

POPULÄR

RADIO

tidskrift för radio, television och elektroakustik

Henning Pleijel 70 år

Decimalklassifikationen

Ett rationellt system för klassificering av teknisk och vetenskaplig litteratur

Motkopplade förstärkare

Teori och beräkningar. Apparaturl och mätmetoder för undersökning av motkopplad tonfrekvensförstärkare.

Av civilingenjör Harry Stockman

Katodkondensatorn

Vad den har för uppgift och hur den på enkelt sätt beräknas.

Av civilingenjör G. Assarsson

Sändningsteknik

Hur man genom muskelkontroll undviker trötthet vid telegrafering.

1943

7

juli

60 öre

SAJO



ANOD- batterier



JUNGNARBOLAGET

SVENSKA ACKUMULATOR AKTIEBOLAGET JUNGNER

Hans A. Surber A.-G.

Teknisk exportfirma

ZÜRICH

BAHNHOFSTR. 20

erbjuder leverans av elektro-
lytiska kondensatorer och pap-
perskondensatorer för radio,
startkondensatorer för motorer.
Förstklassigt schweizerfabrikat.
Kort leveranstid. Begär offert.



**Motstånd
Genomföringar
Järnpulverkärnor
Skärmad ledning
Potentiometrar**

Dralowid-Werk

Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft

Representant: Civilingenjör

ROBERT ENGSTRÖM LINDHAGENSG. 124 • STHLM
TEL. 51 19 25 • TELEGR. STERTIT



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

Utkommer den 20 varje månad.

Juli-augusti utgives ett dubbelnummer.

Lösnummerpris: 60 öre, dubbelnummer 1 kr.

Prenumerationspris:

1/1 år kr. 6:—, 1/2 år kr. 3:25.

Redaktion, prenumerationskontor och annons-
expedition:

Luntmakargatan 25, 5 tr., Stockholm.

Telefon: Namnanrop "Nordisk Rotogravyr".

Telegramadress: Nordisk Rotogravyr.

Postgiro 940 — Postfack 450.

EFTERTRYCK AV ARTIKLAR HELT ELLER DELVIS
UTAN ANGIVANDE AV KÄLLAN FÖRBJUDET

POPULÄR

RADIO

ORGAN FÖR STOCKHOLMS RADIOKLUBB
TEKNISK REDAKTÖR: INGENJÖR W. STOCKMAN

INNEHÅLL

JULI 1943

Radioindustriens nyheter	114
Frågespalten	114
Henning Pleijel 70 år	115
Decimalklassifikationen	116
Mätningar på motkopplad förstärkare	118
Katodkondensatorn	125
Sändningsteknik	127

OVAMETER universal-instrument



- med **samma mätområden** vid både lik- och växelström
- användbar bl. a. för outputmätningar upp till 10 000 p/s
- mäter upp till 1 000 V och 10 A
- motståndsmätningar med inbyggt batteri
- kapacitetsmätningar enligt tabell
- säkerhetstryckknapp mot överbelastning
- bekväm avläsning på stor spegelskala

AKTIEBOLAGET
INDIKATOR

RÅDMANSGATAN 84, STOCKHOLM
Telefon växel 31 45 00

RADIOINDUSTRIENS NYHETER

Mätinstrument för teletekniken.

Brüel & Kjaer, Civilingenjörer, Köpenhamn, är en relativt nystartad fabrik för tillverkning av teletekniska och andra mätinstrument. Bland dessa märkes en *tongenerator* enl. svävprincipen, typ 1003, med inbyggd frekvensmodulator, således lämpande sig speciellt för elektrokustiska mätningar. Modulationen sker med hjälp av ett reaktansrör, som matas från en särskild generator, vars frekvens kan regleras kontinuerligt mellan 0—ca 50 p/s. Modulationsdjupet (bandbredden) kan regleras mellan 0— ± 200 p/s. Tongeneratorns frekvensområde är 0—20 000 p/s. Utgångsspänningen är reglerbar dels i steg om 10 dB, dels kontinuerligt. Efter 10 min. säges frekvensdriften vara endast ca 20 p/s under en timme, varefter frekvensen är praktiskt taget konstant.

Våganalysator, typ 2105, med frekvensområde 44—11 000 p/s, har konstant selektivitet, dvs. bandbredden är proportionell mot frekvensen, vilket är en stor fördel. Selektivitetsgraden är kontinuerligt reglerbar. Genom anslutning av en kristallmikrofon kan analysatorn även användas för ljudstyrkemätningar i phon. Vid omställning härför bortkopplas de selektiva organen, och filter, som svara mot örats känslighetskurvor, inkopplas automatiskt. Analysatorn kan dessutom användas som rörvoltmeter för spänningar från 2 μ V. Vidare märkes en s. k. *rörapparat* för mätning av absorptionskoefficienter och akustisk impedans. Som specialitet tillverkas mätinstrument och apparatur för lösning av komplicerade mättekniska uppgifter.

Firman representerar dessutom i Sverige den danska instrumentfirman A/S Elektro-Kontrol, som tillverkar en serie radioservisinstrument, till vilka vi skola återkomma vid ett senare tillfälle.

Adressen till firmans Brüel & Kjaer stockholmskontor är Civilingenjör Per V. Brüel, Långängsvägen 42, Stockholm-Stocksund.

FRÅGESPALTEN

»Grammofontechniker». Vid heminspelning av grammofonskivor uppkommer på skivorna ett mönster, bestående av från skivcentrum solfjäderformigt utgående, krökta radier. Mönstret är fullkomligt regelbundet. Det uppstår oavsett om något spelas in på skivan eller ej. Vad kan detta bero på?

Svar: Detta fenomen förorsakas av vibrationer i grammofonmotorn. Skivtallriken kommer att vibrera i förhållande till graverdosan eller tvärtom, varigenom vibrationerna graveras in på skivan. Det regelbundna mönstret förklaras därav, att man har ett konstant förhållande mellan den ingraverade vibrationens frekvens och skivtallrikens rotationshastighet.

»Teoretiker». Vid en högfrekvenspentod med avstämd anodkrets kan man ju räkna ut graden av högfrekvensförstärkning genom att multiplicera den statiska brantheten med kretsens parallellresistans (vid resonans), detta emedan den dynamiska brantheten kan sättas lika med den statiska. Men då jag tillämpar denna regel på samma rör i ett motståndskopplat lågfrekvenssteg, får jag omkring tio gånger högre förstärkning än som anges i rörtabellerna. Var ligger felet?

Svar: Vid motståndskoppling har röret ofta en skärmgallerspänning om endast ett eller annat tiotal volt. Härvid är den statiska brantheten kanske blott en tiondel av det normala värdet, vilket förklarar avvikelserna hos det av Eder beräknade värdet på förstärkningen.

»Super 43». Superheterodynens stora förstärkning och selektivitet lär ju grunda sig på att den huvudsakliga förstärkningen sker på en lägre frekvens än den mottagna (mellanfrekvensen alltså lägre än signalfrekvensen). Men om mellanfrekvensen är t. ex. 465 kc/s, så är den ju vid mottagning på långvåg faktiskt högre än signalfrekvensen, så att då gäller ju ej det förut sagda. Hur förhåller det sig härmed?

Svar: Det är ej förhållandet mellan signal- och mellanfrekvens som har betydelse, utan mellanfrekvensens absoluta värde. Vid mycket hög mellanfrekvens, t. ex. 1 600 kc/s (förekommer i den engelska konstruk-

tionen »Single-span» och återfinnes i den tyska avläggaren »Einberich-Superhet»), bli såväl förstärkning som selektivitet låga, och återkoppling måste tillgripas. Vid den nu vanliga mellanfrekvensen, omkring 460 kc/s, fås relativt god förstärkning och selektivitet, och vid 110 kc/s, ett värde som tidigare användes, blir resultatet ännu bättre. I ett avseende försämrades emellertid selektiviteten, ju lägre mellanfrekvensen göres, nämligen i fråga om den s. k. spegelfrekvensen. (Se »Radioteknik för amatörer», Populär Radio nr 5, 1939.) Av denna orsak får man kompromissa och stanna vid 460 kc/s.

»Fidelity». Har tänkt göra en högtalarbaffel av mycket tunt trä, så att baffeln råkar i resonans vid låga frekvenser och förstärker ljudet. Vid förberedande prov blev resultatet dock ej så bra, men det berodde kanske på att baffeln var feldimensionerad. Hur skall en dylik baffel beräknas?

Svar: Här föreligger en missuppfattning från Eder sida angående principen för en »resonansbaffel». En dylik utgöres av en låda, som är slutet så när som på en öppning i närheten av högtalaröppningen. Det är luftvolymen i lådan som kommer i svängning, icke väggarna, då resonans inträder. All vibration hos baffelmaterialet måste förbyggas, såväl vid plana bafflar som vid lädbafflar. En baffel bör därför utformas av tjockt trä. Hålet för högtalaren bör placeras excentriskt i baffeln. (Se »Akustiska problem vid modern radiotransmission», Populär Radio nr 6, 1943, sid. 102.)

»Prenumerant i Finland». Ämnar bygga en kortvågssuper enl. schema i Eder handbok »Kortvågsmottagning», sid. 43, fig. 12. Nu frågas: 1) Är det nödvändigt att ha den s. k. heterodynoskallatorn, då mottagaren skall användas för rundradiomottagning på kortvåg? 2) Verkar den automatiska volymkontrollen (AVC) även på blandarröret?

Svar: 1) Nej, »heterodynoskallatorn» (svävoskallatorn) behövs blott, när telegrafi skall avlyssnas. 2) AVC:n verkar i detta fall endast på mellanfrekvensröret.

Observera att galler 3 i blandarröret skall ha en gallerlücke på 50 k Ω till jord. Denna har fallit bort i schemat. Vidare skall vid båda oscillatorerna nedre ändan på avstämningsskretsen jordas.

»Amatörtekniker». Vad finns det för väsentlig skillnad mellan en pentod (slutrör) och ett s. k. strålrör, på engelska »beam power tube»?

Svar: Den väsentliga olikheten mellan dessa båda rörtypen ligger i själva konstruktionen. Båda äro en utveckling av tetroden med anodskyddsgaller, vars stora svaghet var sekundäremissionen. I pentoden är denna eliminerad genom ett tredje galler, bromsgallret, vanligen anslutet till katoden, ibland till styrgallret. I »strålröret» är sekundäremissionen i stället undertryckt genom att ett par med katoden förbundna metallbleck tvinga ihop elektronerna till starkt koncentrerade knippen, som förhindra elektrontransport i motsatt riktning. Räknar man dessa bleck som en elektrod, kan man ju kalla även detta rör för pentod, men den vedertagna benämningen är tetrod (sluttetrod eller tetrodslutrör). Pentod- och tetrodslutrören ha vissa smärre olikheter i fråga om karakteristiska data, men det skulle föra för långt att här ingå på dessa.

PACENT ALLSTRÖMS- FÖRSTÄRKARE



Komplett byggsats med rör och chassi Kr. 160:— (alla delar).

Ritning med byggnadsbeskrivning kompl. utförande Kr. 3:—.

AMERIKANSK LJUDTEKNIK A.-B.

S:T ERIKSGATAN 54 STOCKHOLM TEL. 51 56 28

POPULÄR RADIO

TIDSKRIFT FÖR RADIO
TELEVISION OCH
ELEKTROAKUSTIK

NR 7

JULI 1943

XV ÅRG.

Henning Pleijel 70 år

Förre professorn i teoretisk elektroteknik vid Kungl. Tekniska Högskolan och sekreteraren i Kungl. Vetenskapsakademien fil. dr Henning Pleijel fyllde den 5 juli 70 år.

Professor Pleijel är född i Vimmerby och avlade studentexamen vid Västerviks högre allmänna läroverk. Han tog 1892 anställning som assistent vid telegrafverket, och tack vare sin rika begåvning avancerade han snabbt till lärare vid telegrafverkets undervisningsanstalt, vilken befattning han innehade under åren 1896—1909. Under tiden bedrev han fortsatta studier vid Stockholms Högskola och vid Uppsala Universitet, där han 1906 blev fil. dr och docent i mekanik och matematisk fysik. Åren 1900—1913 var Pleijel föreståndare för telegrafverkets provningsanstalt och utnämndes 1912 till professor i telegrafverket samt 1913 till professor i teoretisk elektroteknik vid Tekniska Högskolan. Denna befattning innehade han till 1934. Han var 1922—1927 högskolans rektor. År 1933 utsågs Pleijel till sekreterare i Kungl. Vetenskapsakademien, en av de högsta vetenskapliga förtroendeposterna här i landet.

Under åren 1923—1925 var Pleijel preses i Ingeniörs-vetenskapsakademien. Han är hedersledamot av Svenska Teknologföreningen och har i olika omgångar varit ord-



förande i dess avdelningar för elektroteknik och teknisk undervisning.

Pleijel är en internationellt känd forskare på den teoretiska elektroteknikens område och ett av de stora namnen inom svensk teknisk vetenskap. Hans doktorsavhandling gällde det invecklade problemet: »Motstånd och induktion hos ledare med metallmantel», och i ett stort antal efterföljande arbeten har han teoretiskt utrett andra svåra problem, till stort gagn för elektroteknikens fortsatta utveckling. Mest känd är han kanske för sitt reciprocitetsteorem samt för betydelsefulla bidrag vid utvecklandet av Heaviside's operatoralkyl till ett fulländat matematiskt instrument, som gör det möjligt att på ett enkelt sätt lösa eljest

ytterst invecklade problem inom såväl teletekniken som krafttekniken. Inom radiotekniken användes operatorkalkylen exempelvis för beräkning av den förändring en våg av given form undergår vid passage genom en förstärkare. Inom telefontekniken kan motsvarande problem lösas be-
träffande ledningar av olika slag.

Pleijel har även utgivit läroböcker i teoretisk telefoni, den första, »Växelströmsteori», år 1912. I denna behand-
lades bl. a. sinusströmmars framställning medelst vektorer, räkning med komplexa tal samt symboliska metoden; den sistnämnda är ju numera ett fullständigt outhärligt hjälp-
medel för radioingenjören vid lösandet av de vanliga strömkretsproblemen. Den andra läroboken, »Telefonled-
ningars elektriska egenskaper», som utgavs 1923, var av
så grundläggande betydelse, att den fortfarande användes
i undervisningen vid de tekniska högskolorna.

Pleijels lärargärning vid Tekniska Högskolan har fått

en utomordentligt stor betydelse för vårt land. Bland hans
lärjungar återfinns man nu framstående forskare och
vetenskapsmän såväl som skickliga och framgångsrika
ingenjörer, vilka var och en i hög grad bidra till att
vårt land även i fortsättningen med framgång kan ta upp
konkurrensen med utlandet, vare sig det gäller forskning,
undervisning eller industriellt framåtskridande på det elek-
trotekniska området.

På högtidsdagen fick professor Pleijel genom Svenska
Elektroingenjörsföreningen motta en donation på omkring
50 000 kronor, vilken åstadkommit genom medel, som
gemensamt tillskjutits av landets elektroindustri, kraft-
och elverk samt enskilda lärjungar och vänner. Donatio-
nen skall användas för främjande av teknisk-vetenskaplig
forskning vid Tekniska Högskolans avdelning för elektro-
teknik enligt riktlinjer som jubilarerna bestämmer.

W. S.

Decimalklassifikationen

Ett rationellt system för klassificering av teknisk och vetenskaplig litteratur

Redan innan boktryckarkonsten uppfunnits, alltså vid
den tid, då endast handskrifter samlades i biblioteken,
var katalogiseringen av inkommande verk bibliotekariernas
sorgebarn. I äldsta tider använde man sig av en förteck-
ning över böckerna, i vilken författarens namn och titeln
på verket skrevs upp i tur och ordning allteftersom de
kommit in. I och med boktryckarkonsten, uppkomsten av
riktiga böcker — enligt vår terminologi — och böckernas
växande antal tvingades först klosterbiblioteken att också
företaga en klassificering av böckerna, och denna försig-
gick naturligtvis på varje bibliotek efter bibliotekariens
godtycke. Då det vid denna tid huvudsakligast rörde sig
om böcker, som behandlade religionsväsendet, var en in-
delning enligt den teologiska vetenskapens olika kapitel
given. Då emellertid en del klosterbibliotek, tillhörande
vissa ordnar, även samlade böcker i andra ämnen, t. ex.
historia eller geografi, naturvetenskap och vissa språk, i
vilka de undervisade sina lärjungar, utsträcktes klassifi-
kationen så småningom till att omfatta alla vetenskaper;
universitetsbiblioteken övertog denna indelning, som sam-
tidigt bestämde böckernas placering i biblioteket, och an-
sågo den för det enda rätta.

I och med alla vetenskapernas uppsving under andra
hälften av förra århundradet, vilket förorsakades av olika

politiska revolutioner, och den därpå följande tanke- och
studiefriheten samt bortfallet av en öppen eller hemlig
censur, bröt också en hel störtflod av litterärt skapande
från alla områden ned över biblioteken. Därmed uppstod
frågan, hur man redan från början skulle kunna avleda
denna flod av böcker, tidningar och tidskrifter i smärre
bäckar och samla publikationerna i mindre bassänger. På
samma gång trängde även den åsikten igenom, att biblio-
teken icke bara skulle finnas till för att samla böcker,
utan också för att lätt och smidigt förmedla sitt innehåll
till den lärdomstörstande. Det fanns under de sista 70
åren av 1800-talet en mängd olika klassificeringssystem,
och det finns naturligtvis än i dag åtskilliga. Men det
fanns ingen smidig klassificering med utvecklingsmöjlig-
heter, som ändå var översiktlig nog att göra användningen
enkel och lättfattlig och på samma gång vidsträckt. År
1876 kom överbibliotekarien vid New Yorks statsbiblio-
tek, Melvil Dewey, på idén att använda decimalsystemet
som grund för en indelning av allt vetande. Denna idé
utvecklade han långsamt men säkert, och den tjänar i sin
nuvarande form två ändamål. För det första kan man
klassificera den stora mängden litteratur på alla områden
redan då den kommer in till biblioteket, dvs. dela in den
riktigt efter de olika vetenskapsområdena och hänvisa den

till en bestämd plats. För det andra möjliggör den en jämförande kritik för forskaren vid studiet av ett särskilt ämne, därigenom att all litteratur, som omfattar ett bestämt fack eller föremål, finns samlad på en plats. Decimalsystemet, eller som det ännu kortare betecknas DK-systemet, har erkänts av många länder och har föranlett grundandet av en internationell förening, Fédération Internationale de Documentation, i Haag (Holland), vilken har till uppgift att utveckla systemet vidare, dvs. att, då ett nytt ämne uppkommer, efter att ha rådgjort med de enskilda staterna, som höra till Federationen, officiellt fastslå det nya ämnets plats i DK-systemet. Med tiden uppstår sålunda ett slags internationellt språk, som är bindande för terminologin.

Hela det mänskliga vetandet delas in i 10 huvudgrupper och dessa innehålla:

- 0 Allmänt
- 1 Filosofi
- 2 Religion
- 3 Socialvetenskap
- 4 Språkvetenskap
- 5 Matematik. Naturvetenskap
- 6 Tillämpad vetenskap. Medicin. Teknik etc.
- 7 Konst. Underhållning. Sport
- 8 Skönlitteratur
- 9 Geografi. Historia

Dessa grupper uppdelas sedan i sin tur, t. ex. grupp 6:

- 60 Allmänt
- 61 Medicin
- 62 Ingenjörsväsen. Teknik
- 63 Lantbruk. Skogsväsen. Jakt. Fiske
- 64 Hushåll
- 65 Handel och kommunikationer
- 66 Kemisk teknik
- 67/68 Olika industrier
- 69 Byggnadskonstruktioner

Dessa grupper erhålla vidare underavdelning därigenom att man tillfogar en siffra, och man erhåller då följande uppställning:

- 620 Allmänt
- 621 Maskinbyggnad
- 622 Bergshantering
- 623 Krigsteknik
- 624 Brobyggnad. Grundgrävning. Byggn.konstruktioner
- 625 Järnvägsbyggnad. Vägbyggnad
- 626 Vattenbyggnad, allmän
- 627 Naturliga floder. Insjöar
- 628 Sanitetsteknik
- 629 Annat tillhörande ingenjörsväsendet

Fortsätter man den vidare uppdelningen av 621 Maskinbyggnad, så kommer man till:

- 621.0 Allmänt
- 621.1 Ångteknik. Ångmaskiner
- 621.2 Hydrauliska maskiner
- 621.3 Elektroteknik

Delar man upp 621.3 kommer man till:

- 621.31 Allmän elektroteknik
- 621.32 Elektrisk ljusteknik
- 621.33 Elektrisk bandrift
- 621.34 Elektrisk drift med undantag av bandrift
- 621.35 Elektrokemisk teknik
- 621.36 Termoelektricitet, elektrovärme
- 621.38 Fotoelektroteknik, urladdningsrör
- 621.39 Elektrisk teleteknik

Då radiotekniken först måste hänföras till 621.39 Elektrisk teleteknik, sker den fortsatta uppdelningen utgående från 621.39 i:

- 621.391 Allmänt. Överföring av elektriciteten genom ledning
- 621.392 Ledningsteori. Överföringsteknik (tvåpol, fympol)
- 621.394 Telegrafi
- 621.395 Telefonteknik, telefoni på ledningar osv., t. ex. 621.395.4 Multipeltelefoni, eller 621.395.62 Sändare. Mikrofoner
- 621.396 Radioteknik med underavdelningar av första ordningen
 - 621.396.2 Olika system för radiotrafik
 - 621.396.3 Mekanisk eller automatisk sändning
 - 621.396.4 Multipeltrafik. Riktad trafik
 - 621.396.5 Trådlös telefoni
 - 621.396.6 Apparater. Kopplingar
 - 621.396.61 Sändare
 - 621.396.62 Mottagare
 - 621.396.64 Förstärkare
 - 621.396.67 Antenner. Jordning
 - 621.396.677 Riktade antenner
 - 621.396.7 Sändnings- och mottagningsstationer, radio-sändare osv.
- 621.397 Bildöverföring. Television

Fortsätta vi uppdelningen vidare, få vi:

- 621.396.67 Antenner. Jordning
 - 621.396.671 Allmänt om antenner. Antennkonstanter
 - 621.396.671.1 Egenfrekvens
 - 621.396.671.2 Kapacitet
 - 621.396.671.3 Självinduktion
 - 621.396.671.4 Motstånd
 - 621.396.672 Öppna antenner utan jordning

621.396.673	Antenner med jordning. Högantenner
621.396.674	Ramantenner
621.396.675	Jordantenner
621.396.676	Antenner för åkdon osv.
621.396.679	Jordningar, motvikter med flera underavdelningar

Som man ser kan man fortsätta uppdelningen nära nog i oändlighet, så att slutligen varje enskild del hos ett föremål har sitt bestämda nummer och sin bestämda plats inom en viss ram. Den internationella föreningens uppgift består alltså däri, att då nya uppfinningar, nya apparater, maskiner eller delar därav och nya metoder dyka upp anvisa varje föremål eller förfarande dess bestämda plats. Naturligtvis komma ofta flera grupper i fråga för en och samma sak. En rörsändare kommer t. ex. under 621.396.615, urladdningsrör för radiotrafik kommer under 621.396.694, rörens konstruktion under 621.385, däremot deras användning som detektorer under 621.396.622.7 och som förstärkare under 621.396.64. Fabrikationen av glaströr rangerar under 666.17, elektriska mätningar under 537.7. Urladdningsrör från fysikalisk synpunkt kommer under 537.54 och gallerstyrningsteorin vid förstärkarrör under 537.545.2.

Det är alltså här frågan om en långt driven klassifikation i syfte att underlätta forskningen. Det är nästan omöjligt för en fackman att själv läsa alla böcker, än mindre alla facktidskrifter, som i våra dagar komma ut inom varje särskild vetenskapsgren. Ännu svårare är det att samla föredrag och artiklar på ett sådant sätt, att man i framtiden kan draga nytta av en dylik samling. Klassificeras böckerna och artiklarna omedelbart, har forskaren bara att placera artikeln i ett kartotek bakom ett ledkort, försett med det lämpliga numret, och han kan sedan med tillhjälp av detta kartotek närhelst han önskar taga reda på om, av vem och när någonting publicerades i en viss fråga. Det finns facktidskriftsindex, som samla och ge ut referat av alla tidningsartiklar; sådana förekomma i England, Tyskland (särskilt på elektroteknikens område) och i Italien. Här i Norden ger Danmarks tekniske Bibliotek ut ett enkelt index utan referat, som omfattar nästan samtliga tekniska områden; det kommer ut var 14:e dag och meddelar allt nytt. Sedan är det forskarens sak att skaffa sig den artikel eller det särtryck han önskar, och på detta sätt kunna alla tekniker spara både tid och pengar samt dessutom alltid hålla sig à jour med nyheterna inom sitt speciella område. Dessa stora index ha alla byggts upp enligt DK-systemet.

K. B.

Mätningar på motkopplad förstärkare

Motkoppling eller negativ återkoppling kommer till allt större användning i förstärkare för hög-, vid- och tonfrekvens. I nedanstående artikel redogöres för motkopplingens teori och beskrivas mätmetoder och mätapparatur för undersökning av dess inverkan på en tonfrekvensförstärkares data.

Av civilingenjör Harry Stockman*

Avsikten med följande artikel är ej att giva en generell översikt över metoder att mäta motkopplade förstärkare utan snarare att medelst ett exempel visa, hur dylika mätningar kunna utföras och hur mätapparaturen kan vara anordnad.

Motkopplingens teori.

Genom att motkoppla tonfrekvensförstärkare ernår man bl. a. en utjämning av frekvenskurvan, reducerad distortion samt ökad stabilitet. Dessa och andra fördelar vinnas på bekostnad av förstärkningen.

I fig. 1 visas en förstärkare med egenförstärkningen eller transmissionskoefficienten $F = E_2/E$ (komplexa stor-

heter). Vi vilja förbättra denna förstärkare genom motkoppling, d. v. s. genom att mata tillbaka en del av utgångsenergien på sådant sätt, att den återmatade spänningen motverkar ingångsspänningen. För att illustrera principen har i fig. 1 valts spänningsstyrd återkoppling (se härom forts.), med en del av utgångsspänningen E_2 tillbakamatad över ett ledningsnät till första gallerkretsen. Den återmatade spänningen har betecknats βE_2 , där β är återledningsnätets dämpnings- eller transmissionskoefficient.

När den motkopplade förstärkaren användes i praktiken, är den endast tillgänglig som en aktiv fyrpol med klämmorna I_1 och UU_1 . Vid användningen av denna fyrpol äro vi endast intresserade av den förstärkning $F_a = E_2/E_1$, som förefinnes mellan in- och utgångssidan. För att kunna bestämma återkopplingens inverkan måste vi känna

* Instructor in Electronics, Cruft Laboratory, Harvard University, Cambridge, U. S. A.

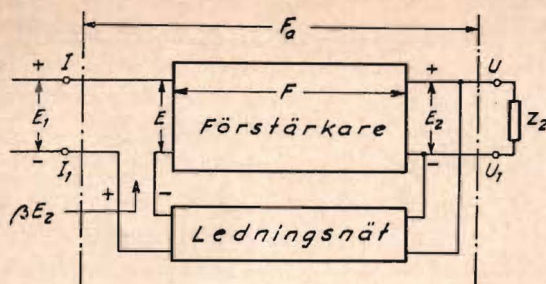


Fig. 1. Principen för återkoppling av en förstärkare med egenförstärkning F via ett ledningsnät med transmissionskoefficienten β . Vektorns $F\beta$ variation till talvärde och fasvinkel är utslagsgivande för de egenskaper den motkopplade förstärkaren erhåller.

relationen mellan F_a och F , vilken lätt erhålles ur uttrycket: $E = E_1 + \beta E_2$.¹ Vi få alltså

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{E_2}{E_1} \\ F &= \frac{E_2}{E} = \frac{E_2}{E_1 + \beta E_2} \\ \frac{E_2}{E_1} &= F_a = \frac{F}{1 - F\beta} \end{aligned} \quad (1)$$

Storheten $F\beta$ benämnes här *återkopplingsfaktorn* (är reell eller komplex). När dess talvärde går mot 1, går F_a mot oändligheten. Då talvärdet är lika med 1, är förstärkningen oändligt stor, dvs. självsvängning förefinnes. När talvärdet går mot noll, närmar sig däremot F_a till F .

Vid negativ återkoppling, alltså β negativ, reduceras F_a i den mån $F\beta$ ökas. Om $F\beta \gg 1$, övergår formel (1) till

$$F_a \approx \frac{1}{\beta} \quad (2)$$

Detta samband säger oss, att om β är konstant och reell, äro såväl den aktuella förstärkningen F_a som fasvridningen konstanta, varför frekvenskurvan blir en rät linje inom de gränshänsynerna, mellan vilka den gjorda approximationen gäller. Förstärkningen från klämmorna II_1 till klämmorna UU_1 är sålunda oberoende av variationer i egenförstärkningen F . Förklaringen härtill kan sägas vara, att en moderat variation i F orsakar en kraftig motverkande variation i skillnadsspänningen ($E_1 + \beta E_2$), varigenom denna — den verkliga ingångsspänningen — korrigeras, så att kompensation för ändringen i F erhålles. (Skillnadsspänning enär β negativ.)

Ledningsnätet för motkoppling kan vara resistivt eller reaktivt, passivt eller aktivt (dvs. innehålla förstärkande rör). Exempelvis kan nätet vara utfört som en T-länk med impedanserna Z_1 , Z_2 och Z_3 . Om här $Z_1 = 0$ och Z_2 och Z_3 äro resistiva, representerar ledningsnätet helt enkelt en po-

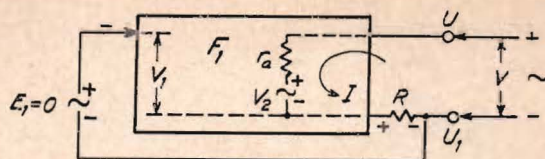


Fig. 2. Förstärkare med strömstyrd motkoppling. Med de visade tecknen representerar F_1 en förstärkare med två eller fyra rör — eller direkt förbindning. (Anordningen utgöres då av ett rör med katoddegeneration.)

tentiometer över förstärkarens utgångsklämmor. Om motkopplingsledningen bygges upp med spolar, motstånd och kondensatorer för viss frekvenskaraktistik, erhålles frekvenskorrigering med exempelvis förstärkarens basregister undertryckt. Vid anordningar av detta slag äro ofta såväl F som β komplexa. Den aktuella förstärkningens talvärde blir då

$$|F_a| = \frac{|F|}{|1 - P|}$$

där

$$P = F\beta = |P| \exp \Phi$$

Här är $|P|$ återkopplingsfaktorns talvärde och Φ dess fasvinkel ($\exp \Phi$ är ett skrivsätt för $e^{j\Phi}$). Vid utveckling erhålles

$$|F_a| = \frac{|F|}{|1 + |P|(\cos \Phi + j \sin \Phi)|}$$

eller

$$|F_a| = \frac{|F|}{(1 + 2|P| \cos \Phi + |P|^2)^{1/2}} \quad (3)$$

För generell beräkning av detta talvärde måste vi känna fasvinkeln Φ hos återkopplingsfaktorn. Fasvinkeln kan beräknas eller mätas (se forts.).

Motkopplingen omfattar ej alltid hela förstärkaren; den kan gälla ett individuellt förstärkarsteg. Återkoppling över olika system med olika omfattning och återkopplingsgrad förekommer i vissa typer av förstärkare. Negativ återkoppling i ett individuellt förstärkarsteg har stundom formen av *katoddegenerering* (»cathode degeneration», »subsidiary feed-back»). I den här använda experimentförstärkaren kan katoddegenerering införas genom att katodmotståndens shuntkondensatorer bortkopplas, se fig. 4. Vid katoddegenerering ger den av en viss växelspanning på gallret orsakade växelströmmen genom katodmotståndet (d. v. s. anodväxelströmmen) en gallerspänningskomponent, som motverkar originalspänningen. Det slag av motkoppling som så erhålles kan hänföras till den i fortsättningen angivna klassen av förstärkare, som arbeta med strömstyrning.

Ström- och spänningsmotkoppling.

Strömmotkoppling eller rättare *strömstyrd motkoppling*

¹ Gäller positiv återkoppling. Återkopplingsformeln framededuceras för det generella fallet, som är positiv återkoppling. Vid studium av negativ återkoppling införa vi 180° fasvridning, säg i återkopplingsledningen, representerad genom negativt värde på β .

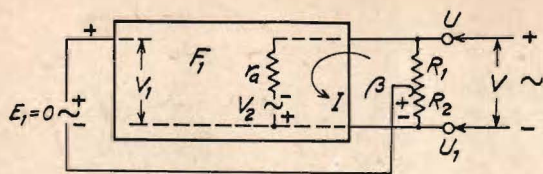


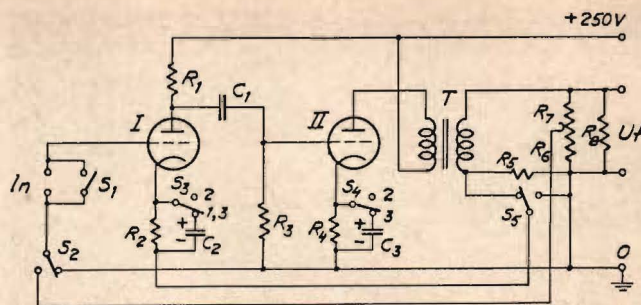
Fig. 3. Förstärkare med spänningsstyrd motkoppling. Potentiometern R_1R_2 representerar det i fig. 1 visade ledningsnätet och har en transmissionskoefficient $R_2/(R_1 + R_2)$.

såges vara för handen, då den återmatade spänningen är proportionell mot utgångsströmmen. Spänningsmotkoppling eller *spänningsstyrd motkoppling* (visad i fig. 1) förfinnes, då den återmatade spänningen är proportionell mot utgångsspänningen. I praktiken kan motkopplingen vara en blandning av ren strömmotkoppling och ren spänningsmotkoppling.

Då motkoppling appliceras på en förstärkare, förändras dennas data. Sålunda ökas utgångsimpedansen vid strömmotkoppling och minskas vid spänningsmotkoppling. Motkopplingen av det senare slaget är därför synnerligen ändamålsenlig vid förstärkare med pentodslutrör, enär en reduktion av inre rörmotståndet här är önskvärd. Den slutsteget representerande ekvivalenta strömkällan får då »konstant spänning»- eller triodkaraktär i stället för »konstant ström»- eller pentodkaraktär, så att den av högtalarens upphängningsresonans orsakade toppen på frekvenskurvan blir mindre utpräglad. Spänningsstyrd återkoppling kan appliceras för ringa kostnad på förstärkare; i enklaste fall kopplas ett mostånd i serie med en kondensator mellan ett galler och en anod.

Att variationerna i ström, spänning och impedans bli de ovan angivna är helt naturligt. Enligt definitionen på strömmotkoppling varierar den återmatade spänningen proportionellt mot utgångsströmmen. En ökning av belastningsimpedansen (högtalarimpedansen) medför vid ett rör med lågt inre motstånd (triode) en minskning av utgångsströmmen och alltså av motspänningen, med resultat att signal-emk:n i utgångskretsen ökas, så att variationen i utgångsströmmen mer eller mindre kompenseras. Motkopplingen strävar alltså att hålla utgångsströmmen konstant. Det förhållandet, att en variation av belastningsimpedansen har ingen eller mycket liten inverkan på strömmen, är typiskt för en strömkälla med högt inre motstånd. Slutsteget har alltså ändrats därefter, att det nu har hög inre impedans; ett skenbart inre rörmotstånd, större än det vanliga. *Strömstyrd motkoppling medför sålunda en ökning av slutstegets inre impedans, eller om man så vill, en skenbar ökning i inre rörmotståndet.*

Enligt definitionen på spänningsmotkoppling varierar den återmatade spänningen proportionellt mot utgångsspänningen. En ökning av belastningsimpedansen (hög-



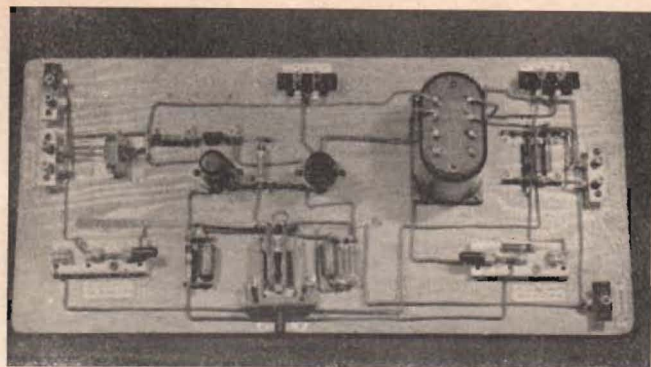


Fig. 5. Den använda experimentförstärkaren sedd uppfifrån, med ingången till vänster och utgången till höger. I mittpartiet synas rören och därunder katodimpedanserna med tillhörande omkopplare. (Foto förf., Cruft Laboratory.)

r_m , som har positivt värde (vid spänningsmotkoppling negativt värde).³ Sättet att illustrera förhållandena genom införande av ett positivt eller negativt motstånd är i detta fall enbart ett talesätt, men ett talesätt av stort praktiskt värde. Sålunda kringgår man genom att använda termen »negativt motstånd» svårigheten att beskriva den spännings-ström-relation, som är för handen, då nämnda spännings-ström-relation ej längre satisfierar Ohms lag i kretsar, där hänsyn ej tages till närvaron av en extra emk. En dylik emk är i vårt fall V_2 , som står i bestämd amplitud- och fasrelation till V och för varje värde på I , bestämt av V och r_a , ger ett litet avdrag ΔI , så att strömmen blir mindre än V/r_a .⁴

Förstärkaren reagerar sålunda som om den hade en större impedans än r_a mellan utgångsklämmorna. Impedansökningen r_m erhålles lätt ur ekvationerna för kretsarna i fig. 2. Utan motkoppling gäller, om R försummas vid sidan av r_a ,

$$\frac{V}{I} = r_a \quad (4)$$

Med motkoppling gäller

$$I = \frac{V - V_2}{r_a}$$

där

$$V_2 = F_1 V_1 = F_1 R I$$

Vi få alltså

$$r_a I = V - F_1 R I$$

och

$$\frac{V}{I} = r_a + F_1 R = r_a + r_m \quad (5)$$

³ Företeelsen är densamma som vid en återkopplad detektor, där genom överföring av energi från anodkretsen till gallerkretsen ett »negativt motstånd» introduceras i den senare kretsen. När detta »motstånd» nått samma värde som kretsens förlustmotstånd, inträder självsvängning.

⁴ När vi därför enligt »volt-ampere-metoden» mäta impedansen mellan klämmorna UU_1 , reagerar förstärkaren på så sätt, att den uppvisar en större impedans än r_a .

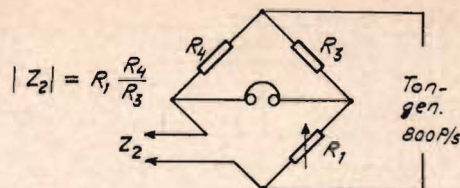


Fig. 6. Impedansmätbrygga för bestämning av variationer i impedansen mellan utgångsklämmorna. Som strömkälla utnyttjas den ordinäre tontgeneratoren. Fasutjämning saknas.

Strömmotkopplingen har alltså medfört en ökning i utgångsimpedansen med värdet $r_m = F_1 R$. Produkten $F_1 R$ blir större, ju större vi välja kopplingsimpedansen R och ju större vi göra förstärkningen F_1 . Detta kan även uttryckas så, att r_m ökar med graden av motkoppling.⁵

För spänningsmotkopplingen, fig. 3, kan en liknande härledning göras. Som återkopplingsspänning taga vi här från mätströmkällan ut $\beta V = R_2 V / (R_1 + R_2)$, som påtryckes gallret. Sålunda blir, om den shuntande verkan av potentiometern $R_1 R_2$ försummas,

$$\begin{aligned} V_2 &= F_1 V_1 = -F_1 \beta V \\ I &= \frac{V + V_2}{r_a} = \frac{V - F_1 \beta V}{r_a} \\ \frac{V}{I} &= \frac{r_a}{1 - F_1 \beta} \end{aligned} \quad (6)$$

(β är såsom tidigare negativ.) Jämföres med resultatet utan motkoppling, formel (4), inses, att impedansen mellan klämmorna UU_1 vid appliceringen av spänningsstyrd motkoppling reduceras i proportionen $1 : (1 - F_1 \beta)$.

Experimentförstärkaren.

Kopplingsschemat för den använda experimentförstärkaren visas i fig. 4. Dess utseende framgår av fotot i fig. 5. Förstärkarens olika delar kunna lätt bytas ut; de angivna värdena gälla endast det mättillfälle, vid vilket de i fig. 9 angivna frekvenskurvorna upptogs. Vid sagda tillfälle användes tvenne 6J5 i koppling för hög övre gränshänsyn; i det följande angivna mätresultat gälla endast mätområdet upp till 10 000 p/s. Katodmotstånd och katodkondensatorer äro anslutna till en omkopplare $S_3 S_4$ med tre lägen:

⁵ En intressant belysning av den impedansvariation, som äger rum, ger tillämpningen av kompensationssteomet, som kan formuleras så, att en impedans r_m kan ersättas med en impedansfri strömkälla med emk:n $V_2 = r_m I$, där I är strömmen genom impedansen r_m . Omvänt kan en emk V_2 ersättas med en impedans r_m , som med strömmen I ger spänningsfallet V_2 . Vilken av de två ekvivalenta kretsarna vi se genom utgångsklämmorna, den med emk:n V_2 eller den med tilläggsimpedansen r_m , är ur beräkningssynpunkt likgiltigt.

Det må observeras, att förstärkningen F_1 fram till slutrörets galler har definierats positiv, då den ger de i figur 2 angivna tecknen, vilket blir fallet om förstärkaren har totalt 1,3,5, rör Om totala rörantalet är 2,4,6, blir F_1 negativ, varför formel (5) anger en reduktion i utgångsimpedansen. Denna reduktion är ju helt naturlig, enär återkopplingen med 2,4,6, rör blir positiv.

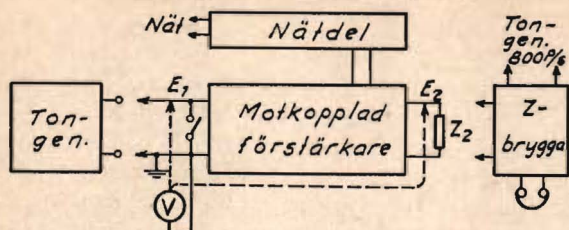


Fig. 7. Blockschema för mätuppsättningen. Rörvoltmeters kan lätt kopplas om från ingångssidan, där spänningen hålles konstant, till utgångssidan. Vid impedansmätning är förstärkarens ingång kortsluten.

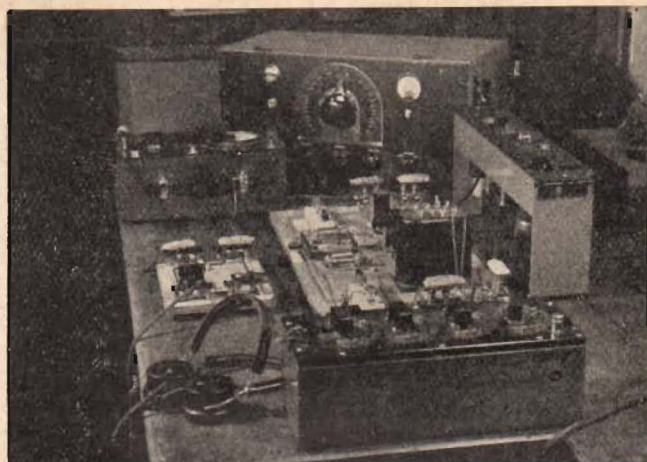


Fig. 8. Foto av mätapparaturen med RCA:s svävgenerator modell 68B i bakgrunden. Övriga apparater äro: Ballantines rörvoltmeter modell 300, impedansmätbrygga, experimentförstärkare, nät-del, hörtelefon och bryggmotstånd. (Foto förf., Cruft Laboratory.)

mittläget »full katoddegenerering», läget till vänster »första röret avkopplat», läget till höger »båda rören avkopplade». Strömmotkoppling erhålles med omkopplarna S_2 och S_3 i innerlägena, spänningsmotkoppling med samma omkopplare i ytterlägena. Omkopplaren S_1 har insatts för kortslutning av förstärkaringången vid bryggmätning för bestämning av variationerna i förstärkarens utgångsimpedans.⁶

Förstärkaren är synnerligen flexibel och tillåter en mängd mätningar med olika slag av motkoppling.

Impedansmätbryggan i fig. 6, även synlig framför förstärkaren på fotot i fig. 8, är av enklaste slag och saknar fasutjämning. (Fasutjämning är ej absolut nödvändig för approximativ bestämning av förstärkarens utgångsimpedans vid svag motkoppling, men vid stark motkoppling blir inställningen försvårad, och en brygga, som tillåter balansering av såväl resistiva som reaktiva komponenter är då att föredra.)

Vid bryggmätning ger den över utgångsklämmorna UU_1 påtryckta växelspänningen en återkopplingsspänning på första rörets galler, vilken spänning i slutrörets anodkrets uppträder med det tecken som satisfierar den skenbara impedansändringen.

Motkopplingens inverkan på distortionen kan mätas, om en distortionsmätbrygga anslutes direkt till förstärkarens utklämmor. Klirrfaktorn eller övertonshalten erhålles allt efter typen av den använda bryggan.

Apparatur och mätresultat.

I den i fig. 7 visade uppkopplingen har flertalet mätningar utförts med en *General Radio 608-A* tongenerator med tryckknappssystem för frekvensomkoppling. Denna generator arbetar enligt fasvridningsprincipen med oscillators utgång återkopplad till ingången via ett motståndskondensatornät, så att motkoppling är för handen för alla frekvenser utom den önskade. Svängningsintensiteten kontrolleras medelst en ratt efter den på ett »magiskt öga»

⁶ Ehuru ej visad i schemat finnes en av S_3 styrd omkopplare, som i första rörets katodkrets inför ett kompensationsmotstånd, så att strömmotkoppling kan införas utan att värdet på totala katodmotståndet, dvs. negativa gallerspänningen, ändras.

givna indikationen. Särskild kontroll finnes för utspänningsreglering. Generatoren är mycket praktisk för det slag av mätningar det här är fråga om; tack vare tryckknappssystemet går det mycket fort att taga upp frekvenskurvor.

En annan generator, som kommit till användning, är *RCA Svävgenerator typ 68B*, synlig till vänster på fotot, fig. 8.

För bestämning av spänningarna E_1 och E_2 har använts en *Ballantine Electronic Voltmeter modell 300*, omkopplingsbar mellan förstärkarens in- och utgångssida. Denna voltmeter är lätt att arbeta med, enär den är försedd med decibelskala. Normalt har voltmeteren ett område 1 till 10 volt, och för varje voltsiffra har den motsvarande dB-siffran:

$$N = 20^{10} \log \frac{V_2}{V_1} = 20^{10} \log \frac{V_2}{1}$$

införts. För voltsiffran 1 står sålunda dB-siffran 0, för 2 volt dB-siffran 6, för 10 volt dB-siffran 20, etc. För spänningar större än 10 volt vrides områdesratten upp ett steg, varigenom 10 gångers eller 20 dB utökning av mätområdet erhålles. En skalsiffra 6 dB läses alltså nu såsom 20 + 6 eller 26 dB. Vid nedvridning av områdesratten substraheras analogt 20 dB från skalvärdet.

Av de erhållna mätresultaten visas i fig. 9 frekvenskurvor upptagna med och utan motkoppling enligt angivelse. Avläsningarna gjordes vid frekvenserna 50, 75, 100, 200, 500, 1 000, 5 000, 10 000 p/s etc., men högre mätvärden än de för 10 000 p/s gällande ha ej medtagits. För de angivna värdena på i förstärkaren ingående delar ger bryggmätningen följande ungefärliga värden på impedansen mellan utgångsklämmorna: strömstyrning 300 ohm, utan motkoppling 200 ohm, spänningsstyrning 100 ohm.

Ehuru föreliggande mätningar ej utsträckts till bedöm-

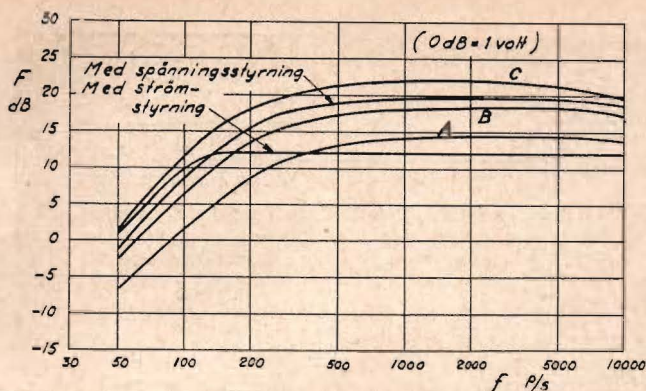


Fig. 9. Experimentellt erhållna frekvenskurvor för förstärkare med de i fig. 4 angivna värdena. Strömstyrning ger här en avsevärt bättre kurva än spänningsstyrning, när motkopplingsgraden är större för det förra än för det senare slaget av motkoppling. Kurvan A gäller utan kondensatorer över katodmotståndet, B med kondensator över första rörets katodmotstånd, C med kondensatorer över båda rören katodmotstånd.

ning av fasvridningen och dess beroende av motkopplingen, anges nedan ett förslag till mätanordning för dylik bestämning. Alltefter värdet på fasvridningen ger antingen schemat i fig. 10 a eller schemat i fig. 10 b kompen-sation. De reella komponenterna balanseras med dekad-motståndet R_2 , och fasutjämning sker med variometern M . Om vid tyst hörtelefon en kretsström I passerar R_1 , R_2 och undre halvan av variometern (fig. 10 a), bli de förstär-karen påtryckta spänningarna:

$$E_1 = -R_1 I; E_2 = (R_2 \pm j\omega M) I$$

och följaktligen komplexa förstärkningen — förhållandet mellan ut- och ingångsspänning:

$$F = |F| \exp \Phi = -\frac{1}{R_1} (R_2 \pm j\omega M) \quad (7)$$

Motsvarande uttryck för anordningen i fig. 5 b blir

$$F = |F| \exp \Phi = \frac{1}{R_1} (R_1 + R_2 \pm j\omega M) \quad (8)$$

Här betyder F den komplexa förstärkningen (i USA »amplification») och $|F|$ dess talvärde (i USA »amplification ratio»). Vinkeln Φ är fasvinkeln mellan ut- och ingångs-spänningarna, d. v. s. förstärkarens fasvridning. Denna er-hålles såsom tangenten för förhållandet mellan imaginära och reella delen i respektive uttryck (7) och (8), med vederbörlig hänsyn tagen till tecknen. Med kännedom om fasvinkeln kunna vi enligt formel (3) beräkna storleken (talvärdet) av den aktuella förstärkningen F_a .

Samma apparatur kan användas för bestämning av krets-förstärkningen (»loop gain»), representerad av återkopp-lingfaktorn $F\beta$. Den av förstärkaren och återkopplings-ledningen bildade kretsen brytes då i någon punkt — låt oss kalla den snittpunkten — och mätanordningen inskjutes under betryggande anpassningsförhållanden. Balans-villkoret innebär att mätanordningen $R_1 R_2 M$ (fig. 10) ges sådant talvärde och fas, att spänningen E_2 på ena sidan

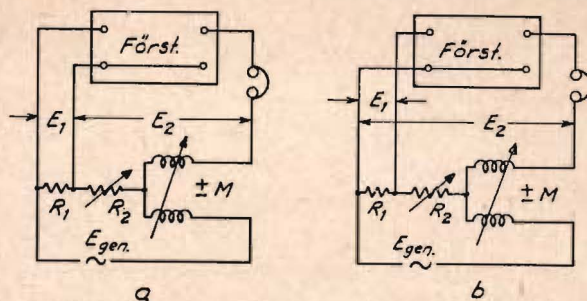


Fig. 10. Mätkoppling för bestämning av den komplexa förstärkningen, alltså både talvärde och fasvinkel. Full kompen-sation ernås från in- och utgångsspänningarna helt ur fas (fig. a) till helt i fas (fig. b) genom variation av ömsesidiga induktansen.

om snittpunkten fullständigt kompenserar spänningen E'_1 på andra sidan om snittpunkten. E'_1 är då värdet hos in-gångsspänningen E_1 efter förstärkning i förstärkaren och dämpning i återkopplingsledningen. Vektorrelationen E_2/E'_1 , som beräknas ur värdena på R_1 , R_2 och M , utgör den sökta vektorn $F\beta$.

Mätanordningar för utrönande av stabilitetsförhållan-dena äro nödvändiga för bedömning av stabilitetsvill-koren. Dessa villkor kunna angivas och studeras grafiskt, om vektorn $F\beta$ avsättes i ett polärt diagram för ett stort antal frekvenser (även frekvenser utanför gränsfrekven-serna). Om för en viss frekvens stabilitetsvillkoren ej äro uppfyllda, självsvänger förstärkaren på denna frekvens. Om i återkopplade förstärkare talvärdet $F\beta$ hålles nere (formel (1) visar att $F\beta=1$ är ett kritiskt värde), då fas-vinkeln hos $F\beta$ har ett kritiskt värde, och omvänt fasvin-keln ges ett ofarligt värde, då $|F\beta|$ uppfyller villkoren för självsvängning, kan betryggande stabilitet erhållas.

Givetvis kan mätapparaturen för mätningar av det slag det här är fråga om vara utformad på helt annat sätt än här visats. Likaså kunna mätförfarandena avvika i många hänseenden från de här antydda.

Beräkningsexempel.

För att bättre klarlägga hur formel (1) användes i prak-tiken, genomföres nedan ett enkelt beräkningsexempel. Vi studera en katoddegenererad förstärkare med en impe-dans Z_1 inlänkad i katodledningen. Denna impedans består av en kondensator C och ett motstånd r . Vi beräkna först spänningsförstärkningen med hjälp av allmän elementär strömkretsteori, och skaffa oss så ett slututtryck, utgö-rande en funktion av givna impedansvärden. Vi förnya därefter beräkningen, denna gång med utnyttjande av den i inledningen givna teorien, och skaffa oss på denna andra väg ett uttryck för förstärkningen, som bör bli identiskt med det tidigare erhållna, om vi räknat rätt.

Fig. 11 a visar förstärkarstegets kopplingsschema och fig. 11 b dess ekvivalentschema. Totala kretsimpedansen

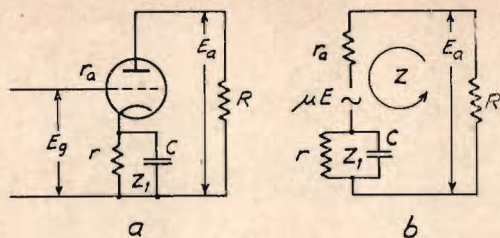


Fig. 11. Kopplingsschema och ekvivalentschema för förstärkare i beräkningsexempel. Motkopplingen är här av typen katoddegenerering. Om C göres stor, blir motkopplingen försumbar utom för de lägsta frekvenserna, såsom framgår av givna formler.

har betecknats Z . Den effektiva spänningen mellan galler och katod är

$$E = E_g - \frac{Z_1}{Z} \mu E$$

eller

$$E = \frac{E_g}{1 + \frac{Z_1}{Z} \mu}$$

där μ är rörets förstärkningsfaktor. Med fortsatt tillämpning av ekvivalenta anodströmkretsens teorem ger emk:n μE en utgångsspänning

$$E_a = \frac{R}{Z} \mu E = \frac{R}{Z} \cdot \frac{\mu E_g}{1 + \frac{Z_1}{Z} \mu}$$

Spänningsförstärkningen F_a blir då

$$F_a = \frac{E_a}{E_g} = \frac{\mu R}{Z + Z_1 \mu} = \frac{\mu R}{r_a + R + (1 + \mu) Z_1} \quad (9)$$

Införes här

$$Z_1 = \frac{r}{1 + j\omega Cr}$$

erhålles

$$F_a = \frac{\mu R}{r_a + R + \frac{(1 + \mu)r}{1 + j\omega Cr}} \quad (10)$$

Denna vektor har talvärdet

$$|F_a| = \frac{\mu R}{[(r_a + R + K)^2 + (\omega Cr K)^2]^{1/2}}$$

där

$$K = \frac{(1 + \mu)r}{1 + (\omega Cr)^2}$$

Elimineras motkopplingen, exempelvis därigenom att r kortslutes, blir $K=0$, och uttrycket får den välbekanta formen

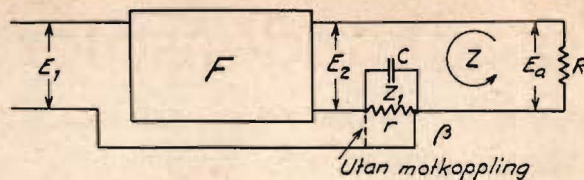


Fig. 12. Principschema för förstärkare i beräkningsexemplet, då beräkningen sker genom direkt tillämpning av motkopplingsteorien. Totala kretsimpedansen Z innefattar rörmotståndet r_a .

$$|F_a| = \frac{\mu R}{r_a + R}$$

Vi upprepa nu beräkningen, denna gång med användning av formel (1). Till ledning har enligt fig. 1 och fig. 2 ett blockdiagram, fig. 12, uppritats. Förflyttas här uttaget för motkopplingsspänningen enligt den streckade linjen, kommer full ingångsspänning att tillföras röret. Det motkopplingsfria steget har nu en förstärkning

$$F = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\mu(R + Z_1)}{Z}$$

Med användande av motkoppling blir den del β av utgångsspänningen E_2 , som vi utnyttja som motkopplings-spänning,

$$\beta = -\frac{Z_1}{R + Z_1}$$

Följaktligen blir enligt formel (1)

$$F'_a = \frac{F}{1 - F\beta} = \frac{\mu(R + Z_1)}{Z \left[1 + \frac{\mu(R + Z_1)}{Z} \cdot \frac{Z_1}{R + Z_1} \right]}$$

eller

$$F'_a = \frac{\mu(R + Z_1)}{r_a + R + (1 + \mu) Z_1} \quad (11)$$

Förstärkningen $F'_a = E_2/E_1$ står i samma relation till förstärkningen $F_a = E_a/E_1 = E_a/E_g$ som spänningen E_2 till spänningen E_a . Multipliceras sålunda ekv. (11) med faktorn

$$\frac{R}{R + Z_1}$$

erhålles uttrycket för förstärkningen F_a . (Beräkningen ovan kan ske så, att denna korrektion undviks.) Som synes blir detta uttryck identiskt med det tidigare härledda, ekv. (9).

Den först följda vägen är i princip liktydig med en härledning plus en beräkning, ehuru härledningen ej gives sådan form, att ekv. (1) direkt framträder. Den andra — härledningen inbesparande — vägen är förtjänt av större popularitet vid räkningar på förstärkare med såväl positiv som negativ återkoppling.

Katodkondensatorn

Vad den har för uppgift och hur den på enkelt sätt beräknas

Av civilingenjör G. Assarsson

Ett förstärkarrör skall i regel arbeta med en negativ förspänning på styrgallret, så att gallerström undviks. Vid rör med indirekt uppvärmd katod erhålles denna förspänning enklast genom att ett motstånd, det s. k. katodmotståndet, inkopplas i katodledningen. Elektronströmmen i röret åstadkommer ett spänningsfall i detta motstånd, varigenom katoden blir positiv relativt apparatens »nolla», och om gallret får sin vilospänning från nollan, blir det negativt relativt katoden. För att katoden i växelströms-avseende skall bibehålla nollpotential, shuntas katodmotståndet med en kondensator av sådan storlek, att motståndet kortsluts för de frekvenser, som röret skall arbeta med. Betydelsen av denna s. k. katodkondensator inses genom följande resonemang.

Vi tänka oss ett motståndskopplat förstärkarsteg utan katodkondensator, se fig. 1. Mellan galler och nolla matas in en växelspanning E_1 . I det ögonblick, då denna har sitt positiva maximivärde, får även anodströmmen sitt maximum. Spänningsfallet över katodmotståndet R_k har då ökat, så att även katodens potential i förhållande till nollan har sitt maximum. Den spänning E_g , som kommer in mellan galler och katod, är då lika med skillnaden mellan den tillförda spänningen E_1 och växelspanningen E_k på katoden:

$$E_g = E_1 - E_k$$

En tillräckligt stor katodkondensator åstadkommer, att E_k blir noll, så att hela E_1 blir verksam på gallret. Utelämnas kondensatorn, blir förstärkningen i steget således lägre. Härav framgår även, att i tonfrekvensförstärkare storleken av katodkondensatorn kan ha inverkan på förstärkarens frekvenskurva. Tages nämligen katodkondensatorn för liten, så att den ej tillräckligt effektivt kortsluter katod-

motståndet vid de lägsta frekvenserna, blir följden den, att basen förstärkes mindre än den övriga delen av registret.

För att kunna beräkna, hur stor katodkondensatorn i varje särskilt fall bör vara, så att vi ej skola behöva taga till den onödigt stor, ta vi reda på uttrycket för förstärkningen som funktion av frekvensen vid given katodkondensator C_k . (Se fig. 2.) Bortse vi från likspänningar och likströmmar, kan schemat utbytas mot det ekvivalenta ersättningsschemat i fig. 3. Från anodsidan sett och vid små amplituder kan ett förstärkarrör nämligen betraktas som en växelströmsgenerator med elektromotoriska kraften lika med rörets förstärkningsfaktor μ gånger växelspanningen galler-katod E_g och med inre motståndet lika med rörets inre motstånd R_i . Belastningsmotståndet är R_a och antages rent ohmskt. Katodimpedansen, dvs. kombinationen av R_k och C_k parallellt, kalla vi Z_k . För schemat kunna vi ställa upp ekvationer, ur vilka vi få förstärkningen

$$F = \frac{E_2}{E_1} = \mu \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i + (\mu + 1) Z_k}, \text{ där } Z_k = \frac{R_k}{1 + j\omega C_k R_k}$$

Då uttrycket är komplext (den imaginära enheten $j = \sqrt{-1}$ ingår i Z_k), är det ej blott förstärkningens storlek som är en funktion av frekvensen, utan vi få tydligen även en med frekvensen varierande fasförskjutning mellan in- och utgångsspänning.

Med hjälp av denna formel för förstärkningen skulle vi nu kunna uträkna och upprita förstärkarstegets frekvenskurva vid givet värde på katodkondensatorn. Vi se, att vid höga frekvenser (eller mycket stor katodkondensator) blir Z_k mycket liten, och förstärkningen närmar sig värdet $\mu \cdot R_a / (R_a + R_i)$. Vid mycket låga frekvenser däremot (eller om katodkondensatorn är mycket liten eller utelämnas)

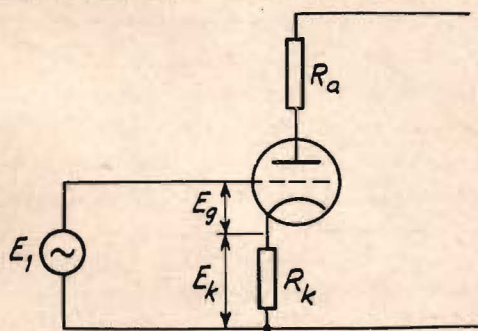


Fig. 1. Motståndskopplat förstärkarsteg med katodmotstånd men utan katodkondensator.

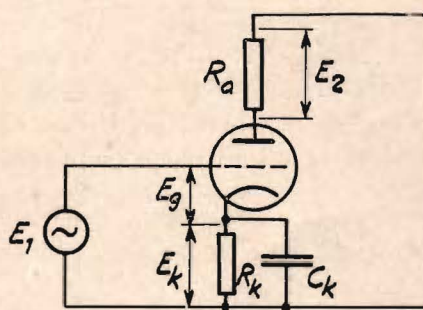


Fig. 2. Samma steg med katodkondensator.

blir Z_k ungefär lika med R_k , och förstärkningen närmar sig värdet

$$\mu \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i + (\mu + 1)R_k}$$

Betrakta vi uttrycket för F , se vi, att om $(\mu + 1)Z_k$ är litet jämfört med $R_a + R_i$, blir förstärkningen dels maximal, dels oberoende av frekvensen. Vidare blir fasförskjutningen noll. Villkoret $(\mu + 1)Z_k \ll R_a + R_i$ är uppfyllt, om

$$\frac{1}{\omega C_k} \ll \frac{R_a + R_i}{\mu + 1}$$

Det visar sig, att vi få ett tillräckligt frekvensoberoende för vanliga tonfrekvensförstärkare, om vi här använda en faktor lika med 1/2 och sålunda beräkna C_k ur ekvationen

$$\frac{1}{\omega_o C_k} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_a + R_i}{\mu + 1}$$

varvid beräkningen göres vid den lägsta frekvens, som vi vill ha med utan nämnvärd försvagning. Förstärkningsminskningen blir då endast cirka 10 % eller i decibel räknat cirka 1 dB vid denna frekvens.

Om 1:an försummas vid sidan om μ samt $\omega_o = 2\pi f_o$ insättes och π avrundas till 3 fås:

$$C_k = \frac{\mu}{3f_o(R_a + R_i)} \text{ farad}$$

Här är $\frac{\mu}{R_a + R_i}$ lika med rörets dynamiska branthet S_d , varför vi komma fram till följande enkla formel för dimensionering av katodkondensatorn:

$$C_k = \frac{S_d}{3f_o}$$

Är S_d uttryckt i $\mu\text{A/V}$, fås C_k i μF .

Ovan har räknats med trioder, men formeln kan användas även för tetroder och pentoder, eftersom skärmgallerströmmen i dessa vanligtvis är liten jämfört med anodströmmen och det här endast är fråga om en ungefärlig beräkning av C_k . För dessa rör är dynamiska brantheten S_d nära lika med den statiska S . För trioder kunna vi beräkna dynamiska brantheten enl. uttrycket:

$$S_d = \frac{\mu}{R_a + R_i} \cdot 10^6 \mu\text{A/V}$$

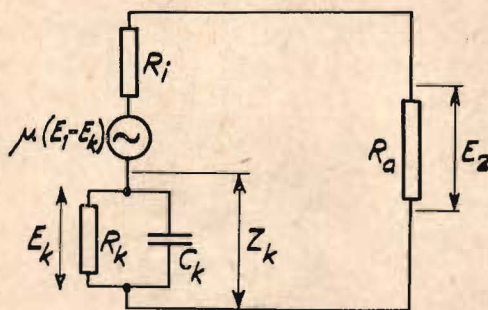


Fig. 3. Ekvivalenta ersättningsschemat för förstärkarsteget i fig 2.

Vi tillämpa formeln på några typiska fall vid tonfrekvensförstärkning. Frekvensen f_o ha vi här valt så låg som 30 perioder per sekund.

Ex. 1: Triod i motståndskopplat LF-steg. Vid motståndskoppling är att märka, att röret då vanligen går med relativt liten anodström, varför R_i blir större och S mindre än de i rörtabellerna uppgivna värdena. Räkna vi för enkelhetens skull med tabellvärdena, är vi emellertid på säkra sidan beträffande katodkondensatorn. Vidare må påpekas, att R_a är anodbelastningen för växelströmmen och således utgöres av anodmotståndet parallellkopplat med efterföljande rörs gallerläcka.

För EBC 3 t. ex. med $\mu = 30$, $R_i = 20\,000$ ohm, $R_a = 0,2$ megohm fås $S_d = \frac{30}{200\,000 + 20\,000} \cdot 10^6 = 136 \mu\text{A/V}$,

$$C_k = \frac{136}{3 \cdot 30} = 1,5 \mu\text{F}$$

Ex. 2: Pentoden EF 12 i motståndskopplat LF-steg. S enligt rörlistan 2,1, vid den låga anodström, som det blir vid motståndskoppling, få vi räkna med S lika med c:a 0,8 mA/V = 800 $\mu\text{A/V}$, S_d ungefär lika med S . $C_k = \frac{800}{3 \cdot 30} = 9 \mu\text{F}$.

Ex. 3: Slutpentoden UBL 21, $S = 8$ mA/V, $C_k = \frac{8\,000}{3 \cdot 30} = 90 \mu\text{F}$.

I fig. 4 visas uppmätta frekvenskurvor för detta rör med $C_k = 25$ och $100 \mu\text{F}$. För att endast katodkondensatorns inverkan skulle komma med var högtalaren vid mätningen ersatt med ett rent ohmskt motstånd. I verkligheten blir effektminskningen vid låga frekvenser större än dessa kurvor visar, beroende på att utgångstransformatorns primärinduktans sjunker med frekvensen.

Ex. 4: Sluttrioden AD 1, $\mu = 4$, $R_i = 670$ ohm, $R_a = 2\,300$ ohm, $S_d = \frac{4}{2\,300 + 670} \cdot 10^6 = 1\,350 \mu\text{A/V}$, $C_k = \frac{1\,350}{3 \cdot 30} = 15 \mu\text{F}$.

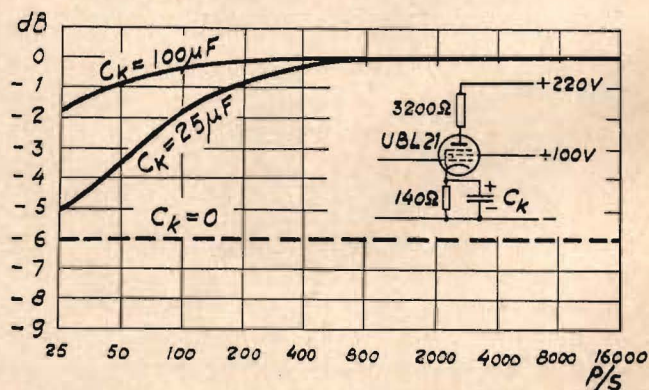


Fig. 4. Frekvenskurvor för UBL 21 vid rent ohmsk belastning.

Tydligt fördrar pentoder avsevärt större katodkondensator än trioder, beroende på att pentoderna ha större dynamisk branthet.

De beräknade värdena på katodkondensatorn äro att betrakta som minimivärden. Man bör därför ta närmast större normalkapacitet, alltså 5, 10, 25 eller 50 μF , vilka värden tycks vara standard bland lågvoltselektrolyter. För de moderna högbranta pentoderna skulle det behövas ännu större kapacitet, 100 à 200 μF , vid höga anspråk på god basåtergivning.

Använda vi samma formel för beräkning av katodkondensatorn vid högfrekvens få vi värden på några tusen pF. För t. ex. $f_o=100$ kc/s, $S_d=2$ mA/V, skulle vi få $C_k=6\,700$ pF. Vid så lågt värde skulle man dock riskera att dels få in störningar kapacitivt på katoden, dels få instabilitet genom kapacitiv koppling mellan de olika stegen katoder, särskilt som skärmningen i rören ofta är ansluten till katoden. I praktiken tar man därför katodkondensatorn på 0,05 à 0,1 μF i HF- och MF-steg. Den bör vara av induktionsfri typ.

Såsom tidigare nämnts var i fig. 1 $E_g=E_1-E_k$. E_k har minustecken och kan sägas representera en negativ återkoppling eller motkoppling inom steget. Denna motkoppling genom katodmotståndet (utan katodkondensator) är av typen strömmotkoppling (enär motkopplingsspänningen E_k är proportionell mot anodväxelströmmen i röret) och för med sig en skenbar ökning av rörets inre motstånd från R_i till $R_i+(\mu+1)R_k$ (jämför uttrycken för förstärkningen dels med stor katodkondensator, dels utan katodkondensator). För t. ex. sluttrioden AD 1 skulle det bli från 670 ohm till $670+(4+1)\cdot 750=4\,420$ ohm, alltså en avsevärd ökning. I slutsteg har en triod den fördelen framför en pentod att den genom sitt låga inre motstånd kraftigt dämpar högtalarens egensvängningar, vilket pentoden ej gör (såvida den ej är försedd med spänningsmotkoppling, som, i motsats till strömmotkopplingen, skenbart minskar inre motståndet). Utelämnas katodkondensatorn, går den fördelaktiga dämpande egenskapen hos trioden till stor del förlorad.

Sändningsteknik

Hur man genom muskelkontroll undviker trötthet vid telegrafering

Av H. F. Jones

(Översättning ur Wireless World av Axel Wimo)

Med tanke på de många hundra nybörjare i telegrafi och de olika åsikter, som råda angående nyckelns handhavande, hoppas jag, att dessa rader skola visa sig vara till hjälp för nybörjaren. De äro resultatet av tjugo års erfarenhet som telegrafist både med engelska och amerikanska nycklar.

Det kommer alltid att finnas meningsskiljaktigheter i detta ämne, främst därför att händerna skilja sig från varandra i fysiskt avseende. Dessutom finns det nycklar av så många storlekar och former med motsvarande olika handrörelser, att jag nästan tvekar att angiva en bestämd linje att gå efter. Jag är dock säker på, att följande förklaringar skola kasta ljus över de viktigaste punkterna, varom olika meningar råda, och ge verklig hjälp och ledning åt nybörjaren.

Frågan om den enskildes kontroll över musklerna vid handledens rörelser har i varje fall en mycket viktig betydelse. Pianisten t. ex. strävar efter att utveckla fullständig kontroll över musklerna vid handleds- och fingerrörelser över hela klaviaturen. På liknande sätt kan telegraferingstekniken fulländas endast genom absolut kontroll över

handledens rörelser. Nybörjaren måste tänka på att varje morsetecken skall vara resultatet av en förut bestämd, säker handledsrörelse. Noggrant iakttagande av detta i de förberedande stadierna är viktigt.

Till att börja med ämnar jag ge en kort beskrivning över musklernas arbete, när handleden röres vid telegrafering.

Det är allmänt känt, att kroppens alla rörelser åstadkommas genom musklernas verksamhet, sedan dessa fått retningsimpulser från nervsystemet. De kunna anses bestå av hopdragbar vävnad, dvs. vävnad, som har förmåga att omedelbart ändra form, när den retas. Nervsystemet dirigerar och kontrollerar kroppens rörelse i alla dess olika delar. Handrörelser t. ex. beslutas av hjärnan, varefter nerverna leda retningsimpulser till vissa grupper av muskler, som verkställa hjärnans beslut. Varje dröjsmål i överförandet av dessa impulser resulterar tydligen i ojämn rörelse av handleden. Det är därför viktigt att koncentrera sig vid telegrafering, om korrekta tecken skola erhållas. Det måste vara fullständigt och perfekt samarbete mellan hjärna, nerver och muskler, men ingen otillbörlig spänning

får finnas hos någondera. Koncentreringen måste vara nära förbunden med en viss avspänning. Detta är nödvändigt för att undvika, att man sätter olika muskler i arbete, som icke äro direkt behöfliga för handledsrörelsen, utan blott ha till följd, att man blir fortare trött.

Det är av yttersta vikt, att vid sändningen överarmen hänger löst vid sidan. Armen är medelst en kulle fast vid bålen, varför den är i högsta grad rörlig. När armen skall röras, sättes ett flertal muskler i arbete. När armen däremot hänger slappt ned vid sidan, behövs inget muskelarbete, och alltså kan trötthet ej inträda.

Underarmen består av två ben, Radius och Ulna, med vilka handen är förenad genom handleden, som är en »gångjärnsled». När underarmen skall lyftas för att fatta tag i nyckeln, bli två viktiga muskler retade: biceps på överarmens framsida och triceps på dess baksida. Underarmen skall hållas i ett plan parallellt med bordets yta; armbågen får komma varken över eller under denna nivå. Om armen hålles så, blir spänningen mellan de båda överarmsmuskulerna nästan utjämnad.

Handleden innehåller åtta små kubiska ben, sammanhållna av bindväv och fästa vid muskler medelst senor. Dessa ben bilda mellan handen och underarmen en led, som kontrolleras av inte mindre än tolv särskilda muskler, som var och en har sin egen förbindelse med nervsystemet. Om därför den övriga delen av kroppen är avspänd, blir kontrollen över handleden desto mera utpräglad.

Om handleden visar sig trög att röra, kan enkla rörelser mjuka upp den betydligt. Att röra handen fram och tillbaka samt att låta den beskriva cirklar i luften gör mycket för att lätta på stelheten. Vid svårare fall tillgripes massage med framgång. Det är fördelaktigt att börja sändningsutbildningen med att lägga pek- och långfingrarna på en bordskant och arbeta med handleden upp och ned i takt med morsetecknen. Detta har till följd, att handleden blir uppmjukad, samtidigt som det bidrager till att skapa en känsla av förtrolighet med nyckeln, redan innan man fattat den.

Nybörjaren rådes bestämt att öva på bordskanten en vecka, innan han rör nyckeln. Jag kan bevisligen försäkra honom, att det är väl använd tid. Det kan vara ett sätt att bespara sig mycket tröttande arbete vid en senare tidpunkt, då man egentligen inte har råd att offra tid på att rätta inlärd fel.

Fattningen om nyckeln beror på de fysiska förutsättningarna: om fingrarna äro långa och smala eller korta och knubbiga. I vilket fall som helst skall tummens plats ej variera. Nyckelknoppen är i regel urgrävd på sidorna. I denna fördjupning skall tummen fatta och hållas där under hela tiden man telegraferar. Pek- och långfingrarna skola böjas något och placeras med fingertopparna på

knoppen. Om fingrarna äro långa och smala, kunna de placeras över knoppen, så att första fingerleden kommer mot knoppens bortre kant. Handleden skall arbeta upp och ned i takt med morsetecknen. Teckengivningen skall vara bestämd; de olika beståndsdelarna i samma tecken väl åtskilda och rätt proportionerade. Öka inte takten vid sändning av korta. Det är ett vanligt fel hos nybörjare att sända de korta i rasande fart och resten av tecknen i sakta ojämn takt, så att det hela blir utan stil och oläsligt.

Det är min bestämda åsikt, att första månaden skall användas till att utveckla en god sändningsstil. När man en gång tränat in stilen, kommer farten av sig själv på ett fullt naturligt sätt.

Särskild uppmärksamhet bör ägnas åt följande punkter, särskilt den första, som är utomordentligt viktig:

1) En av hemligheterna med framgångsrik telegrafering är, att man tänker på uppehållen. Träna att vid slutet av varje bokstav lyfta pek- och långfingrarna helt litet från knoppen. 2—3 mm räcker. Detta motsvarar det rätta uppehållet mellan bokstäverna i samma ord. Berör vid slutet av varje ord eller grupp helt lätt bordet till höger om nyckeln. Detta framkallar rätta uppehållet mellan orden. Bibehåll detta sätt att träna åtminstone en månad. Då har ni utvecklat vanan att göra rätta uppehåll. Denna vana sitter i även vid den högsta takt.

2) Spänningen på nyckelns fjäder är en viktig faktor. Den skall justeras så, att kontakterna äro skilda åt av fjädern och icke genom handledens rörelser. Men ingen överdriven kraft skall behövas för att få kontakt. Det leder bara till trötthet, varvid stilen förryckes.

3) Håll tummen i ständig kontakt med knoppens sida, men gå inte så till ytterlighet, att ni trycker den hårt emot.

På inga villkor får ni sända med högre takt, än ni säkert behärskar. Farten kommer allt efter som ni tränar. Om takten drives upp för fort, åstadkommes endast skada, och värdefull tid går åt att rätta de misstag, som så lätt kunna undvikas genom omsorgsfull träning i de förberedande stadierna. I dessa svåra dagar, då all utbildning förkortas, intjänas tid, och framsteg göras fort, om en god grund lägges under den första månaden.

Denna artikel skulle inte vara fullständig utan en kort översikt över den amerikanska metoden. Där föredrages en liten nyckel med mycket små och lätta rörelser. I regel placeras nyckeln 45—60 cm in på bordet. Rörelsen är en handledsrörelse. Den kan inte vara något annat. Resultatet är enligt min åsikt inte så framstående, att det berättigar rekommendation till att vi ändra vår metod till förmån för den amerikanska. Men jag har blivit förståndig med åren och tänker inte säga något mera, som kan inbjuda till ett skri av helig vrede från något av de olika åsiktslägren.

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.»

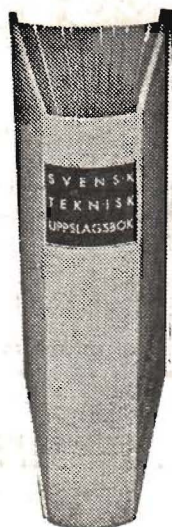
Radio Ekko, Danmark:

» — — 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. — — —»

The advertisement features a large, stylized logo for 'SATOR' in the center. The logo consists of a large letter 'S' inside a triangle, which is part of a larger circuit-like graphic. Below the logo, the word 'SATOR' is written in large, bold, white capital letters. To the right of the logo, there is a rectangular component labeled '0.25 MF'. Below the main logo, there is a smaller component labeled '10.000Ω'. In the bottom right corner, there is a detailed drawing of a multi-pin electronic component, possibly a vacuum tube or a connector, with the word 'SATOR' printed on it. At the bottom of the advertisement, there is text in Swedish providing contact information for the manufacturer and distributor.

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

Engrosförsäljning: **A.-B. ELTRON**
Kungsholmsgatan 62, Stockholm
Telefon 50 79 93



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  R O T O G R A V Y R
BOX 450 STOCKHOLM 1