

Karolinska institutet
Teknisk audiologi
KTH
100 44 Stockholm 70

Preliminär
Rapport TA nr 81
januari 1976

SLINGFÖRSTÄRKARE

Rolf Ingelstam

Inledning

En slingförstärkare är avsedd att arbeta tillsammans med en teleslinga för att inne i denna ge ett magnetiskt fält med önskade egenskaper. Det är önskvärt att kunna mäta på slingförstärkare utan att vid mätningen behöva ta hänsyn till svårkontrollerade magnetiska egenskaper som kan påverka fältet. Uppmätning av prestanda sker därför med en "konstbelastning" och genom att mäta strömmen genom denna. Vid installation måste hänsyn tas till yttre inverkningar, främst från armering, genom att i förstärkaren kunna kompensera nivå och frekvenskurva.

Vissa primära krav på magnetfältet och därmed också på förstärkaren har uppställts. En noggrann genomgång av fältutbredning och förläggning av slinga i ideala rum har gjorts av Dalsgaard (1).

Denna rapport redovisar mätmetoder och förslag till kravspecifikation för slingförstärkare och fasta teleslinginstallationer. Som bilaga återfinnes önskvärda prestanda på mätinstrument för mätning av magnetisk fältstyrka.

Arbetet har utförts inom ramen för uppdrag från Handikappinstitutet.

Belastning

Förstärkaren är avsedd att driva en belastning bestående av en teleslinga. Den storhet som bestämmer fältet inne i denna slinga är den ström som flyter i slingan. Slingor installerade i hemmiljö håller sig normalt till rumsytor $10-40\text{m}^2$ inneslutande ett, eventuellt flera rum i en bostadslägenhet. I hittills gjorda undersökningar har konstbelastning använts för 10 , 20 och 40m^2 . För något större slingor kan data extrapoleras med utgångspunkt från erhållna mätvärden på 40m^2 .

Utgångspunkt för beräkning av konstbelastning har varit tråddimensioner för den vanligen använda EKUA (2 ledare 1 trådig $\emptyset 0.7\text{mm}$, area $2 \times 0.4\text{mm}^2$), kopplad för 1 eller 2 varvs-slinga. Uträknade värden på resistans och induktans är approximativa och har använts för samtliga redovisade förstärkarmätningar. Tabell 1.

Värdena gäller för kvadratiska rum. Resistans (R) och induktans (L) ökar ungefär proportionellt med ledningslängden. För rum med samma golvyta men med rektangulär utformning blir R och L något större. Normalt är förhållandet mellan sidorna ej större än 1:2, varför de korrigeringar som kan göras är försumbara. Förhållande 1:4 ger ett tillskott på 25%. Förläggning av slingan runt utrymmen utanför det område man avser att täcka bidrar också till något ökande värden, liksom förläggning runt dörröppningar. Ledningar mellan slinga och förstärkare ger också bidrag. Cirkulära rum ger lägre värden på R och L, men denna rumsform torde knappast förekomma i praktiken. Den kvadratiska rumsformen har betraktats som en bra utgångspunkt, men vid värdering av mätningarna måste viss hänsyn tas till praktisk kabelförläggning.

Slingans resistans kan påverkas genom att välja en grövre tråddimension. Detta kan ge stora slingor något förbättrade egenskaper. Med de krav som uppställts för värdering

av totalprestanda ligger för många system begränsningen i diskanten. Funktionen i diskanten, dvs slingans induktans, låter sig knappast påverkas av förläggningssätt eller tråddimension. Se vidare avsnitt om totalprestanda.

Frekvenskurvor

Totalresultatet med hörapparat i en slinganläggning skall bestämmas av hörapparaten. Hörapparaten anpassning till den hörselskadade sker i dag med akustisk insignal till hörapparaten mikrofon. Hörapparaterna bör alltså ha i stort sett samma frekvenskurvor för magnetisk och akustisk insignal.

En undersökning av frekvenskurvor på hörapparater har gjorts av Kringlebotn (2). Undersökningen är gjord på 34 aktuella apparater. Genomgående faller frekvenskurvan för magnetisk insignal under ca 1 000 Hz snabbare än för akustisk insignal. Individuella spridningar är dock stora. Vid 3 000 Hz visar magnetisk insignal en viss förhöjning jämfört med akustisk insignal.

Slingförstärkare och slinga i rummet skall i princip överföra en ej frekvensvägd signal till hörapparaten. Enda vägning som kan vara motiverad är en accentuering av låga frekvenser, där samtliga hörapparater uppvisar sämre känslighet. Som ett riktvärde har valts en brytfrekvens för denna höjning på 800 Hz. Den bashöjning som kan tillföras förstärkaren bör ej göras för stor (6 dB/oktav ner till omkring 200 Hz) och skall vara reglerbar. Fig. 1 och 2.

Undre gränsfrekvens i förstärkare bör väljas för att i möjligaste mån undertrycka lågfrekventa störningar som brum och buller på inkommande signal. Gränsfrekvensen får inte nämnvärt påverka grundtonen i tal. 100-125 Hz är satt som lämpligt värde, med ett så brant fall som möjligt under denna frekvens. Till denna gränsfrekvens

kommer tillskott från länkar före själva slingförstärkaren: mikrofoner, radio- och TV-apparater, transformatoruttag, mixerförstärkare osv, varför dessa bör vara av god kvalitet. Som magnetfält i rummet bör en undre gränsfrekvens på 150 Hz kunna garanteras.

Frekvenskurvan i diskanten bestäms av förstärkare, slingbelastning och eventuellt av metallföremål i rummet (armering i golv och väggar). En frekvensgång upp till 5 kHz i magnetfält bör ställas som krav. För att erhålla detta bör förstärkaren vid separat mätning med konstbelastning ha en övre gränsfrekvens av minst 8 kHz. Faktorer som därutöver påverkar diskanten i negativ riktning:

- 1) onormalt hög induktans i slinginstallationen på grund av längre ledningstråd än normalt,
- 2) hög induktans på slingtråd förlagd precis intill balkar och armeringsjärn,
- 3) deformation av magnetfältet i diskanten på grund av armering, främst i golvet.

Till detta kommer naturligtvis tillskott från länkar före slingförstärkaren, vilkas gränsfrekvenser också påverkar totalresultatet.

Den enda faktor som ger diskanten ett positivt bidrag är att vissa hörapparater har bättre återgivning i telespole-läge än via mikrofonen. Detta bör inte utnyttjas för en diskantsänkning, men kan utnyttjas vid specifikation av toleransområde på frekvenskurvor för slingförstärkare och magnetfält, fig. 1. Höga frekvenser bör inte tillåtas ligga högre än frekvenser omkring 1 kHz vid mätning av fältstyrka.

För kompensering av frekvensberoende dämpning på grund av järnarmering, främst från golv i större rum, bör förstärkaren förses med en diskantkontroll. Den höjning som kan behövas är ännu inte exakt utredd. En för stor höjning kan ge överstyrning och intermodulation i förstär-

karen och dessutom kan utgång störa ingång, med stabilitetsproblem som följd. En höjning på 10 dB får anses lämplig. Avsikten är att kunna garantera 5 kHz gränshöjning på sämsta plats i rummet.

Den sämsta platsen blir normalt mitt i rummet med hörapparaten nära golvet (sittande). Ut mot väggen närmare slingan blir frekvenskurvan bättre, varför man med korrekt inställd diskantkontroll kan få en liten förhöjning av magnetfältet i diskanten. Detta talar för att utnyttja diskantkontrollen med försiktighet och inte göra reglerområdet onödigt stort. - Placeringshöjd för slingan över golvet påverkar diskantfallet i rummets mitt. Placering en bit upp på väggen ger mindre behov av diskantförhöjning i förstärkaren, men man kommer att få en större nivåvariation, dvs den effektiva täckningsytan minskar (1). Problem uppstår både med acceptabel täckningsyta och behov av diskanthöjning för slingor som är större än $40-80\text{m}^2$. - All mätning av frekvenskurvor på slingförstärkare med konstbelastning utföres på en nivå ca 20 dB under klippning.

Brusnivå

Signalstöravståndet skall hållas så stort som möjligt. Önskemålet är satt till minst 40 dB (A-vägning) och eventuellt också 40 dB (C-vägning) mätt på utgången av förstärkaren. Detta innebär i princip att även insignalen bör ha detta signalstörförhållande. Ett något bättre förhållande kan råda på utgången genom den filtrering som sker i förstärkaren främst av frekvenser under 100 Hz. Anslutna TV-apparater, mikrofonförstärkare, bandspelare etc och det program dessa förmedlar bör vara av motsvarande hög kvalitet.

Slingförstärkaren måste uppfylla flera skilda krav för att upprätthålla ett stort signalstöravstånd. Detta gäller även länkar före och efter själva förstärkaren.

A. Brus från förstärkaren utgång

B. Brus från förstärkarens ingångar

- C. Akustisk störnivå
- D. Magnetisk störnivå

A. Mätning av brus och brum från förstärkarens utgång görs med nivåkontroller nervridna. Störströmmen som kan uppmätas blir beroende på ansluten belastning om förstärkaren är att betrakta som spänningsförstärkare. Sämsta mätvärden erhålles vid konstbelastning av liten slinga, t.ex. 10m^2 . Strömmotkopplade förstärkare uppvisar mätvärden på störström som är oberoende av belastning.

Den magnetiska fältstyrka störströmmen i förstärkaren ger upphov till är beroende av slingans storlek. Liten slinga har litet strömbehov och kommer därför att ge den högsta fältstyrkan för störströmmen.

Räkneexempel:

Antag att en störström på -50 dB (A- eller C-vägning) uppmätts, relaterat till 1A ström. En fältstyrka på 100 mA/m motsvarar en normal utstyrning. I en 10m^2 -slinga motsvarar detta 530 mA med 1 varv i slingan och 270 mA med 2-varvsslinga. Omräknas störströmmen till fältstyrka relativt 100 mA/m erhålles signalstöravstånd

10m^2 1 varv:	44.5 dB
10m^2 2 varv:	38.5 dB

En angivelse av max störström på -50 dB rel 1A (A- och C-vägning) från slutsteget är nödvändig för att kunna garantera ett tillfredsställande totalt signalstöravstånd för 10m^2 -slingor. 2 varv i slingor under 20m^2 bör undvikas om störnivån tillåts vara -50 dB rel 1A. Önskar man använda en slingförstärkare för att driva bordsslingor eller dylikt måste detta krav skärpas betydligt.

Mätningar på aktuella förstärkare visar med något undantag 15-20 dB lägre värden för störström. Se bil. 2.

Störnivån från slutsteget bör utan några tekniska problem kunna fastställas till max -60 dB (A- C-vägning), eventuellt -70 dB med A-vägning rel 1A ström. Man slipper då införa några begränsningar för förstärkares användning på små slingor. 2 varv i slingan bör dock undvikas i bords-slingor.

Man bör samtidigt kunna fastlägga att mätningar av störströmmen utföres med konstbelastning motsvarande 10m^2 1 varv slinga.

B. Brus som hänför sig till ingångar på förstärkare blir beroende på insignalens storlek och inimpedans.

"Linjeingångar" med relativt hög inspänning skall normalt inte skapa några problem. Minsta insignal kan specificeras för att erhålla önskat signalstöravstånd. För minsta insignal skall även gälla att den kan styra ut förstärkare och slinga till maximal nivå. Största tillåten insignal blir beroende på när förstärkarsteg börjar bli olinjära. Är ingången direkt kopplad till trimpotentiometer går största insignal ej att definiera.

Mikrofoningångar och andra högkänsliga ingångar kan i vissa fall begränsa signalstöravståndet.

1) Mikrofoner utan egen förstärkare (t.ex. dynamiska). Mikrofonens egenbrus (termiskt brus) + några dB tillskott (brusfaktor) från efterföljande förstärkare.

En god dynamisk mikrofon 200Ω lämnar 2 mV ut obelastad för ett tryck på 1 Pa (94 dB SPL). Det termiska bruset i motståndet 200Ω ger en spänning på ca $0.2\mu\text{V}$ mätt genom ett A-filter. Förhållandet mellan den nyttiga spänningen och brusspänningen är 80 dB. Så stora innivåer som 94 dB SPL förekommer relativt sällan, och vid ljudnivåer under 54 dB SPL kommer signalstöravstånd att underskrida 40 dB.

Lägges till detta ett par dB brusfaktor i förstärkaren kommer lägsta acceptabla innivå att närma sig 60 dB SPL. Ekvivalent brusnivå omräknat till ljudtryck på mikrofonen är då 20 dB SPL.

Mikrofonens impedans och lägsta känslighet från den bör anges på förstärkaren för att ett önskemål om signalstöravstånd på 40 dB skall kunna uppnås för ljudtryck något under det normala, t.ex. 60 dB SPL. Detta motsvarar för normal talare ett avstånd mikrofon - talare på ca 3m.

2) Mikrofon med tillhörande förstärkare (kondensator eller dynamisk med inbyggd förstärkare).

Här kan mikrofonfabrikanten direkt ange data på brusspänning eller ekvivalent brusnivå uttryckt i ljudtrycksnivå. Den ekvivalenta brusnivån kan direkt användas för att bestämma det minsta ljudtryck som behövs för att erhålla ett signalstöravstånd på t. ex. 40 dB. Ekvivalenta brusnivåer på 25 dB SPL är inte ovanligt för små kondensatormikrofoner (elektret).

Spänningsnivån ut från en kondensatormikrofon är minst 20 dB högre än från en lågohmig dynamisk mikrofon. Något problem med brus bör inte uppkomma i efterföljande förstärkare. En sak som bör beaktas är risken för överstyrning av förstärkaringångssteg om dessa är dimensionerade för dynamiska mikrofoner.

C. Akustisk störnivå i det rum en mikrofon befinner sig kan inte försummas. Ofta överstiger denna störning det brus och brum som kommer från förstärkare och mikrofoner. Mikrofonavstånd måste då minskas för att få ett tillfredsställande signalstöravstånd. Störnivåer i rummet på 30-35 dB (A) innebär ett mikrofonavstånd för normalt tal på under 1m. Kort mikrofonavstånd är viktigt även för att ge ett klart och distinkt tal utan störande rumsreflexer.

D. Den magnetiska bakgrundsstörningen har värderats för olika tänkbara signalstöravstånd. Värderingen är gjord ur mätdata från undersökning av Jalmell, Sjögren 1968 (3). Data har sammanställts i tabell 2. I över 50% av installationerna kan inte önskemålet om störavstånd på 40 dB (A-vägning) uppfyllas. Dessa mätningar utfördes 1967-68 och det kan förväntas att störnivåer har ökat något sedan dess på grund av ökad strömförbrukning och införandet av tyristor och andra reglerdon.

Ovägd mätning ger värden upp till 100 mA/m (brum 50 Hz) Detta omöjliggör mätning av utstyrning av slingan om RMS- (medelvärde)instrument användes.

Vid ett signalstöravstånd på 30 dB (A-vägning) kan upp till 80% av installationerna utföras. Vid några dB lägre störavstånd kan nästan 100% av installationerna utföras.

Kravet på signalstöravstånd i förstärkaren och från programkällan kommer trots det dåliga signalstöravståndet på grund av bakgrundsstörningen i rummet att kunna ge bidrag. Ett S/N på 50 dB (A eller C) på program ger mätbart bidrag i ca 90% av undersökta lokaler om man ser på enskilda tersband. Störningar som kan vara hörbara ligger på frekvenser över 400 Hz. Vid S/N i programmet på hela 70 dB (A eller C) kommer bruset att vara mätbart i 10-20% av installationerna.

Trots de höga störnivåerna från elnätet är det viktigt att signalen i slingan har stort signalstöravstånd. Någon undersökning av hörapparaternas ekvivalenta brusnivåer från telespoleingången har inte gjorts.

Amplituddistorsion

Mätning utföres vid olika signalsnivåer för att kontrollera att förstärkarna inte vid någon utnivå har störande distorsion. Mätningen är främst avsedd att kontrollera övergångsdistorsion och osymmetri vid låga signalsnivåer i förstärkarslutsteget. Maximalt tillåten harmonisk distorsion 3% inom frekvensområdet 100Hz - 8 kHz på utströmmar ner till 10mA (-40 dB rel 1A) är satt som ett önskemål.

Normal utstyrning 100 mA/m motsvarar strömmar mellan 0.3 och 1A (tabell 3). Med normal dynamik i tal på 30 dB kommer svagare partier att ligga i nivåer ner till 10mA utström (-40 dB rel 1A). Distorsionskomponenter från signaler -30 - -40 dB rel 1A kommer att ligga nere i tänkbara brusnivåer.

Kravet på distorsion är skärpt till 1% i området för normal utstyrning, 0 - 25 dB rel 1A, fig. 3.

Maximal utström uppmäts när distorsionen passerar 3% distorsion, se nästa avsnitt.

På förstärkare med strömutgång kommer olika belastningar inte att ändra distorsionsvärden, men för spänningsförstärkare ger konstbelastning för små slingor högsta distorsionsvärden. Man bör kunna fastlägga att denna mätning utföres med konstbelastning motsvarande $10m^2$ 1 varv slinga.

Mätning utförda på aktuella förstärkare uppvisar som regel högst distorsion vid den lägsta utnivån (övergångsdistorsion). Det finns undantag där förstärkare uppvisar höga distorsionsvärden vid högre utnivåer (kombination övergångsdistorsion och osymmetri). På mindre goda motkopplade förstärkare minskar ofta råförstärkningen med ökande frekvens, och därmed också motkopplingen, vilket gör distorsionen frekvensberoende. Mätning av distorsion

på låga nivåer måste utföras genom smalbandig deltonsanalys, då brum och brus annars kan påverka resultatet.

Den slingstorlek som har minst strömbehov kommer att vara den där övergångsdistorsionen blir mest märkbar, dvs små slingor, speciellt i flervarvsutförande.

Räkneexempel:

10m² 2-varvslinga: För att erhålla fältstyrkan 100 mA/m behövs en ström i slingan på 270mA. En grundton på 30mA (-30 dB rel 1A) i slingan ger ett fält på -18.5 dB rel 100 mA/m och distorsionen 3% en fältstyrka på -48.5 dB rel 100 mA/m för distorsionskomponenten.

10m² 2-varvslinga: Grundton -40 dB ger distorsionskomponent -58.5 dB rel 100 mA/m.

1 varv i slingan ger 6 dB lägre värden på distorsionskomponenten. Dessutom måste utstyrningen i förstärkaren vara 6 dB högre, vilket ytterligare minskar inverkan av distorsion på svaga partier i det överförda programmet. Vid större slingor blir distorsionen mindre märkbar och hamnar normalt under bakgrundsnivån i rummet och brusnivån i hörapparaten. Man bör undvika att göra slingor med 2 varv för golvytor under 20m².

Maximal ström

Uppmätning av den ström förstärkaren kan lämna med acceptabel distorsion. Detta är liktydigt med begynnande klippning genom att drivspänning eller ström utgör begränsande faktorer i förstärkaren. Den distorsion som uppstår är inte så lätt att observera på oscilloscope på grund av den delvis induktiva lasten och strömutgången på de flesta förstärkare. En mätning av distorsion bör därför göras.

En kontinuerlig sinuston i området 100 Hz - 8 kHz på föres förstärkaren och utströmmen (RMS) anges när total harmonisk distorsion uppgår till 3% (alternativt k_2 eller $k_3 = 3\%$). Förstärkaren belastas med olika stora slingor. Mätvärden kan presenteras i form av kurvor, fig. 4. I diskanten kommer olinjäriteten i verkligheten att vara något större på grund av att frekvenskurvan normalt faller och undertrycker övertonerna. En mätning av intermodulation ger en bättre uppfattning om förstärkarens olinjäritet i diskanten, men har i detta sammanhang inte ansetts nödvändig.

Uppmätta värden ligger sedan till grund för bestämning av förstärkarens kapacitet och maximalt tillåten slingstorlek.

Den normala signalen i en slingförstärkare är tal där varaktigheten av höga toppvärden är relativt kort. Slingförstärkare med nätaggregat av normal konstruktion har möjlighet att kortvarigt lämna en något högre ström än vid mätning med sinuston ("musikeffekt"). Uppskattningsvis 2-3 dB vid låga frekvenser och 1-2 dB vid höga frekvenser finns som reserv vid slinglaster på $40\text{-}80\text{m}^2$. Detta kan användas som överstyrningsreserv eller tas i anspråk för utstyrning av något större slingor.

Beräkning av förstärkarens totalprestanda

Maximalt intäckt yta med acceptabel fältstyrka kan beräknas ur data om erforderlig ström för att skapa detta fält och uppmätta värden på maximal utström från förstärkaren. Vid en angivelse av totalprestanda skall dessutom data enligt mätningar av frekvenskurvor, brusnivå och distorsion vara lika med eller bättre än angivna gränsvärden. För slingförstärkare i hemmiljö har 40m^2 slingyta satts som önskemål. Alla förstärkare med strömmotkoppling som testats för användning i Sverige klarar denna gräns ur

alla synpunkter och några har dessutom vissa reserver. Se bil. 2.

En fältstyrka på omkring 100 mA/m har tidigare varit vägledande för installation av slingor. Mätmetoden har ej varit klart definierad: signal i form av sinuston eller tal och mätning av långtidsmedelvärde, enligt bullermätaren "slow" och "fast", och ibland har vägningsfilter använts. Det enda som varit klart är att mätningen ej utförts med snabb PEAK-likriktning. Vid mätning med den i Sverige använda fältstyrkemeteren har ca 10 dB högre mätvärden på talsignal givit acceptabel nivå i slingan (PEAK 10-30ms, utan vägningsfilter).

Det som sätter den övre gränsen för ett slingsystem är toppklippning i en eller annan form (ström-spänning i förstärkare resp. klippning i hörapparatus ingångssteg). Den undre gränsen för slingsystem sätts av bakgrundsbrum i lokalen. För att tillförsäkra sig ett stort signal/störförhållande måste utstyrningen läggas på en så hög nivå som är möjligt ur teknisk och ekonomisk synpunkt. 400 mA/m (RMS) har satts som övre gräns för fältstyrkan och utstyrning bör ske så att enstaka toppar i talet når denna gräns. Insignalen skall vara den normala, dvs tal. Vid en utstyrning enligt dessa riktlinjer kommer nivån mätt med instrument enligt IEC 179 på talsignaler att ligga några dB över 100 mA/m.

Denna diskussion om slingförstärkare kan inte gå in i detalj på olika mätmetoder för fältstyrka. Den är endast avsedd att utgöra den tekniska grunden för vidare diskussioner (se bil. 3).

Signal/störförhållande kommer trots denna högre utstyrning endast i ett mycket litet antal installationer att närma sig önskade 40 dB, i de fall bakgrunds-nivån mäts med A-filter. Det lämpliga eller önskvärda i att mäta bakgrunds-

nivå med A-filter kan diskuteras. Upplevelsen av störning och frekvenskurvor i hörapparater talar för en annan lutning med brantare förlopp (se bil. 3). Vissa mätningar har utförts för att få siffervärden på störningar från tyristorstyrutrustning. Dessa visar att A-värden inte innehåller någon information som kan kopplas till de störande delarna av spektrum.

Förstärkaren kan vara försedd med automatisk förstärkningsreglering som reglerar med topplikriktning och relativt kort insvängningstid. Utsvängningstid göres mycket lång. Ett antal förstärkare på den svenska marknaden har denna reglerande funktion. En reglering av denna typ påverkar inte förhållandet toppvärde/medelvärde utan kommer enbart att hålla de högsta toppvärdena på en konstant förutbestämd nivå omkring 400 mA/m.

Värdering av förstärkare göres med hjälp av uppmätta värden (fig. 4 samt tabell 3) över erforderlig ström för 400 mA/m fält i slingan vid låga frekvenser (1 000 Hz). Vid en jämförelse skall värden ur tabell för 40m^2 -slinga falla under den ström förstärkaren kan lämna med 40m^2 -konstbelastning. Värden till tabell 3 är omräknade ur värden från Kringlebotn (4) som framgår ur fig. 5.

Vid höga frekvenser kan en något lägre utstyrning förväntas. Detta är jämförbart med den diskanthöjning/sänkning som kan tillåtas vid FM-rundradio på ca 10 dB. Ett värde på fältstyrkan på min 200 mA/m vid 8 kHz, dvs 6 dB under nivån för låga frekvenser, kan anses lämpligt. Uppmätta värden tas ur mätning av max utström och jämföres med halva värdet för ström vid 400 mA/m.

Det kan vara nödvändigt att tillgripa diskanthöjning i förstärkaren för att kompensera för järnarmering. Denna höjning kan uppgå till 6 dB eller mer och blir i regel aktuell i större rum. Frekvensspektrum i förstärkaren

blir då i stort sett rakt, med stor risk för överstyrning och intermodulation av diskanten.

Att endast 6 dB för fallande spektrum har valts beror också på att vid mätning av övertonsdistorsion den egentliga olinjäriteten kan vara större än 3% på grund av den fallande frekvenskurvan i diskanten ovanför gränsfrekvensen.

Med i dag tillgängliga slingförstärkare kan man klara dessa båda krav på ström för låga och höga frekvenser upp till någonstans mellan 40 och 80m² golvytor med användande av EKUA 2 x 0.4mm². Vid större slingor kan tråddiametern ökas och förstärkaren kan på så sätt avge en högre ström vid låga frekvenser. Man har dock vid dessa slingstorlekar problem med tillräcklig ström i diskanten. Detta beror i sin tur på den likspänning som tillföres slutsteget. På aktuella förstärkare är denna omkring 30 V.

I lokaler upp till ett par hundra m² kan tillfredsställande nivå ofta erhållas om förstärkare parallellkörs på 2 eller flera slingor lagda intill varandra runt rummet. 2 förstärkare ger en 6 dB högre fältstyrka och tillåter därmed en större intäckt yta.

Vid slingförläggning kan man få göra vissa avkall på täckningsyta (1) för att få en god nivå och kvalitet på fältstyrkan.

- Endast täcka in en del av rummet med teleslingan.
- Tillgripa speciell utformning av slingan under golvet (klöverblad osv). Det uppstår områden i närheten av slingorna som avviker från den av Dalsgaard föreslagna toleransen 5 dB.
- I mycket stora lokaler måste lokalen delas upp i sektioner omslutna av varsin slinga, drivna av separata förstärkare. Även här uppstår varierande fält i sektionernas ytterområden.

För att minska nackdelarna med dessa förläggningssätt bör sektionsgränser om möjligt väljas på ställen som normalt inte används som lyssnarplatser (mittgång, trappavsatser osv).

Det blir komplicerat och dyrbart att göra kraftigare slingförstärkare som tillfredsställande klarar att driva slingor på avsevärt över 100m^2 . Man måste då troligen göra kompromisser på en rad punkter.

- Sänkt fältstyrka, eventuellt tillåta en viss klippning eller införa kompressorkretsar.
- Ökad överstyrning i diskanten. Eventuellt måste diskanten dämpas med filter eller diskantkompressor innan den kommer till slutsteget, med åtföljande dålig frekvenskurva.
- Sänkta krav på frekvensgång för förstärkaren och fältet i rummet. Dålig frekvensgång på grund av stor slinginduktans kan inte kompenseras med diskanthöjning då risken för överstyrning ökar. Vid stora slingor är behovet av diskanthöjning störst för att kompensera för järnarmering. Detta kommer också i konflikt med överstyrning i diskanten.

Närmare utredning av vilka fältstyrkor hörapparaterna tål utan att första förstärkarsteget distorderar signalen har inte gjorts. Några sådana specifikationer finns ej från tillverkarna. Man bör utan större tekniska komplikationer kunna göra ingångssteg så att de ej klipper för 400 mA/m + lämpligt tillägg för toleranser i fältstyrkan. Man bör samtidigt kunna tillfredsställa kravet för lika nivå i hörapparaterna för akustisk och magnetisk signal. Medelnivån för tal i fältstyrka bör kunna definieras med utgångspunkt från utstyrning till viss toppnivå, t.ex. $\sqrt{2} \times 400\text{ mA/m}$. Medelnivån för tal kommer då att ligga några dB över 100 mA/m vid mätning med samma instrument som talet (IEC 179, Fast).

Reglerförstärkare och nivåkontroller

Reglerförstärkaren har till uppgift att konstanhålla signalen till sitt toppvärde under lång tid. Den skall inte påverka dynamiken eller förhållandet toppvärde/medelvärde i tal eller musik.

Nivån in till reglerförstärkaren kan variera avsevärt mellan olika program i radio och TV och påverkas ibland av volymkontroller på dessa apparater. Det statiska reglerområdet bör vara stort, 35-40 dB, från "knä" till överstyrning av reglerförstärkaren (3% distorsion). Reglerförstärkaren skall ha trimpotentiometrar på sina ingångar. När förstärkaren reglerar bör detta indikeras med t.ex. en lampa. Detta underlättar installation och intrimning. Regleringen bör ha ett stort in/utförhållande, min 10:1 uttryckt i dB, fig. 6.

Dynamisk funktion testas med nivåsprång på 25 dB med utgångspunkt 5 dB över och under den statiska reglerkurvas "knä". 25 dB är normalt förekommande nivåskillnader i tal och andra programmaterial. Insvängningstiden bör vara kort för att momentant reglera utnivån till sitt toppvärde. Utsvängningstiden kan vara mycket lång, för att fasthålla den inställda förstärkningen.

Reglering kan inte vara för snabb, då förstärkningen skulle regleras ner för korta störningar (enstaka knäpp). Hörapparatbärare med passande inställning på sin hörapparat får ej drabbas av oväntade och starka ljudintryck efter en paus i ett program. Förstärkarens slutsteg och hörapparaten skall ej kunna bli överstyrda mer än högst några ms. Örats reaktionsförmåga för kraftiga ljud och distorsion är begränsad för korta tider, under 10ms. Önskemålet för insvängningstid är satt till 10-30ms för reglering till ± 2 dB från slutvärdet, fig. 7. Signalen

kontrolleras på oscilloscope för frihet från osymmetri och distorsion.

Reglerkretsen skall återhämta sig mycket långsamt, då den endast är avsedd att utjämna skillnader i utstyrning och skillnader i nivå mellan olika programkällor. En återhämtning på storleksordningen 1 dB/sekund är satt som önskemål.

Användande av reglering (AGC kompression limitering) bör i generella system användas med försiktighet och utnyttjas så lite som möjligt

På den svenska marknaden är ett antal slingförstärkare utrustade med denna typ av reglering. Dessa fungerar mycket bra för signaler från radio och TV, men ej helt tillfredsställande vid signal från mikrofoner där mikrofonavstånd och nivå kan variera snabbt. Snabbare återhämtningstider har här diskuterats.

Reglerförstärkaren är utformad som ett block som kopplas före slutsteget som driver slingan. Med en nivåkontroll (trimpotentiometer eller stegomkopplare) kan innivån till slutsteget justeras för konstant nivå på de högsta toppvärden som förekommer i program. 3 dB-steg bör ge tillräcklig noggrannhet för fältet och motsvarar dessutom en förändring på slingans yta med en faktor 2.

I slingförstärkare med reglering kan säkerligen installation och trimning förenklas. Stegomkopplare eller graderad potentiometer kan märkas med slingyta och antal trådvarv, varvid fältstyrkan bör bli den riktiga. Korrigeringar behöver eventuellt göras i rum med kraftig järnarmering efter mätning med fältstyrkemeter.

På förstärkare utan reglering måste innivån vara väl definierad, och det kan inte tillåtas att den påverkas av volymkontroller på radio- och TV-apparater. Här måste alltid en fältstyrkemätning göras vid intrimningen. Toleranserna blir sedan beroende på utsänd programnivå. För bästa resultat förutsättes intrimning vid en representativ

"medelprogramnivå".

Om diskussioner om mätning av programnivå med fältstyrkemeter talar för mätning av RMS eller medelvärde måste även reglerförstärkare utformas med medelvärdesbildning. Man har då inte någon riktig kontroll av toppvärden, med därav följande risk för överstyrning i förstärkare och hörapparat.

Referenser

1. S.C. Dalsgaard: Field distribution inside rectangular induction loops (73-1)
Statens Hørcentraler, Laboratoriet
for Teknisk-Audiologisk Forskning,
Odense.
2. M. Kringlebotn: Hörapparatundersökelse (STF 44
F 73149) Elektronikklaboratoriet ved
Norges Tekniske Högskole Trondheim
3. H. Sjögren,
S-E. Jalmell: Signalanpassung bei der induktiven
Schallübertragung mit Hörgeräten
(Hörgeräte-Akustik 1969)
4. M. Kringlebotn: Dimensjonering av slyngaanlegg
(STF 44 A 75035). Elektronikklaboratoriet
ved Norges Tekniske Högskole Trondheim

slinga	m ²	R.Ω	L.μH	tråd mm ²
1 varv	10	0.6	20	1 x 0.4
	20	0.8	30	1 x 0.4
	40	1.1	40	1 x 0.4
	80	1.6	60	1 x 0.4
	80	0.5	60	1 x 1.5
2 varv	10	1.1	80	2 x 0.4
	20	1.6	120	2 x 0.4
	40	2.25	160	2 x 0.4
	80	3.2	240	2 x 0.4
	80	0.9	240	2 x 1.5

Tabell 1

Konstbelastning för mätning av slingförstärkare.
 Kvadratisk slinga, rumsytor 10-80m², ledning EKUA
 2 x 0.4mm² (2 x 0.7mm) samt FK 1 x 1.5mm² (1 x 7 x 0.5mm).

OBS: Värden i tabell endast approximativa.

Anm.: Förhållande mellan sidorna i slingan på 1:2 ger
 ca 6% ökning av R och L. Förhållande mellan sidorna i
 slingan på 1:4 ger ca 25% ökning av R och L.

A-filter -30 dB - 1 kHz Ø 100 mA/m

	Tersnivå dB 100mA/m	dB 10^{-7} Wb/m ²	Vån.	Hus	Kyrka	Biograf
1 k	-30	-28	100	100	100	100
500	-26	-24	100	100	100	100
320	-22	-20	100	95	100	100
160	-16	-14	95	95	95	85
100	-12	-10	100	100	100	100
50	-8	+ 2	95	80	100	85
totalt			~ 90%	~75%	~95%	~75%

A-filter -40 dB - 1 kHz Ø 100mA/m

1 k	-40	-38	100	100	100	100
500	-36	-34	100	100	100	100
320	-32	-30	100	90	100	95
160	-26	-24	80	90	90	30
100	-22	-20	100	100	100	100
50	-10	- 8	80	50	80	50
totalt			~60%	~50%	~75%	~25%

A-filter -50 dB - 1 kHz Ø 100mA/m

1 k	-50	-48	98	95	100	95
500	-46	-44	95	90	98	90
320	-42	-40	85	65	85	60
160	-36	-34	45	55	45	0
100	-32	-30	100	98	100	85
50	-20	-18	45	20	30	0
totalt			~30%	~20%	~25%	~0%

Data om störfält från undersökning Jalmell, Sjögren 1968.

Tabell 2 Procent acceptabla installationer med krav
på störnivå -30 - -50 dB (Avägning) rel 100mA/m.

Fält (dB rel 100 mA/m)	100 mA/m ($\pm$ 0 dB)	316 mA/m (+10 dB)	400 mA/m (+12 dB)
slinga 1 varv	ström A dB rel 1A	ström A dB rel 1A	ström A dB rel 1A
10m ²	0.53 - 5.5 dB	1.68 + 4.5 dB	2.11 + 6.5 dB
20m ²	0.63 - 4.0 dB	2.0 + 6.0 dB	2.5 + 8.0 dB
40m ²	0.80 - 2.0 dB	2.5 + 8.0 dB	3.16 + 10.0 dB
80m ²	1.06 + 0.5 dB	3.35 + 10.5 dB	4.2 + 12.5 dB
slinga 2 varv			
10m ²	0.27 - 11.5 dB	0.84 - 1.5 dB	1.06 + 0.5 dB
20m ²	0.32 - 10.0 dB	1.0 $\pm$ 0.0 dB	1.26 + 2.0 dB
40m ²	0.40 - 8.0 dB	1.26 + 2.0 dB	1.59 + 4.0 dB
80m ²	0.53 - 5.5 dB	1.68 + 4.5 dB	2.11 + 6.5 dB

Tabell 3

Erforderlig slingström (ampère, RMS) för att erhålla en fältstyrka 100-400 mA/m.

Kvadratisk slinga 10-80m² golvyta, 1 och 2 varv.

Lyssningshöjd 1m över slinga.

Anm.: Rektangulär slinga med förhållande mellan sidorna 1:2 har ett något lägre behov av ström (0-1 dB).

Figur 1 och 2

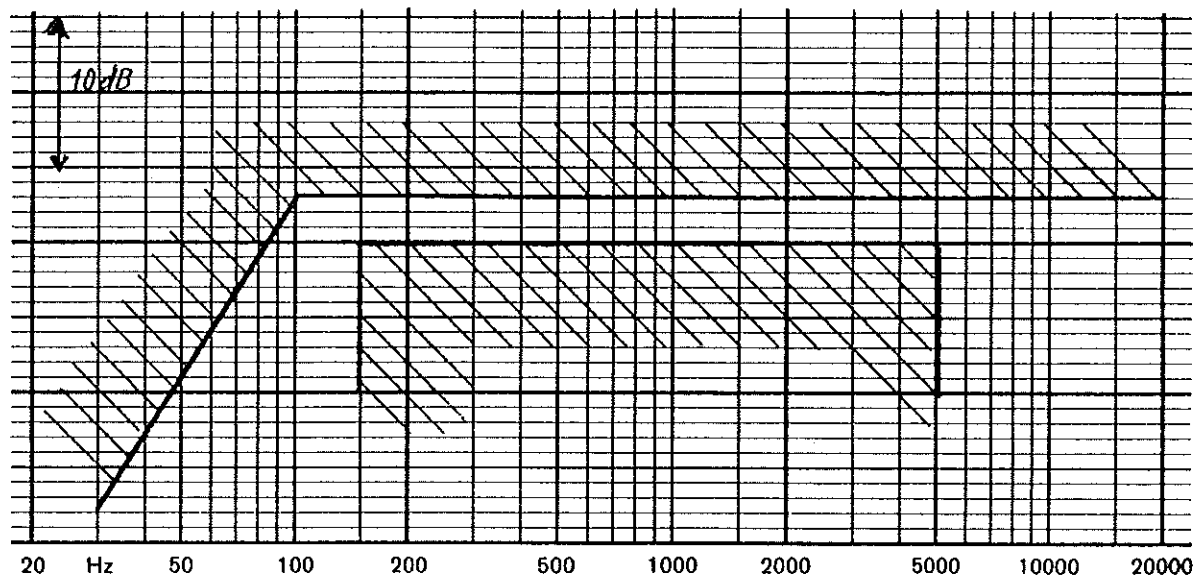


Fig 1. Fält i rummet exkl. ev. bashöjning
Frekvenskurva med toleranser

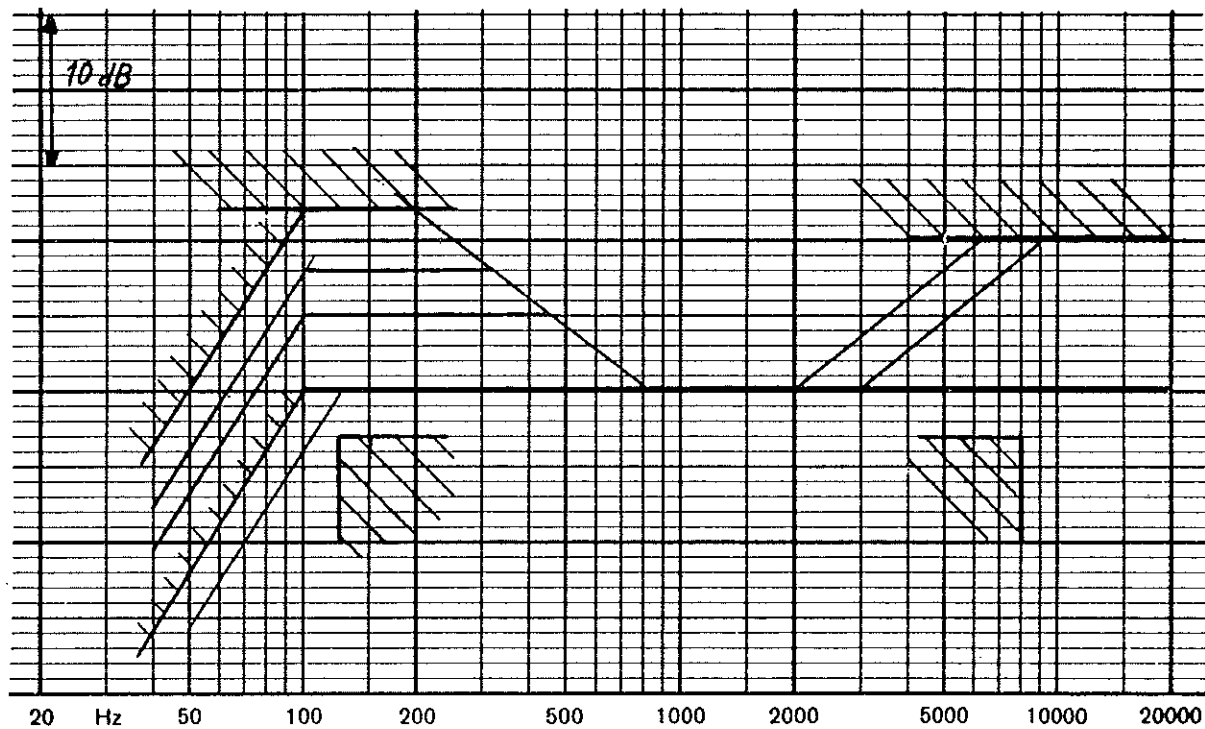
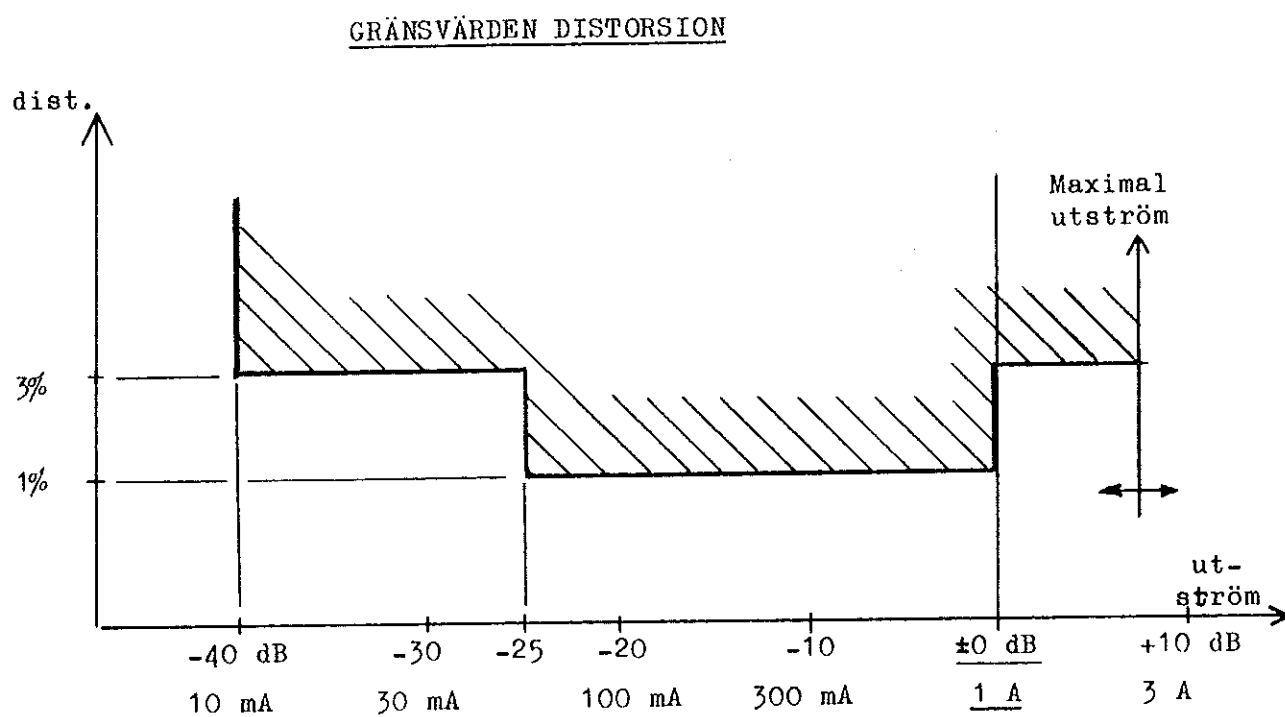
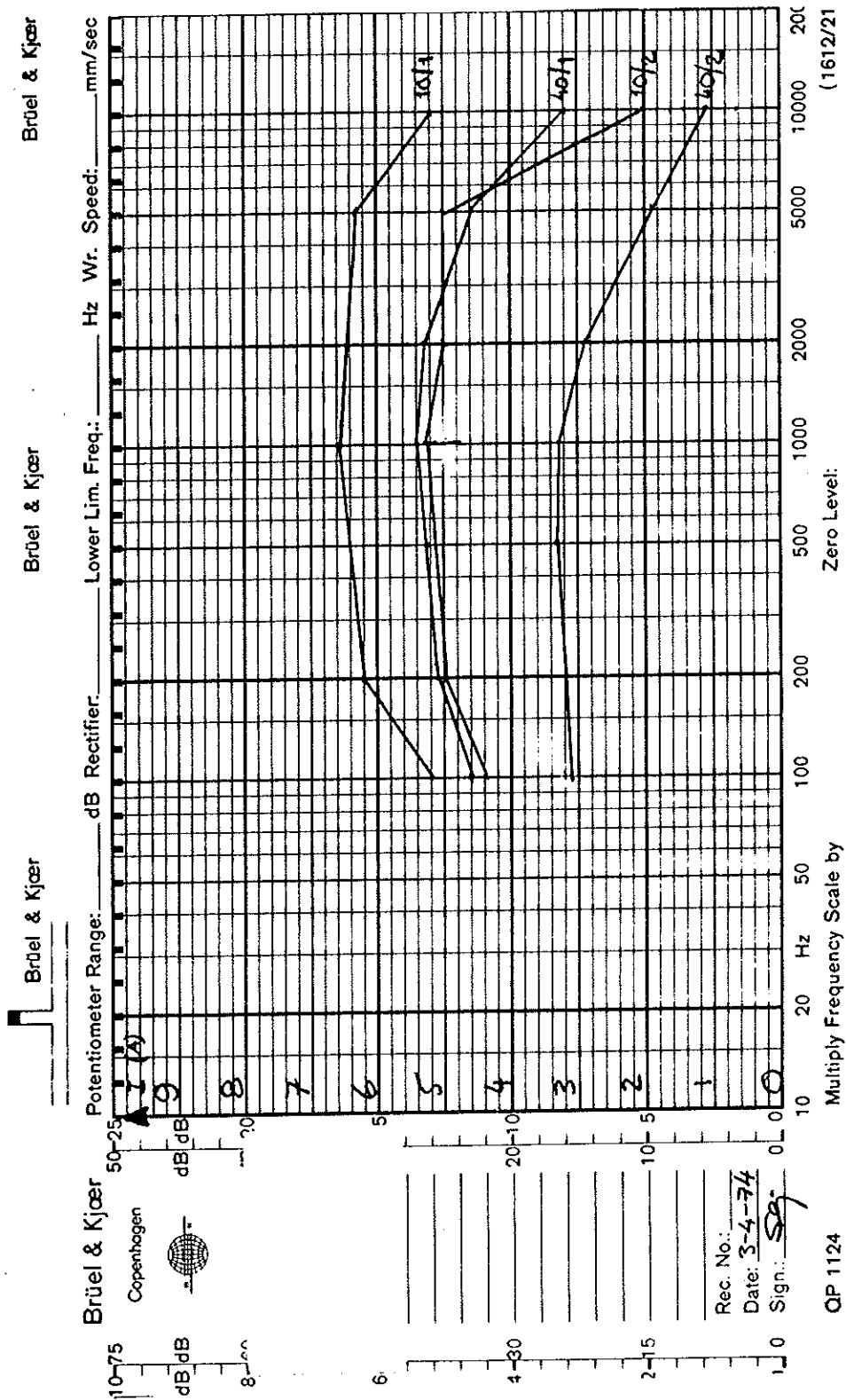


Fig 2. Frekvenskurvor i slingförstärkare

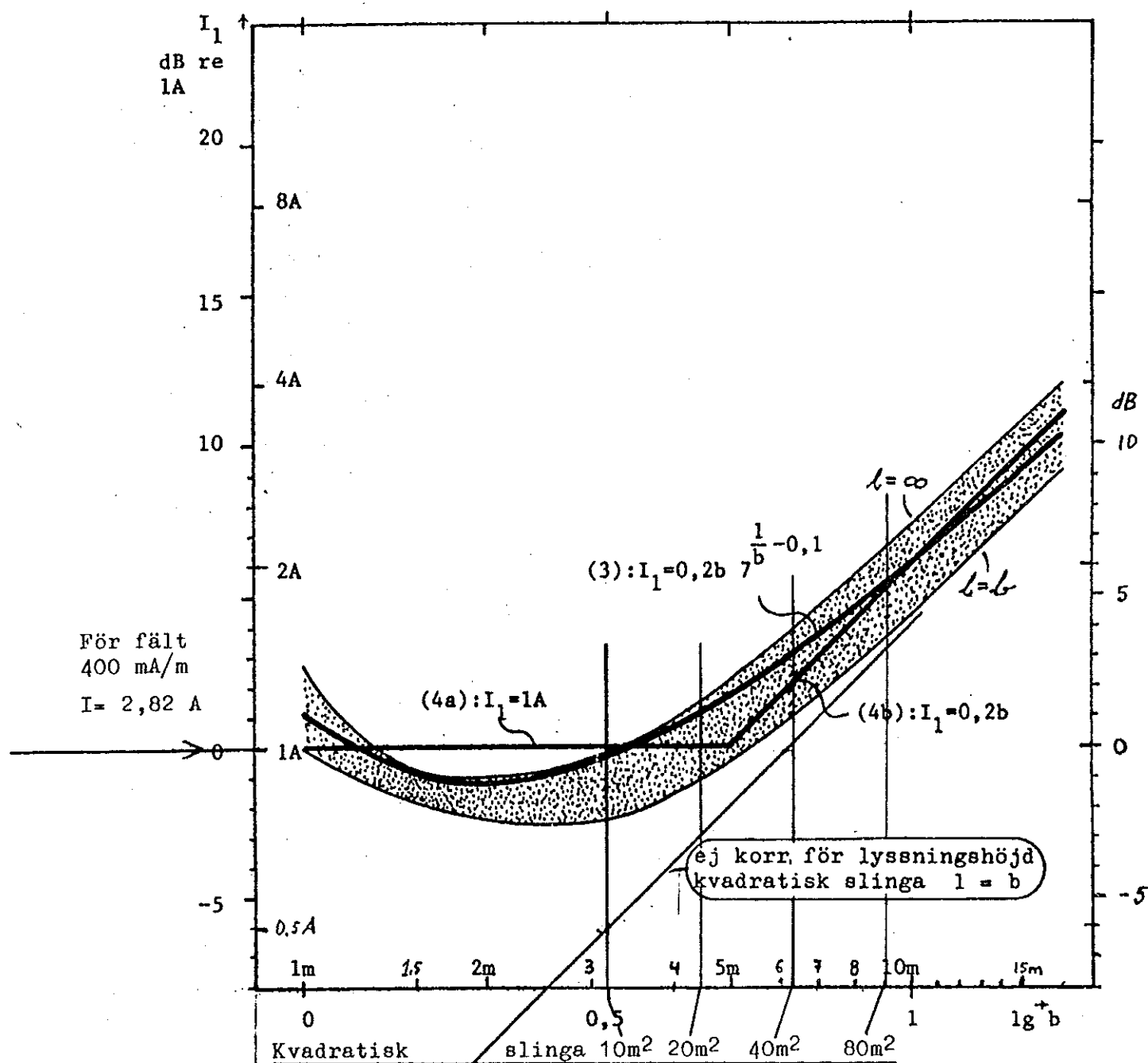
Figur 3





Figur 4 Maximal utström (3 % dist.) för typisk ström-
motkopplad slingförstärkare. Konstbelastning 10 - 40 m²
1 eller 2 varvs slinga.

Figur 5



Variationsområde for nødvendig strøm gjennom gulvmontert slynge med 1 torn som funksjon av slyngebredden når slynge lengden varieres fra b til ∞ . Tilnærmet strøm iflg. (3) og (4) er også inntegnet.

Fält: + 3 dB rel 100 mA/m
(+ 5 dB rel 10^{-7} T, Wb/m²)

Lyssningshöjd: 1m över slingan

M Kringlebotn

Figur 6

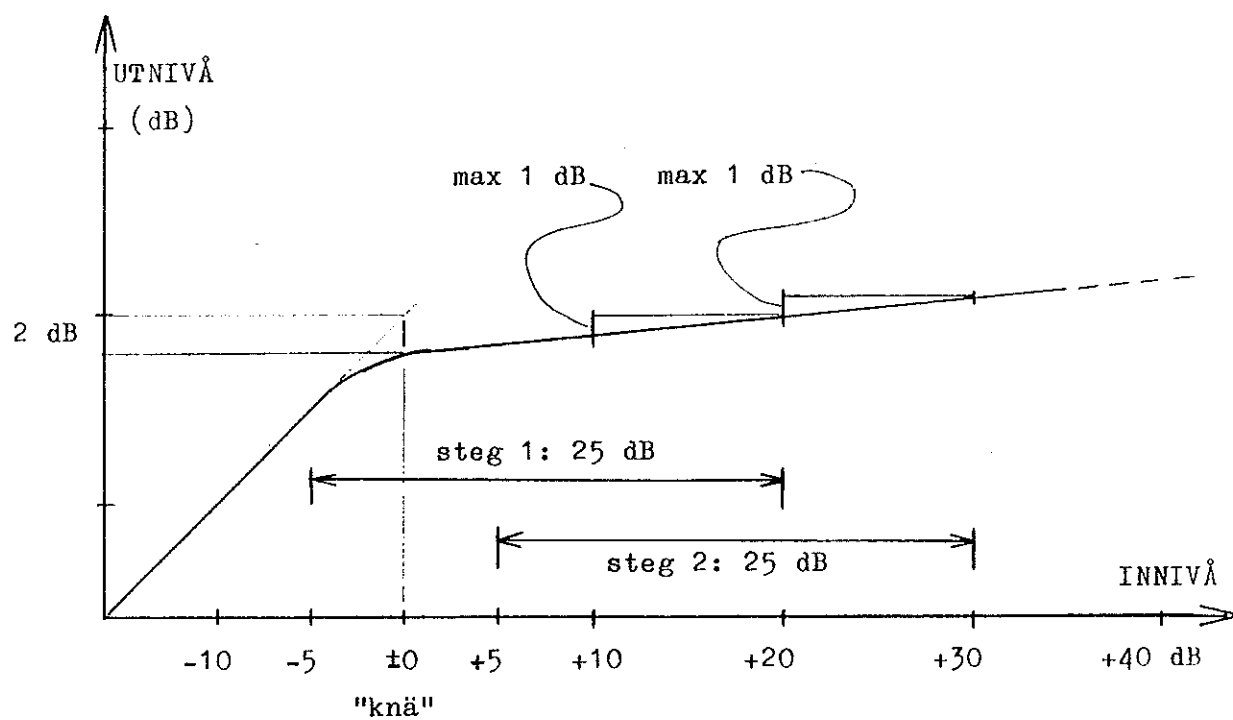


Fig 6. Reglerförstärkare för nivåhållning i samband med slingförstärkare. Statisk kurva.
Nivåsteg för testning av dynamisk funktion inlagda.

Figur 7

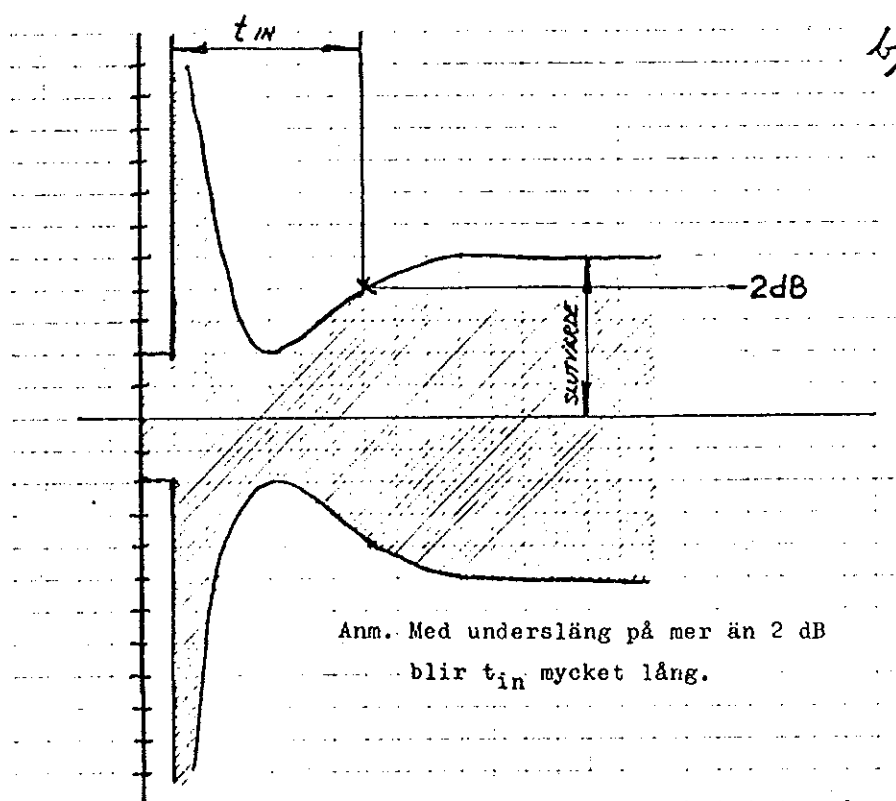
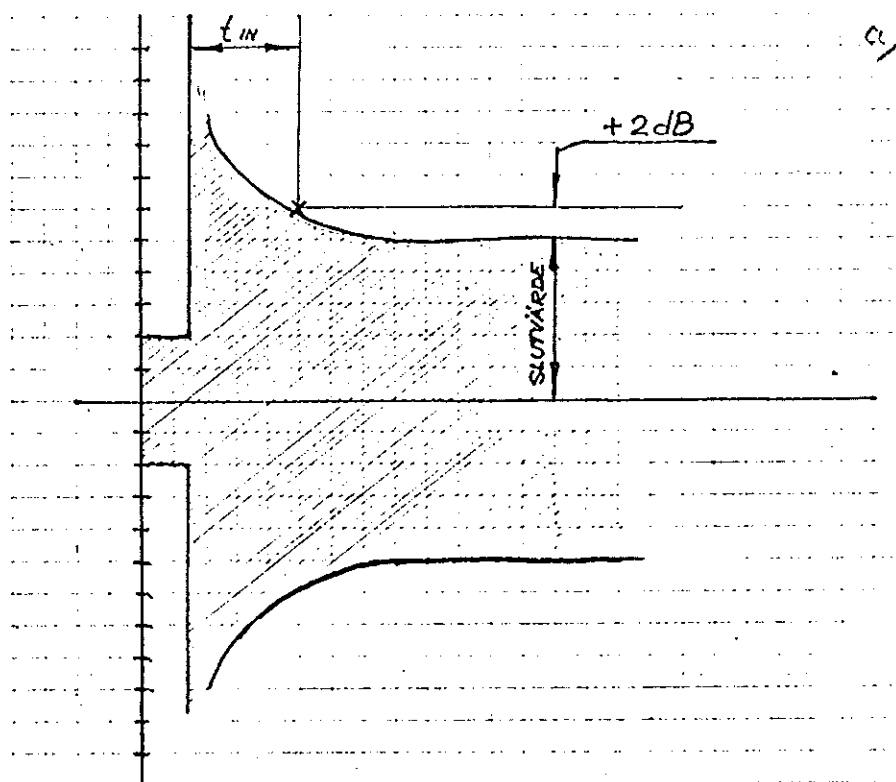


Fig 7. Reglerförstärkare. Dynamisk funktion. Definition av insvängningstid.

BILAGA 1 SLINGFÖRSTÄRKARE; FÖRSLAG TILL KRAVSammanfattning

Belastning beräknad för rum med 10, 20, 40 m² golvyta
1 och 2 varv slinga 2 x 0.4 mm².

Frekvenskurvor

Magnetfält i rummet min 150 Hz - 5 kHz

Förstärkare:

Övre gränshfrekvens vid stor slinga min 8 kHz

Undre "- brant fall min 12 dB/oktav 100-125 Hz

Tonkontroller:

Baskontroll brytfrekvens 800 Hz

Enbart bashöjning som kompenstation för
telespolens känslighet ner till 200 Hz

Diskantkontroll brytfrekvens^{x)} 2-3 kHz

Kompenstation för järnarmering^{x)},
enbart höjning max +10 dB

^{x)} kan utgå för slingor <25 m²

Tonkontrollerna skall vara graderade.

Signal-störavstånd i program min (A och C-vägning) -40 dB

Brusnivå

Störström för slutsteg (A-vägning)rel 1 A -70 dB

(C-vägning)rel 1 A -60 dB

Distorsion

(k₂ eller k₃)

Signal: 100 Hz - 8 kHz

Utström: från -40 dB rel 1 A till -25 dB max 3%

-25 dB rel 1 A till 1 A max 1%

Maximal utström

Signal: 100 Hz - 8 kHz vid 3% distorsion

Utström: uppmäts och anges i ampère (RMS)

Beräkning av förstärkarens kapacitet

Gränsvärde för intäckt yta	min 40 m ²
1 kHz och 3 % distorsion i förstärkare	
skall ge ett fält i rummets mitt	min 400 mA/m
8 kHz och 3 % distorsion	min 200 mA/m

Ingångar (under arbete)

Linjeingång
Ev. mikrofoningång

Nivåkontroll, slingström

Inställningsmöjlighet och gradering, lämpligen 3 dB-steg

Eventuell reglerförstärkare

Statisk funktion

Insignalområde	35-40 dB
In-utförhållande (dB)	min 10:1

Dynamisk funktion, språng 25 dB

Insvängningstid (± 2 dB)	10-30 ms
Utsvängning	~ 1 dB/s
Kontroll av symmetri	

Utdrag ur mätningar på slingförstärkare

Gränsfrekvens	R e s e r v				Dist.	Brus	Reglerförstärkare		
	40 m ² n=1	40 m ² n=2	200mA/m n=1	40 m ² n=2			stat. område	30 dB- t _{in}	språng t _{ut}
fu	kHz	kHz	dB	dB	%	-dB	dB	ms	s
=100-125	>8	>8	>0	>0	<3	>70/ >60	=35-40	=10-30	~ 30
200	13	7	+1.6	+3.6	+3.9	±0.0	78/68	-	-
120	14	7	+4.4	+6.0	+6.0	+2.0	77/68	35-40	20-35
80	20	16	+3.6	+5.0	+3.6	+2.0	83/69	40	18-28
100	>20	10 ^{x)}	+3.6	+6.8	+6.3	+5.5	70/50	-	-
()	6	4 ^{xxx)}	+1.5	-4.1	-4.5	-3.1	87/70	-	-
50	12	7	-8.5	-0.5	+0.3	+1.6	-	-	-
-	-	-	-5.5	-2.7	-2.8	-7.3	80/65	-	-
100	5	3	-6.8	-	-	-	35	10	20
180	-	-	-	-	-	-	-	-	-

typ av slut-
steg

1

2

3

4

5

6

7

8

x) stigande 5 dB puckel

xx) stigande under 100 Hz

xxx) kan förbättras med tonkontroll

Vissa här redovisade mätningar gjorda enligt tidigare uppställda krav.
Därav avvikelser från föreslagna metoder (10kHz samt 30dB språng)

BILAGA 3 FÄLTSTYRKEMÄTNING

Målsättningen bör vara en fältstyrkemeter för praktiskt fältbruk. Enkelt handhavande och lätt att med god noggrannhet avläsa utstyrning och ge en objektiv uppfattning av störnivå, fig. 2.

Magnetisk pickup-spole med förstärkare
Frekvensgång 100 (150) Hz-10 kHz

Program

Instrument

- Max PEAK
- Toppvärde (positivt eller negativt) med definierade tidskonstanter (t.ex. t_{in} : 10-30ms, t_{ut} : 3-10s)
- Impuls - Impuls hold
- RMS enligt IEC 179 (fast)
- VU-meter (average)

Kalibrering

Topplikriktande instrument och VU-meter kalibreras till samma värde som ett RMS-instrument då instrumenten påföres ett sinusmodulerat fält 1 000 Hz. Skala graderad i dB rel 100 mA/m för sinuston, fig. 1.

Mätning

Vid mätning på programmaterial anges vilken instrumenttyp som använts (ev. också tidskonstanter).

Anm.: Mätningen utföres utan frekvensvägning och filter; undre gränsfrekvens 100-150 Hz för att inte påverka talpektrum. Vid denna mätning är en dämpning av 50 Hz önskvärd, då denna frekvens alltid har den högsta amplituden av störande fält. Om RMS eller VU-instrument användes

kommer utslag för program 100 mA/m att ligga på ungefär samma nivå som i en del fall förekommande brumstörning från elnätet.

Impuls ger något större skillnad mellan talnivå och brum. Toppvärden med viss tidskonstant ger stort avstånd mellan talsignal och en maximal och acceptabel 50 Hz brumstörning. Tidskonstanten är tillräckligt kort för att indikera toppnivån för tal och musik med tillräcklig noggrannhet.

Max PEAK har mycket kort reaktionstid (20 μ s) och kan lätt ge för höga mätvärden på grund av enstaka störningar.

Störnivå

Mätning genom vägningsfilter med väl definierad frekvensgång till 50 Hz inkluderat spole och förstärkare.

Filter

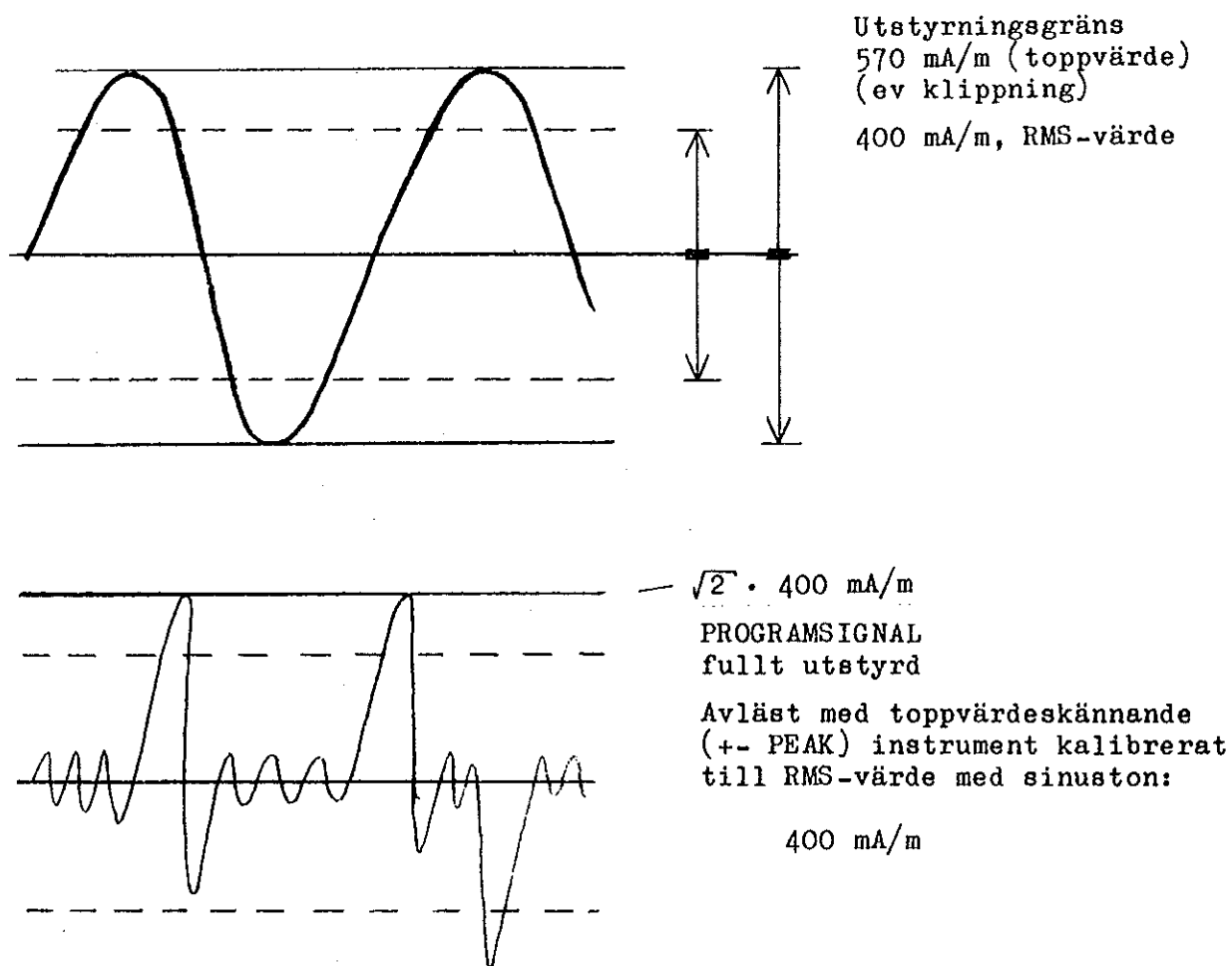
A-filter eller filter med brantare lutning, fig. 3. Frekvensgång över 1 000 Hz kan ha i stort sett godtyckligt utseende, göres lämpligen plan $\pm 0 - +3$ dB.

Instrument

RMS-likriktande. Som en kompromiss kan average (VU eller liknande) användas. Mätfelet håller sig då inom 0 - -1 dB för alla rimliga spektra, även med branta filter och övertonsrika tyristorstörningar. Toppvärdeslikriktning även med lång tidskonstant ger felvisning på 0 - +4 dB jämfört med RMS-mätning.

Kalibrering

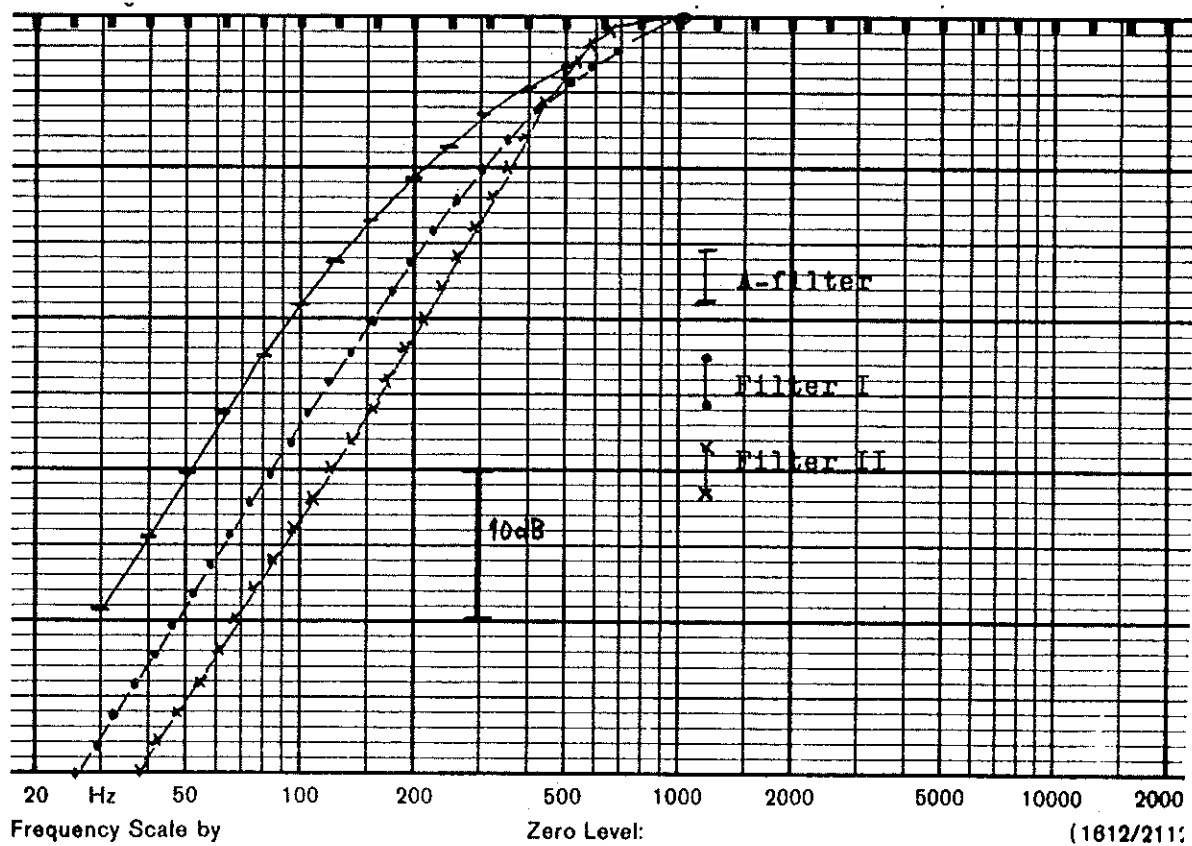
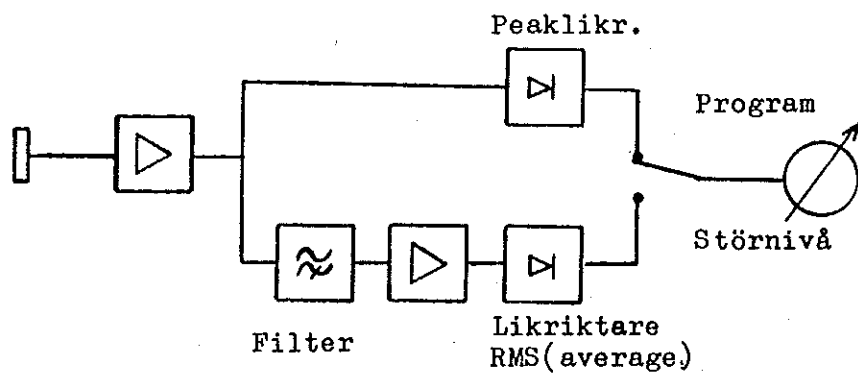
Med inkopplat filter, sinuston 1 000 Hz, på samma sätt som för programlikriktare. Skala graderad i dB rel 100 mA/m för sinuston.



Anm.: A-filter ger mycket liten uppfattning av den verkliga störningen. Mätvärdet blir i de flesta fall ett mått på nivån av 50 Hz, i en del fall 150 Hz.

50 Hz upplevs trots sin ofta höga nivå inte störande och samma sak gäller i någon mån på 150 Hz. Hörapparaten dämpar speciellt 50 Hz mycket kraftigt. Användande av brantare filter vid störnivåmätning bör undersökas ytterligare. Vid konstruktion av mycket bredbandiga hörapparater bör dessa skära så brant som möjligt under sin gränshfrekvens.

FÄLTSTYRKEMETER



Frequency Scale by

Zero Level:

(1812/211)