar brukar vara stationsplatsernas tillgänglighet (vägkostnader etc).

Beträffande kvalitetskraven finns för försvarets fasta radiolänknät utarbetade normer, vilka för olika typer av stråk anger kraven per radiolänkhopp. Dessa normer anger dels erforderligt medelvärde av signal-brusförhållande, dels maximal andel av tiden som tröskelvärdet (se bild 10) får överskridas.

Normerna syftar till att ge alla över försvarets fasta radiolänknät upprättade förbindelser erforderlig kvalitet i vad avser såväl signal-brusförhållande som säkerhet mot avbrott på grund av fading på länkhoppen.

Beträffande tillgängligt frekvensområde finns för försvarets fasta radiolänknät vissa frekvensområden reserverade. För radiolänkar i allmänhet måste vid val av frekvensområde hänsyn tas till internationellt utarbetade rekommendationer.

På bild 27 finns de av ITU för »Fixed services» fastlagda frekvensbanden angivna, inom vilka bl a fasta radiolänkar skall inrymmas. För vissa av dessa frekvensband finns av CCIR utarbetade rekommendationer beträffande frekvensraster (kanal- och duplexavstånd m m).

Dessa internationella rekommendationer är inte bindande för respektive länders försvarsmakter, men påverkar ändå dessas planering genom att de styr fabrikanternas utveckling av apparatur.

Planering av stråk, geografi.

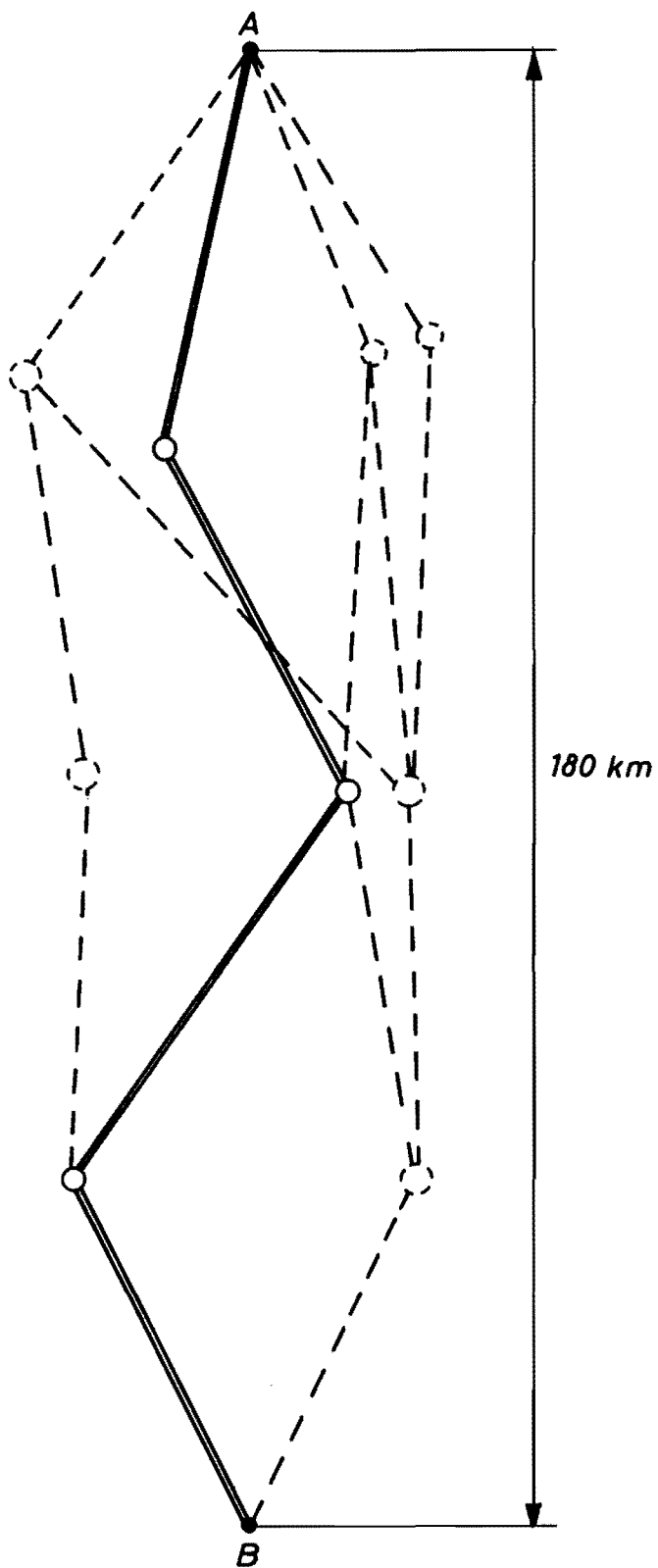
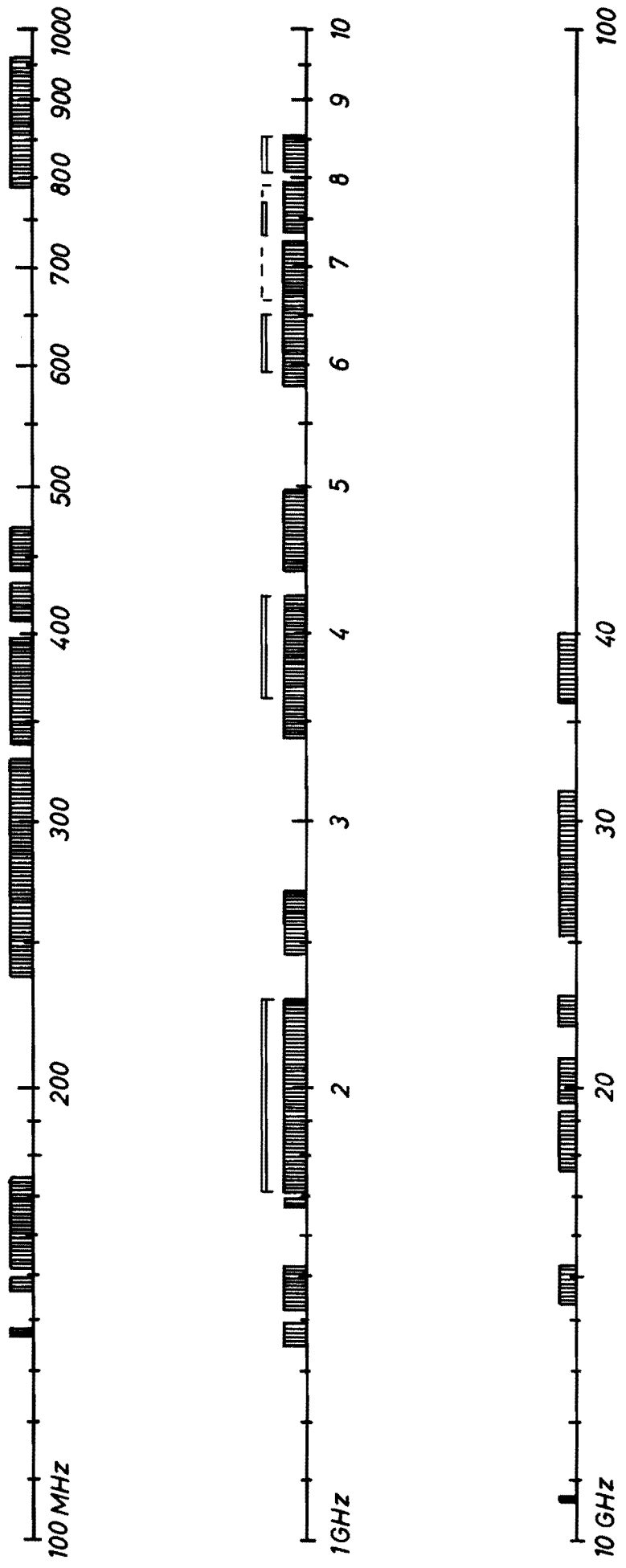


Bild 26

Bild 27



ITU frequency allocations 1959, 1963

Fixed services

) ) )

Förenklat exempel på stråk-  
planering

Förutsättningar:

Stråklängd: 180 km  
 Kapacitetskrav: 120 telefonkanaler  
 Kvalitetskrav: S/N större än 50 dB under 50 % av tiden  
 Avbrottstid p g a fading 0,1 % av tiden  
 Frekvensområde: 7 GHz-bandet  
 Vald utrustning har q-värdet 125 dB, tröskeleffekt vid S/N = 20 dB.

Kartstudier av aktuellt område visar att stråket bör kunna anordnas i fyra hopp, vilka tills vidare antas vara lika.

Grovplanering

Kvalitetskrav per hopp:  $S/N = 50 + 10 \log 4 = 56 \text{ dB}$   
 Avbrottstid per hopp:  $= 0,1/4 = 0,025 \%$   
 Tillåten  $a_s$  per hopp: Medelvärde  $125 - 56 = 69 \text{ dB}$   
 Tröskelvärde:  $125 - 20 = 105 \text{ dB}$   
 Tröskelvärdet får överskridas mindre än 0,025 % av tiden

Planerade antenntyper ger  $g_s = g_m = 40 \text{ dB}$ , matarledningsdämpningen antas tills vidare  $a_k = 6 \text{ dB}$  totalt.

Ur dessa värden kan tillåten  $a_u$  beräknas enligt följande:

Medelvärde:  $a_u < 69 + 80 - 6 = 143 \text{ dB}$   
 0,025 % av tiden  $a_u < 105 + 80 - 6 = 179 \text{ dB}$

Hopplängden antas preliminärt vara ca 50 km. Härur kan beräknas:

$$a_0 = 28 + 20 \log 50 + 20 \log 7000 = 139 \text{ dB}$$

Tillåten hinderdämpning uppgår således till:

Medelvärde:  $a_h < 4 \text{ dB}$   
 0,025 av tiden:  $a_h < 40 \text{ dB}$

Tillgängliga statistiska uppgifter visar att vid 50 km och frisiktförhållanden, 7 GHz är utbredningsdämpning under 0,025 % av tiden = +34 dB relativt 50 %-värdet.

Aktuellt stråk tillåter således hopp om 50 km med hinderdämpning ca 4 dB per hopp, vilket kan översättas till att någon enstaka vass kant får tränga in obetydligt i första Fresnel-zonen.

Detaljplanering

Med ledning av dessa preliminärt framräknade värden detaljplaneras nu stråket geografiskt. När en lämplig sträckning valts ut, detaljstuderas varje hopp. Med ledning av markprofiler m m framräknas lämpliga antennhöjder. Kabeldämpningar, hinderdämpningar, fading, etc beräknas. Slutningen görs en kontroll av stråkets resulterande data.

Hopp nr	g dB	$a_k$ dB	D km	$a_0$ dB	$a_h$ dB	$a_u$ dB	$a_s$ dB	S/N dB	marginal till tröskelv (105- $a_s$ ) dB	tröskelv överskrides %
1	80	4	50	139	0	139	63	62	42	0,004
2	80	8	60	141	2	143	71	54	34	0,030
3	80	6	45	138	2	140	66	59	39	0,005
4	80	3	56	140	0	140	63	62	42	0,004

För stråket totalt

52 dB

0,043 %

Tabell 2

Resulterande transmissionskvaliteten för stråket blir således signalbrusförhållande i basbandet = 52 dB: avbrottstiden med hänsyn till fading uppgår till 0,043 %, vilket uppfyller ställda krav.

Vid sammanställningen bör observeras att avbrottstiderna praktiskt kan adderas direkt, medan resulterande signal-brusförhållande måste beräknas genom att man först beräknar brustillskottet från varje hopp, och därefter adderar dessa.

I denna framställning har endast vissa av för stråkplanering väsentliga förhållanden kunnat beröras. För den som själv skall utföra planering av radiolänkstråk eller som av andra skäl önskar studera området mera ingående har följande litteraturförteckning sammanställts:

- »Point-to-Point Radio Relay Systems 44 mc to 13000 mc»  
RCA electronic training series (1954)
- Brodhage H, Hormuth W:  
»Planung und Berechnung von Richtfunkverbindungen»  
9. ausgabe. Berlin 1968 (Siemens)  
(finns även i engelsk upplaga)
- »Microwave Path Engineering Considerations 6000 - 8000 Mc»  
Lenkurt, 1960 (Manual)
- Wolff Axel W:  
»Bredbandiga Radiolänksystem»  
TELE 1965:4 sid 412 - 422
- Bullington K.  
»Radio Propagation Fundamentals»  
The Bell System Techn. Journ. 1957:3 (May) pp 593
- Bray W J, Hopkins H G m fl:  
»Review of Long-Distance Radio-Wave Propagation above 30 Mc/s»  
Proc. of IEE, London, 1955:Jan (paper no 1782 R, 1955)
- Paul H:  
»Die Planung von Richtfunknetzen bei Meter - und Dezimeter-wellen»  
NTZ 1957:5 pp 223
- Tewson M B:  
»Notes on Planning Microwave Radio Relay Systems»  
G.E.C. Telecommunications no 34

# Tillgänglighet

H. Lööw

Hög tillgänglighet kan vinnas genom:

- Reservdrift
- Maskformigt nät
- Hög MTBF hos utrustningen
- Hög standard på underhållsorganisationen

Vad fordras för hög tillgänglighet hos radiolänk?

Bild 1 visar några olika typer av reservdrift som redan används inom FMV länknät.

Reservdrift

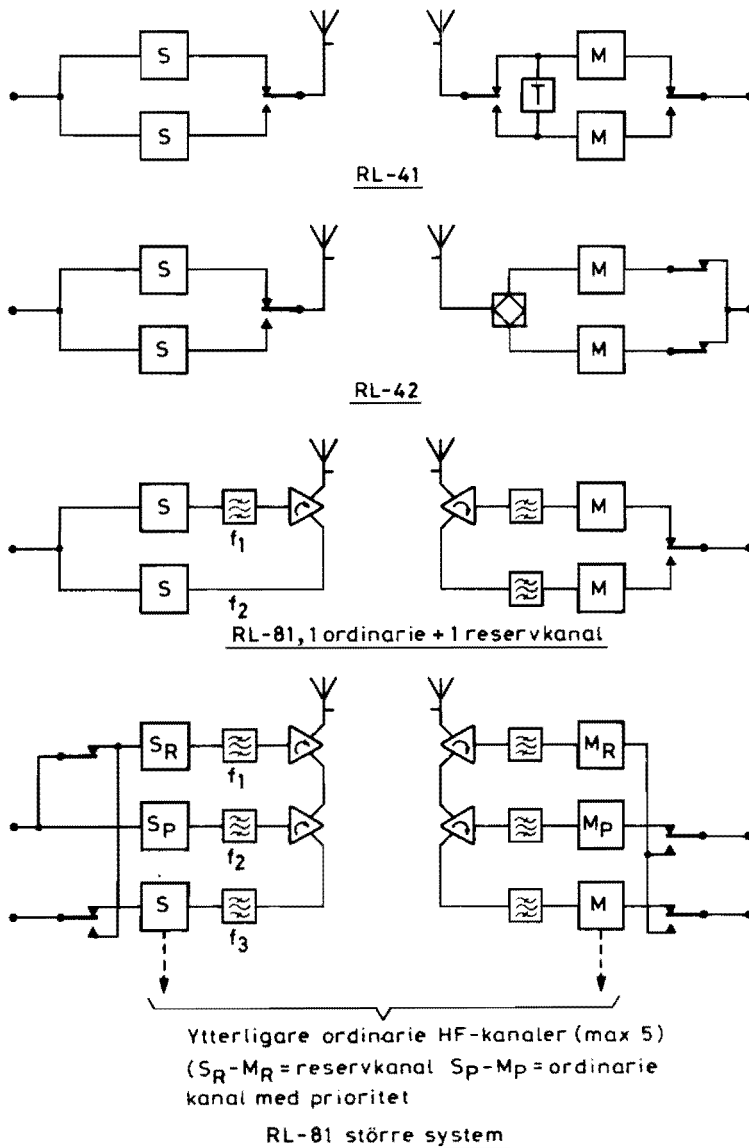


Bild 1

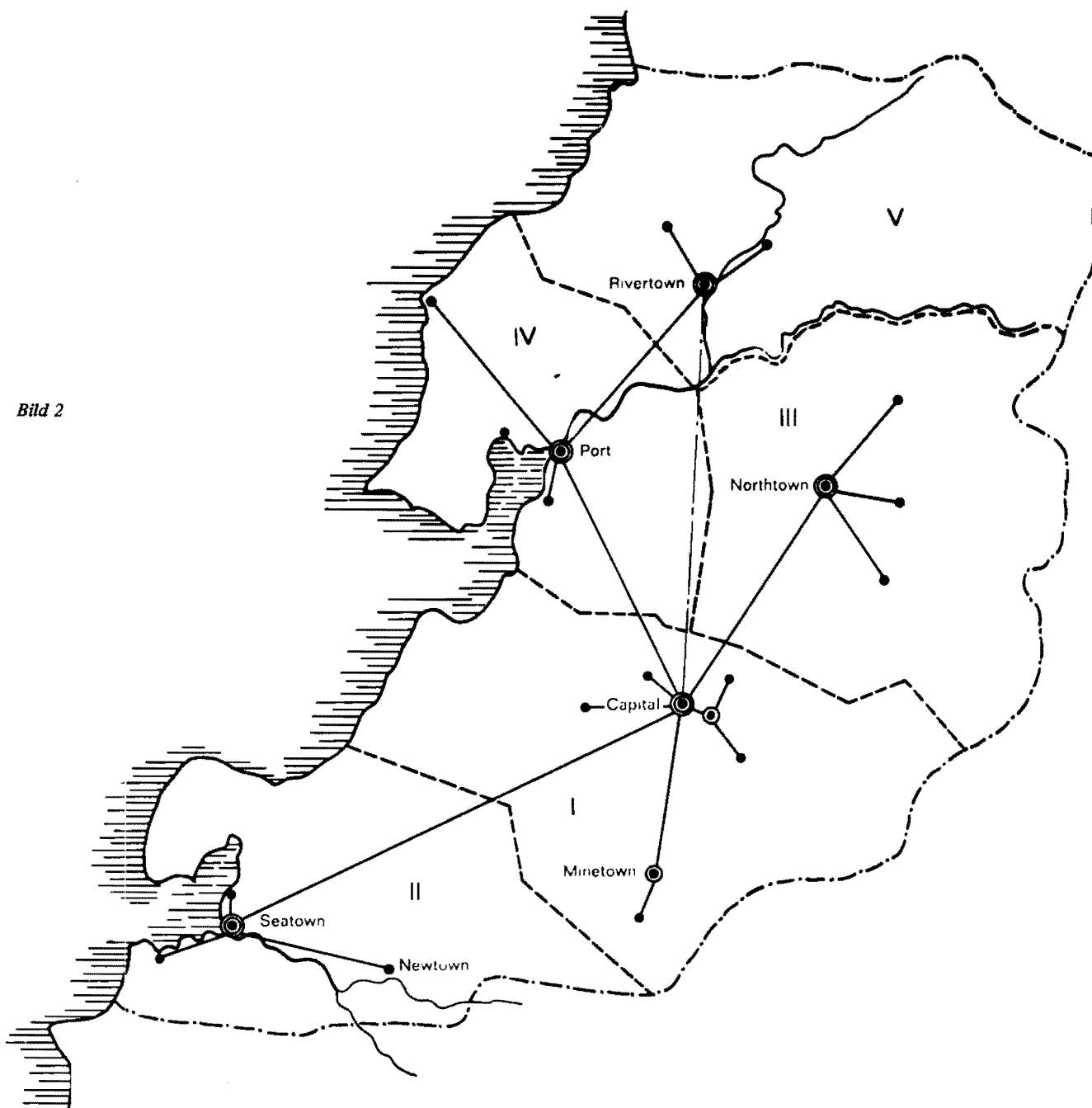


**Nätets uppbyggnad**

Bild 2 är exempel på ett stjärnformigt nät. Som framgår av bilden är ett sådant nät relativt sårbart. Ett avbrott på stomförbindelsen isolerar en hel region. Stjärnformiga nät används dock ofta av civila teleförvaltningar främst av ekonomiska skäl.

Bild 3 är ett exempel på ett maskformigt nät. De grova linjerna symboliserar stomnätet och dess knutpunkter. De tunna linjerna visar regionala stråk, bistråk. Som framgår av bilden finns det även inom bistråken en viss maskformighet.

Bild 2



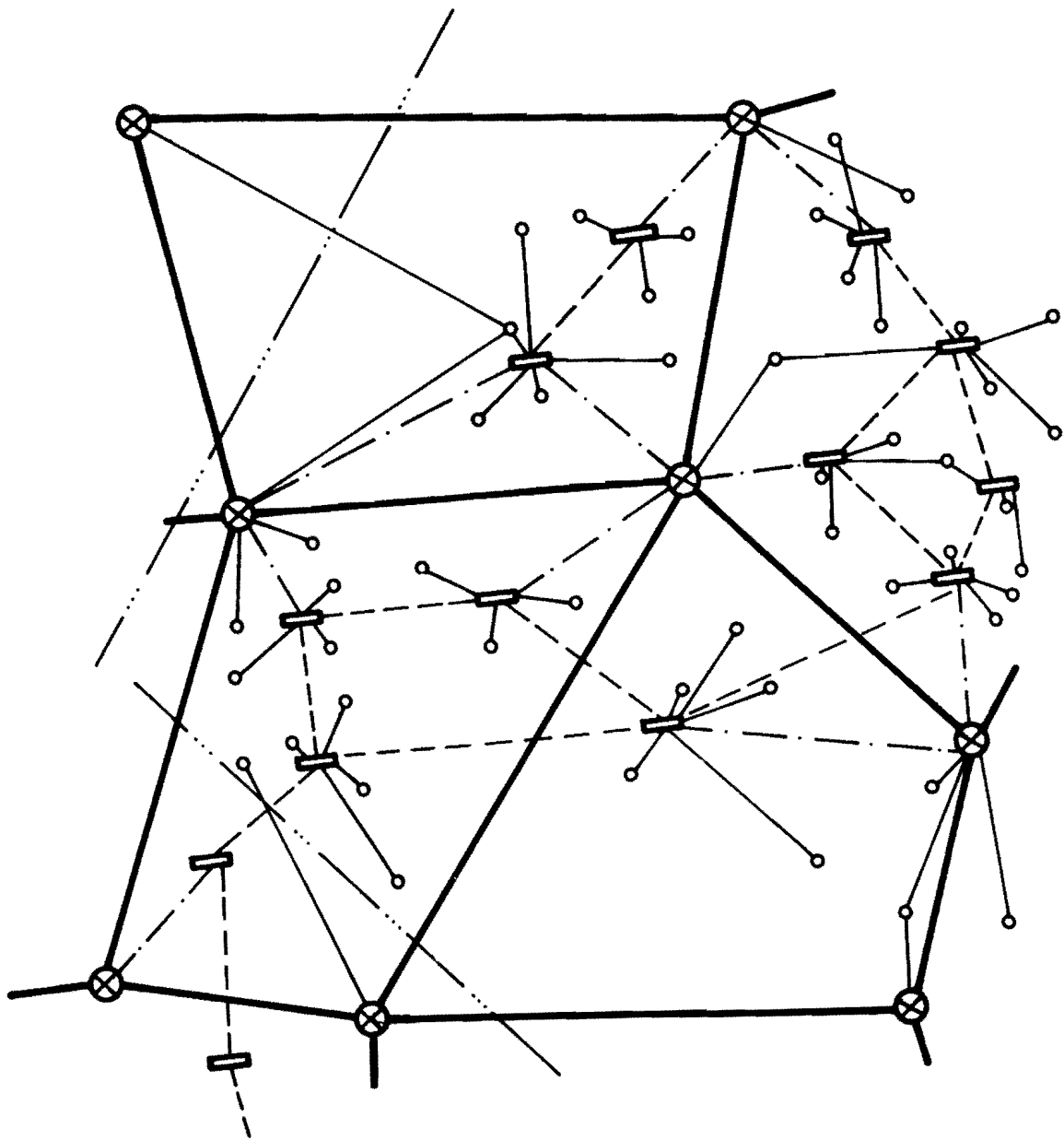


Bild 3

**MTBF**

Bild 4 visar sannolikheten för att en viss utrustning fortfarande skall vara i operativt fullgott skick som funktion av drifttiden samt på motsvarande sätt sannolikheten att samma utrustning skall vara felaktig.

Av naturliga skäl är alltid summan av dessa båda sannolikheter 100 %.

Av bilden framgår bland annat att sannolikheten är 36,8 % för att utrustningen fortfarande skall vara i korrekt skick efter en tid lika med utrustningens MTBF (Mean time between failures).

Observera att MTBF är medeltiden mellan felen, vilket ju medför att tiden mellan två fel, dels kan vara mycket kortare, dels mycket längre.

SANNOLIKHETEN FÖR FORTSATT FUNKTION/FEL EFTER t TIMMARS DRIFT

Sannolikheten för korrekt drift efter t MTBF timmar i drift

Sannolikheten för fel efter t MTBF timmar i drift

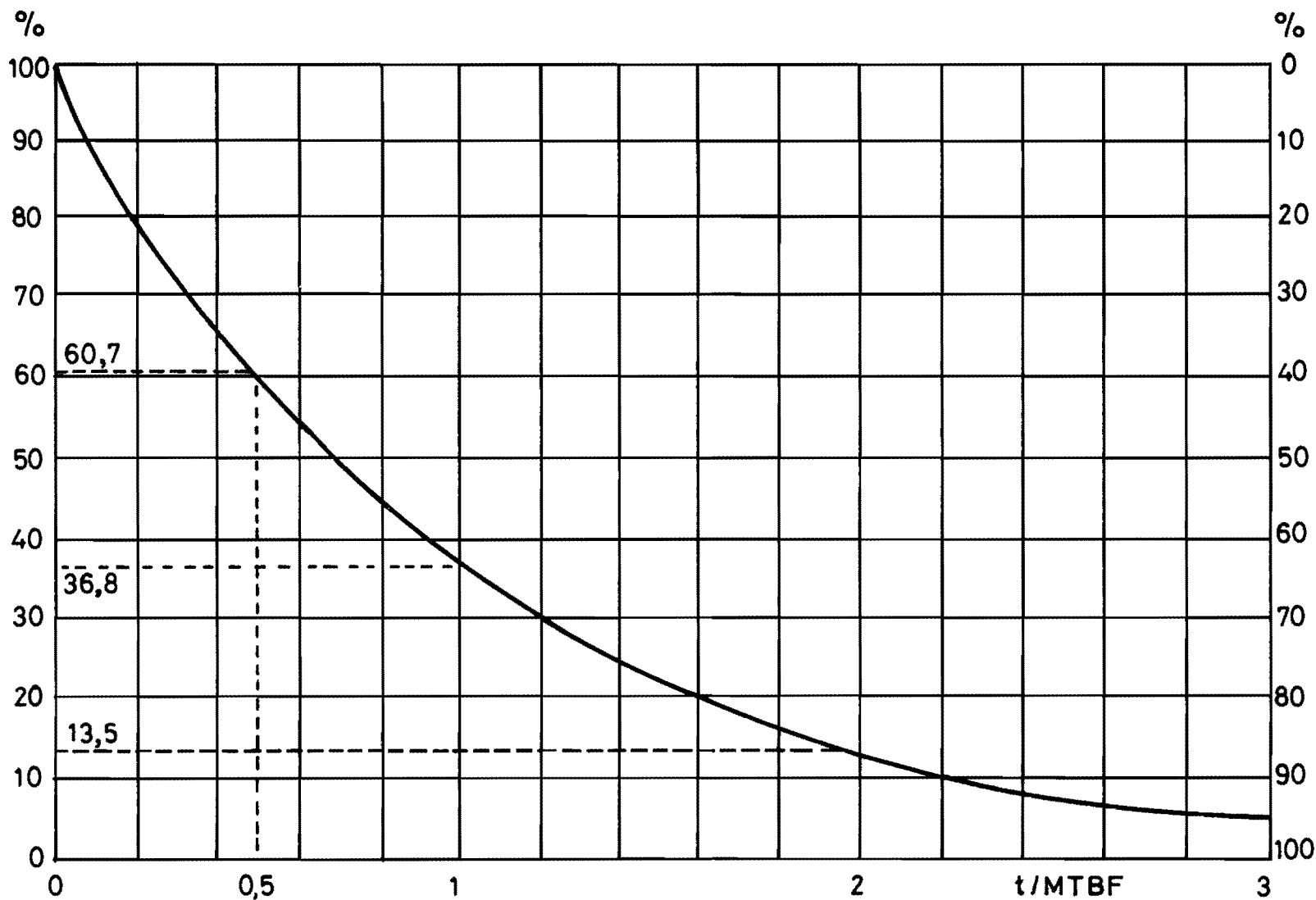


Bild 4

MTBF-prov

Bild 5 ger ett exempel på en MTBF-provplan. Provet är avsett att fastslå (med en viss sannolikhet) hypotesen för att materielen uppfyller beräknad MTBF. Man kan inte av provet avläsa hur mycket bättre eller sämre utrustningen i själva verket är.

I den avbildade planen är både säljarens och köparens risk 10 %. Detta betyder att säljaren löper 10 % risk att en utrustning, som rätteligen borde bli godkänd i provet, istället blir underkänd. Likaså är köparens risk 10 % att han godkänner en utrustning som i verkligheten endast har en MTBF som är halva den överenskomna (discrimination factor 2:1).

Vartefter provet framskrider följer man diagrammet åt höger utefter tidaxeln. Så fort ett fel inträffar hoppar man upp en enhet utefter felaxeln. Provet pågår ända till dess att någon av linjerna "acceptera" eller "avvisa" skärs.

Även andra former av prov rörande tillförlitlighet kan förekomma. Exempelvis kan köparen och säljaren överenskomma om att en speciell radiolänksträcka med ett antal hopp skall fungera utan något ingrepp under en viss tid.

För att ett sådant prov skall bli tillförlitligt måste stråket innehålla relativt många hopp. Någon enkel och entydig omräkningsfaktor mellan ett sådant prov och MTBF finns ej.

Decision Risks 10 %  
Discrimination Ratio 2,0:1

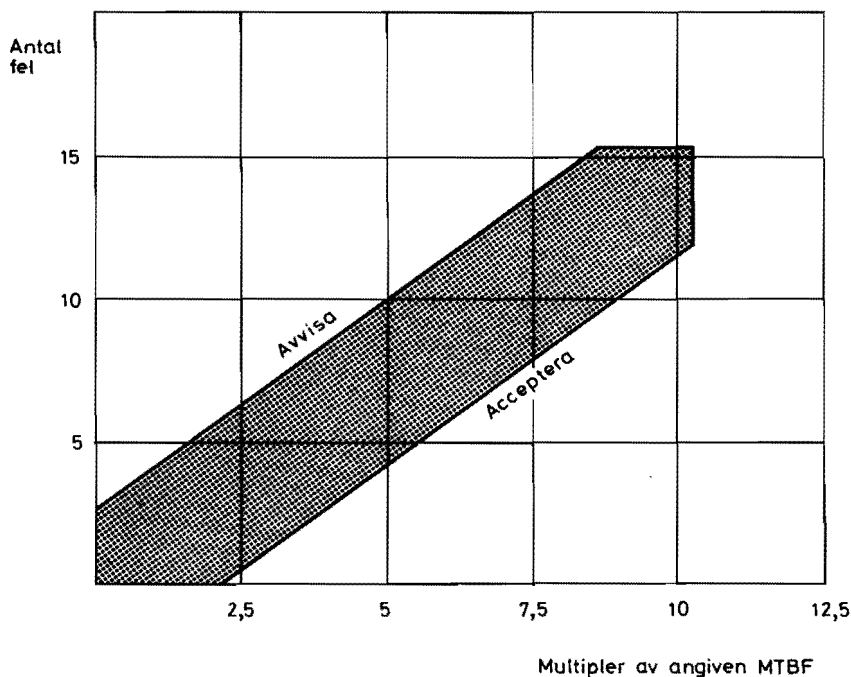


Bild 5

## Systemvärde

H. Lööv

Vid beräkning av radiolänkförbindelser är det praktiskt att använda begreppet »systemvärde» ( $q$ )

$$q = 10 \log P_S - 10 \log P_M + S/B$$

$S/B$  är en funktion av  $P_M$ . Inom ett visst område för värdet på  $P_M$  är  $-10 \log P_M + S/B = \text{konstant}$ . Då  $P_S$  är konstant blir då också systemvärdet ( $q$ ) konstant inom detta område.

**Systemvärde och signalbrusförhållande vid bärfrekvent talöverföring på radiolänk**

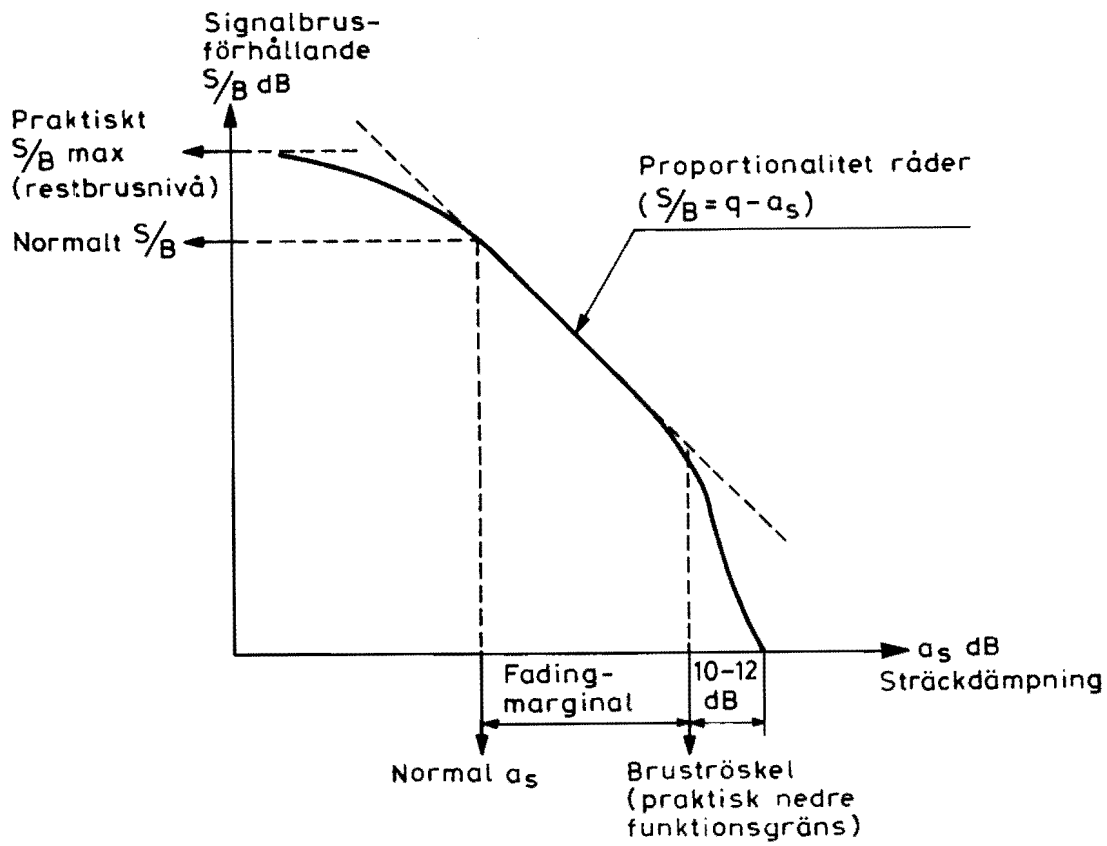


Bild 1

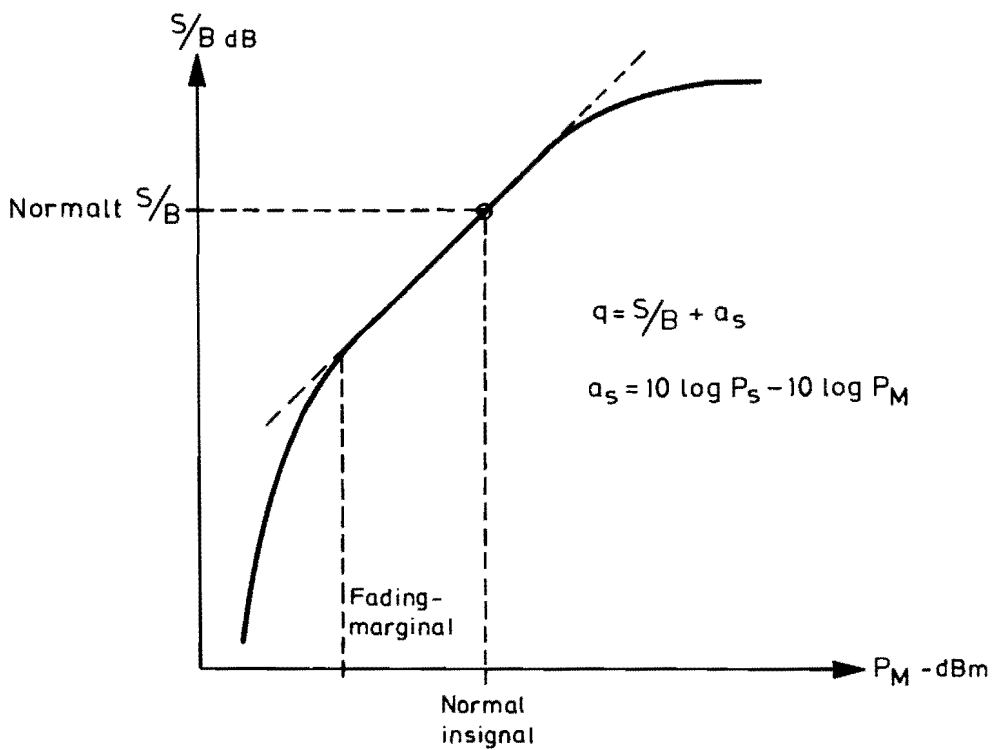


Bild 2

S/B presenteras oftast grafiskt, antingen som funktion av sträckdämpning,  $a_s$ , se bild 1, eller som funktion av insignal till mottagaren,  $P_m$ , se bild 2. Båda kurvorna visar i princip samma sak.

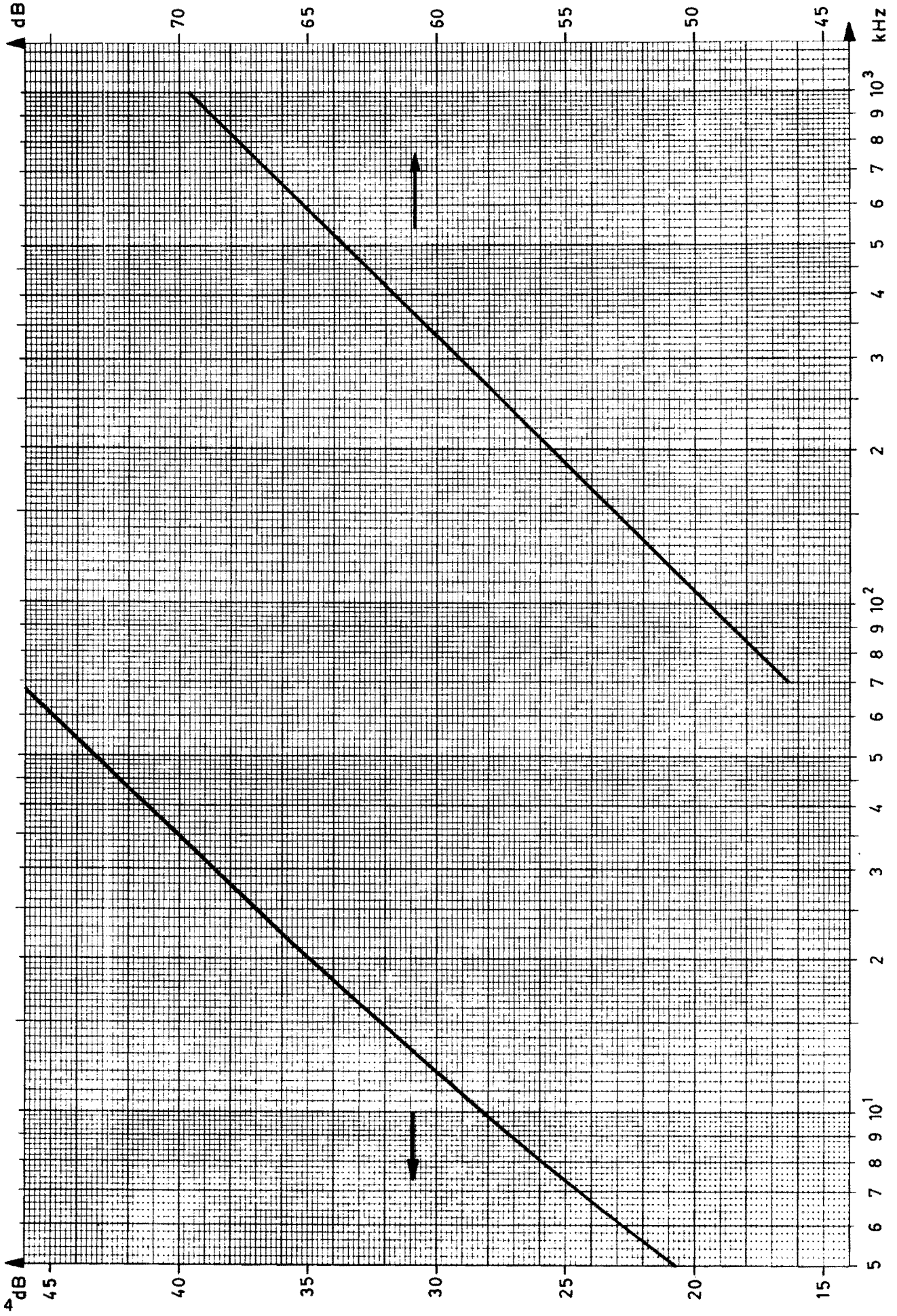
Signalbrusförhållande (S/B)

I princip består kurvorna av tre områden

- svag insignal, stor sträckdämpning, mottagaren arbetar vid eller under brus-tröskeln
- det linjära området
- stark insignal, liten sträckdämpning, S/B bestäms uteslutande av grundbruset så länge systemet är obelastat.



Systemvärde



) ) ) ) )

## ← Bild 3

Systemvärdet anges av tillverkaren och gäller i allmänhet för den talkanal som ligger högst i frekvens i basbandet. Med formeln  $S/B = q - a_s$  kan sedan  $S/B$  vid beräkning av radiolänkhopp lätt räknas ut med kännedom om antenner, antennkablar och dämpning i luften.

Systemvärdet för radiolänkutrustning för talkanalöverföring beräknas med följande formel, där ej tas hänsyn till brusökning på grund av intermodulation vid hög trafikintensitet.

$$q = 10 \log P_S + 174 - N_f + 10 \log \left( \frac{3}{2} f_d^2 \right) - B.$$

$$B = 10 \log \frac{1}{f_1^3 - f_2^3} \text{ erhålls ur tabell, se bild 3.}$$

Eftersom  $S/B = q - \log P_S + 10 \log P_M$  kan  $S/B$  erhållas ur formeln

$$S/B = 10 \log P_M + 174 - N_f + 10 \log \left( \frac{3}{2} f_d^2 \right) - B$$

Psometriiska värdet erhålls genom

$$q_{ph} = q + 2,5, \quad (S/B)_{ph} = S/B + 2,5$$

Av formelerna för  $q$  och  $S/B$  framgår att den mellanfrekventa bandbredden ( $f_{MF}$ ) inte påverkar  $q$  och  $S/B$ . Däremot påverkar den bruströskelns läge. Bruströskeln kan ungefärligt beräknas med formeln

$$P_t = -174 + 10 \log f_{MF} + 10 + N_f$$

Systemvärde

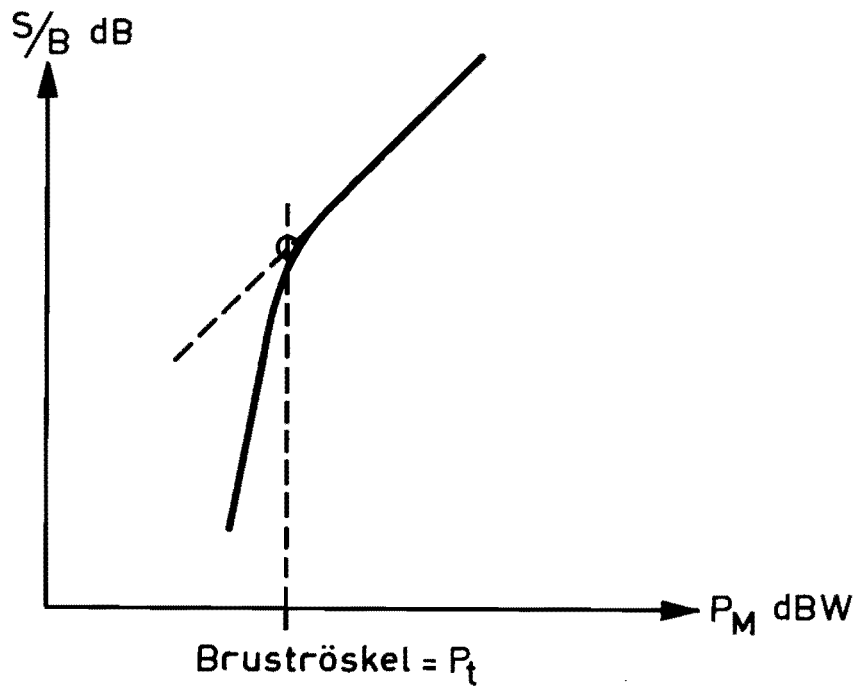
Bruströskel

Bild 4 klargör begreppet bruströskel. Kring bruströskeln avtar S/B snabbare än exempelvis insignalen till mottagaren. Detta beror på intermodulation, orsakad av brusets kraftiga toppar.

För att få ett mått på försämringen av S/B kring bruströskeln kan man använda diagrammet på bild 5. Försämringen är beräknad relativt den linjära delen extrapolerad förbi tröskeln, se bild 4. Diagrammet tar ej hänsyn till att mottagarens utsignal sjunker för insignaler svagare än tröskelnivån.

Exempel Antag  $f_{sc}/f_{MF} = 0,05$  och  $(C/N)_M = 10$  dB. Då är försämringen ca 7 dB enligt diagrammet. För  $f_{sc}/f_{MF} = 0,03$  och  $(C/N)_M = 10$  dB är försämringen 10 dB.

Bild 4.



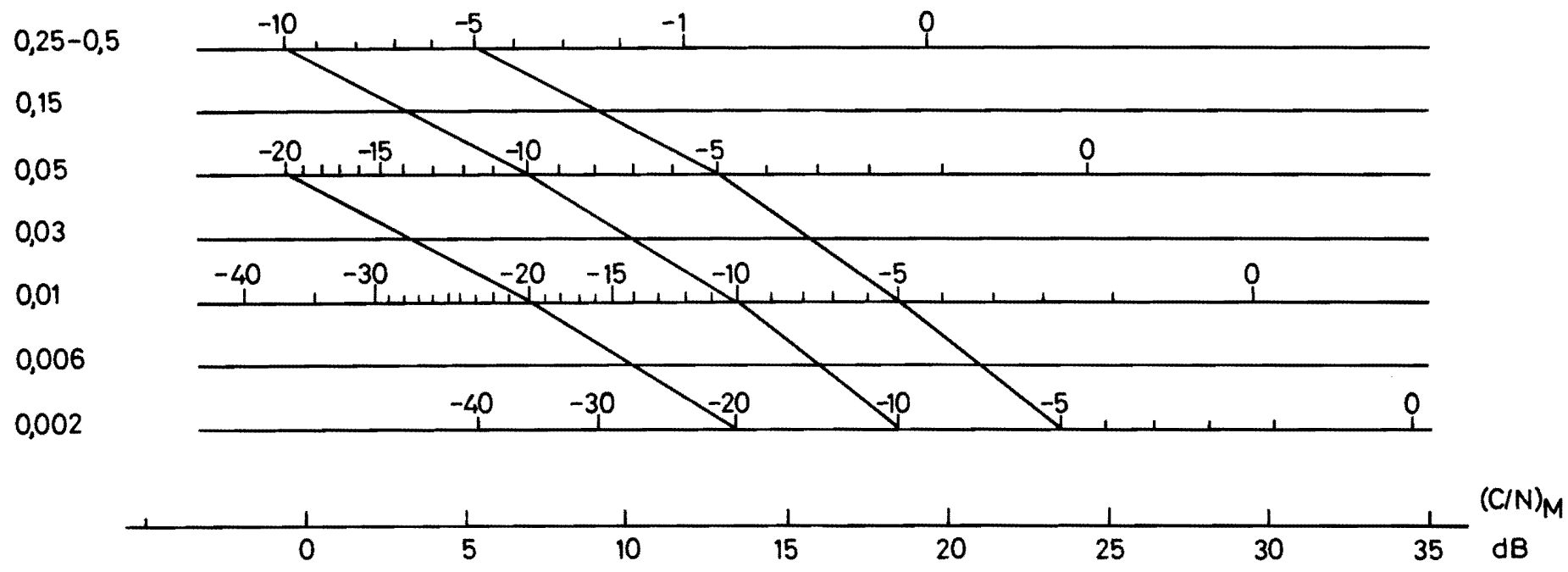
Vid bruströskeln är brusets toppvärde lika med insignalens toppvärde

Brusets toppvärde = Brusets medelvärde + 13 dB

Insignalens toppvärde = insignalens medelvärde + 3 dB

T Brustförsämringfaktor vid lågt  $(C/N)_M$  för talkanaler

$f_{SC} / f_{MF}$



$f_{SC} = \frac{1}{2}(f_1 + f_2)$   $f_1$  och  $f_2$  = talkanalens gränshäufiger i kHz

$f_{MF}$  = Mellanhäufigskanalens bandbredd

$q$	= systemvärde	dB
$a_s$	= sträckdämpning	dB
S/B	= signalbrusförhållande	dB
$P_s$	= uteffekt från sändaren efter antennfiltret	dBW
$P_m$	= ineffekt till mottagaren före antennfiltret	dBW
$f_{MF}$	= mellanfrekvent bandbredd	kHz
$N_f$	= brusfaktor	dB
$f_d$	= deviation, toppvärde	dB
B	= Se bild 3. $10 \log \frac{1}{f_1^3 - f_2}$	
$P_t$	= ineffekt till mottagaren före antennfiltret vid bruströskeln	dBW

Beträffande de apparatparametrar som påverkar systemvärdet och signalbrusförhållandet kan följande sägas:

### Uteffekten $P_s$

Den effekt man normalt kan förvänta sig av radiolänksändare konstruerade enbart enligt halvledarteknik framgår av bild 6. Bilden visar förhållandet vid normala radiolänksändare, bred- och smalbandiga utrustningar. Flera faktorer påverkar val av uteffekt, som till exempel

- realistiskt behov av uteffekt
- nedlagd kostnad för erhållen uteffekt
- effektförbrukning, speciellt viktigt vid batterimatning
- eventuellt försvårat underhåll som följd av val av högre uteffekt.

Oftast måste samtliga dessa punkter vägas mot varandra.

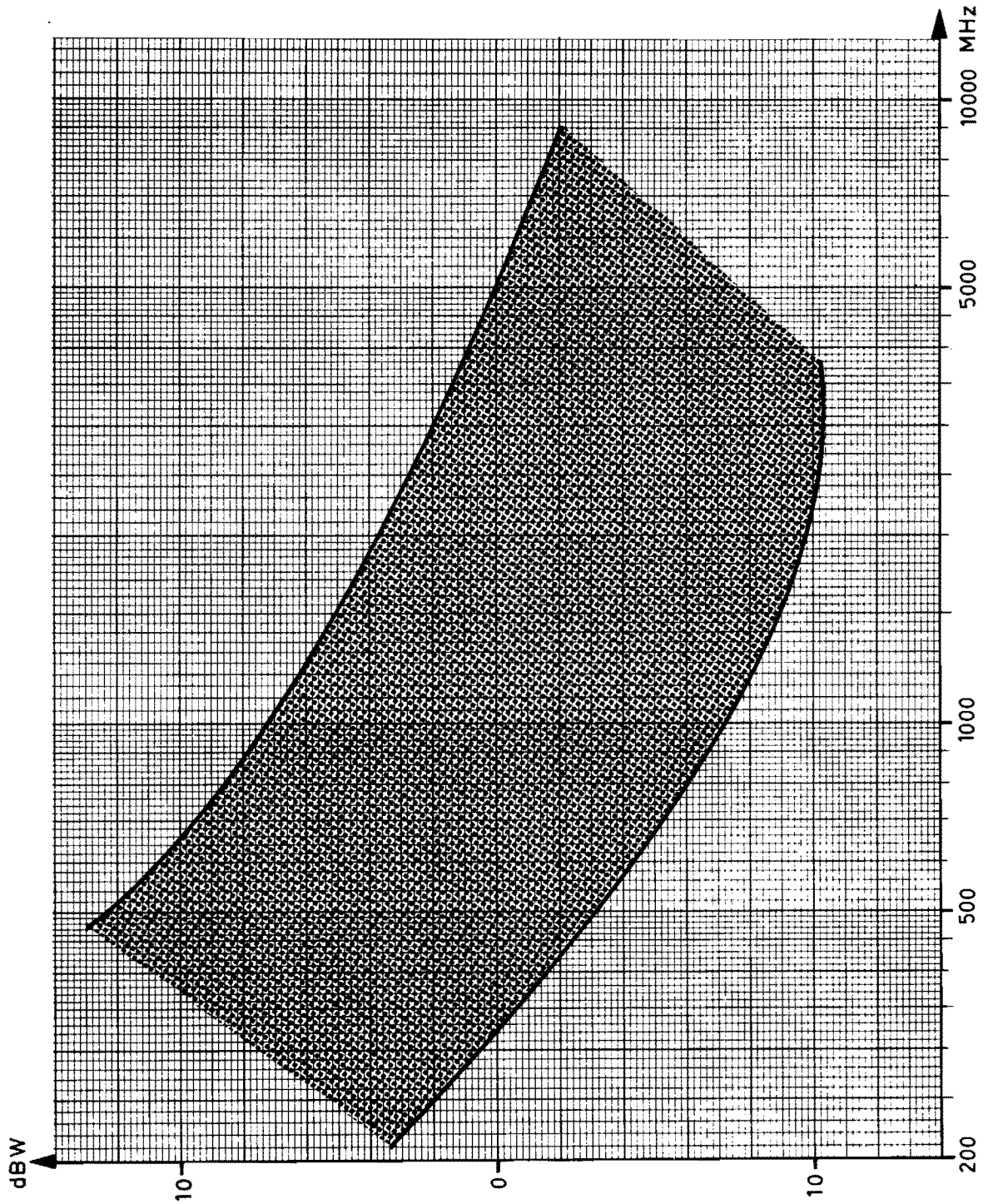


Bild 6



) ) ) )

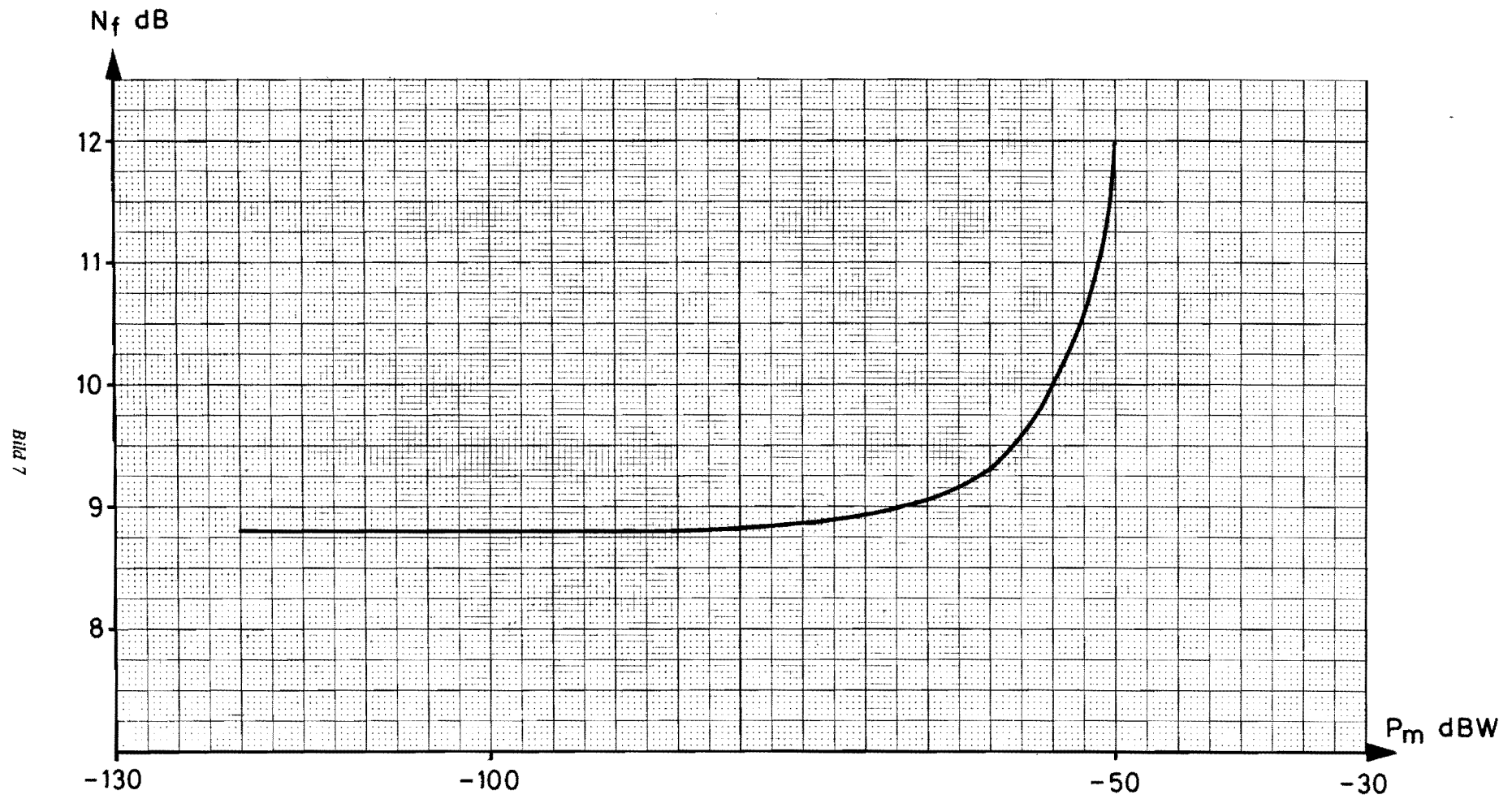


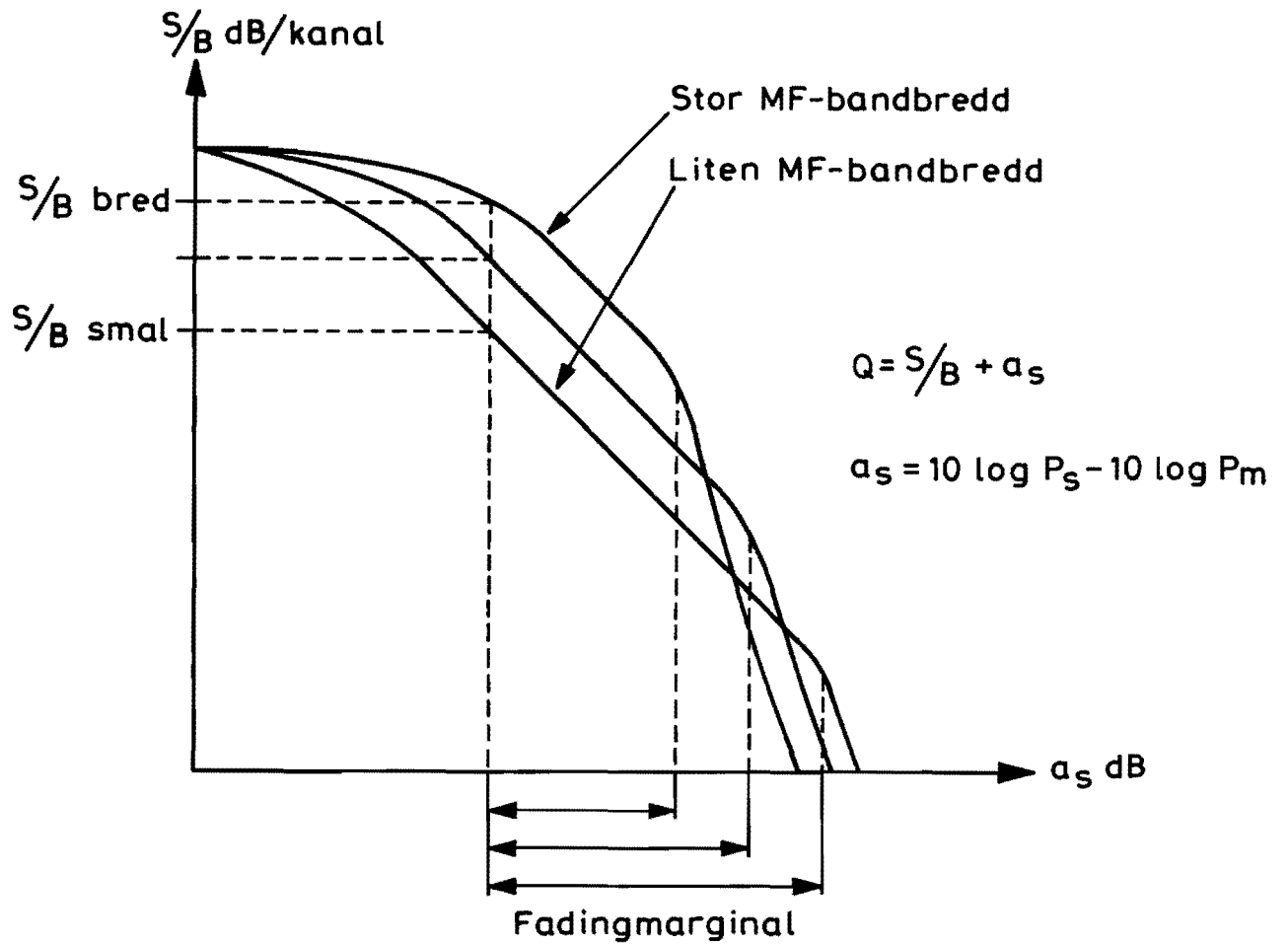
Bild 7

Brusfaktorn som funktion av insignal till en mottagare med automatisk AKR



Signalbrusförhållanden och fadingmarginaler vid olika MF-bandbredder (antalet talkanaler konstant) framgår av bild 8.





Lägre	← Deviation, $S/B$ →	Högre
Mindre	← Brusbandbredd →	Större
Större	← Fadingmarginal →	Mindre
Bättre	← Frekvensekonomi →	Sämre

Bild 8

## Frekvensdeviation

Teoretiskt finns ett oändligt antal sidband vid FM. Med hjälp av följande tabell (bild 9) eller bild 10 kan inverkan av varje enskilt sidband beräknas för aktuellt modulationsindex.

Modulationsindex  $m = \frac{f_d}{f_m}$  där  $f_d$  är deviation och  $f_m$  modulationsfrekvens.

Även bild 11 visar Besselfunktionen som funktion av modulationsindex men här i ett rymdgeometriskt diagram.

Om man till exempel har ett modulationsindex av 1 (första kolumnen) ser man att bärvågen upptar i stort sett 76 % av den omodulerade spänningen, första sidbandet 44 %, andra 11 % och tredje 2 %. Som synes sjunker sidbandens inverkan mycket snabbt. Teoretiskt sett finns det oändligt många sidband, men av praktiska skäl sätter man normalt gränsen vid 1–2 %.

Som en allmän tumregel gäller att antalet sidband är lika med modulationsindex plus en konstant (1 eller 2). Konstanten väljs beroende på vilket modulationsindex man har.

En intressant sak är att hos små modulationsindex, i storleksordningen upp till 0,5, finns det bara ett enda sidband på var sida om bärvågen. Det betyder att FM-signalen har samma karaktär som ren amplitudmodulation.

Vid FM gäller

$$I_t = I_m \sin(\Omega t + m \sin \omega t)$$

för  $m \leq 0,5$  övergår detta i

$$I_t \approx I_m (\sin \Omega t + m \cdot \cos \Omega t \cdot \sin \omega t)$$

Jämför här med motsvarande vid AM

$$I_t = I_m (\sin \Omega t + k \cdot \sin \Omega t \cdot \cos \omega t)$$

där  $I_t$  = radiofrekventa strömmens momentanvärde

$I_m$  = radiofrekventa strömmens maxvärde

$\Omega$  = bärvågens vinkelfrekvens

$\omega$  = modulationens vinkelfrekvens

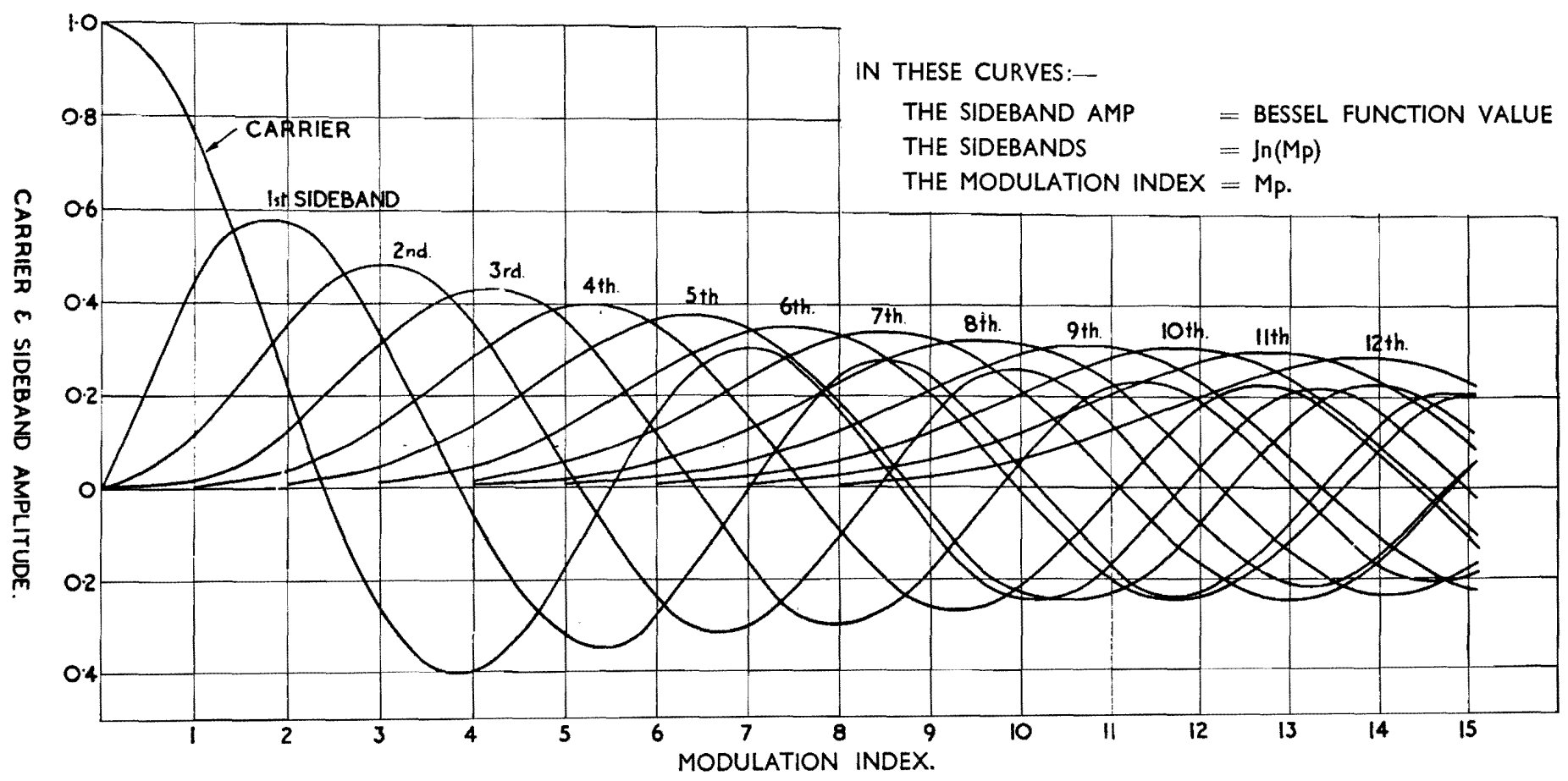
$m$  = modulationsindex vid FM

$k$  = moduleringsgrad vid AM

$\frac{\Delta F}{f}$ , radians*	Carrier frequency and successive significant side currents expressed in percentage of the unmodulated carrier level $I_m \dagger$	Required band width	Maximum equivalent phase shift, degrees
			$\Delta\theta = 57.3 \frac{\Delta F}{f}$
0.01	100; 0.5	2f	0.573
0.02	99.99; 1	2f	1.146
0.03	99.98; 1.5	2f	1.719
0.04	99.96; 2	2f	2.292
0.05	99.94; 2.5	2f	2.87
0.1	99.75; 4.99	2f	5.73
0.2	99.00; 9.95	2f	11.46
0.3	97.76; 14.83	2f	17.19
0.4	96.04; 19.6	2f	22.92
0.5	93.85; 24.23; 3.1	4f	28.7
1.0	76.52; 44.01; 11.49; 1.96	6f	57.3
2.0	22.39; 57.67; 35.28; 12.89; 3.4	8f	114.6
3.0	26.01; 33.91; 48.61; 30.91; 13.2; 4.3; 1.14	12f	171.9
4.0	39.71; 6.6; 36.41; 43.02; 28.11; 13.21; 4.91; 1.52	14f	229.2
5.0	17.76; 32.76; 4.66; 36.48; 39.12; 26.11; 13.1; 5.34; 1.84	16f	287
6.0	15.06; 27.67; 24.29; 11.48; 35.76; 36.21; 24.58; 12.96; 5.653; 2.12	18f	343.8
7.0	30.01; 0.5; 30.14; 16.76; 15.78; 34.79; 33.92; 23.36; 12.80; 5.9; 2.3; 0.8	22f	401.1
8.0	17.17; 23.46; 11.3; 29.11; 10.54; 18.58; 33.76; 32.06; 22.35; 12.63; 6.1; 2.6; 0.96	24f	485.4
9.0	9.03; 24.53; 14.48; 18.1; 26.55; 5.5; 20.43; 32.75; 30.51; 21.49; 12.47; 6.2; 2.73; 1.1	26f	515.7
10	24.59; 4.35; 25.46; 5.83; 21.96; 23.41; 1.45; 21.67; 31.79; 29.19; 20.75; 12.31; 6.34; 2.9; 1.2	28f	573
12	4.8; 22.34; 8.5; 19.51; 18.25; 7.3; 24.37; 17.03; 4.5; 23.04; 30.05; 27.04; 19.53; 12.01; 6.5; 3.2; 1.4	32f	687.6
15	1.4; 20.51; 4.2; 19.40; 11.92; 13.05; 20.61; 3.45; 17.40; 22; 9; 9.99; 23.67; 27.87; 24.64; 18.13; 11.62; 6.6; 3.5; 1.66	38f	859.5
18	1.34; 18.8; 0.75; 18.63; 6.96; 15.54; 15.6; 5.1; 19.59; 12.28; 7.3; 20.41; 17.62; 3.1; 13.16; 23.56; 26.11; 22.86; 17.06; 11.27; 6.7; 3.7; 1.9; 0.9	46f	1031.4
21	3.7; 17.11; 2.02; 17.50; 2.97; 16.37; 10.76; 10.22; 17.57; 3.2; 14.85; 17.32; 3.3; 13.56; 20.08; 13.21; 1.2; 15.05; 23.16; 24.65; 21.45; 16.21; 10.97; 6.77; 3.86; 2.05; 1	52f	1203.3
24	5.6; 15.4; 4.34; 16.13; 0.3; 16.23; 6.4; 13; 14.04; 3.6; 16.77; 10.33; 7.3; 17.63; 11.8; 3.9; 16.63; 18.31; 9.3; 4.3; 16.19; 22.64; 23.43; 20.31; 15.5; 10.7; 6.8; 3.99; 2.2; 1.1	58f	1375.5

\* Holds also for  $\beta = \Delta\theta$ .

† First number denotes the percentage amplitude of carrier frequency  $F$ ; second number is the percentage amplitude for side frequencies  $F - f$  and  $F + f$ ; the third number holds for frequencies  $F \mp 2f$ ; etc.



) ) ) )

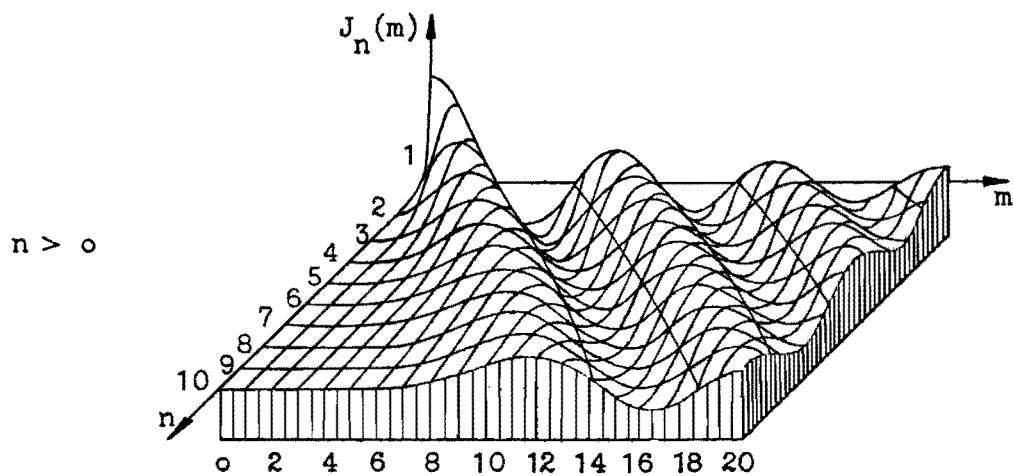


Bild 11

## Brus

Bild 12 visar en sammanställning över de olika slag av brus som förekommer vid FM.

Av dessa är det termiska bruset och intermodulationsbruset mest framträdande.

Följande tabell anger ungefärliga värden för hur man uppfattar brus:

Bruseffekt	Subjektiv uppfattning av bruset
● 10 000 pW = -50 dBm	Just hörbart
● 100 000 pW = -40 dBm	Tillåter god talkommunikation även vid lågt tal
● 1 000 000 pW = -30 dBm	Bruset störande

Följande tabell visar CCIR rekommendation beträffande brus. Inom parentes är angivet motsvarande signalbrusvärden.

CCIR rekommendation, 391 – 1 Oslo

● 7 500 pW (-51 dBm)	Medelvärde under 1 timme psfometriskt
● 47 500 pW (-43 dBm)	Medelvärde under 1 minut psfometriskt
● 1 000 000 pW (-30 dBm)	T = 5 ms, ej psfometriskt

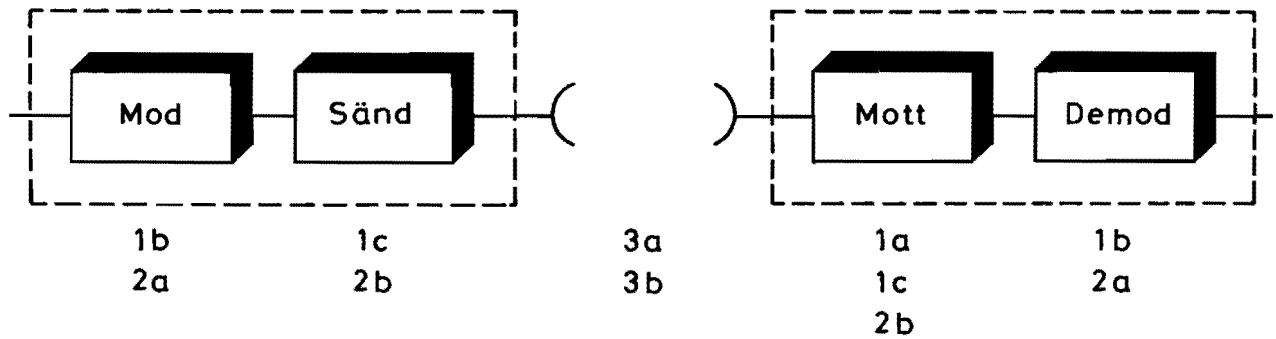
## Termiskt brus

Det termiska bruset bestäms till sin storlek av kanalens bandbredd och läge i basbandet, se bild 13.

Bruset, representerat av vektorn  $V_B$  på bild 13, resulterar i dels amplitudmodulering, dels frekvensmodulering av signalen. I detta sammanhang är endast det senare av intresse eftersom mottagarens begränsarsteg klipper bort AM.

Ändringen i vinkelfrekvensen orsakad av brusvektorn kan tecknas

$$\Delta\omega = \text{arc tg} \frac{V_B \sin \omega t}{V_M + V_B \cos \omega t}$$



### 1 GRUNDBRUS - OBEROENDE AV BELASTNING

- a termiskt brus i mottagaren (beroende av insignalens storlek)
- b grundbrus i modem
- c grundbrus i HF-delen

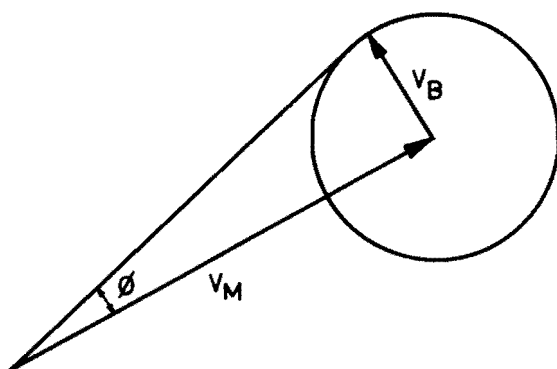
### 2 BELASTNINGSBRUS

- a intermodulation i modem
- b intermodulation i HF-del, inklusive »long-line effekt» och »pulling effekt»

### 3 BRUS FRÅN ANDRA RADIOKANALER

- a överhörningsbrus från parallella stråk
- b överhörningsbrus från närliggande stråk

Bild 12



$$F_{dB} = 2 \int_{f_1}^{f_2} f^2 df$$

$$(F_{dB})^2 = \left(\frac{V_B}{V_M}\right)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot (f_2^3 - f_1^3)$$

där  $F_{dB}$  = totala frekvensdeviationen för brusspänningen

$V_M$  = signalspänning i mottagaren

$V_B$  = brusspänning per Hz över 50  $\Omega$

$f$  = frekvens i kHz

$f_2$  = övre gränshfrekvens

$f_1$  = undre gränshfrekvens

Bild 13



Efter matematisk behandling av denna funktion erhålls kurvor enligt bild 14. Av bilden framgår, att om brusets toppvärde är av samma storleksordning som den nyttiga insignalen, orsakar bruset den största frekvensmodulationen i mottagarens ingång, när vektorn  $V_B$  skär vektorn  $V_M$ .

Det bör även nämnas, att när frekvensskillnaden mellan  $V_M$  och  $V_B$  är liten, så erhålls en låg skillnadsfrekvens. På mottagarens utgång erhålls en ganska lågfrekvent signal, vars nivå bestäms av förhållandet  $V_B/V_M$ .

Brusets toppvärden uppträder slumpvis fördelade. Ett visst antal hamnar inom mottagarens bandbredd. På grund av brusets intermodulation, hamnar intermodulationsprodukterna tätare inom den lägre delen av basbandet då en stor del av summaprodukterna ju hamnar helt utanför basbandet. Brusets ökning kring tröskeln påverkar därför kanaler med lågt basbandsläge kraftigare än sådana som har högt basbandsläge.

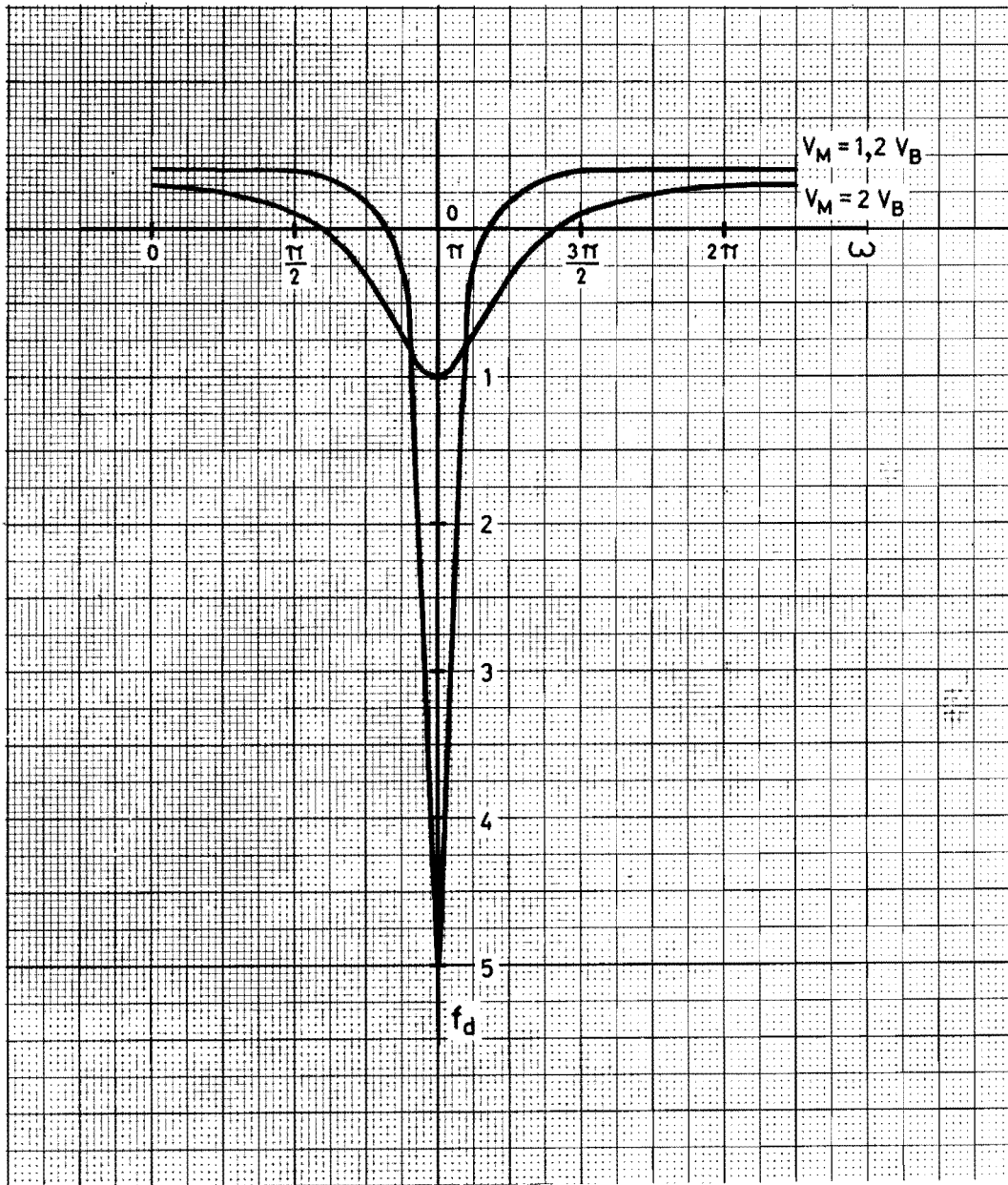


Bild 14

Bild 3 visar inverkan av det termiska bruset som funktion av den aktuella kanalens basbandsläge.

Vid talöverföring mäts bruset oftast psfometriskt. För mångkanalsutrustningar medför detta att bruset per talkanal reduceras med 2,5 dB medan vid enkanalsutrustningar reduktion blir 5,5 dB. Genom att väga bruset psfometriskt får man en mer rättvisande uppfattning om dess inverkan med hänsyn tagen till den mänskliga rösten och hörseln samt till handmikrotelefonens karakteristik. Bild 15 visar nu aktuell psfometerkurva för telefoni, TV och rundradio.

#### MF-bandbredd

Den mellanfrekventa bandbredden i sig själv inverkar inte på S/B inom det linjära området. En större bandbredd möjliggör dock en kraftigare deviation och därmed erhålls en förbättring av S/B.

Med ökad bandbredd följer å andra sidan att bruströskeln förskjuts mot högre nivå, vilket medför att fadingmarginalen vid samma insignal till mottagaren sjunker, se bild 8.

#### Emphasis

Av bild 3 framgår att inverkan av det termiska bruset ökar som funktion av modulationsfrekvensen. Detta betyder att S/B blir sämre för högre belägna kanaler än för motsvarande lägre. Ett sätt att motverka detta är att använda emphasis; på sändarsidan pre-emphasis och på mottagarsidan de-emphasis. Detta åstadkommes med hjälp av filter före modulatorens och efter demodulatorens.

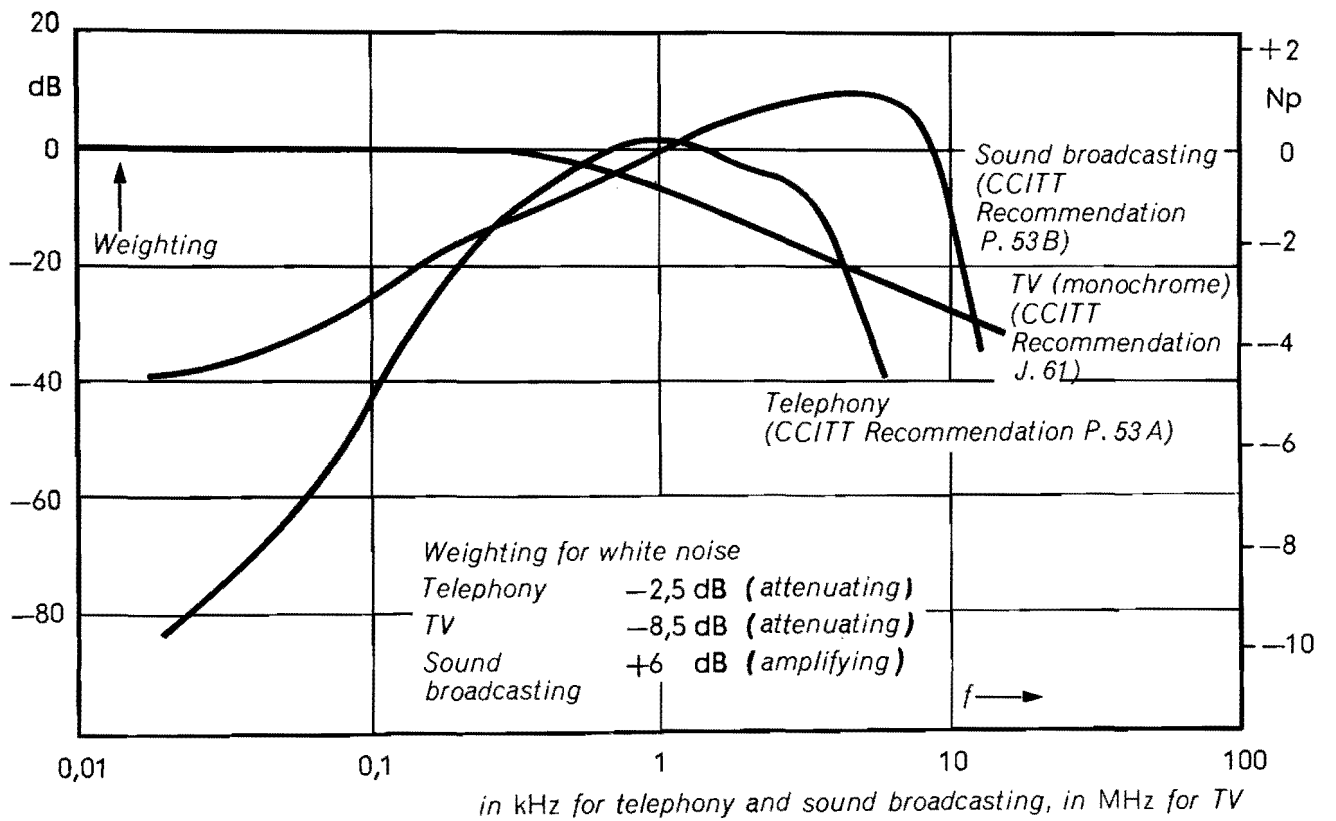


Bild 15

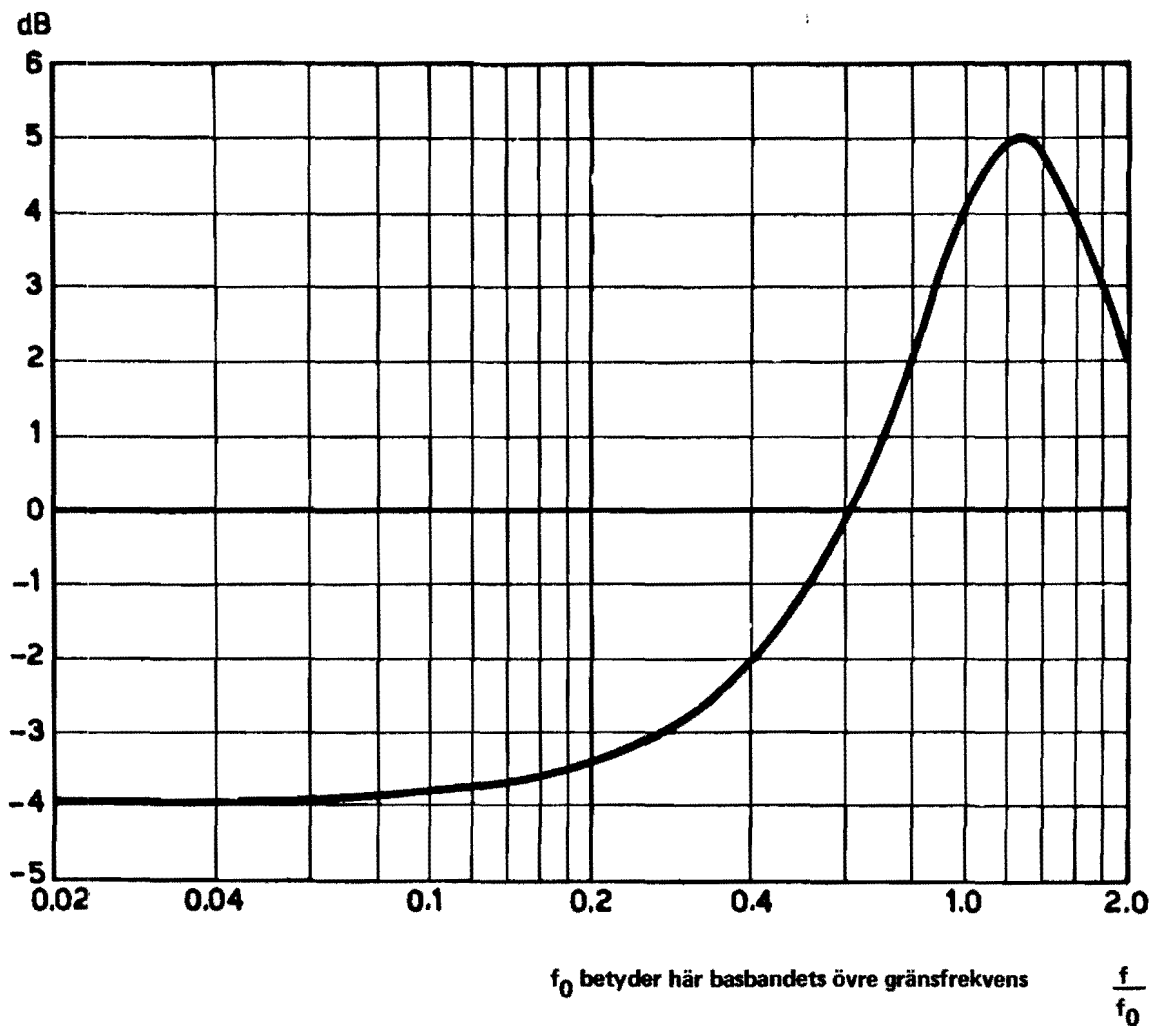


Bild 16

Bild 16 visar frekvensgången för ett normerat pre-emphasisnät. Modulationsfrekvenser med högre frekvenser ger, på grund av filtret, en kraftigare deviation än motsvarande lägre frekvenser

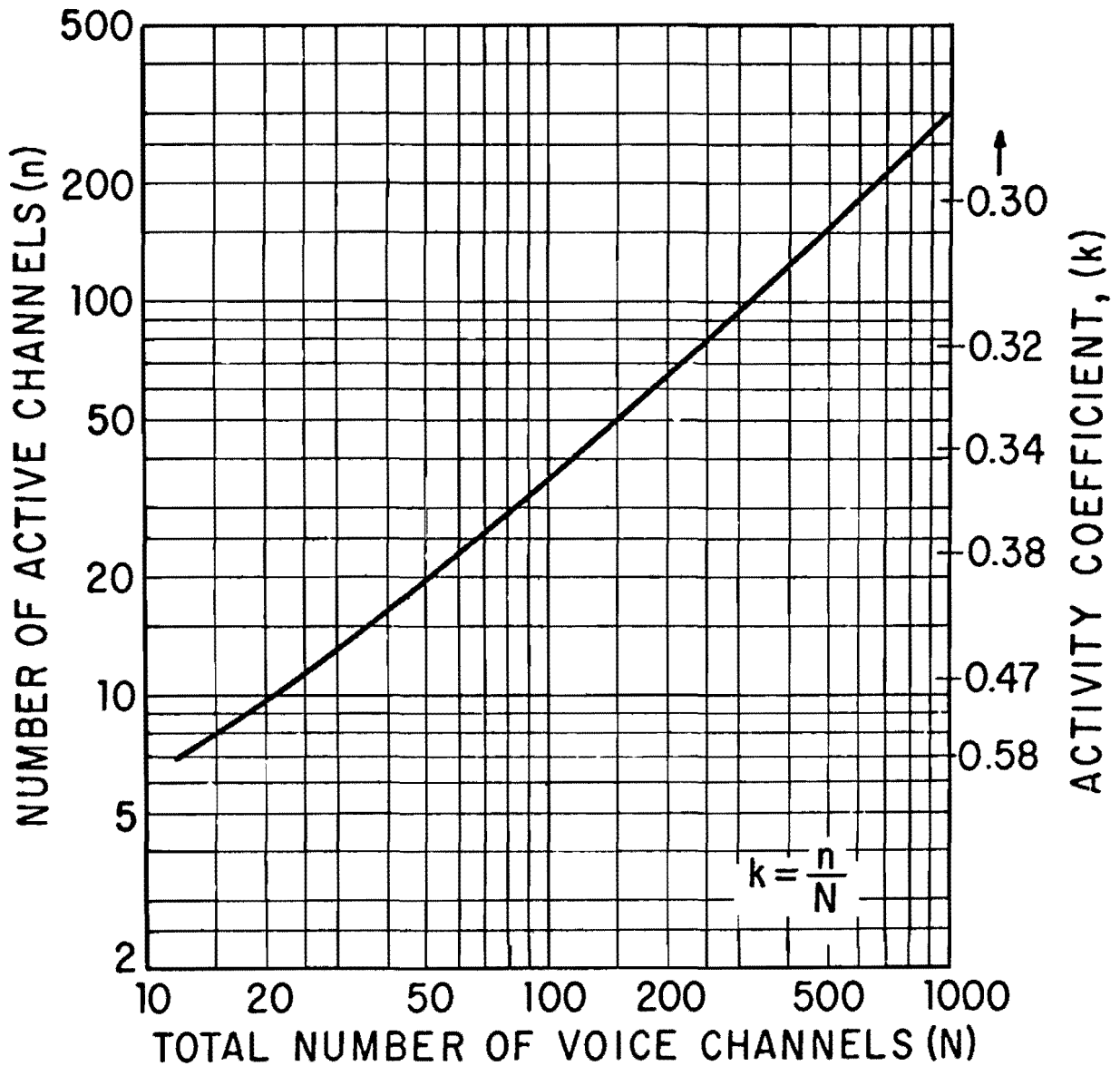
På mottagarsidan kompenseras helt denna överdeviation för högre frekvenser med ett de-emphasisnät, som dämpar högre modulationsfrekvenser kraftigare än lägre frekvenser. Efter dessa båda filter är alltså relativa nivån åter lika för såväl en signal med låg som en med hög frekvens.

Vinsten med att använda emphasis ligger i att högre i frekvens belägna kanaler, inom intervallet  $0,6 f_0 - f_0$ , får ett bättre S/B eftersom det termiska bruset här har dämpats. Kanaler belägna under  $0,6 f_0$  får däremot ett motsvarande sämre S/B. S/B är så pass högt här att denna försämring normalt saknar betydelse.

Vi ser av bild 15 att en förutsättning för att använda emphasis naturligtvis är att hela basbandet normalt utnyttjas.

I FMV länknät används emphasis inte alltid eftersom till exempel i ett 300-kanalsystem normalt de två övre 60-grupperna är sparade som reserv.

Med intermodulation avses här störningar mellan skilda basbandskanaler vid samtidig trafik. Bild 17 ger en uppfattning om normalt antal samtidigt utnyttjande kanaler i samma riktning i ett system under bråd timme, (den tid på dygnet då största aktivitet råder över förbindelsen).



Diagrammet visar normalt antal belastade kanaler vid bråd timme som funktion av totala antalet kanaler

Bild 17

Intermodulationen resulterar i en försämring av S/B. Bild 18 är ett typiskt exempel härpå. Av bild 19 framgår hur det totala S/B påverkas som funktion av deviationen. Av denna bild framgår nödvändigheten av att rätt avväga MF-bandbredd och deviation för att få så bra S/B som möjligt.

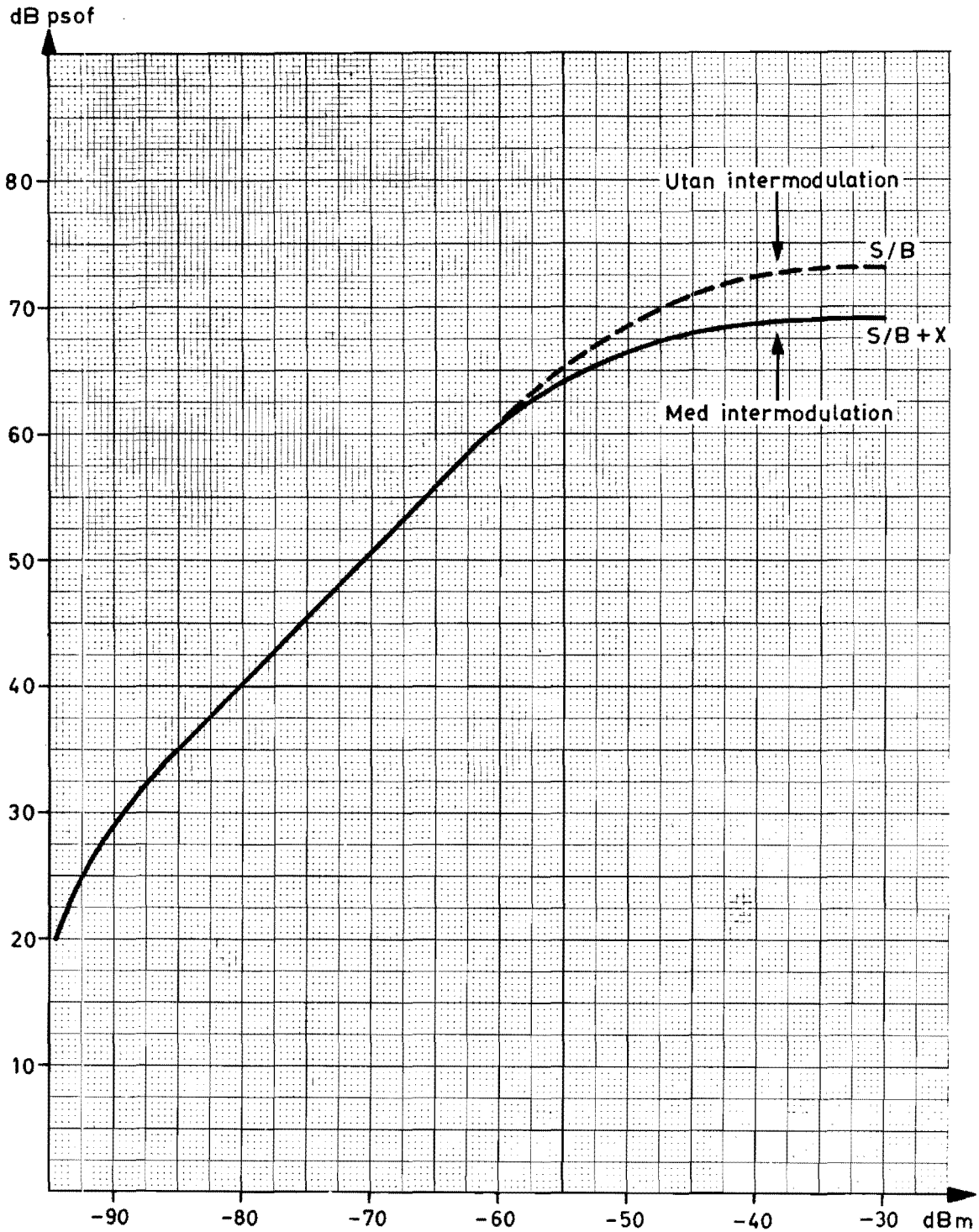
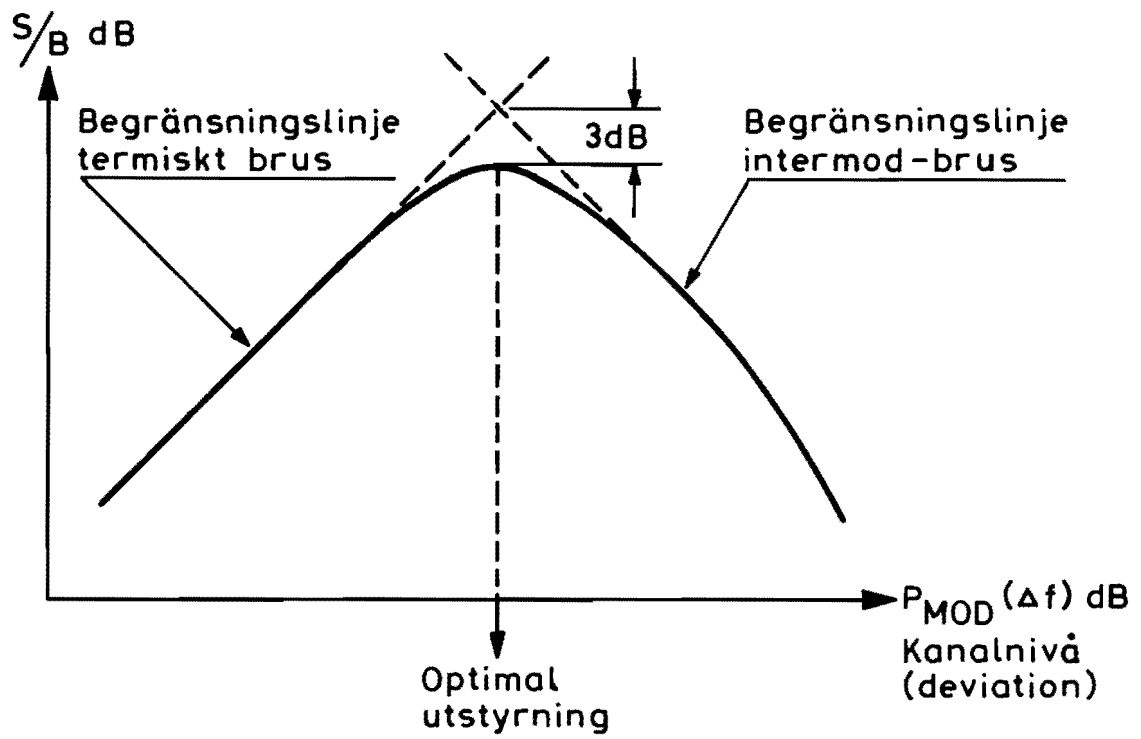


Bild 18



Signalbrusförhållande som funktion av sträckdämpning och utstyrning

Bild 19

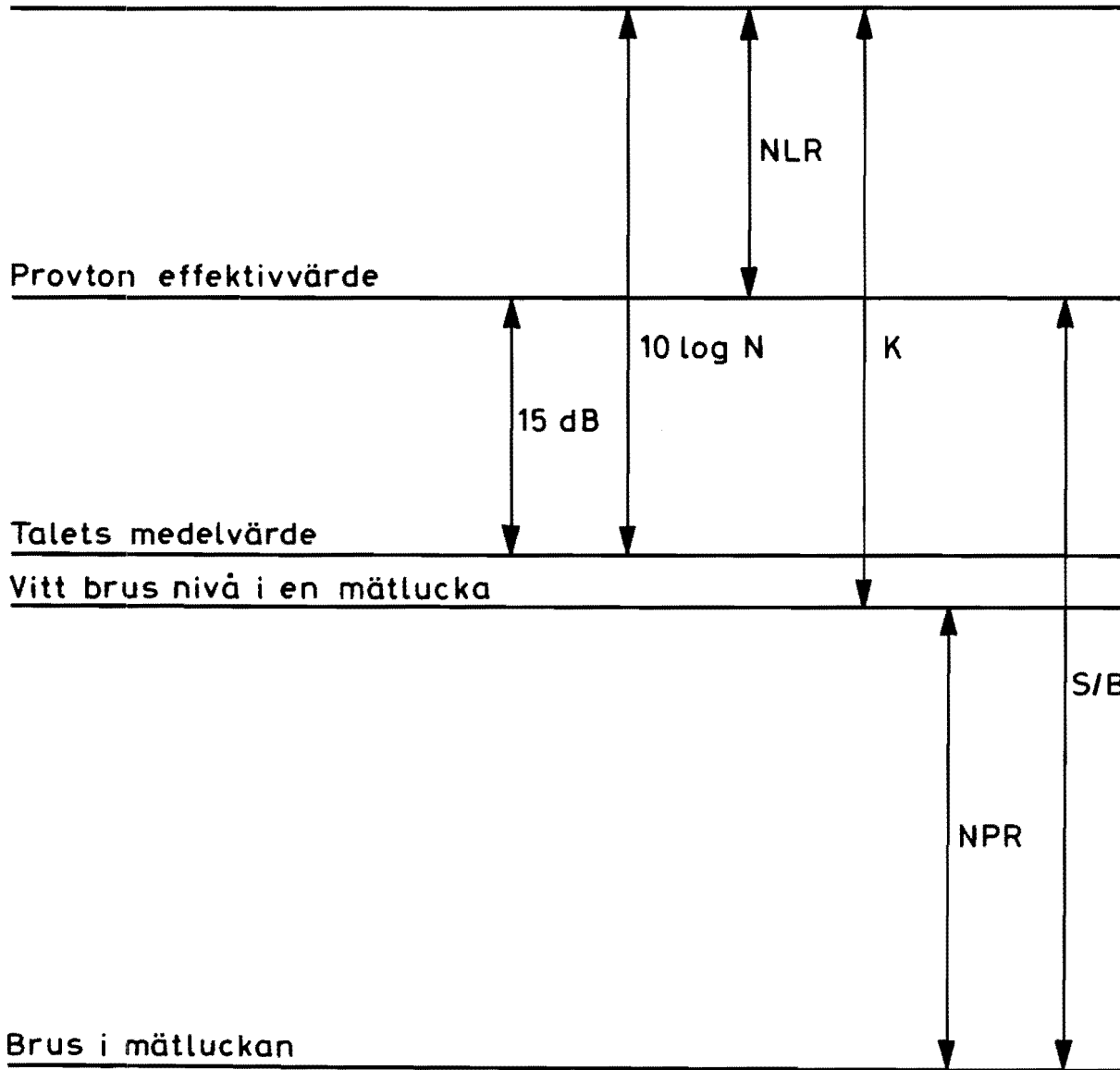


NPR

NPR, noise power ratio, utgör ett mått på intermodulation. Bild 20 klagör förhållandet mellan NPR och S/B. Bild 21 visar, som funktion av antalet kanaler, hur mycket systemet skall belastas under provet. Bilden visar nivåer, dels vid data (tre olika) dels vid tal.

### Förhållandet NPR - S/B

Deviation effektivvärde



NPR = NOISE POWER RATIO  
 NLR = NOISE LOADING RATIO

$$K = 10 \log \frac{\text{TOTAL BASBANDBREDD}}{\text{KANALBANDBREDD}}$$

Erhållet S/B är flat värde. För psfometriskt  $(S/B)_{Op} = S/B + 2,5 \text{ dB}$

Bild 20

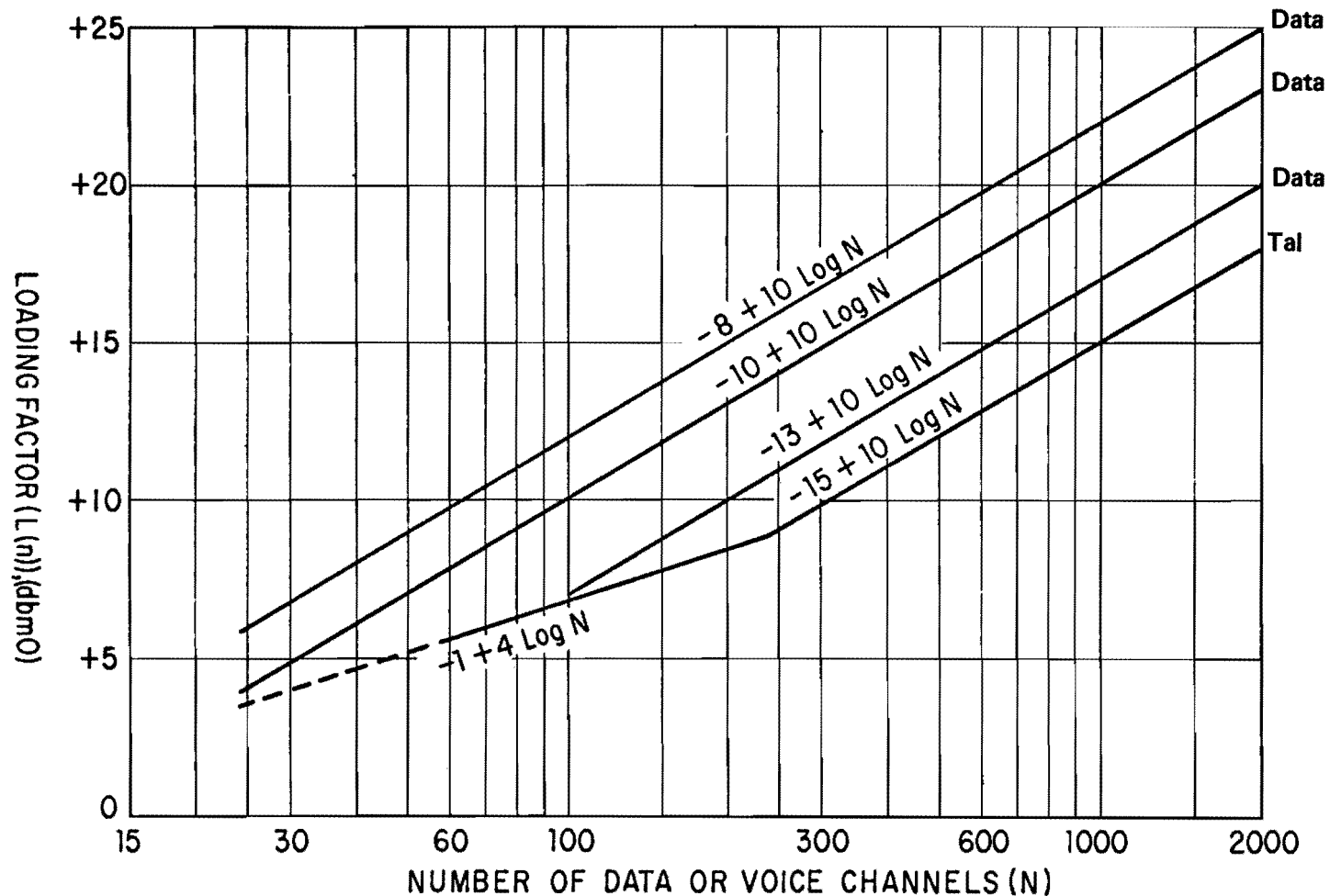


Bild 21

Belastningskurvor för tal och data

NPR-metoden ger ett noggrant mått på S/B inklusive intermodulation först vid ett relativt stort antal kanaler. Den rekommenderas främst för system med mer än 240 kanaler, men kan användas även vid färre antal kanaler. Då blir noggrannheten emellertid sämre. Bild 22 är en översikt över rekommenderade mätfrekvenser.

Linjäritet

Ett annat sätt att specificera kvaliteten hos basbandet, i stället för NPR, är att precisera differentiell förstärkning och fasvinkel,  $\Delta g$  och  $\Delta\varphi$ .

Differentiella förstärkningen och fasvinkeln används normalt endast vid videoöverföring.

Typiska värden för  $\Delta g$  är cirka  $\pm 1\%$  och för  $\Delta\varphi$  cirka  $\pm 0,3^\circ$ .



Typical Filter Frequencies for Various System Capacities

No. of Channels	Band Limits		In-Band Test Channels			Out-of-Band Test Channels	
	High Pass	Low Pass	Lower	Centre	Upper	Lower	Upper
12	6 kHz	54 kHz	27 kHz	40 kHz	50 kHz	-	-
24	6 kHz	108 kHz	40 kHz	70 kHz	105 kHz	-	-
60	60 kHz	300 kHz	70 kHz	185 kHz	270 kHz	50 kHz	331 kHz
120	60 kHz	552 kHz	70 kHz	270 kHz	534 kHz	50 kHz	607 kHz
300	60 kHz	1.300 kHz	70 kHz	534 kHz	1.248 kHz	50 kHz	1.499 kHz
600	60 kHz	2.660 kHz	70 kHz	1.248 kHz	2.438 kHz	50 kHz	3.200 kHz
960	60 kHz	4.028 kHz	70 kHz	2.438 kHz	3.886 kHz	50 kHz	4.715 kHz
960	316 kHz	4.188 kHz	534 kHz	2.438 kHz	3.886 kHz	270 kHz	4.715 kHz
1.200	316 kHz	5.564 kHz	534 kHz	3.886 kHz	5.340 kHz	-	-
1.800	316 kHz	8.204 kHz	534 kHz	3.886 kHz	8.002 kHz	-	-
2.700	316 kHz	12.388 kHz	534 kHz	3.886 kHz	12.150 kHz	-	-

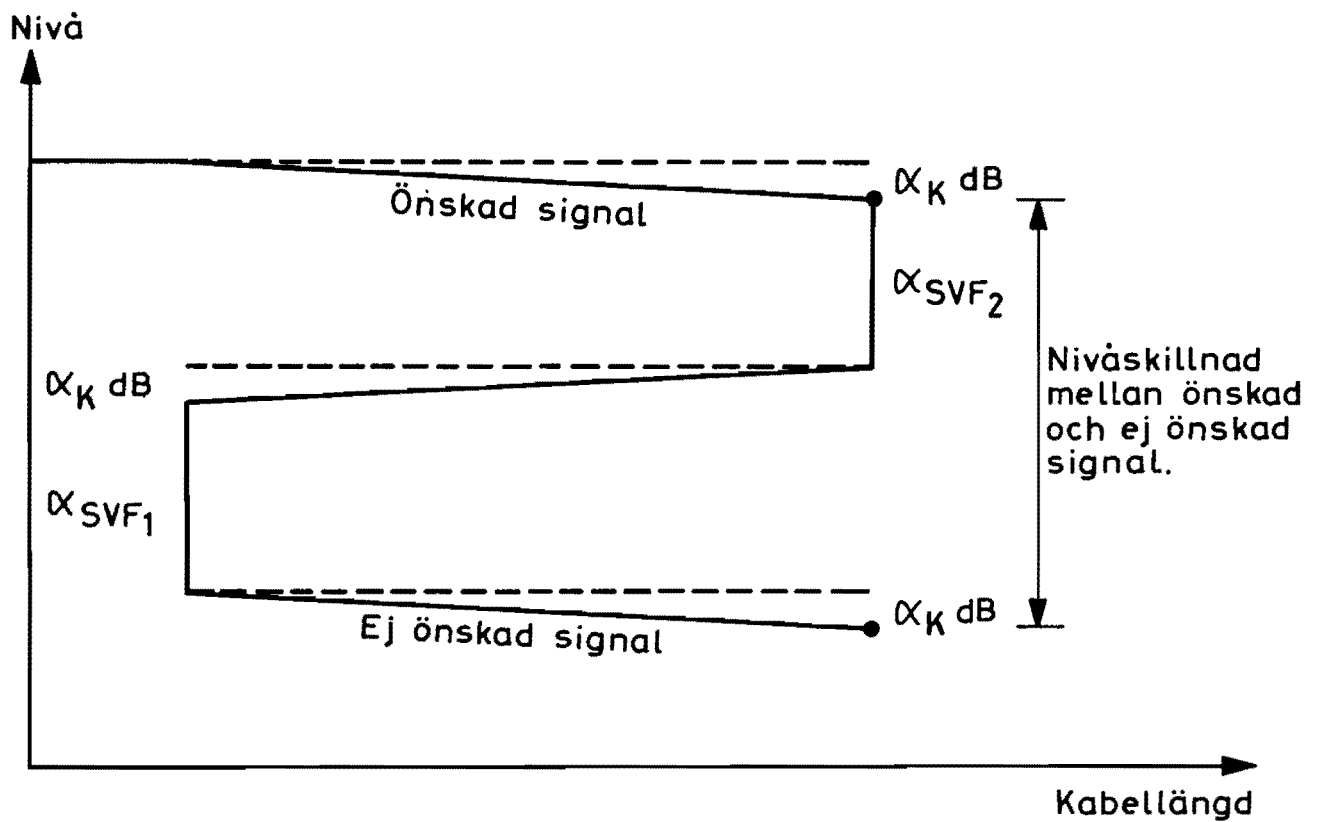
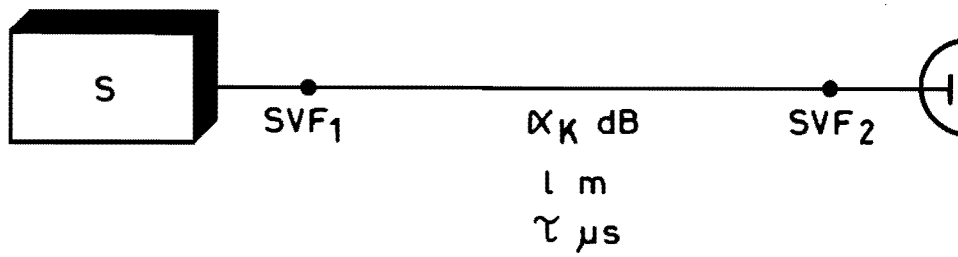
**Ekodistorsion**

Ekodistorsion är en störning orsakad av reflexion i vågledare och koaxialkablar på såväl sändar- som mottagarsidan av ett hopp.

Vid en diskontinuitet i kabelns eller vågledarens karakteristik uppstår ett eko vars storlek är beroende av punktens reflexionsfaktor samt av använd signalfrekvens.

Bild 23 utgör ett exempel på ekodistorsion, så kallad long-line effekt. Bilden visar sändarsidan av ett hopp men framställningen är giltig även för mottagarsidan. På bilden har för enkelhets skull reflexionerna koncentrerats till antenkabelns båda ändar.

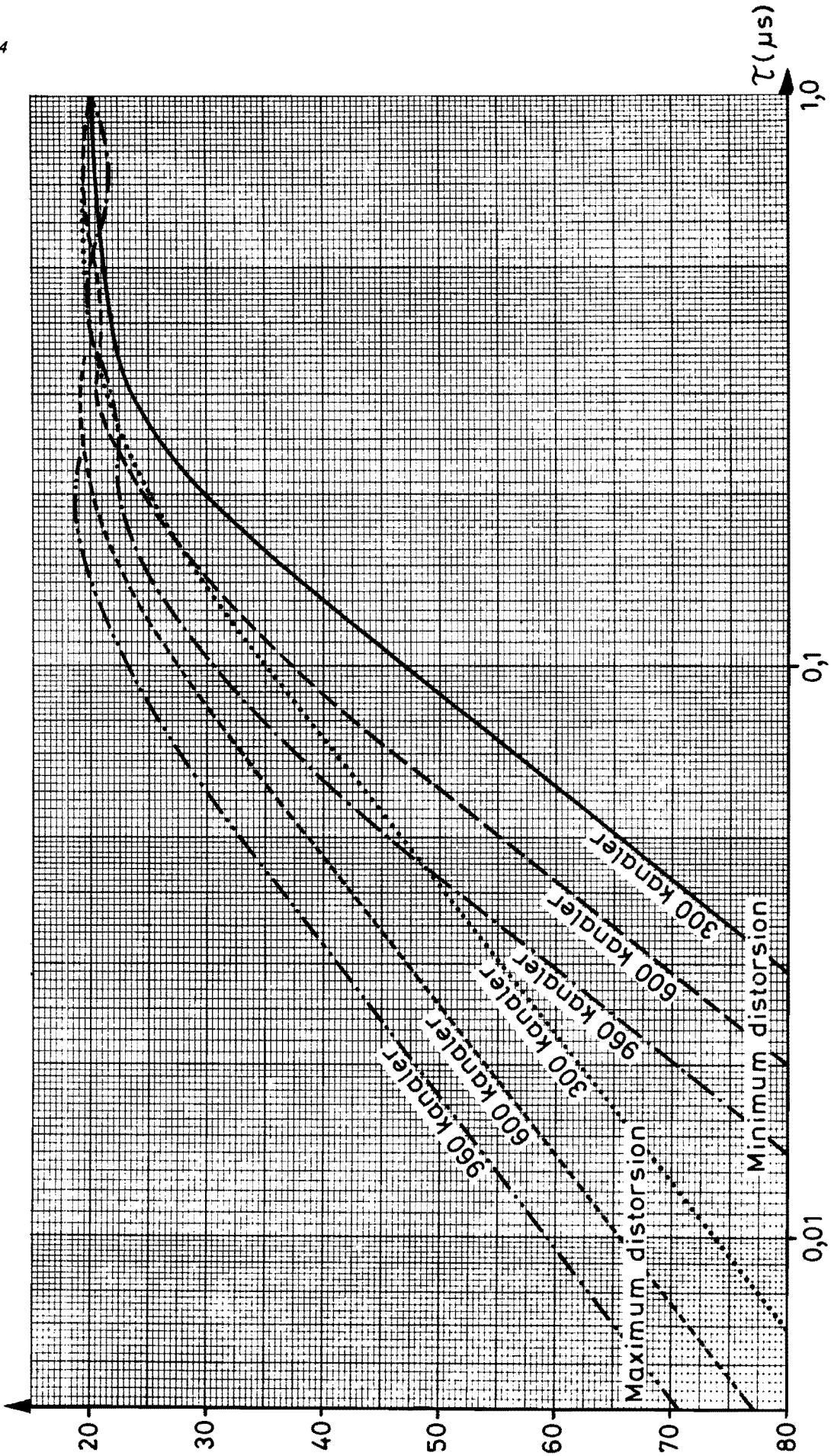
Av bilden framgår att, beroende av de båda reflexionspunkterna, uppstår ett eko som en skugga till den utgående nyttiga signalen.

"Long-line effekten"

OBS. Tidsskillnaden mellan önskad och ej önskad signal är  $2\tau$

Bild 23

34 dBm Op/ i toppkanalen



Bidrag till signalbrusförhållandet som funktion av ekotiden

) ) )





## Dimensioneringsnormer

Tabell FR 30668 utgör en sammanställning av nu befintlig radiolänkutrustning.

I tabellen har följande beteckningar använts

$a_{s_t}$  = sträckdämpning,  $10 \log P_s - 10 \log P_m$ , där  $P_m$  här är insignalen vid brus-tröskeln

$q$  = systemvärde,  $q = a_s + S/B$

Max  $a_s$  med hänsyn till  $t$  = max sträckdämpning med hänsyn till krävd fadingsmarginal

Max  $a_s$  med hänsyn till  $S/B$  = max sträckdämpning med hänsyn till krävd  $S/B$

1h, 2h osv = antal hopp

## Exempel

Antag RL-22 tillsammans med TM-12. För kanal 6 gäller:

**systemvärde vid leverans** 163 dB.

Detta värde gäller relativt tillverkaren av utrustningen vid idriftsättning.

**systemvärde vid drift** 158 dB.

Detta värde skall användas vid dimensionering av ett hopp. Det betyder att när systemvärdet sjunkit från leveransvärde till driftvärde (bruset ökat, uteffekten minskat) skall underhållssidan reparera utrustningen och återställa dess data i nivå med leveransvärdet. Skillnaden mellan leverans- och driftvärde är alltså det toleransområde inom vilket utrustningen får åldras före reparation.

**Huvudstråk.** Här finns inga siffror angivna, vilket betyder att denna utrustning ej används på huvudstråk.

**Bistråk med fjärrförbindelse**

Max  $a_s$  med hänsyn till  $t$  110 dB. För denna utrustning och detta driftfall har fadingsmarginalen satts till 25 dB.

Max  $a_s$  med hänsyn till  $S/B$

1 hopp = 114 dB
2 hopp = 111 dB
3 hopp = 109 dB.

För denna utrustning och detta driftfall har kravet på  $S/B$  satts till min vid

1 hopp = 44 dB  
 2 hopp = 47 dB  
 3 hopp = 49 dB.

Dim  $a_s$

1 hopp = 110 dB
2 hopp = 110 dB
3 hopp = 109 dB.

Vid dimensionering av maximal sträckdämpning måste hänsyn tas till såväl min  $S/B$  som fadingsmarginal. Vid 1 och 2 hopp är det för denna utrustning fadingsmarginalen som sätter gränsen för sträckdämpningen. Vid 3 hopp är det  $S/B$  som sätter gränsen.

**Bistråk i övrigt**

Motsvarande gäller som vid bistråk med fjärrförbindelse.

**Normal utrustning**

I dessa kolumner ges några normala riktvärden för planering av hopp.

$\Sigma g$  t ex 28 dB. Är summa gain för två antennmattor med vardera 14 dB, relativt halv vågsdipol.

$\Sigma a_k$  6 dB. Är den sammanlagda kabeldämpningen för båda sidorna.

$\Sigma a_F$  —. Betyder att filterdämpningen redan räknats in i uteffekt och brusfaktor.

$a_U - a_S = 22$  dB. Anger att utbredningsdämpningen  $a_U$  får vara 22 dB högre än sträckdämpningen  $a_S$  på grund av antennval (gain 28 dB) och antennkabel.

$$a_U - a_S = \Sigma g - \Sigma a_k.$$

Max  $a_U$ , normalfall = 132 dB.

$$a_U = a_S + \Sigma g - \Sigma a_k.$$

Max  $a_H$  vid 50 km = 18 dB

Betyder att hinderdämpningen på ett 50 km långt hopp får max uppgå till 18 dB om två 14 dB-antennerna används och kravet beträffande fadingmarginal skall kunna uppfyllas.  $a_U = a_O + a_H$ , där  $a_O$  är fri rymddämpning, här 114 dB.

$$a_{O_{dB}} = 28,1 + 20 \log d_{km} + 20 \log f_{MHz}$$

Denna formel gäller för sträckdämpningen mellan två halv vågsdipoler.

Anm 2/14 + 2/14 typbeteckning för antenn.

Observera att de siffervärden som angivits i detta exempel enligt tabellen är preliminära data.





Utrustning			Data				Dimensionering av hopp															Normal utrustning				Max. $a_U$ ( $D=50$ km)	Max. $a_H$ ( $D=50$ km)	Anm.		
Radio	Mult.	Kanal nr.	$a_{St}$		$\varphi$		Huvudstråk		Bistråk med fjärrförbindelse						Bistråk i övrigt						g	$a_K$	$a_F$	$a_U - a_S$						
			Lev.	Drift	Lev.	Drift	Max. $a_S$ m.h.t.		Dim. $a_S$	Max. $a_S$ m.h.t.			Dim. $a_S$			Max. $a_S$ m.h.t.		Dim. $a_S$												
							t	S/B	t	1h	2h	3h	1h	2h	3h	t	1h	2h	3h	1h	2h	3h								
RL-81			105	100			72		72 <sup>1)</sup>	72				72 <sup>2)</sup>	72	72	75				75 <sup>3)</sup>	75	75	84	6	4	74	1)146	7	
	TM-2B	F15/12			171	165	105			105	102	100					105	102	100											
	TM-12	F15/01			167	161	101			101	98	96					101	98	96									2)146	7	
	TM-6	F11/01			158	152	92			92	89	87					92	89	87									3)149	10	
	TM-13	F21/01			157	151	91			91	88	86					91	88	86											
		F25/12			152	146	86			86	83	80					86	83	80											
		F35/12			152	146	86			86	83	80					86	83	80											
		F31/01			149	143	83			83	80	78					83	80	78											
		F45/12			149	143	83			83	80	78					83	80	78											
		F41/01			147	141	81			81	78	76					81	78	76											
		F55/12			147	141	81			81	78	76					81	78	76											
		F51/01			145	139	79			79	76	74					79	76	74											
RL-82			111	106			t=30		76 <sup>1)</sup>	t=30			76 <sup>1)</sup>	76	74	t=27				79 <sup>2)</sup>	76	74	84	6	—	78	1)154	15		
	SM-22	F15/12			169	164	104			104	101	99					104	101	99								2)157	18		
	TM-6	F15/01			164	159	99			99	96	94					99	96	94											
	TM-13	F11/01			155	150	90			90	87	85					90	87	85											
Frekvensdiversitet	TM-23	F21/01			155	150	90			90	87	85					90	87	85											
		F25/12			150	145	85			85	82	80					85	82	80											
		F35/12			150	145	85			85	82	80					85	82	80											
		F31/01			147	142	82			82	79	77					82	79	77											
		F45/12			147	142	82			82	79	77					82	79	77											
		F41/01			146	141	81			81	78	76					81	78	76											
		F55/12			146	141	81			81	78	76					81	78	76											
		F51/01			144	139	79			79	76	74					79	76	74											
	Video	960			140	135	76	75	75 <sup>1)</sup>	76	75	72	70	75 <sup>1)</sup>	72	70	79	75	72	70	75 <sup>1)</sup>	72	70	84	6	—	78	1)153	14	
RL-82			106	101			t=35		66 <sup>1)</sup>	t=32			69 <sup>2)</sup>	69	69	t=30				71 <sup>3)</sup>	71	69	84	6	—	78	1)144	5		
	SM-02	F15/12			164	159	99			99	96	94					99	96	94								2)147	8		
	SM-20	F15/01			159	154	94			94	91	89					94	91	89								3)149	10		
	TM-13	F11/01			150	145	85			85	82	80					85	82	80											
Hot stand-by	TM-23	F21/01			150	145	85			85	82	80					85	82	80											
		F25/12			145	140	80			80	77	75					80	77	75											
		F35/12			145	140	80			80	77	75					80	77	75											
		F31/01			142	137	77			77	74	72					77	74	72											
		F45/12			142	137	77			77	74	72					77	74	72											
		F41/01			141	136	76			76	73	71					76	73	71											
		F55/12			141	136	76			76	73	71					76	73	71											
		F51/01			139	134	74			74	71	69					74	71	69											
	Video	960			135	130	66	70	66 <sup>1)</sup>	69	70	67	65	69 <sup>2)</sup>	67	65	71	70	67	65	70 <sup>3)</sup>	67	65	84	6	—	78	1)144	5	
																											2)147	8		
																											3)148	9		

Uppg.	Kontroll	Kop	Kontroll	Stand	Grupp	Skala	Erstär	Filmer	Datum	Kop. nr	
KUNGL. FLYGFÖRVALTNINGEN							RADIOLÄNKHOPP				Rev. I J
Radiolänksektionen							Dimensioneringsnormer				Blad
							Sammanställning				FR 30668
											3(3)

# CCITT Modulering multiplex

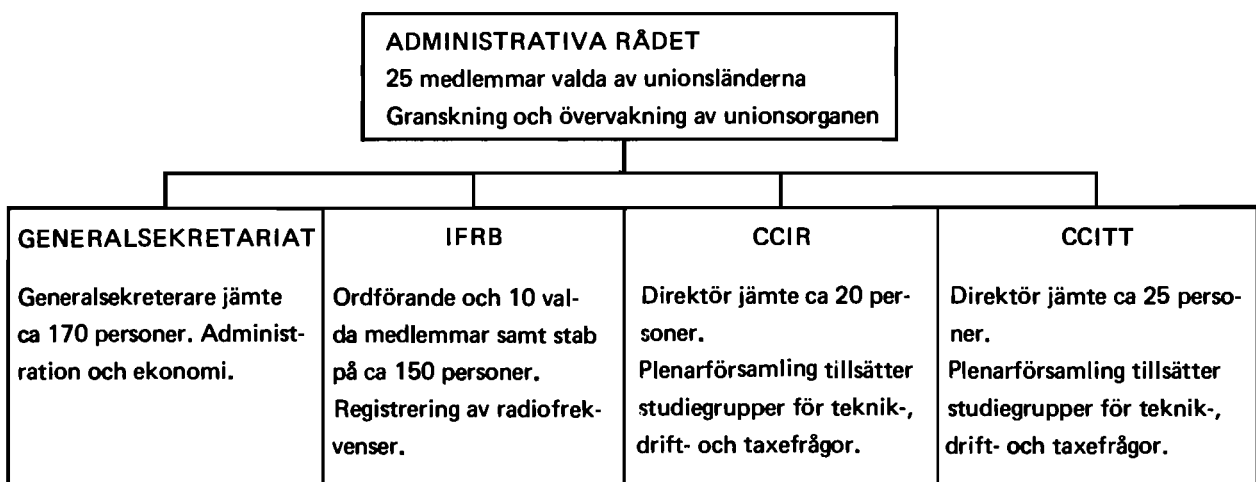
G. Elevant

Till den Internationella Teleunionen: UIT (Union Internationale des Télécommunications) är nästan samtliga länder anslutna.

## Organisationsplan

Teleunionens organisationsplan framgår av bild 1. Sammanlagt arbetar här ca 5000 personer.

### ORGANISATIONSPLAN FÖR DEN INTERNATIONELLA TELEUNIONEN: UIT



UIT = Union Internationale des Télécommunications.

IFRB = International Frequency Registration Board.

CCIR = Comité Consultatif International des Radiocommunications.

CCITT = Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique.

Bild 1

**CCITT studiegrupper**

Bild 2 visar CCITT studiegrupper. Det är inom dessa grupper man utarbetar förslag till rekommendationer.

**CCITT blå böcker, förteckning**

De rekommendationer som utfärdas sammanställs i bokverk och efter varje plenarmöte utges en bokserie. Böckerna har olika färg. Den blå serien kom ut efter plenarmötet 1964, se tabell 1.

Rekommendationerna har stor betydelse för både tillverkare och förvaltningar. När en förvaltning skall göra ett inköp utarbetar man i allmänhet en teknisk specifikation. Om det gäller t ex multiplexutrustningar brukar man i specifikationen ange, att utrustningen skall uppfylla de CCITT-rekommendationer, som gäller vid beställningstillfället.

**CCITT studiegrupper**

<p style="text-align: center;"><b>TELEGRAFI</b></p> <p>I. Trafik, taxor VIII. Utrustning IX. Transmission X. Förmedling XIV. Faksimil</p>	<p style="text-align: center;"><b>DATATRANSMISSION</b></p> <p style="text-align: center;">Sp A</p>	<p style="text-align: center;"><b>TELEFONI</b></p> <p>II. Trafik, taxor III. Taxeprinciper XI. Förmedling XIII. Automat. nät Sp B. Världsautom. nät</p>
<p><b>TRANSMISSION OCH LABORATORIUM</b></p> <p>XII. Principer XV. System XVI. Telefonförbindelser Sp C. Störningar</p>	<p><b>UNDERHÅLL, SKYDD, DEFINITIONER</b></p> <p>IV. Underhåll V. Störningsskydd VI. Korrosionsskydd VIII. Definitioner</p>	<p style="text-align: center;"><b>PULSKODMODULERING</b></p> <p style="text-align: center;">Sp D</p>

Bild 2

## CCITT blå böcker efter III:e plenarmötet 1964

Vol nr	Innehåll
1	III:e plenarmötets memoranda och rapporter, CCITT beslut och yttranden. Studieprogrammen för nästa arbetsperiod. Förteckning över studiegrupper. Rekommendationer avseende CCITT-arbetet. Rekommendationer avseende presentation, symboler, definitioner m m.  Rekommendationer och studieuppgifter rörande:
2	Telefon- och telegraftrafik, tariffer.
3	Linjetransmission
4	Linjeunderhåll och mätningar.
5	Lokalnät och telefonapparat
6	Signalering i automatiserade nät. Förmedlingsutrustningar och manöverorgan.
7	Telegrafteknik
8	Datatransmission
9	Skydd av kablar och stolplinjer samt skydd mot interferens.

Tabell 1



**Exempel på CCITT-  
rekommendationer**

På bild 3 finns ett par exempel på rekommendationer, som är gjorda av CCITT: G232 och M89. På exemplen finns kanalkurvor angivna.

Några andra rekommendationer:

G151: Effektiv överhörning mellan samhörande sändar- och mottagarkanaler skall vara mindre än 43 dB.

G225: Frekvensskillnaden i två ändpunkter av ett bärfrekvenssystem får vara högst 2 Hz.

Inom en så stor organisation som CCITT är det mycket svårt att stadfästa en rekommendation. Därför är dessa relativt få. I CCITT-böckerna finns emellertid även en mängd förslag sammanställda, där förvaltningarna har möjlighet att välja utformningar som passar deras speciella behov.

I CCITT blå bok nr 3, som behandlar linjetransmission, finns i bokens början ett antal sammanfattningar i tabellform över rekommendationer. Tabell 2 och 3 är utdrag ur dessa sammanfattningar gällande för internationella telefonförbindelser. Tabell 4 är utdrag ur rekommendationer för 12- och 60-grupper. I kolumnerna är, som synes, numren på rekommendationerna angivna. För att erhålla god uppfattning om rekommendationernas innebörd fordras emellertid även närmare studium av texten.

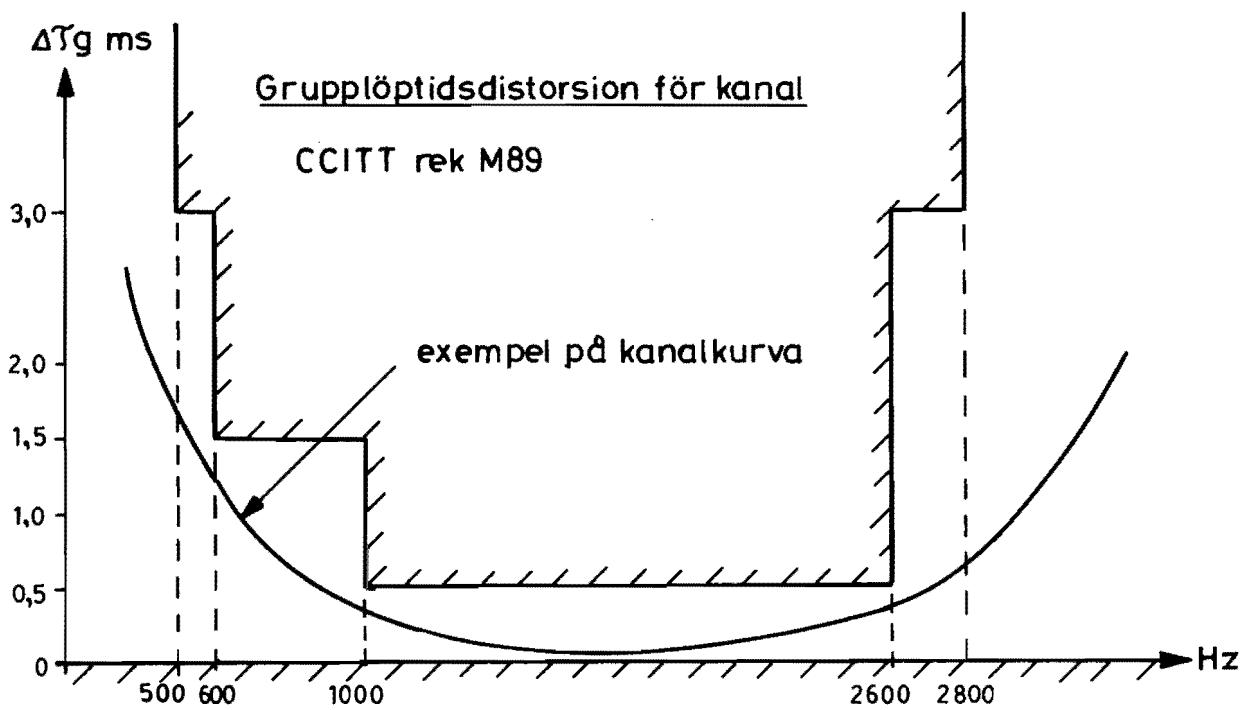
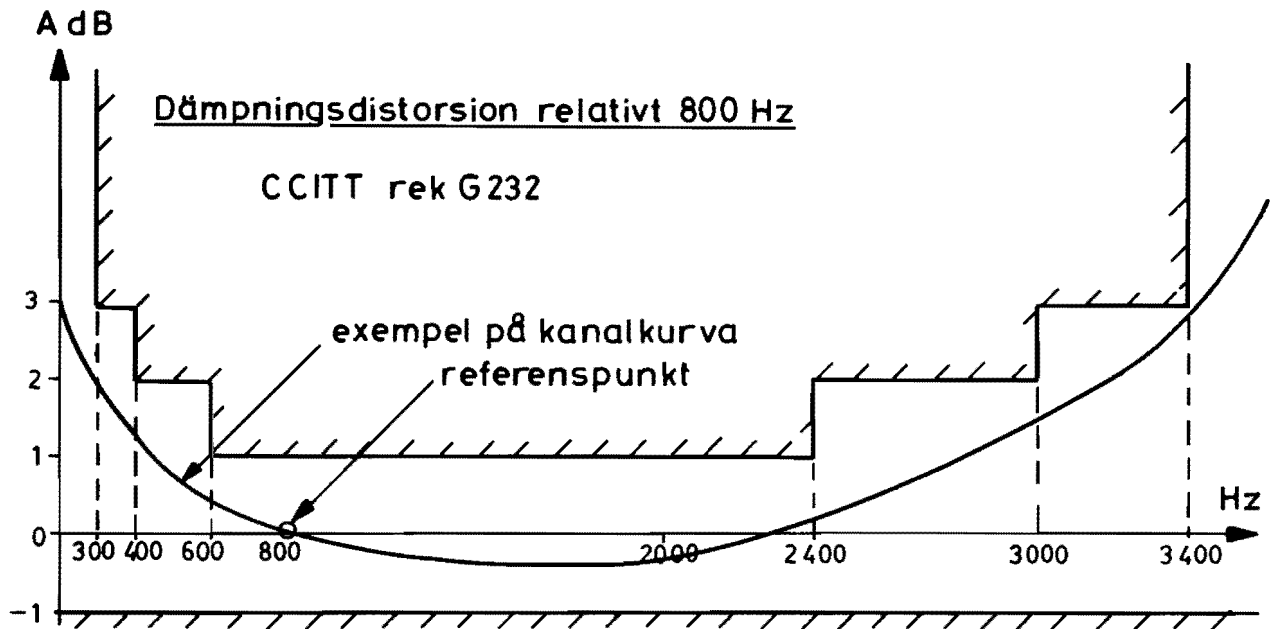


Bild 3

Summary of the main characteristics specified by the C.C.I.T.T. for international telephone circuits (†) and international connections

(This very condensed table is not a recommendation; reference should be made to the full Recommendations, the numbers of which are shown in the table)

		For an international circuit (1)	For a complete connection or for its parts (2)
Reference equivalent		G.111, B	For the connection and for the national systems G.111, G.121
Nominal four-wire equivalent (new plan, see G.101)		0.5 db (G.141) Echo effects (G.131, B)	Four-wire chain national circuits G.101, B, b, G.121, G.122. Net switching loss: 0 db in a CT (G.142, B)
Transmission stability		G.131, A	Balance return loss of national networks (G.122)
Band of frequencies effectively transmitted	Limits in c/s	$\geq 300-3400$ (G.151, A) $300-3400$ (G.132) *	From international centre to local exchange: $300-3400$ (G.124)
	Additional attenuation in db at limits of frequency	8.7 db (G.151, A)	8.7 db (G.151, A)
Attenuation distortion		Graph No. 1 (G.132) * see also Graph No. 5 (H.13)	Graph No. 1, desirable objective for 12 circuits (G.132)
Group delay ( $t$ )		G.114	For the connection (G.114) $t \leq 150$ ms without reservation $t \leq 400$ ms, acceptable <sup>1</sup>
Phase distortion (from the group delay $t$ ) <sup>2</sup>		$t_m - t_{min} \leq 30$ ms * $t_M - t_{min} \leq 15$ ms * (G.133)	For the 4-wire chain: $t_m - t_{min} \leq 60$ ms $t_M - t_{min} \leq 30$ ms For each national 4-wire chain: $t_m - t_{min} \leq 15$ ms $t_M - t_{min} \leq 7.5$ ms (G.133)
Variation of over-all loss with time		Mean deviation from nominal $\leq \pm 0.5$ db Std. dev. $\leq 1$ db or 1.5 db (G.151, C)	Extension circuits: as (1) (G.151)
Linear crosstalk between different circuits (near- or far-end crosstalk ratio $\Delta$ )		$\Delta \geq 58.2$ db for 90% $\Delta \geq 52.1$ db for 100% (G.151, D)	Extension circuits: as (1) (G.151) In an international exchange: $\Delta \geq 70$ db (G.142, C)

<sup>1</sup> Provisional recommendation.

<sup>2</sup>  $t_m$  = nominal minimum frequency effectively transmitted.

$t_M$  = nominal maximum frequency effectively transmitted.

$t_{min}$  = frequency corresponding to minimum group delay time.

† Unless otherwise stated, circuits for voice-frequency telegraphy or phototelegraphy have the same characteristics.

\* These values apply to the chain of international circuits.

Tabell 2

		For an international circuit (1)	For a complete connection or for its parts (2)	
Near-end crosstalk ratio between the two directions of transmission		For telephony: $\geq 35$ db (G.151, D) For voice-frequency telegraphy: 43 db (H.13)	In an international exchange: 50 db (G.142, C)	
Circuit noise		See Table 1 bis		
Impedance of the circuit		See G.142, A	A single value for one trunk exchange (G.232, L)	
Frequency difference at two ends of a carrier circuit		$\leq 2$ c/s (G.225)		
Duration of interruption in change-over to standby power supply		Around 150 ms (G.335, c) **		
Power at zero relative level point	Telephony, mean power in busy hour	Speech currents, etc. $22 \mu\text{W}$ * (G.223) Electric signals + tones $10 \mu\text{W}$ * (G.223) (see G.224 for the power of signalling pulses)		
	Voice-frequency telegraphy. Maximum power per channel for V.F.T. systems having	Amplitude modulation. Power when sending continuous mark (H.12, A, a)	Frequency modulation (H.12, B) mean power	
	24 channels	$9 \mu\text{W}$	normal	agreed between Administrations
	18 channels	$15 \mu\text{W}$	$5.6 \mu\text{W}$	$9 \mu\text{W}$
	12 or less channels	$35 \mu\text{W}$	$7.5 \mu\text{W}$	$15 \mu\text{W}$
		$11.25 \mu\text{W}$	$35 \mu\text{W}$	
Private wire telegraphy and telephony	one or other	Sending continuous mark $0.3 \text{ mW}$ maximum (H.21) ***		
	both	Teleg. level $\leq -13 \text{ dbm0}$ (H.22) ***		
	Phototelegraphy	Amplitude modulation $1 \text{ mW}$ , frequency modulation $0.1 \text{ mW}$ (H.31)		
Maximum power for data transmission over leased circuits (H.41, A) ***		$1 \text{ mW}$ on subscriber's line Frequencies $\geq 2400$ c/s, see G.224 Frequency modulation: $-10 \text{ dbm0}$ or $-20 \text{ dbm0}$ Amplitude modulation: $-6 \text{ dbm0}$ and $64 \mu\text{W}$ (mean for both directions in busy hour)		
Maximum power for data transmission over circuits in switched network (H.41, B) ***		$1 \text{ mW}$ on subscriber's line Frequencies $\geq 2400$ c/s, see G.224 Frequency or phase modulation: $-10 \text{ dbm0}$ in simplex, $-13 \text{ dbm0}$ in duplex Amplitude modulation: $64 \mu\text{W}$ (mean for both directions in busy hour)		

\* Calculation target value or conventional value for a hypothetical reference circuit.

\*\* Unless mains supply is fully reliable.

\*\*\* This recommendation contains restrictions of use.

Tabell 3

Summary of the main characteristics specified by the C.C.I.T.T.  
for groups and supergroups

(This very condensed table is not a recommendation; reference should be made to the full Recommendations, the numbers of which are shown in the table)

		Group	Supergroup
Ratio after through connection, between wanted component and the following components, defined in G.242, a			
— intelligible crosstalk — unintelligible crosstalk — possible crosstalk — harmful out-of-band — harmless out-of-band		70 db * 70 db * 35 db 40 db 17 db	70 db * 70 db * 35 db 40 db 17 db
Additional suppression to safeguard pilot frequencies or additional measuring frequencies			See G.243, C and Figure 35
Variation of insertion loss in passband of through connection equipment	with frequency (temperature 10° to 40°C)	≤ ± 1 db (with respect to value at 84 kc/s) (G.242, b)	≤ ± 1 db (with respect to value at 412 kc/s) (G.242, c)
	with temperature	≤ ± 1 db at 84 kc/s from 10° to 40°C (with respect to 25°C)	≤ ± 1 db at 412 kc/s, from 10° to 40°C (with respect to 25°C)
(G.241): Pilot frequency for	Frequency (kc/s) **	Accuracy (c/s)	Absolute power level at a zero relative level point (for tolerances, see G.241, c)
Basic group A ***	35.860	± 3	-25 dbm0
	35.920	± 1	-20 dbm0
Basic group B ***	84.080	± 1	-20 dbm0
	84.140	± 3	-25 dbm0
Basic supergroup	411.860	± 3	-25 dbm0
	411.920	± 1	-20 dbm0
Protection of (and against) supergroup pilots	G.233, g (in group 3)		

\* For telephony (G.242, b).  
 \*\* See for use of these frequencies (G.241, a and b).  
 \*\*\* Also applies to 8-channel groups (G.234, e).

Tabell 4

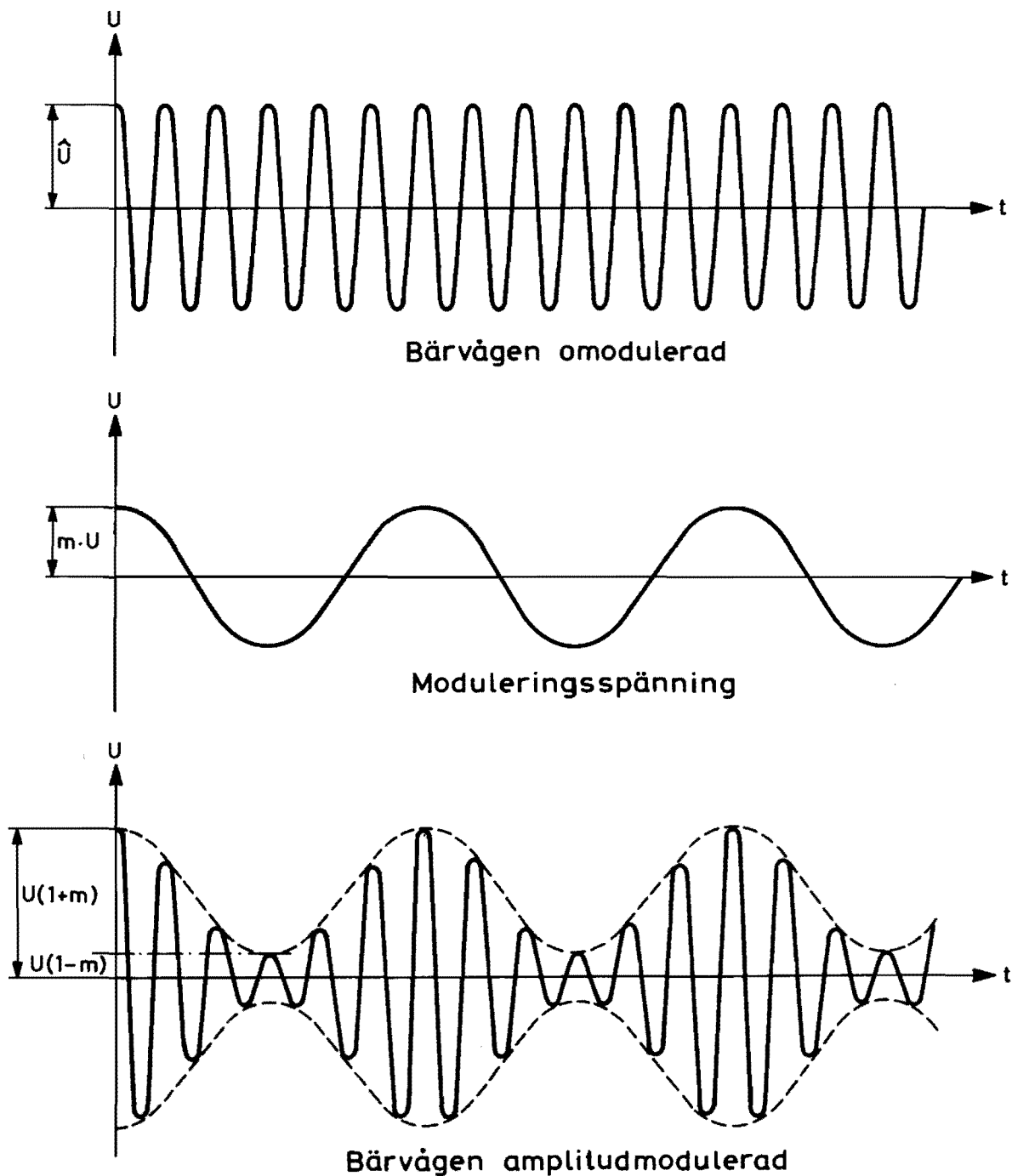
De vanligaste moduleringsprinciperna som förekommer i multiplexutrustningar är följande:

- Amplitudmodulering (Ex TM-6)
- Pulsamplitudmodulering
- Pulsfasmodulering (Ex TM-4)
- Pulstidmodulering
- Pulskodmodulering

### Olika moduleringsprinciper

Bild 4 visar hur en amplitudmodulerad signal uppstår. Man utgår från en bärvåg och en modulerings-spänning. Efter moduleringen får man ut en signal enligt den nedre figuren. Den amplitudmodulerade signalens spänning varierar från värdet  $U(1+m)$  till  $U(1-m)$ .

### Amplitudmodulerad signal



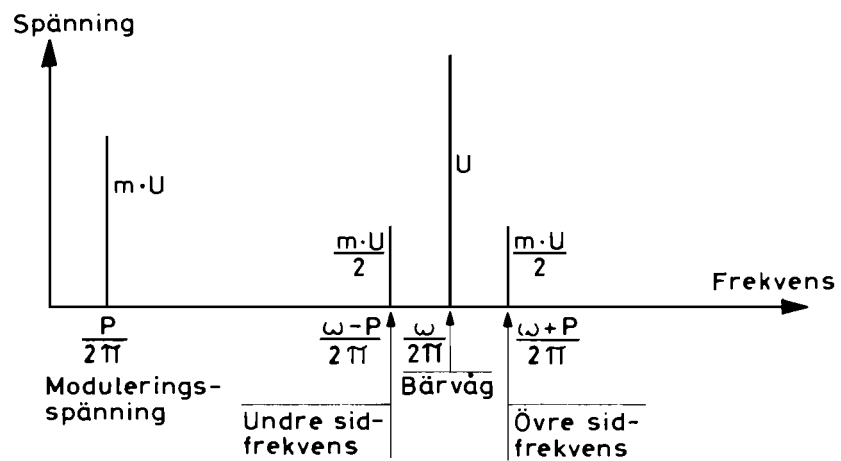
Frekvensdiagram för amplitudmodulering

Bild 5 visar frekvensdiagram för amplitudmodulering.

Nästa steg är att man istället för en enstaka frekvens utnyttjar ett frekvensband. Inom bärfrekvenstekniken brukar man åskådliggöra ett frekvensband med en rätvinklig triangel där den korta kateten representerar den högre frekvensen. Om man har ett frekvensband, t ex en telefonkanal, och modulerar telefonkanalen med en bärvåg får man ett frekvensdiagram enligt bild 6. Här visas bärvågen och de båda sidbanden. Det övre sidbandet ligger rättvänt medan det undre sidbandet ligger spegelvänt - liksom speglar sig i bärfrekvensen.

Inom BF-tekniken försöker man att spara frekvensutrymme och filtrerar mestadels bort bärfrekvensen och ena sidbandet. Man behåller endast ett av sidbanden.

Bild 5



$m$  = moduleringsgraden

$\frac{P}{2\pi}$  = moduleringsspänningens frekvens

$\frac{\omega}{2\pi}$  = bärvågens frekvens

## Frekvensdiagram för amplitudmodulering, sidbandens uppkomst

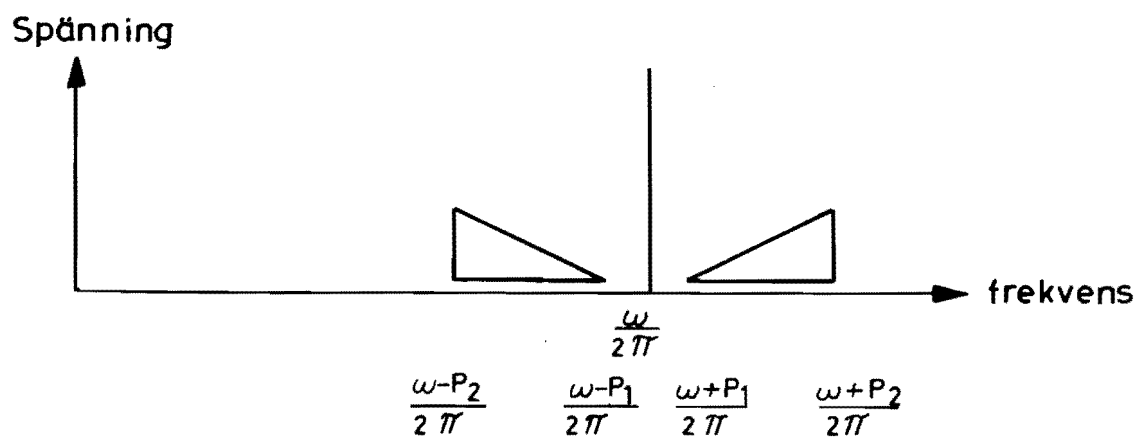


Bild 6



Pulsmodulering, diagram

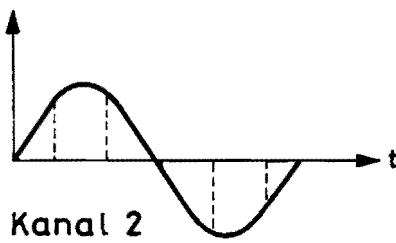
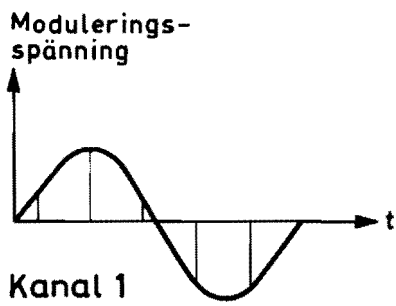
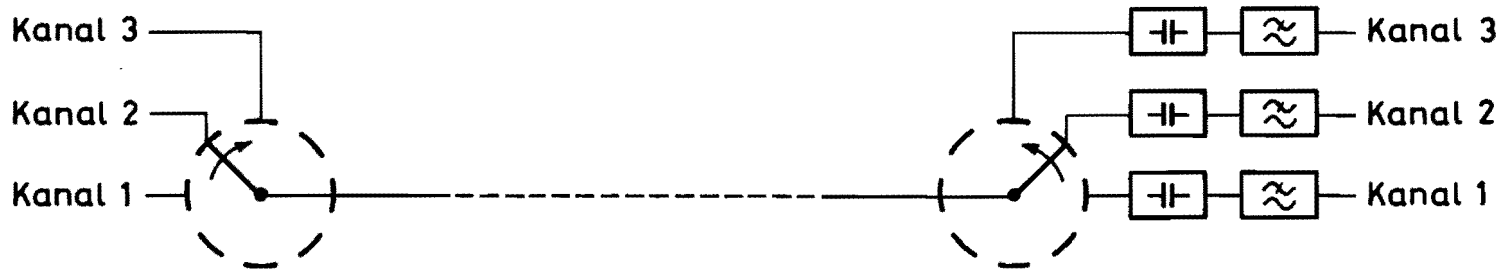
Bild 7 visar exempel på pulsmoduleringsystem. Vid pulsmodulering använder man ett förfarande som kallas sampling, vilket innebär att man med regelbundna intervall tar prov på modulerspänningen. Man får då pulser, men man kan inte göra samplingstiden oändligt kort. Det blir alltid en viss bredd på pulserna - man får ut ett pulståg på ledningen.

Överst på bilden syns ett sådant arrangemang.

Den modulerade spänningen finns på ledningen i form av ett pulståg och på mottagarsidan låter man pulserna ladda upp kondensatorer eller liknande. Efter kondensatorerna har man ett lågpasfilter och efter detta får man i princip tillbaka modulerspänningen.

Svenskamerikanen Nyquist har visat att om man genom samplingsförfarande avkänner nivån tillräckligt ofta kan man efterbilda en signal med tillräcklig noggrannhet. Man måste härvid sampla med en hastighet som är lika med dubbla den högsta överförda frekvensen. Om man i en telefonkanal har som högsta överförda frekvens 3400 Hz, måste man alltså sampla med minst 6800 sampel i sekunden. Samplingsfrekvensen 8000 Hz har nu blivit vanlig som standard för telefonkanaler.

I ett flerkanalssystem har man en avkänningsanordning, som först känner av kanal 1, sedan kanal 2, sedan kanal 3 osv. Se överst på bild 7. På mottagarsidan har man en motsvarande distributionsanordning, som går synkront med sändarens avkänningsanordning. Man får då ut på ledningen ett sampel från kanal 1, ett kort ögonblick efteråt får man ett sampel från kanal 2, kanal 3 osv. När avkänningsanordningen har gått varvet runt kommer sampel nr 2 från kanal 1, nr 2 från kanal 2, nr 2 från kanal 3 osv.



O. S. V.

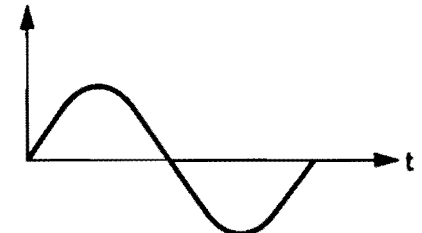
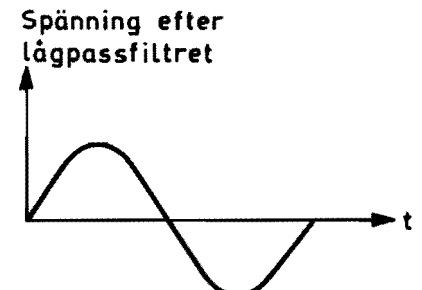
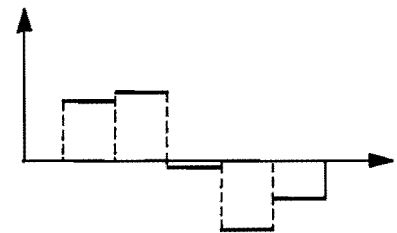
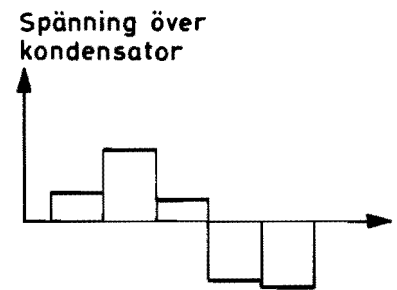
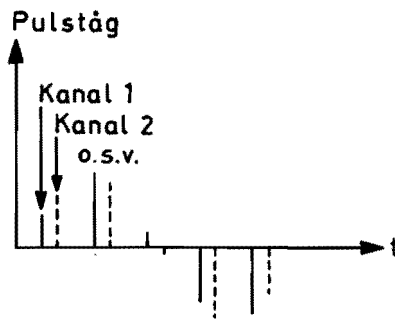


Bild 7

Pulsamplitudmoduleringsystem

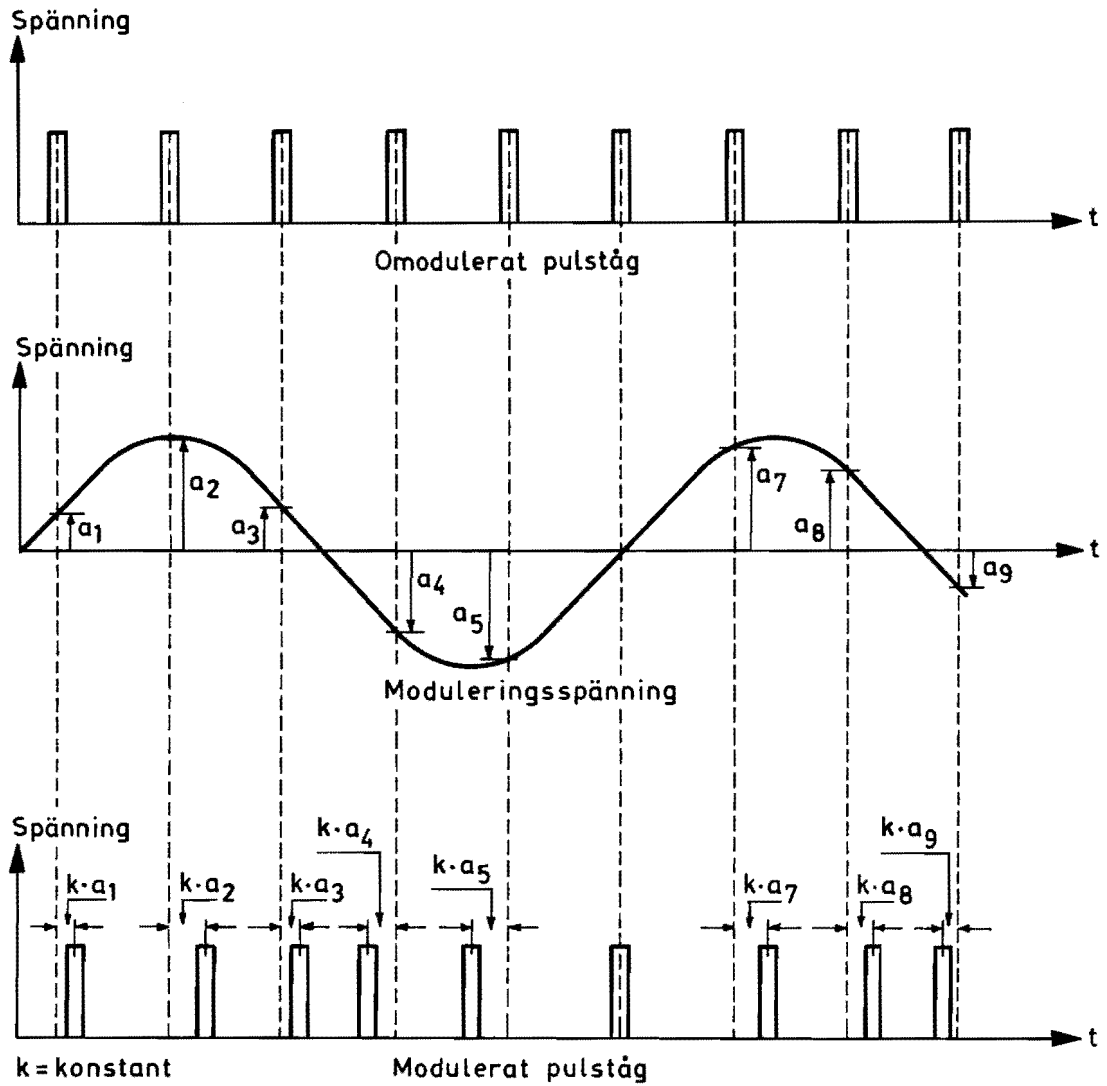
Pulsfasmodulering, diagram

Bild 8 visar pulsfasmodulering. Förfarandet liknar pulsamplitudmodulering, men här har man på det utgående pulståget samma nivå på pulserna och modulerspänningens nivå påverkar pulsens avvikelse från det rätta fasläget. Ju högre nivån är ju större är avvikelsen från det omodulerade pulståget. Under den positiva halvperioden ligger pulsen mer eller mindre till höger om den omodulerade pulsen dvs efter i fasläge. Under den negativa halvperioden ligger den före i fas jämfört med omodulerad puls.

Pulstidmodulering

Vid pulstidmodulering utgår man från pulsamplitud och låter amplitudens storlek påverka pulsens bredd (utsträckning i tid). Ju högre spänningsnivån är desto bredare blir pulsen i ett visst ögonblick.





Tidsdiagram för pulsfasmodulering

Bild 8

### Pulskodmodulering, diagram

Vid pulskodmodulering (PCM) utgår man från principen för pulsamplitudmodulering. På bild 9 är en moduleringsspänning inritad. Här finns även nivågränser angivna, så kallade kvantiseringssteg (de vågräta linjerna). Har man som här 16 kvantiseringssteg erhålls 16 olika tillstånd som man digitalt kan ange med hjälp av fyra bitar (Fyra nollor och/eller ettor). Genom bitarnas inbördes placering kan man således karakterisera 16 olika tillstånd. Det första kvantiseringssteget är markerat med 4 nollor, det andra med en etta och tre nollor osv. Ettorna anger puls och nollorna icke puls.

Det första samplet på bilden är 0101 (kvantiseringssteg 10). Nästa sampl ligger i kvantiseringssteg 13 och markeras med 1011 (puls, icke puls, puls, puls.)

Det bör observeras att bild 9 endast vill visa principen för pulskodmodulering (PCM). I praktiska PCM-system använder man sig av 128 eller 256 kvantiseringssteg, som anges med en kombination av 7 alternativt 8 bitar. Dessutom ökar avståndet mellan kvantiseringsstegen vid ökande amplitud enligt en logaritmisk funktion. Med ett sådant förfarande sparas kvantiseringssteg, vilket sker på bekostnad av att mycket kraftiga signaler blir undertryckta. Fördelen med PCM jämfört med andra moduleringsprinciper är att både frekvensen och nivån hos signalspänningen (talet) blir digitaliserade. Härigenom gör man sig i stort sett fri från det brus som alltid uppstår i förstärkare i konventionella BF-system.

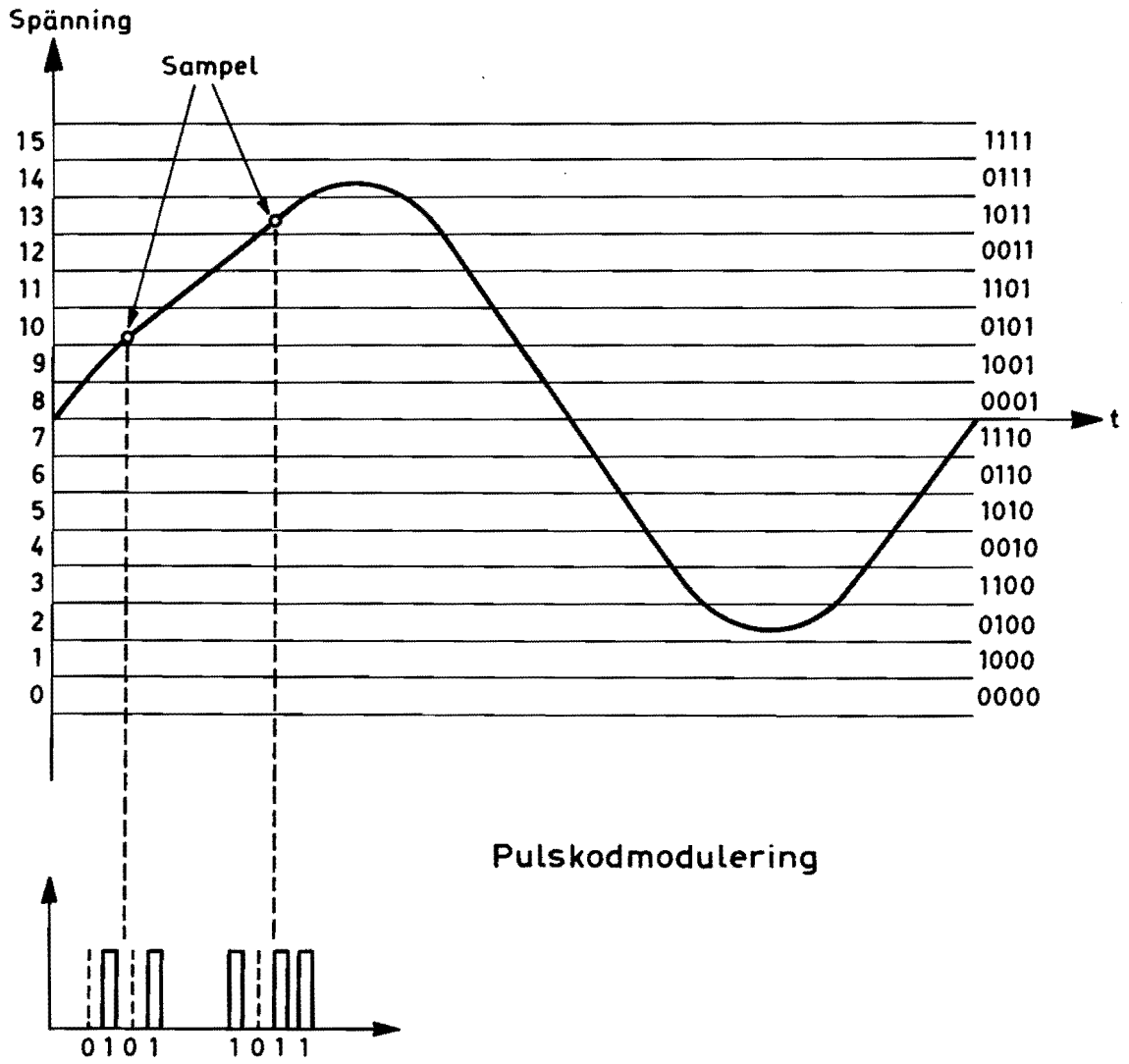


Bild 9

**Överföring (multiplexutrustning)**

Bild 10 visar hur en konventionell multiplexutrustning är inkopplad i ett system.

I förbindelsens ena ände har man i allmänhet en telefonväxel eller en telefonapparat. Det tal man skall överföra till en annan växel eller telefonapparat förs in i en multiplexutrustning. I allmänhet har varje förbindelse sex trådar. Två trådar används för den avgående talriktningen och två för den ankommande. Vidare finns två trådar för signalering. De kallas för s- och m-tråd.

Till multiplexutrustningen, beroende på dess storlek, kan det gå in olika antal telefonkanaler. I multiplexutrustningen moduleras de inkommande signalerna och överförs sedan till en radiolänkutrustning eller ett koaxialsystem. På mottagarsidan sker demodulering, man omvandlar och får tillbaka de ursprungliga signalerna som går in i växeln på mottagarsidan.

På bilden finns två gränssnitt. CCITT rekommenderar speciella nivåer vid vissa punkter på utrustningarna och man måste därför väl definiera de gränssnitt, där dessa rekommendationer skall gälla.

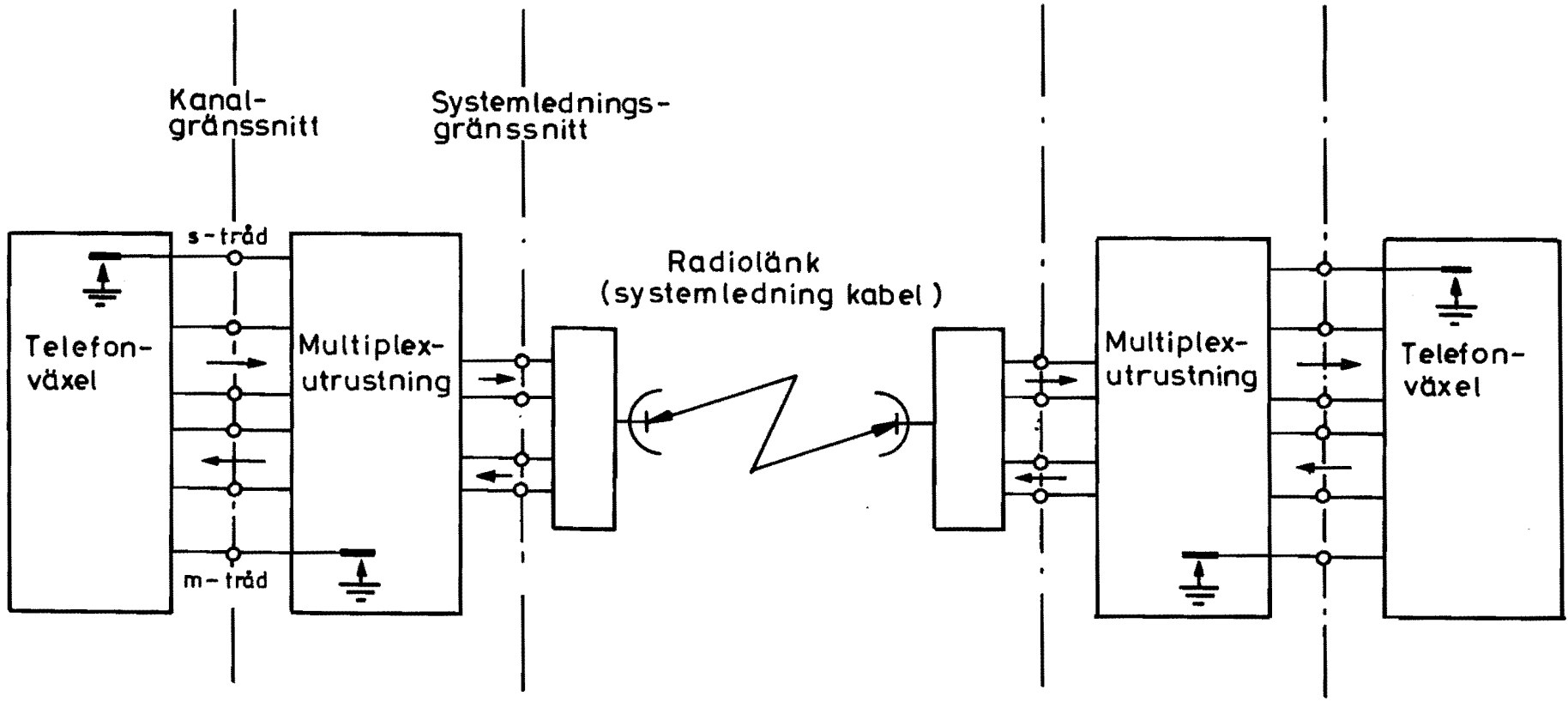


Bild 10

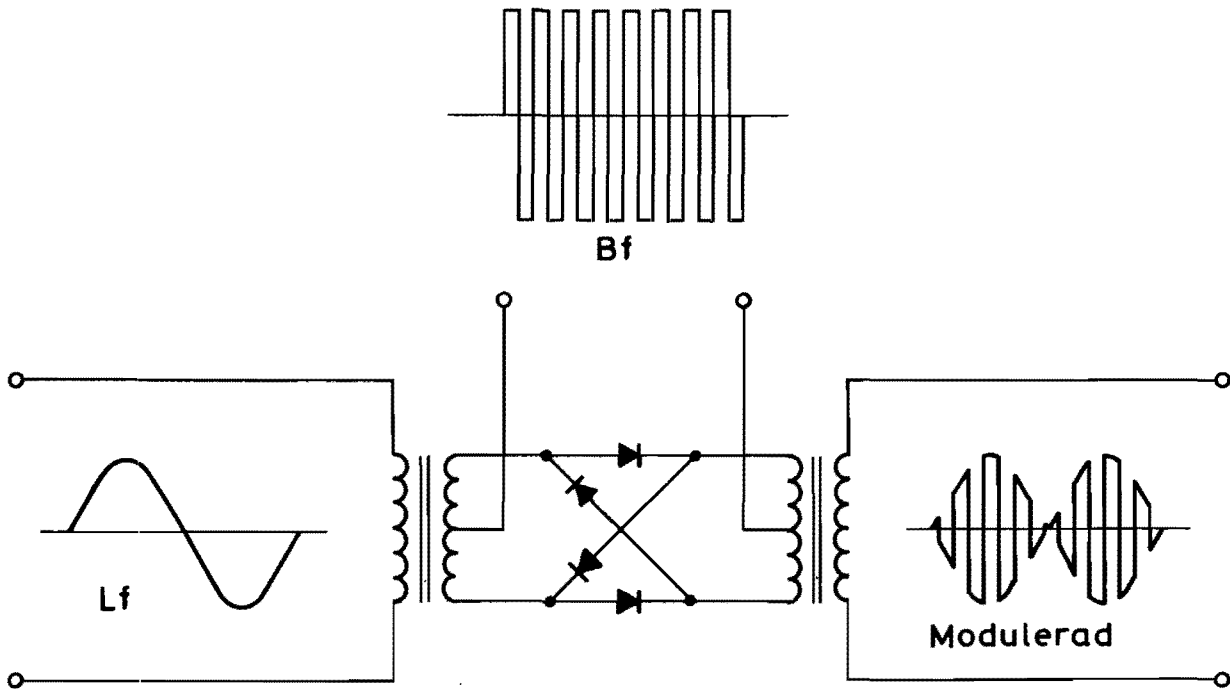


**Ringmodulator, princip**

Bild 11 visar principen för en ringmodulator. Denna modulator är den i bärfrekvenstekniken mest använda.

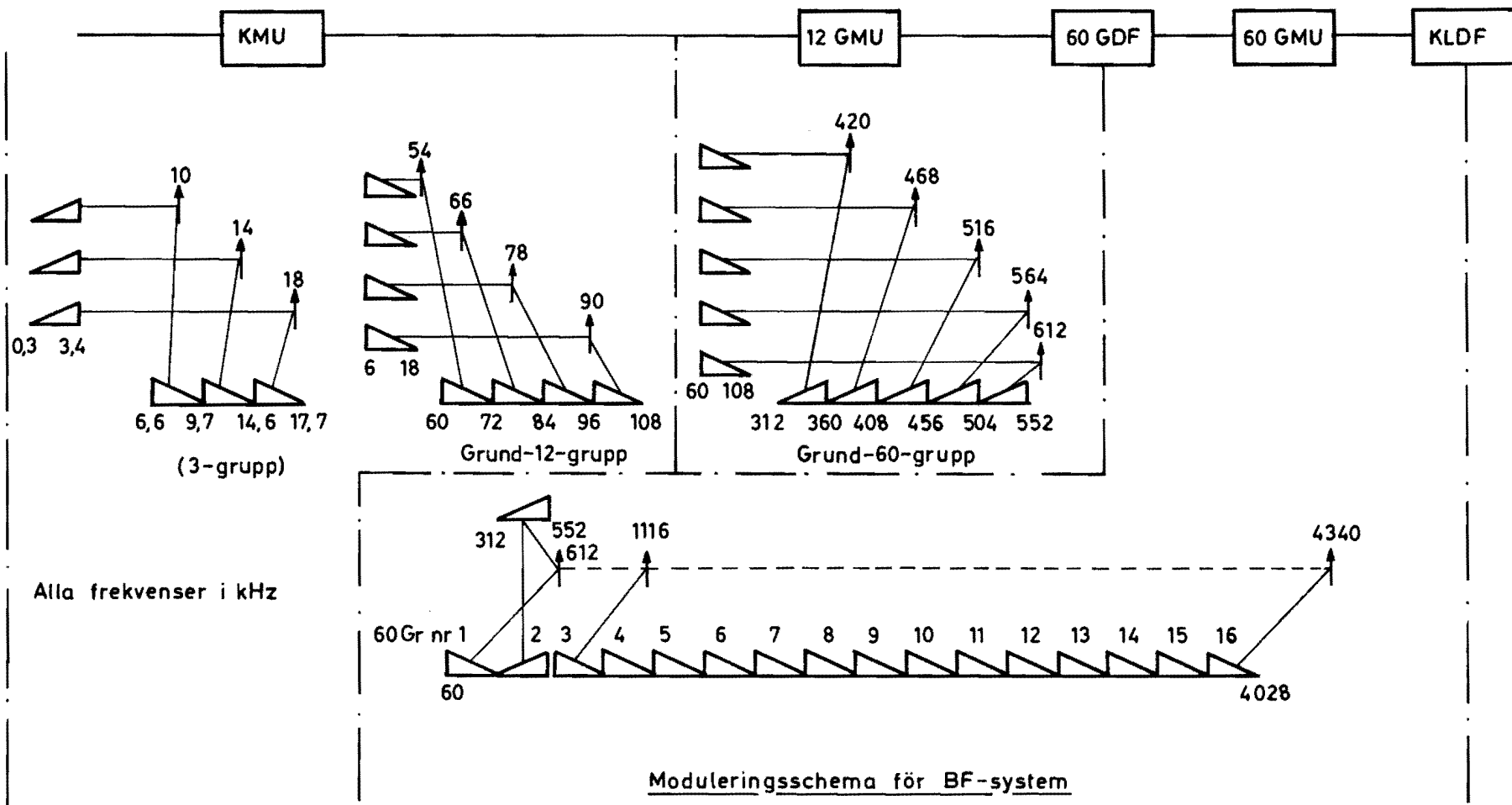
**Multiplexutrustning (äldre utf)**  
**Modulering (BF-system)**

Bild 12 visar ett moduleringsschema för en multiplexutrustning av äldre utförande. Alla frekvenser är angivna i kHz.



Ringmodulator

Bild 11



### Blockschema över modulering och demodulering av 60-grupp

Bild 13 visar i blockschemaform hur man modulerar och demodulerar en 60-grupp. Även här är alla frekvenser angivna i kHz.

Den princip som används är följande: signalfrekvenserna (talet) och en bärfrekvens matas till en modulator, varvid man efter moduleringen erhåller bärfrekvens jämte två sidband enligt bild 6. Därefter skär man med filter bort bärfrekvensen och ena sidbandet och genom att välja bärfrekvenserna på lämpligt sätt kan man placera telefonkanalerna intill varandra i 3-grupper. Det är av vikt att bärfrekvenserna undertrycks tillräckligt, så att bärfrekvensläckorna inte ger upphov till intermodulationsprodukter. Därefter modulerar man 3-grupperna på samma sätt i ringmodulatorer med lämpliga bärfrekvenser, utfiltrerar ena sidbandet och erhåller 12-grupper. På liknande sätt kan man sedan fortsätta uppmodulering till 60-grupper, 300-grupper o s v.

Demodulering från t ex 300-grupper ned till kanaler sker enligt en omvänd princip. Först filtrerar man ut ett sidband ur gruppen, går in på en ringmodulator där bärfrekvensen tillsätts och erhåller sålunda efter ett antal demoduleringar åter de ursprungliga signalfrekvenserna i en telefonkanal. För att få rätt nivå hos en 60-grupp kan man efter uppmoduleringen mata in en reglerpilot, d v s en sinusspanning med frekvensen 411,92 kHz, som sedan får följa med 60-gruppen ända till demoduleringen, där den får påverka att reglerdon så att 60-gruppen erhåller rätt nivå. Frekvensen 411,92 kHz är rekommenderad av CCITT och vald så att minimum av intermodulationsprodukter faller inom telefonkanalerna. På samma sätt kan 12-grupper nivåregleras med pilot (84,08 kHz).

För större multiplexutrustningar krävs många bärfrekvenser och piloter. Dessa alstras genom att man har en mycket frekvensstabil, vanligen kristallstyrd huvudoscillator och efter denna ett antal frekvensomvandlare, efter vilka man får ut de önskade frekvenserna.

Betydelsen av att bärfrekvenserna på olika terminalstationer mycket litet avviker från varandra framgår av den tidigare omnämnda CCITT-rekommendationen G225, som säger att frekvenskillnaden i två ändpunkter av ett bärfrekvenssystem får vara högst 2 Hz. Denna rekommendation innebär, att en ton med frekvensen 800 Hz som sänds in i en kanal får på mottagarsidan ha frekvensen  $800 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$ . Detta kan vara förenat med vissa problem, om en kanal passerar genom flera bärfrekvensutrustningar. För att förbättra frekvensnoggrannheten har CCITT föreslagit överföring av en frekvensjämförelsepilot 60 kHz, efter vilken man kan finjustera huvudoscillatorerna på olika terminalstationer efter en centralt belägen frekvenslikare.

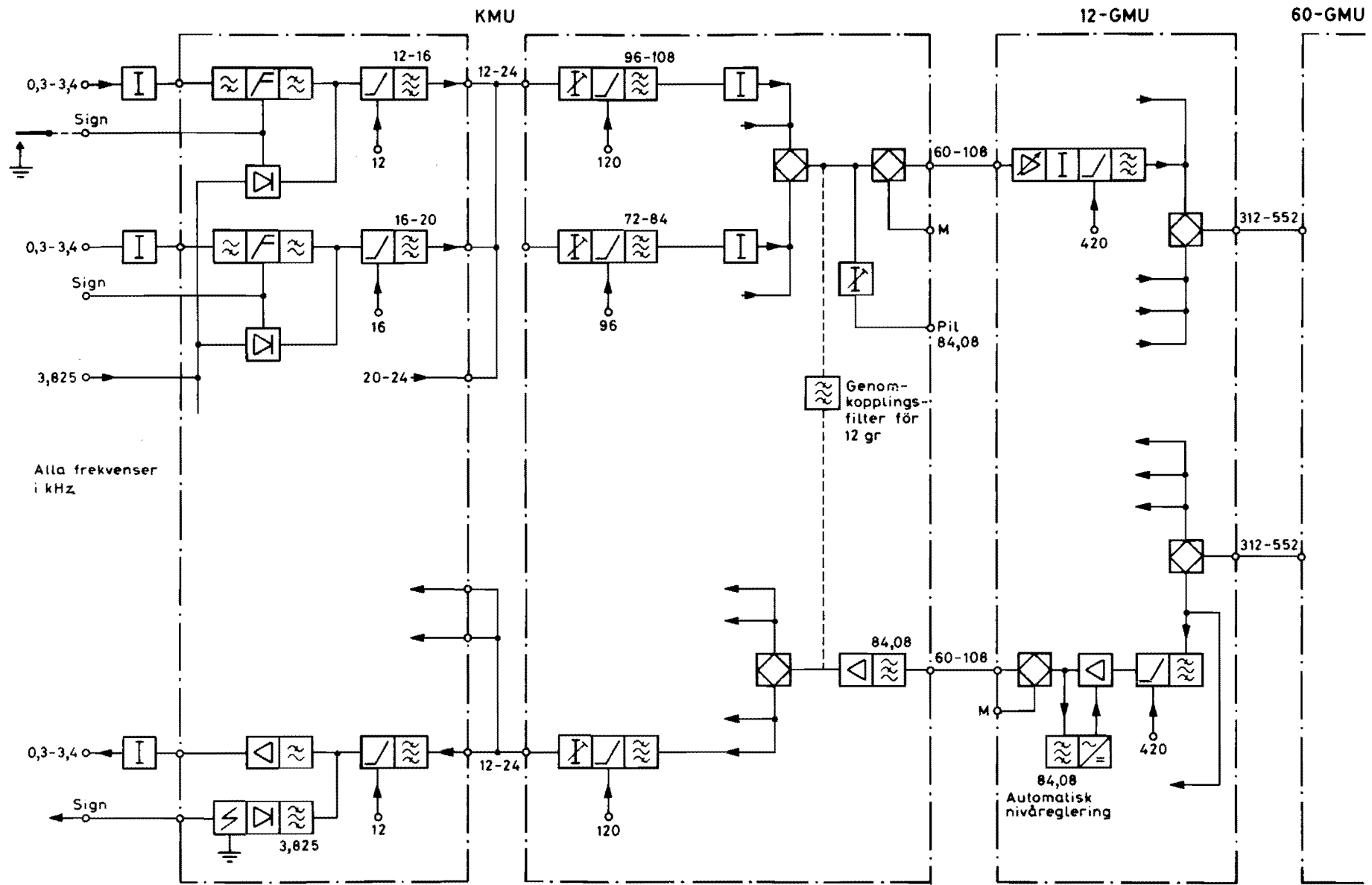


Bild 13

## Bildöverföring

L. Jalner

Allmänt

Med bildöverföring avses här främst överföring av radarbilder från en radarstation till en central på annan plats. Se bild 1.

Radarbilderna är av bredbandig typ.

I allmänhet är bandbredderna av storleksordningen 100-1000 kHz.

Radarsignalerna uppdelas i videosignaler och i bäringssignal.

För överföring av sådana radarbilder används en speciell utrustning.

Bildsignalen från radarstation består av flera olika elektriska signaler. Radarstation sänder ut elektriska energipulser i rymden. Dessa reflekteras tillbaka från olika föremål och ger ekosignaler i radarmottagaren. Dessa ekosignaler

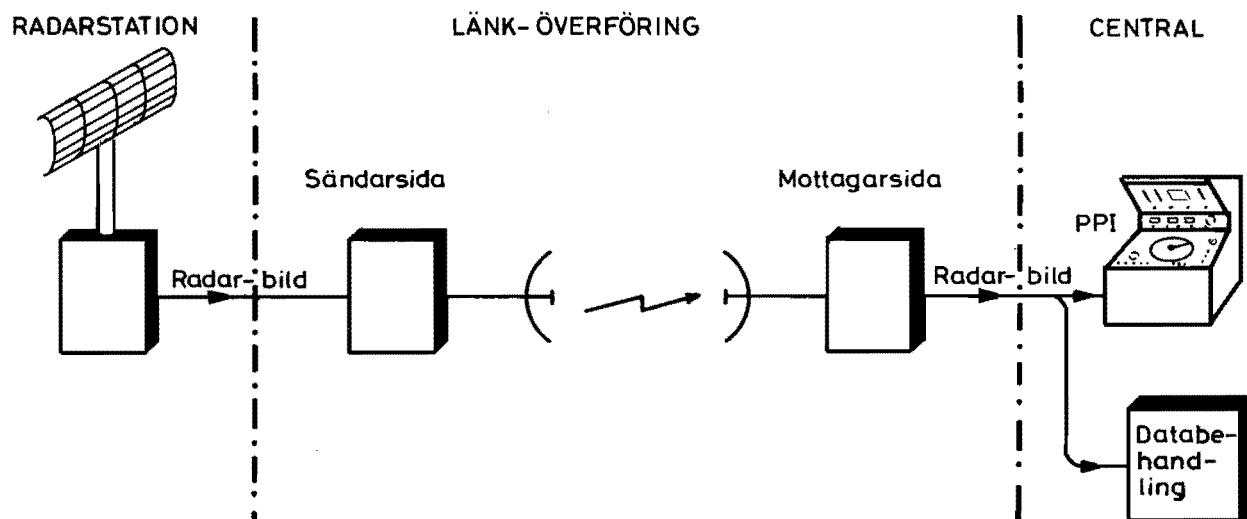


Bild 1. Radarbildöverföring

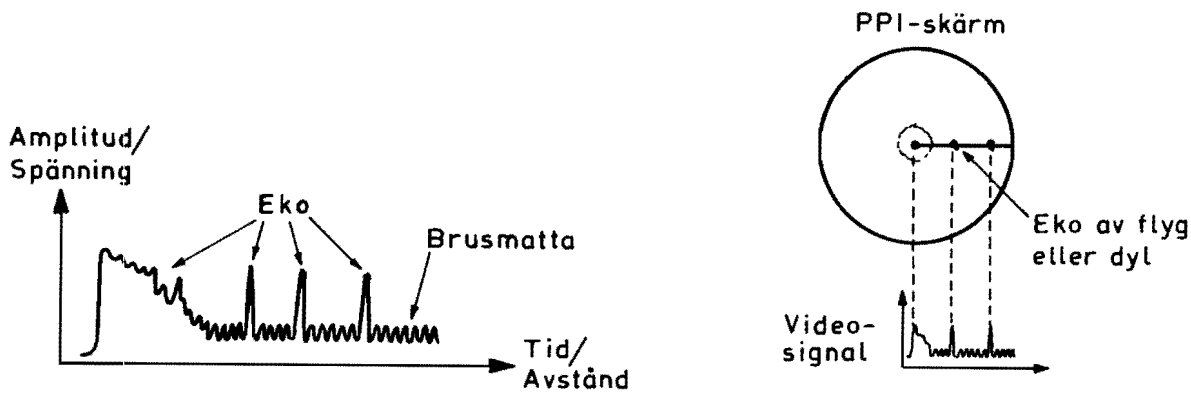


Bild 2. Videosignal

kallas videosignaler. Se bild 2. Eko-video-signalerna tas emot samtidigt som radarantennen roterar. Man erhåller då videosignaler i alla olika bäringar (riktningar) runt varvet.

Härav följer att man utöver videosignalen även måste överföra bäringen i form av elektriska signaler. Bäringen erhålls hos radarstationen vanligen från en elgon (även benämnd syngon, synchro, magsleep mm). Den fungerar enligt principen fasta och roterande elektriska spolar, från vilka erhålls elektriska elgon-signaler, även kallade analoga bäringssignaler.

Bäringen kan hos en del radarstationer erhållas från pulsgivare enligt principen med roterande pulskodskiva och fotocell, varifrån elektriska pulssignaler erhålls, även kallade digitala bäringssignaler.

För bildöverföring används därför utrustning som behandlar dels videosignaler, dels bäringssignaler.

Efter hoplagring översänds dessa signaler trådlöst med mikrokorta radiovågor.

Utrustningen benämns:

- Videomultiplexutrustning
- Bäringsmultiplexutrustning
- Radiolänkutrustning.

#### Sändarsida

Som framgår av bild 3 överförs **videosignalerna** från radarn till videomultiplexutrustningen, medan **bäringsignalerna** från radarn överförs till bäringsmultiplexutrustningen.

Den bearbetade bäringssignalen matas sedan till videomultiplexutrustningen, där den lagras ihop med videosignalen till en gemensam ledningsgrupp.

Den gemensamma ledningsgruppen överförs till radiolänkutrustningen, där den omvandlas till mikrovågssignaler, som strålar ut från riktantennen mot mottagaren, varvid trådlös överföring erhålls.

#### Mottagarsida

På mottagarsidan uppfångas den riktade radiostrålen av radiolänkmottagarens antenn. Den erhållna signalen behandlas av mottagaren, där den med hjälp av videomultiplexutrustningen och bäringsmultiplexutrustningen delas upp i sina ursprungliga beståndsdelar.

Dessa beståndsdelar, videosignal och bäringssignal kan nu tillföras centralens PPI-indikatorskärmar och datorer (databehandl utrustn )

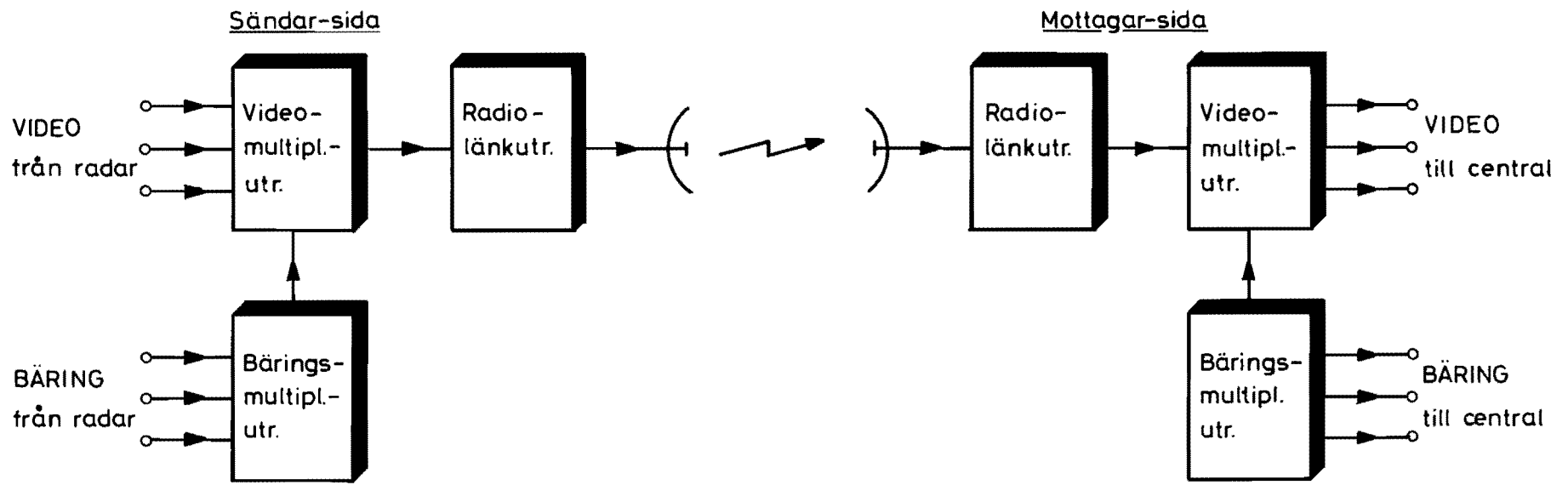


Bild 3. Länkarutrustningar

Videomultiplexutrustning  
(Exempel på videomultiplexutrustning: TM-7, TM-8)

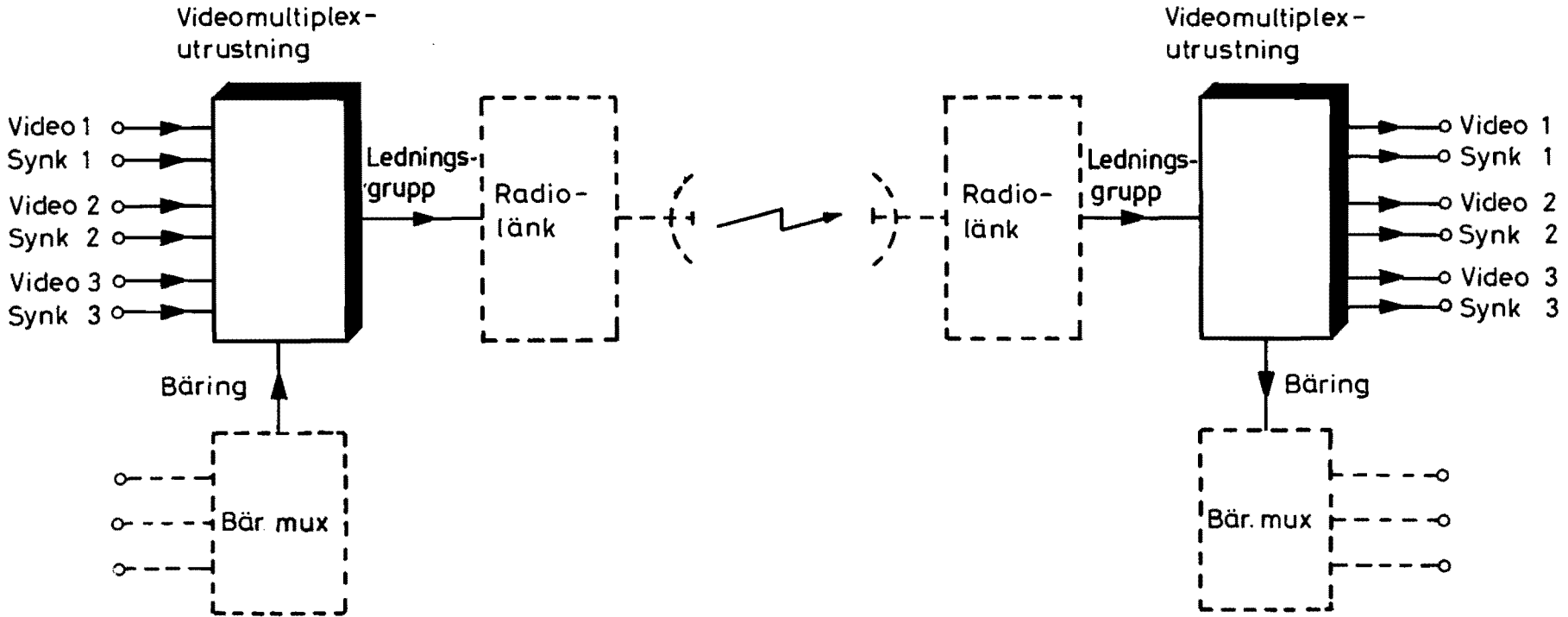


Bild 4. Videomultiplexutrustning



Lagrar man ihop flera videokanaler benämns apparaturen videomultiplexutrustning.

Princip

Från radarstationen överförs i regel minst två, ofta tre olika videosignaler. Dessutom lämnar radarn en gemensam synksignal, som måste överföras. I många fall önskas dock en synksignal för varje videosignal.

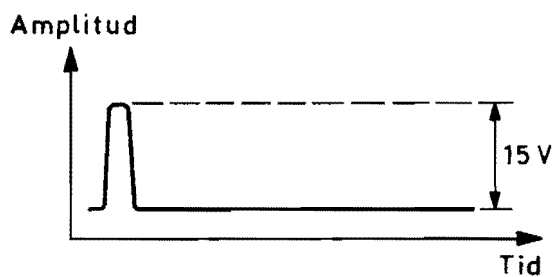
Signaler in/ut

Storleksordningen på videosignalens amplitud är 2-3 V över 75 ohm impedans. Synksignalens amplitud är 10-20 V över 75 ohm.

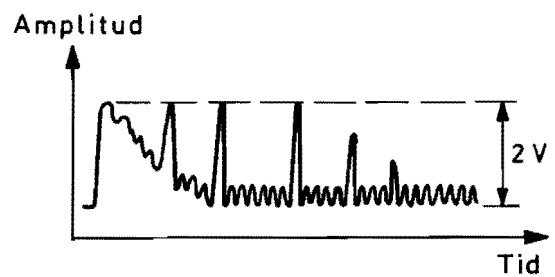
I videomultiplexutrustningen blandas synk- och videosignaler på ett sådant sätt att de kan separeras på mottagarsidan.

När radarn lämnar t ex tre video- och synksignaler, behövs en videomultiplexutrustning med tre videokanaler, vilka har var sin ingång för video och synk. Se bild 4. Dessutom måste en bäringskanal finnas som kan ta hand om signalen från bäringsmultiplexutrustningen. Vanligtvis finns även plats för ett antal tal-kanaler.

Alltsammans, video, synk, bäring och tal, lagras ihop i videomultiplexutrustningen enligt bärfrekvensmetoden och erhålls som en bredbandig ledningsgrupp färdig att matas vidare till radiolänkutrustningens basband.



a) Synksignal



b) Videosignal

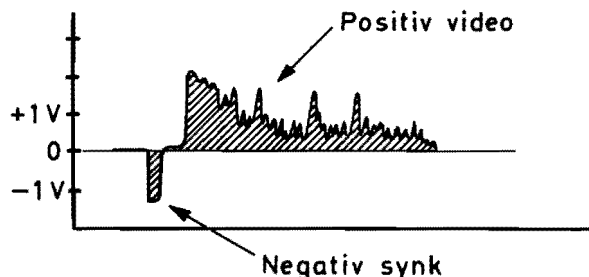
Bild 5. Synk- och videosignal

Synk/video

För att kunna överföra synk- och videosignaler i samma kanal ges dessa olika polaritet. Videosignalen får behålla sin positiva polaritet, medan synksignalen vänds negativt. Därefter blandas signalerna ihop. Allt detta sker i en enhet kallad synkblandare. En sådan åtgång för varje videokanal och är inbyggd i videomultiplexutrustningen på sändarsidan.

På mottagarsidan finns på motsvarande sätt enheter kallade synkseparatorer. Dessa kan särskilja den negativa synkpulsen från den positiva videosignalen.

Bild 6. Sammansatt video/synk-signal



Video, bäring och tal

De olika video-synk-signalerna och den från bäringsmultiplexutrustningen inkommande bäringssignalen, samt eventuellt talsignaler, moduleras ihop bär-frekvensmässigt till en ledningsgrupp inom området 60-6000 kHz.

Kanalbredd  
Video

Videokanalerna har olika bandbredd beroende på vilken typ av information som skall överföras.

Vanligen skall sk "rå video" överföras. Detta är en obearbetad videosignal direkt från radarmottagaren och den innehåller all grundinformation. Det förekommer emellertid även bearbetad sk "korrelerad videosignal".

Bandbredden för rå video behöver vara flera hundra kHz, vanligen 400-500 kHz. För korrelerad video behövs i många fall en större bandbredd än för rå video, upp till 2500 kHz. I t ex videomultiplexutrustning TM-7A finns tre videokanaler, K1, K2 och K3. Där är K1 den mest bredbandiga kanalen med bandbredden 10 Hz-2500 kHz, medan K2 och K3 båda har bandbredden 10 Hz-400 kHz.

Beträffande korrelerad video bör påpekas, att det är även vanligt att korreleringen utförs så att videosignalen blir smalbandig och i vissa fall överförs på vanlig tal-kanal. Man bör dock hålla i minnet att sådan smalbandig videoöverföring överför mindre informationsmängd än bredbandig överföring. I vissa fall duger dock smalbandig överföring, om man kan sortera bort sk "onödiga" ekon. För för-svarets del behöver dock i många fall även de "onödiga" ekosignalerna överföras.

Synk

Om endast en gemensam synksignal överförs, används den bredaste kanalen (2,5 MHz). Härigenom erhålls bästa stigtids- och jitteregenskaper. Om flera synksig-naler önskas, överförs de i var sin videokanal.

Bäring

Bäringssignalen erhålls bearbetad från bäringsmultiplexutrustningen, och den be-höver ca 30 Hz-25 kHz bandbredd.

Modulering

Video-synk- och bäringssignalerna skall, som tidigare nämnts, moduleras ihop till till en enda stor signal benämnd ledningsgrupp.

Man använder sig härvid av bär-frekvensprincipen på samma sätt som vid talmul-tiplex. Se bild 7.

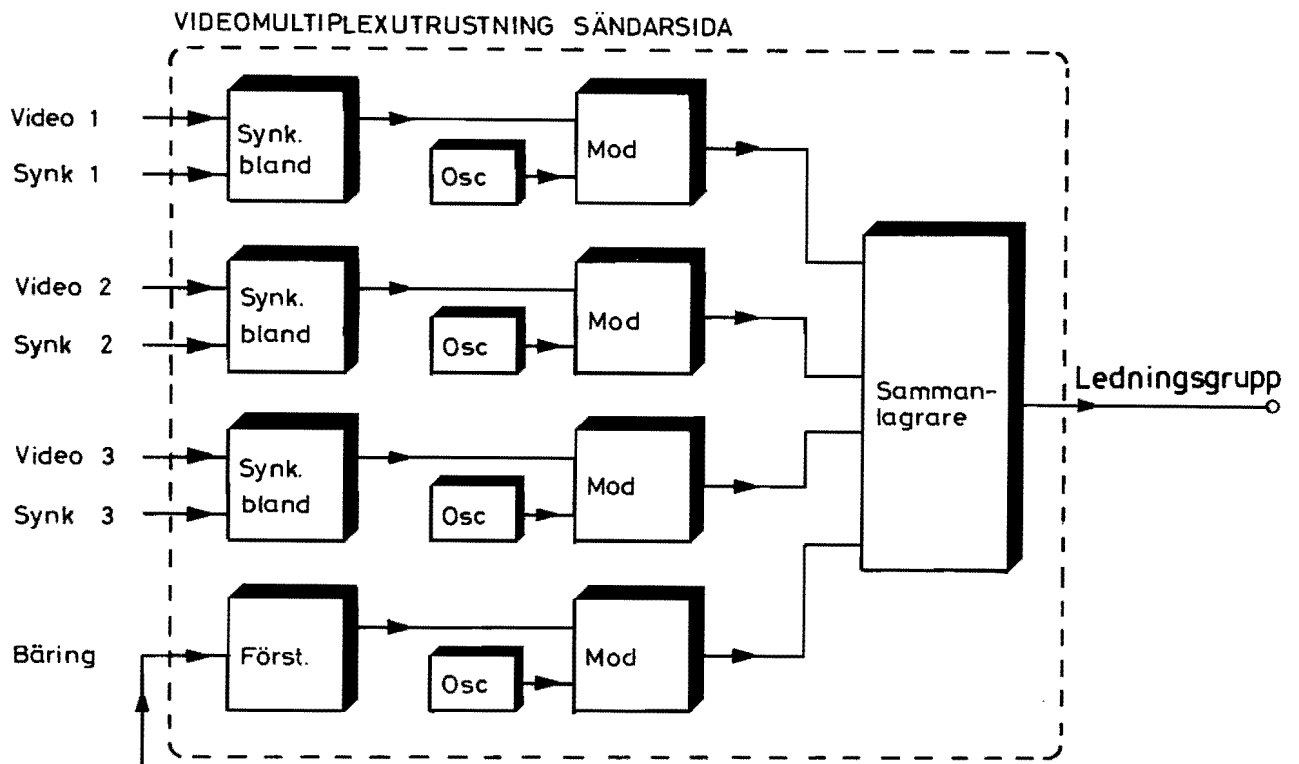


Bild 7. Videomultiplexutrustning, moduleringsprincip

Varje signal moduleras upp på sin speciella bärfrekvens. Signalerna amplitudmoduleras på respektive bärfrekvenser och överförs med dubbla sidband. För den bredaste kanalen (videokanal 1) används dock vanligen AM-modulering med enkelt "stympat" sidband. (Kallas ibland vestigalt sidband.) Härigenom är det lättare att få plats med alla kanalerna inom ledningsgruppen 60-6000 kHz.

Bärings- och eventuella talkanaler förläggs längst ned i ledningsgruppens frekvensområde. Se bild 8.

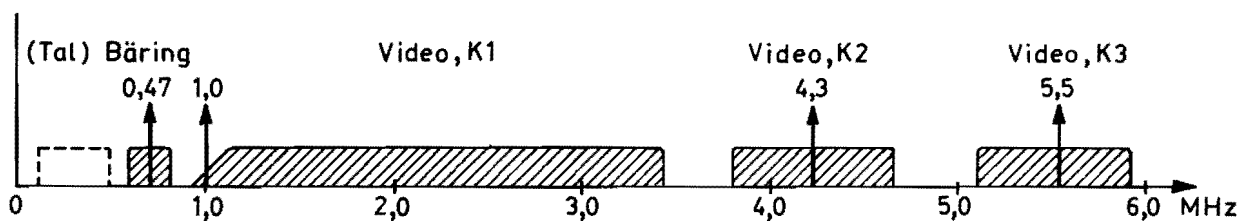


Bild 8. Ledningsgrupp från videomultiplexutrustning (TM-7 A, C)

Demodulering och separering av signalerna sker i videomultiplexmottagaren på omvänt sätt i förhållande till vad som beskrivits ovan.

Demodulering

När man bedömer egenskaper och data hos videomultiplexutrustning, använder man olika sorters pulser som referens. Pulser som översänds i en videokanal ändrar form beroende på kanalens kvalitet.

Egenskaper, data

Man studerar därför stigtider och falltider. Dessa, som står i direkt proportion till kanalens bandbredd, bör vara så korta som möjligt för att man skall få god återgivning av ekopulser. Storleksordningen på stig-falltider är ungefär 1  $\mu$ s.

Man studerar även amplitud, ringning och takfall. De två senare anges i procent av amplituden och bör underskrida 10 %.

Takfallet bestäms av kanalens undre gränshfrekvens, och ett litet takfall är av betydelse så att inte långa ekon av moln och liknande skall "trappa ner" efterföljande ekopulser.

Jitter på pulsernas fram- och bakkanter kan vara viktigt i vissa fall. Speciellt gäller detta i den bredaste kanalen för eventuellt kodade signaler. Jitter orsakas främst av brus som överlagras sig på pulsernas flanker.

**Amplitudlinjaritet** utvisar hur pass bra amplituder (ekon, brus mm) av olika storlek överförs. Det är nämligen av stor vikt att radarbruset överförs i perfekt skick, ty i detta radarbrus finns en hel del nyttig information för centralen. Dessutom arbetar den automatiska målföljningen i centralen med utgångspunkt från radarbruset. Det är dock inget länkbrus eller annat störbrus man vill ha (dessa bör helst vara noll) utan just det äkta radarbruset.

**Löptiden** mellan olika videokanaler får inte avvika för mycket om man skall kunna växla mellan olika videokanaler utan att målekona ändrar läge. Bör vara mindre än 0,5  $\mu$ s.

I övrigt gäller för videomultiplexutrustning ungefär samma principer och krav på distorsion, överhörning mm som vid talmultiplexutrustning.

**Bäringsmultiplexutrustning**  
(Exempel på bäringsmultiplex-  
utr TM-9, TM14)  
Princip

Bäringen från radarstationen består av flera olika signaler som skall lagras ihop i bäringsmultiplexutrustningen.

Bäringsignalen från radarstationen kan erhållas enligt två principer:

- Analog bäring enligt elgonprincipen
- Digital bäring enligt pulsgivarprincipen.

Den analoga metoden är den tidigare vanligen använda.

Den digitala metoden är relativt ny men blir i framtiden den mest vanliga.

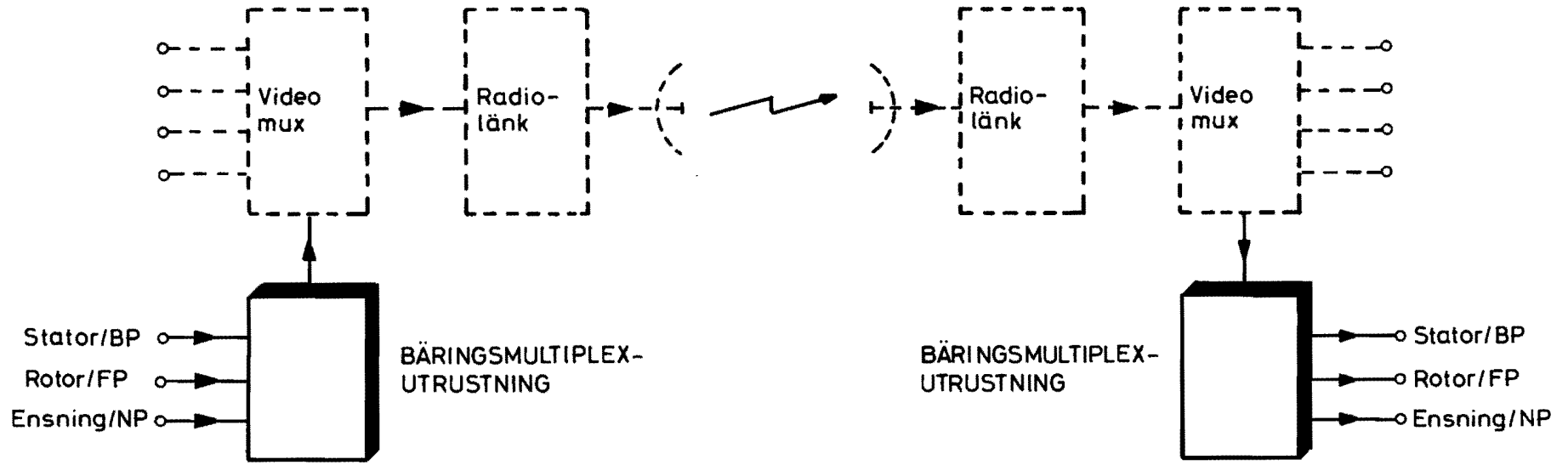


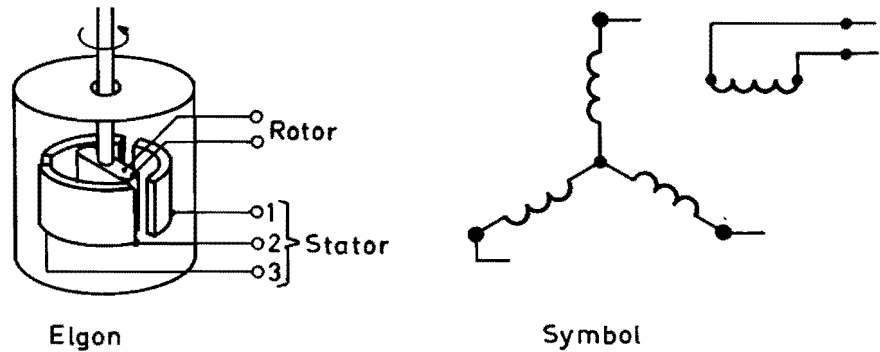
Bild 9. Bäringsmultiplexutrustning

Signaler, Analog bäring

Den analoga bäringen grundar sig på att en elgon kopplas till radarantennens kuggväxel.

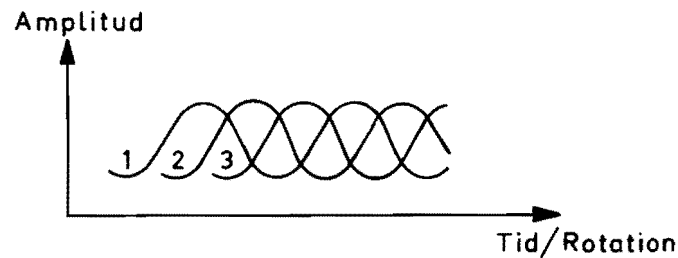
Elgonens princip är en roterande spole, som rör sig mellan tre fasta spolar så att ett roterande elektriskt fält uppstår om spolarna matas med växelström.

Bild 10. Elgon; Analog bäring



Från elgonens stator erhålls tre färförskjutna sinusspänningar, vilkas frekvens beror på radarantennens rotationshastighet.

Bild 11. Elgon - bäringssignal (stator)



Radarstationens elgon lämnar således tre statorsignaler samt rotorsignal som skall överföras.

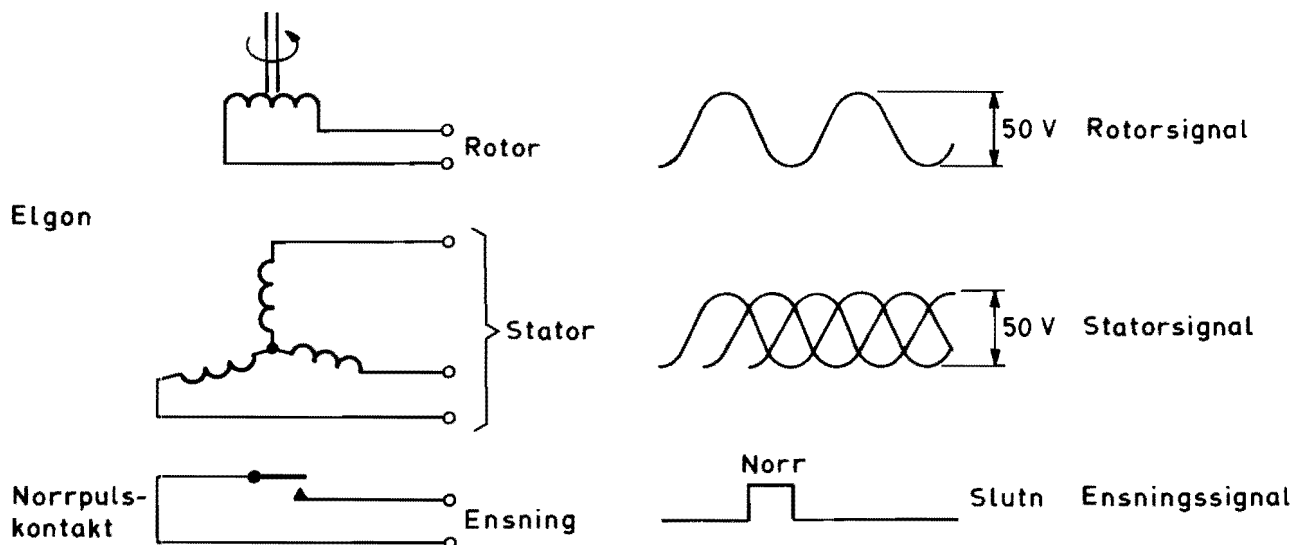


Bild 12. Bäringssignaler (Analog)

För att hög noggrannhet skall erhållas i överföringen är elgonen uppväxlad 30 gånger i förhållande till radarantennens axel. På mottagarsidan i centralen nedväxlas signalen igen. Bland annat denna uppväxling orsakar att man måste överföra ytterligare en signal, ensningssignalen, som erhålls vid varje varv radarantennen passerar norr.

Storleksordningen på rotor- och statorsignalerna är 50 V, 50 Hz. Frekvensen på statorsignalen varierar omkring 50 Hz i proportion till varvtalet. Ensningen erhålls som slutning eller brytning.

Den digitala bäringen grundar sig på att en skiva med svarta och ljusa fält får rotera i takt med antennen. En lampa belyser skivan och från en fotocell erhålls då pulser i takt med rotationen.

Signaler, Digital bäring

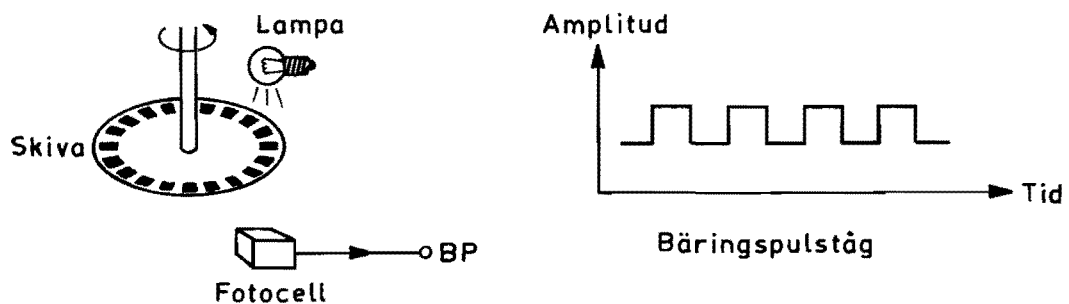


Bild 13. Digital bäring

Förutom detta pulståg, som kallas BP bäringspulståg, erhålls även en sorts ensningspuls kallad NP norrpuls.

Som extra hjälp för avkodningen på mottagarsidan erhålls en puls som kallas FP förpuls.

BP - pulståget består av 2048 pulser per antennvarv.

De digitala bäringssignalerna bearbetas sedan i bäringmultiplexutrustningen. Storleken på pulserna är 3 V över 75 ohm.

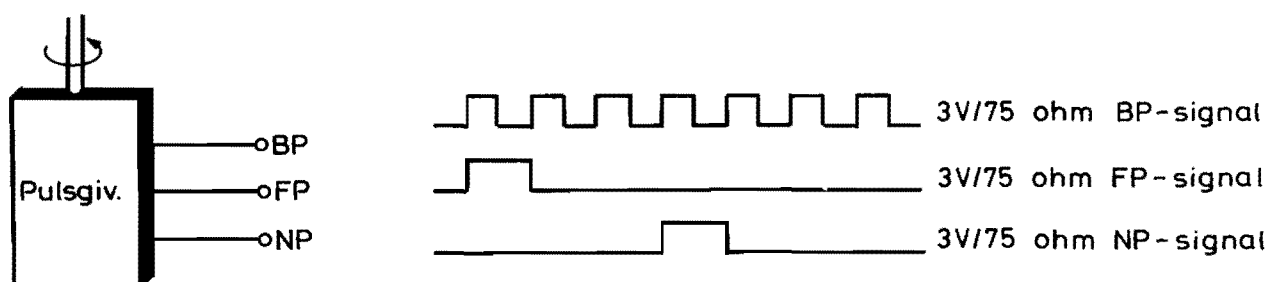


Bild 14. Bärings signaler (Digitala)

**Modulering; Analog bäring**

Den analoga elgonbäringens signaler (rotor, stator och ensning) moduleras upp på var sin bärfrekvens och lagras ihop till en stor bäringssignal. Sedan kan den sammanlagrade bäringssignalen direkt påföras videomultiplexutrustningen i dess bäringsskanal, som sedan i sin tur lagrar ihop den med videosignalerna. Vanligen läggs statorsignalen på högsta bärfrekvensen, omkring 20 kHz, medan ensningssignalen läggs på 10-15 kHz. Rotorsignalens egenfrekvens 50 Hz läggs in direkt utan uppmodulering. Man erhåller då ett "bäringspaket" med ca 50-20000 Hz bandbredd.

Den analoga bäringen kan även göras om till digital bäring med en A/D-omvandlare (A/D = Analog/Digital). Sedan sker behandling som för digital bäringssignal.

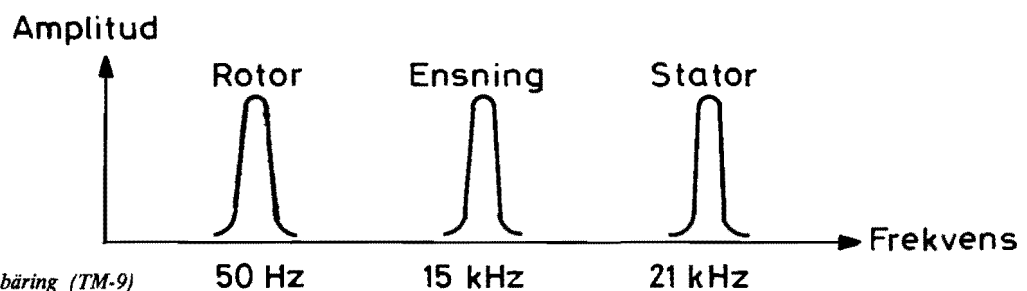


Bild 15. Frekvensläge för bäring (TM-9)

**Modulering; Digital bäring**

En av fördelarna med digital bäring är förutom säkrare bäringsöverföring och bättre noggrannhet, att den sammanlagrade bäringssignalen är så smalbandig att det går att överföra den i en vanlig talkanal.

De tre pulssignalerna, BP, FP och NP, "grindas ihop" med digitala grindkretsar och den så erhållna hopgrindade pulssignalen får modulera en bärvåg på 1700 Hz med frekvensskiftmodulering.

Denna frekvensskift (FSK) - signal kan sedan direkt föras till videomultiplexutrustningens bäringsskanal eller alternativt överföras smalbandigt i en talkanal.

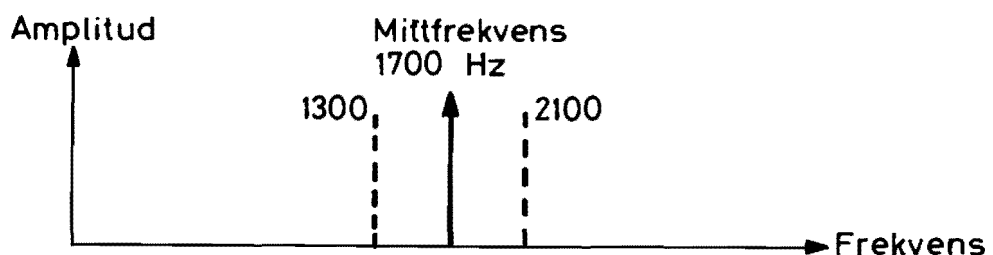


Bild 16. Frekvensskiftsignal vid digital bäring (TM-14)



Valet mellan analog eller digital bäring är beroende av typ av centraler. Vissa centraler tar lättare emot analog bäring medan andra bättre tar emot digital bäring. På sändarsidan är det typen av radarstation som bestämmer valet.

Analog eller digital bäring?

För både analog och digital bäringsmultiplexutrustning är bäringsnoggrannheten den viktigaste faktorn bland data. Noggrannheten talar om hur väl mottagarens bäring stämmer med sändarens.

Egenskaper, data

Felet kan röra sig om bråkdelar av en grad. Här har den digitala metoden en fördel.

Dess bäringsfel är 3-4 gånger så lågt som den äldre, analoga metoden.

Viktiga faktorer är även startförlopp och inställningstid liksom störkänslighet och avbrottskänslighet (svänghjulsverkan).

Varvtalsområde och eftersläpning får även ägnas en del uppmärksamhet.



**Radiolänkutrustning**

(Exempel på bredbandig radiolänk-  
utr RL81, RL-82)

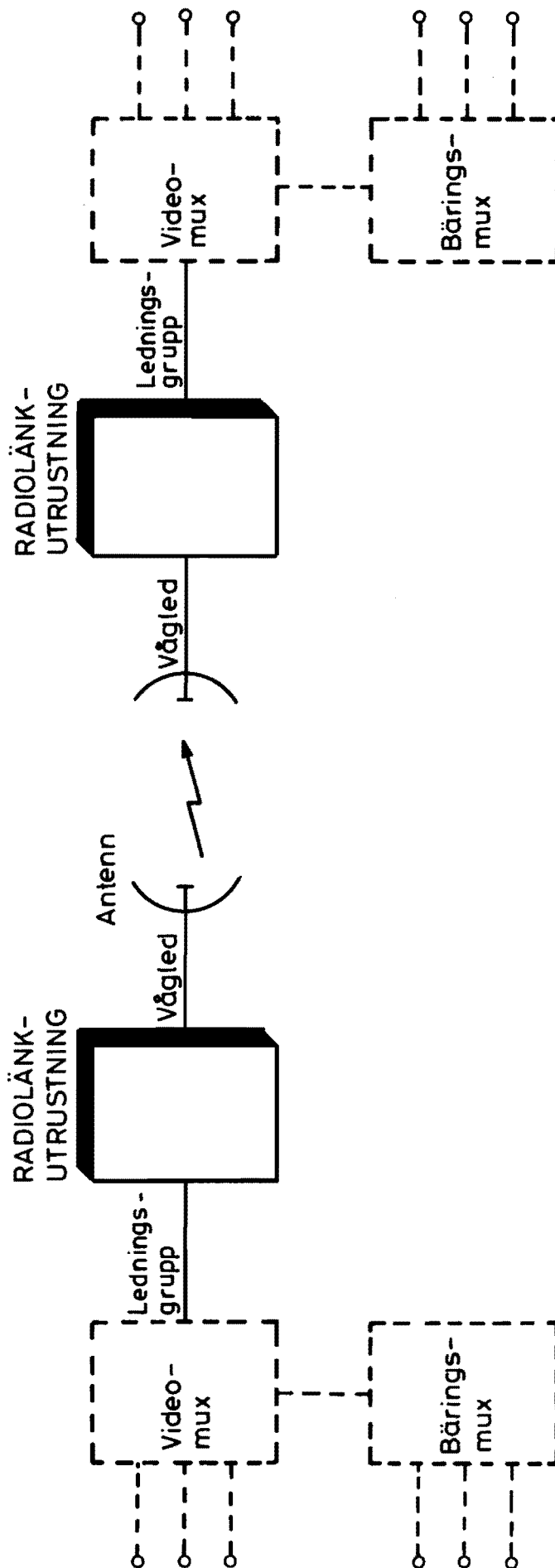


Bild 17. Radiolänkutrustning

Den från videomultiplexutrustningen sammanlagrade ledningsgruppen, bestående av video-, synk- och bärings signaler, upptar ca 6 MHz bandbredd. Denna ledningsgrupp överförs med en bredbandig radiolänkutrustning, som sänder på mikrovågsområdet.

Princip

Den 6 MHz breda ledningsgruppen från videomultiplexutrustningen har en nivå på ca  $1 V_{tt}$ .

Signaler och modulering

Den styr en klystronoscillator i radiolänksändaren som sänder inom frekvensområdet 5000-8000 MHz (mikrovåg). Mikrovågssignalen frekvensmoduleras och förs sedan i vågledare upp i antenmasten till den riktade parabolantennen. På mottagarsidan tas mikrovågssignalen emot och demoduleras så att en ledningsgrupp erhålls på nytt.

Antennerna matas med mikrovågssignal genom ett vågledarsystem av hög klass. Både rektangulära, cirkulära och eliptiska vågledare används allt efter de skiftande behoven. För att undvika fuktbildning håller man vågledarsystemet under gastryck.

Antenn, vågledare

Vid de höga frekvenser som här är aktuella erhålls hos de stora parabolantennerna en mycket stor riktverkan, smal lobbredd och högt fram - backförhållande.

Radiolänkutrustningen skall ha en acceptabel uteffekt från sändaren och hög känslighet på mottagaren dvs låg brusfaktor. Allmänt gäller dock att uteffekten på radiolänkar vid dessa frekvenser är rätt blygsam. Det rör sig om storleksordningen 1 W.

Egenskaper, data

Radiolänkutrustningen skall ha tillräcklig bandbredd, 6-10 MHz för basbandet. Exempelvis RL-81: 100 Hz - 8 MHz.

Amplitudlinjariteten och faslinjariteten bör vara god, vilket bedöms lättast ur siffrorna för sk differential gain och differential phase.

För NPR, systemvärden osv gäller vad som tidigare genomgått i kompendiet.

På radiolänkutrustningen överförs även larm av skilda slag, fjärrmätningssignaler samt signaler för automatisk omkoppling till reservlänksändare vid fel.

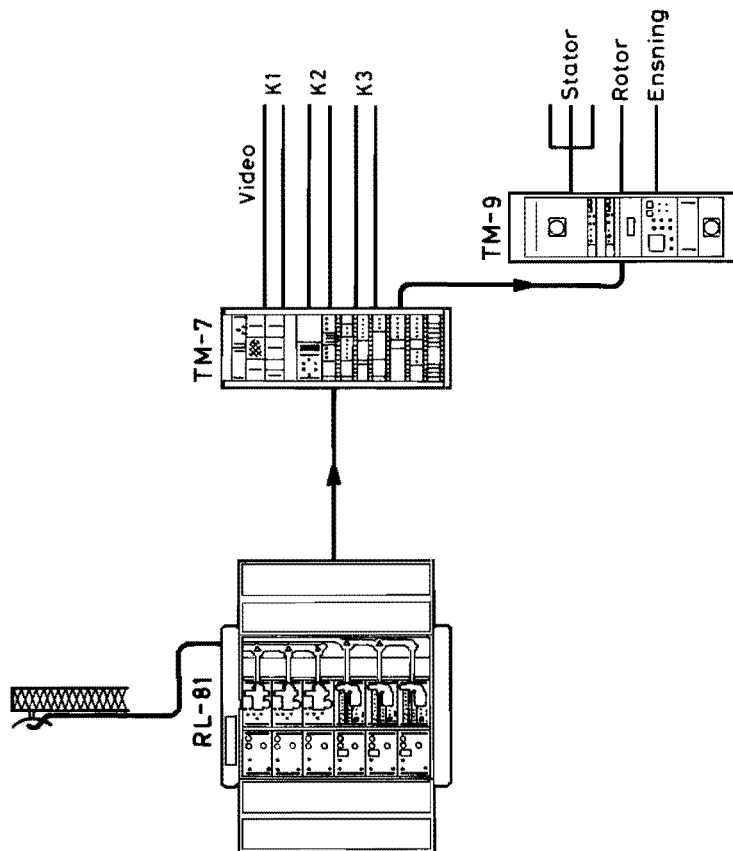
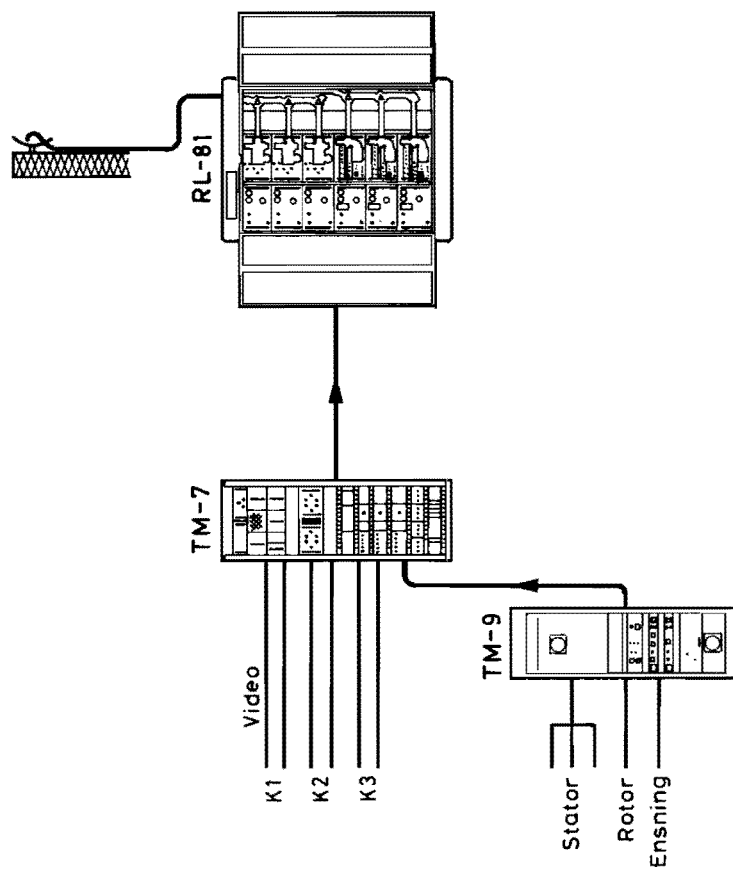


Bild 18. Bredbandig länköverföring  
(RL-81, TM-7, TM-9)



*Avsnittet utkommer senere*

# Automatisk telefonväxel AKE 129

B. Nilsson

## Bakgrund

Större delen av transmissionskanalerna i försvarets fasta radiolänknät utnyttjas i dag för förbindelser, som är fast uppkopplade mellan olika försvarsenheter. Detta nät kompletteras nu med helautomatiska telefonväxlar, varigenom inom nätet åstadkommes en funktion för automatisk förmedling av telefontrafik, vilken ger alla anslutna enheter möjlighet till inbördes telefonförbindelse. Telefonväxlarna placeras i vissa av nätets knutstationer. Växlarna förbinds inbördes med trunkvior till ett sammanhängande nät med maskformig struktur. Nätets utnyttjare, abonnenterna, ansluts med abonnentförbindelser till knutstationerna. Se bild 1.

För varje önskat samtal över nätet hopkopplas med hjälp av automatväxlarna lämpliga abonnent- och trunkförbindelser till en samtalsmöjlighet mellan anropande abonnent och anropad abonnent. Hopkopplingen sker helt automatiskt med ledning av ett önskat abonnentnummer, som den anropande på konventionellt sätt anger med fingerskiva.

Automatväxlarna i knutstationerna utgörs av telefonväxel AKE 129.

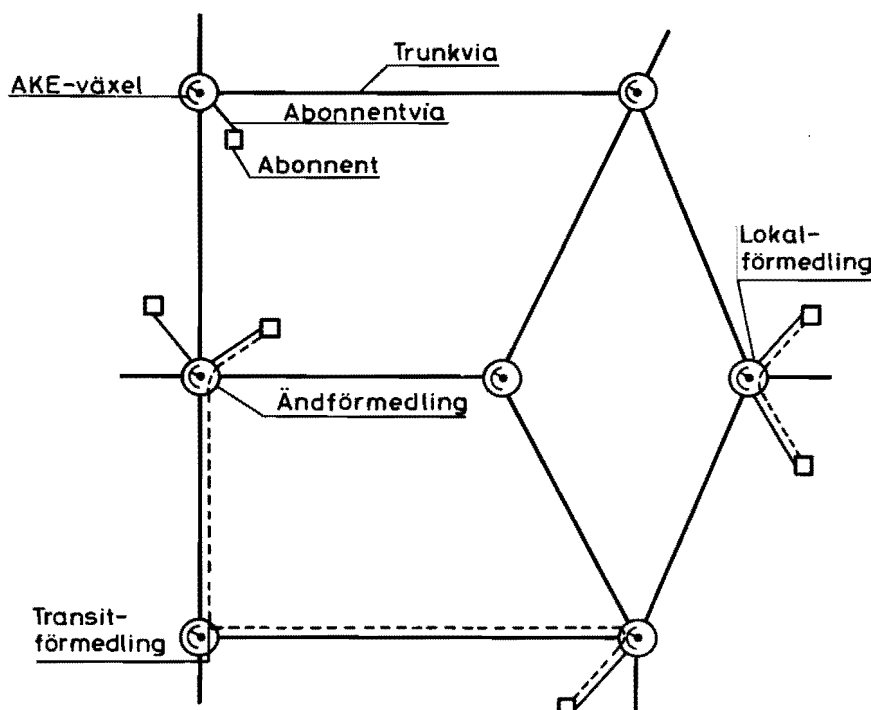


Bild 1

Telefonväxel AKE 129, vilken levereras av LM Ericsson, är en programminnesstyrd telefonväxel med kapaciteten 400 anslutna förbindelser. Växelns principiella uppbyggnad framgår av bild 2.

Samtliga förbindelser, abonnentförbindelser såväl som trunkförbindelser, är anslutna till en väljarmatris, uppbyggd av ett antal kodväljare (en typ av elektromekanisk väljare). I denna väljarmatris sker hopkoppling av förbindelser. Kopplingen är således metallisk.

Kopplingarna i denna väljarmatris styrs, liksom allt annat arbete i växeln, av växelns dataenhet, som är en dubblerad elektronisk datamaskin. Kontakten mellan den snabba dataenheten och den förhållandevis långsamma elektromekaniska väljarmatrisen förmedlas av den sk transferdelen. Dataenheten innehåller bl a minnen (kärnminnen) i vilka finns lagrade program för växelns arbete och data angående abonnenter, trafikdirigering etc. Program såväl som data angående abonnenter etc kan tack vare detta lätt ändras.

För in- och utmatning till och från dataenheten finns lokalt skrivmaskin och remsläsare - remsstans (på bild 2 angivna som lokal övervakning). Växlarna medger även in- och utmatning med hjälp av fjärrorgan.

AKE-växeln utför principiellt samma uppgifter som en traditionell automatväxel. Den svarar för upp- och nedkoppling av samtal enligt abonnenternas direktiv. AKE kan utföra både lokal- och fjärrförmedling och i det senare fallet utföra både änd- och transitförmedling (se bild 1). AKE-växeln

Programminnesstyrd aut. telefonväxel  
AKE 129

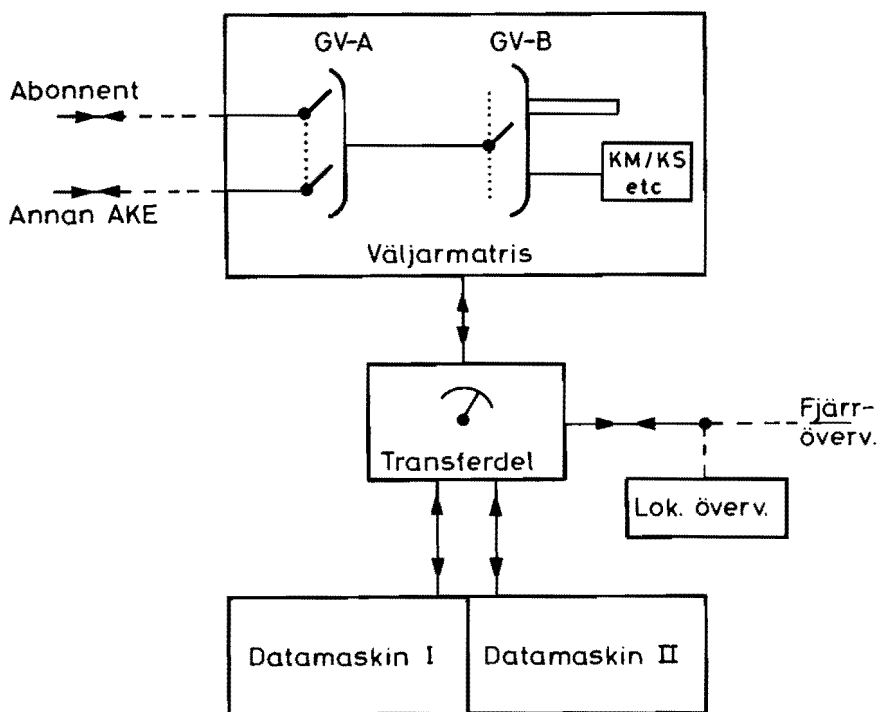


Bild 2

erbjuder även vissa speciella tjänster: prioritet, koppling utan val, möjlighet till direktval genom automatisk abonnentväxel etc. Vidare ger AKE möjlighet till avancerad trafikdirigering, vilket med hänsyn till skaderisker etc är av värde i aktuellt nät.

Som komplement till ovanstående summariska beskrivning av AKE-växeln redogörs nedan för funktionerna vid typiskt kopplingsförlopp och i anslutning härtill beskrivs anslutnings- och signaleringsprinciper.

Alla förbindelser är anslutna till AKE-växeln med sextrådigt gränssnitt. Se bild 3. De fyra taltrådarna är anslutna till väljarmatrisen för hopkoppling med andra förbindelsers taltrådar medan manöversignaltrådarna (s- och m-trådarna) är anslutna till en för varje förbindelse individuell enhet, LMR, i AKE (stationssignalomformare, »överdrag», förekommer således ej vid AKE).

#### Exempel på kopplingsförlopp

På abonnentförbindelser sker all manöversignalering (anrop, impulsering, avslut etc) via dessa manöversignaltrådar (enligt signalschema för stations-signalomformare av typ AT). Ankommande signaler avkänns, via LMR och transferdelen, av datamaskinen. Avgående signaler genereras av LMR enligt kommando från datamaskinen via transferdelen.

På trunkförbindelserna sker viss manöversignalering via manöversignaltrådarna medan andra manöversignaler (bl a för siffersändning) överförs via talbanorna med sk MFC-signaler (Multi Frequency Code), varvid signalerna alstras och tas emot av speciella organ i AKE (KM/KS på bild 3).

En samtalsuppkoppling tillgår i princip enligt följande:

Anropande abonnent (i det följande benämnd A-abbonent) anropar genom att lyfta sin handmikrotelefon.

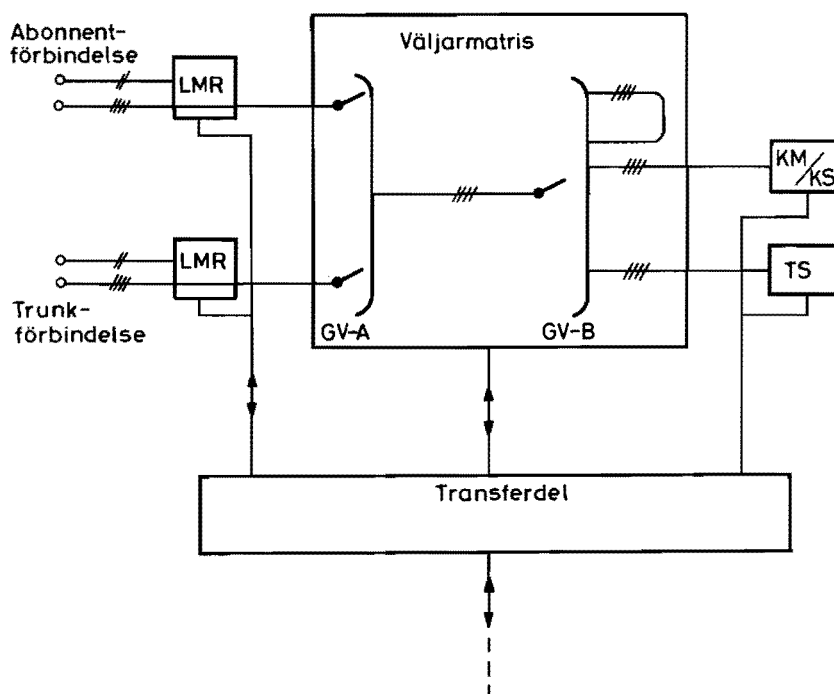


Bild 3



Via stationssignalomformaren på abonnentsidan alstras härvid linjesignaler som avkänns av AKE via LMR. AKE sänder kvittosignal och kopplarförbindelsen till en tonsändare (TS på bild 3), som ger A-abbonnten kopplingston.

A-abbonnten impulerar önskat abonnentnummer, impulserna avkänns via LMR av AKE, som noterar önskat nummer och översätter detta till önskad adress - AKE. Härvid utnyttjar AKE, liksom vid sökning av väg till denna adresstation etc, i minnena lagrade översättnings- och trafikdirigeringsstabeller.

AKE anropar över lämplig trunkförbindelse en annan AKE, avvaktar kvitto och kopplar in KM/KS-utrustning mot denna förbindelse. AKE översänder med MFC-signaler till motstationen uppgift om önskad adressväxel etc.

När önskad adress-AKE är uppnådd, erhåller ursprungs-AKE via MFC-signaler uppgift härom, önskat abonnentnummer översänds, adresstationen uppsöker ledig förbindelse till önskad abonnent, sänder ringsignaler mot denne och meddelar med MFC-signal ursprungs-AKE att önskad abonnentförbindelse är funnen.

Ursprungs-AKE kopplar A-abbonnten mot den upprättade förbindelsen; A-abbonnten erhåller pårington från adress-AKE och när B-abbonnten svarar genomkopplas samtalet A-B.

# Kabelförbindelser med förstärkare

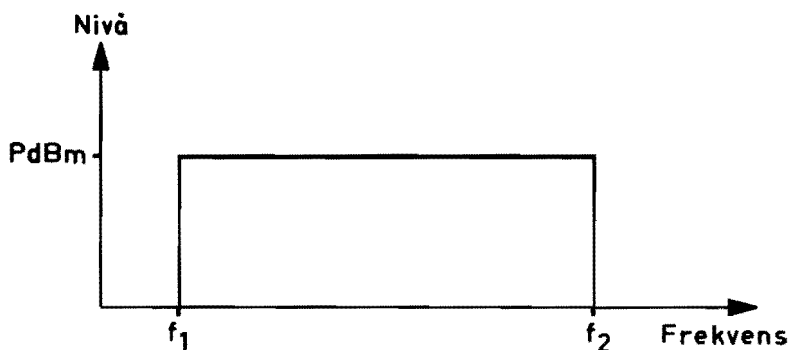
H-G. Johansson

K. Kjellström

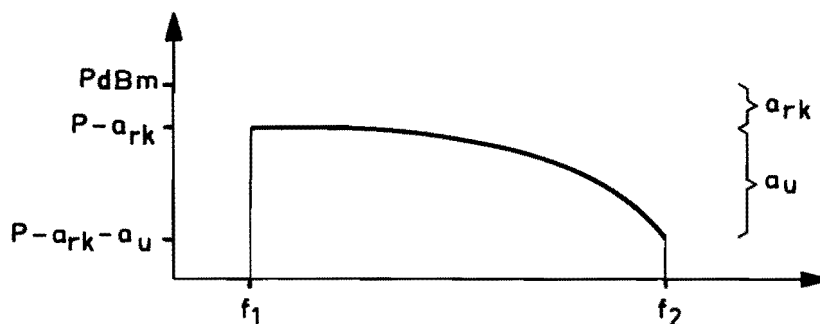
## Princip

Vid telekommunikation med kabel utsätts den överförda signalen för en frekvensberoende dämpning, som måste kompenseras, för att signalnivån i förbindelsens mottagarände skall bli den erforderliga. Denna nivåkompensation, som måste vara frekvensberoende eftersom kabeldämpningen är frekvensberoende, utför man i två etapper. Dels tillför man en utjämningsdämpning, så beskaffad att den tillsammans med kabeldämpningen ger en över det aktuella frekvensbandet konstant totaldämpning. Dels förstärker man signalen till önskad nivå med en förstärkare, vars förstärkning måste vara konstant över det aktuella frekvensbandet.

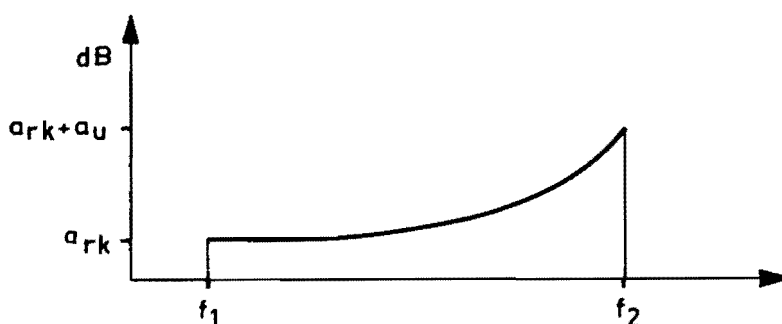
Om sålunda den utsända signalen har den spektrala fördelningen



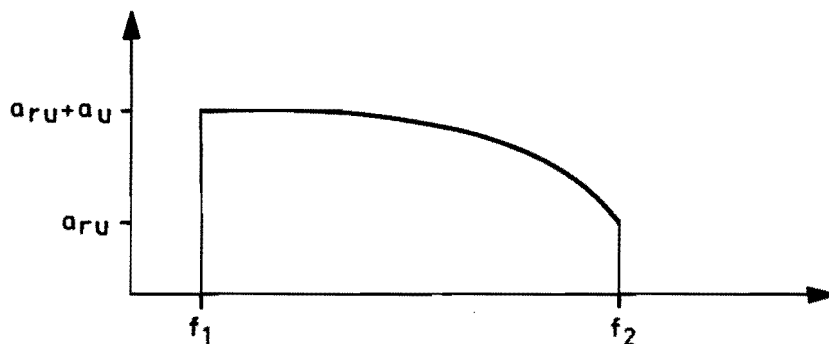
får den efter att ha passerat en viss kabelsträcka fördelningen



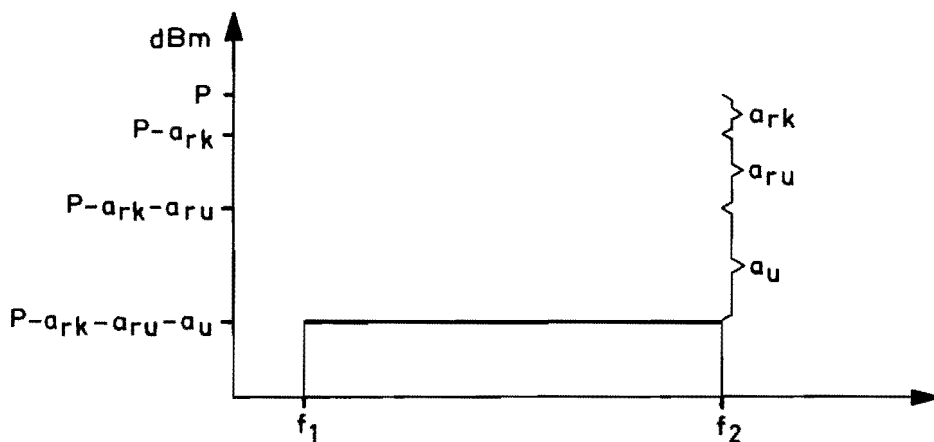
eftersom denna kabelsträcka har en dämpning



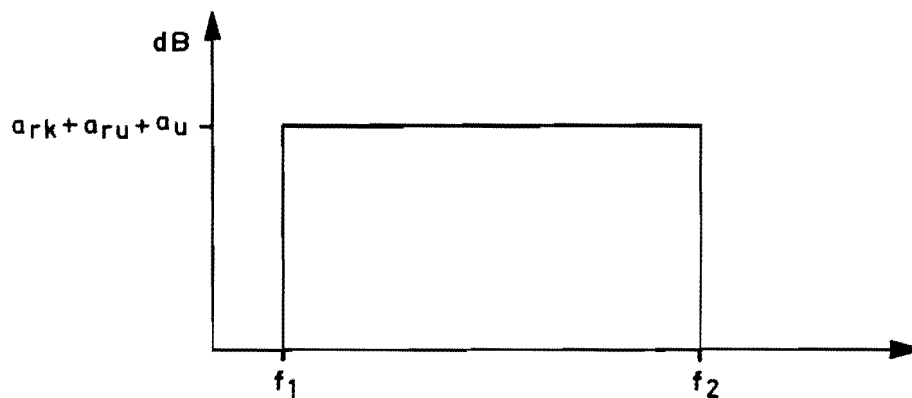
Låter man signalen passera ett nät, vars dämpning som funktion av frekvensen är så att säga »komplementär» till kabeldämpningen:



så får signalens fördelning utseendet



För att återställa signalen till ursprunglig nivå låter man den passera en förstärkare med den frekvensoberoende förstärkningen



och återfår den önskade frekvensoberoende signalnivån P dBm.

		<b>Beteckningar</b>
$P$ dBm	signalnivå	
$a_u$ dB	kabelns frekvensberoende deldämpning, vilken utgör utjämningsbehovet	
$a_{rk}$ dB	kabelns frekvensoberoende restdämpning	
$a_{ru}$ dB	kabelutjämnarens frekvensoberoende restdämpning.	

**Kabeltyper**

FMV-F använder sig av överföring på kabel i huvudsak mellan central och utpunkter. Se bild 1.

Tre huvudtyper av kablar används för att tillgodose olika signalkvaliteter, främst bandbredd, nämligen

- grovkoaxialkabel
- klenkoaxialkabel
- balanserad bärfrekvensskruv.

Data för dessa kablar framgår av bild 2 och följande tabell.

Kabeltyp	Används inom frekvensområdet	Utjämningsbehov inom aktuellt frekvensområde $a_u, 20^{\circ}\text{C}$	Frekvensberoende restdämpning $a_{rk}$	Temperaturkoefficient
Grovkoaxialkabel, typ Cbn	60-6000 kHz	5,5 dB/km	0,5 dB/km	0,2 %/ $^{\circ}\text{C}$
Klenkoaxialkabel, typ Crn	60-552 kHz	2,4 dB/km <sup>1)</sup>	1,6 dB/km	0,2 %/ $^{\circ}\text{C}$
Klenkoaxialkabel, typ CS	60-552 kHz	3,0 dB/km <sup>1)</sup>	2,0 dB/km	0,2 %/ $^{\circ}\text{C}$
Balanserad bärfrekvensskruv, Bf-par	4-108 kHz	1,9 dB/km	1,3 dB/km	0,3 %/ $^{\circ}\text{C}$

1) Totaldämpning för 1 km Crn motsvarar 800 CS

Inom anläggningarna används mellan huvudkabelns terminalbox och utrustningarna i stativens sk stationskablar. Dessa stationskablar har en avsevärt högre dämpning än huvudkablarna, beroende av deras klenare dimension, större dielektriska förluster m m. Dämpningsvärdena är i allmänhet av storleken 1 till 3 dB per 100 m. Eftersom stationskablarnas sammanlagda längd på en förbindelse ofta kan uppgå till något hundratal meter, måste man ta hänsyn till det sålunda uppkomna dämpningstillskottet.

Stationskablarnas frekvensgång är approximativt lika med huvudkablarnas, vilket alltså innebär att tillskottet i utjämningsbehov orsakat av en viss längd stationskabel motsvarar en viss, dock avsevärt längre sträcka, huvudkabel. Stationskabelns frekvensberoende restdämpning inom aktuellt frekvensområde behöver däremot ej motsvara just denna längd huvudkabel.

I den principiella tidigare redogörelsen avses endast en sträckas totaldämpningar. Här gäller således

$$a_u = a_{u \text{ huvudkabel}} + a_{u \text{ stationskabel}}$$

$$a_{rk} = a_{rk \text{ huvudkabel}} + a_{rk \text{ stationskabel}}$$

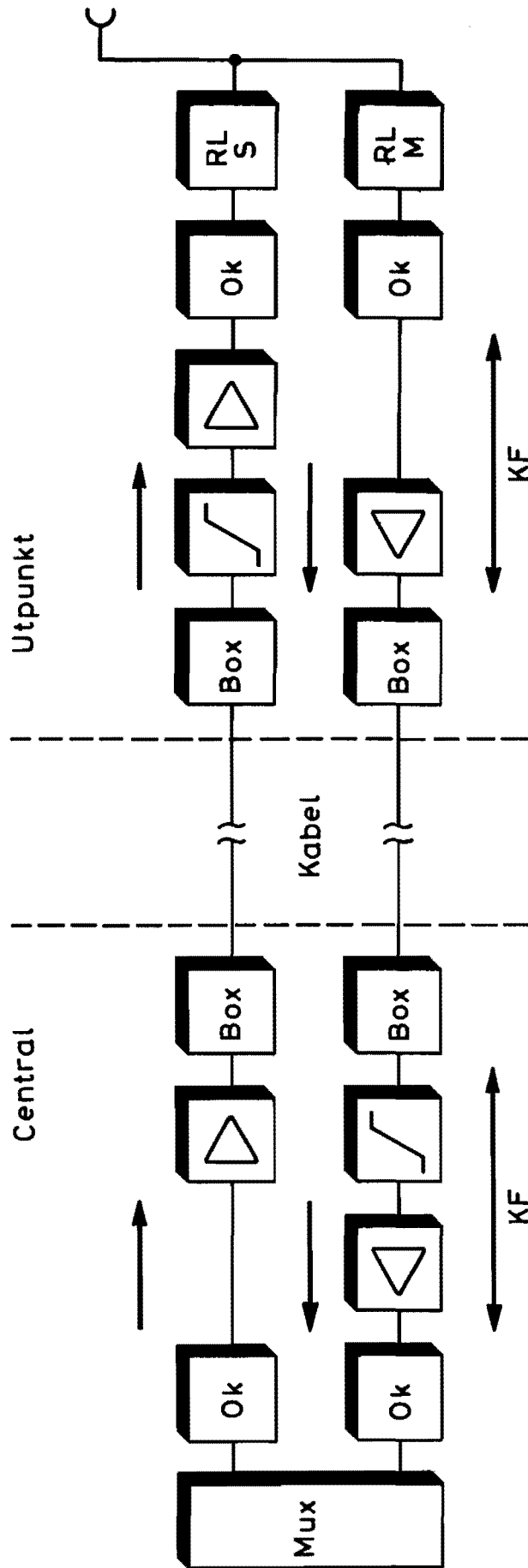


Bild 1

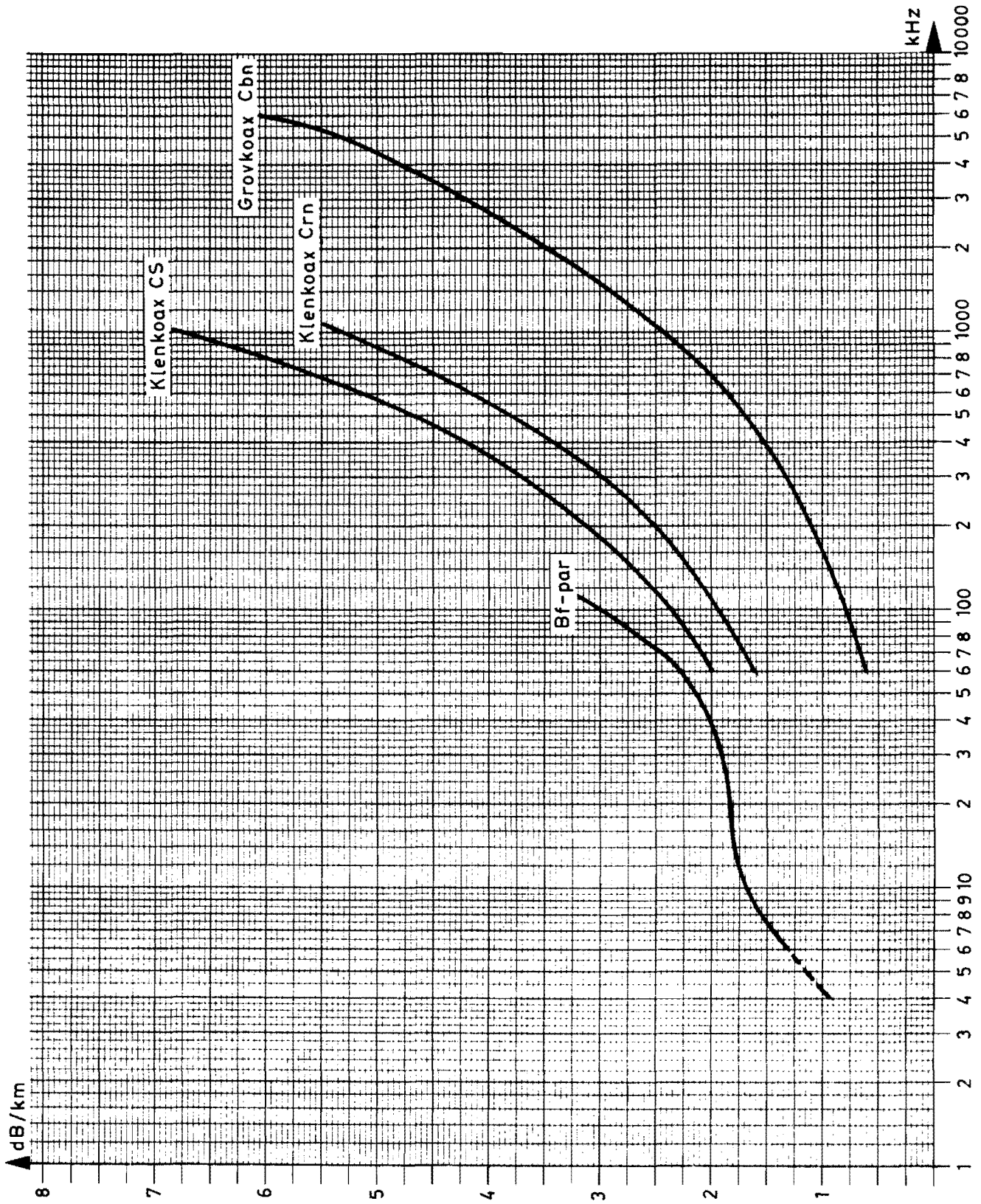


Bild 2

FMV-F föreskriver för sina olika transmissionskanaler karakteristiska signalnivåer (nominella nivåer) uttryckta i dBm, vilka skall hållas i transmissionsutrustningarnas terminaler. Provtonsnivåerna framgår av tabellen på nästa sida.

En kabelförbindelse kan inte göras hur lång som helst om man förlitar sig enbart på en förstärkare placerad i dess fjärrände. Gränsen för förbindelsens längd bestäms av signal-brusförhållandet i fjärränden. Om signalnivån sjunker för mycket, dvs kommer för nära brusnivån, blir förbindelsen oanvändbar.

Effekten hos det termiska bruset i en transmissionskanal är proportionell mot kanalens bandbredd. För termiskt brus i olika frekvensband, se föregående tabell. Det av kabeln försämrade signal-brus-förhållandet försämrats ytterligare av den ofrånkomliga brusalstringen i den nivååterställande förstärkaren karakteriserad av förstärkarens brusfaktor.

Man får å andra sidan inte arbeta med för hög signalnivå i ett transmissions-system. Om signalnivån tillåts stiga, uppträder snart klirr, dvs icke önskade frekvenser uppkomna som följd av olinjära effekter i transmissionsvägen, t ex i överstyrda förstärkare, i mättade järnkärnor i spolar eller transformatorer.

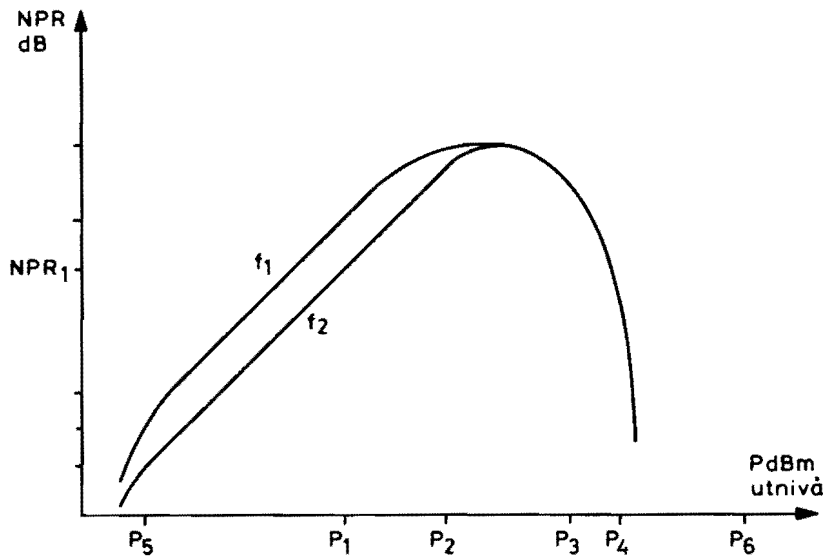
Vad som fordras för en god transmissionskvalitet är sålunda förstärkarutrustningar med låga brusfaktorer och höga överstyrningspunkter. En utmärkt metod för mätning av godheten hos ett transmissionssystem, eller en del därav t ex en förstärkare, har man i NPR-provet. Man studerar där det provade objektets alstring av icke önskade signaler (termiskt brus, intermodulationsprodukter och eventuella andra störande signaler) i ett smalt frekvensband, och jämför detta sammansatta brus med en referensbruskälla.



Frekvensband B	Nominell impedans	Provtonnivå eller motsvarande	Tolerans i överförda bandets frekvensgång	Klirrdämpning min	Ekodämpning, min	Termiskt brus i bandet K · T · B <sup>8)</sup>	Tillåtet signal-brus-förhållande i bandet	Kabeltyp
Huvudband 60-6000 kHz <sup>4)</sup>  Delband 60-1300 kHz <sup>5)</sup> 60-552 kHz <sup>6)</sup>	75 ohm	1 V <sub>tt</sub> <sup>1)</sup>  -18 dBm -18 dBm	±0,5 dB	52 dB vid 2 V <sub>tt</sub> <sup>1)</sup>	24 dB	-106 dBm  -113 dBm -117 dBm	55 dB tt/rms <sup>2)</sup>  65 dB rms/rms <sup>3)</sup> 65 dB rms/rms <sup>3)</sup>	Cbn
Huvudband 60-552 kHz <sup>6)</sup>	75 ohm	-18 dBm	±0,5 dB			-117 dBm	65 dB rms/rms <sup>3)</sup>	CS, Crn
Huvudband 6-108 kHz <sup>7)</sup>	150 ohm bal	-10 dBm	±0,5 dB			-124 dBm	65 dB rms/rms <sup>3)</sup>	Bf-par
<p>1) Topp-till-topp-värde 2) Ton eller puls topp-till-topp-värde/brus effektivvärde, ovägt 3) Ton effektivvärde/brus effektivvärde, psfometriskt mätt</p> <p>4) Video- och talkanaler 5) 300 talkanaler 6) 120 talkanaler</p> <p>7) 24 talkanaler 8) <math>K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ W} \cdot \text{s/grad}</math> T = 290°K B = Brusbandbredd i Hz</p>								

) ) ) )

Ur ett diagram över NPR, uppmätt för en viss förstärkare vid två frekvensband centrerade vid frekvenserna  $f_1$  och  $f_2$  samt vid olika utnivå P av följande utseende kan man utläsa bl a:



Om brusbandbredden är B Hz (bestäms av bandpassfilter i provapparaturen), Boltzmanns konstant  $K$  W's/grad, T den rådande absoluta temperaturen i  $^{\circ}K$ , blir vid impedansanpassning i apparaturen den termiska brusnivån

$$kTB \text{ watt} = N \text{ dBm.}$$

Om förstärkarens förstärkning är G dB och referensbruset på utgången  $P_1$  dBm, blir nivån på ingången  $P_1 - G$  dBm. Ur diagrammet erhålls NPR för frekvensen  $f_2$  vilket innebär att det termiska bruset har nivån  $P_1 - G - NPR$ , dBm.

Å andra sidan har det termiska bruset i den anpassade impedansen före förstärkaren nivån N dBm. Skillnaden

$$(P_1 - G - NPR_1) - N = F \text{ dB,}$$

som alltså är den försämring i signal-brus-förhållandet som förstärkaren inför, är förstärkarens brusfaktor. I området mellan  $P_5$  och  $P_2$  är NPR proportionellt mot utnivån, eftersom referensbrusnivån ökar, medan det termiska brusets nivå är konstant. Vid nivåer lägre än  $P_5$  försvinner mätsignalen i mätmiljöns bakgrundsbrus, mätvärdena är osäkra.

När utnivån närmar sig  $P_2$ , börjar de första tecknen på olinjära fenomen att visa sig. Referensbrusets nivå är nu så hög att dess toppar överstyr förstärkaren, med en språngartad ökning i övertonshalten som följd. När referensbrusets effektivvärde ökar, överskrider allt fler brustoppar förstärkarens överstyrningspunkt, som ligger vid  $P_6$  dBm och är definierad för en sinuston. NPR-provet ger sålunda en upplysning om överstyrningspunktens ungefärliga läge. Man kan även se att förstärkaren klipper ojämnt, av lutningen vid  $P_3$  att döma, medan den vid  $P_4$  klipper både i topp och i botten.

## Förstärkarutrustningar

Av följande tabell framgår olika typer av kabelförstärkare

Beteckning	Tillverkare	Användningsområde
KF-1	DARAD	4-108 kHz BF-Par Max kabellängd 10 km
KF-2	DARAD	60-552 kHz Klenkoax Max kabellängd 10 km
KF-3	LME	60-552 kHz Klenkoax Max kabellängd 10 km
KF-4	LME	60-6000 kHz Grovkoax Max kabellängd 10 km
KF-5	DARAD	60-6000 kHz Grovkoax Max kabellängd 7 km
KF-6	LME	30 Hz-5 MHz Grovkoax Max kabellängd 10 km

Kabelförstärkarutrustning KF-6 är en interimsutrustning som endast finns i ett fåtal exemplar. Det är en något speciell utrustning med två grovkoaxialkablar. Den ena kabeln används endast för brumkompensering och är avslutad med 75 ohm i fjärränden av kabeln.

Av förstärkarutrustning KF-2 finns en variant som kallas avtappningsutrustning. Bild 3 visar ett tänkt driftfall.

Avtappningsutrustningen används vid inmatning och utmatning av en 12-grupp ur ett basband med impedansen 75 ohm.

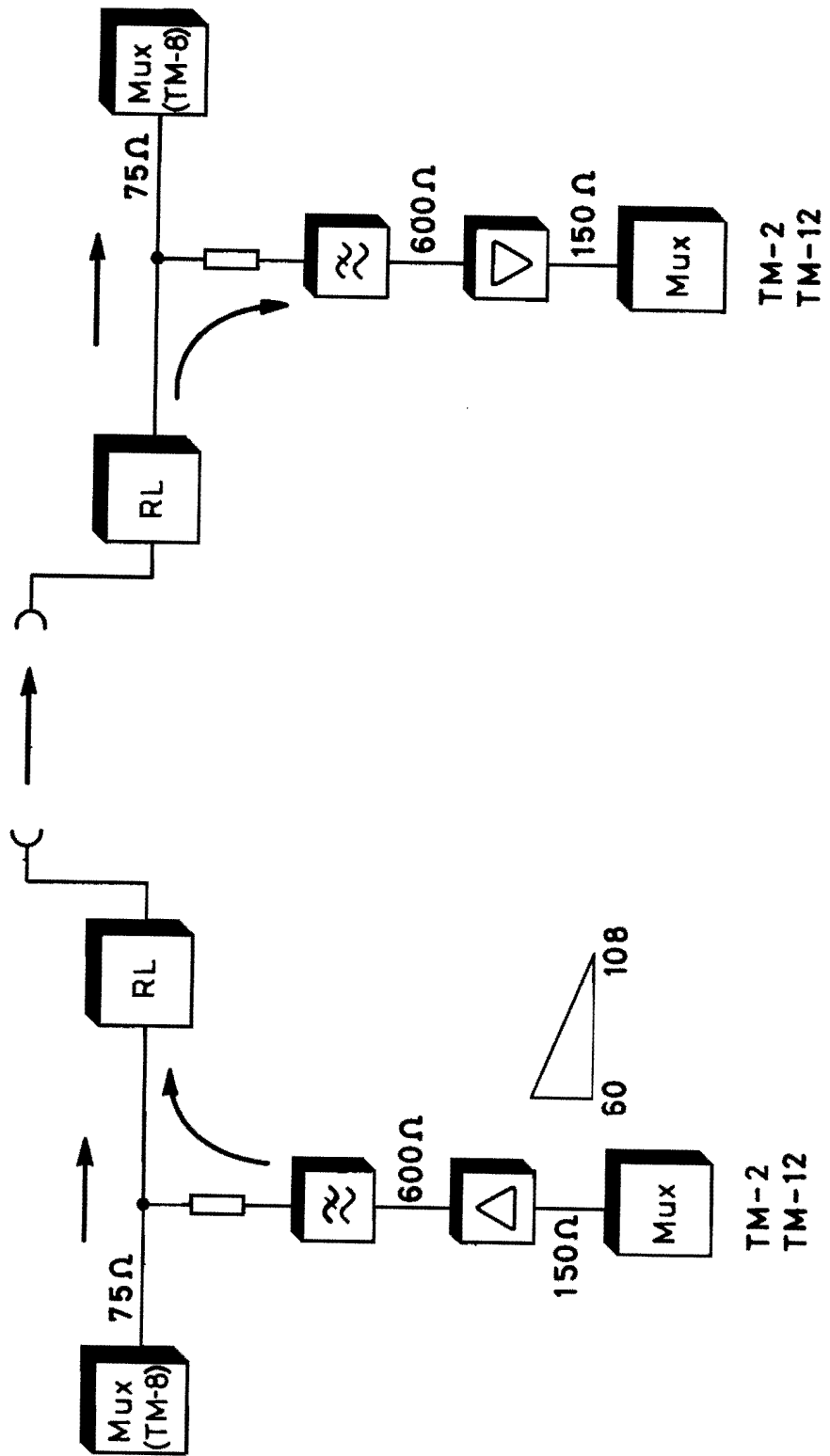


Bild 3

# Kraftförsörjning

H. Lööw

Följande strömförsörjningsalternativ kan ifrågakomma för radiolänkanläggningar:

- Växelströmsmatning från nät och med motorgenerator som reserv
- Likströmsmatning från nät efter likriktning, batteri och motorgenerator som reserv
- Likströmsmatning från nät efter likriktning, batterireserv
- Termobatteri
- Vind-elverk
- Likströmsmatning över signaltransmissionskabel

Det första alternativet förekommer idag på samtliga större anläggningar. Alternativ två kommer i framtiden att vara dominerande.

Likströmsmatning utan motorgenerator används framförallt i hyddor. En väsentlig fördel är att man slipper investera allt för mycket i motorgeneratorer; man kan ha ett batteri vars storlek är beroende på effektuttaget på anläggningen. Men framför allt vinner man i verkningsgrad eftersom den moderna heltransistoriserade radiolänkutrustningen är speciellt lämpad för likströmsmatning.

På mindre radiolänkanläggningar kan man tänka sig att utnyttja termobatteri eller vind-elverk. Man kan också överföra likströmseffekt över en signaltransmissionskabel. Det arrangemanget kommer att utnyttjas i stor utsträckning speciellt i mastskaåpen.

Ett krav som man absolut måste ställa vid de tre sista alternativen är låg effektförbrukning hos utrustningen. Inte heller får man ha några större effektuttag för uppvärmning av lokaler och skåp eller för anslutning av mätinstrument.

Ett annat tänkbart alternativ är kombinationen nät-termobatterier. Kostnaden för termobatterier är relativt hög men i relation till vad en motorgenerator kostar, är det trots allt en rimlig utgift. Dessutom har termobatterier en relativt god lagringsbeständighet - ungefär 5 år för oaktiverat batteri.

Antag att man har ett objekt som man av någon anledning vill ha förbundet med ett färre antal telefon- eller datakanaler. Av taktiska skäl finns det kanske ingen möjlighet att ställa upp en mast i direkt anslutning till den aktuella byggnaden. Man kan lösa problemet på två sätt.

Som alternativ 1 kan det ske med hjälp av en extremt högfrekvent länk. Anledningen till att den skall vara extremt högfrekvent är närmast att det gäller att få låg energiförbrukning och små antenner.

**Kraftmatning över kabel -  
fyrskruv för mastskep**

En annan möjlighet är att man istället för radiolänk använder sig av kabel. Bild 1 visar hur likströmsmatningen kan ordnas med hjälp av kabelfyrskruv.

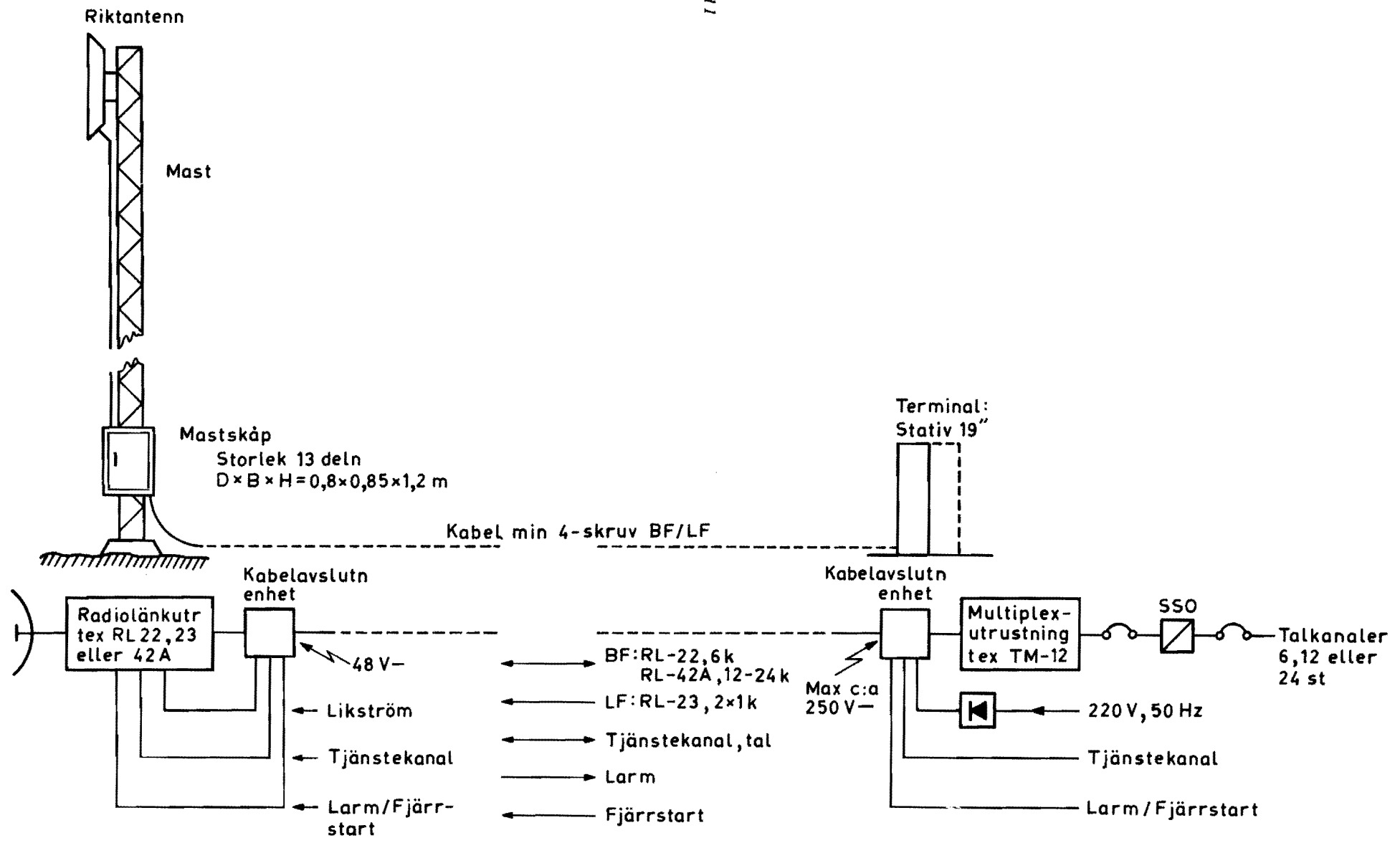
Likströmmen överförs på BF-kabel genom mittpunktsmatning av ledningstransformatorer. Larm, fjärrmanöver och tjänstekanal överförs med fantomkoppling.

För att man skall kunna använda så lång kabel som möjligt bör spänningen i mottagningsändan vara så hög som möjligt.

Av säkerhets- och standardiseringskäl har 48 V valts.



Bild 1



# Linjaritets- och intermodulationsmätning

H. Broberg

Linjariteten i radiolänkförbindelser kan mätas på olika sätt:

- Klirrfaktormätning  $K = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + u_4^2}}{u_1}$
- Intermodulation mellan 2 eller 3 toner (A+B), (A-B) o s v
- Intermodulation genom brusbelastningsmätning (NPR)
- Linjaritetsmätning där en mätsignal styrs ut av en svepsignal.

Här behandlas kortfattat de två sista punkterna enligt ovanstående.

Man använder sig här av vitt brus från en brusgenerator, som är bandbredds-begränsad motsvarande det antal telefonikanaler man vill simulera med bruset. Den inmatade brusnivån väljs så att den simulerar motsvarande trafik i mångkanalsmultiplexutrustning vid bråd timme. Vid NPR-mätning för <60 telefonikanaler erhåller man mindre noggrannhet i mätresultatet.

Man erhåller därvid följande brusnivåer för:

12 - 240 kanaler	-1 + 4 log N dBm
≥240 kanaler	-15 + 10 log N dBm

där N = antalet kanaler och -15 är talets medelvärde i en telefonikanal. Formeln för 12-240 kanaler är korrigerad för det mätfel man gör beroende på det låga antalet kanaler.

Brusets bandbredd från brusgeneratoren begränsas med ett lågpas- och ett högpassfilter att motsvara aktuellt antal telefonikanaler, se bild 1.

## Brusbelastningsmätning NPR (NOISE POWER RATIO)

Mätuppkoppling (Marconi NOISE POWER TEST SET)

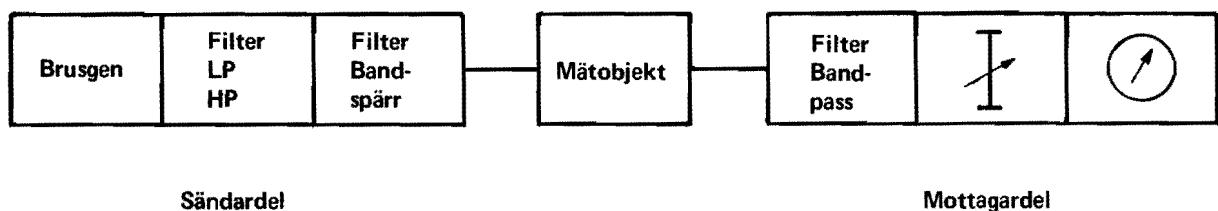


Bild 1



Brusgenerators nivå och brusets bandbredds begränsning ställs in enligt följande tabell beroende på antalet telefonkanaler hos mätobjektet. Mätningen av NPR utförs i en 3,1 kHz bred mätkanal vid tre olika frekvenser inom brusbandet. Bandspärr- och bandpassfiltren för mätkanalen har ca 80 dB dämpning utanför 3,1 kHz-bredden.

Inställning

Antal kanaler	Bandbredd (kHz)	Nivå dBm0 P	Av CCIR rekommenderade mätfrekvenser (kHz)		
120	60 - 552	+7,3	70	270	534
240	60 - 1052	+8,8	70	534	1002
300	60 - 1300	+9,8	70	534	1248
960	60 - 4028	+14,8	70	2438	3886

Mätning vid 300 kanaler

Brusnivån ställs in till +9,8 dBm0. LP- och HP-filtren ställs in för bandbredden 60-1300 kHz.

På mottagarsidan kopplar man in bandpassfiltret för önskad mätfrekvens. Dämprattarna på mätmottagaren ställs in så, att man erhåller ett visarutslag på den övre delen på mätmottagarens instrument. Detta visarutslag,  $a_1$ , används som referens. Därefter kopplar man in bandspärrfiltret på sändarsidan för den valda mätfrekvensen.

Dämprattarna på mottagarsidan ställs nu så att visarutslaget åter blir  $a_1$ . Skillnaden i dämpningsrattarnas inställning före och efter inkoppling av bandspärrfiltret på mottagarsidan avläses och utgör värdet på NPR, se bild 2.

Värdet för NPR kan omräknas till S/B psfometriskt mätt i en talkanal (3,1 kHz) enligt formeln

$$S/B = NPR + 10 \log \frac{\text{multiplexbandbredd}}{3,1} - P + 2,5$$

där 2,5 utgör den psfometrisk vägningsfaktorn och P brusnivån exempelvis för 300 kanaler.

$$S/B = NPR + 10 \log \frac{1300-60}{3,1} - 9,8 + 2,5 = \underline{\underline{NPR + 18,6}}$$

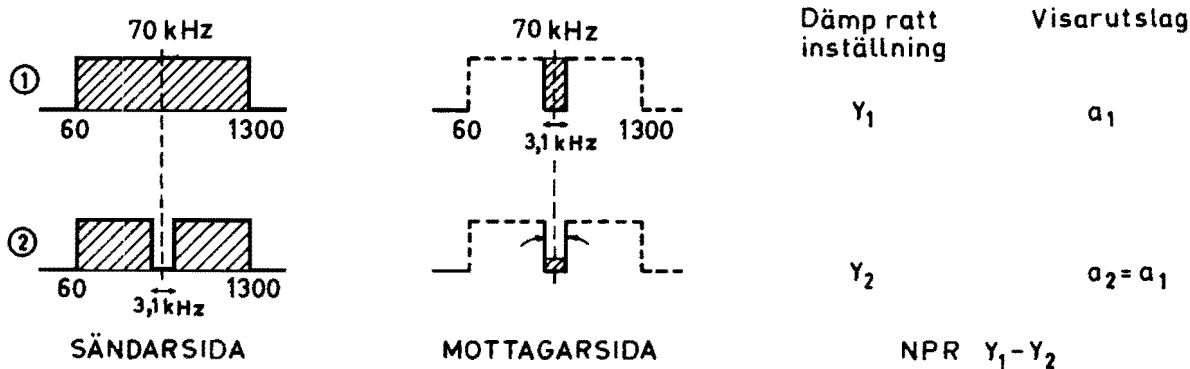


Bild 2

Intermodulationsbidraget beror på flera faktorer.

- Högsta mätkanalen: Är känslig för fasdistorsion och intermodulation i HF- och MF-kretsar
- Mittersta mätkanalen: Är känslig för icke önskade blandarfrekvenskomponenter
- Lägsta mätkanalen: Är utsatt för olinjaritetsbidrag.

För att man skall erhålla ett tillförlitligt värde på NPR-mätningen måste grundbruset ligga på ett minimum. Se bild 3, som är q-värdeskurvan för RL-81.

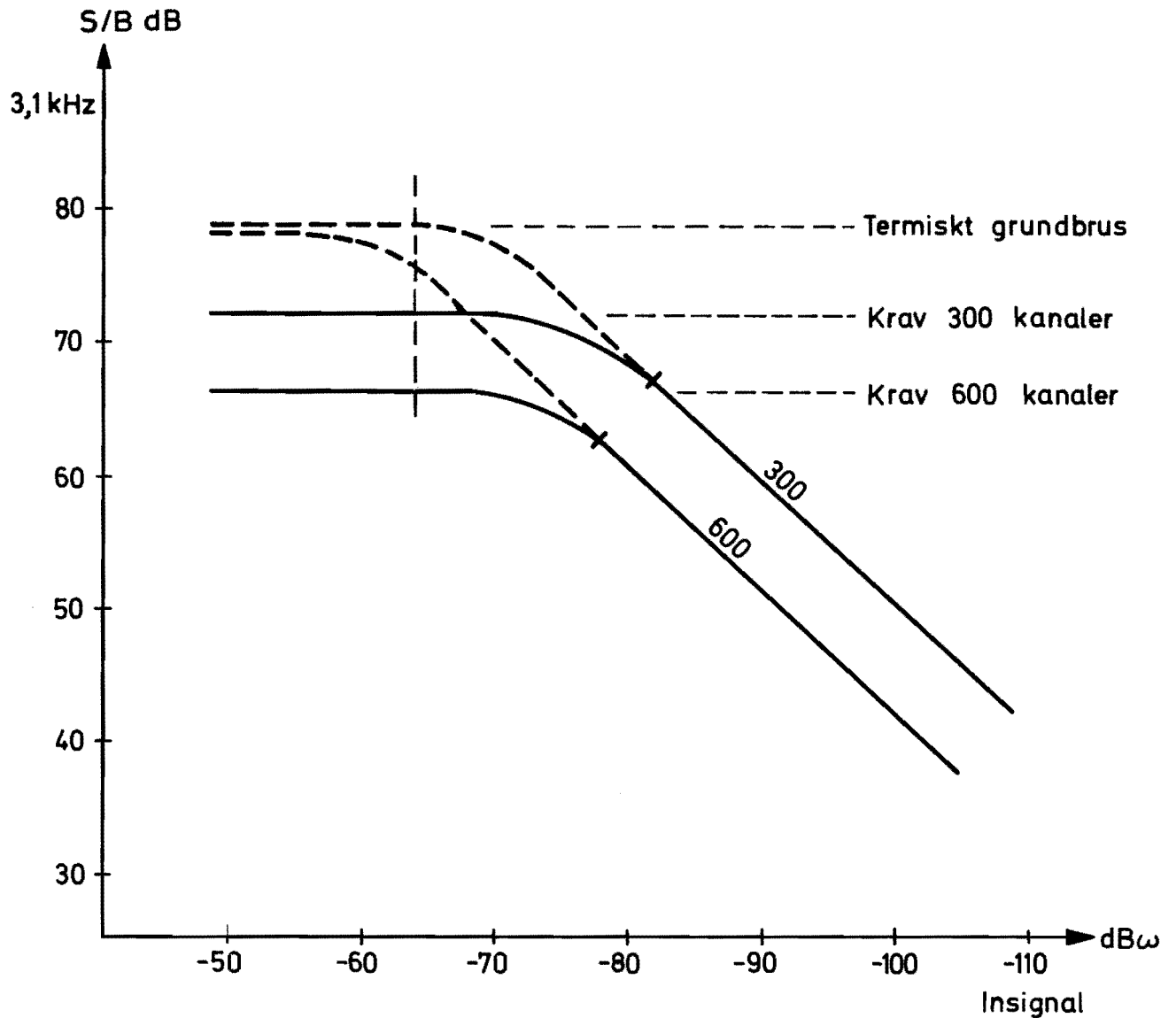


Bild 3

### Linjaritetsmätning

Härmed avses mätning av ett transmissionsobjekts differentiella förstärkning och fas  $\Delta G$  och  $\Delta\varphi$ . Dessa utgör den förstärknings- respektive fasändring som uppstår hos utsignalen från ett transmissionsobjekt, när den inmatade signalens amplitud varierar.

Linjaritetsmätaren är uppdelad i två enheter: en sändar- och en mottagardel. Avläsningen av mätresultatet sker på ett oscilloskop, som ansluts till mottagardelen. Se bild 4.

### Mätuppkoppling (Linjaritetsmätare MATIC 430)

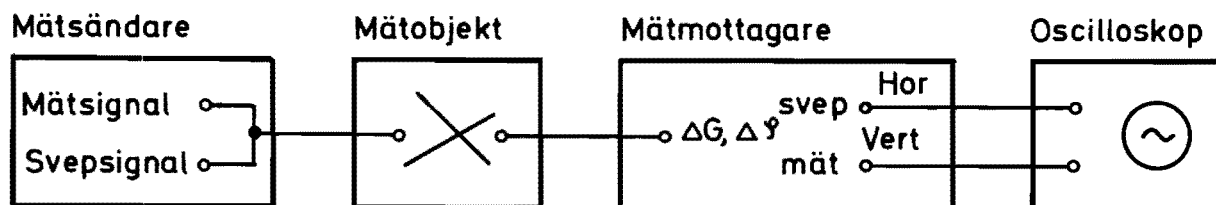


Bild 4

### Mätning

Med svepsignalen 15,63 kHz styr man ut mätobjektet till önskad nivå. Svepsignalen överlagras med mätsignaler 4,43 MHz, som ställs in till ca 20 dB lägre amplitud än svepsignalens. Frekvenserna för svep- och mätsignalerna är här anpassade för färgtelevision.

Vid mottagarsidan varierar mätspänningens amplitud och fas i takt med svepspänningen beroende på mätobjektets differentiella förstärkning och fas. Svepsignalen och den amplitud- respektive fasmodulerade mätsignalen separeras på mottagarsidan och matas till oscilloskopets horisontal- respektive vertikalingång.

Linjaritetsmätarens mottagare har en kalibrergenerator, som kan kopplas in för kalibrering av oscilloskopet. Normalt kalibrerar man oscilloskopet så att varje cm på skärmen motsvarar 0,2 dB  $\Delta G$  eller  $1^\circ \Delta\varphi$ . Dubbeltecknade figurer på oscilloskopskärmen kan med en fasutjämningsratt på mätmottagaren justeras så, att de blir enkeltecknade.

Bild 5 ger exempel på figurer vid mätning av  $\Delta G$  och  $\Delta\varphi$ .

Definition  $\Delta G = \text{DIFFERENTIELLA FÖRSTÄRKNINGEN} = 20 \log \frac{A_{\max}}{A_{\min}}$

där  $A_{\max}$  är utsignalens maxamplitud och

$A_{\min}$  utsignalens minamplitud

när en liten konstant insignal (mätsignalen) flyttas mellan två givna nivåer.

$\Delta\varphi = \text{DIFFERENTIELLA FASEN}$  är den maximala avvikelsen i fasläge hos utsignalen när en liten konstant insignal (mätsignalen) förflyttas mellan två givna nivåer.

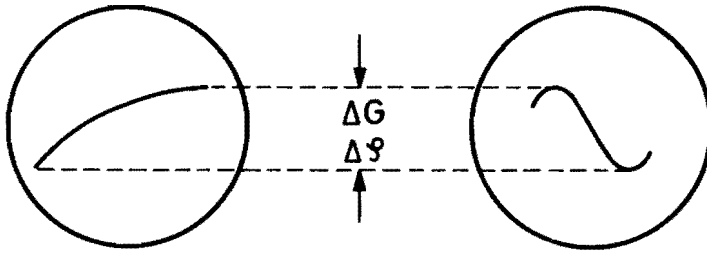


Bild 5

Bandbredden hos den sammansatta mätsignalen är beroende av frekvenserna på de i denna ingående svep- och mätsignalerna. Som exempel erhåller man vid mätning på RL-81 med linjaritetsmätarna W8G WZM-83 och MATIC 430:

	W8G WZM-83	MATIC 430
Svepsignal	81 Hz 1 V	15,63 kHz 1 V
Mätsignal	556 kHz 0,1 V	4,43 MHz 0,1 V
För RL-81 erhåller man		
Svepsignal	$\Delta f = 5 \text{ MHz } \beta_1 = 0,62$	$\Delta f = 5 \text{ MHz } \beta_1 = 313$
Mätsignal	$\Delta f = 0,5 \text{ MHz } \beta_2 = 0,9$	$\Delta f = 0,5 \text{ MHz } \beta_2 = 0,166$
Bandbredd	13,12 MHz	18,64 MHz

På grund av den skilda bandbredden hos mätsignalerna erhåller man, om mätobjektet är bandbredds begränsat och olinjärt, olika värden på  $\Delta G$  och  $\Delta \varphi$  vid mätningar med de båda instrumenten. En given mätvärdestolerans gäller därför i allmänhet för mätning med en viss typ av mätinstrument.

För TV-sändarkamera till TV-mottagare gäller värdena  $\Delta \varphi$  ca  $12^\circ$  och  $\Delta G$  ca 30 %.

Linjaritetskrav

	$\Delta G$	$\Delta \varphi$
För RL-81 radio »rygg mot rygg«	0,3 dB	$1,5^\circ$
För de två antensystemen i ett hopp	<u>0,3 dB</u>	<u><math>4,5^\circ</math></u>
För ett hopp RL-81	0,6 dB	$6^\circ$

Ingen hänsyn har tagits till kurvformen hos  $\Delta G$  och  $\Delta \varphi$ . Det har visat sig vid videoöverföring med TM-7 att man erhåller mindre störspänning på videosignalen om  $\Delta G$ - och  $\Delta \varphi$ -figurerna justeras så att de blir så räta som möjligt - utan att amplitudvärdet minskas. Man erhåller därvid mindre övertoner hos den överförda signalen. För detta ändamål avser FMV att ändra kraven på  $\Delta G$  och  $\Delta \varphi$ , se bild 6, som avviker från tidigare resonemang.

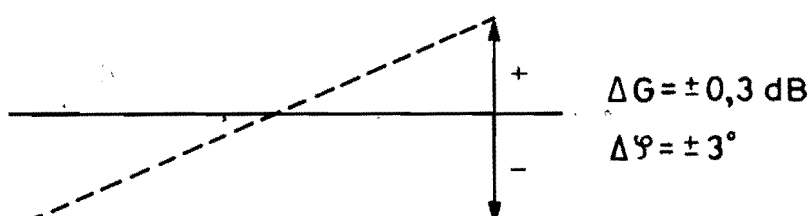


Bild 6

Det finns ett samband mellan linjaritetsvärden och NPR-värden. Men i de flesta fall ger inte optimalt värde på linjariteten optimalt värde för NPR. Vilket värde man skall välja att optimera vid en inställning är beroende på vilken form av trafik man har. För bildförbindelser är linjariteten och för mångkanalförbindelser är NPR väsentligast. För närvarande finns ett ringa antal NPR-instrument inom FMV. En god kompromiss för mätning vid rutinmässigt underhåll är att mäta linjariteten. Beroende på resultatet från pågående undersökning kommer en specificering på linjaritetsvärdet att, förutom toleransvärdet, innehålla en specificerad raket hos  $\Delta\varphi$ - och  $\Delta G$ -kurvorna.

## TDR-mätning

B. Söderberg

TDR kommer av Time-Domain Reflectometry. TDR-metern består i princip av följande delar

- ett oscilloskop som indikator
- en pulsgenerator
- ett "T"

Till detta T är en kabel med belastning ansluten. Se bild 1.

Tillvägagångssättet vid mätning är att man sänder ut en puls på en kabel. Pulsen reflekteras där man har någon form av impedansändring. Dessa impedansändringar kallar man diskontinuiteter.

Man kan enkelt göra en uppkoppling och utföra mätningar på koaxialkablar av olika längd. Med denna anordning är det möjligt att mäta kablers karakteristiska impedans. Man ansluter ett variabelt motstånd som belastning i kabelns andra ände och ställer in detta så att ingen reflexion erhålls. Man har då anpassning. Genom att mäta resistansen kan man bestämma impedansen i kabeln.

Skall noggrannare mätningar göras, måste ett instrument av typen Hewlett Packard TDR anskaffas (HP 140 A och HP 1415 A).

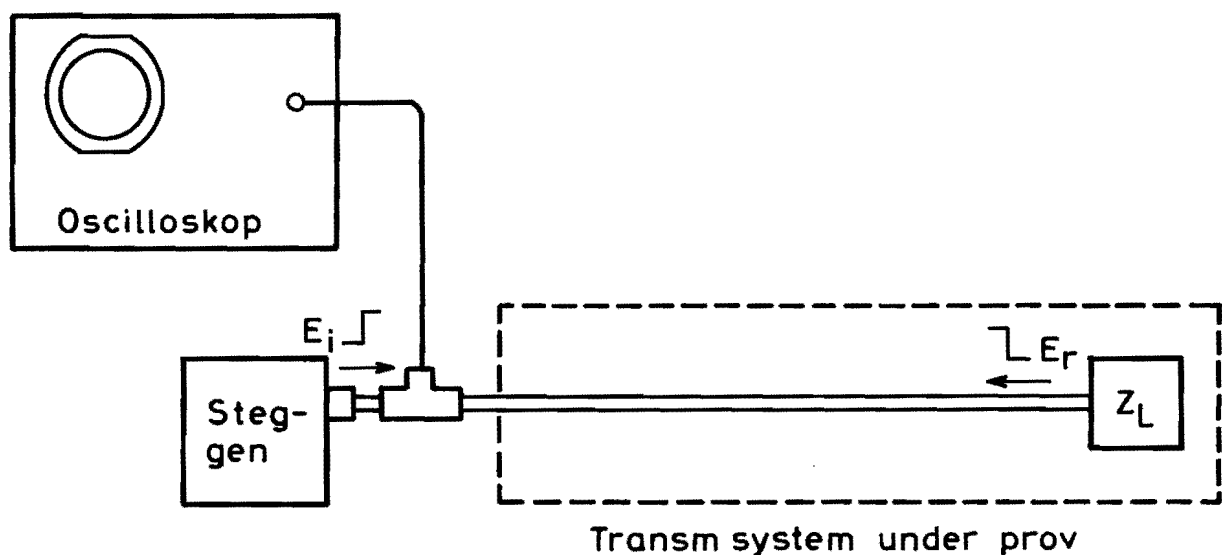


Bild 1

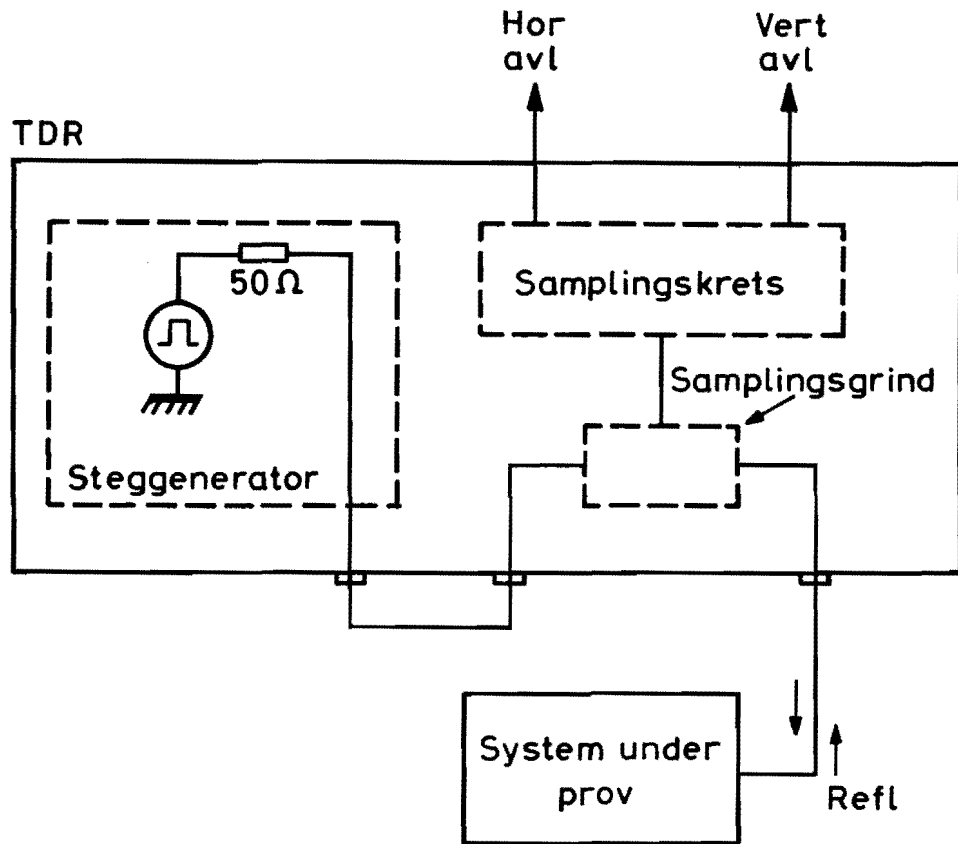


Bild 2

TDR-metern visas blockschemamässigt på bild 2. Man använder en generator som ger en puls med mycket snabb stigtid (ca 150 pikosekunder). Pulsen sänds ut på kabeln och med hjälp av samplingteknik undersöker man sedan kurvformen på pulsen. Antalet samplings är 4000 per 20 millisekund vilket ger en ekvivalent bandbredd av ca 2 GHz.

Exempel på möjliga mätningar

- Mätning av impedans
- Mätning av reflexionskoefficient
- Mätning av längd
- Kontroll av kablar med avseende på reflexionspunkter, osymmetri m m
- Mätning på antenner
- Ensning av antennkablar som skall ha lika elektrisk längd.

I övrigt hänvisas till HP Application notes 62 och 67.

Tdr-metern är graderad vertikalt i reflexionskoefficient..

$$\text{reflexionskoeff } (\rho) = \frac{U_r}{U_i}$$

Man mäter helt enkelt reflexionen och kan på så vis räkna ut impedansen.

$$\text{enligt: } Z = Z_0 \cdot \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Det finns även möjlighet att placera transparenta raster över skåpskärmen och direkt avläsa impedansen.

Horisontalt är instrumentet graderat i nanosekunder eller i längd i cm. Tiden ( $t$ ) är den tid det tar för pulsen att förflytta sig fram och tillbaka längs ledningen. Vet man om  $k_e$  för kabeln, kan den fysikaliska längden beräknas, omvänt kan  $k_e$  beräknas om den fysiska längden är känd:

$$d = \frac{c}{\sqrt{k_e}} \cdot \frac{t}{2}$$

Mätning på antenner kan utföras. Antennkablar som skall ha lika elektrisk längd kan tämligen enkelt ensas. Kablarna bör avslutas så att en liten missanpassning syns på skärmen. Därefter kopplas en kabel in i taget. Har man tillgång till en delnings-transformator kan båda kablarna kopplas in.

Det finns många fler områden där denna metod är användbar: mikrovågskomponenter, förstärkare in- och utimpedans etc.

För att mätning skall kunna ske måste det finnas fysikalisk förbindelse. Dvs ej någon form av induktiv eller kapacitiv koppling.

Två kablar med karakteristiska impedanserna 50 ohm och med fysiska längden 1,56 m och 1,87 m kopplades ihop.

Den ena kabeln var felaktig, på denna uppstod tidvis kortslutning.

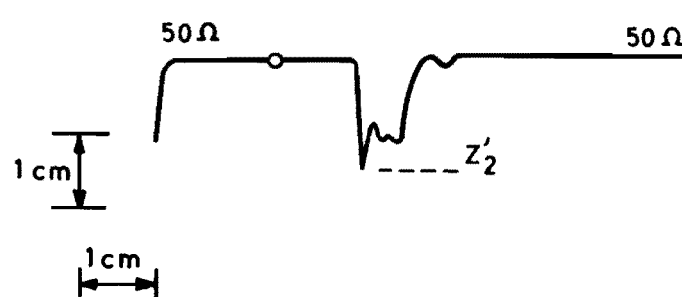
En oscilloskopbild från TDR-metern visas på bild 3, där även inställningarna är redovisade.

Exempel mätning på kabel

### Mätning på kabel

1,56 m LME HK 50 - 7 - 1

1,87 m Amphenol RG-214/U (tidvis kortslutning)



Ej kortslutning

$\rho = 0,2/\text{cm}$   
Distans 200 cm/cm  $M = 2$

Figuren visar kabeln med diskontinuitet  
 $\rho = -0,28 \therefore \text{SVF} = 1,82$   
( $Z'_{2} = 28 \Omega$ )

Bild 3



Bild 4 visar samma sak men med större upplösning i både vertikal- och horisontal-led. Siffrorna i kurvan visar inställning på skärmen i cm. Dessa värden har erhållits med hjälp av en flyttbar mätpunkt och en kalibrerad potentiometer.

Siffrorna är av intresse när det gäller att lokalisera kontaktpunkter eller, som i detta fall, en icke fullt utbildad kortslutning. Punkten 4,89 är ett kontaktdon av N-typ på RG 214/U-kabeln. Punkten 5,45 är det ställe där felaktigheten börjar. Med hjälp av dessa två värden skillnad (0,57 cm) och med vetskap om att varje cm = 20 ns löptid för pulsen fram och tillbaka kan man beräkna distansen  $d$  till felet.

$$d = \frac{300 \cdot 10^6}{\sqrt{2,25}} \cdot \frac{0,57 \cdot 20 \cdot 10^{-9}}{2} \quad (\text{ke i RG 214/U} = 2,25)$$

$$d = 1,14 \text{ m.}$$

Från kontaktpunkten till felet är det alltså ca 1,14 m.

Man kan också beräkna hur stor impedans kabeln får i den felaktiga delen men detta är av mindre intresse. En beräkning av kabelns impedans framför felet kan dock åskådliggöras. Kurvan sjunker 0,3 cm efter kontakten (punkt 4,89)  $\rho = 0,05/\text{cm} \therefore \rho_{\text{in}} = 0,015$

$$\text{och } Z_{\text{in}} = Z_0 \frac{1 - 0,015}{1 + 0,015} \therefore Z_{\text{in}} = 50 \frac{0,985}{1,015} = 48,5 \Omega$$

Dämpning kan också mätas med hjälp av TDR-metern.

Man får då skilja på två typer av dämpning, dels seriedämpning eller Is-dämpning, dels shunt dämpning eller HF-dämpning. Seriedämpning yttrar sig på så sätt att en del av effekten tas upp av en serieimpedans och återvänder inte till samplingsenheten. Shunt dämpning yttrar sig i en försämring av den högfrekventa bandbredden på kabeln. Vid mätning på TDR-metern yttrar sig seriedämpningen som en ändring av den återreflekterade 0-nivån, se bild 5.

$\rho = \frac{E_r}{E_i}$  Vid mätning måste den andra änden på kabeln kortslutas med en ideal kortslutning. Det är denna kortslutning som indikeras höjd från ingående nollnivå.

Ju högre den återreflekterade nollnivån ligger, desto större är dämpningen i kabeln.

Shunt dämpning yttrar sig i en ändring av stigtiden eller falltiden på den reflekterade pulsen. Se bild 6.

Sambandet  $t \cdot B = 0,35$  gäller för en RC-förstärkare och även på en kabel. (0,35 enligt uppgifter i HP litteratur.)

Ett bra sätt är att till TDR-metern ansluta en kabel med känd, låg förlust och känd karakteristisk impedans, helst 50 ohm. Därefter ansluts det övriga transmissionssystemet. Den inkopplade kabeln skall vara 1-3 m lång och utgöra referensnivå vid de fortsatta mätningarna.

För att mäta andra impedanser måste man koppla in transformator och eventuellt en balun om det gäller balanserade ledningar.

Bild 4

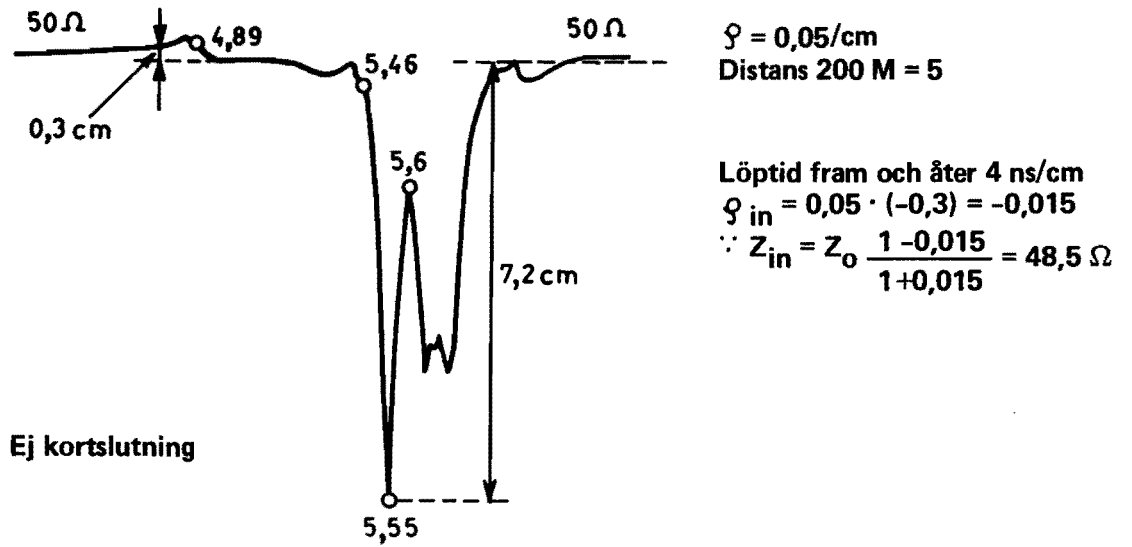


Bild 5

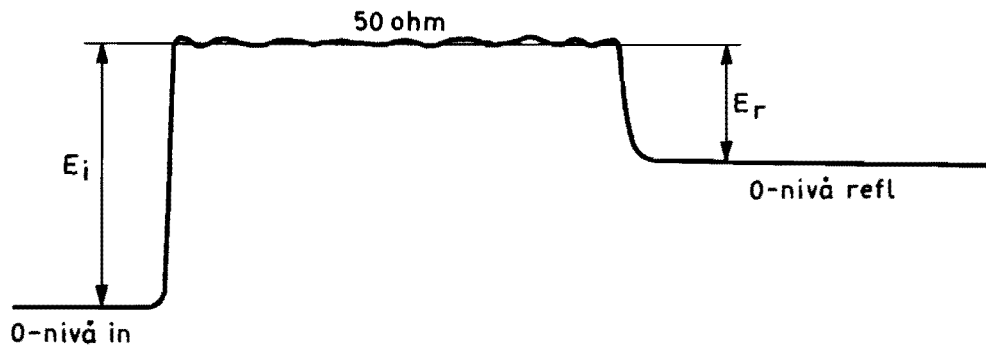
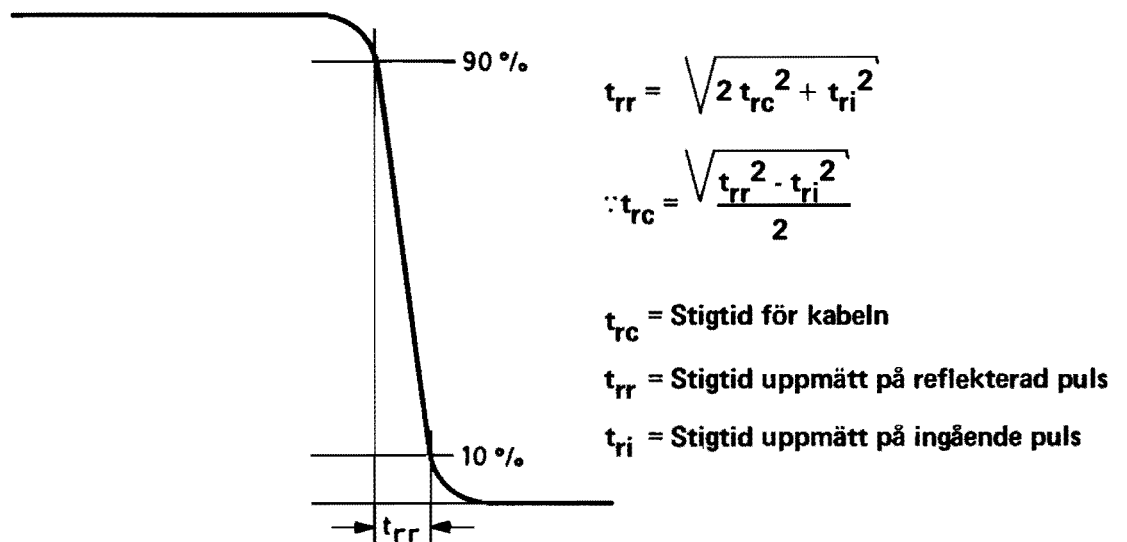


Bild 6



Om diskontinuiteterna är orsakade av kapacitanser eller induktanser kan dessa beräknas.

Om det förekommer diskontinuiteter har de en viss fasvinkel och man måste därför beräkna SVF på ett annat sätt. Frekvensen där kabeln (systemet) skall användas måste vara känd och man kan därefter med hjälp av ett Smithdiagram bestämma vilket SVF man har vid inkopplingspunkten.

Tillvägagångssättet är att man bestämmer diskontinuiteterna som induktanser eller kapacitanser och räknar om dessa i komplex form, kabellängder räknas om i våglängder.

Som synes krävs ett ganska tidsödande räknearbete, men resultatet blir bättre än med mätning med reflexionsmetermetoden.

På TDR-metern finns ett uttag för X-Y-skrivare (används om det förekommer radiofrekventa störningar på kabeln). Man kan då ställa in skrivaren så, att den blir okänslig för dessa störningar. Normalt använder man en oscilloskopskamera av polaroidtyp.

Som avslutning kan sägas att det krävs ingående kännedom om transmissioner och beräkningar av dessa om målet är att göra noggranna undersökningar. Om det gäller att bedöma om transmissionssystemet är rätt utfört krävs endast vana med TDR-metern.

# Underhåll

O. Jeppsson

Allmänt

Underhåll av militära vapensystem medför stora kostnader. Det är därför av intresse att diskutera om underhåll behövs och hur det i så fall skall utföras.

Man vill inom en given kostnadsram få maximal tillgång på fungerande operativ materiel. Se bild 1. Den första frågan man ställs inför är då: Varför måste materiel underhållas?

Tillgänglig  
op-mtrl

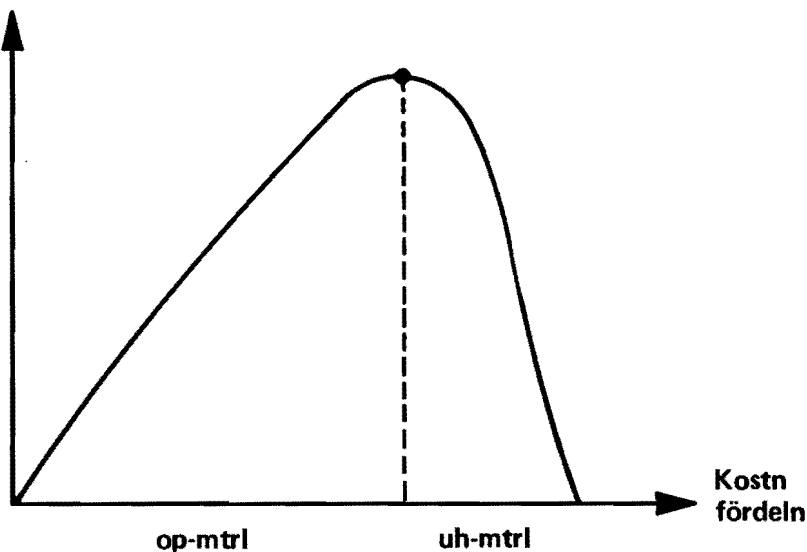


Bild 1

**Slitage** på grund av användning är en allmänt accepterad anledning till underhåll. Man har t ex infört den årliga obligatoriska besiktningen på bilar för att tvinga bilägarna att underhålla sina fordon så att de hålls i trafiksäkert skick.

Behov av underhåll

**Åldrande** kan nedsätta funktionsdugligheten hos materiel även om materiel inte används. En ficklampa som varit undanlagd någon tid fungerar inte förrän man bytt ut det åldrade batteriet mot ett nytt. Åldring kan också försämra egenskaperna hos t ex gummi och plast.

Orsakerna till fel i elektriska komponenter är ett omdiskuterat problem. Rent slitage föreligger på glödtrådar i elektronrör, men beträffande andra komponenter anses felen ofta bero på ren slump. Så är emellertid inte alltid fallet och man börjar numera allmänt anse att dessa fel förorsakas antingen av **överbelastning** eller av **tillverkningsfel** hos komponenterna.

Ibland fungerar apparaterna inte på godtagbart sätt trots att alla ingående delar var för sig är felfria eller åtminstone godkännbara. Exempel på detta är radiomottagare eller mätinstrument som behöver trimmas. Sådana fel uppstår på grund av **gradvis nedsatt funktion**. Slutligen händer det ofta att **plötsligt uppkommande fel** medför starkt försämrad eller avbruten funktion.

Underhåll erfordras alltså bland annat av följande skäl:

- Slitage
- Åldring
- Tillverkningsfel
- Överbelastning
- Gradvis nedsatt funktion
- Plötsliga fel

När man har konstaterat behov av underhåll uppstår följande fråga:  
Hur skall materielen underhållas?

### Underhåll av materiel

Man skiljer på avhjälpande och förebyggande underhåll. Beroende bland annat av hur ofta underhållsåtgärder erfordras, på deras komplicitet och på behoven av resurser, delas arbetet upp på lokala, regionala och centrala instanser, se bild 2. Man måste därvid särskilt uppmärksamma vilka skäl som föranleder underhållsarbetet.

Man kan dela in underhållsarbetet i följande grupper:

- Service, enklare kontroll och reparation utförd lokalt vid förbanden
- Översyn, på verkstad utförd renovering eller mer omfattande reparation
- Kartläggande provning, statistisk kvalitetsövervakning
- Periodisk provning, utförs för att man skall utröna om korrektiva åtgärder erfordras
- Periodiskt utbyte, utförs när en komponents nyttiga liv utnyttjats.

Service och översyn kräver knappast närmare kommentarer medan de övriga grupperna kan förtjäna att diskuteras.

Kartläggande provning används när man vill utröna kvalitén hos materiel som kan kontrolleras endast genom förstörande provning, t ex ammunition. Kartläggande provning av prestanda på ett mindre antal utrustningar ger också möjlighet att statistiskt beräkna hur stor del av samtliga utrustningar som kan väntas vara felaktiga.

Periodisk provning utförs med tidsintervall som för varje materieltyp grundas på erfarenheter. För helt ny materiel baseras tidsintervallen först på uppskattning. Därefter kan insatsen verifieras genom resultat av kartläggande provning. Tidsintervallet ändras när gjorda iakttagelser ger orsak därtill.

Periodisk provning kan tillämpas både på materiel i förråd och på materiel i tjänst.

Instrument av olika slag kan till synes fungera felfritt men ändå vara helt missvisande. De måste därför genomgå kalibrering efter visst tidsintervall. En radiostation ger kanske inte anledning till allvarigare anmärkningar vid servicearbeten eller under drift trots att dess prestanda nedgått väsentligt. Detta kan emellertid ge allvarliga konsekvenser under inverkan av atmosfäriska störningar eller fientliga störsändare i krigstid.

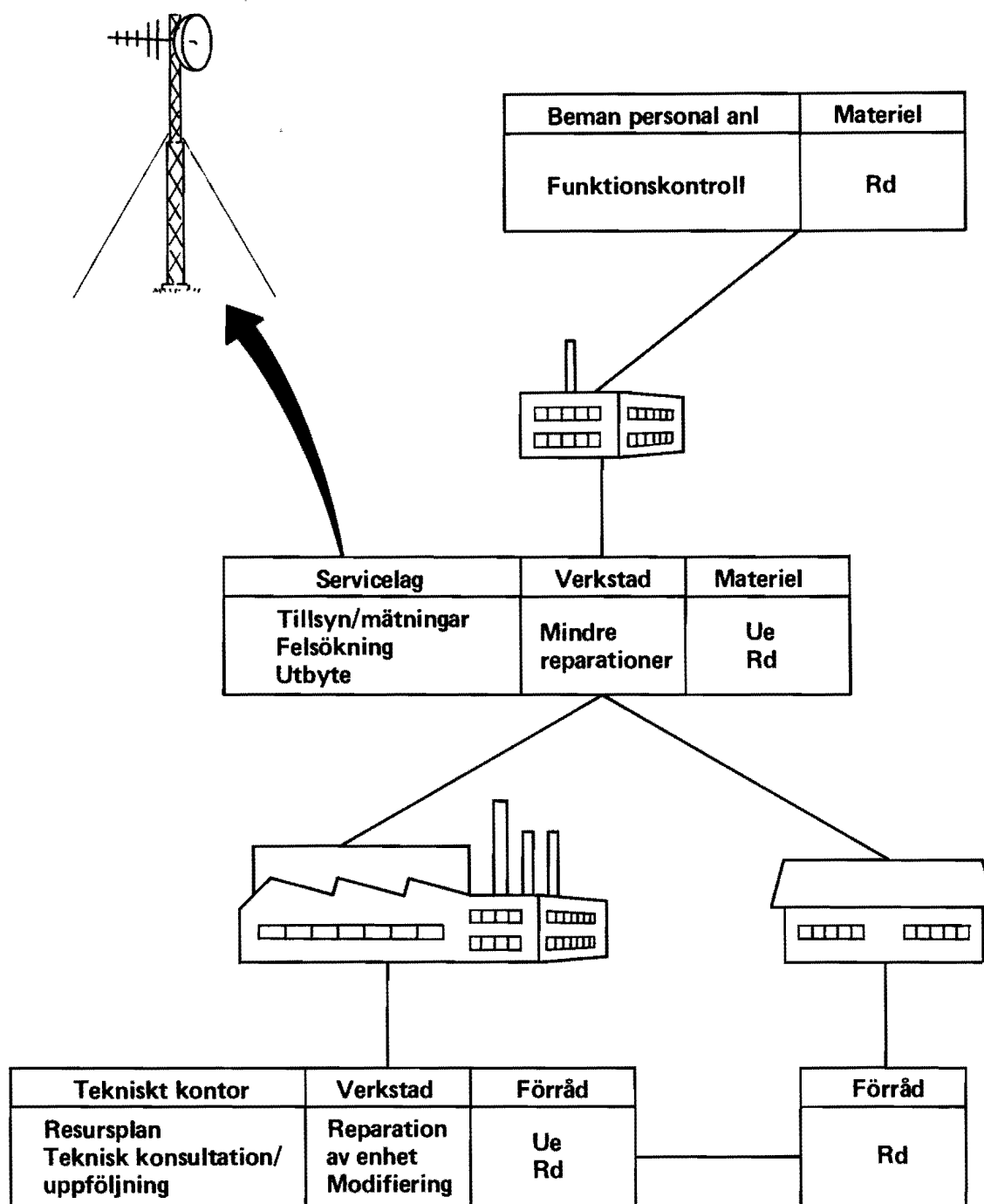


Bild 2

För att vara säker på att stationen verkligen fungerar som avsetts måste man mäta dess prestanda regelbundet och prova dess funktion under definierade förutsättningar, så att eventuella nedsatta funktioner kan upptäckas och åtgärdas.

Periodisk provning med tillhörande justering kallas ofta översyn, eftersom åtgärden i allmänhet sker genom att materielen sänds in till verkstad. Eftersom man ofta förknippar begreppet översyn med reparation av materiel som tagits ur tjänst på grund av helt avbruten funktion kan man felaktigt förledas att tro att insändande till verkstad är nödvändig endast när funktionen är helt avbruten. För radiolänkmateriel definieras begreppet tillsyn som både service och periodisk provning. Översyn sker vid behov.

## Underhållsresurser

För att klara underhållsbehoven fordras tillgång till både allmänna och speciella resurser.

Det behövs utbildad personal som i sitt arbete styrs av föreskrifter och publikationer. Personalen bemannar en mängd utrustning både av allmän och speciella karaktär.

I samband med underhållsarbetet förbrukas reservdelar som alltså måste finnas tillgängliga. Det erfordras lokaler för förvaring av materiel, reservdelar och provutrustning samt för utförande av underhållsarbeten av verkstadskaraktär.

Man vill inte att den ofta dyrbara operativa materielen skall stå överksam i väntan på översyn. Därför anskaffas sk utbytesenheter. Utrustningen repareras då snabbt genom utbyte av den felaktiga enheten av de lokala eller regionala underhållsstanserna.

Den urtagna enheten sänds därefter till någon central verkstad för renovering/reparation.

Ett väl avvägt sortiment av utbytesenheter möjliggör att huvudmaterielen i högre grad kan hållas i tjänst. Reparation av enheter kan då också frigöras från den operativa materielens geografiska placering och i stället organiseras med större beaktande av ekonomiska förutsättningar.

Erforderlig mängd ue bestäms av:

- MTBF
- Omloppstid för reparation/transport
- Accepterad bristrisk
- Geografisk placering
- Operativa krav.

Slutligen erfordras transportresurser, huvudsakligen för att frakta utbytesenheter mellan förband och verkstäder. Transportresurserna bör inte avvägas för snålt eftersom detta förlänger genomloppstiden för reparation av utbytesenheter, vilket medför behov av större investeringar i dessa. Resurserna för underhåll kan sammanfattas enligt följande:

- Personal utbildad för arbetet
- Föreskrifter, publikationer
- Provutrustning
- Utbytesenheter
- Reservdelar
- Instrument
- Lokaler
- Transportmedel

Inköp av ny materiel kräver alltid nyanskaffning av underhållsresurser. Detta bör ses som en investering som med kostnaden för den operativa materielen bildar två delar av samma budget. Sedan underhållsresurserna byggts upp återstår löpande driftkostnader:

- Löner för personal
- Utbildningskostnad p g a personalomsättning
- Underhåll av provutrustning
- Förbrukning av reservdelar
- Lokalhyra
- Transportkostnader.

Väl dimensionerade centrala underhållsresurser medför goda möjligheter att göra modifierings- och ändringsarbeten på materielen.

Resurserna som behövs för underhåll av operativ materiel kan sammansättas och organiseras på många olika sätt. Man kan ha provutrustningar på många parallellt arbetande verkstäder. Man behöver då en stor mängd utbildad personal samt relativt lite utbytesenheter.

### Underhållssystem

För samma ändamål kan man alternativt ha provutrustningar på en enda verkstad bemannad med en mindre mängd personal. Behovet av utbytesenheter ökar i detta fall. Man inser lätt att sysselsättningen i det senare fallet blir jämnare. En given fördelning och organisation av resurserna för underhåll brukar kallas underhållssystem, se bild 3.

Vid dimensionering av ett underhållssystem bör man först grovt beräkna den underhållsvolym som erfordras för att man skall kunna hålla materielen i godtagbar kondition. Underhållsåtgärder som måste utföras med kort tidsintervall och kräver små investeringar i resurser utförs vid anläggning eller vid förband. För underhållsåtgärder som utförs mera sällan (typ verkstadsarbete) görs en noggrannare analys så att en ekonomiskt riktig avvägning mellan lokalt och centralt underhåll uppnås.






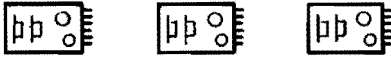




	alt I	alt II
Personal		
Provutrustningar		
Utbytesenheter		
Transporter		
Lokaler		

Bild 3



Ändamålet med analysen är att finna ett underhållssystem med gynnsammaste möjliga kombination av låg investering och låg driftkostnad. Man skall t ex inte göra stora investeringar i flera provutrustningar när man i stället kan skaffa flera utbytesenheter.

Vid analysen jämförs olika underhållssystem så att underlag för ett riktigt beslut kan erhållas. Erfarenheter från analys av ett flertal olika underhållssystem under senare år visar att den mest ekonomiska lösningen i de flesta fallen varit att förlägga servicearbeten samt enklare reparationsarbeten på de lokala underhållsinstanserna, medan arbeten av verkstadskaraktär bör centraliseras till en enda verkstad.

Sedan det ur fredsekonomisk synpunkt gynnsammaste underhållssystemet gallrats fram bland de olika alternativen bör man pröva detta system mot två speciella fall, nämligen långvarigt höjd beredskap och krigstillstånd. Höjd beredskap ger i de flesta fall den största underhållsvolymen, men man kan då räkna med att ha tillgång till intakta resurser och transportmöjligheter, vilket man kanske inte har i krig.

#### Exempel på underhållssystem

Ett exempel på en ekonomisk utredning av sex olika underhållssystem redovisas här. Exemplet avser en radiolänkutrustning i försvarets fasta länknät. Följande fem huvudposter för underhållskostnader jämförs vid varje alternativ.

a) **Provutrustning**

Provsats A (för tillsyn)

Provsats B (för reparation av icke kassettenheter)

Provsats C (för reparation av samtliga enheter)

Provstation B (för reparation av icke kassettenheter)

Provstation C (för reparation av samtliga enheter)

b) **Instrument**

Instrumentsats A (för tillsyn)

Instrumentsats B (för reparation av icke kassettenheter)

Instrumentsats C (för reparation av samtliga enheter)

c) **Utbytesenheter**

Utbytesenheter vid televerkstad

Utbytesenheter vid central verkstad

d) **Reservdelar**

Reservdelssats A (rör, säkringar o d)

Reservdelssats B (för icke kassettenheter)

Reservdelssats C (för reparation av samtliga enheter)

e) **Personalskicklighet**

Kunskapsgrad A (för tillsyn)

Kunskapsgrad B (för reparation av icke kassettenheter)

Kunskapsgrad C (för reparation av samtliga enheter)

Underhållet uppdelas i två huvuddelar, förebyggande underhåll och korrektivt underhåll. Det förebyggande underhållet sker i form av tillsyner med jämna intervall. Felaktigheter och prestandanedgång korrigeras härvid och stationens funktionssannolikhet har höjts. Om fel uppstår, lokaliserar felaktig enhet och ersätts med utbytesenhet. Den felaktiga enheten kan sedan repareras vid televerkstad

eller central verkstad, varefter den övergår som utbytesenhet. Underhållsresurserna måste dimensioneras så att man täcker behovet av utbytesenheter, reservdelar, provutrustning o s v.

Ingen reparation sker med undantag av rörbyte. Vid fel lokaliserar felaktig enhet och byts mot ny.

Alternativ I

- a) **Provutrustning**  
Provsats A finns på varje anläggning.
- b) **Instrument**  
Instrumentsats A finns på televerkstad.
- c) **Utbytesenheter**  
Utbytesenheter för drift i 10 år finns på televerkstad.
- d) **Reservdelar**  
Reservdelssats A finns på anläggning och televerkstad
- e) **Personalskicklighet**  
Televerkstadspersonal har kunskapsgrad A.

Underhållet är decentraliserat och inga reparationer behöver utföras. Personalskickligheten är låg och beredskapen kan anses mycket god.

Kassettenheter utbyts mot nya. Övriga enheter repareras av central verkstad vid fel.

Alternativ II

- a) **Provutrustning**  
Provsats A finns på varje anläggning.  
Provsats B och provstation B finns på central verkstad.
- b) **Instrument**  
Instrumentsats A finns på televerkstad.  
Instrumentsats B finns på central verkstad.
- c) **Utbytesenheter**  
Utbytesenheter för samtliga enheter finns på televerkstad. Antalet kassettenheter är beräknat att täcka 10 års behov.  
Utbytesenheter för icke kassettenheter finns på central verkstad.
- d) **Reservdelar**  
Reservdelssats A finns på anläggning och televerkstad.  
Reservdelssats B finns på central verkstad.
- e) **Personalskicklighet**  
Televerkstadspersonal har kunskapsgrad A.  
Central verkstadspersonal har kunskapsgrad B.

Underhållet av icke kassettenheter är centraliserat och ur beredskapssynpunkt mindre gott. Vid eventuellt stillestånd i reparationsverksamheten är utbytesenhetensvolymen underdimensionerad. Detta kan kompenseras med en extra utbytesenhetstilldelning av icke kassettenheter.

**Alternativ III**

Kassettenheter byts mot nya. Övriga enheter repareras av televerkstad vid fel.

- a) **Provutrustning**  
Provsats A finns på varje anläggning.  
Provsats B och provstation B finns på televerkstad.
- b) **Instrument**  
Instrumentsats A och B finns på televerkstad.
- c) **Utbytesenheter**  
Utbytesenheter för samtliga enheter finns på televerkstad. Antalet kassettenheter är beräknat att täcka 10 års behov.
- d) **Reservdelar**  
Reservdelssats A finns på anläggning.  
Reservdelssats B finns på televerkstad.
- e) **Personalskicklighet**  
Televerkstadspersonal har kunskapsgrad A och B.

Underhållet är decentraliserat, vilket ger god beredskap. Utbytesenhetsvolymen är dock underdimensionerad vid eventuellt stillestånd i reparationsverksamheten. Detta kan kompenseras med extra utbytesenhetstilldelning av icke kassettenheter.

**Alternativ IV**

Samtliga enheter repareras vid fel av central verkstad.

- a) **Provutrustning**  
Provsats A finns på varje anläggning.  
Provsats C och provstation C finns på central verkstad.
- b) **Instrument**  
Instrumentsats A finns på televerkstad.  
Instrumentsats C finns på central verkstad.
- c) **Utbytesenheter**  
Utbytesenheter för samtliga enheter finns på televerkstad och central verkstad.
- d) **Reservdelar**  
Reservdelssats A finns på anläggning och televerkstad.  
Reservdelssats B + C finns på central verkstad.
- e) **Personalskicklighet**  
Televerkstadspersonal har kunskapsgrad A.  
Central verkstadspersonal har kunskapsgrad C.

Underhållet är centraliserat och ur beredskapssynpunkt mindre gott. Vid eventuellt stillestånd i reparationsverksamheten är utbytesenhetsvolymen underdimensionerad. Detta kan kompenseras med en extra utbytesenhetstilldelning.

Icke kassettenheter repareras av televerkstad. Övriga enheter repareras av central verkstad.

**Alternativ V**

**a) Provutrustning**

Provsats A finns på varje anläggning  
Provsats B och provstation B finns på televerkstad.  
Provsats C och provstation C finns på central verkstad.

**b) Instrument**

Instrumentsats A och B finns på televerkstad.  
Instrumentsats C finns på central verkstad.

**c) Utbytesenheter**

Utbytesenheter för samtliga enheter finns på televerkstad och central verkstad.

**d) Reservdelar**

Reservdelssats A finns på anläggning.  
Reservdelssats B finns på televerkstad.  
Reservdelssats C finns på central verkstad.

**e) Personalskicklighet**

Televerkstadspersonal har kunskapsgrad A och B.  
Centralverkstadspersonal har kunskapsgrad C.

Underhållet av kassettenheter är centraliserat och ur beredskapssynpunkt mindre gott. Vid eventuellt stillestånd i reparationsverksamheten är utbytesenhetsvolymen underdimensionerad. Detta kan kompenseras med en extra utbytesenhetstilldelning.

Samtliga enheter repareras av televerkstad.

**Alternativ VI**

**a) Provutrustning**

Provsats A finns på varje anläggning.  
Provsats C och provstation C finns på televerkstad.

**b) Instrument**

Instrumentsats A och C finns på televerkstad

**c) Utbytesenheter**

Utbytesenheter för samtliga enheter finns på televerkstad.

**d) Reservdelar**

Reservdelssats A finns på anläggning.  
Reservdelssats B och C finns på televerkstad.

**e) Personalskicklighet**

Televerkstadspersonal har kunskapsgrad A och C.

Underhållet är decentraliserat, vilket ger god beredskap. Vid eventuellt stillestånd i all reparationsverksamhet är dock utbytesenhetsvolymen underdimensionerad. Detta kan kompenseras med extra utbytesenhetstilldelning.

Kostnaderna för de olika alternativen samt personalskicklighetskraven framgår av följande tabell. Beloppen grundar sig på de tidigare nämnda fem kostnads-posterna. Ytterligare kostnader, såsom kostnader för transporter, lokalbehov, framtagande av tillsyns- och översynsföreskrifter tillkommer. Kostnader av denna typ är emellertid svåra att uppskatta. De torde dock inte påverka resultatet i större utsträckning.

Alt	Tot kostn kr x 1000	Pers skickl 0 - 100
I	13,388	20
II	1,566	30
III	2,346	70
IV	1,266	40
V	2,263	90
VI	2,664	100

Kostnadsjämförelsen visar att underhållssystem med centraliserat underhåll är ekonomiskt fördelaktigast (alt II och IV). Dessa system är dock ur beredskapssynpunkt mindre goda. Detta kompenseras emellertid med en extra utbytesenhetsvolym, som täcker utbytesenhetsbehovet vid eventuellt stillestånd i reparationsverksamheten. Vid normal reparationsverksamhet är också dessa system att föredra, eftersom de ger jämn beläggning för berörd verkstadspersonal och provutrustning.

Underhållsalternativ IV bedöms därför som det bästa från ekonomisk synpunkt och från beredskapssynpunkt.

De fem kostnadsposternas omfattning för underhållsalternativ IV:

Benämning	Antal	Pris kr
Provsats A	120	55,800
Provsats C	1	33,195
Provstation C	1	54,090
Instrumentsats A	9	205,200
Instrumentsats C	1	127,000
Utbytesenheter	-	510,850
Extra utbytesenheter för reparation, stillestånd 1 år	-	314,800
Reservdelar	-	280,000
Personalskicklighet	-	-
<b>Summa</b>		<b>1,580,935</b>

## Tekniska order

De uppdragna riktlinjerna för underhållets genomförande sammanfattas i beordrande form i en teknisk order angående underhållstjänsten (för radiolänk TOMT 856-7B). Det planeras för närvarande att denna order skall ersättas av datamaskinsbearbetade utskrifter: **underhållsplan apparat** och **underhållsplan funktioner**. Dessa underhållsplaner utgör en integrering av uppgifter i följande underlag: Fördelnings-TO, RPK/LKOD, tillsyns-TO, sats- och tillbehörslista m fl.

Totalförsvarets fasta radiolänknät har genom sin nätformiga uppbyggnad stora möjligheter till reservvägar för trafiken.

**Radiolänknätet från underhålls-  
synpunkt**

De lokala och regionala underhållsinstanserna kan emellertid inte själva utnyttja dessa möjligheter eftersom de saknar överblick av trafikläget i nätet. Detta medför att punktvisa underhållsinsatser av lokala instanser kan förorsaka allvarliga störningar och avbrott i transittrafiken. Verkställighetsansvaret för radiolänkunderhållet läggs därför regionsvis på markteleverkstäderna. Dessas mobila resurser täcker regionens interna trafik.

Dirigering av underhållet för transittrafik samt beordring av trafikomläggningar planeras emellertid från en central drift- och trafikledning. Införande av fjärrkontroll, fjärrövervakning och fjärrmätning i radiolänknätet skapar ytterligare möjligheter för den centrala driftledningen.

Elektronisk materiel av äldre typ krävde en mycket stor insats av underhållsarbete. Dagens materiel kräver väsentligt mindre arbete och morgondagens materiel kan förutses komma att kräva ytterligare minskad arbetsinsats.

Den tekniska utvecklingen på komponentsidan med mycket höga tillförlitligheter som resultat möjliggör att det förebyggande underhållet kan utföras på funktionella system i stället för som tidigare på apparater. Införande av fjärrövervakning och fjärrmätning framhäver ytterligare detta.

Reparationer kommer med stor sannolikhet att göras centralt så att investeringarna i underhållsresurserna hålls nere. Behovet av provutrustning kommer annars att öka. Personalen kommer att ställas inför ökade krav på systemtänkande, och ökad utbildning kommer att krävas för en mindre mängd mera komplicerat underhållsarbete.

Driftuppföljning

När man vill kontrollera tillgänglighet, funktion m m på försvarets radiolänknät finns i princip två möjligheter att tillgripa: Dels flygvapnets driftdatasystem DIDAS, dels nätdriftövervakning.

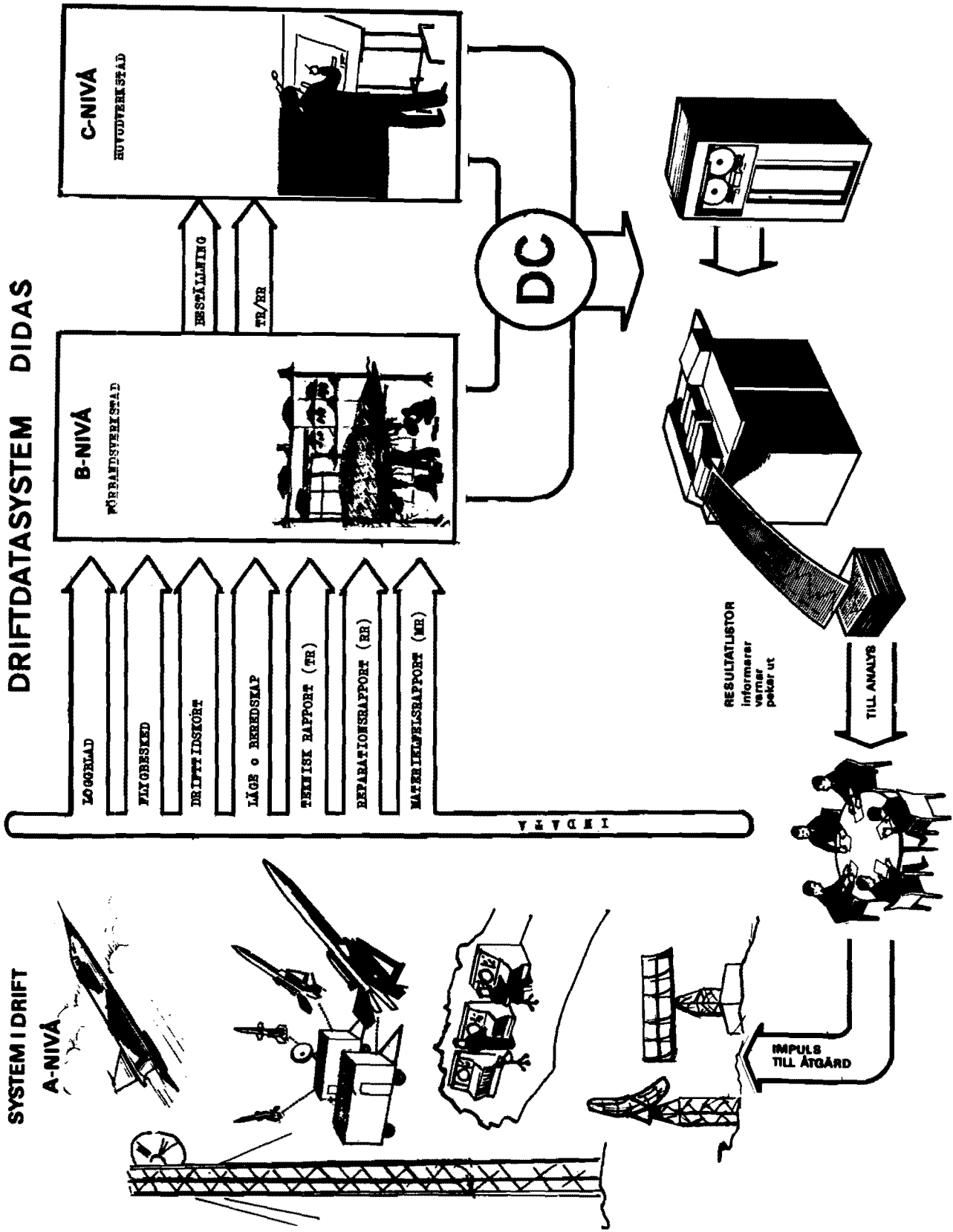


Bild 4





Nr 0150484

Arbetsbeställning F nr

16 Detaljerad felbeskrivning																4	10
1	2	3														53	54
62	2															1	Avslut
1	2	3	16													56	
62	3															57	
80 Sign																	
1	2	3	16 Felkod	21	22 Lkod (RPK)	29	30 Beteckning	48	49 Enhet nr								56
62	1															56	
57 Kontroll före åtgärd																	
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4				
	Autotest	Annan kontroll	Ingen	Ja	Annat fel än TR	Inget fel	Ovisst	Tillsyn	Översyn	Modif							
60 Avhjälpande underhåll																	
1	2	3	4	5	6	1	2	1	2	1	2						
	Kass	Rep	Trim/just	Kontr u a	Annan åtgärd	I v Ingen åtgärd	Ja	Nej	Ja	Nej							
63 Verkstad																	
0	0		69	70	75												
			Ar	Mån	Dag	Sign											

REPARATIONSRAPPORT																	
1	2	3	16 M-kod	20	21	22	23 Sid/bild	26	27 Pos	30	31	33	34 Beteckning/Benämning	56			
62	4															56	
1	2	3	16 M-kod	20	21	22	23 Sid/bild	26	27 Pos	30	31	33	34 Beteckning/Benämning	56			
62	4															56	
1	2	3	16 M-kod	20	21	22	23 Sid/bild	26	27 Pos	30	31	33	34 Beteckning/Benämning	56			
62	4															56	
1	2	3	16 M-kod	20	21	22	23 Sid/bild	26	27 Pos	30	31	33	34 Beteckning/Benämning	56			
62	4															56	
1	2	3	16 M-kod	20	21	22	23 Sid/bild	26	27 Pos	30	31	33	34 Beteckning/Benämning	56			
62	4															56	

När en felaktig enhet sänds in för reparation skall en reparationsrapport (RR), se bild 6, skrivas och sändas in till DC av personalen vid reparerande instans. Vid DC förs informationen från TR och RR med hälkort till datamaskinens register. Maskinen sorterar och bearbetar insända data enligt ett inläst program. Sortering sker enligt den i TR och RR upptagna informationen samt enligt i maskinen i förväg inlästa dolda koder.

**FÖRSVARETS MATERIELVERK**  
Flygmaterieförvaltningen

**OBS-LISTA TENDENSBEVAKNING**

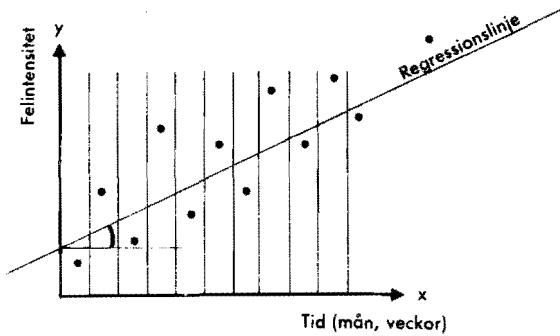
BRUKSENHET			Utskriftsdatum	Blad nr
Beteckning	Benämning			

LKOD (RPK)	Beteckning	Benämning	Korrelationskoefficient	Vinkelkoefficient	Tendens

**Korrelations- och vinkelkoefficientens**

**innebörd**



**KORRELATIONSKOEFFICIENT** är ett mått på punkternas spridning kring regressionslinjen. Ju närmare detta mått är talet 1, ju säkrare är tendensen.

**REGRESSIONSLINJE** är den räta linje som bäst ansluter sig till punkterna i ett diagram.

**VARJE PUNKT** i ett diagram anger medelfelintensiteten under en beräkningsperiod.

**VINKELKOEFFICIENT** är ett mått på regressionslinjens lutning i förhållande till x-axeln.

F:DC 877 1968 sept. 20 000 x 4 ex + 3 egk + 6 000

Vid stigande antal felaktigheter hos någon enhetstyp eller apparattyp skriver datamaskinen under vissa förutsättningar en så kallad OBS-lista, se bild 7, vilken indikerar att åtgärder bör vidtas. Vidare skriver maskinen periodiskt olika typer av listor med den information som finns ifyllt på TR och RR samt av datamaskinen beräknade värden på felintensitet, MTBF o dyl. Man kan fråna



datamaskinen begära olika listtyper, bland annat listor upptagande histogram över förekomsten av olika fel, se bild 8.

Det finns ett frågeunderlag med vars hjälp man ställa frågor till maskinen angående feltyper, förekomst av fel vid olika driftfaser, upptäckt av fel under olika underhållsfaser o s v. Denna frågemöjlighet bör kunna ge värdefulla upplysningar för insättande av riktigt underhåll vid rätt tidpunkt. Utredande personal får ur OBS-listan upplysningar om stigande antal fel hos någon apparattyp eller enhetstyp, och kan med ledning härav ställa speciella frågor till och begära listor med intressanta uppgifter från datamaskin.

Efter utvärdering av de insamlade uppgifterna kan man föreslå lämpliga åtgärder såsom modifieringar och dylikt. Från datamaskinen kan man även begära uppgifter om felintensitet, MTBF o s v för olika utrustningar under olika tidsperioder. Ett absolut nödvändigt villkor för att driftdatasystemet skall fungera tillfredsställande är dock att alla fel omedelbart rapporteras och att alla TR och RR fylls i korrekt. Om detta inte sker, kan upplysningarna från datamaskinen vara helt missvisande.

Nät driftövervakningssystemet har utvecklats för att man på ett enkelt och snabbt sätt skall kunna kontrollera förbindelser i radiolänknätet beträffande tillgänglighet och vissa överföringsparametrar t ex nivå och brus. Genom att man använder skrivare för registreringen får man en kontinuerlig och sann bild av läget. För sitt speciella ändamål överträffar nät driftövervakningssystemet DIDAS. Man kan emellertid inte få fram några detaljupplysningar, varför systemen kan anses komplettera varandra.

I nät driftövervakningssystemet används tre typer av hjälpmedel för att registrera tillgängligheten, se bild 9.

- Pilotskrivare
- Kanalprovare
- Störningsmätare

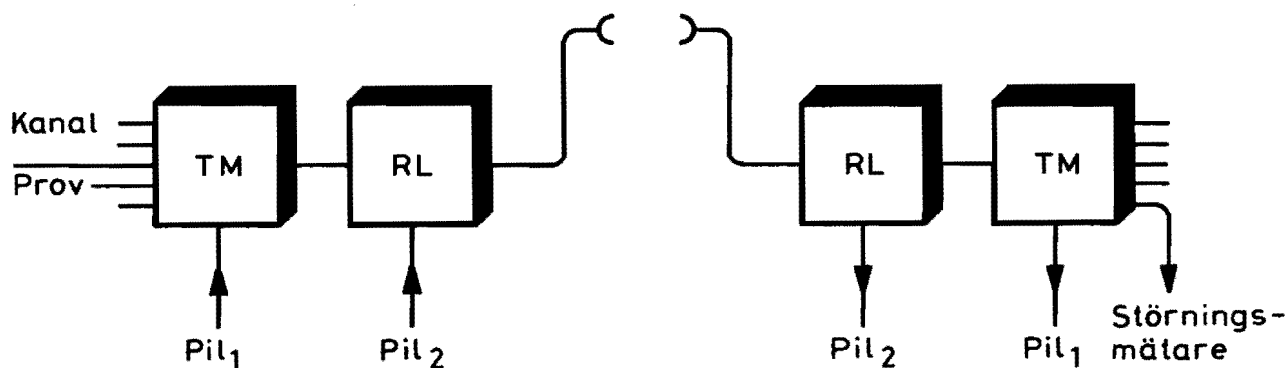


Bild 9

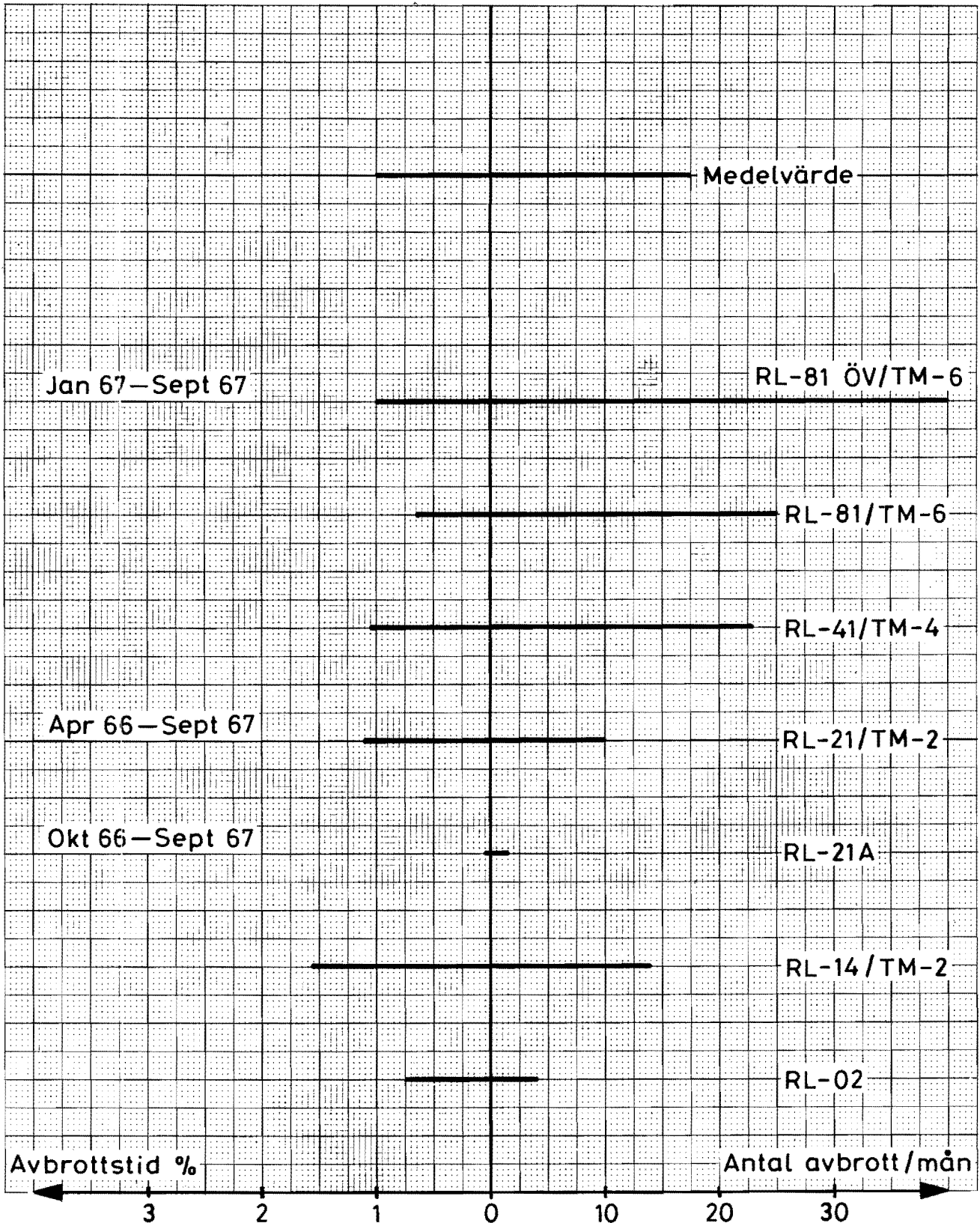


Bild 10

Sedan några år finns ca 40 pilotskrivare inkopplade till vissa utrustningar och stråk. Pilotskrivarna kan anslutas till ett flertal larmfunktioner i utrustningarna. Varje skrivare har 20 pennar och kan alltså registrera 20 funktioner samtidigt. När ett larm uppstår, ändras en skrivarpennas läge.

Skrivarremorna sorteras dagvis varje månad av respektive televerkstad, varvid antal avbrott, avbrottstid och % avbrottstid av total drifttid beräknas per dag för varje skivarfunktion, se bild 10.

De bearbetade remorna sänds sedan till CVA för ytterligare behandling. Vid CVA arkiveras det insända materialet och sammanställningar över tillgänglighetens variationer görs upp per stråk varje kvartal.

Sedan uppföljningen startade har en tydlig tendens till ökad tillgänglighet kunnat iakttas. Medelvärdet för ett radiolänkhops tillgänglighet är för närvarande nästan 99 % enligt denna uppföljning.

Kanalprovare

Kanalprovaren ansluts genom filter direkt i en talkanal under drift, se bild 11. Den arbetar med en 300 Hz-ton som över filter slingskopplas i andra änden av talkanalen. Genom att mäta på 300 Hz-tonen kan man få en uppfattning om nivåvariationer och avbrott i kanalen.

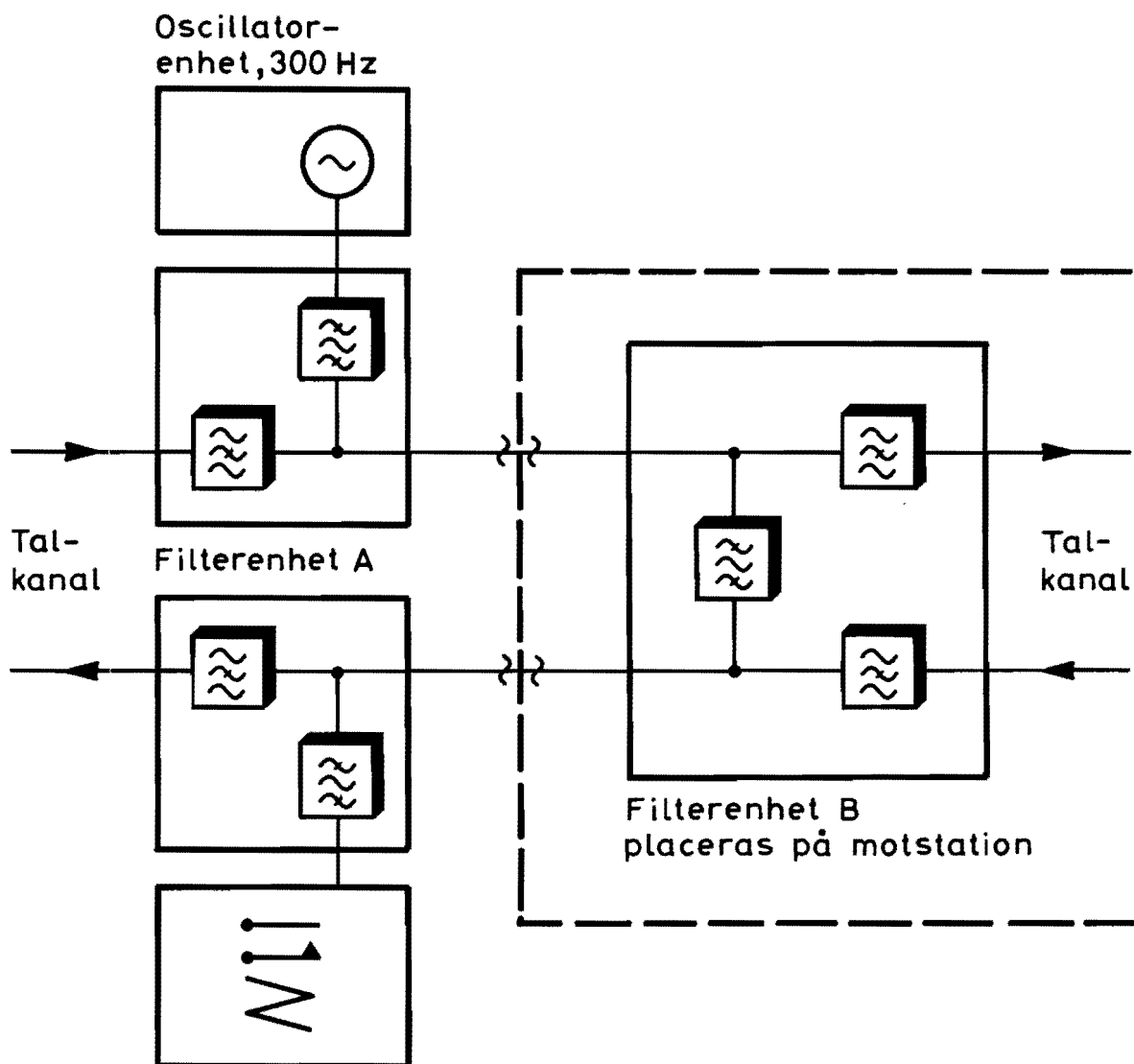


Bild 11

Störningsmätaren ansluts också direkt i en talkanal, se bild 12. Till skillnad från kanalprovaren kan den emellertid användas endast i tyst kanal (d v s utan trafik). Störningsmätaren registrerar - över förstärkare, detektorer och räkneverk - bruset i kanalen. Man kan genom separata tidräkneverk för olika nivåområden få en uppfattning om hur länge bruset har funnits inom respektive område.

Störningsmätare

En underhållsmässig produkt kännetecknas av optimalt underlättande och förbilligande av alla underhållsfunktioner.

Återmatning av underhålls-  
erfarenheter

För att underhållsmässigheten skall bli tillgodosedd måste underhållssystemets parametrar och funktioner identifieras och preciseras redan vid materielens projektering och konstruktion.

Det har emellertid på senare tid vid flera tillfällen konstaterats brister hos konstruktioner i detta avseende. Detta har medfört stora extra kostnader. Underhållssidan och sakbyrån har därför intensifierat sitt samarbete för att med samlade erfarenheter kunna precisera kraven på underhållsmässighet hos materiel som är under projektering. Dessa krav återmatas sedan till konstruktörerna. Denna återmatning är en väsentlig faktor, eftersom man ur den givna kostnadsramen vill ha maximal tillgång till fungerande materiel.

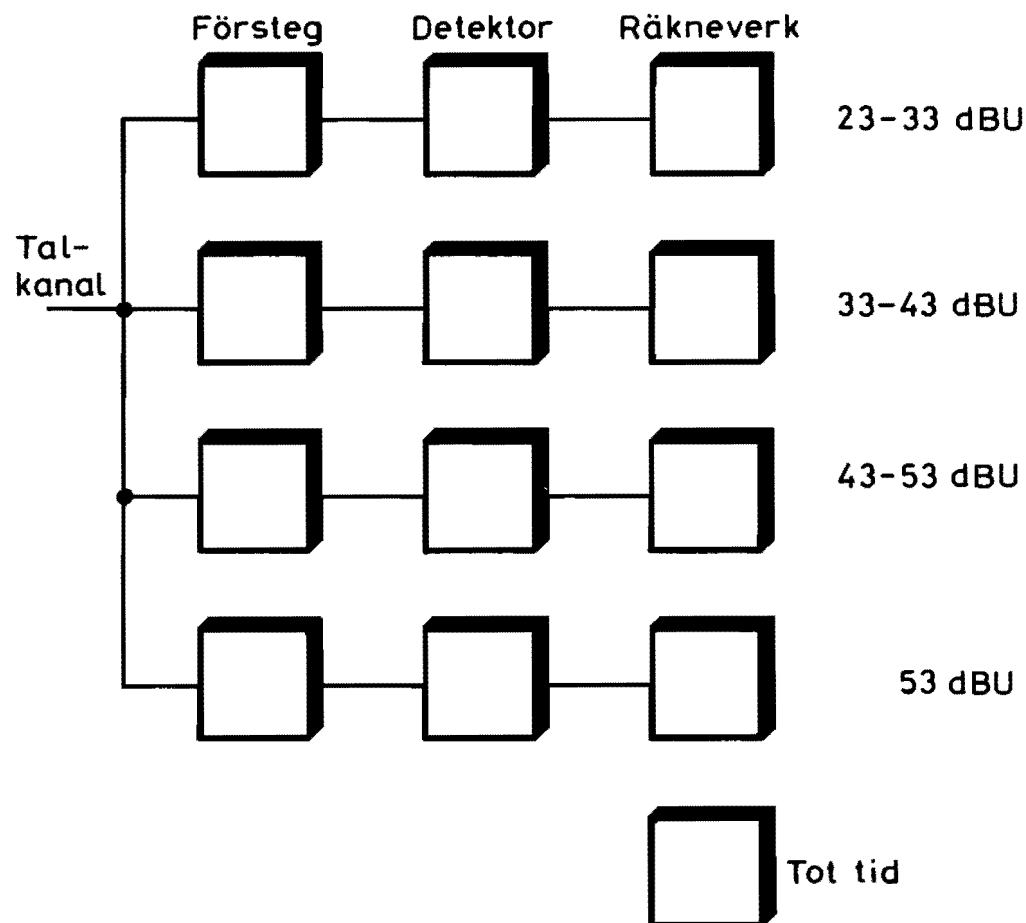


Bild 12