

POPULÄR

RADIO

tidskrift för radio, television och elektroakustik

Känsligheten hos mikrofoner

Olika sätt att ange den samt hur den mätes
Av civilingenjör Stellan Dahlstedt

Skärmgalleravkoppling

Beräkning av skärmgallerkondensatorn
Avkoppling med enbart resistanser
Av civilingenjör Holger Marcus

Impedansmätning

Enkla metoder av stort intresse för servismän
och amatörer
Av ingenjör John Schröder

Felsökning

på radioapparater — Systematiskt tillväga-
gångssätt felsökningens A och O

Frågespalten

1943

8

augusti

60 öre



SVENSK TEKNISK UPPSLAGSBOK

3:dje och sista delen utkommen

Den moderna utvecklingen kräver ökade tekniska kunskaper — teknikens män behöva ett uppslagsverk där man snabbt och säkert finner tekniska data och sakliga artiklar inom de olika verksamhetsområdena. Svensk Teknisk Uppslagsbok omfattar flertalet av de tekniska områdena — är uppställd så att alla som arbeta med tekniska frågor i praktiken kan utnyttja den till fullo — framstående specialister och fackmän ha medarbetat. Var och en som gör anspråk på att följa utvecklingen inom den moderna tekniken bör skaffa sig Svensk Teknisk Uppslagsbok.

Del III omfattar bl a: Industriell ekonomi — Industriell organisation — Flygmaskinteknik — Vattenkraftteknik — Byggnadskonstruktioner — Tryck och reproduktionsteknik.

Pris per del inbunden kr. 18: 50 + oms.

N O R D I S K
BOX 450



R O T O G R A V Y R
STOCKHOLM 1

RADIOTEKNIK
ELEKTRONIK
GRAMMOFON- OCH
FÖRSTÄRKARTEKNIK
LJUDÅTERGIVNING
TELEVISION
AMATÖRRADIO
EXPERIMENT
OCH APPARATBYGGE
MÄTTEKNIK
RADIOSERVIS

Utkommer den 20 varje månad.
Juli—augusti utgives ett dubbelnummer.
Läsnummerpris: 60 öre, dubbelnummer 1 kr.
Prenumerationspris:
1/1 år kr. 6:—, 1/2 år kr. 3:25.

Redaktion, prenumerationskontor och annons-
expedition:
Luntnakaregatan 25, 5 tr., Stockholm.
Telefon: Namnanrop "Nordisk Rotogravyr".
Telegramadress: Nordisk Rotogravyr.
Postgiro 940 — Postfach 450.

EFTERTRYCK AV ARTIKLAR HELT ELLER DELVIS
UTAN ANGIVANDE AV KÄLLAN FÖRBJUDET

POPULÄR

RADIO

ORGAN FÖR STOCKHOLMS RADIOKLUBB
TEKNISK REDAKTÖR: INGENJÖR W. STOCKMAN

INNEHÅLL

AUGUSTI 1943

Frågespalten	130
Känsligheten hos mikrofoner	131
Skärmgalleravkoppling	136
Uppmätning av impedanser	138
Felsökning på radioapparater	141



AKTIEBOLAGET
INDIKATOR

OVAMETER

är ett universal-instrument med vridspolesystem för likström och med inbyggd likriktare för låg- och tonfrekvent växelström. Tack vare sitt stora mätomfång — lägsta mätområde 1 mA resp. 1,5 V, högsta 10 A resp. 1000 V — ersätter OVAMETERN i många fall en större instrumentuppsättning.

Mätområden

Strömstyrkor	0—1—10—100—500 mA—10 A	Lik- och växelström
Spänningar	0—1,5—10—100—250—1000 V	Lik- och växelström
Motstånd	0—1000—10000—100000 Ω	Avläsning direkt på ohmskala

RÅDMANSGATAN 84, STOCKHOLM Telefon växel 31 45 00

FRÅGESPALTEN

Tekniska frågor kunna ej besvaras brevledes. Frågor av mera allmänt intresse kunna insändas till Populär Radio, Postbox 450, Stockholm, och besvaras i mån av utrymme här nedan. Kuvertet märkes "Frågespalten".

»Labyrint», Göteborg. I juni-numret var en skiss över en »labyrint-högtalare» publicerad. På denna syns endast gången för ljudet närmast högtalaren, men ej fortsättningen. Vore tacksam för någon komplettering av denna skiss eller förklaring i nästa nummer.

Svar: Vi hoppas att med artikelförfattarens bistånd kunna återkomma med en utförlig beskrivning över denna högtalare i ett senare nummer av Populär Radio.

»Q.», Stockholm. I en tidskrift har jag funnit följande formel för Q -värdet hos en spole: $Q = \omega L / R$, där R uppges vara spolens likströmsmotstånd. Kan detta vara rätt? I en svängningskrets där spolen ingår, är väl växelströmsmotståndet av större intresse än likströmsmotståndet.

Svar: I formeln betecknar R spolens växelströmsresistans, som kan vara avsevärt större än likströmsresistansen.

»Detektor». Vilken typ av detektor är känsligast för svaga signaler, och vilken typ ger bästa ljudkvalitet?

Svar: Den gallerlikriktande detektorn är känsligast. Även när det gäller detektorer med återkoppling är denna typ att föredra, emedan det ofta är svårare att få återkopplingen att fungera bra vid anodlikriktning. (Högfrekvenspentod som detektor förutsättes.)

Bästa ljudkvalitet erhålles med dioddetektorn, i synnerhet om den får arbeta med stark signal (en eller annan volt åtminstone) samt i speciell koppling, som ger ringa distortion vid hög modulationsgrad.

»Selektivitet». Ger ett bandfilter, bestående av två med varandra kopplade kretsar, större selektivitet än samma två kretsar åtskilda av ett högfrekvensrör?

Svar: Nej, största selektiviteten med två givna kretsar erhålles i det fallet, att de äro åtskilda genom ett högfrekvensrör. Den resulterande resonanskurvan blir emellertid ganska spetsig vid lägre radiofrekvenser, vilket gör att de högre tonfrekvenserna dämpas. Bandfiltret ger en bredare topp hos kurvan, varigenom de högre tonfrekvenserna komma fram bättre och ljudet blir mer naturtroget.

C. B., Alingsås. Ämnar bygga tvärörsmottagaren för kortvåg i Populär Radio nr 11, 1942. 1) Finns färdiga byggsatser till denna i marknaden? 2) Äro Hammarlunds spolstommar nödvändiga? 3) Var kunna dessa spolstommar erhållas?

Svar: 1) Byggsatser finnas ej till denna mottagare. 2) Spolarna kunna lindas på vanliga spolrör av pressspan med 40 mm diameter, varvid de uppgivna varvtalen måste reduceras något, för att våglängdsområdena skola stämma. Dessa spolar bli ej fullt så bra som de, vilka lindas på originalstommarna, men om bottenplattan, i vilken kontaktstiften sitta, utföres av högvärdigt isolermaterial, t. ex. trolit, torde skillnaden ej bli så stor. Det förutsättes härvid att spår ej göres i spolröret för tråden, ty härvid öka de dielektriska förlusterna avsevärt. Även spolhållaren bör ha minsta möjliga förluster. 3) Hammarlunds spolstommar kunna erhållas i 4- och 5-poligt utförande från firma Johan Lagercrantz, Värtavägen 57, Stockholm.

»H. N.». Hur beräknas likspänningen från ett likriktaraggregat med likriktarrör, reservoarkondensator, sildrossel och silikondensator? En spänningsförhöjning brukar ju uppstå vid lämplig dimensionering av elementen. Vilken nytta gör reservoarkondensatorn?

Svar: Likspänningen över reservoarkondensatorn vid givet värde på denna och givet strömmuttag erhålles ur rörfabrikantens kurvor för likriktarröret i fråga. Spänningsfallet i drosseln beräknas och från drages. »Spänningsförhöjning» gentemot den likriktarröret tillförda växelspänningens effektivvärde erhålles, om relativt låg ström uttas.

Den högsta likspänning, som kan erhållas (ingen ström uttas från likriktaren), är lika med växelspänningens maximivärde (1,414 ggr effektivvärdet). Reservoarkondensatorn inverkar på den avgivna spänningen; vid visst strömmuttag ger en större kondensator högre spänning. Dessutom fås genom denna kondensator en grovfiltrering av störspeänningen före filtret.

G. L., Stockholm. Ämnar uppsätta en utomhusantenn av vanlig L-typ. I vilken riktning skall antennen sträckas? Skall den horisontella delen vara riktad mot den station man vill höra bäst, eller skall den bilda rätt vinkel mot riktningen till stationen?

Svar: En sådan antenn saknar praktiskt taget riktverkan, varför det ej har någon betydelse, i vilken riktning den horisontella delen sträcks.

REDAKTÖRENS BREVLÅDA

Till Red. av Populär Radio, Stockholm.

Edra artiklar i Pop. Radio: »Apparatserie för nybörjare» förra året ha för oss nybörjare varit av mycket stort värde, och byggandet efter dessa ha utfallit till stor belåtenhet. Beskrivningarnas planmässighet och mätningarnas utförande ha fört oss ett gott stycke mot målet att förstå en apparats funktion.

Någon fortsättning av dessa för nybörjare tillrättalagda artiklar har dock i år uteblivit. Om vi nybörjare få säga vår mening, så skulle en beskrivning av en *nätansluten apparat* emotas med stort intresse. Helst då i stil med batteriapparaternas successiva uppbyggnad. Endast genom detta förfarande kan en nybörjare tillägna sig förloppet i en radioapparat.

Det kanske kan invändas, att bristen på koppartråd f. n. sätter stopp för dylika apparater, men många radiofirmor ha ju massvis med kasserade transformatorer som i så fall kunde användas vid nyttillverkning av nättransformatorer.

Sedan är det väl myndigheterna som satt stopp för dylika apparater på grund av brandrisken? Denna förefaller dock minimal vid arbete efter korrekta beskrivningar.

Med stor tacksamhet för föregående artiklar samt lika stort intresse för kommande i Er ärade tidning teckna vi med utmärkt högaktning

»Många radioamatörer i Uppsala.»

För att tillmötesgå detta och många liknande önskemål ha vi planerat en ny artikelserie med beskrivningar över nätanslutna apparater. Beträffande myndigheternas inställning ha dessa aldrig motsatt sig att amatörerna av intresse för radiotekniken och för att förkovra sig i dennas praktiska tillämpning bygga nätanslutna apparater för eget bruk. Sådana apparater få givetvis ej överlåtas på andra, försvärrat de ej dessförinnan S-märkas. Konstruktören får begagna apparaten på egen risk. För att göra denna risk så liten som möjligt, skola vi vid beskrivning av apparaterna lägga särskild vikt vid säkerhetsfrågor.

Red.

Kortvågsmottagare

Teknolog Carl Akrells artikelserie med ovanstående rubrik har måst avbrytas för tillfället på grund av att artikelförfattaren är strängt upptagen av viktigare göromål. Vi hoppas emellertid att längre fram i höst kunna fortsätta denna av många läsare uppskattade artikelserie.

BYTEN OCH FÖRSÄLJNINGAR

Under denna rubrik införa vi standardiserade radannonser av nedanstående utseende till ett pris av kr. 2:— per rad. Minimum 2 raders utrymme. Dessa radannonser äro avsedda att skapa en försäljningskontakt radioamatörerna emellan.

Radiointresserad yngling, som läser ing.-kurs vid NKI önskar praktikanställning hos radioreparatör med eg. verkstad. Svar till »NKI-elev», Furulund D 13, Södertälje.

POPULÄR RADIO

TIDSKRIFT FÖR RADIO
TELEVISION OCH
ELEKTROAKUSTIK

NR 8

AUGUSTI 1943

XV ÅRG.

Känsligheten hos mikrofoner

Hur man anger känsligheten hos en mikrofon samt hur mikrofoner kalibreras omtalas i nedanstående artikel

Av civilingenjör Stellan Dahlstedt

(Aga-Baltic AB)

Det är av stort intresse att kunna jämföra olika mikrofoner, då ju ljudkvaliteten i ett överföringssystem ofta bestämmes av just mikrofonen.

Generellt kan man säga, att det finnes två sätt att bedöma mikrofoners kvalitet: lyssningsprov och akustiska mätningar. Rätt utförda lyssningsprov kunna ge värdefulla upplysningar om mikrofonernas funktion under verkliga arbetsförhållanden. Vanligen utföras proven så, att en mikrofon under prov jämföres med en normalmikrofon, vars egenskaper man känner. Emellertid måste man, om man skall gå till grunden, jämföra det reproducerade ljudet med originalljudet och icke endast med standardmikrofonens ljudkvalitet. Detta senare kunde på grund av örats förmåga att vänja sig ge felaktiga resultat.

Lyssningsprov äro påverkade av olika felkällor. Rumsakustiken och fel i till mikrofonen hörande transmissionsanordningar såsom transformatorer, förstärkare och i synnerhet den högtalare, i vilken avlyssningen sker, inverka på resultatet.

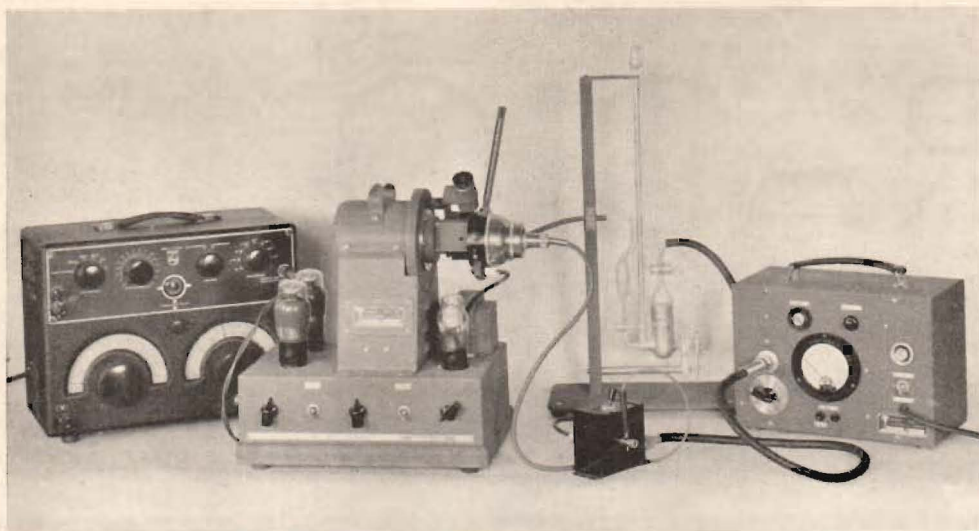
Vid akustiska mätningar försöker man så långt som möjligt utesluta alla yttre akustiska effekter. De data man

vill ha fram, äro mikrofonens egna egenskaper i det speciella ljudfält, som användes för mätningen. Dylka mätningar äro särskilt användbara för den som skall konstruera mikrofoner eller apparater, till vilka mikrofoner skola användas.

Om likadana mätutrustningar äro tillgängliga hos mikrofonkonstruktören, tillverkaren och den, som använder mikrofonerna, existerar en gemensam bas för diskussion av mikrofonproblemen. Försök ha också gjorts att standardisera mätmetoderna (L1 och L2).¹

En mikrofonens känslighet definieras som förhållandet mellan den spänning, mikrofonen lämnar i tomgång och det akustiska tryck, som påverkar mikrofonen. Två mätmetoder kunna tänkas: *tryckkalibrering* eller *kalibrering i ett öppet ljudfält*. Vid tryckkalibreringen är trycket konstant över membranet och mätes vid membranet. I den senare metoden införes mikrofonen i en plan fortskridande ljudvåg. Härvid förvränger mikrofonen fältet, och ljudtrycket på mikrofonen är ej detsamma som ljudtrycket i fältet, innan mikrofonen placerades där. Fältförvräng-

¹ Se litteraturförteckning i slutet av artikeln.



Totalbild av den apparatur, som av förf. använts för kalibrering av mikrofoner.

ningen beror på reflexion av ljudvågen mot mikrofonens membran och hölje. Vid *fältkalibrering* angives ljudtrycket i det oförvrängda ljudfältet som mättryck och mikrofonens känslighet definieras som förhållandet mellan den spänning mikrofonen lämnar i ljudfältet och det ljudtryck som existerade, innan mikrofonen placerades i fältet.

Tryckkalibrering kan utföras enligt termofonmetoden, Pistofonmetoden. (Se appendix.) Den är särskilt lämplig för att undersöka kristall- eller kondensatormikrofoner, som sedan skola tjäna som normaler vid kalibrering av andra mikrofoner. Kalibreringen tillgår i huvudsak så, att mikrofonen inneslutes i en liten kammare, där tryckvariationer åstadkommas genom att leda en tonfrekvensström genom remsor av guldfolium (termofon) eller genom att låta en liten kolv utföra tonfrekventa svängningar (Pistofon). För att förhindra resonanser i tryckkammaren fyller man den ibland med vätgas. På grund av att ljudhastigheten i vätgas är betydligt högre än i luft, flyttas resonanserna högre upp i frekvensområdet.

Fältkalibreringen är strängt taget av större praktiskt intresse, eftersom den mera motsvarar mikrofonernas användning. Den utföres vanligen enligt jämförelsemetoden. En normalmikrofon, vars fältkalibrering utförts enligt absoluta metoder, införes i ljudfältet. Dess utspänning mätes helst med automatisk registrering över hela frekvensområdet. Därefter införes den mikrofon, som skall undersökas, i ljudfältet i stället för normalmikrofonen. Av de båda så erhållna kurvorna kan man få fram mikrofonens verkliga frekvenskurvor.

Man måste iaktta flera försiktighetsmått för att ernå tillfredsställande noggrannhet vid dessa mätningar. Det viktigaste är att man har en stabil referensmikrofon. Vidare måste en noggrann fältkalibrering utföras. Detta kan

göras medelst Rayleighskiva (L5). I korta drag bygger denna metod på det faktum, att en tunn skiva, som uppspännes i ett ljudfält, försöker orientera sig så, att dess plan blir vinkelrätt mot partikelrörelsen i vågen.

En kalibrering med Rayleighskiva ger en markant ökning av känsligheten för höga frekvenser, om man jämför med en tryckkalibrering. Denna ökning orsakas av resonanser och reflexioner mot mikrofonen. Det visar sig, att om man uträknar korrekationer för dessa störningar av ljudfältet, så stämmer fältkalibreringen väl med tryckkalibreringen. Eftersom kalibrering med Rayleighskiva är mycket besvärlig och tidsödande, är det i allmänhet lättare att utföra en tryckkalibrering och beräkningsmässigt utföra nödiga korrekationer för ljudfältförvrängningen. Periodiska prov av normalmikrofoner i tryckkammaren och elektriska prov på den förstärkare, som användes, äro nödvändiga för att upptäcka förändringar i känsligheten.

Det är tydligt, att om det ljudfält i vilket mikrofonen placeras icke är en plan fortskridande vågrörelse, uppkommer mätfel, som orsakas av fältet. Man kan eliminera dylika fel i stor utsträckning genom att använda ljudkällor, som stråla huvudsakligen i en riktning, genom att använda nästan fullständigt ljudabsorberande väggar i mätrummet eller genom att arbeta utomhus.

Mätning utomhus får anses som standard. Tyvärr är det ofta svårt att utföra dylika mätningar i vårt klimat, och ett fullständigt absorberande mätrum är en dyrbar anläggning. Härtill kommer all apparatur, som skall hållas i trim för att göra absoluta kalibreringar. Det är då ej egendomligt att korrekta uppgifter på mikrofoners känslighet sällan stå att få.

Skola två mikrofoner av helt skilda typer jämföras, måste man ta hänsyn till flera faktorer, som inkomma vid

mikrofonernas användning. Först kommer då mikrofonernas impedans i betraktande. Man kan ej säga, att man känner mikrofonens funktion fullständigt, förrän man känner impedansen som funktion av frekvensen. Särskilt vid mikrofoner avsedda att arbeta med transformator är kännedom om impedansen nödvändig. Här blir det till slut transformatorns kvalitet, som avgör mikrofonens verkliga känslighet, då ju i sista hand den spänning, som kan levereras till första förstärkarrörets galler, är avgörande för den praktiska känsligheten.

Det kan till sist vara av intresse att diskutera, huru lyssningsprov överensstämmer med de ovan beskrivna mätmetoderna. Det visar sig lätt att avgöra, om två mikrofoner ha olika känslighet i basen eller i diskanten. Man skulle då tycka, att om två mikrofoner ha samma känslighet vid alla frekvenser, så skulle de ge samma ljudkvalitet. Det är emellertid ej fallet. Det är en vanlig iakttagelse, att två sådana mikrofoner visa en märkbar skillnad i ljudkaraktär. Skillnaden beskrives som att den ena typen ger ett behagligare eller naturligare ljud. Det visar sig, att denna för örat så tydliga skillnad beror på de små oregelbundenheter, som oftast finnas i mikrofonernas frekvenskurvor. Ju slätare frekvenskurvan är, desto behagligare är ljudet.

Som enhet för känsligheten användes 1 volt per dyn per cm^2 .² Mikrofonen tänkes härvid arbeta utan belastningsmotstånd. Om transformator eller andra kopplings-element äro inbyggda i mikrofonen, räknas dessa ej som belastning utan räknas som hörande till mikrofonen.

För att jämföra olika mikrofontyper bör man reducera alla känsligheter till att gälla den praktiskt möjliga spänningen på första förstärkarrörets galler. Vid kristall- och kondensatormikrofoner behöver man härvid endast ta hänsyn till den nödvändiga mikrofonkabelns längd (kapacitet), men vid dynamiska och magnetiska mikrofoner kan det bli nödvändigt att tänka sig en transformator mellankopplad. Det är emellertid omöjligt att konstruera en transformator med samma impedans som t. ex. en kondensatormikrofon. Vid en jämförelse måste man därför standardisera en maxiimpedans för upptransformering. Förslagsvis kan man sätta denna till 50 000 ohm.

Mikrofonens impedans som funktion av frekvensen måste vara känd, om man objektivt skall bedöma dess kvalitet. Impedansen har inverkan på användbar mikrofonkabel, möjlig upptransformering och den slutliga frekvenskurvan.

² Dyn per $\text{cm}^2 = \text{dyn}/\text{cm}^2 = \mu\text{bar}$. Tidigare har dyn/cm^2 inom fysiken och akustiken kallats endast bar, men då meteorologerna redan tidigare använt bar för det en million ggr högre tryck, som nära motsvarar normalt lufttryck, har dyn/cm^2 ändrats till μbar . Detta ger upphov till förväxlingar särskilt vid läsning av äldre tidskriftsartiklar inom elektroakustiken. Det rekommenderas att använda uttrycket dyn/cm^2 .

Exempel 1:

Angives känsligheten för en mikrofon till -60 dB, avses härmed att om ljudtrycket i en plan fortskridande våg är $1 \text{ dyn}/\text{cm}^2$, erhålles en spänning, som är 60 dB lägre än 1 volt, alltså 0,001 volt in på första rörets galler. Vid normalt tal (motsvarande c:a $10 \text{ dyn}/\text{cm}^2$) intill denna mikrofon, erhålles en spänning av 0,01 volt på förstärkarens ingång.

Exempel 2:

Angives känsligheten för en mikrofon till -100 dB och dess impedans till 50 ohm, lämnar den vid ett ljudtryck av $10 \text{ dyn}/\text{cm}^2$ 10^{-4} volt (0,1 mV) vid en impedans av 50 ohm. Mikrofonen kan alltså betraktas som en emk på 0,1 mV i serie med ett motstånd på 50 ohm. (Har ej annat angivits förutsättes 50 ohm reellt motstånd.) Den spänning som kan erhållas vid ett ljudtryck av $10 \text{ dyn}/\text{cm}^2$ på första rörets galler är vid mellankoppling av en transformator:

$$0,1 \cdot \sqrt{\frac{50\,000}{50}} = 3,16 \text{ mV}$$

varför mikrofonens känslighet med ingångstransformator kan angivas till -50 dB.

Stor förvillelse har rätt och råder vid angivande av mikrofoners känslighet. Man gör därför klokt i att noga undersöka vad de uppgivna data i verkligheten avse, innan man drar slutsatser ur en uppgift om en mikrofoners känslighet. Här några exempel på förekommande metoder:

Exempel 3:

Tidigare angavs ofta känsligheten i förhållande till 6 mW per dyn per cm^2 . Detta har naturligtvis den fördelen, att man ej behöver ange impedansen. Men å andra sidan kan man knappast tänka sig att ange t. ex. en kondensatormikrofoners känslighet på detta sätt. Man har svårt att fixera vilken impedans, som skall insättas. Dessutom fordrar angivande av en aktiv effekt att mikrofonen arbetar mot en reell impedans, som ofta sker med dynamiska mikrofoner, vilka ibland arbeta direkt på ohmska dämpsatser. Är en mikrofoners känslighet angiven till -80 dB enligt denna norm, motsvarar detta $6 \cdot 10^{-11} \text{ W}$ eller en spänning i ett 50 k Ω motstånd av $\sqrt{50\,000 \cdot 6 \cdot 10^{-11}} = 1,73 \cdot 10^{-3}$ volt vid ett ljudtryck av $1 \text{ dyn}/\text{cm}^2$. Den spänning erhålles, då mikrofonen är belastad. Antages nu att inre impedansen är lika med yttre impedansen, erhålles dubbelt så hög spänning vid öppen mikrofon eller 3,46 mV. Detta motsvarar en känslighet enligt den nya normen av

$$20 \log 0,00346 = -49,2 \text{ dB}.$$

Exempel 4:

Vissa fabrikanter ha angivit mikrofonernas känslighet i förhållande till 1 volt per 10 μ bar och motiverat detta med att 10 μ bar motsvarar den ljudstyrka, man kan räkna med vid en mikrofon för högtalaranläggningar. Den så angivna känsligheten är naturligtvis 10 ggr högre (=20 dB högre) än den korrekta. Det är naturligtvis av intresse för fabrikanten att kunna angiva höga känsligheter, varför detta system varit mycket omtyckt. I kataloger har kanske mest av okunnighet utelämnats uppgift om hur känsligheten angivits.

Ha de här anförda uppgifterna och exemplen kunnat bidra till att klargöra de verkliga förhållandena för både yrkesmän och amatörer, så vore mycket vunnit och än mer, om vi här i landet finge en institution med tillräckliga resurser för att utveckla och upprätthålla en standard på detta och hithörande områden.

Litteraturanvisningar.

- L1. »Standards on Electroacoustics 1938», Institute of Radio Engineers, USA.
- L2. »American Recommended Practice for the Calibration of Microphones», American Standard Association 1938.
- L3. Bell Syst. Tech. Journal Jan. 1931 s. 96: »Absolute Calibration of Condenser Transmitters».
- L4. »A Moving Coil Pistophone for Measurement of Sound Field Pressure», Journ. of Acoustic Soc. of America 1939 Jan. s. 200.
- L5. Sivian, L. J.: »Rayleigh Disc Method for Measuring Sound Intensities», The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and J. Science, 1928 Mars s. 615.

APPENDIX.

Kalibrering av mikrofoner enl. pistofonmetoden.

För att ge läsaren en uppfattning om huru en mikrofonkalibrering kan utföras skall här lämnas en kort beskrivning på en kalibrering enl. pistofonmetoden.

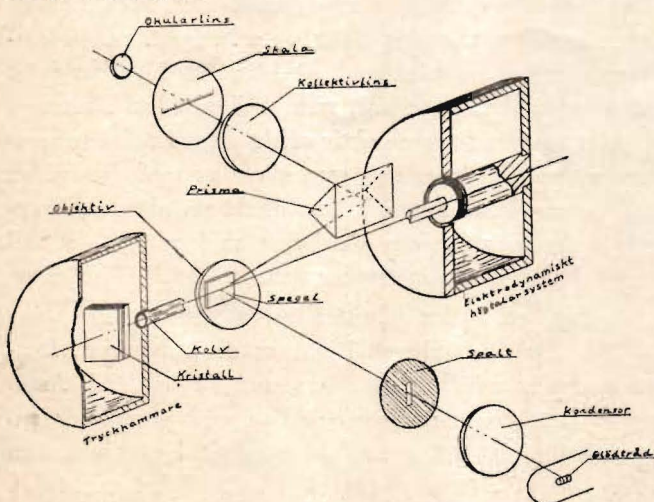


Fig. 1. Schematisk skiss av pistofon. Högtalarsystemet driver den lilla kolven i tryckkammaren fram och tillbaka så att ett ljud alstras i kammaren. Kolvens amplitud avläses med den optiska anordningen.

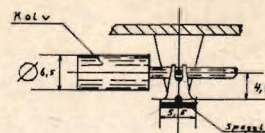


Fig. 2. För avläsning av kolvens rörelse användes en spegel, som bibringas en vridrörelse genom en hävarm till en tapp på kolvstången.

Pistofonmetoden lämpar sig rätt väl, då den experimentellt är relativt enkel.

En pistofon är kort sagt en liten sluten tryckkammare, i vilken ett växeltryck alstras medelst en kolva. (Fig. 1.) Kolven bringas att vibrera medelst drivspolen i en elektrodynamisk högtalare, vars membran borttagits. Medelst en anordning enl. fig. 2 bringas en liten spegel att vrida sig, då kolven gör utslag. Å fig. 1 visas huru ljuset från en glödlampa via en spalt och spegeln kastas på en skala i ett mikroskopokular. Genom att avläsa ljusstrimmans bredd i okulalet får man ett exakt mått på kolvens utslag. Kalibrering kan göras med en mikrometerskruv eller indikatorlocka. Fig. 3 visar hela apparatens uppbyggnad.

Om tryckkammarens dimensioner är små i förhållande till ljudets våglängd kan man lätt beräkna det alstrade ljudtrycket då man känner rörelseamplituden hos kolven. I den å Aga-Baltics laboratorium utförda pistofonen är avståndet från kolven till de perifona delarna av kammaren c:a 2,5 cm. Sättes detta lika med en kvarts våglängd erhålles gränshänsen för kammaren

$$f_{gr} = \frac{34\,400}{4 \cdot 2,5} = 3\,440 \text{ p/s}$$

då luft användes som medium. Långt innan denna frekvens blir amplituden med det använda drivsystemet för liten, så att kolvens rörelse ej kan avläsas. Av denna orsak användes pistofonen för närvarande endast upp till c:a 800 p/s. Drivsystemets egenfrekvens har valts till 100 p/s, varför lägre frekvenser än detta ej kunna användas vid mätningen. Trots det snäva frekvensområdet har pistofonen visat sig mycket användbar. Man kan nämligen lätt kalibrera en mikrofon, vars frekvenskurva man känner, t. ex. en tryckkristall, och därefter

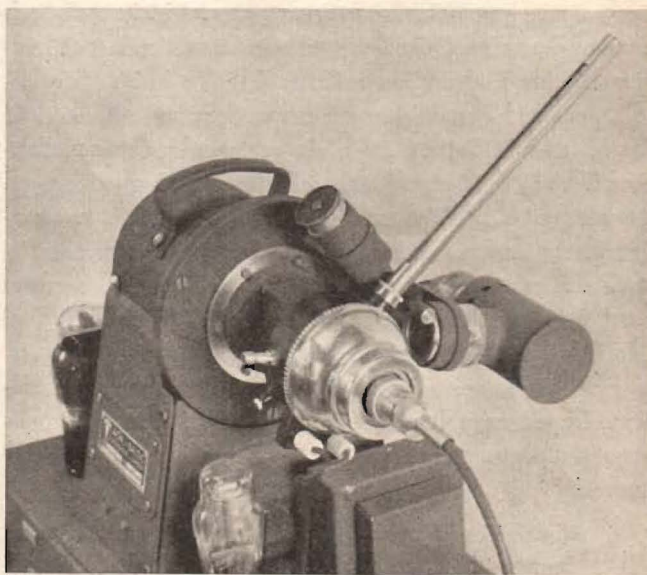


Fig. 3. Pistofonen. Tryckkammaren med mikrofonkontakten närmast. Lamplins och okular äro synliga därovanför. I det smala röret finnes en termometer. Det hela är monterat på ett chassi tillsammans med en lämplig förstärkare för att driva pistofonen.

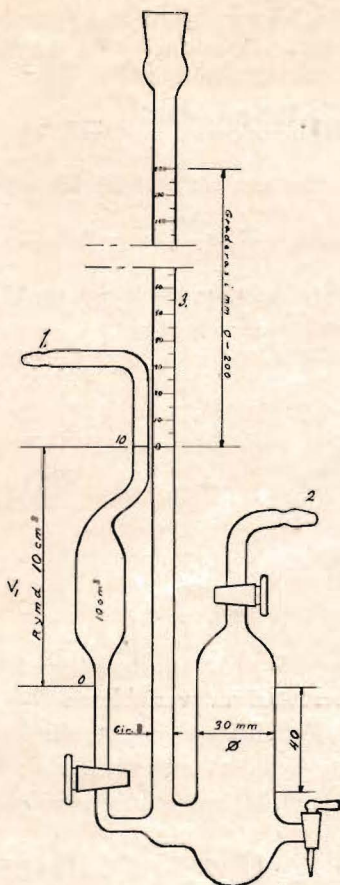


Fig. 4. Volymmättningsapparat.

jämföra övriga mikrofoner, som skola mätas, med denna i ett fritt ljudfält.

Vid kalibreringen uppkomma svårigheter på grund av tryckkammarens successiva uppvärmning genom effekten från högtalarfältet. För att påskynda temperaturens stabilisering inbyggdes ett värmeelement i tryckkammaren. Kalibreringarna utfördes vid en temperatur av 25° C. Ett kapillärt hål i kammarväggen förhindrar att trycket i kammaren stiger under mätningen. Detta hål har ingen inverkan på ljudtrycket. Mekaniska vibrationer, som direkt påverka mikrofonen, elimineras genom att placera pistofonen på en svampgummimatta.

Spänningen från mikrofonen mättes direkt med en känslig rör-voltmeter. På grund av mikrofonens oregelbundna form var det svårt att beräkna tryckkammarens volym exakt. En apparat enl. fig. 4 konstruerades därför för volymmätningen. Apparaten fylldes med kvicksilber och röret 1 anslöts till tryckkammaren. Kvicksilvret bringades först i nivå med strecket 0 å behållaren V_1 . Härefter tätades tryckkammaren väl, och med en gummiboll ansluten till röret 2 pressades kvicksilvret upp i manometerröret 3 och in i behållaren V_1 tills strecket 10 nåddes. Genom kvicksilverpelarens läge i manometerröret kunde trycket i tryckkammaren bestämmas.

Är den sökta volymen $X \text{ cm}^3$
 Barometerståndet $P_0 \text{ mm Hg}$
 Trycket i tryckkammaren efter inpressning
 av luftvolymen V_1 $H \text{ mm Hg}$

erhålles:

$$P_0(X + V_1) = (P_0 + H)X$$

$$P_0 V_1 = HX$$

$$X = V_1 \cdot \frac{P_0}{H}$$

Från det sålunda erhållna värdet på X måste slangens och glasrörets volym subtraheras. Volymen kunde med en Brush BR2S mikrofon bestämmas till

$$X = 73,9 \pm 0,2 \text{ cm}^3$$

Beräkning av ljudtrycket i kammaren:

Följande beteckningar användas:

Kammarens volym $V_0 \text{ cm}^3$
 Volymens momentanvärde $v \gg$
 Volymvariationens amplitudvärde $V_a \gg$
 Tryckets momentanvärde $p \text{ dyn/cm}^2$
 Ljudtryckets amplitudvärde $P_a \gg$
 Trycket i kammaren $P_0 \gg$
 Ljudtryckets effektivvärde $P \gg$
 Kolvens diameter $d \text{ cm}$
 Kolvens totala slag $h \gg$
 Barometerståndet $b \text{ mm Hg}$

Vid frekvenser över 100 p/s kan man räkna med rent adiabatisk tillståndsförändring även i en så liten tryckkammare som det här är fråga om. Alltså:

$$p \cdot v^\chi = P_0 V_0^\chi = \text{konstant}$$

där $\chi = 1,41$

härav:

$$p = P_0 V_0^\chi \cdot v^{-\chi}$$

Derivera med avseende på v

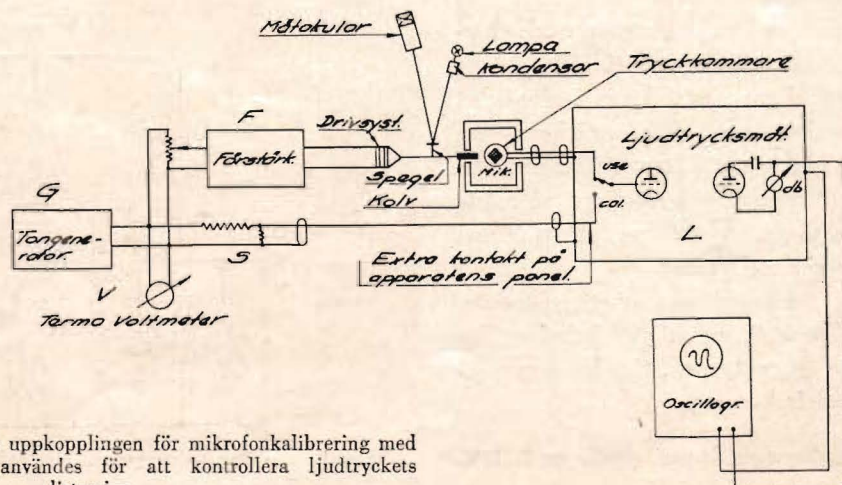


Fig. 5. Blockschemat över uppkopplingen för mikrofonkalibrering med pistofon. Oscillografen användes för att kontrollera ljudtryckets distorsion.

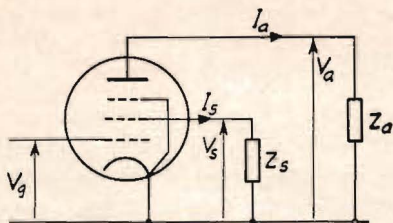


Fig. 2. Ekvivalentschema för pentod med skärmgallerimpedans.

erhålls från skärmgallerspänningen i en pentod. Vid pentoden är däremot genomgreppet från anoden mycket litet (förstärkningsfaktorn är mycket stor, över 1 000), och även produkten DV_a brukar endast vara en tiondel av V_g , och dess bidrag brukar därför försummas vid räkningarna.

Betecknas genomgreppet från skärmgallret med D_s , förstärkningsfaktorn till skärmgallret med μ_s och inre motståndet för skärmgallret r_s , så fås följande samband:

$$V_s = -\frac{\mu_s V_g}{r_s + Z_s} \cdot Z_s \quad (1)$$

där $\mu_s = \frac{1}{D_s}$

Denna formel överensstämmer med formeln för en triod. Av V_s beräknas i sin tur bidraget i styrspanning

$$V_{st} = V_g + D_s \cdot V_s \quad (2)$$

Insättes här V_s enligt ekvation (1), så fås

$$V_{st} = V_g - V_g \cdot \frac{Z_s}{r_s + Z_s} = V_g \left(1 - \frac{Z_s}{r_s + Z_s} \right) \quad (2a)$$

Nu är som vanligt, om S betecknar rörets branthet

$$I_a = -S \cdot V_{st}; \quad V_a = I_a \cdot Z_a = -S \cdot Z_a \cdot V_{st} \quad (3)$$

Insättes i uttrycket för V_a styrspanningen enligt ekvation (2a), så fås

$$V_a = -S \cdot Z_a \cdot V_g \left(1 - \frac{Z_s}{r_s + Z_s} \right) \quad (3a)$$

Av denna ekvation framgår, att $|V_a|$ blir störst, när $Z_s = 0$. För att få de följande räkningarna överskådliga införes förhållandet mellan den verkliga förstärkningen och den maximala förstärkningen, motsvarande $Z_s = 0$.

$$\frac{F}{F_{max}} = 1 - \frac{Z_s}{r_s + Z_s} \quad (4)$$

Känner man r_s , så kan Z_s beräknas för en viss tillåten förstärkningssänkning. Nu anges emellertid i tillgängliga rörtabeller inga värden på inre skärmgallermotståndet. Men det är såsom framgår av ekvation (4) enkelt att bestämma r_s på experimentell väg. Ett exempel på hur denna mätning kan utföras visas av fig. 3.

Pentoden kopplas som vanligt, och skärmgallret matas med likström via R_{s1} , så att den rätta driftspänningen erhålles på skärmgallret. C_s väljes så stor att dess impedans vid mätfrekvensen, som kan väljas till 1 kc/s, är mycket

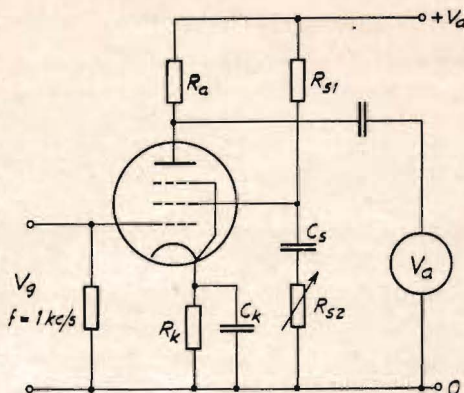


Fig. 3. Koppling för mätning av det inre skärmgallermotståndet.

låg, t. ex. $C_s = 0,5 \mu F$. Först kortslutes R_{s2} , och V_a avläses på en godtycklig outputmeter. Sedan inkopplas R_{s2} och ökas tills det först avlästa V_a -värdet sjunkit till hälften. Ekvation (4) ger nu

$$0,5 = 1 - \frac{R_{s1} \cdot R_{s2}}{R_{s1} + R_{s2}} = 1 - \frac{r_s (R_{s1} + R_{s2}) + R_{s1} R_{s2}}{R_{s1} R_{s2}} \quad (5)$$

$$2 = 1 + r_s \cdot \frac{R_{s1} + R_{s2}}{R_{s1} \cdot R_{s2}}; \quad r_s = \frac{R_{s1} \cdot R_{s2}}{R_{s1} + R_{s2}}$$

Av resultatet framgår, att man erhåller det inre skärmgallermotståndet lika med det yttre motståndet, om försöket anordnas på det angivna sättet.

Exempel 1.

En pentod 6J7G arbetar med $R_k = 500 \Omega$, $R_a = 100 k\Omega$, $R_{s1} = 500 k\Omega$, $R_{s2} = \infty$. Beräkna skärmgallerkondensatorn så, att man ej erhåller mer än 2% sänkning vid 30 p/s p. g. a. bristande skärmgalleravkoppling.

Vid mätning enligt fig. 3 fås $R_{s2} = 60 k\Omega$, vilket enligt ekvation (5) ger $r_s = \frac{500 \cdot 60}{500 + 60} = 53,5 k\Omega$

Vid insättning i ekvation (4) försummas R_{s1} vid sidan om $\frac{1}{j\omega C_s}$ och man får härmed

$$0,98 = \left| 1 - \frac{1}{r_s + \frac{1}{j\omega C_s}} \right| = \left| 1 - \frac{1}{1 + j\omega C_s r_s} \right|$$

$$0,96 = \frac{(\omega C_s r_s)^2}{1 + (\omega C_s r_s)^2}; \quad \omega C_s r_s = 5$$

$$C_s = \frac{5}{2\pi \cdot 30 \cdot 53,5 \cdot 10^3} = 0,5 \mu F$$

Exempel 2.

Beräkna den frekvens, vid vilken förstärkningen har

gått ned 10 % vid en pentod enligt ex. 1 med en skärmgallerkondensator 0,1 μ F.

Ekvation (4) ger

$$0,9 = \left| 1 - \frac{1}{1 + j\omega C_s r_s} \right|; \quad 0,81 = \frac{(\omega C_s r_s)^2}{1 + (\omega C_s r_s)^2}$$

$$j = \omega C_s r_s = 2,07; \quad \frac{2,07}{2\pi \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 53,5 \cdot 10^3} = 62 \text{ p/s}$$

Av de anförda exemplen framgår det med önskvärd tydlighet, att skärmgallerkondensatorn antar rätt stora värden vid förstklassiga tonfrekvensförstärkare.

Ibland kan det vara fördelaktigt att utelämna skärmgallerkondensatorn och i stället mata skärmgallret med en tillräckligt lågohmig spänningsdelare. Detta är t. ex. fallet vid förstärkare, som skola fungera ända ned till extremt låga frekvenser eller som även nedanför det använda frekvensområdet ej skola uppvisa någon fasvridning, och som av utrymmes- eller andra skäl ej kunna förses med tillräckligt stora avkopplingskondensatorer. Även i detta fall

ger ekvation (4) en möjlighet att beräkna skärmgaller-elementen.

Exempel 3.

Ett rör enligt exempel 1 skall matas med en spänningsdelare, så att förstärkningen ej går ned mer än 20 %. Skärmgallerströmmen är 0,36 mA, matningsspänningen 250 V, skärmgallerspänningen 70 V. Beräkna skärmgaller-motstånden R_{s1} och R_{s2} , samt ange strömförbrukningen i spänningsdelaren.

Enligt ex. 1 är $r_s = 53,5 \text{ k}\Omega$.

Ekvation (4) ger

$$\frac{R_s}{53,5 + R_s} = 0,2; \quad R_s = 13,3 \text{ k}\Omega, \text{ där } R_s = \frac{R_{s1} \cdot R_{s2}}{R_{s1} + R_{s2}}$$

Vidare fås, emedan skärmgallerspänningen är 70 V, $250 - R_{s1} \left(0,36 + \frac{70}{R_{s2}} \right) = 70$. Löses ekvationssystemet, så fås $R_{s2} \approx 20 \text{ k}\Omega$; $R_{s1} \approx 50 \text{ k}\Omega$ och strömförbrukningen ca 3,5 mA.

Uppmätning av impedanser

I. Bestämning av impedansens absoluta belopp

Av ingenjör John Schröder

Uppmätning av impedanser, kapacitanser och induktanser kan på mycket bekvämt sätt utföras i s. k. »impedansbryggor» av olika slag. Sådana instrument äro emellertid inte så billiga, och det torde väl knappast finnas så många radioamatörer, som äro lyckliga nog att i sin instrumentutrustning ståta med en impedansbrygga.

Nu är det ju lyckligtvis så, att man inte nödvändigtvis måste ha en dyrbar impedansbrygga för att — med måttliga anspråk på noggrannhet — mäta exempelvis impedansen hos en talspole eller induktansen hos en drossel. Man kan i själva verket mycket väl utföra sådana mätningar med ganska anspråkslös instrumentutrustning. I det följande behandlas några mätmetoder, som icke kräva tillgång till induktans- eller kapacitansnormaler och som därför kunna vara av ett visst intresse för såväl servismän som amatörer med begränsade resurser ifråga om instrument.

Vid mätningar av det slag, som ovan antytts, är det emellertid av vikt, att man har klart för sig dessa mätmetoders begränsning och de felkällor, man har att räkna med. I annat fall kan man lätt komma fram till alldeles felaktiga värden.

Bestämning av impedansens numeriska värde.

En impedans måste för att vara entydigt bestämd beskrivas med två tal, exempelvis genom angivande av dess numeriska värde eller, som man också säger, dess absoluta belopp, samt dess fasvinkel. En sådan s. k. tvåtalsstorhet kan man beteckna på följande sätt:¹

$$|Z| / \varphi$$

varvid $|Z|$ betecknar impedansens numeriska värde (dess »amplitud») och φ fasvinkeln.

$|Z|$ kan på enkelt sätt uppmätas med hjälp av en volt- och en amperemeter för växelström. Instrumenten kunna härvid kopplas enligt fig. 1 a eller 1 b.

Nu är att märka, att om man kopplar enl. fig. 1 a, mäter man inte med voltmeteren spänningen över enbart den sökta impedansen Z , utan över denna seriekopplad med amperemeteren, som har ett visst motstånd r . Om amperemeterens motstånd är mycket litet i förhållande till $|Z|$, är emellertid spänningen över amperemeter plus impedans praktiskt taget densamma som spänningen över impedan-

¹ Se även Hunnefelt: Räknetekniker vid växelströmskretsar, Populär Radio nr 10, 1942 samt 1 och 4, 1943.

sen enbart. Om man därför på förhand känner till storleksordningen på $|Z|$ och vet, att $|Z|$ är 50 à 100 gånger större än r , kan man utan vidare beräkna $|Z|$ ur ekv.

$$|Z| = \frac{V}{I} \quad (1)$$

där V och I äro de avlästa mätvärdena.

Om man på förhand inte känner någonting till om storleksordningen på Z , kan man till en början utföra mätningen med instrumenten kopplade enl. fig. 1 a och sedan ur mätvärdena beräkna kvoten V/I . Om denna är större än 50 à 100 gånger amperemeterns motstånd r , är $|Z|$ lika med kvoten ifråga (ekv. 1). Noggrannheten blir härvid tillräckligt stor för praktiska behov.

Kopplar man enl. fig. 1 b, avläser man på amperemetern inte strömmen genom den sökta impedansen Z utan strömmen genom denna parallellkopplad med voltmeters motstånd R . Är nu voltmeters motstånd mycket stort i förhållande till $|Z|$, blir strömmen genom voltmeter mycket liten i jämförelse med strömmen genom Z , så att den avlästa strömmen I är praktiskt taget lika med strömmen genom Z . Om man sålunda känner till storleksordningen på $|Z|$ och vet, att R är 50 à 100 gånger större än $|Z|$, kan man även i detta fall utan vidare använda ekv. (1) för att beräkna $|Z|$. Känner man på förhand ingenting till om storleksordningen på $|Z|$, kan man utföra mätningen enl. fig. 1 b och sedan ur mätvärdena beräkna kvoten V/I . Om voltmeters motstånd är 50 à 100 gånger större än denna kvot, kan man använda ekv. (1) för att beräkna $|Z|$.

Ex. 1. En induktansspole inkopplades enl. fig. 1 b ($Z =$ induktansspolens impedans, sammansatt av spolens reaktans och resistans). Följande värden erhöles vid avläsningen av instrumenten:

$$V = 9,0 \text{ volt}$$

$$I = 50 \text{ mA}$$

Voltmeters motstånd R var 10 000 ohm. Då R är c:a 55 gånger större än kvoten $\frac{V}{I} = \frac{9,0}{0,05} = 180$, är den sökta impedansen lika med 180 ohm vid den frekvens, vid vilken mätningen utfördes (i detta fall 50 p/s). Om man känner spolens förlustmotstånd (som alltid är större än likströms-

motståndet), kan man beräkna induktansen, men detta skola vi ej här närmare gå in på.

Ex. 2. En talströmspole inkopplades enl. fig. 1 a ($Z =$ talströmspolens impedans). Vid viss frekvens erhöles följande mätvärden:

$$V = 10 \text{ volt}$$

$$I = 0,4 \text{ A}$$

Amperemeterns motstånd r var 5 ohm. Enär kvoten $\frac{V}{I} = \frac{10}{0,4} = 25$ endast är 5 gånger större än r , kan $|Z|$ icke utan vidare beräknas ur ekv. (1) $Z = V/I$. Instrumenten kopplades därför enl. fig. 1 b. Härvid erhöles följande mätvärden:

$$V = 9,8 \text{ volt}$$

$$I = 0,488 \text{ A}$$

Voltmeters motstånd R var liksom i föregående ex. 1 10 000 ohm. Då R är c:a 500 gånger större än kvoten $\frac{V}{I} = \frac{9,8}{0,488} = 20$, kan man utan vidare sätta $|Z| = 20$.

Talspolens impedans vid ifrågavarande frekvens är sålunda 20 ohm. Antingen man sålunda kopplar enligt fig. 1 a eller fig. 1 b vid mätningen, kan man tydligen inte utan vidare använda mätvärdena för att få fram växelströmsmotståndet. Vid mätningen enligt fig. 1 a gällde som villkor, att den kvot, som bildades av mätvärdena V/I , skulle vara minst 50 gånger större än amperemeterns motstånd r , och vid mätning enl. fig. 1 b gällde, att voltmeters motstånd R skulle vara minst 50 gånger större än samma kvot.

Korrektion för instrumentens motstånd.

Som redan antytts i ex. 2 härovan kan man, om man vid mätning enligt endera av kopplingarna inte kommer fram till mätvärden, som tillåta användandet av ekv. (1) för beräkning av $|Z|$, försöka med den andra kopplingen. Går det inte med instrumenten kopplade enligt fig. 1 a, försöker man sålunda i stället med koppling enl. fig. 1 b. Men hur skall man göra, om man inte får acceptabla värden, antingen man använder koppling enl. fig. 1 a eller enl. fig. 1 b? Om man exempelvis har en voltmeter med motståndet 5 000 ohm och en amperemeter med mot-

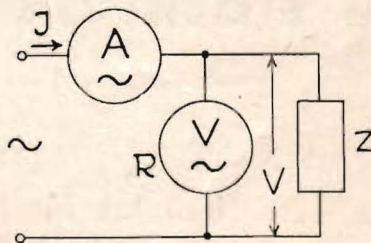
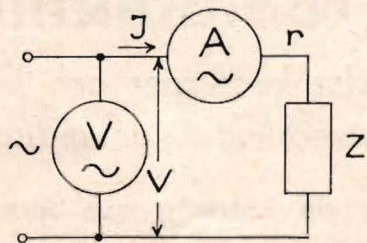


Fig. 1 a (t. v.) och 1 b. Två olika kopplingar för uppmätning av $|Z|$ med volt- och amperemeter.

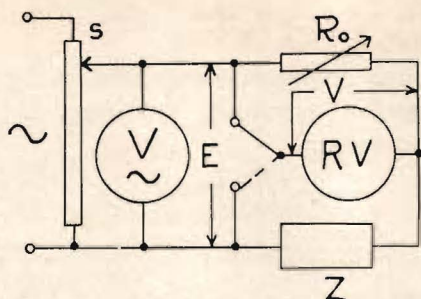


Fig. 2. Kopplingsschema för uppmätning av $|Z|$ med två voltmetrar V och »RV», en spänningsdelare s och ett kalibrerat ohmskt motstånd R_o . Om strömkällans inre motstånd är försumbart i jämförelse med voltmetermotståndet, kan man utelämna spänningsdelaren och voltmetern V .

ståndet 50 ohm, får man för impedanser, vilkas amplitud är av storleksordningen 500 ohm, att kvoten V/I vid mätning enl. fig. 1 a endast är 10 gånger större än r , och likaså får man, om man försöker med koppling enl. fig. 1 b, att R endast är 10 gånger större än kvoten V/I . Hur skall man bära sig åt i ett sådant fall?

Ja, då har man en möjlighet att tillgripa ett korrekationsförfarande. Detta förfarande är emellertid ganska omständligt, och vi skola därför inte gå närmare in på det i denna uppsats. Detta i synnerhet som en uppmätning av $|Z|$ enligt denna metod icke tillåter någon högre grad av mätnoggrannhet. Orsaken härtill är att söka i det förhållandet, att $|Z|$ måste beräknas som kvoten ur två mätvärden, som erhållits från två skilda instrument, vilkas fel i ogynnsammaste fall adderas vid beräkningen av $|Z|$.

Annan metod för impedansmätning.

Vi skola i stället beskriva en annan enkel mätmetod, i vilken uppmätningen av $|Z|$ baseras på mätning av två lika stora växelspanningar. Då dessa spänningar mäts med samma instrument, kan större mätnoggrannhet uppnås, enär ju härvid endast avläsningnoggrannheten bestämmer felgränserna vid spänningsmätningen.

Vid denna mätmetod krävs tillgång till ett variabelt ohmskt motstånd, som antingen på förhand är kalibrerat, eller vars resistans man vid varje enskilt mättillfälle har

möjlighet att uppmäta med likström. För att man skall kunna utnyttja mätmetodens möjligheter till noggrann bestämning av impedansen, måste emellertid detta variabla motstånd vara mycket noggrant kalibrerat, eller också skall man ha möjlighet att uppmäta det variabla motståndet med liten felmarginal.

Mätmetoden framgår av fig. 2. Med hjälp av spänningsdelaren s hålles mätspänningen E konstant under mätningen. I övrigt tillgår mätningen så, att man med voltmeter »RV», som i detta fall antas vara en vanlig växelströmsvoltmeter, alternerande avläser spänningen över den sökta impedansen Z och det kalibrerade ohmska motståndet R_o , och härunder varierar R_o , tills samma spänning erhålles över R_o och Z . $|Z|$ är då lika med R_o . Med andra ord: man erhåller impedansens amplitud helt enkelt genom att avläsa det kalibrerade ohmska motståndet R_o , sedan man injusterat detta så, att spänningen över detsamma är lika stor som spänningen över den sökta impedansen. Förutsättningen är emellertid, att man med spänningsdelaren s håller E vid samma värde vid de olika avläsningarna. Någon korrektion för voltmeterens »RV» ändliga motstånd behöver då icke företagas.

Om strömkällans inre motstånd kan försummas i jämförelse med voltmeterens motstånd, kan man utelämna spänningsdelaren s och voltmetern för mätspänningen E . Mätningen tillgår i övrigt på samma sätt som beskrivits ovan: man varierar R_o , tills spänningen över R_o och Z blir lika stor. Då är $|Z| = R_o$.

Huruvida inre motståndet i strömkällan kan försummas i jämförelse med voltmeterens motstånd eller ej, kan man lätt undersöka på följande sätt: Anbringa voltmetern över strömkällans polklämmor och avläs utslaget på voltmetern. Shunta sedan voltmetern med ett motstånd, som är lika med voltmeterens motstånd. Ändras härvid icke voltmeterens utslag märkbart, kan strömkällans inre motstånd försummas i jämförelse med voltmeterens motstånd och sålunda mätningen företagas utan spänningsdelare.

I nästa artikel skall beskrivas hur man med enkla hjälpmedel kan bestämma fasvinkelns storlek.

Är Ni stockholmare och radiotekniker?

Vill Ni öka Edra kunskaper och hålla Eder
à jour med utvecklingen på radioområdet?

I så fall får Ni ej gå miste om de aktuella och lärorika föredrag, som hållas i Stockholms Radioklubb. Närmare upplysningar genom sekreteraren, civilingenjör Torsten Ståhl, Box 6074, Sthlm 6.

Felsökning på radioapparater

I. Systematiskt tillvägagångssätt felsökningens A och O

Vid felsökning gäller det framför allt att gå metodiskt till väga. Skillnaden mellan en dilettant och en fackman ligger just i, att den förre fullständigt planlöst försöker komma felet på spåren, under det att den senare arbetar efter ett visst system. Att känna till detta system är så värdefullt, att ingen som sysslar med radio bör försumma att lära sig det.

Systemet eller metoden i fråga är i princip ytterst enkel. Man undersöker en liten del av apparaten i taget. Är denna del felfri, går man till nästa del, och så fortsätter man, tills felet är funnet. Denna metod är fullständigt rationell och kan ej klicka, förutsatt att felet hela tiden finns kvar. Det förekommer ju även fel, som komma och gå, men dessa äro de svåraste en servisman¹ kan råka ut för, och dem förbigå vi här.

Lokalisering av nätbrum.

Vi skola klargöra metoden genom ett exempel. Vi anta att det i en radioapparat eller en förstärkare förefinnes ett kraftigt nätbrum från högtalaren. Denna antas vara av typen med permanent fältmagnet, således icke fältmatad, varför brummet ej kan uppstå i högtalaren. (Vi bortse för tillfället från den möjligheten, att brum kan induceras i utgångstransformatorn.) Alltså är denna detalj i apparaten redan klar; felet kan ej finnas i den. Vi kunna gå till nästa del. Härvid fortsätta vi i samma riktning som vi börjat, dvs. bakifrån och framåt i apparaten.

Förstärkarstegen äro de delar, i vilka apparaten indelas, både när det gäller att i förväg beräkna den och när det sedan gäller att söka fel på den. Förstärkarsteget närmast

högtalaren är slutsteget. Det är alltså detta, som vi nu skola undersöka, vilket sker genom att skilja ifrån hela den tidigare delen av apparaten, så att endast slutsteget är verksamt med avseende på högtalaren. Om brummet då är kvar, uppstår det tydligen i slutsteget, men försvinner det, så måste det komma från den tidigare delen av apparaten, som för tillfället är urkopplad. Detta är principen för hela felsökningen. Nästa gång ta vi med både slutsteget och det närmast föregående steget (dvs. om brummet ej fanns i slutsteget). Är brummet nu kvar, så uppstår det i detta nytillkomna steg. Är brummet borta, kommer det ännu längre framifrån.

Trådstup om enda erforderliga instrumentet.

Denna felsökningsmetod fordrar, när det blott gäller att lokalisera nätbrum, inga instrument, endast en böjlig trådstup om ett par decimeters längd, isolerad med systoflex utom i ändarna. Urkopplingen av den tidigare delen av apparaten vid provning av t. ex. slutsteget sker helt enkelt genom att kortsluta för »signalen», dvs. i detta fall brummet, på lämpligt ställe. Om brummet uppkommer före kortslutningsstället, försvinner det, och uppkommer det efter kortslutningsstället, blir det kvar. Detta kan sägas vara själva grundprincipen i felsökningsmetoden.

Fig. 1 visar som exempel en tvårörs växelströmsdriven förstärkare. Den första kortslutningen görs mellan punkterna A och B, ty detta är det första ställe, bakifrån räknat, som vi kunna kortsluta utan att ändra den provade delens driftförhållanden. (Vi skola återkomma härtill i nästa artikel) Slutrörets likspänningar ändras ej genom denna kortslutning; gallerförspanningen tillföres nu genom kortslutningssladden och läckan parallellkopplade, vilket ej har någon märkbar inverkan på gallerförspanningens storlek, annat än om röret har stor gallerström (dåligt vakuum), i vilket fall det bör utbytas.²

Om kortslutningen däremot appliceras mellan punkt A och katoden, får röret ingen negativ gallerförspanning. Rörets driftförhållanden ändras, och röret tar skada därav.

Vi ha sålunda kortslutit mellan A och B. Om därvid

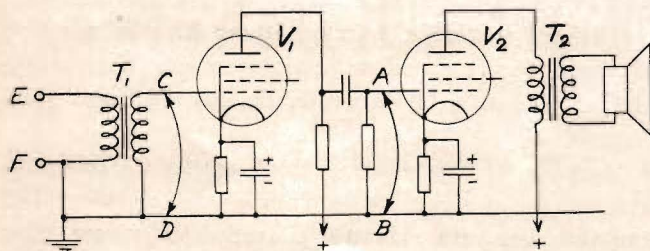


Fig. 1. Lokalisering av nätbrum i förstärkare. Man kortsluter i tur och ordning mellan A och B samt mellan C och D.

² Om en mA-meter inkopplas i rörets anodkrets, kan rörets vakuum provas genom kortslutning av gallerläckan. (Men bryt ej anodkretsen, medan apparaten är i drift!) Genom jämförelse med felfria exemplar av samma rörtyp kan man konstatera hur mycket anodströmmen får ändra sig vid kortslutning av läckan. Vid lågt värde hos gallerläckan kan ingen ändring iakttagas vid fullgott rör.

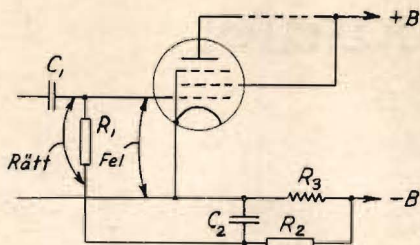


Fig. 2. Vid kortslutning av »signalen», dvs. brumspänningen, gäller det att ej samtidigt kortsluta gallerförspanningen för röret.

brummet kvarstår, uppstår det tydligen i själva slutsteget och kan t. ex. bero på för dålig silning av strömmen till skärmgallret. Är brummet däremot borta, när vi kortsluta mellan *A* och *B*, måste det komma från något föregående steg. Vi fortsätta då framåt och kortsluta mellan *C* och *D*, varigenom även röret *V*₁ kommer med i den verksamma delen av apparaten. Kvarstår brummet härvid, uppkommer det tydligen i *V*₁ eller tillföres detta rör från nätaggregatet. Försvinner brummet däremot, visar detta, att störningen antingen induceras i transformatorn *T*₁, t. ex. genom att denna står för nära nättransformatorn eller är felaktigt orienterad i förhållande till denna, eller också kommer brummet in på ledningen, som är ansluten till klämmorna *E* och *F*. Finns en mikrofonförstärkare i andra ändan på ledningen, kan brummet härröra från denna förstärkare. Om man kortsluter vid gallret på denas slutrör och brummet därvid försvinner, visar detta att såväl transformatorn *T*₁ som ledningen äro oskyldiga. Störningen uppkommer då tydligen i mikrofonförstärkarens tidigare steg eller i mikrofonkabeln.

I det ovan visade exemplet hade vi blott att kortsluta mellan galler och jord (chassi). Det ligger då nära till hands att utföra kortslutningen på detta enkla sätt även i andra fall, men detta går ej alltid. Om gallerförspanningen ej alstras genom ett katodmotstånd enl. fig. 1 utan i stället genom ett motstånd i den gemensamma minusledningen för rören (*R*₃ i fig. 2), så måste kortslutningen ske över själva gallerläckan *R*₁, ej till chassiet. I senare fallet kortslutes nämligen den negativa gallerförspanningen. Det gäller att endast kortsluta »signalen», ej något annat. I fig. 2 är *R*₂*C*₂ ett filter, som silar gallerförspanningen till röret. Kortslutningen av *R*₁ hindrar ej att ev. brum på grund av för små värden hos *R*₂ och *C*₂ kommer med. Endast brummet från de tidigare förstärkarstegen stoppas, vilket ju också är meningen.

Antag nu att vi utrönt, att brum uppkommer i förstärkarsteget enl. fig. 2. Vi misstänka att silningen i *R*₂*C*₂ är för dålig. Hur skola vi få närmare vetskap? Jo, antingen ansluta vi en stor kondensator parallellt med *C*₂ (och vänta tills denna hunnit laddas upp). Är störningen då

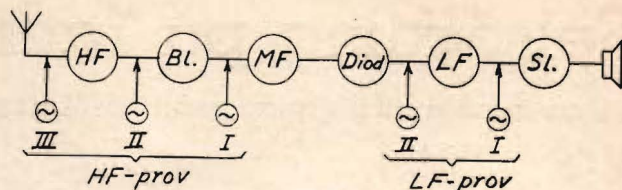


Fig. 3. Felsökning på mottagarens lågfrekvensdel med hjälp av ton-generator eller nålmikrofon samt på högfrekvensdelen med hjälp av modulerad signalgenerator. Den senare inställd på mottagarens mellanfrekvens vid I och II, på kort-, mellan- eller långvåg vid III. Bl.=blandarrör, Sl.=slutrör.

borta, så är tydligen *C*₂ för liten. Eller också kunna vi tillfälligt ta gallerförspanning från ett batteri. (Bryt ej gallerkretsen med mottagaren i drift!) Är störningen borta, då gallerbatteriet inkopplats, beror den tydligen på för små värden på *C*₂ och *R*₂. Är det fråga om ett slutsteg, bör man vara på sin vakt mot att öka *R*₂, ty likströmsmotståndet i gallerkretsen (*R*₁+*R*₂) kan då bli för stort. Vid s. k. halvautomatisk gallerförspanning enl. fig. 2 får *R*₁+*R*₂ ofta ej uppgå till mer än 0,2—0,3 MΩ. (Uppgift härom lämnas av rörfabrikanten.)

Brum kan även uppkomma på annat sätt, t. ex. genom att en ledning, som från apparatens nätag är dragen fram till en strömbrytare på panelen, kommer för nära en rörhållare. Skärmning av nätsladden hjälper i detta fall.

Felsökning med hjälp av signal.

När det gäller att leta upp källan till nätbrum i en apparat, får brummet självt tjänstgöra som signal, som vi ovan sett. Om felet är av annan art, måste vi skaffa oss en signal att mata igenom apparaten. Rör det sig om en förstärkare, kan signalen åstadkommas medelst en nålmikrofon (pick-up), eller man kan använda en tonfrekvensgenerator, om man har en sådan. Likaså om det gäller lågfrekvensdelen i en mottagare. Är det fel på högfrekvensdelen, kan man ofta utnyttja den lokala rundradiosändaren, om man ej förfogar över en signalgenerator.

Felet kan bestå i att apparaten är alldeles tyst, eller också kommer ljudet fram förvrängt eller försvagat eller båda delarna på en gång. I samtliga fall kan man naturligtvis börja med att kontrollmäta alla elektrodsänningar på rören. Om apparaten är alldeles tyst bör man först och främst undersöka, huruvida rören få glödström och anodspänning (man mäter spänningen efter likriktarfilter). Om rören ej bli varma, är det något fel med glödströmmen.

Att mäta samtliga elektrodsänningar tar tid, och dessutom är det ej säkert att det är något fel med dem. Det kan ju t. ex. vara avbrott i en gallerkondensator, eller kondensatorn kan ha lossnat från ena lödstället. Ett signalprov på ett tidigt stadium har därför mycket som talar



*Ny säsong
nya
förtjänstmöjligheter*

Bilden visar trimning med synlig bandfilterkurva med hjälp av signalgenerator GM 2882, frekvensmodulator GM 2881 samt oscillograf GM 3155.

Endast den, som står rustad att uppfylla allmänhetens krav på snabb och förstklassig service har möjlighet att göra sig gällande i konkurrensen. Philips kan nu som förr leverera erforderliga hjälpmedel härför, och ingen, som har kostat på sig utgiften att anskaffa en komplett utrustning Philips-instrument, har ännu klagat på dåligt ekonomiskt resultat. Tvärtom ha dessa serviceverkstäder kunnat utvidga och glädja sig åt ett ständigt växande rykte om god service och fackmässig skicklighet.

Philips kan nu även erbjuda helt svenskbyggda mätinstrument, tillverkade vid Norrköpings Elektrotekniska Fabriker A.-B. NEFA. Detta betyder att årtiondens forskningsarbeten och praktiska erfarenheter kombinerats med svensk kvalitet och noggrannhet. Utnyttja detta — välj Philips svenskbyggda elektriska mätinstrument!

Förstklassiga hjälpmedel i Edert arbete skaffar Eder gott anseende, och gott anseende betyder fler kunder och ökade inkomster. Begär därför redan i dag offert och specialbroschyrer.

PHILIPS

SVENSKA AKTIEBOLAGET PHILIPS • MÄTINSTRUMENTAVD., STOCKHOLM 6

för sig. Hur skall man då gå till väga? Jo, vi skola belysa detta med några exempel.

Ex. 1. En grammfonförstärkare är alldeles tyst. Rören ha glödspänning, och likriktaren ger full anodspänning. Nälmikrofonen inkopplas till slutrörets galler (genom transformator eller kondensatorer liksom vid första röret, om det gäller en allströmsförstärkare!). Rent ehuru svagt ljud i högtalaren. Nälmikrofonen flyttas till det närmast föregående rörets galler. Intet ljud. Alltså fel på detta förstärkarsteg. Elektrodspänningarna på röret mätas! (Vid inkoppling av nälmikrofonen tillses, att gallerförspänningen ej kortsledes! Jmfr fig. 2.)

Ex. 2. Superheterodyn. Intet ljud i högtalaren, bortsett från ett mycket svagt brum, som kan anses normalt. Först utrönes, huruvida felet ligger i hög- eller lågfrekvensdelen, genom att nälmikrofonen inkopplas till grammfonhylsorna. Fullgott resultat. Alltså fel i högfrekvensdelen. En signalgenerator inställes för mottagarens mellanfrekvens. Signalen (modulerad) inmatas på mellanfrekvensrörets

galler. Ton i högtalaren. Signalen in på blandarrörets galler. Ingen ton. Felet ligger alltså i blandarsteget, antingen i röret, dess elektrodspänningar eller i den efterföljande mellanfrekvenstransformatorn. (Se fig. 3.)

Ex. 3. Radioapparat. Ljudet kommer fram kraftigt ehuru mycket förvrängt. Tydligt fel på något rör. Nälmikrofonen anslutes till slutrörets galler, ev. genom en extra förstärkare, så att slutröret kan utstyras helt. Om rent ljud, flyttas nälmikrofonen till näst föregående rörs galler osv., varvid signalspänningen avpassas, så att ingen överbelastning. Så snart ljudet förvrängt, har man funnit det felaktiga förstärkarsteget. — I detta fall kommer man kanske lika fort till målet, om man har en rörprovare, som medger snabb provning av samtliga rör. Ett annat sätt är att mäta elektrodspänningarna och jämföra dessa med kända värden, uppmätta med en voltmeter med samma antal ohm per volt som den man använder. Men detta tar troligen längre tid.

W. S.

POPULÄR RADIOS RADIOLEXIKON

Av ingenjör W. Stockman

Lämnar utförliga förklaringar på de flesta radiotekniska ord och uttryck.
Beskriver principer och verkningsätt hos olika apparater och anordningar.

Del 5
utkommen

Omfattar orden »Elektrostatiskt fält» till »Gallerimpedans». Pris kr. 1: 50.

För pren. på Populär Radio kr. 0: 75.

Fackpressens omdömen om del 1-4:

Teknisk Tidskrift:

»Framställningen är lättläst och ej för mycket sammanträngd, uppställningen överskådlig och välordnad. Liksom de flesta uppslagsböcker har denna mycket att bjuda både den initierade och den i facket mindre bevandrade.»

ERA:

» — — De talrika illustrationerna äro tydliga och instruktiva, den förklarande texten utförlig, klar och redig. Ofta anknytas praktiska synpunkter till de teoretiska resonemangen, och för- eller nackdelar hos vanliga kopplingar diskuteras. Detta gör ordboken särskilt värdefull för radioamatörer. — —

Att döma av de hittills utkomna delarna få alla radiointresserade i Sverige nu en värdefull uppslagsbok, som

fyller ett verkligt behov. Man får hoppas, att författaren låter de resterande delarna komma snarast möjligt.»

QTC, Organ för Sveriges sändareamatörer:

» — — Lexikonet lämnar uttömmande och populärt framställda förklaringar på alla radiotekniska ord och uttryck.»

Radio Ekko, Danmark:

» — — et Radio-Leksikon, hvori man kan alaa op og finde en kort saglig Forklaring paa de radiotekniske Betegnelser. Hidtil er udkommet fire Hefter, som foreløbig behandler alt mellem A og F. Der skal komme fire til, og naar man har dem alle, vil man være i Besiddelse af en virkelig nyttig Radiohaandbog, som vi jo alle har Brug for. — — »

Populär **R**adior handböcker

äro till ovärderlig hjälp för såväl amatören som den försigkomne. Några aktuella böcker ur serien: Kortvägsmottagning — Radioteknisk handbok, del 1 och 2 — Radiolexikon — Modern televisionsteknik, del 1 och 2. — Pris per ex. kr. 1: 50 + oms. (För prenumeranter kr. 0: 75 + oms.) Rekvirera i dag från Nordisk Rotogravyr, Box 450, Stockholm 1.

Hans A. Surber A.-G.

Teknisk exportfirma

ZÜRICH

BAHNHOFSTR. 20

erbjuder leverans av elektrolytiska kondensatorer och papperskondensatorer för radio, startkondensatorer för motorer. Förstklassigt schweizerfabrikat. Kort leveranstid. Begär offert.

A stylized graphic advertisement for SATOR capacitors. The word "SATOR" is written in large, bold, white letters with a 3D effect against a dark background. Above the letters, there is a circuit diagram showing a capacitor symbol with a lightning bolt and a zigzag line. To the right, a rectangular capacitor is shown with "0.25MF" printed on it. Below the main text, there is a white box containing contact information for factory agents and wholesale sales. In the bottom right corner, there is a detailed drawing of a capacitor assembly with multiple terminals and a screw.

Fabriksagenter: A.-B. TRAKO
Regeringsgatan 40, Stockholm

Engrosförsäljning: A.-B. ELTRON
Kungsholmsgatan 62, Stockholm
Telefon 507993

SER

***gör svensk
aktiv tjänst***



Det svenska kvalitetsröret SER utgör numera en mycket viktig del av den svenska självförsörjningen. Tidigare importerades de bästa radiorören från utlandet — Amerika, Tyskland, Holland m. fl. länder — men genom krigsavsparningen bröts denna import. Detta påskyndade ytterligare de tidigare planerna på en inhemsk rörtillverkning; A/B Svenska Elektronrör forcerade konstruktionsarbetet, och sedan ett par år tillverkas nu SER-rören — ett svenskt kvalitetsarbete för svensk kvalitetsindustri. SER är av samma höga kvalitet som de bästa amerikanska rören och kommer att väl hålla sin position på den svenska marknaden när fredens dagar en gång kommer.

8 av våra ledande radiofabriker använder SER som bestyckningsrör i sina apparater. SER är en svensk kvalitetsprodukt; det är

en  produkt

**På varje SER-rör
lämnas 6 månaders
garanti**

moon radio a.b.
stockholm