

25/7 1945

Kliché nummer.

*Ericsson*  
LM

660

**BÄRFREKVENSSYSTEM  
FÖR LUFTLEDNINGAR  
ALLMÅN DEL**



BÄRFREKVENSSYSTEM  
FÖR LUFTLEDNINGAR

ALLMÄN DEL

TELEFONAKTIEBOLAGET

LMERICSSON

STOCKHOLM 32

TELEGRAMADRESS: TELEFONBOLAGET • TELEFON: LMERICSSON

Trots den intensiva utveckling på bärfrekvenstelefoniområdet, som pågått och fortfarande pågår, har en del system kunnat standardiseras beträffande kanalantal och frekvensområde.

Denna katalog innehåller en del allmänna synpunkter och anvisningar samt en översikt över standardsystemens huvudegenskaper. Utförligare beskrivningar av systemen återfinnas i separata katalogdelar.

Förutom de i denna katalog omnämnda systemen tillverkar Telefonaktiebolaget L M Ericsson bärfrekvenstelefonisystem för kablar med 1, 8, 12, 16 och 18 kanaler och telegrafsystem med upp till 24 kanaler samt bärfrekvenssystem för telefoni och fjärrkontroll på kraftledning.

## BÄRFREKVENSSYSTEM FÖR LUFTLEDNINGAR

Denna katalog avser att i samlad form ge en orientering över nu aktuella bärfrekvenssystem för luftledningar. Utvecklingen på området är visserligen fortfarande mycket snabb tack vare en ständigt fortgående förbättring både av grundelement och kopplingar, men trots denna fortlöpande utveckling kan man konstatera en principiell standardisering av systemen. För att uppnå ekonomisk utbyggnad på lång sikt har det nämligen visat sig nödvändigt att följa en internationellt använd frekvensfördelningsplan, och denna framtvingar indirekt en standardisering också av förbindelseantal, räckvidd och andra egenskaper. På så sätt ha utkristallerats standardtelefonisystem för 1, 3, 8, 12, 16 och 18 förbindelser och telegrafsystem för upp till 24 förbindelser. För att underlätta översikten över systemen, skola vi här nedan lämna några allmänna synpunkter på en del av de faktorer, som påverka valet av system.

### FÖRBINDELTAL OCH FREKVENSVÄL

Bärfrekvenssystem ha, till skillnad från många andra slag av telefonanläggningar, exempelvis pupinkablar, den ekonomiska fördelen, att de utan större merkostnad kunna utbyggas successivt för det behov, som i varje ögonblick förefinns. En förutsättning härför är emellertid, att de från början planeras för att möjliggöra en sådan fortsatt utbyggnad.

Grundläggande för denna planering på lång sikt är sparsamhet med belagt frekvensområde både på egen och — genom överhörning — på angränsande ledningar. Om man undantar kraftledningar, där en viss rovdraft på frekvensområdet ännu förekommer, sker detta numera genom anslutning till en i praxis utbildad standard för frekvensfördelning och sändareffekt.

I fig. 1 visas den nu mest brukliga fördelningen av frekvensområdet på telefonledningar för olika slag av system och sändningsriktning. Med hänsyn till överhörningen är det nämligen praktiskt uteslutet att på samma stolplinje sända samma frekvenser i motsatta riktningar.



Z 20918  
Rij  
K 730

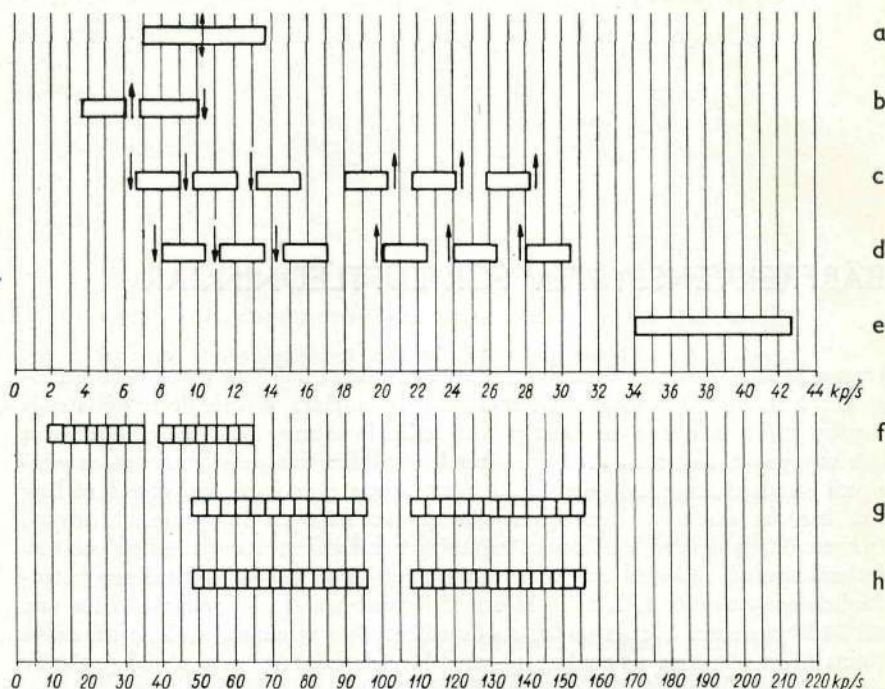


Fig. 1 Frekvensfördelning för LM Ericssons bärfrekvenstelefonisystem för luftledningar

- |                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| a ZL 800 lätt 1-kanalsystem | e ZM 500 programkanal för rundradio |
| b ZAF 11 1-kanalsystem      | f ZAH 10 8-kanalsystem              |
| c ZAG 10 3-kanalsystem      | g ZAH 11 12-kanalsystem             |
| d ZAG 11 3-kanalsystem      | h ZAH 12 16-kanalsystem             |

## FÖRBINDELSEKVALITET

Många av de egenskaper, som brukar sammanfattas under begreppet förbindelsekvalitet, äro relativt lika hos de olika bärfrekvenssystemen i och för sig. Så äro exempelvis ifråga om *stabilitet* bärfrekvensförbindelser principiellt bättre än fysikaliska förbindelser på luftledningar, därför att de äro fyrträdsförbindelser. Detsamma gäller om *restdämpningen*, som hos bärfrekvensförbindelser nästan alltid kan regleras till önskat värde, därför att förstärkare redan av andra skäl erfordras i ändrustningarna.

Ifråga om andra egenskaper, exempelvis störningsfrihet och oberoende av väderleksväxlingar, spela ledningarnas utförande, förstärkaravståndet m. fl. tillämpningsfaktorer visserligen den största rollen, men även olikheter i bärfrekvenssystemen kunna medverka, speciellt sändarnivån, frekvensen och utrustningen för nivåreglering eller nivåmätning.

Valfriheten är dock begränsad. Störningarna kunna visserligen reduceras genom att sändarnivån ökas, men samtidigt ökas överhörningssvårigheterna, och C. C. I. F. har därför föreskrivit maximivärden för sändarnivå, som ej få överskridas och som tillämpas i de flesta bärfrekvenssystem. Störningsnivån och framförallt beroendet av väderleksväxlingar, exempelvis rimfrost, kan också reduceras genom lämpligt val av frekvens, men därmed reduceras också det möjliga antalet förbindelser. Anordningar för nivåreglering, speciellt automatiska, förbättra däremot kvalitetsegenskaperna utan någon motsvarande nackdel i andra avseenden än kostnaden.

Den effektivt överförda bandbredden är en kvalitetssynpunkt, som fått förnyad aktualitet genom C. C. I. F:s beslut 1938, att för vissa slag av internationella kablar rekommendera ett överfört band av 300—3400 p/s istället för det eljest brukliga bandet av 300—2700 p/s. Principiellt möter det inga hinder att utföra även bärfrekvenssystem för luftledningar med detta bredare band, om och när en mera allmän övergång till bredare band även för annan trafik blir aktuell, men detta kan icke ske utan hänsynstagande till den frekvensplan, som diskuterades ovan, och till redan utförda anläggningar. För närvarande har endast ett mångkanalsystem utförts alternativt med denna bandbredd, varvid antalet kanaler inom det i frekvensplanen anvisade frekvensområdet blir 12 i stället för 16 med de smalare banden.

## LEDNINGAR

Det har redan i det föregående visats, att ledningarnas egenskaper äro avgörande, både för det möjliga antalet förbindelser och för förbindelsekvaliteten. Man måste härvid skilja på två slag av ledningar, även om mellanformer förekomma:

- 1 För bärfrekvensutnyttning specialbyggda ledningar. Rekommendationer för sådana ledningars utförande återfinnas i ett separat avsnitt i det följande;
- 2 Ledningar, som i huvudsak äro utförda enligt byggnadspraxis för lågfrekvens.

Endast på det förre slaget av ledningar är en full utnyttning med samtliga bärfrekvenssystem möjlig, åtminstone om man avser att utnyttja flera ledningar på samma stolplinje. Mångkanalsystem med 12 eller 16 kanaler äro i huvudsak avsedda för ledningar av detta slag.

Vid ledningar av det andra slaget är det i allmänhet uteslutet att driva mer än ett 12- eller 16-kanalsystem på samma stolplinje, och även detta fordrar särskilda undersökningar av dämpning och störningsnivå. Detsamma gäller om rundradiokanaler men har här mindre betydelse, då man oftast icke har behov av mer än en rundradiokanal i samma riktning på en och samma stolplinje.

Av 3-kanalsystem kan man däremot på väl utförda linjer av vanlig typ driva flera system på samma stolplinje, om erforderliga transpositioner för frekvenser upp till 40000 p/s genomföras, och om system med förskjutna eller inverterade frekvensband användas.

I ännu högre grad gäller detta om enkanalsystem, som vanligen utan särskilda åtgärder kunna överföras på varje ledning på en välbyggd stolplinje av vanlig typ.



## RÄCKVIDD OCH FÖRSTÄRKARAVSTÅND

Med undantag av de speciella enkanalssystemen för små avstånd *typ ZL 800* och *ZAF 12*, kunna samtliga bärfrekvenssystem överbrygga alla praktiskt förekommande avstånd med hjälp av mellanförstärkare. Räckvidden utan mellanförstärkare — eller förstärkarsektionens längd — bestämmes i huvudsak av ledningsdämpning och störningsnivå.

## KOSTNADSSYNPUNKTER

Vid valet mellan olika slag av bärfrekvenssystem spelar kostnaden för den egentliga bärfrekvensutrustningen en utslagsgivande roll endast om det finns riklig tillgång på fysikaliska ledningar, som äro outnyttjade för bärfrekvens. Så är ibland fallet i äldre nät, där stora knippen utbyggs huvudsakligen för kortare interurban- eller lands- trafik.

I ett sådant fall är utbyggnad med 1-kanaler den billigaste lösningen redan på grund av den låga kostnaden för 1-kanalsystemets ändrustningar. Härtill kommer att 1-kanalsystemen i allmänhet icke förutsätta några ombyggnader eller omtransponeringar av ledningarna.

Något annorlunda ställer sig kostnadsproblemet vid nya nät eller då nya fysikaliska ledningar måste dragas för att tillgodose förbindelsebehovet. Specialbyggda ledningar för 12- eller 16-kanalsystem äro då ekonomiskt konkurrensdugliga även vid korta avstånd, om antalet förbindelser är eller inom rimlig tid blir tillräckligt stort. Vid förbindelseantal på 50 eller däröver kunna sådana system konkurrera även vid avstånd på omkring 100 km, och vid stora avstånd bli de ekonomiska redan vid partiellt utbyggda system. Att nybygga interurbanledningarna av äldre typ är ur ren kostnadssynpunkt motiverat endast vid medellängder under ca 100 km eller vid förbindelseantal under 10 eller när totala antalet förbindelsekilometer på linjen icke inom rimlig tid beräknas överstiga ca 4000.

Trekanalsystemens huvudsakliga ekonomiska användningsområde ligger vid sådan nybyggnad av äldre typ vid avstånd på över 300—400 km, medan enkanalsystem behärska de kortare avstånden och givetvis de allra minsta knippena även på längre avstånd.

De angivna siffrorna äro givetvis mycket approximativa och variera framförallt med byggnadspriset för ledningar i olika länder. Det bör också betonas, att vad som ovan sagts gäller den renodlade kostnadssynpunkten. I allmänhet är den avgörande synpunkten att få fram tillräckligt antal förbindelser.

## ÖVERSIKT AV SYSTEMENS HUVUDEGENSKAPER

beteckning	benämning	förbindelse- antal	normal räck- vidd resp. förstärkar- avstånd på 3 mm Cu- ledning	överfört talfrekvens- band p/s	frekvens- område kp/s
ZL 800	lätt 1-kanal .....	1	km 50	150—3400	6,9—13,7
ZL 410	1-kanal, normalt ut- förande .....	1	330	300—2700	3,5— 9,3
ZL 420	1-kanal, med extra ut- gångsförstärkare .....	1	500	300—2700	3,5— 9,3
ZM 500	Programkanal för rund- radio .....	1 (enkel- riktad)	280	30—8000	34,50—42,47
ZAF 10	1-kanal .....	1	750	400—2200	3,3— 7,7
ZAF 11	1-kanal .....	1	700	200—2700	3,6—10,0
ZAF 12	lätt 1-kanal .....	1	50	150—2700	7,6—13,0
ZAG 10	3-kanal .....	3	350	300—2700	6,6—28,2
ZAG 11	3-kanal med förskjutna frekvensband .....	3	350	300—2700	8,0—30,4
ZAH 10	8-kanal .....	8	220	200—2700 i 6 kanaler 200—3500 i 2 »	8,6—63,4
ZAH 11	12-kanal .....	12	100—150	200—3500	48—156
ZAH 12	16-kanal .....	16	100—150	200—2700	48—156



## LUFTLEDNINGAR

### BYGGNADSSÄTT

Luftledningarna kunna med hänsyn till byggnadssättet uppdelas i följande huvudgrupper:

- 1 skruvade ledningar, vanligen ordnade parvis i s. k. fyrskrivar,
- 2 transponerade ledningar.

Fyrskruvade ledningar äro så anordnade, att av fyra ledningstrådar, belägna i hörnen av en kvadrat, två diagonalt motstående utgöra ett ledningspar.

Fig. 2 visar schematiskt exempel på skruvade telefonledningar. Skruvningen åstadkommes genom att ledningstrådarna vid passerandet av ett stolpvstånd förflytta sig från ett hörn i kvadraten till ett annat närbeläget, räknat i en bestämd rotationsriktning. På fyra stolpvstånd vrider sig skruven alltså ett varv. För att öka överhörningsdämpningen mellan ledningar i olika fyrskrivar varieras den ovan beskrivna skruvningen genom att ledningarna på vissa stolpvstånd dragas rakt fram.

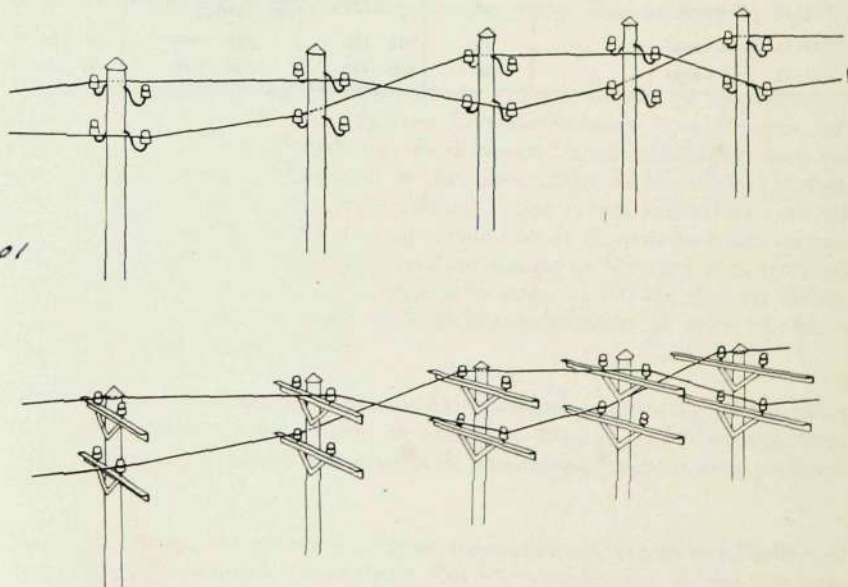


Fig. 2 Skruvad ledning

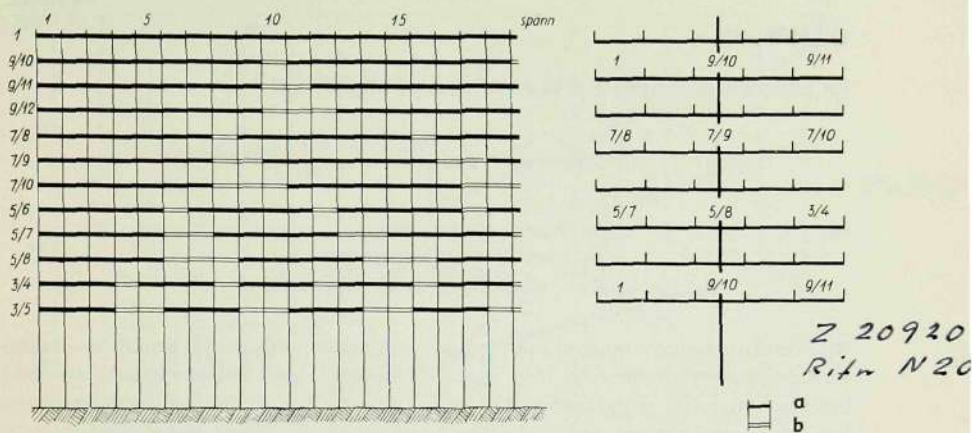


Fig. 3 Skruvningsschema, a spänn med skruvning, b spänn utan skruvning

Fig. 3 visar schematiskt, hur skruvningen på detta sätt kan varieras.

Transponerade ledningar ha ledningstrådarna upplagda parvis horisontellt på regler. För att minska överhörningen mellan ledningarna korsas trådarna i en ledningskrets med vissa mellanrum.

På stolplinjer, som endast uppbära ett fåtal ledningar, kunna ledningstrådarna vara upphängda på isolatorkrok direkt fästade i stolpen. Sådana ledningar kunna antingen skruvas eller korskopplas, men homogeniteten blir vanligen sämre och överhördningsdämpningen mindre än för ledningar på regler, bl. a. beroende på svårigheten att hålla konstant tråдавstånd.

Såsom ledningsmaterial för interurbanledningar kan användas koppar, brons, tvinnade stålaluminiumlinor eller kopparklädda ståltrådar. Järntråd användes i undantagsfall till kortare interurbanledningar, upp till ca 70 km längd, och till s. k. landsledningar. Till ledningar, avsedda för drift med bärfrekvenstelefonisystem, är järntråd icke användbar. Inte heller kortare inlänkade sträckor med järntråd äro i detta fall tillättna, emedan de förorsaka högre dämpning, reflexioner och icke linjär distorsion.

För att erhålla stabila elektriska egenskaper hos en ledning erfordras bl. a. att den är mekaniskt stabil och att trådregerlingen är noggrant utförd. Anvisningar för stagning av trästolplinjer och för trådregerling lämnas i ett senare avsnitt.

## DÄMPNING

En luftlednings dämpning  $\beta$  kan uttryckas på följande sätt:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 = \beta_{10} \frac{600}{Z_0} + \beta_{20} \frac{Z_0}{600} \text{ neper/km}$$

där

$\beta_1$  = resistansdämpningen

$\beta_2$  = avledningsdämpningen

$Z_0$  = reella delen av karakteristiken

Resistansdämpningen uppkommer genom resistansen, vilken på grund av ström-förträngningsförlusterna ökar med stigande frekvens. Dessa förluster kunna teoretiskt beräknas med stor noggrannhet. De övre kurvorna fig. 4 visa resistansdämpningen hos en kopparledning med 600 ohms karakteristik för några olika tråddiametrar. Resistansdämpningens temperaturkoefficient varierar från 4 ‰ per °C vid låga frekvenser till 2 ‰ vid höga frekvenser (över 20 kp/s för tråddiametrar större än 2,5 mm).

Avledningsdämpningen är svårare att beräkna, och man får i stället ta erfarenhetsvärden till hjälp. Avledningsförlusterna äro lokaliserade till isolatorerna. Redan vid torr väderlek förefinns en viss avledningsdämpning, som är beroende av de dielektriska förlusterna i isolatorerna. Vid fuktig väderlek och regn blir denna dämpning mångfaldigad. Dämpningsökningen är dels beroende på att isolatorernas kapacitet och därmed de dielektriska förlusterna ökas och dels på resistansförluster hos de kapacitiva strömmar, som passera vattenskiktet på isolatorytorna. Dessa avledningsförluster bero mycket på isolatormaterialet, såsom framgår av de undre kurvorna i fig. 4, vilka avse en ledning med 600 ohms karakteristik. Av dessa kurvor framgår, att porlinsisolatorer ge avsevärt högre dämpning än isolatorer av borosilikatglas. Om man jämför kurvorna för resistansdämpning och avledningsdämpning, finner man, att dämpningsvärdena äro av samma storleksordning. Genom att övergå till bättre isolatorer kan alltså en avsevärd ökning av bärfrekvenstelefonsystemens räckvidd och därigenom en minskning av antalet mellanförstärkare uppnås. Om isolatorpinnarna äro isolerade från varandra genom att de äro fästade på träreglar eller direkt i stolpen, uppstå ytterligare förluster, vilka emellertid försvinna, om isolatorpinnar tillhörande samma ledningspar förbindas elektriskt med varandra.

Vid rimfrost-, snö- eller isbeläggning ökas avledningsförlusterna kraftigt. Denna dämpningsökning beror icke på avledningsförluster i isolatorerna, utan den har sin grund i dielektriska förluster i trådarnas isbeläggning. Det är svårt att i förväg ange några värden på frostdämpningen, då den kan variera mycket, beroende på tjockleken, arten (rimfrost, is eller snö) och temperaturen. Det är också svårt att bedöma, hur stor del av ledningen, som samtidigt är belagd med frost. Ur en sammanställning av olika uppgifter framgår, att man i allmänhet kan vänta sig en tillsatsdämpning av



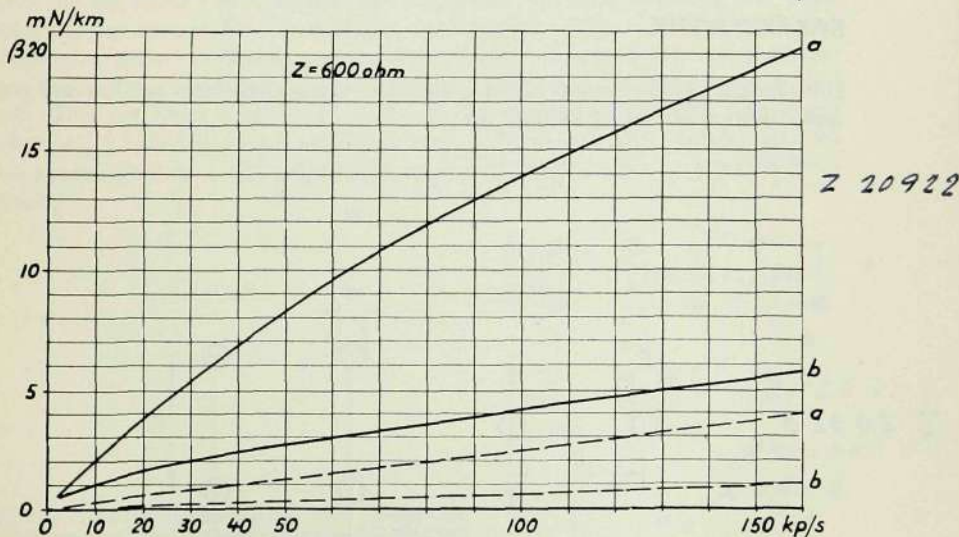
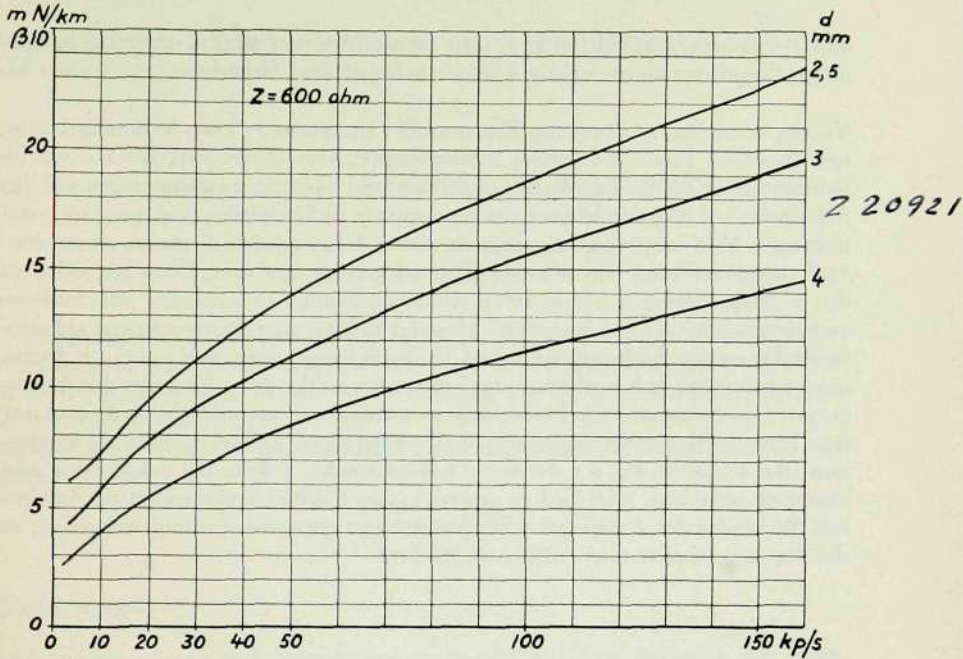


Fig. 4. Resistansdämpning  $\beta_{10}$  och avledningsdämpning  $\beta_{20}$  för luftledning med  $Z = 600 \text{ ohm}$  och 20 isolatorpar per km.  $d$  tråddiameter, a porslinsisolatorer, b borosilikatglasisolatorer, — fuktig väderlek, - - - torr väderlek.

0,04 — 0,10 neper/km vid 160 kp/s, men även värden upp till 0,25 neper/km ha uppmätts. Frostdämpningen varierar i stort sett linjärt med frekvensen.

Ytterligare ett slag av dämpning förekommer i ett system av korsade ledningskretsar, som framföres parallellt i samma ledningsknippe. Om ledningarna äro korsade för tonfrekvens, så erhålles naturligtvis en förbättring i överhörningsdämpningen vid låga frekvenser: vid högre frekvenser däremot uppstår en försämring. Vid vissa resonansfrekvenser bli överhörningskopplingarna mellan ledningsparen så starka, att en avsevärd energiöverföring från störande till störd ledning äger rum. Detta återverkar på den störande ledningen i form av en dämpningsökning. Dämpningen som funktion av frekvensen har då icke längre ett likformigt förlopp utan uppvisar toppar vid resonansfrekvenserna. Är ledningen korsad för bärfrekvenssystem med samma frekvensband på samtliga ledningskretsar, undvikas automatiskt dessa störande absorbtions-  
toppar. Om endast ett bärfrekvenssystem av ett visst slag användes, behöfde man icke taga hänsyn till överhörningen och skulle följaktligen kunna använda en ledning, som icke är korsad för det övertörda frekvensbandet. I detta fall måste ledningens dämpning uppmätas, helst med en generator, vars frekvens kontinuerligt genomlöper hela frekvensbandet. I varje fall måste dämpningen mätas vid så många frekvenser, att alla dämpningstoppar med säkerhet upptäckas.

### KARAKTERISTIK

Luftledningars karakteristik är nära nog konstant vid höga frekvenser och kan med god approximation skrivas på följande sätt:

$$Z = Z_0 \left[ 1 - j \frac{v (\beta_1 - \beta_2)}{\omega} \right]$$

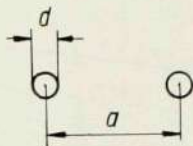


Fig. 5

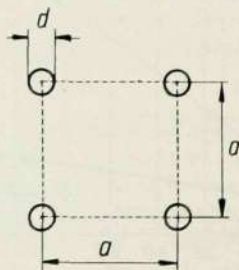


Fig. 6

För transponerade ledningskretsar bestående av två parallella trådar på avståndet  $a$  från varandra och med tråddiametern  $d$ , fig. 5, gäller att

$$Z_0 = 120 \ln \frac{2a}{d} \text{ ohm}$$

För skruvade ledningar, där paren bestå av diagonalt motsstående ledare i hörnan av en kvadrat med sidan  $a$ , fig. 6, är

$$Z_0 = 120 \left( 0.132 + \ln \frac{2a}{d} \right) \text{ ohm}$$

I verkligheten blir  $Z_0$  omkring 10—20 ohm lägre på grund av den punktvisa ökningen av kapaciteten genom isolatorerna. Vidare är  $v$  fortplantningshastigheten, vilken för en ideell ledning är 300000 km/s. För en vanlig ledning sjunker  $v$  vid höga frekvenser till omkring 290000 km/s.

Karakteristiken kan alltså approximativt efterbildas genom ett motstånd  $Z_0$  i serie med en kapacitet av

$$\frac{1}{Z_0 v (\beta_1 - \beta_2)} \text{ Farad}$$

## ÖVERHÖRNING

Även om alla trådar i ett ledningsknippe dragas rakt fram utan skruvning eller transponering, kan man erhålla hög överhörningsdämpning mellan vissa närliggande ledningskretsar genom en lämplig geometrisk placering av desamma. Exempelvis erhåller man teoretiskt en oändligt hög överhörningsdämpning vid den tyska metoden med snett ställda par. Detta är även fallet mellan paren i en fyrskruv (roterande eller dragen rakt fram). I båda fallen ligga emellertid ledningskretsarna så nära varandra, att även små inhomogeniteter i den geometriska uppbyggnaden förorsaka en avsevärd överhörning.

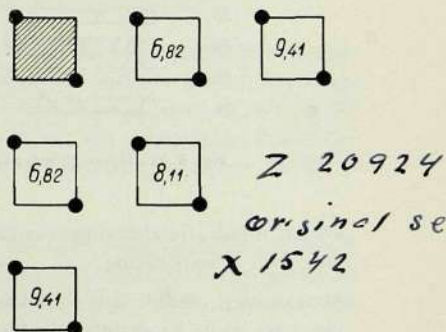
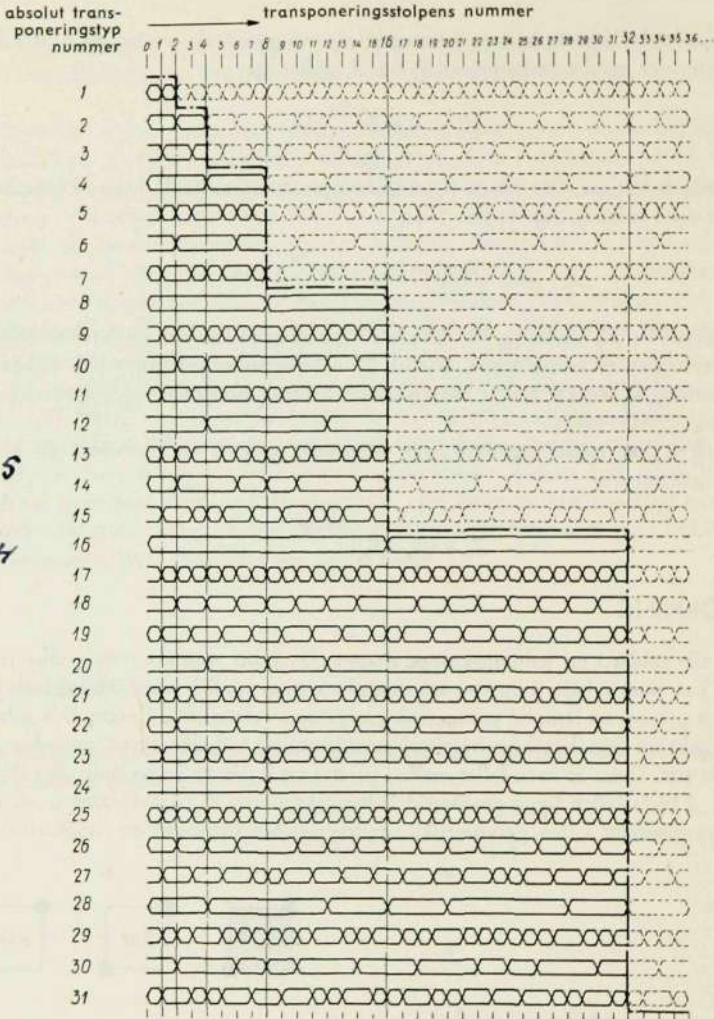


Fig. 7 Näröverhörningsdämpning i neper mellan par i olika fyrskrivar roterande i samma fas. Störande paret är skuggat. Värdena gälla en oändligt lång ledning med  $Z = 685$  ohm





Z 20925  
original  
sc X 7104

Fig. 8 Transponeringstyper. Första transponeringscykeln är heldragen

För att minska överhörningen användas, som förut nämnts, två olika metoder, skruvning och transponering.

Skruvningen medför den fördelen, att antalet isolatorer icke blir större än om ledningarna skulle ha dragits rakt fram och att överhörningsdämpningen bibehåller sitt

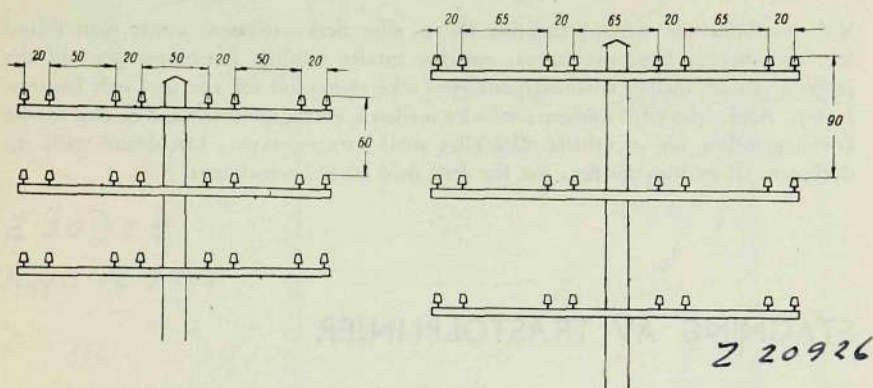


Fig. 9 Stolpprofiltyper för linjer med mångkanaliga bärfrekvenstelefonisystem

värde även uppe vid höga frekvenser. Genom att öka avståndet mellan fyrskruvarna erhållas lätt höga överhörningsdämpningar, såsom framgår av fig. 7. Vid välbyggda ledningar kan på en och samma fyrskruv 1-kanalsystem drivas såväl på de båda stamledningarna som på fantomkretsen. Även två 3-kanalsystem med sinsemellan förskjutna frekvenser, ZAG 10 och ZAG 11, kunna drivas på vardera av stamledningarna i en och samma fyrskruv, varvid på en av stamledningarna även ett mångkanalsystem kan framdrivas. Mer än ett mångkanalsystem kan ej drivas på en och samma fyrskruv.

Transponeringar kunna utföras enligt olika system. Det vanligen använda systemet visas i fig. 8. Ledningskretsarna ha alltid båda branscherna parallellt och förändringarna i deras läge sker endast i korsningsstolparna, där extra isolatorer uppsatts för detta ändamål. Avståndet mellan korsningsstolparna är utslagsgivande för det frekvensområdet, för vilket ledningen kan användas. Avståndet mellan korsningsstolparna kan vid vanlig tonfrekvenstelefon vara av storleksordningen 1 km men vid frekvenser upp mot 160 kp/s måste var eller varannan stolpe användas till korsningsstolpe.

Det är av största betydelse, att korsningsstolparna placeras på rätt avstånd från varandra. Avvikelser härifrån kunna äventyra den förbättring, som uppstått genom korsningarna. Detta måste särskilt observeras, då det gäller att omtransponera en ledning för högre frekvenser än den ursprungligen varit avsedd för. De ursprungliga korsningsstolparna äro här placerade på rätt avstånd, men de mellanliggande äro vanligtvis utplacerade med mindre noggrannhet.

Liksom det vid skruvade ledningar är fördelaktigt för överhörningen att öka avståndet mellan fyrskruvarna, är det vid transponerade ledningar fördelaktigt att öka avståndet mellan paren och att minska tråдавståndet inom paret. Fig. 9 visar några lämpliga profiltyper för transponerade bärfrekvensledningar.

Vid transponerade ledningsknippen för 3- eller flerkanalsystem avstår man ibland från att utnyttja fantomkretsarna, emedan antalet möjliga korsningstyper vid det givna avståndet mellan korsningspunkterna icke räcker till för alla par- och fantomkretsar. Att i sådana fall minska avståndet mellan korsningspunkterna, dvs. öka antalet korsningsstolpar för att erhålla tillräckligt antal korsningstyper, kan ibland ställa sig dyrbarare än att utnyttja flera par för drift med bärfrekvenssystem.

## STAGNING AV TRÄSTOLPLINJER

En stolpes svagaste punkt ligger i regel i jordbandet. För att den skall kunna räknas som jämnstark, fordras nämligen, att diametern vid jordbandet skall vara 1,5 gånger toppdiametern, vilket endast sällan är fallet. Erfarenheten har visat, att man för en fullgod rund stolpe av furu kan räkna med en brotthållfasthet av

$$p_1 = 60 \frac{d^3}{h}$$

i vilket uttryck  $p_1$  betecknar kraftresultanten i kg av de på stolpen verkande horisontella krafterna,  $d$  stolpens diameter i jordbandet i cm samt  $h$  avståndet mellan marken och resultantens anbringningspunkt, likaledes i cm, se fig. 10. I praktiken måste man dock ta hänsyn till röta m. m. och för att vara fullt på den säkra sidan brukar man därför räkna med 5- till 10-faldig säkerhet mot permanenta belastningar för trästolpar.

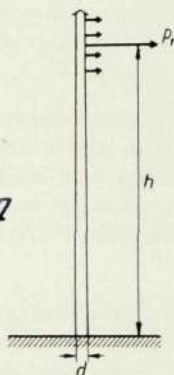


Fig. 10

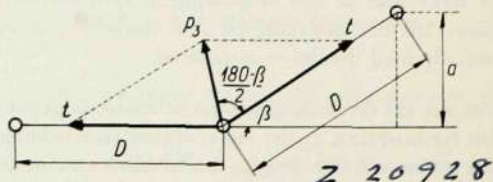


Fig. 11



Z 20929  
Ritn 16 2915

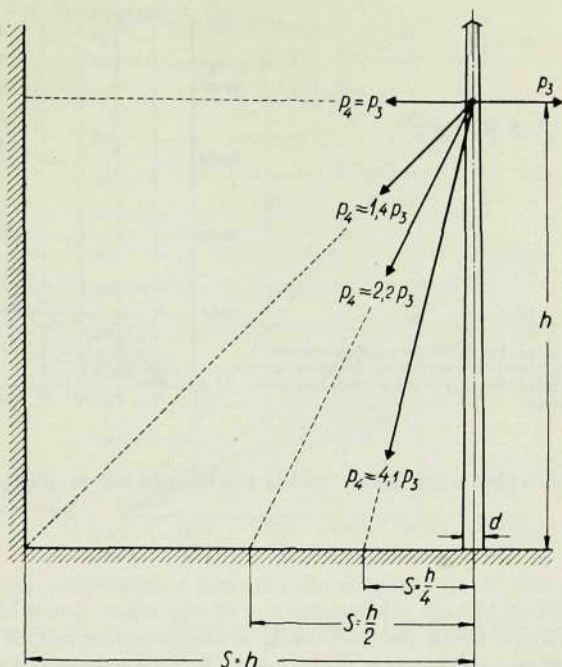


Fig. 12 Påkänning i stolpstag med olika spridning

Den påkänning en stolpe utan risk kan utsättas för uttryckes därför medelst formeln

$$p_2 = 6 \text{ à } 12 \frac{d^3}{h}$$

Är resultatanten av de på stolpen verkande krafterna större än vad som erhålles ur denna formel, måste stolpen förstärkas. Det billigaste sättet härför är stagning.

Då en linje ändrar riktning, måste vinkelstolpen stagas. Stagen placeras i riktning från kraftresultanten. Fig. 11 anger schematiskt tre stolpar placerade på  $D$  meters avstånd från varandra. Om trådarnas dragning är lika stor åt bägge hållen, erhålles kraftresultanten ur följande formel:

$$p_3 = 2 t \cos \frac{180 - \beta}{2}$$

där  $t$  är summan av trådarnas dragning i varje spänn och  $\beta$  riktningsändringen. I praktiken är det dock besvärligt att uppmäta vinklar. Man brukar därför i stället uppmäta en stolpes avvikning från raklinjen, varmed förstås det vinkelräta avståndet  $a$  mellan raklinjen och stolpen ifråga. I allmänhet är vinkeln  $\beta$  mindre än  $30^\circ$ . Man kan då med

Z 20930

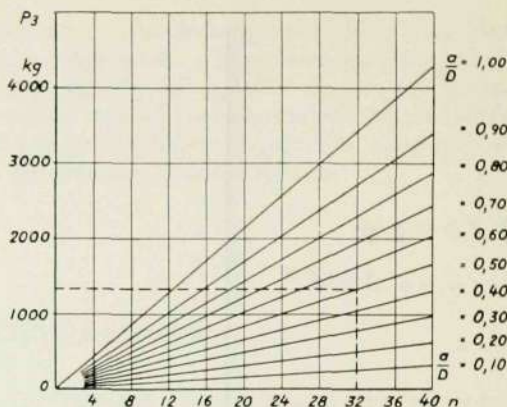


Fig. 13. Horisontella kraftresultanten  $P_3$  i vinkelstolpar som funktion av trådantalet  $n$  vid olika riktningssändringar

tillräcklig noggrannhet erhålla kraftresultanten ur följande enkla formel:

$$p_3 = \frac{a}{D} \cdot t$$

För att beräkna påkänningen  $p_4$  i ett stag måste man ta hänsyn till stagets spridning  $s$ , varmed förstås det horisontella avståndet mellan stolpen i jordbandet och staget. Ju större spridningen är, desto mindre blir påkänningen. Av praktiska skäl brukar man försöka hålla spridningen mellan  $\frac{1}{4} h$  och  $h$ . I fig. 12 anges några exempel på huru påkänningen i staget varierar med spridningen. Stagbelastningen erhålles ur formeln

$$p_4 = p_3 \sqrt{\frac{h^2 + s^2}{s^2}}$$

Som synes blir påkänningen mer än fyra gånger horisontalbelastningen, då  $s = \frac{1}{4} h$ . För staglinor brukar man räkna med 3-faldig säkerhet. Staglinans brotthållfasthet  $p_5$  bör alltså vara

$$p_5 = 3 p_3 \sqrt{\frac{h^2 + s^2}{s^2}}$$

Vid linjebyggnader använder man lämpligen diagram enligt fig. 13 och 14. I fig. 13 anges kraftresultanten  $p_3$  för olika riktningssändringar som funktion av trådantalet  $n$  som stolplinjen skall uppbära. Beräkningen är utförd för 3 mm koppartråd men gäller approximativt även för 3 mm järntråd. Diagrammet fig. 14, vilket anger staglinans brotthållfasthet  $p_5$  vid olika spridningar som funktion av horisontala kraftresultanten  $p_3$ , är beräknat för 3-faldig säkerhet. Som ett exempel på diagrammens användning tänka vi oss en stolplinje, som skall uppbära åtta fyrskravar av 3 mm koppartråd.

Z 20931

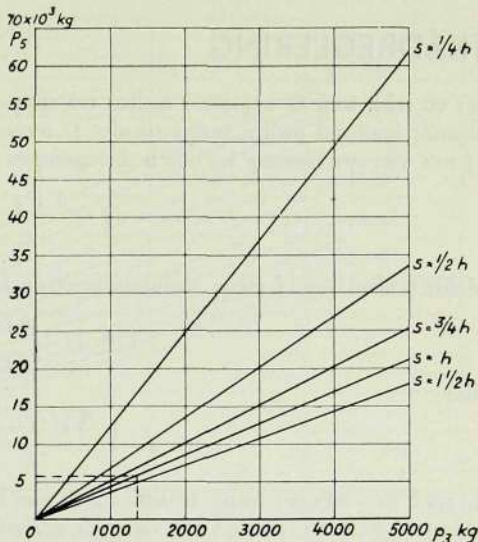


Fig. 14 Erforderlig brothållfasthet  $P_5$  som funktion av horisontella kraftresultanten  $P_3$  vid olika spridningar

Vid utstakningen av linjen har avvikningen  $a$  från raklinjen uppmätt till 25 meter vid stolpavståndet  $D = 50$  meter, dvs.  $\frac{a}{D} = 0,5$ . Ur diagrammet fig. 13 erhålles vid 32 trådar och  $\frac{a}{D} = 0,5$  den horisontella kraftresultanten  $p_3$  till 1350 kg. Ur fig. 14 erhålles vid spridningen  $s = 3/4 h$  staglinans brothållfasthet till 5700 kg. Standardstorlekar för staglinor äro 1, 1,5, 3 och 6 ton. I detta fall väljes alltså 6-tons staglina (eller två 3-tonslinor).

Det är emellertid vid trästolplinjer icke endast vinkelstolpar, som böra stagas. Även på raksträckor böra stag uppsättas med vissa mellanrum, såväl vinkelrätt mot linjen som i dess längdriktning för att uppnå god stabilitet.

På mindre stolplinjer med upp till fyra trådar stagas var 20:de stolpe med två transversella och två longitudinella stag med 1,5- eller 3-tons staglina. På medelstora stolplinjer med upp till 20 trådar utföres säkerhetsstagningen såsom fig. 15 visar. För linjer, byggda med 9-meters eller större stolpar, användes för de longitudinella stagen 6-tons staglina. De transversella stagen kunna däremot vara utförda med 3-tons lina. För linjer med mer än 20 trådar böra de longitudinella stagen vara dubbla.

Z 20932

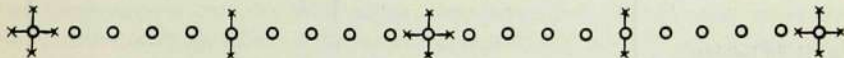


Fig. 15 Säkerhetsstagning av trästolplinje. Transversella stag på var femte och longitudinella på var tionde stolpe



## TRÅDREGLERING

För en tråd, som är uppspänd mellan två stolpar av samma höjd, se fig. 16, gäller följande samband mellan stolpavståndet  $D$  meter, totala påkänningen i tråden  $c$  kg, trådens vikt per meter  $p$  kg och nedhängningen  $f$  meter:

$$f = \frac{p D^2}{8 c}$$

Mellan trådens längd  $L$  meter, nedhängningen  $f$  och avståndet  $D$  gäller följande samband:

$$L = D + \frac{8f^2}{3D}$$

eller

$$f = \sqrt{\frac{3D(L-D)}{8}}$$

En tråd, vars vikt per meter är 0,063 kg (3 mm koppartråd), är upphängd mellan två stolpar på 50 meters avstånd från varandra och spänd så, att totala påkänningen uppgår till 80,5 kg. Nedhängningen blir då:

$$f = \frac{0,063 \cdot 50^2}{8 \cdot 80,5} = 0,245 \text{ meter}$$

och trådlängden:

$$L = 50 + \frac{8 \cdot 0,245^2}{3 \cdot 50} = 50 + 0,0032 \text{ meter}$$

Av ovanstående exempel framgår, att trådens längd endast obetydligt överstiga stolpavståndet (3,2 mm). Det är då tydligt, att även mycket små variationer i trådens längd förorsaka stora ändringar i nedhängningen och därmed även i trådens totala påkänning.

Om i föregående exempel trådens längd antages ökad med 9,5 mm, så att totala längden blir 50,0127 meter, fås nedhängningen

$$f = \frac{3 \cdot 50 (50,0127 - 50)}{8} = 0,488 \text{ meter}$$

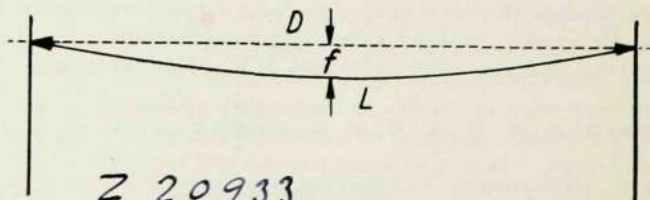
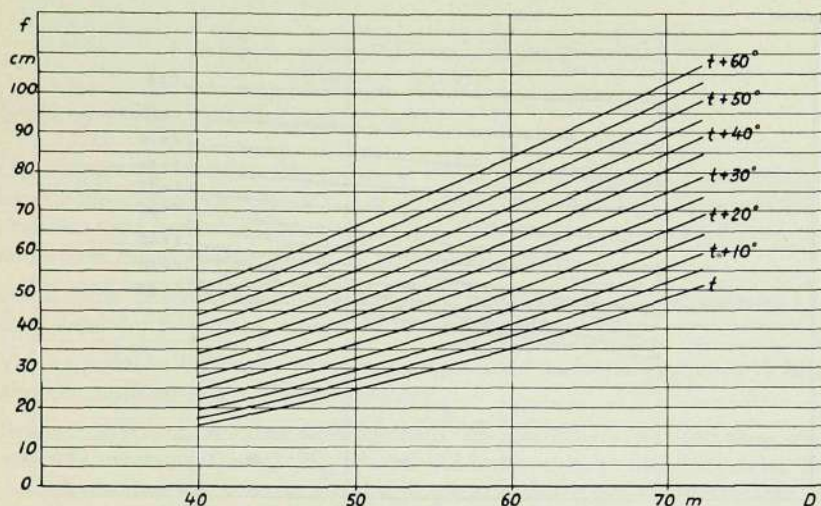


Fig. 16 En lednings-tråds nedhängning



2 209.

Fig. 17 Nedhängningen  $f$  som funktion av stolpavståndet  $D$  vid olika temperaturer. Kurvorna gälla för både koppar- och järntråd

och totala påkänningen

$$c = \frac{0,063 \cdot 50^2}{8 \cdot 0,488} = 40,25 \text{ kg}$$

När tråden utsättes för temperaturändringar, ändras trådens längd. Om temperaturändringen betecknas  $\pm t^\circ \text{C}$  (plustecknet vid höjning av temperaturen och minustecknet vid sänkning), ökas eller minskas trådlängden med

$$X = \pm a \cdot t \cdot L$$

$a$  är för koppar- och bronstråd ungefär 0,000017 och för järntråd omkring 0,000012. En koppartråd, som vid en temperatur av  $-5^\circ \text{C}$  har en längd av 50,0032 meter, erhåller vid temperaturen  $+45^\circ \text{C}$  längden  $50,0032 + X = 50,0032 + 0,000017 \cdot 50 \cdot 50,0032 = 50,0457$  meter.

Av ovanstående framgår, att temperaturändringarna ha en avsevärd inverkan på trådens nedhängning och spänning. Man måste följaktligen utföra trådsträckningen med stor omsorg och därvid taga den rådande temperaturen i betraktande. Vid varmare väder skall trådarnas påkänning vara mindre och nedhängningen större än vid kallare.

Om temperaturen vore den enda faktor, som bestämde nedhängningen, skulle det vara mycket svårt att utföra en tillfredsställande trådreglering. Om man i föregående exempel hade sträckt tråden vid en temperatur av  $+45^\circ \text{C}$  och totallängden minskats med 5 mm till 50,0407 meter från det beräknade värdet 50,0457, skulle trådens längd

2 20985

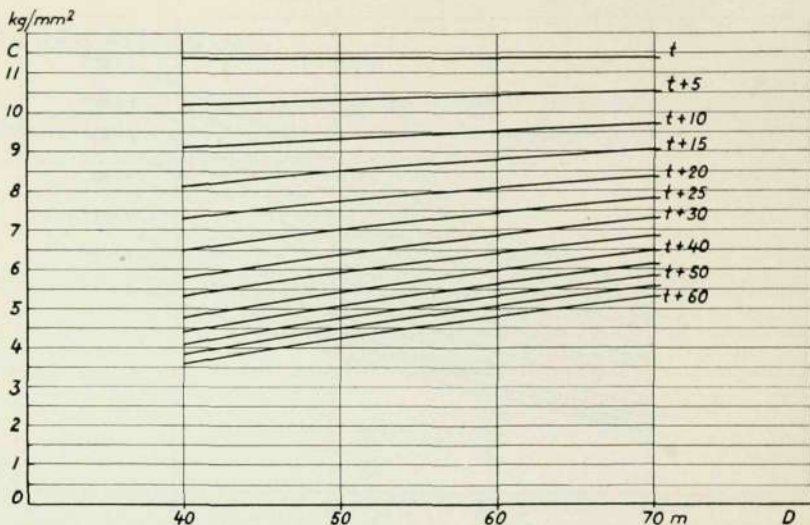


Fig. 18 Påkänningen  $c$  i kg per  $\text{mm}^2$  som funktion av stolpavståndet  $D$  vid olika temperaturer. Kurvorna gälla för koppar- och bronstråd

vid  $-5^\circ \text{C}$  endast vara 49,9982 meter, dvs. kortare än stolpavståndet, vilket visar, att tråden skulle ha brustit, innan temperaturen sjunkit så långt. Emellertid motverkas de ändringar hos tråden, som förorsakas av temperaturväxlingar, till stor del av trådens elasticitet. När påkänningen ökar, töjes tråden ut. Om trådlängden minskar på grund av temperatursänkning, ökar påkänningen, vilket i sin tur medför en viss förlängning av tråden. Den variation i längd  $Z$ , som förorsakas av elasticiteten, beräknas ur formeln

$$Z = \pm e \cdot q \cdot L$$

där  $q$  är ökningen eller minskningen av påkänningen i kg pr  $\text{mm}^2$ ,  $e$  en konstant som för koppartråd är ungefär 0,00008 och för järntråd ungefär 0,00005.

Om påkänningen i en 3 mm koppartråd av 50,0032 meters längd minskas från 80,5 till 40,25 kg, motsvarande respektive 11,4 och 5,7 kg per  $\text{mm}^2$ , minskar dess längd med

$$Z = 0,00008 (11,4 - 5,7) 50,0032 = 0,0228 \text{ meter.}$$

För att påkänningen skall minska till 5,7 kg, måste, såsom förut visats, nedhängningen ökas till 0,488 meter och längden med 9,5 mm till 50,0127 meter. Om minskningen i påkänningen antages vara förorsakad av en temperaturhöjning, måste den härav uppkomna ökningen i trådlängd vara  $9,5 + 22,8 = 32,3$  mm. Detta motsvarar en temperaturhöjning av



$$t = \frac{0,0323}{0,000017 \cdot 50,0032} = 38^{\circ} \text{ C}$$

Temperaturen har alltså ökat från  $-5^{\circ}$  till  $+33^{\circ}$  C.

Om elasticitetens inverkan icke medtagits i beräkningen, skulle temperaturhöjningen icke ha behövt vara större än  $11^{\circ}$  C. För att erhålla tillräcklig säkerhetsmarginal brukar man som regel beräkna nedhängningen, så att påkänningen vid lägsta förekommande temperatur endast uppgår till  $\frac{1}{4}$  av brottbelastningen.

Det framgår av ovanstående beräkningar, att nedhängningen och variationerna i trådens längd äro fullständigt oberoende av tråddiametern.

Vid det praktiska utförandet av trådregleringen kan man basera densamma på beräkning av nedhängningen eller påkänningen.

Diagram angivande den rätta nedhängningen och påkänningen vid olika stolpavstånd och olika temperaturer, visas i fig. 17—19. Vid beräkningen av diagrammen har även elasticitetens inverkan beaktats.  $t$  är den på platsen rådande minimitemperaturen. Utföres exempelvis trådregleringen vid temperatur av  $+20^{\circ}$  C på en plats, där minimitemperaturen är  $-10^{\circ}$  C, användes kurvan  $t + 30$  i diagrammen. Beräkningen är dessutom utförd så, att nedhängningen alltid blir densamma för såväl koppar- som järntråd, varför såväl koppar- som järnledningarna kunna framföras på samma stolplinje.

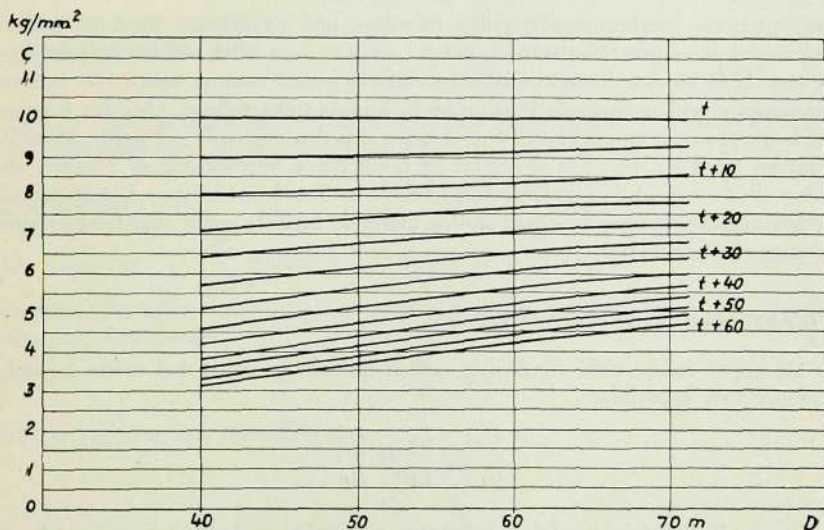


Fig. 19 Påkänningen  $c$  i kg per  $\text{mm}^2$  som funktion av stolpavståndet  $D$  vid olika temperaturer. Kurvorna gälla för järntråd

## INFÖRINGSKABLAR ELLER ANDRA KORTARE KABLAR, INLÄNKADE I LUFTLEDNINGAR

Vid införandet av blankledning till interurbanstationen i städer eller tätbebyggda samhällen stöter man ofta på praktiska svårigheter, särskilt om det rör sig om stora ledningsknippen. Det är därför ofta nödvändigt eller åtminstone önskvärt att införa ledningarna genom en kabel.

Vid beräkning av en sådan införingskabel utgår man från luftledningarnas elektriska egenskaper, vilka beräknas ur konstruktionsdata, dvs. trådslag, tråddiameter, profil, etc. Beräkningen måste utföras med hänsyn till överhörning, anpassning, gränsfrekvens och dämpning.

### ÖVERHÖRNING

I de fall, där inga större nivåskillnader förekomma mellan olika samtal på samma frekvensband, behöver överhörningsdämpningen i införingskabeln ej vara nämnvärt större än den som förefinns inom luftledningsknippet och som i bästa fall uppgår till 7 à 8 neper. Kortare kablar av några hundratal meters längd få i allmänhet tillräckligt hög överhörningsdämpning utan att särskilda åtgärder vidtagas. Vid längre kablar måste skärmning eller balansering företagas.

Betydligt större överhörningsdämpning erfordras, om nivåskillnad förefinns mellan olika samtal på samma frekvensband, vilket t. ex. kan vara fallet, om två luftledningsknippen, båda förande bärfrekvenskanaler, införs genom samma kabel. Här kan en inkommande och en utgående kanalgrupp ha samma frekvensband. Om den inkommande gruppen har en effektnivå av  $-3$  neper och den utgående  $+2$  neper, är nivåskillnaden alltså 5 neper. För att uppnå en resulterande överhörning av 7 neper, erfordras alltså en överhörningsdämpning i kabeln av  $7 + 5 = 12$  neper. För att uppnå överhörningsdämpningar av denna storlek måste de berörda paren eller fyrskruvarna avskärmas från varandra.

### ANPASSNING, GRÄNSFREKVENNS

För att uppnå reflexionsfri anpassning mellan luftledning och kabel måste följande relationer vara uppfyllda:

$$\frac{C_k}{C_l} = \frac{L_k}{L_l} = \frac{R_k}{R_l}$$

$C$ ,  $L$  och  $R$  beteckna kapacitet, induktans och resistans. Luftledningens storheter betecknas med index  $l$  och motsvarande kabelstorheter med index  $k$ .

$C_l$ ,  $L_l$  och  $R_l$  äro givna och det gäller alltså att bestämma  $C_k$ ,  $L_k$  och  $R_k$ . Man börjar härvid lämpligen med  $C_k$ , som ju endast kan ligga inom ett begränsat område, från ungefär  $0,025 \mu\text{F}/\text{km}$  i vissa slag av interurbankablar upp till  $0,040$  à  $0,050 \mu\text{F}/\text{km}$  i vanliga lokalkablar. Högre kapacitet ger lägre kabelpris, men å andra sidan ökar antalet pupinboxar per km i direkt proportion till kabelkapaciteten. Om kabeln skall förläggas i befintlig cementrörskanalisation, bör man om möjligt välja kabelkapaciteten, så att spolavståndet blir lika med avståndet mellan kabelbrunnarna. Sambandet mellan spolavstånd  $s$ , gränshfrekvens  $f_o$  och kabelkapacitet framgår av formeln

$$s = \frac{1}{2 \pi f_o C_k} \sqrt{\frac{C_l}{L_l}}$$

Om kabeln och luftledningen skola förbindas direkt med varandra, bör gränshfrekvensen  $f_o$  ligga minst 50 % över den högsta frekvens, som skall överföras. Genom att inkoppla ett anpassningsnät mellan kabel och luftledning kan emellertid tillräckligt god anpassning erhållas, då gränshfrekvensen endast ligger ungefär 25 % över den högsta frekvens, som skall överföras. Härigenom är alltså  $f_o$  bestämd.

Ur ovanstående formel kan sedan  $s$  och  $C_k$  bestämmas, så att man för ett lämpligt spolavstånd erhåller ett rimligt värde på kabelkapaciteten.

Erforderlig induktans per längdenhet beräknas ur

$$L_k = L_l \cdot \frac{C_k}{C_l}$$

och spolinduktansen ur

$$L_s = s (L_k - L_o)$$

där  $L_o$  = kabelns induktans per längdenhet utan pupinspolar. För vanliga kabeltyper kan man räkna med ett ungefärligt värde  $L_o = 0,7 \text{ mH}/\text{km}$ .

## DÄMPNING

Ur relationen  $\frac{C_k}{C_l} = \frac{R_k}{R_l}$  beräknas  $R_k$ . Ledardiametern beräknas därefter så, att dess resistans tillsammans med pupinspolarnas resistans blir lika med  $R_k$ . Det bör observeras, att förhållandet

$$\frac{R_k}{R_l}$$

icke är konstant, och att villkoret

$$\frac{C_k}{C_l} = \frac{R_k}{R_l}$$

alltså ej kan gälla för alla frekvenser.



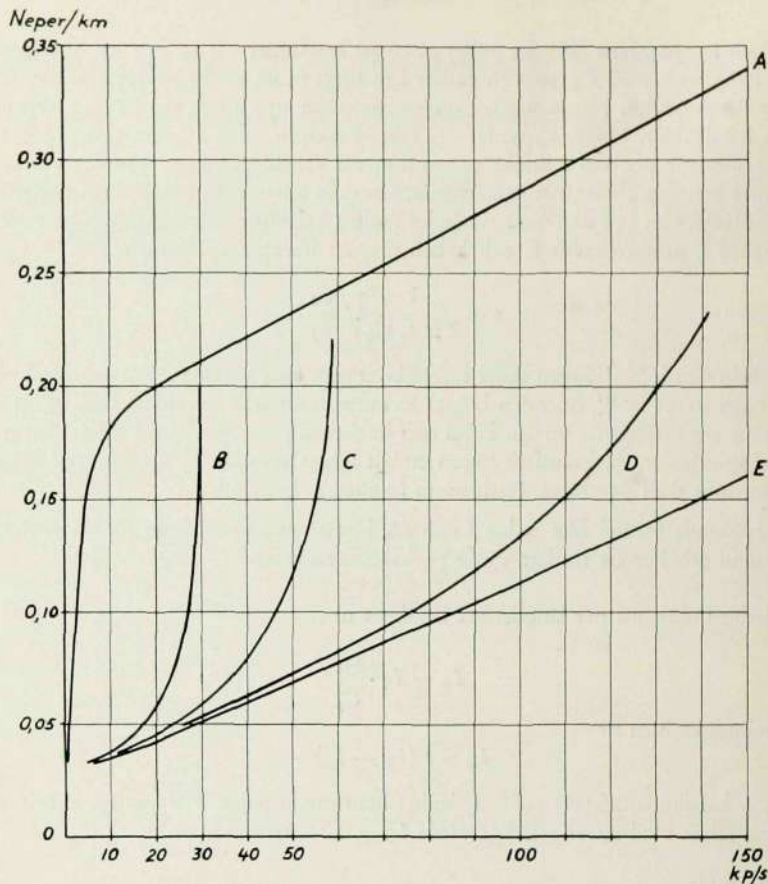


Fig. 20 Dämpningsexponent för kabel

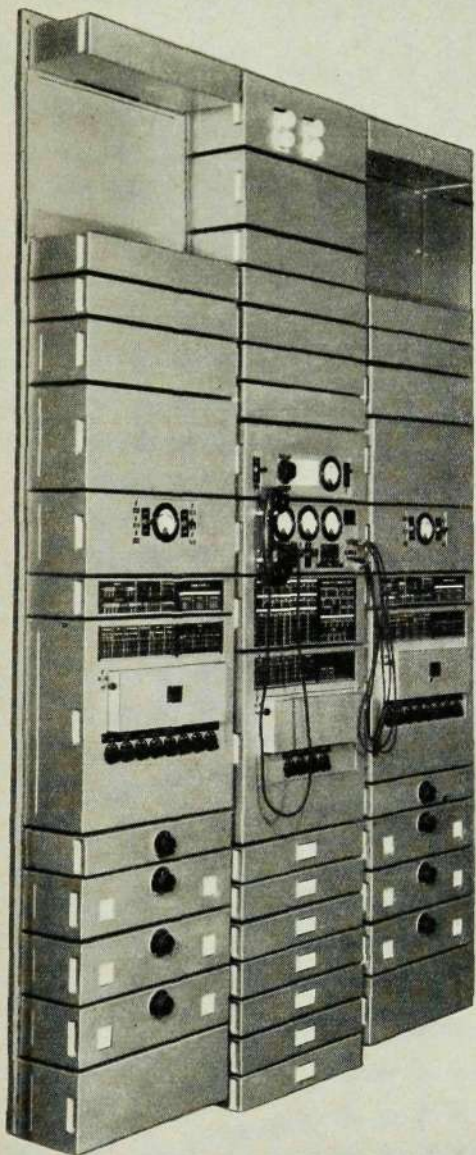
Ledarediameter  $d = 0,9$  mm,  $C = 0,038 \mu\text{F/km}$ .

- |            |                         |   |                         |
|------------|-------------------------|---|-------------------------|
| A          | opupiniserad kabel      | C | spolavstånd = 150 meter |
| B, C, D, E | pupinisering 30 mH/km   | D | » = 50 »                |
| B          | spolavstånd = 300 meter | E | » = 0 »                 |

Kabelns dämpning vid låga frekvenser kan beräknas ur formel

$$b = \frac{R_k}{Z}$$

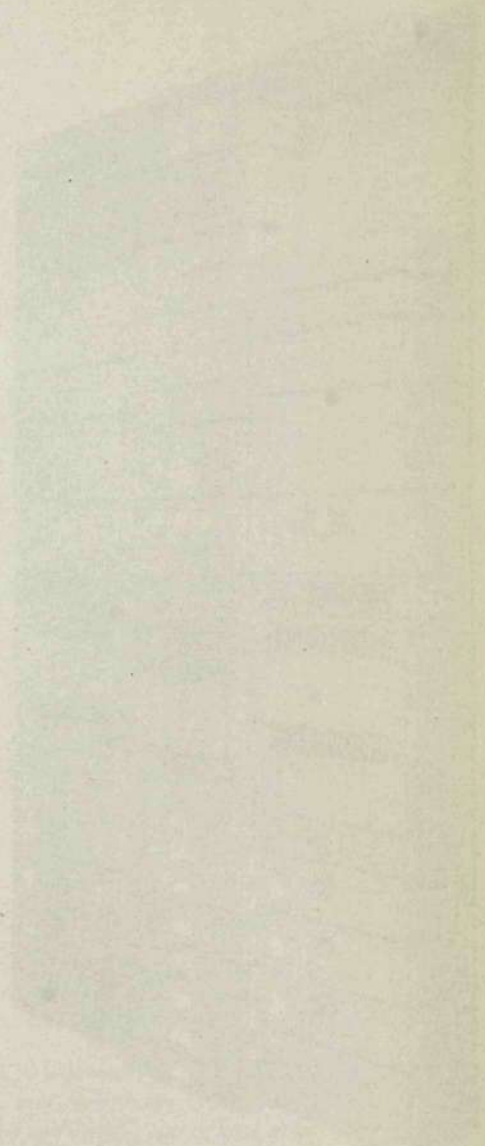
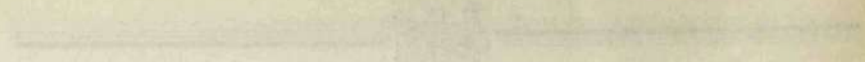
Beräkning av dämpningen vid högre frekvenser är ganska komplicerad. Fig. 20 visar emellertid, hur dämpningen ökar med frekvensen hos en vanlig kabeltyp. Samma kurva åskådliggör sambandet mellan spolavstånd och gränshfrekvens vid en viss pupinisering av samma kabel.



Z 20938  
foto 401282

KOMPLETT ÄNDSTATION FÖR  
TVÅ 3-KANALSYSTEM

i mitten ledningsfilterstativ; på  
sidorna kanalstativ



Faint, illegible text or markings in the middle-left section of the page.

Faint, illegible text or markings at the bottom-left of the page.



*Ericsson*  
LM