

Nº 4. 15<sup>E</sup> JAARGANG  
OCTOBER 1932

# RADIO- NIEUWS

ORGAAN DER  
NEDERLANDSCHE  
VEREENIGING VOOR  
RADIO-TELEGRAFIE

BIBLIOTHEEK

INHOUD: V.H.R.

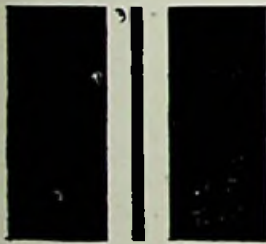
	Bladz.
Droge gelijkrichters en hun toepassing bij metingen met toonfrequente wisselspanningen . . . . .	97
Acoustische problemen in den radio-omroep	109
Geluidswaergave met behulp van koolmicrofoons . . . . .	114
Smooerspoulen met Gelijkstroom-Magnetisatie	121
Hoe maakt men een vergelijkend overzicht van lampentypen? . . . . .	126
Vereenigingsnieuws . . . . .	128
Radio-Nieuws 1932 (Register) . . . . .	128





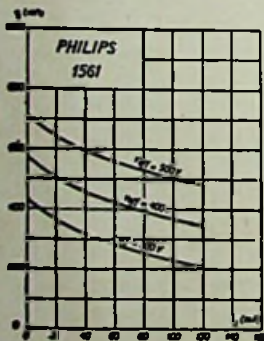
# PHILIPS

## HOOGVACUUM GELIJKRICHTBUIZEN

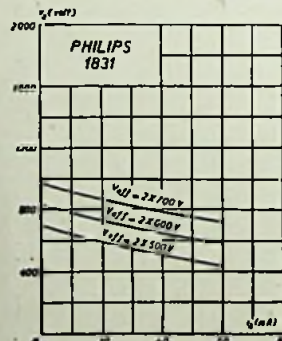


**VOOR DUBBELFASIGE  
GELIJKRICHTING,**

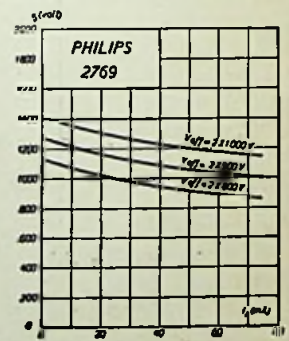
**ZIJN IN HET BIJZONDER GESCHIKT VOOR  
VOEDING VAN VERSTERKERLAMPEN**



**1561 VOOR  
12 WATT VERSTERKERLAMPEN  
ZOOALS E 443 N, E 408 N.**



**1831 VOOR  
25 WATT-VERSTERKERLAMPEN  
ZOOALS F 410, F 443**



**2769 VOOR  
GROOTERE VERSTERKERLAMPEN  
ZOOALS M C 1/50**

# N.V. PHILIPS' RADIO

# Radio-Nieuws.

ORGAAN VAN DE NED. VER.

Onder Redactie van J. CORVER,  
BURNIERSTRAAT 38,  
DEN HAAG.



VOOR RADIO-TELEGRAFIE.

Uitgever: N. VEENSTRA,  
LAAN VAN MEERDERVOORT 30,  
DEN HAAG, TEL. 332112.

Abonnementsprijs voor niet-leden f 4.— per jaargang van 4 nummers. Buitenland f 4.50. Leden der Vereeniging (contributie f 8.— per jaar) ontvangen dit blad gratis.  
Secretaris-Penningmeester. B. Slikkerveer, Obrechtstraat 104 6, Den Haag.

## Droge gelijkrichters en hun toepassing bij metingen met toonfrequente wisselspanningen. <sup>1)</sup>

Door G. C. REITSMA.

Een der vele direct en indirect met de radiotechniek samenhangende onderdelen, welke zich het snelst hebben ingeburgerd, is wel de droge gelijkrichter. Ook blijkt uit de verschillende artikelen in Radio-Expres over dit onderwerp, dat voor deze producten een warme belangstelling bestaat, die een dieper ingaan op de principiële gebruiksmogelijkheden van deze gelijkrichters rechtvaardigt.

Daar de constructieve details van dergelijke gelijkrichters als bekend kunnen worden verondersteld, zal hierop niet nader worden ingegaan; wel zullen tot slot eenige praktische toepassingen voor de meettechniek worden besproken.

De gelijkrichtende werking van Kuprox- en andere cellen, bestaande uit twee metalen, gescheiden door een bepaald medium, ook bij geringe spanningen en stroommen en bij verschillende frequenties, heeft reeds dadelijk de vraag doen stellen, of deze cellen ook in de meettechniek geen goede resultaten zouden geven.

Bij gelijkstroommetingen beschikt men over draaispoelinstrumenten met zeer groote gevoeligheid en het lag dus voor de hand, deze instrumenten door combinatie met een drogen gelijkrichter voor wisselstroommetingen geschikt te maken. Wel zou hierbij de gevoeligheid eenigszins verminderen door den weerstand en het energieverbruik van de cellen, doch reeds de eerste proeven toonden, dat een dergelijk instrument ontzaglijk veel vóór had bij een normaal hittedraadinstrument, waarvan het energieverbruik ongeveer het 100.000-voudige van een draaispoelinstrument bedraagt.

Na verdere proefnemingen en vervolmakingen moesten ook de thermogalvanometer en de lampvoltmeter het tegen een draaispoelinstrument met gelijkrichter afleggen; de eerste alweer wegens het groote energieverbruik, de tweede tengevolge van onbetrouwbaarheid en omslachtigheid der metingen. Het voordeel van de hier te beschrijven meters is behalve het geringe energieverbruik en de groote gevoeligheid, dat men de meet-

<sup>1)</sup> Zie Zeitschrift f. T. Ph. 1931 Nr. 10.

resultaten direct kan aflezen, zonder steeds van tevoren ijkingen te moeten verrichten en na afloop diverse correcties te moeten aanbrengen.

De in de radiotechniek enz. voorkomende metingen beperken zich voornamelijk tot bepaling van de grootte van elektrische stroomen en spanningen. Het apparaat waarmee deze metingen moeten worden verricht, moet de volgende eigenschappen bezitten: constantheid, nauwkeurige ijking, onafhankelijkheid van hulpspanningen, bestand tegen overbelastingen en lange levensduur. Hieraan beantwoordt een met zorg gekozen en gefabriceerde gelijkrichter met draaispoelmeter volkomen.

Kenteekenend voor een dergelijken gelijkrichter is de stroom-spannings-karakteristiek, vooral de kromming hiervan. Ongewenste eigenschappen vormen de betrekkelijk groote capaciteit en de temperatuur-coëfficiënt van de cellen, welke echter in de praktijk door verschillende maatregelen onschadelijk kunnen worden gemaakt.

De eenvoudigste schakelingen, waarin de gelijkrichtercel voor meetdoeleinden

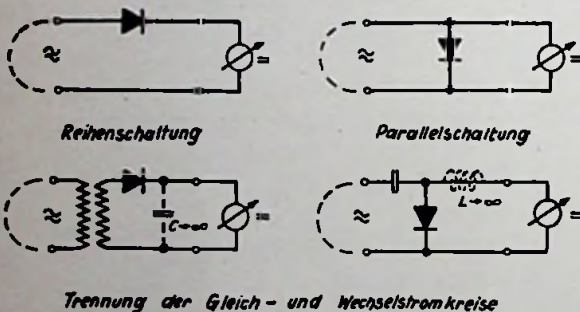


Fig. 1. Gelijkrichterschakelingen met één cel.

gebruikt kan worden, is de serieschakeling volgens fig. 1a of de parallelschakeling volgens fig. 1b, waarbij in beide gevallen een uitslag van den meter kan worden verkregen.

Het is duidelijk, dat hierbij de resul-

taten geheel afhankelijk zijn van het uitwendige stroomcircuit; bevindt zich hierin b.v. bij de serieschakeling een condensator, dan verkrijgt men in het geheel geen uitslag. Dit is wel het geval bij de parallelschakeling. Ook hieraan zijn echter groote bezwaren verbonden, daar de door de cel gelijkgerichte wisselstroom zich in bepaalde gevallen, b.v. indien het geheel op de secundaire zijde van een transformator is aangesloten, over deze secundaire zijde en over den meter verdeelt en een miswijzing geeft.

Uit een en ander volgt de noodzakelijkheid om het wisselstroom- en het gelijkstroomcircuit van elkander te scheiden. Dit is bij de serieschakeling mogelijk door tusschenschakeling van een transformator (zie fig. 1a), bij de parallelschakeling door in de toevoerleiding naar den meter een flinken blokkeercondensator te schakelen. Toch vloeit in deze beide gevallen nog wisselstroom door het aanwijsinstrument, wat uit den aard der zaak onnoodig stroomverbruik beteekent en bovendien gevaar voor het instrument kan opleveren.

Hieraan kan bij de serieschakeling weer door een aan den meter parallel geschakelden grooten condensator worden tegemoetgekomen en bij de parallelschakeling door een met den meter in serie geschakelde smoorspoel met voldoende zelfinductie.

Na toepassing van deze hulpmiddelen zijn de beide schakelingen echter volkomen gelijkwaardig. Zij voldoen dan beide aan den eisch, den te meten wisselstroom uitsluitend en alleen aan den gelijkrichter, en de hierin gevormde gelijkstroomenergie slechts aan den meter toe te voeren, waardoor derhalve een maximum nuttig effect verkregen wordt.

Een gemeenschappelijke eigenschap van alle schakelingen met slechts één gelijkrichter is hun onsymmetrie, welke uit

den aard der zaak juist voortvloeit uit de gelijkrichtende werking.

Bij meetinstrumenten wordt daarentegen in de meeste gevallen symmetrie vereischt, vooral bij metingen aan wisselstroomen met onregelmatige niet-sinusvormige curve. Om deze symmetrie te verkrijgen, moet men minstens 2 gelijkrichters gebruiken, b.v. volgens fig. 2a,

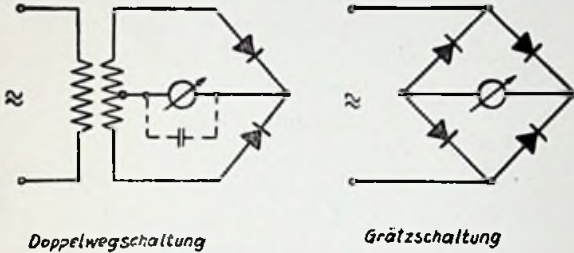


Fig. 2. Gelijkrichtschakelingen met meerdere cellen.

of 4 stuks volgens fig. 2b, waarbij de z.g. schakeling van Graetz is toegepast en waarbij transformatoren, condensatoren of smoorspoelen overbodig zijn. Wel wordt het weglaten van den transformator hier bedenkelijk, daar het instrument dan ook evl. in het uitwendige stroomcircuit vloeienden gelijkstroom aanwijst.

Het nuttig effect en dus de gevoeligheid van een symmetrische meetinrichting volgens fig. 2a of b is niet gunstiger dan bij die van fig. 1 met slechts één gelijkrichter. Integendeel wordt voor zeer ge-

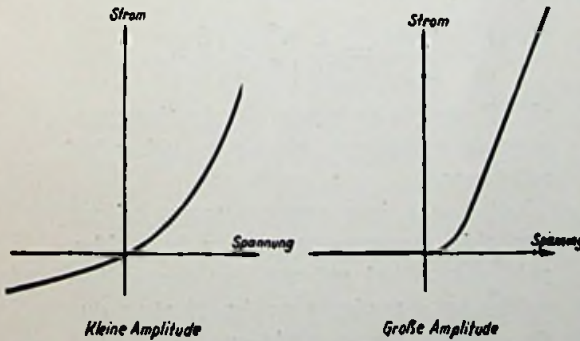


Fig. 3. Stroom-spannings-karakteristiek van een drogen gelijkrichter.

voelige instrumenten aan deze laatste uitvoering de voorkeur gegeven, wat verderop zal worden toegelicht.

In fig. 3 is de stroom-spanningskarakteristiek voor een oxyd-gelijkrichter aangegeven en wel op verschillende schaal. De karakteristiek is bij het nulpunt nagenoeg rechtlijnig, dus gedraagt de gelijkrichter zich bij minimale amplituden als een gewone weerstand. Bij stijgende amplitude vertoont zij een duidelijke kromming, welke bij benadering een parabool vormt. Bij belangrijk grootere amplituden wordt de karakteristiek weer nagenoeg recht, zoowel in de doorlaatrichting als in de sperrichting van den gelijkrichter. Hierbij zijn doorlaatweerstand en sperweerstand dus als constant te beschouwen. De verhouding tusschen deze beide weerstanden is bij gelijkrichters in het algemeen maatgevend. Deze factor is bij

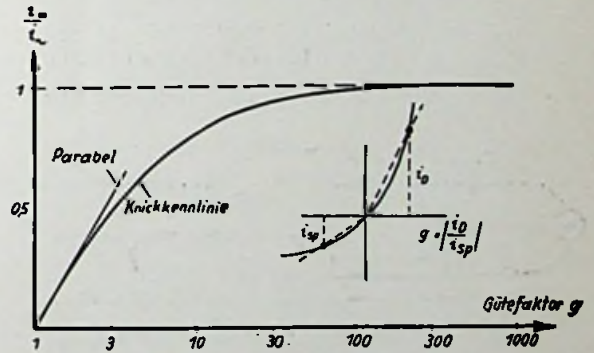


Fig. 4. Verband tusschen weerstandsfactor en het nuttig effect.

de meting van kleine spanningen, zooals die in de toonfrequentstechniek meestal voorkomen, echter geen constante meer, doch sterk afhankelijk van de grootte van deze spanning en is hier dus van geen groot belang.

Met behulp van dezen factor kan echter het nuttig effect van den meet-gelijkrichter worden bepaald. Fig. 4 geeft de verhouding tusschen gelijkstroom en wisselstroom als functie van den bovenbedoel-

den factor en wel zoowel bij benadering van de karakteristiek door een parabool als door rechte lijnen.

Hieruit zien we, dat reeds bij een factor 3 de gelijkstroom 50 % van zijn maximale waarde bereikt. Bij den factor 10 bedraagt dit reeds 80 %. Het verdere verloop van de karakteristiek toont, dat bij veel grootere waarden van den factor geen noemenswaardige toename van de gevoeligheid bereikt wordt.

Het meest interesseeren ons de gevoeligste meetbereiken, dus de meting van kleine amplituden. Zooals uit fig. 3 blijkt, stelt de stroom-spannings-karakteristiek hierbij bij benadering een parabool voor, waardoor het meetinstrument de effectieve waarde van den wisselstroom aanwijst.

Volgens Feldtkeller en Kerschbaum kan de gelijkrichter vervangen worden gedacht door een lineairen weerstand, in serie met een gelijkstroom-EMK, die een bepaalde functie van den wisselstroom is. De grootte van dezen weerstand en deze

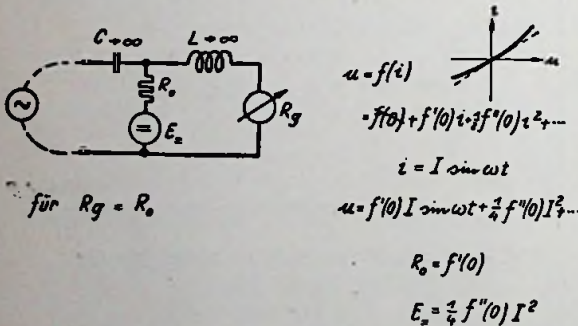


Fig. 5. Vervangingsschema.

E.M.K. wordt door de karakteristiek van den gelijkrichter bepaald (zie fig. 5).

De stroom-spannings-karakteristiek zij voorgesteld door de functie

$$u = f(i).$$

Ontwikkelen we deze functie volgens de stijgende macht van  $i$  en verwaarloozen we alles na de tweede macht, dan vormt de karakteristiek een parabool (fig. 5).

De constante vervalt hierbij, daar de karakteristiek door het nulpunt gaat. Vervangen we nu  $i$  door een wisselstroom, dan geeft het lineaire lid ons een wisselspanning, die de wet van Ohm volgt, en waarbij  $f'(0)$  d.i. dus de tangente van de karakteristiek, den weerstand  $R_0$  van den gelijkrichter voorstelt. Het kwadratische lid van de vergelijking geeft ons de hoogere harmonischen en bovendien een gelijkspanningscomponent, die we als de bovenbedoelde E. M. K. kunnen beschouwen. Maatgevend voor haar grootte is de tweede afgeleide  $f''(0)$ , dus de kromming der curve. De E.M.K.  $E_s$  neemt toe met het kwadraat van den stuurstroom  $I \omega$ . In fig. 5 is de gelijkrichter vervangen door den lineairen weerstand  $R_0$  en de stuur-E.M.K.  $E_s$ . Het voordeel van deze methode is, dat men den gelijkrichter nu als een gewonen weerstand kan beschouwen, en wel voor wisselstroom en gelijkstroom gescheiden, daar deze zich eenvoudig op elkander superponeeren.

Uit het vervangingsschema zien wij dadelijk, dat de maximale gelijkstroom-energie bij  $R_x = R_0$  geleverd wordt, dus bij juiste aanpassing van het gelijkstroominstrument aan den weerstand van den gelijkrichter. Berekent men voor dit geval het rendement van de gelijkrichting uit gelijk- en wisselstroomenergie, dan verkrijgt men:

$$N = \frac{N}{N_{\sim}} = \frac{1}{16} \frac{[f''(0)]^2}{[f'(0)]^3} N_{\sim},$$

dit wil zeggen het nuttig effect stijgt naarmate de normale maximale belasting bereikt wordt.

Dit is ook de oorzaak, waarom bij een bepaalde meetenergie en een bepaalden gelijkrichter het gebruik van een gelijkrichter het gunstigste nuttig effect en dus de grootste gevoeligheid geeft. Gebruikt men in de meetschakeling n.l. meerdere

gelijkrichters, dan verdeelt de energie zich hierover en vermindert op grond van de bovenaangeleunde eigenschap het nuttig effect. Hierbij is van de veronderstelling uitgegaan, dat in beide gevallen de afmetingen en constructie van de gelijkrichters dezelfde zijn. Het blijkt dus, dat het nuttig effect des te grooter is naarmate de gelijkrichter voller belast wordt, naarmate dus een hogere spanningsamplitude wordt aangelegd. Bij gelijke meetenergie is deze spanning echter des te hooger, naarmate de gelijkrichter grooteren inwendigen weerstand heeft. Deze weerstand kan vergroot worden, door de oppervlakken, waarop het oxyd is aangebracht, kleiner te maken.

Verdubbelen we den weerstand  $f'$ , dan verdubbelt ook het nuttig effect, wat dus beteekent, dat vóór een groote gevoeligheid kleine oxyd-oppervlakken noodig zijn. Hierin worden we beperkt door de technische fabricatiemogelijkheden, doch vooral door de dimensioneerling van de gelijkstroominstrumenten met een hoog-ohmigen weerstand, welke overeenkomt met dien van den gelijkrichter, hetgeen zooals bovenaangegeven een eerste vereischte is voor een hoog nuttig effect.

Terwijl het voorgaande voor droge gelijkrichters in het algemeen geldt, zal nu eens aandacht aan de frequentie van den gelijk te richten wisselstroom worden besteed.

De gelijkrichter cel zelf is tengevolge van haar eigencapaciteit zeer frequentieafhankelijk. Voor het door ons beoogde doel kunnen we deze capaciteit als constant beschouwen, onafhankelijk van frequentie en amplitude en kan zij in het vervangingschema dus als een zuivere parallel-capaciteit worden aangegeven (zie fig. 6).

Bij het gebruik als spanningsmeter zal ondanks den condensator  $C$  de volle spanning op den gelijkrichter staan, terwijl de

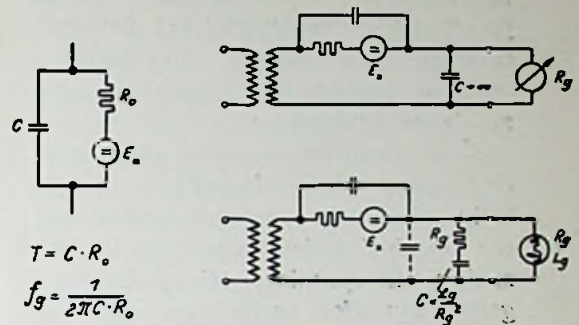


Fig. 6. Frequentie-compensatie van een gelijkrichter-schakeling.

hierdoor vloeiende stroom ook den vervangingsweerstand  $R_0$  passeert. Hierop heeft de capaciteit geen invloed, dus ook niet op den uitslag van den meter, m.a.w. de meting is onafhankelijk van de frequentie. De capaciteit vormt slechts een parallelbelasting. Dit wordt echter anders, indien het aanwijsinstrument niet door een grooten condensator was kortgesloten. Zou deze condensator n.l. voor de lage frequenties practisch ontoelaatbare afmetingen aannemen, dan zou niet meer de volle spanning op den gelijkrichter komen, doch slechts een gedeelte, waarbij een spanningsdeeler zou ontstaan, welke niet frequentie-onafhankelijk is. Indien het aanwijsinstrument een zuiveren reëlen weerstand bezit, dan kan de spanningsdeeler ook frequentie-onafhankelijk gemaakt worden door een parallel-condensator, die het instrument weliswaar niet overbrugt, het echter dezelfde fase, d.i. dezelfde frequentie-karakteristiek geeft als den gelijkrichter. In de practijk is dit echter niet voldoende, doordat de gebruikte draaispoelmeters een zelfinductie bezitten, die bij de hogere frequenties in het algemeen niet verwaarloosd mag worden. Het is derhalve noodig, aan den meterweerstand een frequentie-onafhankelijken reëlen en constanten weerstand toe te voegen, wat met een parallelweerstand van de grootte

$R_e$  in serie met een condensator van de grootte  $L_e/R_e^2$  mogelijk is. Aan dit reële samenstel kan dus door een extra condensator dezelfde fase gegeven worden als de gelijkrichter bezit.

Bij stroommetingen zonder shunt gaan de bovenvermelde middelen niet zoo volledig op, als bij spanningsmetingen (met een laagohmige shunt wordt een stroommeting een spanningsmeting). Bij hogere frequenties daalt tengevolge van de capaciteit van den gelijkrichter de hieraan optredende spanning, en daarmee ook de gevoeligheid. Hierbij is de verhouding tusschen capaciteven en ohmschen weerstand van den gelijkrichter maatgevend. Ter bepaling van de bruikbaarheid kan de tijdsconstante  $T = R_0 \cdot C$  van den gelijkrichter beschouwd worden. Nog typerender is echter de grensfrequentie

$$f_g = \frac{1}{2\pi C R_0}, \text{ d.i. de frequentie, waarbij}$$

de capaciteve en de ohmsche weerstand evengroot, de fase dus  $45^\circ$  is. Nu zijn er gelijkrichters met een grensfrequentie van 100 Hz., doch ook met 10.000 Hz, welke laatsten natuurlijk voor het toonfrequentiegebied de voorkeur verdienen.

Moeten met de gelijkrichter-schakelingen stroommetingen worden uitgevoerd, dan moet ook de schijnbare weerstand ervan worden gecompenseerd. Daar deze schijnbare weerstand van capaciteven aard is, kan deze compensatie bij eerste benadering door de in fig. 7 geteekende zelfinductie met weerstand in serie, beide parallel aan den ingang, worden verkre-

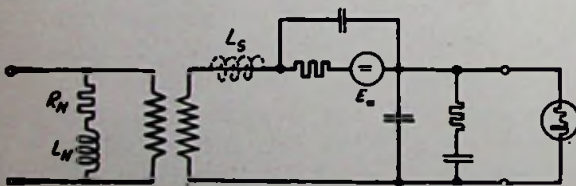


Fig. 7. Frequentie-compensatie bij stroommetingen.

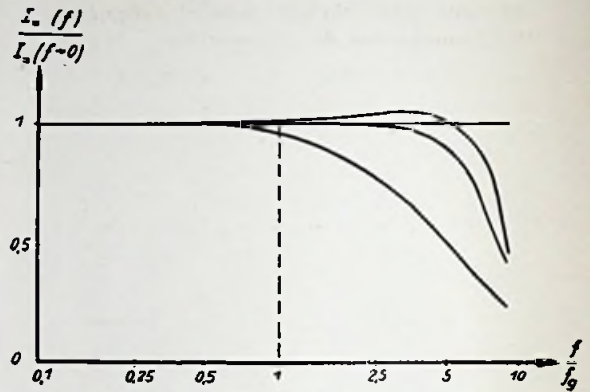


Fig. 8. Frequentie-compensatie bij stroommetingen.

gen. Dit geeft een frequentie-karakteristiek volgens fig. 8, waarbij voor verschillende waarden van deze zelfinductie en weerstand, verschillende krommen zijn geteekend. Met een laagohmigen shunt kunnen de krommen nog verder naar de hogere frequenties worden verschoven, echter ten koste van de gevoeligheid.

Ook aan den invloed van niet lineaire eigenschappen op het meetresultaat moeten we eenige aandacht wijden. Een ideaal meetinstrument oefent op het meetcircuit geen invloed uit, d.w.z. een spanningsmeter moet den weerstand  $\infty$  een stroommeter den weerstand nul bezitten. Dat de meeste in de practijk voorkomende instrumenten deze eigenschappen slechts onvolkomen bezitten, is bekend. Bij meettoestellen met gelijkrichters komt hier echter nog bij, dat de weerstand ervan niet lineair is, wat zich b.v. daardoor kan openbaren, dat de weerstand afhankelijk is van de amplitude. Dit is bij den gelijkrichter in het gebied van kleine amplitudes niet het geval, doch er treden tengevolge van de gelijkrichtwerking hogere harmonischen op, waarvan de tweede, de belangrijkste, van gelijke EMK is als de gelijkstroom-EMK.

Aan de hand van de vergelijking voor de gelijkrichter-karakteristiek kan het



verband gemakkelijk worden ingezien. Wij ontwikkelen deze vergelijking daartoe op gelijke wijze als in het voorgaande is geschied en vervangen „u” door een sinusspanning (fig. 9). Dan geeft het lid

$$i = f(u) \quad u = U \sin \omega t$$

$$i = f'(0) + f''(0) U \sin \omega t + \frac{1}{2} f'''(0) U^2 \sin^2 \omega t$$

$$= f' U \sin \omega t + \frac{U^2}{4} f''(0) (1 - \cos 2\omega t)$$

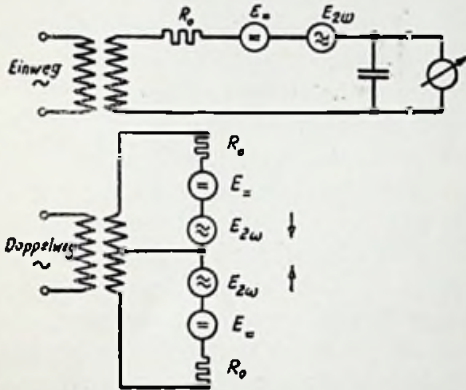


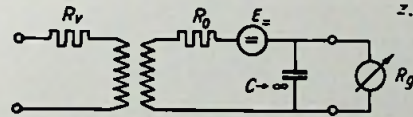
Fig. 9. Invloed van de harmonischen-EMK.

met de tweede macht behalve een gelijkstroomcomponente tevens de dubbele frequentie met gelijke amplitude, d.i. de tweede harmonische.

Om den invloed van deze harmonische op den uitwendigen stroomkring te kunnen overzien, en te berekenen, behoeven we in het schema slechts de vervangings-EMK op te nemen en alles volgens de wet van Ohm te berekenen. Beschouwen we in dit verband een schakeling met dubbele gelijkrichting, d.i. dus met meerdere cellen, dan zien we, dat de EMK van de hogere harmonische tengevolge van de tegentactschakeling der gelijkrichters in de beide takken omgekeerd teeken hebben en elkaar dus opheffen. Dit is een belangrijk voordeel van deze schakelingen, waaraan ook nog andere voordeelen verbonden zijn, hetgeen nog nader zal worden besproken. Vooreerst zullen wij nog een anderen factor beschouwen, n.l. de temperatuurcoëfficiënt,

die bij al dergelijke halfgeleiders in vrij sterke mate optreedt en tot betrekkelijk aanzienlijke miswijzingen aanleiding kan geven. Nu bezit een gelijkrichter als door ons bedoeld de eigenschap, dat niet alleen de inwendige weerstand, doch ook de gelijkrichterwerking door de temperatuur beïnvloed wordt en wel zoodanig, dat zij met de temperatuur toe- of afnemen. De gelijkrichterwerking kan voorgesteld worden door de grootheid  $f''(0)$ . De temperatuurcoëfficiënt kan nu als volgt gecompenseerd worden: De weerstand  $R_0$  vermindert met de temperatuur, waardoor de stroom grooter wordt en tengevolge waarvan ook de EMK grooter zou worden, indien niet de gelijkrichtfactor  $f''(0)$  met de temperatuur afnam. Deze beide invloeden werken elkander dus tegen. Door doeltreffende keuze van een voorschakelweerstand  $R_v$  (fig. 10) kan nu worden verkregen, dat deze beide factoren elkander practisch geheel opheffen.

Gelijkrichterweerstand  $R_0 = f'(\beta) = f'(\beta_0) [1 + \alpha (\beta - \beta_0)]$   
 Richtfactor  $f''(\beta) = f''(\beta_0) [1 + \beta (\beta - \beta_0)]$   
 z. g.  $\beta = 2\alpha$



Kompensationsbedingung für  $R_g = R_0$   
 $R_v = \frac{R_0}{3}$

$$I_a = \frac{f''}{(R_v + f'')^2 / (R_g + f')} U_{eff}^2$$

$$\frac{1}{I_a} \frac{\delta I_a}{\delta \beta} = \left( 2 - \frac{R_0}{R_0 + R_g} - \frac{2R_0}{R_v + R_0} \right) \alpha$$

Fig. 10. Temperatuur-compensatie van een gelijkrichterschakeling.

Bij gelijkheid van uit- en inwendigen weerstand der meetinrichting, dus bij zuivere aanpassing blijkt  $R_v = \frac{R_0}{3}$ , dus is  $R_v$  kleiner dan de gelijkrichterweerstand, waardoor slechts weinig van de gevoeligheid verloren gaat.

Fig. 11 geeft de temperatuurkarakteris-

tiek van een gelijkrichter met en zonder compensatie. Zoals we hieruit zien, blijven we bij lage en hoge temperaturen nog een kleine afwijking behouden. Voor

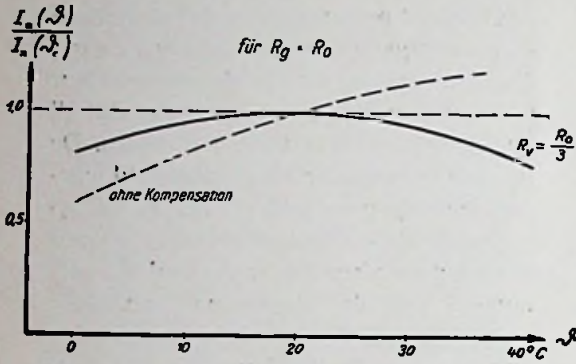


Fig. 11. Temperatuurfout van een gecompenseerden gelijkrichter-meter.

het middengedeelte is echter een belangrijke verbetering verkregen.

Als laatste factor, welke speciaal in het toonfrequentgebied op de aanwijzing van invloed is, noemen we den vormfactor, waarmede bedoeld wordt de tengevolge van hogere harmonischen optre-

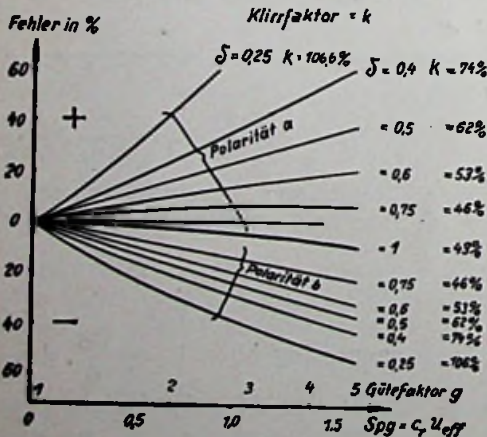
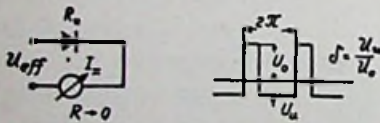


Fig. 12. Vorm- en ompoolfout bij rechthoekige wisselstroomcurven.

dende afwijking van de aanwijzing. Vooral bij toonfrequenties treden meestal frequentie-combinaties op, waarin hogere harmonischen en zelfs niet-harmonischen opgenomen zijn, b.v. bij de meting van z.g. stoorgeluiden in de electro-acoustiek.

Nemen we als voorbeeld een sterk vervormde wisselstroomcurve als voorgesteld in fig. 12.

Hierbij is tevens de afwijking der aanwijzing van de effectieve waarde als functie van de belasting van den gelijkrichter aangegeven. Hoe voller de gelijkrichter belast wordt, des te grooter wordt de afwijking, want destemeer wijken we van het parabolische gedeelte van de gelijkrichter karakteristiek af. De dik geteekende lijn geeft den toestand weer bij een symmetrische wisselstroomkromme, die voor ca. 40 % uit harmonischen bestaat. De andere lijnen gelden voor onsymmetrische krommen, waarin zich nog meer harmonischen bevinden. Terloops zij hierbij opgemerkt, dat de verhouding tusschen grondamplitude en die der hogere harmonischen de „Klirrfactor” wordt genoemd, die meestal in procenten van de grondfrequentie wordt uitgedrukt.

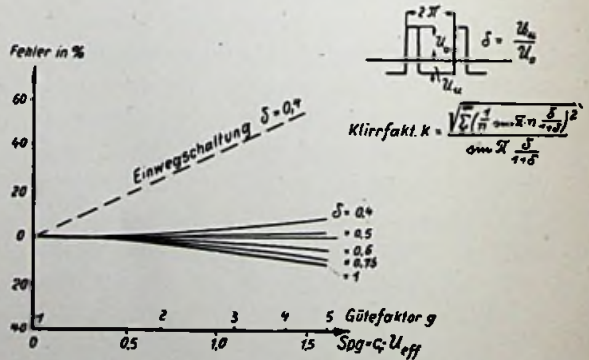


Fig. 13. Vorm-fout bij dubbelphasige gelijkrichting.

Al naar de polariteit van den gelijkrichter is de miswijzing tengevolge van den vormfactor positief of negatief, om-

dat in het eene geval de grootere, in het andere geval de kleinere amplitude de overhand heeft.

Bij meetinrichtingen met meerdere tegengesteld geschakelde gelijkrichters is de miswijzing uit den aard der zaak belangrijk geringer (zie fig. 13).

De polariteit speelt dan geen rol meer, daar het meetcircuit symmetrisch is en men verkrijgt een gemiddelde. Ter vergelijking is in fig. 13 tevens de curve voor een meetinrichting met één gelijkrichter geteekend. In fig. 14 is nog een andere vorm van een onsymmetrische wisselstroomcurve geteekend, n.l. waarbij har-

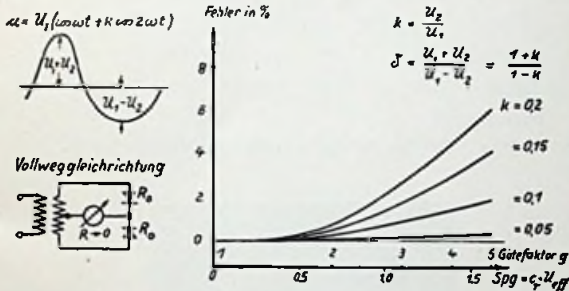


Fig. 14. Vormfout tengevolge van octaven.

monischen van gelijke fase als de grondfrequentie optreden. Hierdoor wordt de eene halve golf grooter, de andere kleiner. Deze vorm treedt in de electro-acoustiek zeer dikwijls op, b.v. in versterkers bij het werken op het gebogen gedeelte van de lampen karakteristiek, in elken gelijkrichter, enz.

Ook aan de gevoeligheid van een gelijkrichter-meetapparaat is een grens, want de voor den uitslag van het aanwijsinstrument noodige energie moet door het meetcircuit worden geleverd. Deze grens heeft een orde van grootte van ongeveer een microwatt.

Is de ter beschikking staande meetenergie nog geringer, dan moet versterking worden toegepast en schakelt men een versterkerlamp voor den gelijkrichter. Hiermede vervallen we weer in een soort

lampvoltmeters, waarbij de lamp echter niet als gelijkrichter, doch als versterker werkt. In tegenstelling met de gelijkrichter karakteristiek, die voor verschillende exemplaren van een bepaald lampentype zeer uiteen kan lopen, waardoor steeds herijking noodzakelijk is, is de versterkingscurve belangrijk constanter, omdat zij speciaal voor dit doel worden gefabriceerd.

Het belangrijkste is echter, dat voor de versterking van een lamp in tegenstelling met de gelijkrichting een zeer eenvoudig contrôlemiddel bestaat, n.l. de bekende genereer-contrôle. Deze berust daarop, dat men een bepaald gedeelte van de uitgangsspanning met de juiste fase op den ingang, dus op het rooster, terugkoppelt, waardoor de lamp gaat genereeren. Het intreden van deze oscillatie is dan het teeken, dat de totale demping van den teruggekoppelden kring nul is, dus dat de versterking vanaf het rooster tot de klemmen van den gelijkrichter gelijk is aan de demping van dezen spanningsdeeler en dus constant is.

Voor het aantoonen van het genereerpunt kan het in de gelijkrichterschakeling gebruikte aanwijsinstrument zelf dienen. Ter contrôle van den versterkingsgraad behoeft men dus slechts op een drukknop te drukken, die den kring (fig. 15) sluit en er zich van te overtuigen, dat het instrument een bepaalden

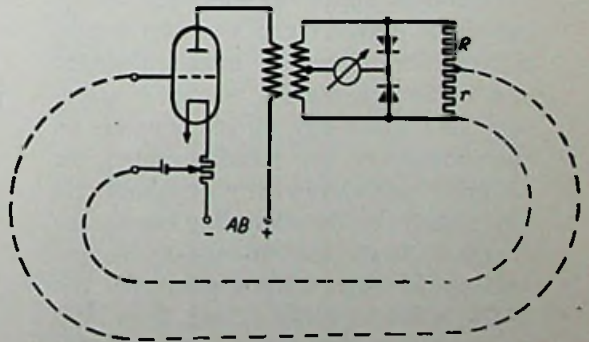


Fig. 15. Genereerpuntcontrôle van den versterker

uitslag geeft. Is dit niet het geval, dan wijzigt men de versterking dienovereenkomstig door middel van de veranderlijke tegenkoppeling, waardoor de invloed der lampkarakteristieken kan worden geëlimineerd.

Een verder voordeel van gelijkrichtmeters boven lampvoltmeters is gelegen in het ontbreken van een rust-uitslag. Vooral wanneer het instrument de effectieve waarde van sterk vervormde wisselstroomkrommen moet aangeven, wordt de ruststroom van de lamp zoo groot, dat

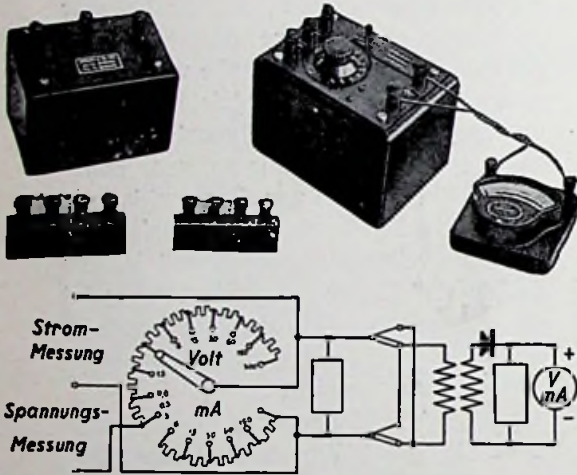


Fig. 16. Stroom- en spanningsmeter voor toonfrequentie.

men hem moet compenseren, of balansschakeling van meerdere lampen toepassen moet.

Hieronder zullen tenslotte nog eenige praktische uitvoeringen van met gelijkrichtercellen uitgeruste meetinrichtingen van Siemens & Halske worden beschreven. Zoo geeft fig. 16 een stroom- en spanningsmeter voor toonfrequenties, die als universeelinstrument voor laboratoria enz. gedacht is. De schakeling is voor een frequentiebereik van 30—10.000 Hz. gecompenseerd. Het kleinste meetbereik bedraagt 3 mA bij vollen uitslag. Door middel van een ingebouwd walsschakelaar

kan dit meetbereik in een groot aantal trappen tot 0.15 Amp. resp. 300 Volt

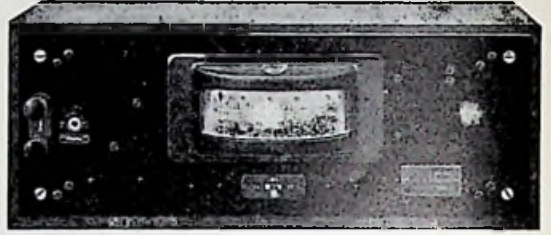


Fig. 17.

Spanningsmeter voor toonfrequentie-telegrafie.

worden opgevoerd; met losse shunts zelfs tot 15 Amp. Dit zijn de in de electro-acoustiek meest voorkomende grootten.

In fig. 17 is een spanningsmeter ten dienste van de toonfrequentie-telegrafie afgebeeld.

Fig. 18 toont een eenvoudigen Volt-

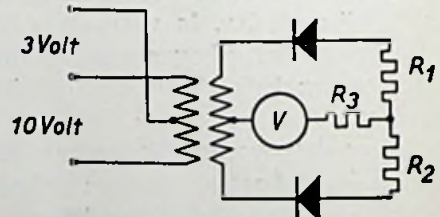
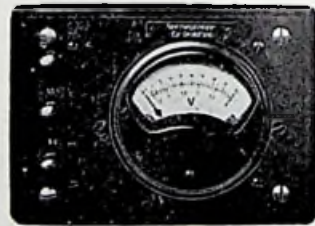


Fig. 18. Spanningsmeter voor radiodistributie.

meter met slechts twee meetbereiken, zooals deze in Radiocentrales gebruikt wordt.

Ook het apparaat, afgebeeld in fig. 19 is in principe een spanningsmeter met gedefinieerden ingangsweerstand.

De schaal is echter niet in Volts inge-

deeld, doch met het oog op het doel waarvoor de meter dient, in nepers. Het toestel wordt n.l. gebruikt voor de meting van de demping van telefoonlijnen, abonnélijnen enz., waarbij aan de eene zijde de

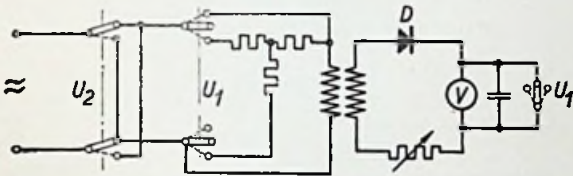
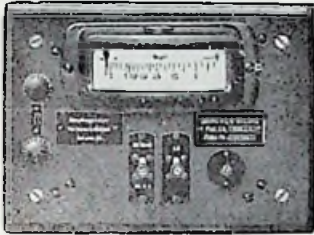


Fig. 19. Dempingsmeter.

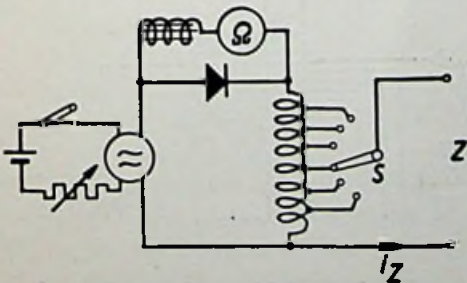


Fig. 20. Wisselstroom-ohmmeter.

z.g. normaalenergie van één milliwatt in de lijn wordt gezonden, terwijl met het instrument aan de andere zijde de aankomende energie wordt gemeten.

In fig. 20 is een apparaat voor het meten van wisselstroomweerstand afgebeeld. Als stroombron dient hierbij een z.g. magneetzoemer, die een wisselspanning van 800 Hz. levert. Men kan met dezen wisselstroom-Ohmmeter niet alleen impedanties meten, doch hieruit ook de capaciteit en zelfinductie herleiden.

In fig. 21 is als eerste in deze serie,

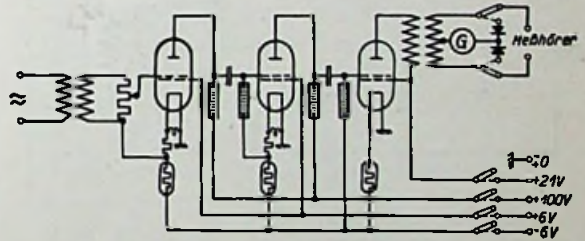
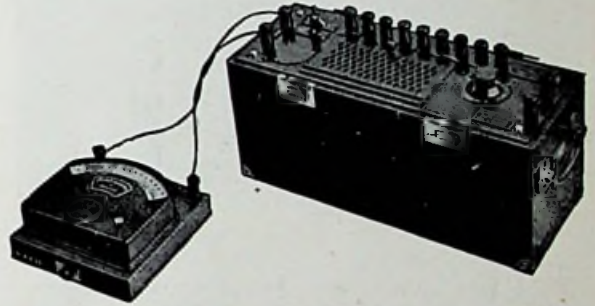


Fig. 21. Richtspanningsaanwijzer.

waarbij versterkerlampen zijn toegepast, een richtspanningsaanwijzer afgebeeld, waarbij door middel van de drie dubbelroosterlampen een zeer groote gevoeligheid van een fractie van een mV is verkregen. Het toestel is niet in Volts geijkt, doch bestemd voor vergelijkingsmetingen.

De in fig. 22 afgebeelde hoogohmige spanningsmeter daarentegen, is in Volts geijkt en bezit genereerpuntcontrôle benevens een bijzondere temperatuurcompensator, die met de genereercontrôle gecombineerd is.

Door den hoogen ingangsweerstand van 150.000 Ohm vormt het toestel practisch geen belasting van het meetcircuit. Het meetbereik kan door aftakkingen op den ingang tot 10 Volt worden uitgebreid. Door de ingebouwde batterijen is het instrument niet aan een bepaalde plaats gebonden en gemakkelijk transportabel. Bovendien is men hierdoor onafhankelijk van de aardpotentialaalen der meetobjecten, waardoor bij lampvoltmeters met gearde batterijen dikwijls moeilijkheden ontstaan.

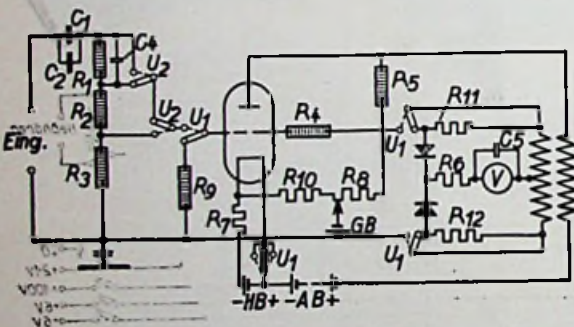


Fig. 22. Hoogohmige spanningsmeter voor toonfrequenties.

In combinatie met een microfoon kan een dergelijke meetinrichting ook voor acoustische meetdoeleinden gebruikt worden, b.v. voor het meten van geluidsterkten. Een dergelijk apparaat toont fig. 23.

Het toestel bestaat uit een z.g. electro-dynamische bandmicrofoon, een vervormingsvrijen versterker met genereercontrole en een twee-weg-gelijkrichter-schakeling. Het aanwijsinstrument is in Bar-geluidsdruk geijkt, waarbij het meetbereik van fluistersterkte tot het sterkste lawaai

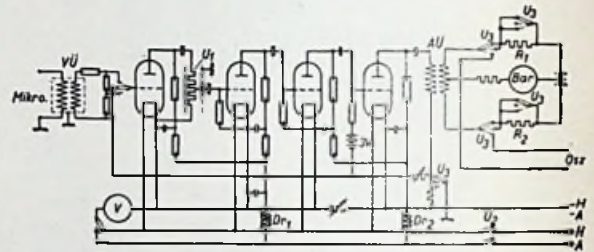
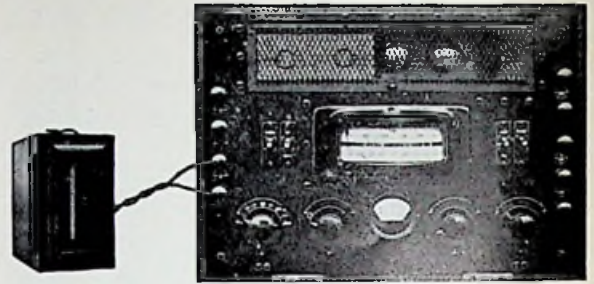


Fig. 23. Geluidsdrukmeter.

regelbaar is. In tegenstelling met dit apparaat, waarbij de geluidsterkte objectief wordt gemeten, wijst de in fig. 24 afgebeelde geluidsspanningsmeter de subjectieve geluidsterkte-indruk aan. Het bezit n.l. een frequentie-karakteristiek,

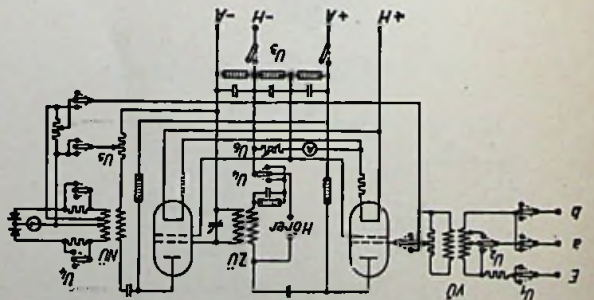


Fig. 24. Geluidspanningsmeter.

waarbij de verschillende frequenties overeenkomstig de gevoeligheid van het met een hoorn gewapend menselijk oor worden verwerkt.

Het toestel dient n.l. voor het meten van stoorgeluiden in telefooncircuits, b.v. bij de beïnvloeding van telefoonlijnen door nabijliggende sterkstroomleidingen.

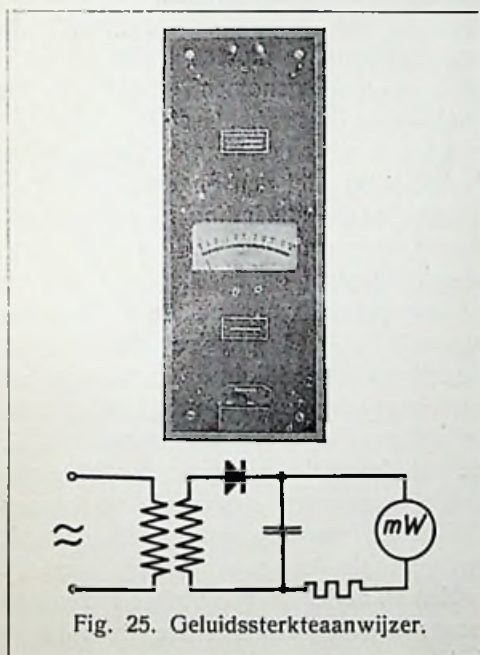


Fig. 25. Geluidssterkteaanwijzer.

Terwijl de in het voorgaande beschreven apparaten alle dienen om grootheden te meten, die gedurende een korteren of langeren tijd constant zijn (spanning of geluidsdruk) geeft fig. 25 een afbeelding van een instrument voor het aanwijzen van sterk wisselende geluidssterkten, zooals die b.v. bij spraak en muziek optreden. Het bezit derhalve een logaritmisch ingedeelde schaal van 0,2-1-10-100-1000 mWatt om alle voorkomende geluidssterkten met hetzelfde meetbereik te kunnen volgen. Door toepassing van een condensator is het mogelijk niet de effectieve waarde van den wisselstroom te meten, doch de spitswaarde, doordat de condensator zich tot deze waarde oplaadt. De meter blijft deze spitswaarde nog even aanwijzen, totdat de condensator zich weer langzamerhand heeft ontladen.

De in het voorgaande genoemde toepassingen, waarbij van gelijkrichtcellen gebruik wordt gemaakt, omvatten slechts een gering gedeelte van wat op dit gebied nog kan worden bereikt.

Door gebruikmaking van hulpspanningen b.v. kunnen nog een groot aantal andere metingen worden verricht.

Hierover echter later misschien meer.

## Acoustische problemen in den radio-omroep.

Een overzicht van de technische acoustiek in verband met de inrichting van omroepstudios.

Door M. PYTTERSON.

*Inleiding.* Sinds betrekkelijk korten tijd is de studie van acoustische problemen een onderdeel geworden van de techniek van den radioomroep en de daarmee verwante techniek van de geluidsreproductie in het algemeen, te weten de gramfoonindustrie en de klankfilm. Dat we hier spreken van „problemen” is wel met

voorbodachten rade, want zooals de lezer zal bemerken, zullen we ons nogal eens moeten beperken tot de probleemstelling alleen, omdat er nog veel „onzekere factoren” zijn in de technische acoustiek d.i. de technische toepassing van de geluidsleer. Hoewel we dus geen oplossing zullen kunnen geven voor be-

paalde vraagstukken, zijn we toch van oordeel, dat het ook zijn waarde heeft, wanneer we realiseeren welke de problemen zijn die verband houden met de techniek van de geluidsreproductie in het algemeen en die van den radioomroep in het bijzonder.

Met betrekking tot den radioomroep is het wel verklaarbaar dat de specifiek acoustische vraagstukken vrij langen tijd min of meer op den achtergrond zijn gebleven. Want toen omstreeks 1921/22 de omroep min of meer gemeengoed begon te worden, waren er reeds een groot aantal problemen, die in de eerste plaats dringend de aandacht vroegen. De reproductie, juister gezegd: de transmissie van het geluid als zoodanig, liet nog veel te wenschen over. Wie de heele ontwikkeling van de radiotechniek gedurende de laatste 8 à 9 jaren, zij het dan ook als luisteraar heeft meegemaakt, zal ten volle kunnen beamen, dat er een belangrijke verbetering heeft plaatsgevonden. Van de gebruikte instrumenten in de kinderjaren van den radioomroep waren de microfoons en luidsprekers wel de slechtste, hoewel ook de andere apparaten verre van perfect waren. Het lag dus voor de hand dat in de eerste plaats de ontwikkeling van die apparaten ter hand werd genomen. Maar met de gestadige verbeteringen aan die instrumenten en apparaten kwamen geleidelijk weg andere vraagstukken naar voren en al heel gauw bleek het, dat lang niet elke willekeurige ruimte geschikt was om muziek voor den radio-omroep ten gehore te brengen. Daarmede had de technische acoustiek haar intrede gedaan in de radiotechniek met een veelvuldigheid van problemen die zeker niet exclusief tot de techniek van den radioomroep behooren.

Het belang van acoustische factoren kunnen we misschien het beste op de volgende wijze in het licht stellen. Zoo-

wel de ruimte, waarin het geluid door de microfoon wordt opgenomen, als de ruimte waarin het door een luidspreker wordt gereproduceerd, hebben zekere acoustische eigenschappen, waarvan we den aard voor het oogenblik buiten beschouwing zullen laten, maar die specifiek zijn voor de betreffende ruimten. Welke van die acoustische eigenschappen, die van de opname- of die van de weergave-ruimte moeten nu in aanmerking worden genomen? Enkele voorbeelden ter illustratie. Gesteld dat iemand een lezing voor de microfoon houdt. Dan is het zeker niet een ongewenschte toestand, dat de uitzending acoustisch zóo wordt verzorgd, dat het den luisteraar voorkomt alsof de spreker zich bevond op de plaats waar nu de luidspreker staat. Want het is fysisch mogelijk dat de spreker werkelijk in de kamer van den luisteraar aanwezig is en tot hem spreekt. In dit geval kan dus uitsluitend met de acoustiek van de kamer van den luisteraar rekening worden gehouden en kunnen de acoustische eigenschappen van de spreekstudio daarnaar worden ingericht.

Een en ander krijgt dadelijk een geheel ander aspect, wanneer we thuis in de huiskamer via radio naar een orkest luisteren. We kunnen daarbij uitgaan van het feit, dat het fysisch onmogelijk is, dat een groot orkest in de huiskamer zou optreden. Het ligt in dit geval voor de hand, dat de uitzending zoo moet worden verzorgd, dat de acoustiek van de zaal, waarin de opname plaats vindt, domineert; de luisteraar moet de impressie krijgen, dat hij in die zaal aanwezig is.

Een derde voorbeeld op ander gebied, doet ons de zaak weer van een andere zijde zien en wel wanneer de reproductie geschiedt in klank en beeld door middel van de geluidsfilm. Laten we ons hierbij ook eerst eens bezig houden met de reproductie van een orkest. Het meest na-



tuurlijke effect zal worden bereikt, wanneer de indruk wordt verkregen, dat het orkest een uitvoering geeft in de zaal waar de film wordt geboden. Daarmede zal dan bij de opname rekening moeten worden gehouden; in dit geval moeten dan de acoustische eigenschappen van de weergaveruimte domineeren. Men ziet echter onmiddellijk, dat het genoemde voorbeeld enkel maatgevend is voor speciale gevallen. Want het zou b.v. weer onnatuurlijk zijn, wanneer het geluid van een scène, die onmogelijk binnenshuis kan afspelen, ook overwegend werd beïnvloed door de acoustische eigenschappen van het theater, waarin de reproductie plaats vindt.

Deze voorbeelden mogen voldoende worden geacht om den lezer een inzicht te geven in het belang van de studie van de technische acoustiek in verband met de techniek der geluidsoverbrenging, terwijl we tevens hebben laten zien hoe in verschillende branches gelijksoortige vraagstukken een verschillend aspect hebben.

#### *Grondbegrippen der technische acoustiek.*

Het is een bekend feit, dat de meer of mindere geschiktheid van een zaal om muziek of spraak tot hun recht te doen komen, wordt uitgedrukt door de zeggwijze: „de acoustiek van de zaal is goed of slecht”. Technisch gesproken heeft een zoodanige uitspraak weinig waarde, wanneer daaraan geen goede definitie ten grondslag ligt. Wanneer we spreken over „de acoustiek van een ruimte”, dan dienen we toch wel een beetje vasten grond onder de voeten te hebben. Het was W. C. Sabine, de „vader der technische acoustiek”, die deze basis heeft gegeven in drie eenvoudige regels. Deze zijn:

De acoustiek van een zaal is goed wanneer:

1o. het gehoorde geluid overal voldoende sterk is;

2o. de kwaliteit van het geluid niet wordt beïnvloed d.w.z. wanneer de relatieve intensiteiten van de componenten van een complex geluid blijven bestaan;

3o. de opeenvolgende klanken van spraak of muziek duidelijk te onderscheiden zijn.

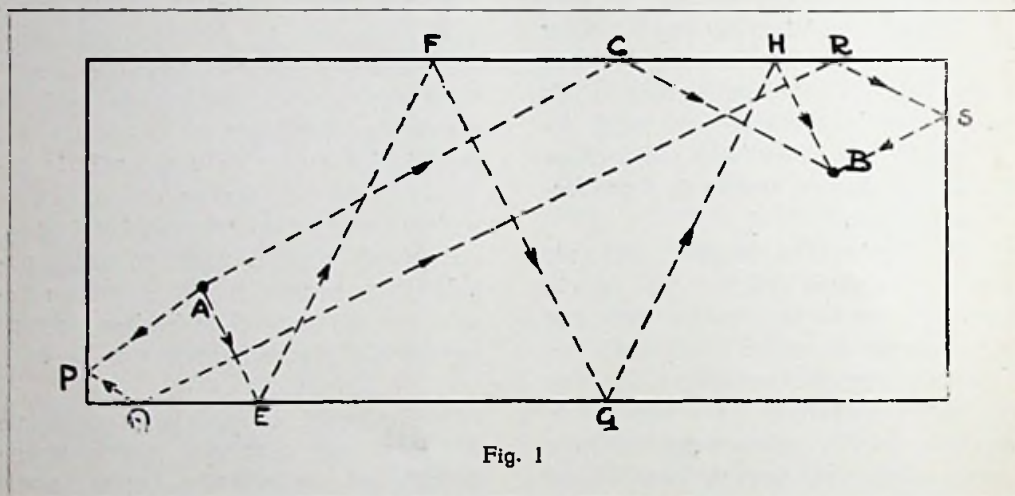
Van technisch-wetenschappelijk standpunt gezien worden deze drie voorwaarden beheerscht door de physische eigenschappen van de betreffende zaal, te weten de afmetingen en den vorm, het materiaal dat voor de constructie is gebruikt en de materiaalverdeling. Een en ander wordt samengevat in het begrip: „nagalmtijd van de zaal” en dezen nagalmtijd te kennen, wordt voldoende geacht om een oordeel te hebben over de acoustische eigenschappen van de zaal.

*De nagalmtijd.* Wanneer we in een ruimte een toon van constante sterkte voortbrengen en we luisteren ergens in die zaal, dan zullen we kunnen waarnemen dat niet op hetzelfde oogenblik, dat de geluidsbron begint te werken, maximale geluidssterkte wordt gehoord, maar dat het waargenomen geluid geleidelijk in sterkte toeneemt om eerst eenige oogenblikken *na* het in werking stellen van de geluidsbron constante sterkte aan te nemen. Dit verschijnsel is b.v. zeer opvallend en goed waar te nemen in kerken of groote concertzalen. De waargenomen geluidssterkte blijft constant zoolang de geluidsbron constant blijft. Wordt de geluidsbron nu plotseling onderbroken, dan kunnen we het omgekeerde waarnemen: de waargenomen geluidsindruk verdwijnt niet plotseling met het stoppen van de geluidsbron, maar sterft geleidelijk uit; er is een zekere nagalm. Dit optreden van nagalm is betrekkelijk eenvoudig te verklaren. Denken we ons een zaal, waarvan

in fig. 1 een doorsnede is geschetst. In A staat de geluidsbron, in B de waarnemer. De geluidstrillingen zullen nu, uitgaande van A langs zeer verschillende wegen B kunnen bereiken. In de eerste plaats natuurlijk langs den directen weg, de rechte lijn AB. Maar ook indirect na eenige reflecties tegen de wanden b.v. langs de verschillende wegen ACB of AEFGB

schouwd, terwijl in werkelijkheid drie dimensies een rol spelen, maar principieel maakt dit natuurlijk geen verschil.

Wordt nu de geluidsbron uitgeschakeld, dan treedt het omgekeerde op. De trillingen zullen niet plotseling ophouden te bestaan, maar uittrillen. Er is per slot van rekening een zekere hoeveelheid geluidsenergie in de zaal aanwezig in den



of APQRSB. Een enkele blik op de figuur is voldoende om te constateeren, dat de genoemde wegen verschillend van lengte zijn. Daar we het medium, waarin zich het geluid voortplant in dit geval als homogeen mogen aannemen, is de voortplantingssnelheid langs alle wegen even groot en zullen dus de verschillende wegen AB in verschillende tijden worden doorlopen. Wanneer dus de geluidsbron A wordt ingeschakeld, zullen de geluidstrillingen, langs verschillende wegen B bereikende, na elkaar aankomen (en ook met verschillende sterkte door de geluidsabsorptie die aan elken wand optreedt) en daarom zal het eenigen tijd duren voor de toestand stationnair is geworden en de geluidsterkte in B dus constant. Wel hebben we in fig. 1 het opbouwen van de geluidsterkte in B twee-dimensionaal be-

stationnair toestand en deze zal eerst moeten worden geabsorbeerd, voor we geen geluid meer waarnemen. Gedurende het uittrillen zullen er ook weer reflecties aan de wanden optreden en zoo is het bestaanbaar, dat in B nog weer geluidstrillingen aankomen, nadat de geluidsbron reeds is afgeschakeld. In B, evenals in elk ander punt van de zaal, wordt een zekere nagalm waargenomen.

Als nagalmtijd zou nu die tijd kunnen worden genomen, die het geluid nodig heeft om, na het afschakelen van de geluidsbron van constante sterkte, onhoorbaar te worden. Practisch zou dit als maat kunnen gelden; technisch is deze definitie onvoldoende, omdat de begin-toestand niet vastgelegd is. Daarom wordt de nagalmtijd gedefinieerd als de tijd dien het geluid nodig heeft om van

een intensiteit van  $10^4$ -maal de drempelwaarde (de minimum hoorbare intensiteit) af te nemen tot die drempelwaarde. Dit is de definitie van W. C. Sabine, die aansluit bij zijn waarnemingsmethode, waarbij het oor als indicator diende. Technisch — in aansluiting aan nieuwere waarnemings- en meetmethoden — wordt de *nagalmtijd* gedefinieerd als *die tijd, dien het geluid noodig heeft om van een zekere constante intensiteit af te nemen tot het millioenste deel van die beginintensiteit na het afschakelen van de geluidsbron*.

Onder aannahme van drie grondstellingen, die hier volgen, heeft W. C. Sabine <sup>1)</sup> afgeleid van welke grootheden de *nagalmtijd* van een zaal afhankelijk is. Sabine nam aan:

1o. de tijd van hoorbaarheid van het uittrillende geluid is nagenoeg dezelfde op alle plaatsen in de beschouwde ruimte;

2o. de tijd van hoorbaarheid van het afnemende geluid is nagenoeg onafhankelijk van de plaats van de geluidsbron in de ruimte;

3o. het nuttig effect van absorbeërend materiaal om den tijd van hoorbaarheid van het uitstervende geluid te verkleinen is nagenoeg onafhankelijk van de positie van het materiaal.

Met deze axiomas over de geluidsverdeling in een zaal heeft Sabine afgeleid en experimenteel aangetoond dat *de nagalmtijd recht evenredig is met het volume van de ruimte en omgekeerd evenredig met het oppervlak van de begrenzende vlakken en met den gemiddelden absorptie-coëfficiënt*. Deze absorptie-coëfficiënt geeft ons rekenschap van de hoeveelheid geluidsenergie die in de verschillende materialen in warmte wordt omgezet of

wordt doorgelaten en op die wijze aan de ruimte wordt onttrokken.

Merkwaardigerwijze wordt door Sabine in zijn formule voor den *nagalmtijd geen rekenschap gegeven van den vorm van de zaal*. Dat deze geen invloed zou hebben lijkt onwaarschijnlijk maar is toch correct, zooals blijkt wanneer we de consequentie strekken uit de drie genoemde grondstellingen. Want de inhoud van die stellingen kunnen we samenvatten in deze woorden: er wordt verondersteld dat de geluidsenergie homogeen in de zaal is verdeeld. De verdeling van de geluidsenergie in de zaal zal nu wel worden beïnvloed door den vorm van de zaal. Wanneer we die verdeling nu homogeen aannemen, dan hebben we daarin reeds den vorm van de zaal verwerkt. We zullen naderhand zien in hoeverre en op welke wijze we bij de bepaling van den *nagalmtijd* hiermede rekening moeten houden. De juistheid van de grondstellingen van Sabine is door verschillende anderen onderzocht, evenals de factoren, die van invloed zijn en de grootte van hun invloed. Met het voorbehoud van onvolledigheid zouden we hier op twee artikelen willen wijzen, waarin een en ander in extenso wordt onderzocht en wordt aangetoond, dat met inachtname van bepaalde voorwaarden de theorie van Sabine over de ruimtedemping juist is en althans in de meeste praktische gevallen zonder meer kan worden toegepast. Het eerste is een artikel van Edgar Buckingham: „The theory and interpretation of experiments on the transmission of sound through partition walls” <sup>1)</sup> en het andere van dr. M. J. O. Strütt: „Ueber die Akustik grosser Räume” <sup>2)</sup>. Op deze beschouwingen zullen we hier niet nader ingaan.

<sup>1)</sup> W. C. Sabine: „On the absorbing power of wall surfaces” („Collected papers on acoustics”).

<sup>1)</sup> Scientific Papers of the Bureau of Standards, Vol. 20 No. 506.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, 1930 p. 360—368 en ook:

Noemen we  $V$  het volume van de ruimte,  $F$  het totaaloppervlak van de begrenzende wanden, zoldering en vloer inclusief en  $\alpha_m$  de gemiddelde absorptiecoëfficiënt, dan is volgens Sabine de nagalmtijd  $T$  gelijk aan:

$$T = k \frac{V}{\alpha_m \cdot F}, \dots \dots \dots (1)$$

waarin  $k$  een constante is. Daar niet alle deelen van de begrenzende vlakken denzelfden absorptiecoëfficiënt zullen hebben, moet dus  $\alpha_m$  afzonderlijk worden berekend. Noemen we  $\alpha_1, \alpha_2 \dots$  de absorptiecoëfficiënten per eenheid van oppervlakte van de verschillende materialen en  $f_1, f_2 \dots$  de bijbehorende oppervlakken, dan kunnen we voor  $\alpha_m$  schrijven:

$$\alpha_m = \frac{1}{F} (\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \dots) \quad \dots \dots (2)$$

of korter:

$$\alpha_m = \frac{1}{F} \sum_{p=1}^n \alpha_p f_p$$

„Over het probleem der demping in de mathematische physica” (voordracht in de Nederlandsche Natuurkundige Vereeniging op 26 Jan. 1929).

De absorptiecoëfficiënt worde dan als volgt gedefinieerd: van de opvallende geluidsenergie wordt een gedeelte  $(1-\chi)$  door het beschouwde oppervlak gereflecteerd; de rest wordt geabsorbeerd.

De nagalmtijd is bij een gegeven frequentie van het geluid constant voor een bepaalde zaal. Voor verschillende frequenties is in dezelfde zaal de nagalmtijd ook verschillend. Dit is door groote series metingen bevestigd door vele onderzoekers. Bij de beschrijving van nagalmetingen en verdere experimenten komen we hierop terug.

Zooals reeds werd gezegd, wordt het kennen van den nagalmtijd voldoende geacht om de acoustische eigenschappen van een zaal te beoordeelen. In het volgende zullen we ons dus bezig moeten houden met beschouwingen over den optimum nagalmtijd in het algemeen en voor omroepstudios in het bijzonder.

Wordt vervolgd.

## Geluidswaergave met behulp van koolmicrofoons

Door J. L. SNOEK.

Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken  
Eindhoven — Holland.

### SUMMARY.

A statistical theory is given of the noise in carbon-microphones and it is shown that the noise must decrease as the square root of the total number of grains, provided the current-density is constant in every part of the microphone.

Experimental test confirmed the theory as to this point. Further on the directional

effect of a microphone is discussed and a construction given, which allows of varying the above-mentioned effect and eventually eliminating it. The latter possibility is of great importance in the reproduction of sounds, which come from several directions at the same time.

In het volgende behandelen wij enkele problemen, welke zich voordeden bij de

constructie van een koolmicrofoon ten dienste van den draadloozen omroep. Hoofdoel was dus hierbij het bereiken van een natuurgetrouwe weergave, bijzaak de bereikte gevoeligheid.

Het is betrekkelijk eenvoudig om een koolmicrofoon te maken, waarvan de karakteristiek tot b.v. 10.000 perioden een vlak verloop heeft.

Men bereikt dit laatste o.a. door een massieven opbouw van de vaste deelen van de microfoon, terwijl tegelijkertijd de bewegende deelen zoo licht mogelijk geconstrueerd worden.<sup>1)</sup>

De elektroden, welke uit zichzelf al zwaar zijn, worden vast verbonden met het gestel en doen dus (in tegenstelling met de goedkoopere uitvoeringsvormen) aan de beweging niet mee.

De weerstandsvariatiën worden verkregen door de koolkorrelaag tusschen de elektroden, welke zich tusschen een vasten achterwand en een zeer licht membraan bevindt, periodiek van opzij (dus loodrecht op de stroomrichting) te laten samendrukken.

In het algemeen laat zich de werking van zoo'n koollaag, welke via een membraan aan periodieke drukvariatiën blootgesteld wordt, goed voorstellen door het beeld van een sterk gedempten oscillator met een vrijheidsgraad.

Voor frequenties onder de resonantiefrequentie reageert het systeem statisch en zijn de uitslagen (resp. de weerstandsvariatiën) bij constante drukamplitude onafhankelijk van de frequentie, daarboven komt de traagheid van het geheel tot uiting en neemt de gevoeligheid snel af.

Als „massa” hebben wij hierbij op te

<sup>1)</sup> Als voorbeeld moge de bekende Reisz-microfoon genoemd worden, waarin bovengenoemde constructie-principes voor het eerst consequent werden toegepast (D. R. P. nos. 436127, 438232, 452961, 455151, 480818, 484031, 509817).

vatten: membraan + een deel der koolkorrels, als richtkracht voornamelijk den tegendruk, die ontstaat door het samensporen der koolkorrels.

Men heeft er slechts voor te zorgen, dat 1. de resonantiefrequentie (die overigens door de sterke demping niet als een scherpe top merkbaar is) hoog genoeg ligt;

2. geen enkele andere eigenfrequentie optreedt.

Het is gebleken, dat aan de eerste voorwaarden voldaan wordt, door de koollaag voldoende dun te kiezen (1 à 2 mm) en dat hoofdzakelijk de tweede eisch' de meeste moeilijkheden meebrengt. Elk onderdeel, dat niet muurvast zit, trilt mede en geeft aanleiding tot resonantietoppen. Een achterplaat van enkele millimeters dikte kan nog resonanties bij 2 à 3000 perioden hebben. De amplitude van dergelijke trillingen is zoo klein, dat zij slechts via de koolmicrofoon kan worden vastgesteld. Als detectie-apparaat voor kleine trillingen is daarom een dunne koolkorrelaag uitmuntend geschikt.

Met inachtneming van de bovenschreven maatregelen is het dus mogelijk gebleken om microfoon-elementen met een vlakke karakteristiek te bouwen.

De gebruikelijke methode, om deze karakteristiek te meten, is deze, dat het membraan geleidend gemaakt wordt (b.v. door opdampen van een dun metaallaagje in vacuo) en electrostatisch beïnvloed door een zware plaat, welke op eenigen afstand er tegenover staat. Aangezien de optredende krachten kwadratisch zijn in de spanning, is het noodig om vóórspanning te geven, welke dan met de gevraagde frequenties gemoduleerd wordt. De spanningsplaat wordt doorboord om resonantie van de tusschengelegene luchtholte onschadelijk te maken.

De kracht op het membraan is uit de spanning op de platen van het oppervlak

en den onderlingen afstand onmiddellijk berekenbaar.

De microfoon wordt verder normaal aan een geijkten versterker geschakeld, en de uitslag van een voltmeter afgelezen.

Door deze ijking is echter nog lang niet het werkelijke gedrag van de microfoon t.o.v. het geluid gegeven.

Er blijven nog twee verschijnselen over, welke invloed nagegaan en geëlimineerd moet worden.

In de eerste plaats is er het verschijnsel van het ruischen van de microfoon, dat de weergave hinderlijk kan beïnvloeden.

Uit onderzoekingen dienaangaande is gebleken, dat dit geruisch, dat nog al eens vaak aan specifieke oppervlaktewerkingen van de kool werd toegeschreven<sup>1) 2) 3)</sup> welke verband houden met den stroomdoorgang, bij afwezigheid van triviale oorzaken als vochtigheid en verontreinigingen, althans gedeeltelijk moet worden toegeschreven aan andere oorzaken. Onze opvatting is n.l., dat ook bij afwezigheid van stroom door de microfoon de koolkorrels in de microfoon geen stabiele ligging hebben, maar voortdurend verschuiven en over elkaar vallen. Verschillende verschijnselen maken het bestaan van dergelijke spontane verschuivingen plausibel:

a) laat men een microfoon rustig in een schok- en geluidsvrije omgeving staan, dan blijkt in den loop van weken de weerstand en de gevoeligheid steeds af te nemen, terwijl tegelijk duidelijk een lacune in de koolkamer ontstaat;

b) na eenige lichte schokken is de lacune verdwenen, weerstand en gevoeligheid zijn op het oude bedrag teruggekomen;

<sup>1)</sup> L. E. C. H. Electrician 107, 376, 1931.

<sup>2)</sup> W. C. Jones, Bell. Syst. Techn. Journ. X 46, 1931.

<sup>3)</sup> H. A. Frederick, Suppl. Bell. Syst. Techn. Journ. July 1931, pag. 16.

c) de verhouding van de sterkte van het geruisch en van het nuttig geluid wordt binnen wijde grenzen niet beïnvloed door de stroomsterkte in de microfoon;

d) bepaalde perioden in het geruisch zijn niet te ontdekken; het geruisch gedraagt zich als de superpositie van een aantal toevallige effecten.

Voor al het laatste punt hebben wij met eenige uitvoerigheid onderzocht. Bestaat tusschen de weerstandsvariatiën van verschillende deelen van de koolkamer geen korrelatie, dan moeten deze aan de statistische wetten van de verschijnselen, welke door het toeval beheerscht worden, gehoorzamen en dus b.v. niet lineair, maar kwadratisch sommeerbaar zijn.

Wij zullen dit laatste even mathematisch toelichten: stel gegeven  $n$  microfoon-elementen van weerstand  $R$  in serie, welke ieder onder invloed van het opvallend geluid periodieke weerstandsvariatiën  $\delta R$  ondergaan, welke laatste in phase gedacht worden.

$\frac{\delta R}{R}$  is de modulatie-diepte van de

microfoon ( $\frac{\delta R}{R} \ll 1$ ) en tevens de

maat voor de gevoeligheid. (Bij gegeven energiedissipatie in de microfoon en gegeven impedantie, waarop omhoog getransformeerd wordt, hangt de gevoeligheid alleen nog van de modulatie-diepte af).<sup>4)</sup>

De gevoeligheid van het geheel is on-

<sup>4)</sup> De energiedissipatie in de microfoon bedraagt  $W = \frac{E^2}{R_1}$ ; de transformatieverhouding  $n =$

$\sqrt{\frac{R_n}{R_1}}$ ; de modulatie-diepte van  $E$  bedraagt

$\frac{\delta R}{R} = M$ , dus de totaalspanning  $= M E \sqrt{\frac{R_n}{R_1}}$

$= M \sqrt{W R_1 \frac{R_n}{R_1}} = m \sqrt{W R_n}$ , dus onaf-

hankelijk van  $R_1$ .

afhankelijk van het aantal elementen, dat gebruikt wordt wegens  $\frac{n \delta R}{n R} = \frac{\delta R}{R}$  mits deze elementen in phase zijn. Daarnaast moge nu gegeven zijn voor elk element een toevallige fluctuatie  $\Delta R$  ( $\Delta R < \delta R$ ) welke het ruischen veroorzaakt, met een modulatie diepte  $\frac{\Delta R}{R}$  voor elk element. De  $\Delta R$  van het geheel wordt gevonden door kwadratische sommatie van de componenten, dus door vermenigvuldiging van  $\Delta R$  met  $n$ , de modulatie diepte van het geheel bedraagt dus  $n \frac{\Delta R}{n R} \sqrt{n}$ , d.i.  $\sqrt{n}$  maal minder dan bij een enkel element.

Daaruit zou dus moeten volgen, dat men de sterkte van het geruisch van een microfoon relatief t.o.v. het nuttige geluid kan verminderen door het werkzame oppervlak te vergrooten. Deze vergroting kan evengoed in de lengte als in de breedte geschieden.

Voor het geval van parallelschakeling kan men namelijk door een analoge rede-neering eveneens aantonen, dat het relatieve geruisch met  $\sqrt{n}$  afneemt. De totale weerstand wordt natuurlijk  $\frac{R}{n}$ .

De gemoduleerde weerstanden  $R + \Delta R$  worden samengesteld tot:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &= \frac{n}{1} \frac{1}{R_k + \Delta R} = \\ &= \sum_k^n \frac{1}{R_k} \left( 1 - \frac{\Delta R}{R_k} \right) = \\ &= \frac{n}{R} \pm \frac{\Delta R \sqrt{n}}{R^2} \end{aligned}$$

De fluctuatie bedraagt weer:

$$\frac{\Delta R \sqrt{n}}{R^2} : \frac{n}{R} = \frac{\Delta R}{R \sqrt{n}}$$

d.i.  $\sqrt{n}$  maal minder dan bij een enkel element.

Men kan verder gemakkelijk aantonen, dat ten aanzien van het geruisch de gunstigste schakeling der beschikbare elementen diegene is, waarbij alle elementen evenveel belast worden. Het is dus gunstig, om aan de koolkamer een constante doorsnede te geven. Daarmee wordt men dan vanzelf gevoerd tot het bekende rechthoekmodel met verticale electroden.

Het is natuurlijk interessant om na te gaan, of inderdaad het ruischen een verschijnsel is, dat kwadratisch sommeerbaar is. Door allerlei proeven, waarvan wij hier alleen de meest eenvoudige en sprekende vermelden, hebben wij dit kunnen bevestigen: vier microfoons werden uitgezocht, waarvan de  $\Delta R$  onderling ongeveer de zelfde waarde had en deze microfoon in een geluids- en schokvrije kist opgesteld.

Vervolgens werd de gemiddelde  $\Delta R$  van de vier microfoons vergeleken met de  $\Delta R$ , die men verkreeg door er telkens twee in serie en deze ieder weer parallel te schakelen.

Daardoor werd het totaal aantal kooldeeltjes vier maal vergroot, terwijl overigens spanning en inw. weerstand constant bleven. Inderdaad bedroeg het geruisch op de laatste wijze gemeten slechts de helft van het geruisch der vier microfoons afzonderlijk. De weg, waarlangs men het geruisch moet trachten te verminderen, is nu duidelijk: men kiest het werkzaam oppervlak zoo groot mogelijk en de individuele kooldeeltjes zoo klein mogelijk. De laagdikte moet verder zoo groot zijn, als met het oog op het hoge frequentiegebied nog juist toelaatbaar is.

Men wint door vergroting van het werkzaam oppervlak nog iets meer dan de bovenstaande theorie aangeeft, omdat de maximaal toelaatbare energie-dissipatie, die wij constant aangenomen hebben, nu ook hoger is geworden en dus de bereikbare totaalgevoeligheid toeneemt.

Aangezien echter zelden tot die bovenste grens gegaan wordt in omroepstudio's, waar versterkers e.d. vlak bij de hand zijn, treedt dit voordeel minder op den voorgrond.

Verondersteld is verder in het bovenstaande, dat ieder element evenveel geluid ontvangt en bovendien nog in phase is met de andere elementen. Dit voert ons tot het tweede effect, dat van belang is bij de geluidsontvangst, n.l. de vervorming van het geluidsveld door de microfoon.

aan de voorzijde daarentegen de amplitude ongeveer de dubbele van de ongestoorde amplitude bedraagt.

In het overgangsgebied vinden interferenties plaats en is het moeilijk om quantitatief iets te zeggen over de vervorming van het veld door de microfoon.

Een eenzijdige microfoon vangt dus uit een bepaalde richting een overmaat van hoge tonen op, terwijl het hoge frequentiegebied in geluid uit andere richtingen ontbreekt. Het gevolg is een onnatuurlijke weergave van het geluid,

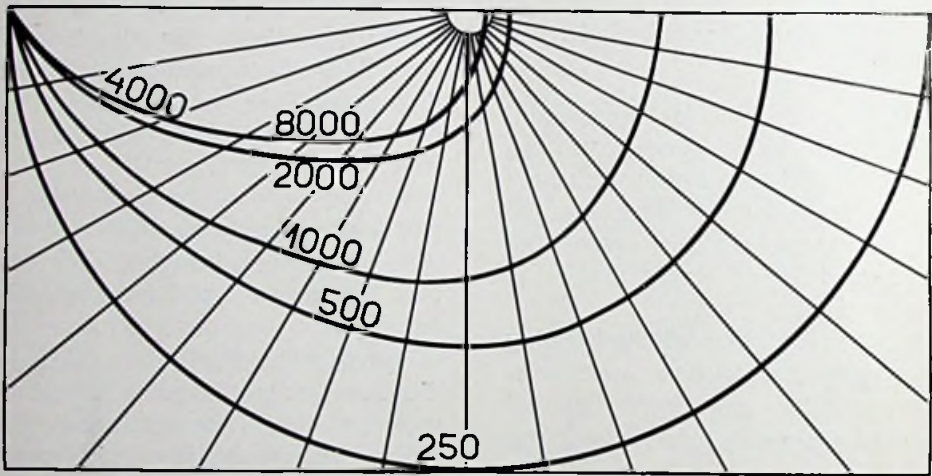


Fig. 1

B. Uit de golftheorie is voldoende bekend, dat voor golven, waarvan de lengte groot is t.o.v. de microfoon, geenerlei vervorming optreedt tengevolge van de aanwezigheid van de microfoon in het geluidsveld en dus een volkomen natuurgetrouwe weergave is te verwachten.<sup>5)</sup>

Voor zeer korte golven wordt het geluid ongeveer volgens de wetten der geometrische optica gereflecteerd, d.w.z. dat aan de zijde, die van het geluid afgekeerd is, geen noemenswaardig geluid opvalt,

<sup>5)</sup> Afgezien van het feit, dat wij binoraal luisteren en dus behalve een geluidsindruk ook altijd nog een gevoel van richting krijgen.

behalve onder een hoek van circa  $45^\circ$ , waar de overgang tusschen de twee gebieden plaats vindt. Ervaren omroepers spreken dan ook in den regel niet recht tegen de microfoon, maar min of meer van opzij. Zoodra echter het geluid uit een grooteren ruimtehoek opgevangen moet worden, ontmoet de normale eenzijdige microfoon om bovengenoemde redenen bezwaren, die men heeft trachten te ondervangen o.a. door het plaatsen van meerdere exemplaren en door de constructie van tweezijdige microfoons.

Fig. 1 en 2 geven een beeld van de gevoeligheid van beide genoemde typen



voor geluid van variabele frequentie en uit verschillende richtingen.

Het is duidelijk, dat het bezwaar van de richtwerking slechts gedeeltelijk door

microfoon voor „ruimtelijke” opnamen beter geschikt is, dan de tot hiertoe bekende constructies.

Door de vier samenstellende microfoons

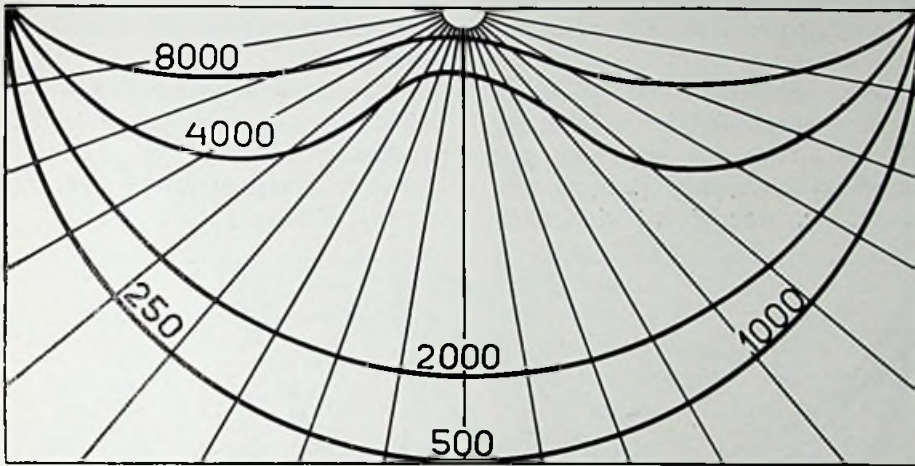


Fig. 2

de gewijzigde constructie ondervangen is.

Voortgaande op den aangewezen weg hebben wij een vierzijdige microfoon geconstrueerd, waarvan het richteffect door

gescheiden uit te voeren bereikt men tevens, dat de inwendige weerstand binnen wijde grenzen gevarieerd kan worden, n.l. van  $\frac{1}{4}$  van den normalen weer-

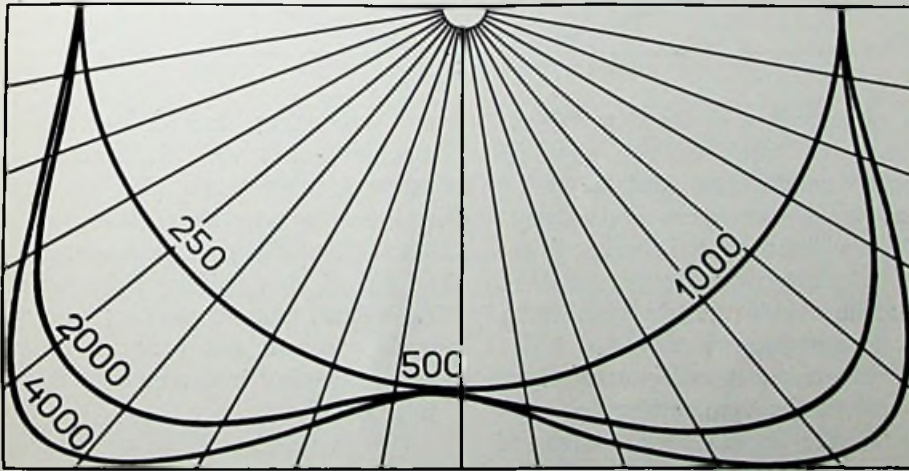


Fig. 3

superpositie van de vier oorspronkelijke krommen wel zoo goed als geheel geëlimineerd is (zie fig. 3). Inderdaad is uit de ervaring gebleken, dat een dergelijke

stand tot het 4-voudige, door het toepassen van verschillende schakelingen.

Tegelijk is het werkzame oppervlak wel ongeveer het maximale dat bereikt

kan worden, n.l. het 4-voudige van voorheen. Daarmee is bereikt, dat de sterkte van het geruisch nog eens gehalveerd wordt t.o.v. de eenzijdige microfoon en zodoende bijna onmerkbaar is geworden.

De koelingscondities zijn eveneens gunstiger geworden.

Een laatste voordeel bestaat hierin, dat zowel de oorspronkelijke schakeling, waarbij van slechts één microfoon gebruik gemaakt wordt, mogelijk is, als een overgangsvorm, waarbij het richteffect

Op ca. 2 m afstand wordt de luidspreker opgesteld, die een constanten toon van de gevraagde frequentie voortbrengt en vervolgens de microfoon om een verticale as gedraaid, terwijl de uitslag van den voltmeter achter den versterker afgelezen wordt.

Storende reflecties van de wanden vermijdt men door op het vrije veld te werken.

Bij de interpretatie der figuren dient ermede rekening gehouden te worden, dat

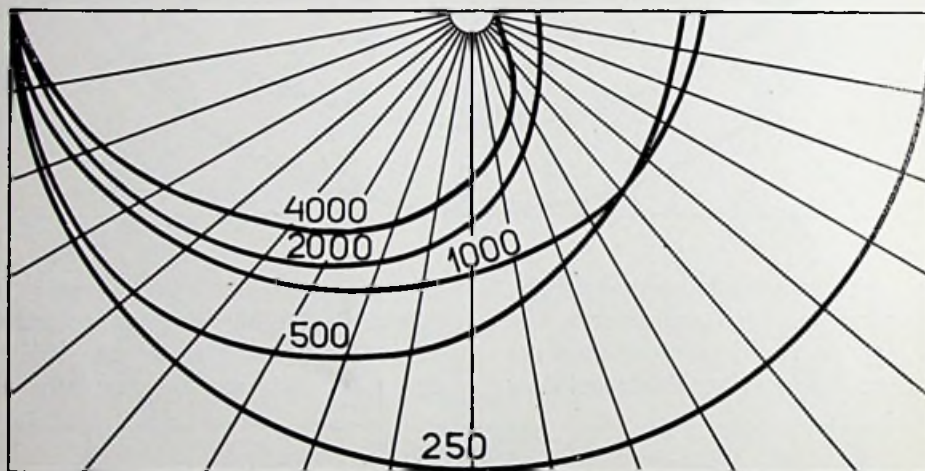


Fig. 4

minder uitgesproken is. Daartoe verbindt men eerst de uiteinden der naburige elektroden, zoodat een gesloten keten ontstaat en sluit vervolgens op die microfoon aan, welke naar den spreker is gekeerd. Het richteffect, dat dan ontstaat, ligt tusschen beide uiterste gevallen in en wordt weergegeven door fig. 4. De spreker zal nu met voordeel recht tegen de microfoon kunnen spreken, waarbij dan voldoende hoge tonen doorkomen en tevens het gewenschte ruimtelijke effect optreedt. Tenslotte nog iets omtrent de wijze, waarop men het richteffect meet. Deze is zeer eenvoudig en behoeft slechts met enkele woorden geschetst te worden.

de verhouding van de geluidssterkte maatgevend is voor de contrasten, die gehoord worden en niet de absolute waarden der verschillen. Valt dus in een bepaalde richting de gevoeligheid bijna op nul af, dan beteekent dit een enorm richteffect; een vergrooting van de gevoeligheid van een factor 2 in een of andere richting is daarentegen nog maar juist merkbaar.

De gevoeligheden voor verschillende frequenties, zooals zij in de figuren staan vermeld, zijn relatief en niet rechtstreeks op elkaar te betrekken.

Eindhoven, 13 Juni 1932.

## Smooerspoulen met Gelijkstroom-Magnetisatie.

Door Dr. F. NOACK,

In dit artikel worden eenige interessante resultaten medegedeeld, welke werden verkregen bij de theoretische berekening der zelfinductie van door gelijkstroom voorgemagnetiseerde ijzerkernspoulen (smooerspoulen).

De zelfinductie van met ijzer gevulde spoulen (smooerspoulen) volgt uit de formule:

$$L = \frac{4 \pi \cdot n^2 \cdot \mu \cdot Q}{l_{ij} \cdot 10^9}$$

In deze formule beteekent:  $n$  het aantal windingen,  $\mu$  de permeabiliteit,  $Q$  de

het bladijzer voor de kernen levert, of afgeleid uit de magnetiseeringscurven van het ijzer.

Hetgeen gezegd is over de waarde van  $\mu$  slaat alleen en uitsluitend op smooerspoulen, waardoor zuivere wisselstroom gevoerd wordt. Zoodra door een smooerspoel gelijkstroom met opgedrukten wisselstroom loopt, zooals zulks b.v. bij plaatstroomapparaten het geval is, moet voor  $\mu$  een bijzondere waarde ingelascht worden.

De waarde  $\mu$  is gelijk

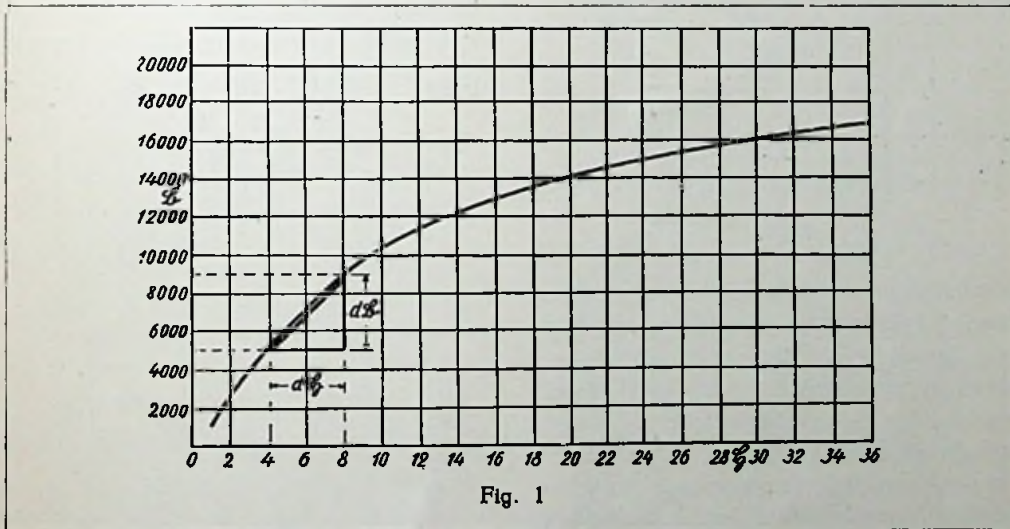


Fig. 1

doorsnede van den ijzerkern;  $l_{ij}$  is de gemiddelde lengte van het ijzer. De resulterende zelfinductie-waarde is in Henry. In vorenstaande formule zijn bepaald de waarden  $n$ ,  $Q$ ,  $l_{ij}$ , onbekend is de waarde  $\mu$ . Deze waarde moet gevonden worden uit de permeabiliteitscurve, welke verstrekt moet worden door de firma, die

$$\mu = \frac{B}{H} \text{ resp. } \frac{\delta B}{\delta H}$$

$\mu$  l. gelijk  $\frac{B}{H}$  als het betreft een voeding van de smooerspoel met zuiveren wisselstroom en gelijk  $\frac{\delta B}{\delta H}$  als de smooerspoel door gelijkstroom doorloopen wordt;

waarop wisselstroom gesuperponeerd is.

Het quotient  $\frac{B}{H}$  resp.  $\frac{\delta B}{\delta H}$  resulteert, zooals reeds opgemerkt, uit de magnetiseeringscurven en hier beteekent  $\mu$  het aantal krachtlijnen in de ijzerkern per vierkante centimeter doorsnede, H de veldsterkte.

Men vindt  $\mu$  uit de magnetiseeringscurve, als men voor elke waarde van H de bijbehorende waarde B zoekt, B door H deelt en op een curvenblad de zoo gevonden waarde voor  $\mu$  voor elke bijbehorende H invult.

Voor smoorspoelen, welke door gelijkstroom met opgedrukten wisselstroom

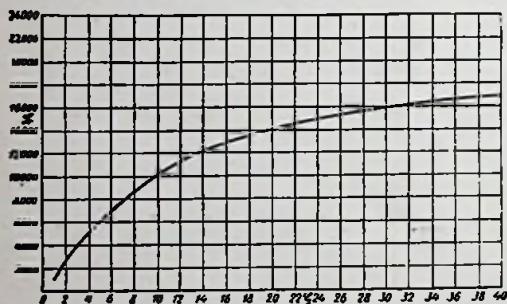


Fig. 2

worden doorlopen, moet  $\mu$  niet worden berekend als in het vorige geval, maar op de volgende wijze: Men trekt, als aangegeven in afbeelding 1, voor elke H in het snijpunt der H-waarde in de kromme een koorde en deze koorde is met de door het punt van de kromme gaande horizontale te completeeren tot een kleinen rechthoekigen driehoek. In dezen driehoek beteekent de verticale zijde  $\delta B$  en de horizontale zijde  $\delta H$ ; deze waarde  $\delta B$  moet door  $\delta H$  gedeeld worden om de waarde van  $\mu$  te krijgen.

Hierbij dient te worden bedacht, dat de volgens deze methode verkregen waarde  $\mu$  slechts bij benadering juist is. In werkelijkheid moet de waarde  $\mu$  door diffe-

rentiaalrekening gevonden worden. Voor het volgende echter kunnen we volstaan met een benaderende berekening.

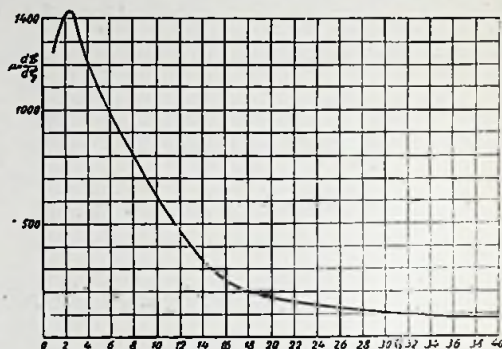


Fig. 3

Afbeelding 2 geeft voor het gebruikelijke ijzerblik, het ankerblik, zooals dat voor dynamo's en electromotoren verwerkt wordt, de B-kromem. Uit deze kromme verkrijgt men de kromme volgens afbeelding 3, namelijk de kromme voor  $\mu = \frac{\delta B}{\delta H}$ . Wij zien dan, dat de

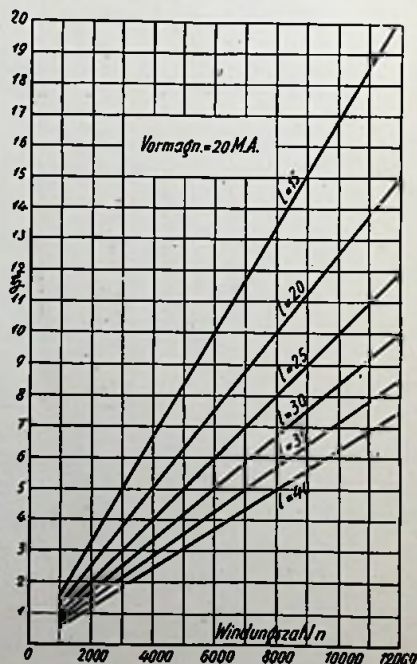


Fig. 4

waarde  $\mu$  bij zeer kleine veldsterkten H eerst tot een maximale waarde steil oploopt, om bij grootter wordende H langs een vloeiende kromme tot de horizontale te naderen.

Aangezien  $\mu$  niet evenredig aan H is, verkrijgt men interessante waarden voor de zelfinductie L, als men deze voor verschillende stroomsterkten I, n en  $I_0$  uitrekent, en uitzet in den vorm van krom-

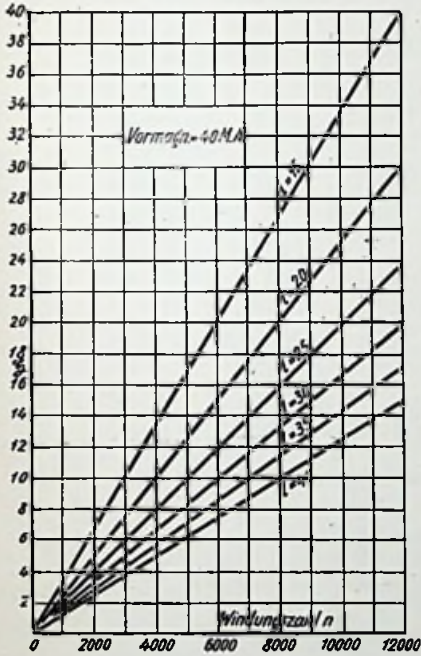


Fig. 5

men. Voor I kan men, althans als het wisselstroomgedeelte klein is, steeds met goede benadering het gelijkstroomaandeel zetten, d.w.z. dus den gelijkstroomvoormagnetiseringsstroom.

Willen wij, zooals voren gezegd, de zelfinductie L uitrekennen, zoo hebben we daarvoor de waarden noodig. Om deze te verkrijgen, moeten we eerst H uit de formule  $H = \frac{0,4 \cdot \pi \cdot I \cdot n}{I_0}$  uitrekennen.

Daar het er ons om gaat, de zelfinductie L voor verschillende windingsgetallen

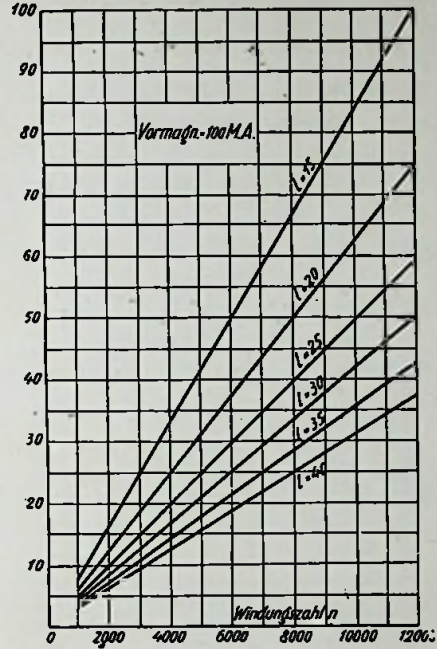


Fig. 6

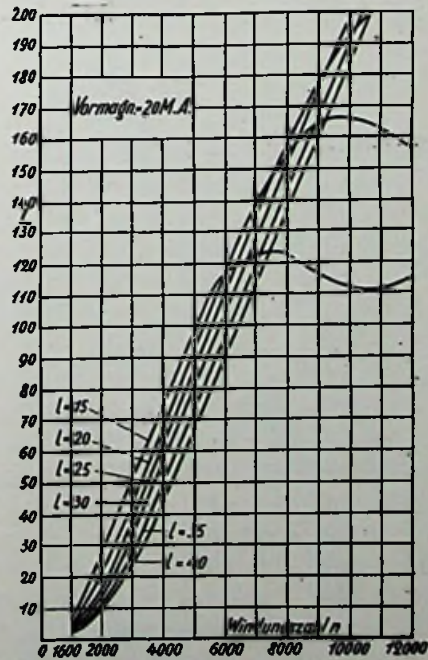


Fig. 7

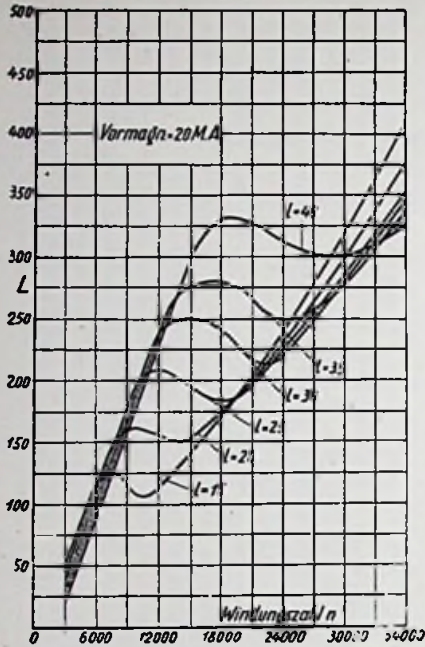


Fig. 8

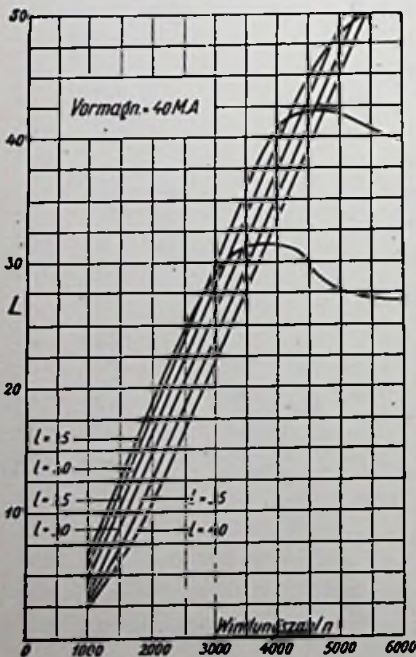


Fig. 9

bij verschillende gelijkstroommagnetiseringen  $I$  (het wisselstroomaandeel wordt verwaarloosd) te krijgen, zoo kunnen we het best  $H$  invullen voor verschillende  $I$  in afhankelijkheid van  $n$ .

Daar nog een onbekende bestaat,  $l_{ij}$ , krijgen we krommen-bundels (afb. 4-6). Afb. 4 geeft de waarde aan voor  $I = 20$  mA., afb. 5 voor 40 mA. en afb. 6 voor 100 mA voormagnetisering.

Hierna kunnen we de zelfinductie  $L$

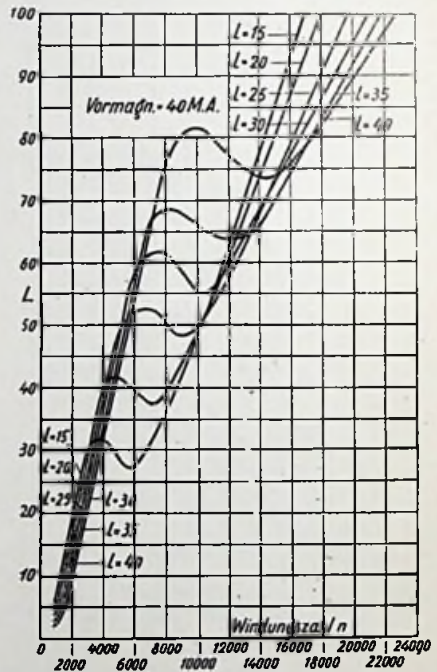


Fig. 10

grafisch voorstellen voor verschillende windingsetallen  $n$  (afb. 7-11) voor verschillende  $I$  (afb. 7 en 8 voor 20 mA, afb. 9 en 10 voor 40 mA en afb. 11 voor 100 mA) en voor verschillende ijzerweglengten  $l_{ij}$  volgens de formule

$$L = \frac{4 \pi \cdot n^2 \cdot \mu Q}{l_{ij} \cdot 10^9}$$

Dit kan gebeuren, door eerst uit afb. 4-6 de  $H$ -waarde te zoeken uit de verschillende  $n$ , daarna uit fig. 3 voor de  $H$ -

waarde de  $\mu$ -waarde af te lezen en met de  $\mu$ -waarde de L-waarde uit te rekenen.

De berekening is moeilijk en omslachtig.

Op deze wijze verkrijgt men voor de

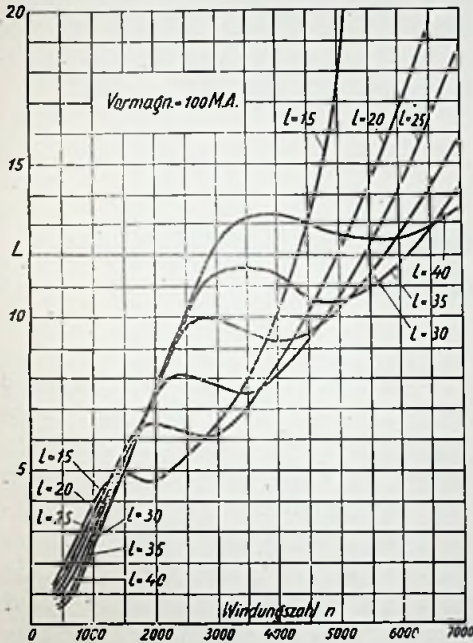


Fig. 11

zelfinductie L krommen, welke bij kleinere windingsgetallen steil en vrijwel rechtlijnig oploopen. Fig. 12 geeft een beeld van de ligging der eindpunten der rechtlijnige deelen, resp. der punten, waarbij de in de krommen van afb. 7-11 op te merken knik telkens optreedt.

Uit afb. 7-11 valt op te maken, dat een verhooging van het aantal windingen tot boven het punt dat is aangegeven in fig. 12, geen verhooging van zelfinductie geeft, daar toch de L-kromme in een bepaald bereik der wikkelingcijfers den reeds vermelden zeer scherp knik krijgt.

Als men onderzoekt, bij welke veldsterkten H telkens het minimum van den knik intreedt, dan vindt men, als men de minima van elke kromme met elkaar ver-

bindt, dat deze een rechte lijn geven. Dit beteekent, dat deze minimumpunten alle dezelfde veldsterkte hebben. De veldsterkte waarin deze minima vallen, heeft de waarde 16-17. De veldsterkte  $H = 16-17$  kunnen we daarom de kritische veldsterkte noemen. In fig. 2-3 is te zien, dat de kritische veldsterkte H in fig. 2 overeenkomt met dat gedeelte der B-kromme, dat ligt tusschen het oplopende, vrijwel rechtlijnige gedeelte en het verzadigingsgedeelte, dat wil zeggen dus op de plaats van den grootsten knik.

In fig. 3 zien we, dat de kromme  $\frac{\delta B}{\delta H}$  bij  $H = 16-17$  een knik heeft, welke wel niet sterk naar voren springt, maar toch wel degelijk bestaat.

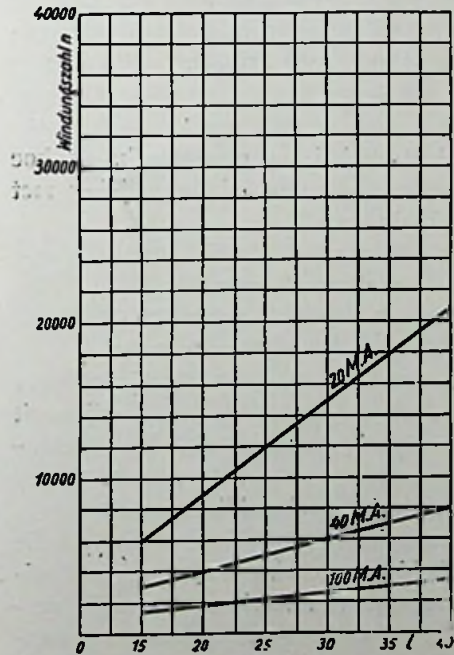


Fig. 12

Het is duidelijk, dat de in de krommen aangegeven waarden voor andere bliksoorten ook weer anders zijn. De strekking van dit artikel is dan ook niet, absolute waarden te geven, maar, zooals in

den aanvang reeds gezegd, het karakteristieke verloop der zelfinductie-krommen aan te toonen. Zooals ook reeds gezegd, zijn de knikken in de krommen langs experimenteelen weg gevonden. Het zou hoogst interessant zijn als de resultaten dezer metingen en de uiteengezette theoretische overwegingen tot verdere metingen opwekten. Daarbij zou dan ook blijken, dat inderdaad zulke

knikpunten ook in de practijk bestaan, waaruit dan volgt, dat men voor verhooging der zelfinductie van voorgemagnetiseerde smoorspoelen niet het aantal wikkelingen willekeurig verhoogden kan, maar vanaf een bepaald wikkelingsgetal eene verhooging der zelfinductie nog slechts door vergrooing van de ijzerdoorsnede verkregen kan worden.

---

## Hoe maakt men een vergelijkend overzicht van lampentypen?

---

Het zeer groot aantal verschillende lampentypen, dat in den loop der jaren in den handel is gebracht, heeft al menigeen doen peinzen over een eenvoudige manier om een vergelijkend overzicht samen te stellen, waaruit men snel kan zien, welke de karakteristiek-gegevens zijn en hoe die zich verhouden in vergelijking met andere lampen.

In Elektrische Nachrichten Technik No. 9 van dezen jaargang beschrijft F. W. Grundlach een nieuwe grafische methode, die hij hiervoor heeft ontworpen.

Overzichten in tabelvorm zijn n.l. voor het doel niet geschikt, omdat zij nooit met één oogopslag kunnen doen herkennen, welke plaats in de groote rij een bepaalde lamp eigenlijk inneemt.

Grafische voorstellingsmethoden, die steilheid, versterkingsfactor en inwendigen weerstand afleesbaar doen zijn, werden al vaker in verschillenden vorm aan-gegeven. Meestal hebben zij het bezwaar, dat de figuur in bepaalde richtingen een te gedrongen karakter verkrijgt. Grundlach komt hieraan door een nieuw ontwerp tegemoet. Volgens zijn methode laten niet alleen steilheid, versterkingsfactor en inwendige weerstand zich in

de voorstelling opnemen, maar ook de kwaliteitsfactor (Güte) volgens Barkhausen, dus  $G = g S$  kan eruit afgelezen worden. Hij maakt hiertoe gebruik van twee logaritmische coördinaten-systemen, over elkaar heen geteekend en waarvan het eene een hoek van  $45^\circ$  maakt met het andere. Elke lamp wordt aangeduid door een stip, welke een plaats inneemt, die zoowel tot het eene als tot het andere coördinatensysteem behoort.

Hieraan heeft de ontwerper toegevoegd het idee om de aanduidingsstippen nog verschillende vormen te geven, zoodat men uit die vormen kan zien, van welken aard de gebruiksmogelijkheden der lamp zijn.

Overigens moet de type-aanduiding welke de fabriek aan de lamp geeft, bij de stippen bijgeschreven worden.

Het uitgewerkte voorbeeld van een op deze wijze samengesteld lampenoverzicht in E. N. T. levert inderdaad het bewijs, dat men in bepaalde gevallen zich wel zeer gemakkelijk omtrent lampen kan oriënteren. Maar aan den anderen kant vestigt juist dit voorbeeld ook sterk de aandacht op de beperkingen, welke aan het systeem eigen zijn. Gepoogd is n.l.



zoo veel mogelijk alle courante lampen van drie verschillende fabrieken in het overzicht op te nemen. De moeilijkheid is nu, dat volkomen gelijke lampen van verschillend fabrikaat natuurlijk door slechts één stip vertegenwoordigd kunnen worden, waarbij dan méér dan één type-aanduiding geschreven moet worden, waarvoor nooit voldoende plaats is te vinden. Verder geven bij na overeenkomstige lampen aanleiding tot stippen, die alle vlak bij elkaar liggen, zoodat er ook weer geen plaats is voor de type-aanduiding. En nu zijn in het voorbeeld nog maar de lampen van drie fabrieken verwerkt, terwijl het overzicht pas volledig kan worden als men alle in een land geregeld voorkomende lampenmerken opneemt.

Hoe aardig dan ook de methode van Gundlach gevonden mag worden genoemd, gelooven wij toch niet, dat zij practisch veel nut kan hebben.

Bijkomstig dienst de opmerking gemaakt te worden, dat een lampenvergelijkingstabel waaraan de maximale waarde voor de steilheid en minimale waarde voor den inwendigen weerstand ten grondslag ligt, op zichzelf al weinig waarde heeft. Men zou moeten uitgaan van de waarden, die deze grootheden bezitten in het normale werkpunt; ook de Barkhausensche kwaliteitsfactor verkrijgt dan pas redelijken zin. Helaas hebben de lampenfabrieken tot dusver als regel slechts uiterste waarden opgegeven en niet de normale werkpuntwaarden. Vermeldenswaard is in dit verband dat de Philipsfabrieken er juist toe over zijn

gegaan, wél werkpuntwaarden te vermelden.

Eigenlijk zijn het ook de lampenfabrikanten, die ons aan een overzichtelijke vergelijkmogelijkheid tusschen lampen zouden kunnen helpen, zonder dat daar kunstige en min of meer ingewikkelde tabellarische of grafische rangschikkingen voor noodig zouden zijn. Daartoe zouden de fabrieken het internationaal eens moeten worden over een type-aanduiding, waarin de voornaamste karakteristieke gegevens verwerkt waren. Ten slotte heeft men wegens het verband tusschen die gegevens slechts twee cijferwaarden noodig, n.l. steilheid en versterkingsfactor. Het is altijd reeds een groot gemak geweest dat bijv. Philips in de type-aanduiding den versterkingsfactor aangaf; het bij Philips daaraan voorafgaande cijfer voor de gloeispanning is niet van zoo veel belang meer en kon beter door de steilheid vervangen worden, zooals dat het geval is bij de type-aanduiding van Thermion, die wij hier als voorbeeld zouden willen stellen, wanneer de maximale steilheid daarin vervangen werd door de normale werkpuntsteilheid.

Dit is de logische weg om te geraken tot een gemakkelijk overzicht van lampen-eigenschappen, zoodat althans een globale vergelijking wordt mogelijk gemaakt. Voorloopig moet men zich behelpen met zelf een lijst te maken, waarbij achter elke type-aanduiding één cijfergroep staat, waarin het bovenstaande is verwezenlijkt.

C.

## Vereenigingsnieuws.

### BIBLIOTHEEK.

**Ranonkelstraat 23, Den Haag.**

**Leestijd 14 dagen.**

De bibliotheek ontving van de uitgeefster ten geschenke:

Leden der exper. afd. van de N. V. I. R. Wat de amateur voor het zend-examen weten moet. Met 170 fig., 2e dr. 1932, 71 blz.

Aangekocht werden:

J. Houtsmuller, Grondbeginselen der draadloze telegrafie, 1932, 275 blz.

B. Hague, Alternating current bridge methods, 3de ed. 1932, 424 blz.

H. J. van Lonkhuizen, Technische elektrische meetinstrumenten, 2e druk 1932, 101 blz.

Fritz Schröter, Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens, 1932, 487 blz.

## Radio-Nieuws 1932.

(Vijftiende Jaargang).

### Register.

	Blz.
Aan de lezers . . . . .	1
Acoustische Problemen in den Radio Omroep . . . . .	109
Automatische sterkteregeling . . . . .	23
Balansversterking Waarom — ? . . . . .	28 58
Brugfilter. Een radio-ontvanger met — . . . . .	87
Dagboek van een radiotelegrafist. Eenige losse krabbels uit het — . . . . .	11
Droge gelijkrichters en hun toepassingen bij metingen met toonfrequente wisselspanningen . . . . .	97
Geheimhouding van telefonische gesprekken . . . . .	75
Geluidswaergave met behulp van koolmicrofoons . . . . .	114
Holand-Indië route. Het gebruik van radio op de — . . . . .	2
Hoogfrequentmeetinstrumenten . . . . .	41
Lampentypen. Hoe maakt men een vergelijkend overzicht van — ? . . . . .	126
Photo-electrische cel van Patin . . . . .	94
Rooster-anode-capaciteit. De invloed van de — in toestellen zonder terugkoppeling . . . . .	61
Schermrooster zendlampen. Over de werking van — . . . . .	65
Teruggekoppelde lamp. Een eenvoudig vervangingschema voor een inductief — . . . . .	32 38 96
Terugkoppeling. Over de met — bereikbare versterking . . . . .	33
Vereenigingsnieuws . . . . .	32 63 96 128

# GECO LAMPEN

De lampen, die ook **INDERDAAD** datgene presteeren, wat men, op grond van de karakteristieken, ervan mag verwachten!

**De Heer CORVER schreef in Radio-Expres:**

... „Wat dat betreft, zou er veel voor te zeggen zijn als algemeen de methode werd toegepast van den fabrikant der **GECO-lampen**, die niet de uiterste waarden opgeeft maar gemeten waarden bij een veel lagere anodespanning dan de maximale en bij nul roosterspanning. Maxima zou men alleen oscillographisch kunnen bepalen wilde men niet reeds bij de meting de lamp bederven.

Opgaven als die der **GECO-lampen** daarentegen kan men zelf nameten; en dan blijken ze ook te kloppen!”

**VRAAGT UITVOERIGE PROSPECTUS MET KARAKTERISTIEKEN BIJ:**



**N. V. Algemeene Radio  
Import Maatschappij**

Surinamestraat 15

**DEN HAAG.**

NIEUWE geheel herziene derde druk van

## KORTEGOLF-ONTVANGST

door Ir. J. J. NUMANS

PRIJS: Ingenaaid f 4.—

Gebonden f 5.50

Alom bij den boekhandel verkrijgbaar, en tegen inzending van het bedrag, plus f 0.20 voor porto, bij den Uitgever **N. Veenstra**, Laan van Meerdervoort 30, Den Haag

# LORENZ

## RADIO ZEND- EN ONTVANGINSTALLATIES

VOOR ALLE VOORKOMENDE DOELEINDEN.

---

# HYDRA

## BLOKCONDENSATOREN

VOOR ALLE VOORKOMENDE DOELEINDEN.

---

LAAN  
VAN  
MEERDER-  
VOORT 30

# C.E.B.

DEN HAAG

TELEF.  
335277  
TELEGR.  
„CEB HAAG”