

MEI 1946

MAANDELIJKS

DE

RADIO REVUE

5

INHOUD

Holland ! Utrecht ! Veron !
Industriële H.F.-verhitting.
Aanpassing.
Lampvoltmeters.
Radiocursus — 4^e les.
Wiskunde.
Radiotechnologie.
Herstelling van luidsprekers.
Foto-electrisch effect.
Van Electrostatica tot relativiteitstheorie.
Wij antwoorden.

BEHEER EN REDACTIE :
Prins Leopoldstraat, 28
Antwerpen (Borgerhout)



PRIJS : 35 FR.

BIBLIOGRAFIE

LAMPENTECHNIEK

1) *Contribution à la physique et à la technique des tubes électroniques d'émission, dits « à modulation de vitesse ».*

Bijdrage tot de physica en techniek der snelheidsmodulatiebuizen.

(R. Warnecke, l'Onde Electrique, n° 222, blz. 47-60 en n° 223, blz. 72-98.)

Schrijver onderzoekt de moeilijkheden, die oprijzen bij de constructie en het gebruik der snelheidsmodulatiebuizen.

Interessant onderwerp, waarin beginsel, bouw, werking en toepassingen van den klystron uitvoerig behandeld worden.

ZENDTECHNIEK

1) *Emetteur triphasé à champ tournant pour ondes très courtes.*

Driefasenzender met draaiend veld voor zeer korte golven.

(W. Dieterle, Helvetica physica Acta, 15. 1942. Blz. 27-199.)

In het algemeen is het gemakkelijk een kortegolfzender te bouwen, die, in alle richtingen, vertikaal gepolariseerde stralen uitzendt. Het vraagstuk wordt echter heel wat ingewikkelder, indien de stralen horizontaal gepolariseerd moeten zijn.

Het probleem kan opgelost worden door gebruik te maken van drie antennes die t.o.v. elkaar een hoek van 120° maken.

2) *De Impulstechniek.*

(R. Lemas, La Télévision française, n° 9. Janv. 1946.)
De schrijver geeft hier een studie van de impulsmodulatie met rooster en plaatmodulatie. Hierop volgt een discussie van de montage-elementen en een systeem van een relaxatie-oscillator. Dit alles heeft betrekking tot de televisie.

STORINGEN EN ONTSTORINGSTECHNIEK

1) *La mesure des perturbations à très haute fréquence. Storingsmetingen op zeer hoge frequentie.*

(L. H. Daniel & G. Mollé, journal of the Institution of Electrical Engineers, 88 III. Mars 1941, blz. 41-50.)

Het artikel geeft de beschrijving van een toestel, dienende voor het meten van industriële storingen, waarvan de frequenties 25, 100 en zelfs 150 MHz kunnen bereiken.

Het artikel wijst verder op de moeilijkheden die ontstaan, indien men op deze frequenties gebruik maakt van de gewone schakelingen, t.i.z. de gewone superheterodynes aangesloten op een meetinstrument.

SERVICETECHNIEK

1) *Table de dépannage rationnelle.*

Practische servicetafel.

(Cahier de Toute la Radio, n° 2. 1045, door A. L. Jacquet.)

De schrijver bespreekt een praktische servicetafel en geeft enkele praktische aanwijzingen. Hij geeft ook het volledig bouwplan van zulk een tafel, plus alle noodige afmetingen.

H.F.-VERHITTING

1) *Radio-Heating Developments.*

Ontwikkeling der H.F.-verwarming.

(Wireless World, November 1945. Blz. 346.)

Gebruik der Hertz-sche golven voor verwarming. Hierin worden enkele modellen van H.F.-droogmachines besproken, door illustraties verduidelijkt.

ONTVANGTECHNIEK

1) *Récepteurs de radiodiffusion. Revue générale. Radio-ontvangers. Algemeen overzicht.*

(N. M. Rust, O. E. Kall, J. F. Ramsay & K. R. Sturley, Journal of the Institution of Electrical Engineers, 88 III. 2 Juni 1941, blz. 59-97.)

Uitgebreide en gedocumenteerde studie der radio-ontvangers. In het eerste deel worden alle schakelingen in oogenschouw genomen, die verwezenlijkt werden gedurende de periode 1929-1934. Als besluit van dit eerste deel, worden vier schakelschema's gegeven van toestellen die als « typisch » mogen gekarakteriseerd worden. In het tweede deel — het meest interessante — worden de volgende, mogelijke verbeteringen bestudeerd :

1° Selectiviteit (verschillende schakelmethode worden gegeven ;

2° Getrouwheid (toonregelaar, compressors, expanders) ;

3° Industriële storingen (Antistoringantennes) ;

4° Automatische afstemming (voor het behouden der afstemming wordt een speciale methode besproken, waarbij gebruik wordt gemaakt van een specialen condensator, waarvan de capaciteit verandert onder invloed van een gelijkspanning, die aan de klemmen van den condensator wordt gelegd) ;

5° Automatische selectiviteit ;

6° Regeling op afstand.

2) *Alignement visuel des amplificateurs moyenne fréquence à large bande.*

Zichtbare afregeling der middenfrequent-versterkers met groote bandbreedte.

(H. A. Cook & H. Moss, Electronics. Oct. 1944, blz. 130-133.)

Compleet geheel voor de afregeling der middenfrequent-versterkers van 455 kHz, bevattende :

1° Een kristal-oscillator van 455 kHz ;

2° Een oscillator van het type weerstanden en capaciteit, die zuivere sinusoidale trillingen voortbrengt ;

3° Een oscillator van 400 kHz ; deze geeft driehoekvormige trillingen ;

4° Een oscillator 455 kHz : deze wordt gemoduleerd in frequentie door de oscillator vermeld onder n° 3 ;

5° Een « amplificateur-reparateur », gevolgd door een H.F.-verzwakker, waarvan het uitgangspunt wordt afgenomen ;

6° Een L.F.- en H.F.-lampvoltmeter.

3) *Coil design for V. H. F.*

Spoelontwerp voor U. K. G.

(A. H. Meyerson, Communications. Sept. 1945. Vol. 25, n° 9, blz. 50-84.)

Verschillende spoelvormen voor frequenties van 60 tot 120 MHz. Ronde koperbuizen-spoelen bezitten de hoogte C.

4) *Crystal filters : part IV.*

Kristalfilters : deel IV.

(R. L. Corke, P. O. Electr. Engrs. J.-Oct. 1945. Vol. 38, part. 3, blz. 76-81.)

Voorbeelden worden aangegeven van een enge « band-pass » (0,3 %), een bredere met 0,6 % en een brug « T » filter, aanbevelenswaard voor de M.F. van een ontvanger.

Een bandfilter voor 3 kHz breedte en een doorlaatfilter voor frequenties van 60 tot 108 kHz zijn eveneens beschreven.

RADIO

MAANDBLAD

BEHEER EN REDACTIE :
PRINS LEOPOLDSTRAAT 28
ANTWERPEN

REVUE

Postcheckrekening Brussel 485811 — Girorekening Den Haag 211.881.
Uitgave van « Algemeene en Technische Boekhandel P. H. BRANS ».
Prijz per nummer : 35 fr. — Abonnement : 340 fr. voor 12 nrs.

Nog meer en... Nieuws uit Holland

Niet alleen het stijgende succes maar vooral de gehechtheid van medewerkers en abonneés aan de Radio Revue brengen ons dagelijks blijken van goeden wil en opbouwingslust.

Met dit nummer, waarin zelfs geen plaatsje kan gevonden worden voor een verslag over Utrecht en z'n Jaarbeurs beginnen wij met de inlassching van bibliografische uittreksels der tijdschriften en boeken, verschenen over de geheele wereld. Wij drukken ze zóó af dat ze kunnen worden uitgeknipt en op fiches geplakt om ze permanent te kunnen rangschikken.

Vanaf het volgend nummer zullen wij geregeld de karakteristieken der nieuwe buizen opgeven naarmate deze ons bekend worden.

Er zijn nog andere groote plannen aan het rijpen, waarover wij in dit nummer nog niet mogen reppen. Geduld van uwentwege krijgen wij wel zóó zonder vragen!

Dit kunnen wij nochtans reeds mededeelen, n.l. dat op 10 Juni e.k. een bezoek aan fabrieken plaats heeft voor onze cursisten. Men houde van thans af reeds dien Maandag vrij en wie wil medegaan zende ons zijne toetreding. Het aantal deelnemers is zoo beperkt als de plaatsruimte in de autobus. Alleen de eerst toegekomen toetredingsberichten komen dus in aanmerking. De deelnemers ontvangen van ons nadere berichten en aanwijzingen.

Dit is de eenige oproep!

Aan onze vele honderden nieuwe Nederlandsche abonneés roepen wij een hartelijk welkom toe. Ook aan hen zal gedacht worden en voor hen zal gehandeld worden. In dit nummer vinden zij reeds een uitstekende bijdrage van hun landgenoot Ing. F. Veringa uit R'dam en hieronder een woordje over VERON door Ing. Max Polak. — Het is slechts een begin, alleen verzoeken wij nog maar om wat geduld. De toestanden zijn nog niet geheel normaal... of zijn het misschien de menschen zélf?? Het wordt dan stilaan tijd dat ze tot

bezinning komen en dat ze vóór 'n staatsgrens zich niet zóó gedragen als 'n stier voor een roode lap.

En nu Ing. Max Polak!

Veel is in Holland veranderd sinds het kon beginnen zich te herstellen van de ontzaglijke ellende, die de oorlog ons heeft gebracht. Want veel, wat vroeger verdeeld was, is één geworden.

Voor den oorlog waren onze radio-amateurs georganiseerd in drie vereenigingen, de beide organisaties van de zend-amateurs, de N.V.I.R. en de V.U.K.A. en de vereeniging der overige amateurs, die de oudste was, de N.V.V.R. en reeds voor 1940 werd door velen aanbevolen tot eenheid te komen.

In de bezettingsjaren, die achter ons liggen hebben de amateurs van de verschillende organisaties elkaar gevonden in het schitterende illegale radiowerk, dat in ons land zoo'n groote en belangrijke rol heeft gespeeld. En zoo was het niet te verwonderen, dat kort na de bevrijding de amateurleiders de koppen bij elkaar staken om de mogelijkheid van samenwerking te bespreken, daar allerwege de wensch daartoe te kennen was gegeven.

Het gevolg is geweest, dat de drie organisaties zich hebben vereenigd in de Vereeniging van experimenteel radio-onderzoek Nederland, afgekort de V.E.R.O.N een thans reeds krachtige organisatie, die als orgaan het maandblad Electron uitgeeft.

De vereeniging telt reeds 40 afdelingen, terwijl het adres van het Algemeen Secretariaat luidt: Postbus 125 Hilversum.

Ik verwacht spoedig iets meer te kunnen vertellen omtrent de werkzaamheden van de V.E.R.O.N en hoop van harte, dat een goede samenwerking zal tot stand komen tusschen de Belgische en de Nederlandsche amateurs, wat slechts in beider voordeel kan zijn.

ir. M. POLAK.

INDUSTRIEELE HOOGFREQUENT VERHITTING

Belangstellende Industrieelen kunnen aan onderstaand adres aanvragen sturen aangaande toepassingsmogelijkheden in hun bedrijf en om een demonstratie bij te wonen.

FONIOR, Zérezostraat 9, BRUSSEL

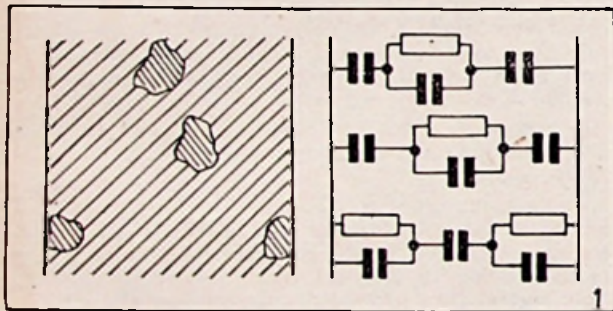
INDUSTRIEELLE HOOGFREQUENTVERHITTING

door Ing. A. Beernaert en J. Mellaerts

(Vervolg van blz. 108)

2. — DIELECTRISCHE VERHITTING VAN NIET-GELEIDERS

a) *Principe.* — Onder invloed van een electrisch veld kunnen verschillende types van « electrische verschuiving » of « polarisatie » in een dielectricum ontstaan. We hebben eerst de verschuiving der electronen ten opzichte van de positieve kern in ieder atoom. Ten tweede, de onderlinge verschuiving van de atomen in een molecule. Deze twee soorten verschuivingen ontstaan in ieder materiaal, zoodat atomen en moleculen met symmetrische structuur, asymmetrisch worden onder den invloed van het veld. Er zijn heel wat moleculen die zelfs als er geen veld aanwezig is, asymmetrisch zijn. Die bezitten dan een overwegend positieve lading aan een uiteinde en een overwegend negatieve lading aan het andere uiteinde. Wanneer zoo een molecule in een electrisch veld geplaatst is, zal die zich juist zoo gedragen als een kleine magneet in een magnetisch veld. Is er geen veld aanwezig dan zijn de moleculaire assen willekeurig gericht en de resulterende polarisatie is zero in iedere richting. Wanneer een electrisch veld aangebracht wordt ontstaat echter een zekere polarisatie, die moleculaire oriëntatie of dipoolrotatie genoemd wordt. De drie zoeven aangestipte soorten polarisatie ontstaan in zuiver homogene stoffen. In niet-homogene stoffen ontstaat er een andere soort polarisatie. Dit is het geval wanneer het materiaal grootelijks samengesteld is uit een stof met practisch zero geleidbaarheid waarin hier en daar deeltjes bevat zijn met groote geleidbaarheid. Deze laatste kunnen b.v. een aantal vrije ionen bevatten. Heel dikwijls zijn, in zulke niet-homogene stoffen, deeltjes water of deeltjes wateropslopende stof bevat. Ieder dergelijk deeltje kan voorgesteld worden door een condensa-

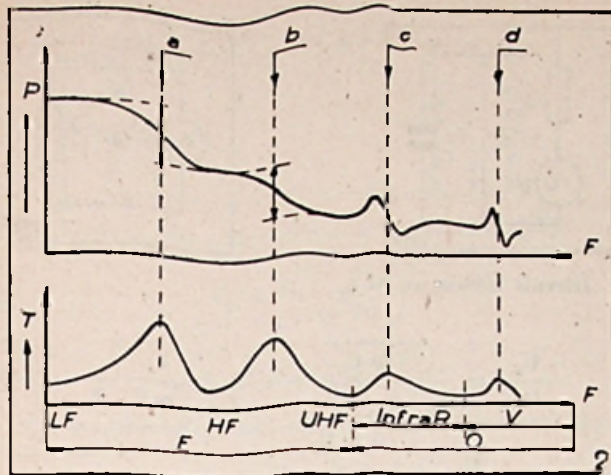


tor met een weerstand in parallel. Samen met de zuivere capaciteiten bekomt men dan een netwerk van weerstanden en capaciteiten, zooals voorgesteld in fig. 1. Wordt een spanning aangelegd dan zal het heele systeem oogenblikkelijk een lading opnemen, afhankelijk van de samenstellende capaciteiten. De verdeling der ladingen en den potentialen zal afhangen van de dielectrische eigenschappen van de componenten. Deze oogenblikladingen zijn het resultaat van hoogervermelde electro-nische en atomische verschuivingen. Als gevolg van de ontstane potentiaalverschillen begint dan echter stroom te vloeien in de weerstanden, t.z. verplaatsing der ionen ontstaat in de componenten met hooge geleidbaarheid. Daar deze stroomen het potentiaalverschil doen afnemen, zullen deze stroomen min of meer snel verminderen tot uiteindelijk het potentiaalverschil zero is. Er vloeit dan geen stroom meer zoolang de aangebrachte spanning en dus de potentiaalverdeling onveranderd blijft. De stroomen die door de weerstanden vloeien worden dikwijls absorptiestroomen genoemd. Ze doen de lading en het potentiaalverschil op de condensators

van zero geleidbaarheid toenemen, zoodat het heele systeem een grootere lading opneemt dan de oogenbliklading. Deze verhooging van lading wegens het transport van ionen in de geleidende componenten is weer een soort polarisatie. Wanneer de aangebrachte spanning verwijderd wordt verdwijnt ook deze polarisatie.

Wordt een wisselende spanning aangebracht dan ontstaat er natuurlijk een wisselende electrische verschuiving of polarisatie. Worden de wisselende verschuivingen tegengewerkt door bindingskrachten die vrijving doen ontstaan, dan ontstaat er warmte. De ontwikkelde warmte is evenredig met het product van kwadraat der spanning, frequentie en verliesfactor. De verliesfactor is het product van de arbeidsfactor $\cos \theta$ en de permittiviteit (of dielectrische constante die in feite geen « constante » is!). In materialen met verschillende samenstelling zullen de tegenwerkende krachten verschillend zijn, zoodat onder invloed van eenzelfde wisselend veld, de amplitudes der verplaatsingen verschillend zullen zijn. Die wisselende verplaatsingen zijn zoodanig gedempt dat ze aperiodisch zijn. Kenmerkend is dan de relaxatietijd. Het is de tijd die noodig is voor een verplaatsing van het voorkomend type wanneer een gegeven kracht aangebracht wordt. Ofwel den tijd die noodig is voor het verdwijnen der verplaatsing wanneer de kracht verwijderd wordt. Is de frequentie zeer hoog, dan zal den tijd gedurende dewelke het veld in een richting werkt voor het omwisselt, zeer kort zijn en gelijk zijn aan den tijd van een halve periode. Is deze tijd veel korter dan de relaxatietijd, dan kan er practisch geen verplaatsing plaats grijpen en zal er practisch geen vermogen opgenomen worden. Is nu echter de frequentie zeer laag dan blijft het veld in één richting werken gedurende een tijd die veel langer is dan de relaxatietijd. Dan zal de verplaatsing gemakkelijk synchroon meelopen met de omwisseling van het veld. De verplaatsing, dus de permittiviteit zal groot zijn; toch zal er geen vermogen opgenomen worden in het dielectricum. Is nu echter de tijd van een halve periode van dezelfde grootteorde van de relaxatietijd, dan zal de verplaatsing nooit zijn volle amplitude bereiken vóór dat veld omwisselt. De waarde der verplaatsing zal belangrijk zijn en zal toenemen met afnemende frequentie. De verplaatsing zal steeds nader op de veldveranderingen en er zal vermogen opgenomen worden, dus warmte ontwikkeld worden binnen het dielectricum.

Maximale arbeidsfactor T_{max} zal dus gevonden worden in de omgeving der frequentie waarvan den duur een halve periode van de grootteorde is van de relaxatietijd. De permittiviteit zal in dit gebied een waarde hebben gelegen tusschen de hoogere waarde bij lagere frequenties en de lagere waarde bij hogere frequenties. Het spreekt van zelf dat voor ieder soort verschuiving die in het materiaal voorkomt onder invloed van een aangebracht veld, er een frequentiegebied is waarin de arbeidsfactor een maximum wordt en dat tevens de permittiviteit daalt. Men heeft goede reden om te gelooven dat in de meeste gevallen de atomische en de electronische verschuivingen periodisch zijn in plaats van aperiodisch, zoodat in dit frequentiegebied de permittiviteitskromme een N-vormig verloop vertoont. (Zie fig. 2 volgens recente onderzoekingen van Harts-horn.) Dit is b.v. het geval bij de zuivere hydrocarburen, zooals transformatorolie, polystyreen, polyteen enz. waarin alleenlijk atoom en electron polarisatie plaats kan vinden. Ze zijn practisch doorschijnend, zoodat zelfs in de optische frequentieband, energieopsorping gering is. Die stoffen kunnen dus heel moeilijk dielectrisch verhit worden. De polaire thermoplastische stoffen, zooals cellulose-acetaat, ge vulcaniseerde rubber enz., bezitten wegens dipoolrotatie een grootere permittiviteit dan de hydrocarburen en de kromme van de arbeidsfactor T



a : ionen geleiding — b : dipool rotatie — c : atoomresonantie — d : electronresonantie — V : zichtbaar — E : electrisch — O : optisch — T : arbeidsfactor — P : permittiviteit

vertoont een veel grotere maximale waarde, die tevens bij een veel lagere frequentie ligt, nl. in het radio-frequentiegebied. Bij producten zoals bakeliet is de krom-

me van de arbeidsfactor T veel minder scherp maar toch hoog, eveneens wegens dipoolrotatie. Het zelfde geldt voor sommige harsen (resines). Een nog grotere arbeidsfactor T wordt opgemerkt indien het hars een electroliet bevat. De aanwezigheid van ionen is hiervan oorzaak, tevens merkt men op dat het maximum bij lagere frequenties ligt.

Als richtlijnen voor praktische toepassingen hebben we dus :

- 1) Voor doeltreffende dielectrische verhitting aan frequenties waarbij het rendement economisch voldoet, zijn stoffen met hoge arbeidsfactor T vereischt.
- 2) Wegens de frequentie afhankelijkheid van de arbeidsfactor T, is selectieve verhitting mogelijk.
- 3) De verhitting neemt toe volgens het kwadraat der spanning. Deze mag echter niet te hoog genomen worden om doorslag te vermijden.
- 4) Zijn groote elektroden vereischt, dan mag de frequentie niet te hoog genomen worden om staande golven, en hierdoor ongelijkmatige verhitting, te vermijden.

Het blijkt dus wel dat de dielectrische verhitting uiterst zelden van electronischen aard zal zijn maar veel meer zijn oorzaak zal vinden in dipool rotatie, zoodat het gewenscht is de uitdrukking « electronische verhitting » niet te gebruiken in verband met dielectrische verhitting.

De volgende maal bespreken we de praktische toepassingen der H.F.-verhitting.

Het Vraagstuk der Aanpassing

(Vervolg van blz. 54)

door M.T.J. HENNES.

2. — De aanpassing bij passieve lineaire vierpolen :

We zullen dit vraagstuk oplossen op ongeveer analoge wijze als voor de transformatoren : t.i.z. dat we eerst het schema uit fig. 11 gaan omvormen tot een ander equivalent schema, overeenstemmend met dit van fig. 2; nadien zullen we, op dit getransformeerd schema, den aanpassingsregel der passieve, lineaire tweepolen toepassen.

Welke waarden moeten we geven aan U' en Z_1' uit fig. 12, opdat dit laatste schema equivalent zij aan dit uit fig. 11 ?

(U' = leegloopspanning, t.i.z. U_2 voor Z oneindig ; en Z_1' = complexe inwendige weerstand dezer leegloopspanning gemeten van uit de uitgangsklemmen van den vierpool, wanneer de ingang afgesloten is op Z_1 .)

Berekenen we dus vooreerst U in fig. 11 in functie van de gegevens U , Z_1 en de geleidvermogens η :

Uit (26) en (28) halen we :

$$\begin{aligned} \frac{U_2}{Z} &= \eta_{21} \cdot U_1 + \eta_{22} \cdot U_2 \\ U_2 \left(\frac{1}{Z} - \eta_{22} \right) &= \eta_{21} \cdot U_1 \\ U_1 &= U_2 \frac{1 - \eta_{22} \cdot Z}{Z \cdot \eta_{21}} \end{aligned} \quad (29)$$

Vervangen we in (25) :

$$I_1 = \eta_{11} \cdot \frac{1 - \eta_{22} \cdot Z}{Z \cdot \eta_{21}} \cdot U_2 + \eta_{12} \cdot U_2 \quad (30)$$

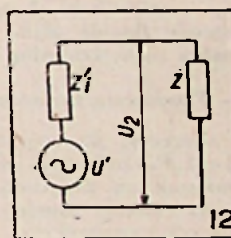
(27) wordt, door vervanging van U_1 en I_1 :

$$\begin{aligned} U &= U_2 \cdot \frac{1 - \eta_{22} \cdot Z}{Z \cdot \eta_{21}} + \\ &\eta_{11} \cdot \frac{1 - \eta_{22} \cdot Z}{Z \cdot \eta_{21}} \cdot U_2 \cdot Z_1 + \eta_{12} \cdot U_2 \cdot Z_1 \end{aligned}$$

$$= U_2 \left(\frac{(1 - \eta_{22} \cdot Z)(1 + \eta_{11} \cdot Z_1)}{Z \cdot \eta_{21}} + \eta_{12} \cdot Z_1 \right)$$

$$\frac{U}{U_2} = \frac{(1 - \eta_{22} \cdot Z)(1 + \eta_{11} \cdot Z_1)}{Z \cdot \eta_{21}} + \eta_{12} \cdot Z_1 \quad (31)$$

We krijgen nu de verhouding $\frac{U}{U'}$ wanneer we in (31)



Z naar ∞ doen strekken :

$$\frac{U}{U'} = \frac{\eta_{22}}{\eta_{21}} (1 + \eta_{11} \cdot Z_1) + \eta_{12} \cdot Z_1 \quad (32)$$

Om Z_1' te berekenen houden wij er rekenschap mede dat Z_1' de complexe weerstand van den vierpool is, gemeten van den uitgang, wanneer de ingang afgesloten wordt op Z_1 . We hebben dus :

$$U_1 = I_1 \cdot Z_1$$

Uit (25) en (26) halen we thans :

$$\frac{U}{Z_1} = \eta_{11} \cdot U_1 + \eta_{12} \cdot U_2$$

of

$$U_1 \left(\frac{1}{Z_1} - \eta_{11} \right) = \eta_{12} \cdot U_2$$

$$U_1 = \frac{\eta_{12}}{1 - \eta_{11} Z_1} \cdot Z_1 \cdot U_2$$

en

$$I_2 = \eta_{21} \cdot \frac{\eta_{12} Z_1}{1 - \eta_{12} Z_1} \cdot U_2 + \eta_{22} \cdot U_2$$

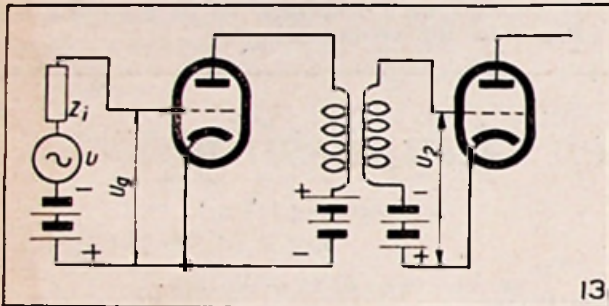
$$Z_1' = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{\eta_{21} \cdot \frac{\eta_{12} Z_1}{1 - \eta_{11} Z_1} \cdot U_2 + \eta_{22} \cdot U_2}$$

Tenslotte :

$$Z_1' = \frac{1 - \eta_{11} \cdot Z_1}{\eta_{21} \cdot \eta_{12} \cdot Z_1 + (1 - \eta_{11} \cdot Z_1) \eta_{22}} \quad (33)$$

De uitdrukkingen (32) en (33) laten toe een passieve, lineaire vierpool om te vormen tot een dito tweepool, waarop we dan den aanpassingsregel gezien onder 1,5, zonder meer kunnen toepassen : Er zal maximum werkvermogen-overdracht van de bron naar den verbruiksweerstand plaats hebben voor :

$$Z = Z_1'^*$$



IV. — DE AANPASSING BIJ L.F.-VERSTERKERS

In de drie voorafgaande hoofdstukken, hebben wij ons uitsluitend beziggehouden met passieve, lineaire schakelingen. In dit hoofdstuk zullen we de schakelingen ontmoeten waarin elementen kunnen voorkomen, (radio-lampen) die energie verbruiken of omvormen en die, bovendien, niet steeds lineair zijn. Hiermede wordt natuurlijk, te gepasten tijde, rekening gehouden.

A. — Voorversterkerstrappen

Behandelen we allereerst de voorversterkerstrappen, t.i.z. die trappen der L.F.-versterkers en -ontvangers, die den eindtrap voorafgaan en praktisch geen of slechts zeer weinig vermogen (enkele tienden Watt) afleveren en werken als spanningsversterkers. De eindtrappen, daarentegen, leveren een betrekkelijk aanzienlijk vermogen (enkele Watt) en werken als vermogenversterkers (krachtversterkers).

We beschouwen hier, meer bepaald, het geval van de L.F.-versterkers uitgerust met transformatoren (fig. 13).

Het doel der versterking bestaat in het verwezenlijken

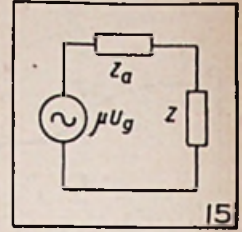
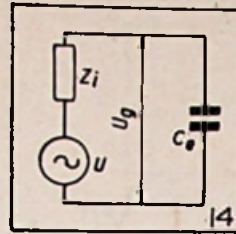
van een zoo groot mogelijke verhouding : $\frac{U_2}{U}$

We weten, uit de lampentechniek, dat we de ingangsimpedantie van een triode, een tetrode, een pentode kunnen gelijk stellen aan een capacitantie

$$\left(\frac{1}{j \omega C_e} \right)$$

Voor de berekening van $\frac{U_g}{U}$ kunnen we bijgevolg

fig. 13 vervangen door fig. 14.



Hieruit leiden we af :

$$\frac{U_g}{U} = \frac{1}{Z_1 + \frac{1}{j \omega C_e}} = \frac{1}{1 + j \omega C_e \cdot Z_1} \quad (34)$$

Om nu $\frac{U_2}{U_g}$ te berekenen gaan we gebruik maken

van het algemeen vervangingschema van een triode (fig. 15): een spanningsbron $\mu \cdot U_g$ in serie met de inwendige impedantie Z_a van de lamp en met de belastingsimpedantie Z .

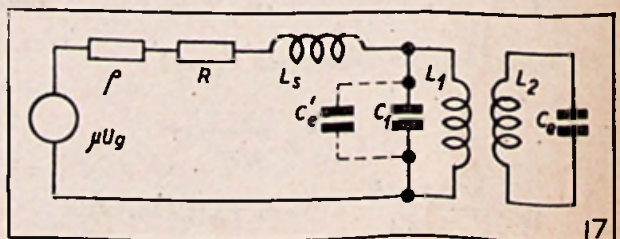
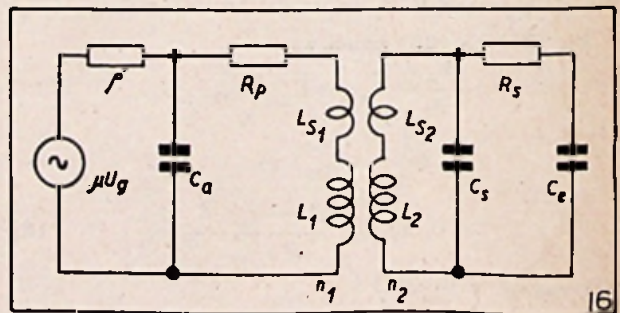
De impedantie Z_a bedraagt den weerstand ρ en de anodecapaciteit C_a . De belastingsimpedantie Z bestaat uit een transformator afgesloten, langs de secundaire, door de ingangsimpedantie van de 2^e lamp. We zullen, gemakkelijheidshalve, de twee lampen identisch nemen.

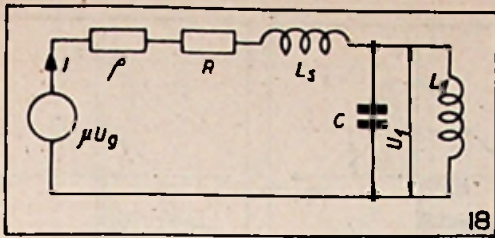
Het vervangingschema uit fig. 15 kunnen we nu verder omvormen tot fig. 16.

De aantekeningen ervan stemmen overeen met degene van fig. 10.

De verliesweerstand R_v uit voormelde figuur kunnen, bij transformatoren met degelijk kernmateriaal, meestal verwaarloosd worden. C_p kan eveneens verwaarloosd worden ; C_a echter niet (daar n_2 veel grooter is dan n_1). We nemen tenslotte aan dat ωL_2 veel grooter is dan alle andere complexe weerstanden uit den secundairen kring. Een verdere vereenvoudiging van fig. 16 leidt dan tot figuur 17, waarin :

$$R = R_p + R_a \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$





$$C_1 = C_s \left(\frac{n}{n_2} \right)^2$$

$$L_s = L_{s1} + L_{s2} \left(\frac{n}{n_2} \right)^2$$

C_s kan gebeurlijk ook nog overgetransformeerd worden naar

$$C_c' = C_c \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

We stellen :

$$C = C + C_c' = (C_s + C_c) \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Daar C_n en C_c ongeveer van dezelfde grootte zijn, mogen we C_n verwaarloozen naast

$$C_c \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

En we krijgen tenslotte het eenvoudige schema van fig. 18. Dit schema stelt ons in de mogelijkheid op zeer overzichtelijke wijze den invloed te bepalen van de verschillende factoren die voorkomen in de L.F.-versterkingstrappen uitgerust met transformatoren.

Uit fig. 18 schrijven we :

$$U = \frac{\mu U_g}{\rho + R + j\omega L_s + \left(j\omega C + \frac{1}{jL_1\omega} \right)^{-1} \times \left(j\omega C + \frac{1}{jL_1\omega} \right)^{-2}} \quad (35)$$

We gaan nu deze waarde van U_1 , of liever van

$$\frac{U_2}{\mu U_g} = \frac{U_1}{\mu U_g} \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

bestudeeren in functie van de frequentie van het ingangssignaal.

a) *Gebied der lage frequenties :*

In dit gebied kunnen we $\frac{1}{j\omega C}$ en $jL_s\omega$ verwaarloozen. (35) wordt alsdan :

$$\begin{aligned} \frac{U_2}{\mu U_g} &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\rho + R + j\omega L_1} \cdot j\omega L_1 \\ &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\rho + R}{j\omega L_1}} \end{aligned}$$

en

$$\left| \frac{U_2}{\mu U_g} \right| = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{C + R}{\omega L_1} \right)^2}} \quad (36)$$

We noemen *onderste grenspulsatie*, de pulsatie ω_n voor dewelke :

$$\omega_n \cdot L_1 = \rho + R$$

Voor ω_n hebben we bijgevolg :

$$\left| \frac{U_2}{\mu U} \right| = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

b) *Gebied der gemiddelde frequenties :*

In dit gebied wordt voldaan aan de volgende ongelijkheden :

$$\begin{aligned} \omega L_1 &> \rho + R \\ \frac{1}{\omega C} &> \rho + R \\ \frac{1}{\omega C} &> \omega L_1 \end{aligned}$$

Verder hebben we steeds : $L_s < L_1$ en $L_1 < L_2$.

(35) geeft :

$$\begin{aligned} \frac{U_2}{\mu U_g} &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\rho + R + j\omega L_1} \cdot j\omega L_1 \\ &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\rho + R}{j\omega L_1}} \approx \frac{n_2}{n_1} \quad (37) \end{aligned}$$

c) *Gebied der hoge frequenties :*

Voor hoge frequenties zijn de laatste twee ongelijkheden onder b) niet meer voldaan. L_1 valt weg, t.o.v. C . Een ωL_s is niet meer te verwaarloozen.

(35) wordt :

$$\begin{aligned} \frac{U_2}{\mu U_g} &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\rho + R + j\omega L_s + \frac{1}{j\omega C}} \cdot \frac{1}{j\omega C} \\ &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{(\rho + R) j\omega C - \omega^2 L_s \cdot C + 1} \end{aligned}$$

en

$$\left| \frac{U_2}{\mu U_g} \right| = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{\omega^2 C^2 (\rho + R)^2 + (1 - \omega^2 C L_s)^2}} \quad (38)$$

Voor ω_0 gegeven door : $\omega_0^2 L_s C = 1$ wordt (38) :

$$\begin{aligned} \left| \frac{U_2}{\mu U_g} \right| &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{C}{L_s} (\rho + R)^2}} = \\ &= \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{\omega_0 L_s} \end{aligned}$$

$$\left| \frac{U_2}{\mu U_g} \right| = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\omega_0 L_s}{\rho + R}$$

Men kan twee gevallen onderscheiden :

$$1^\circ) \quad \rho + R < \frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L_s$$

Is dit geval is de versterking in het gebied der hoge frequenties grooter dan in dit der gemiddelde frequenties.

De versterking verloopt dan als volgt in functie van f : Ze stijgt tot wanneer ω ongeveer gelijk wordt aan ω_n ; ze blijft dan constant tot wanneer ω iets kleiner is dan ω_0 ; ze wordt maximum voor $\omega = \omega_0$ en neemt dan verder geleidelijk af.

$$2^\circ) \quad \rho + R > \frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L_s$$

In dit geval is de versterking in het gebied der hooge frequenties kleiner dan in het gebied der gemiddelde frequenties en is de versterking voor ω_0 reeds werkelijk onder die van het gemiddeld gebied gezonken.

Het gebied der gemiddelde frequenties wordt dan naar boven begrensd door de pulsatie ω_0' uit :

$$\rho + R = \frac{1}{\omega_0' C}$$

of

$$\omega_0' = \frac{1}{C(\rho + R)}$$

Naar onder bedroeg die grens ω_0 .

d) *Practische gegevens :*

De strooiingscoëfficiënt $s = \frac{1}{L_1}$ bedroeg, vóór een

tiental jaren, ongeveer 10^{-2} . Thans heeft men hem, dank zij het gebruik van speciale legeringen voor het kernmateriaal, kunnen brengen op 10^{-4} ; C_0 bedraagt ongeveer 100 pF en $L_1 = 20$ H. Veronderstellen we een triode $\rho = 10^4 \Omega$ en R eveneens $= 10^4 \Omega$ dan is :

$$\omega_u = \frac{\rho + R}{L_1} = \frac{10^4 + 10^4}{20} = 10^3$$

en
$$F_u = \frac{10^3}{2\pi} = 160.$$

De bovenste grens bedraagt, voor een transformatie-verhouding

$$\frac{n_2}{n_1} = 3,3.$$

(We bevinden ons in het geval $\rho + R \gg \frac{1}{\omega_0 C}$)

$$\omega_0' = \frac{1}{C(\rho + R)} = \frac{1}{10^{-10} (3,3)^2 \times 2 \cdot 10^4} = \frac{10^5}{2} = 5 \cdot 10^4$$

$$F_0' = \frac{5 \cdot 10^4}{2\pi} = 8 \cdot 10^3$$

In wat voorafgaat hebben we dus een spanning verstrekt over een versterkertrap uitgerust met een L.F.-transformator en verbonden, langs de secundaire zijde, met een lamp identisch aan degene van den eersten trap.

Men zal op analoge wijze te werk gaan, wanneer men tussen een spanningsgenerator (microfoon, toonafnemer, gelijkrichter...) en de eerste lamp een L.F.-transformator schakelt: De spanningsgenerator stellen we voor door een spanningsbron in serie met haar inwendige impedantie. Deze bestaat uit een zuiver ohmschen weerstand of wordt, indien ze complex is, voor één frequentie althans, herleid tot een zuiver ohmschen weerstand. We kunnen dan het schema van fig. 16 verder gebruiken waarin echter de bron en ρ vervangen worden door voormelde spanningsbron en weerstand.

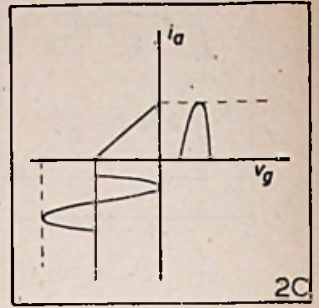
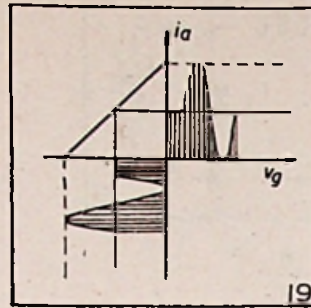
Gebruikt men hoogohmsche microfonen die betrekkelijk ver van hun versterkers gelegen zijn, dan zal men lange kabels gebruiken voor de verbinding. Men zal dan ook dikwijls een voorversterker bij den microfoon inbouwen.

Zoo bijvoorbeeld: Zij de weerstand van een toonafnemer $0,2 M\Omega$ en de golfweerstand van den verbindingskabel 600Ω . In dit geval zal men een versterker inhouden die de ingangsspanning van $0,5$ V over $0,2 M\Omega$ omzet in een uitgangsspanning van $0,5$ V over 600Ω .

B. — EINDTRAPPENVERSTERKING

Het betreft hier de laatste trap van een versterker of van een ontvanger, die er voor uitgerust is om zijn uitgangsvermogen aan een verbruikstoestel, b.v. luidspreker, af te leveren.

Het ligt natuurlijk niet in de bedoeling hier de volledige theorie van de eindversterkers te herhalen.



We willen ons beperken tot de besluiten die verband houden met de aanpassing bij klas A-versterkers voor triodes en pentodes (fig. 19) en bij klas B-versterkers uitgerust in push-pull pentoden (fig. 20).

Het eindvermogen wordt afgeleverd over een eindtransformator. We veronderstellen verder de karakteristieken geïdealiseerd tot rechte lijnige karakteristieken, en we laten de beperkingen die verband houden met het dissipatievermogen der lampen buiten beschouwing.

1) *Klas A — versterker uitgerust met triode :*

Beschouwen we de geïdealiseerde (i_a, v_a) karakteristieken van fig. 21.

De oogblikskarakteristiek (arbeidskromme) wordt, benaderend, gelijkgesteld met een rechte en is begrensd tusschen B en C. De hoeken α en β worden bepaald door :

$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{\rho} \text{ en } \text{tg } \beta = \frac{1}{R}$$

De driehoek OBD geeft :

$$\text{tg } \alpha = \frac{BD}{OD} = \frac{2 I_0}{V_0 - V_1} = \frac{1}{\rho}$$

En, vermits : $V_1 = RI_1 = RI_0$

$$\frac{2 I_0}{V_0 - RI_0} = \frac{1}{\rho}$$

waaruit :
$$I_1 = I_0 = \frac{V_0}{R + 2\rho} \quad (39)$$

$$V_1 = RI_1 = R \cdot \frac{V_0}{R + 2\rho} \quad (40)$$

Hieruit kunnen we afleiden :

Het (maximum) nuttig wisselvermogen :

$$N = \frac{V I_1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R V_0^2}{(R + 2\rho)^2} \quad (41)$$

Het gemiddeld voedingsvermogen :

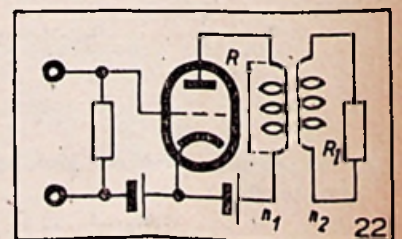
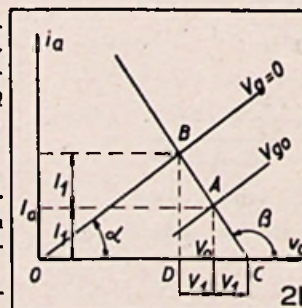
$$N_a = V_0 I_0 = \frac{V_0^2}{R + 2\rho} \quad (42)$$

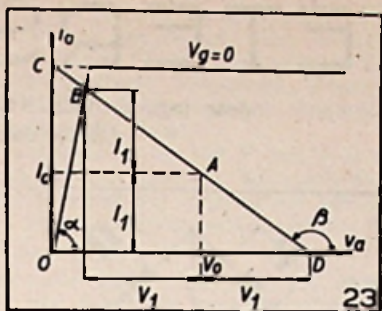
Het rendement :

$$\eta = \frac{N}{N_a} = \frac{1}{2} \frac{R}{R + 2\rho} \quad (43)$$

Zoeken we de waarde van den belastingsweerstand R die N maximum maakt :

$$\frac{dN}{dR} = \frac{1}{2} \frac{V_0^2 (R + 2\rho)^2 - R V_0^2 \cdot 2(R + 2\rho)}{(R + 2\rho)^4} = 0$$





$$R + 2\rho - 2R = 0 \quad (44)$$

$$N_{max} = \frac{1}{2} \frac{R_{opt} = 2\rho}{16\rho^2} = \frac{V_0^2}{16\rho} \quad (45)$$

Hiervoor wordt :

$$N_a = \frac{V_0^2}{4\rho}$$

$$\eta = 25\%$$

Indien we nu een transformatorbelasting beschouwen die den eindtrap verbindt met den luidspreker waarvan de impedantie R_1 bedraagt, dan kunnen we R_1 overtransformeeren naar de primaire wikkeling en krijgen we :

$$R = R_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

De aanpassingsvoorwaarde bedraagt alsdan :

$$R_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 = 2\rho$$

waaruit :

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = \frac{R_1}{2\rho} \quad (46)$$

2) Klas A — versterker uitgerust met pentode :

Dezelfde berekeningen als voor de triode komen in aanmerking, echter met $\rho\gamma$ in de plaats van ρ ($\rho\gamma$ fictieve inwendige weerstand der pentode, gegeven door

$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{\rho\gamma}$$

zie fig. 23).

R_{opt} bedraagt dus, in dit geval : $2\rho\gamma$.

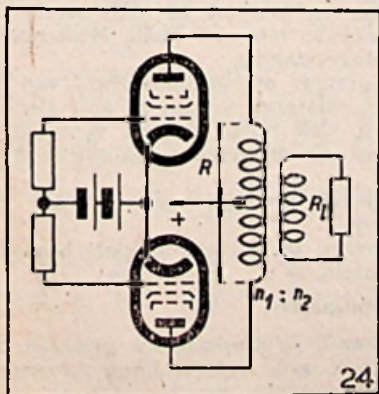
De aanpassing geeft :

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = \frac{R_1}{2\rho\gamma} \quad (47)$$

3) Push-pull-versterker, klas B :

De push-pull-versterker, klas B, uitgerust met pentoden, wordt voorgesteld door fig. 24.

De oogenblikarakteristiek (arbeidskromme) der push-pull-schakeling wordt, in de veronderstelling dat de anodebelasting een zuiver ohmsche weerstand zij, afgebeeld door de rechte AA' in het (i_a, v_a) assensysteem (fig. 25).



We veronderstellen verder geïdealiseerde (i_a, v_a) karakteristieken en we kiezen V_{g0} zoodanig dat $I_0 = 0$ voor V_0 .

Beschouwen we de werking van één lamp. OA, grenslijn, wordt bepaald door

$$\text{tg } \gamma = \frac{1}{\rho\gamma}$$

In een push-pull-schakeling is de belasting R van een der lampen de helft van de totale belasting tusschen platen ; de amplitude van de maximum wisselspanning toegepast op elke plaat is $V_1 = I_1 R$

$$\text{tg } \beta = - \frac{1}{R}$$

OAC geeft :

$$\text{tg } \gamma = \frac{I}{V_0 - V_1} = \frac{1}{\rho\gamma}$$

en vermits : $V_1 = I_1 R$

hebben we :

$$I_1 = \frac{V_0}{R + \rho\gamma}$$

en

$$V_1 = \frac{V_0 R}{R + \rho\gamma}$$

Het maximum wisselvermogen geleverd door één lamp gedurende een volledige periode is :

$$N = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} V_1 I_1$$

vermits een lamp slechts werkt gedurende helft der periode.

$$N = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_0^2 \cdot R}{(\rho\gamma + R)^2}$$

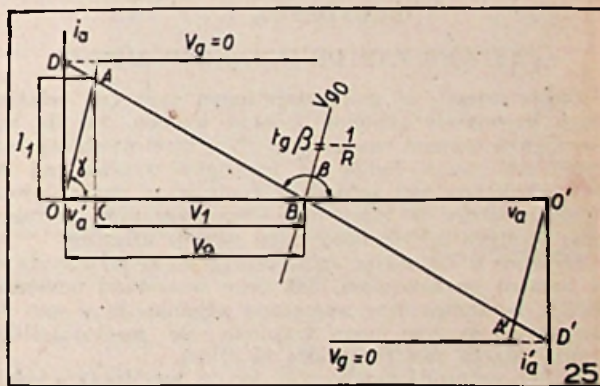
De gemiddelde voedingsstroom per lamp is :

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^{\pi} I_1 \sin \omega t dt = \frac{I_1}{\pi} = \frac{V_0}{\pi(R + \rho\gamma)}$$

Het verbruikt vermogen, per lamp, bedraagt bijgevolg :

$$N_a = V_0 I_0 = V_0 \cdot \frac{V_0}{\pi(R + \rho\gamma)}$$

en het rendement, per lamp, wordt :



$$\eta = \frac{N}{N_a} = \frac{1}{4} \frac{V_0^2 R \pi (R + \rho\gamma)}{(R + \rho\gamma)^2 V_0^2} = \frac{\pi}{4} \frac{R}{R + \rho\gamma}$$

N is maximum voor

$$\frac{dN}{dR} = \frac{V_0^2}{4} \cdot \frac{(R + \rho\gamma)^2 - R \cdot 2(R + \rho\gamma)}{(R + \rho\gamma)^2} = 0$$

of

$$R = \rho\gamma$$

LAMPVOLT METERS

door ing. F. VERINGA
(Rotterdam)

INLEIDING.

De grote vooruitgang, die wij op technisch gebied zien is voor een belangrijk deel afhankelijk van de mogelijkheid, betrouwbaar en nauwkeurig de grootheden te meten, waarmee de berekeningen zijn opgebouwd.

Zowel op mechanisch als op electrisch gebied zijn de onderzoekingen, die tot verbeterde en meer economische resultaten leidden, aanzienlijk gesteund door de moderne meetinstallaties, die op hun beurt belangrijk werden verfijnd en verbeterd, hoewel niet altijd vereenvoudigd.

In 't bijzonder op zwakstroom gebied, dwz. telefonie en radio, wordt steeds meer gebruik gemaakt van meetapparaten, waarin de radiobuis een belangrijk onderdeel vormt. Onder deze meetinstrumenten neemt de lampvoltmeter een belangrijke plaats in.

Het gebied, waar de lampvoltmeter zijn gewaardeerde toepassing vindt omvat de spanningsmeting (zowel gelijk- als wisselspanning) zonder of met uiterst geringe energieverbruik aan de meetklemmen, zowel als voor frequentie-karakteristiek metingen van alle laagfrequentieschakelingen en hoogfrequentieschakelingen, als kabels, filters, gekoppelde kringen, koppel-elementen en versterkers en ook de versterkingsmetingen van telefonielijnversterkers, radioschakelingen voor veldsterkte en storingsmetingen en zo verder.

Het is de bedoeling van dit geschrift het gebruik en de specifieke eigenschappen van lampvoltmeters toe te lichten en tevens een leidraad te zijn voor hen, die met betrekkelijk eenvoudige middelen zelf een model van dit voltmeter type willen bouwen.

Het zal blijken, dat de keus van een bepaalde lampvoltmeterschakeling van meer dan een factor afhangt en dat enig inzicht in de meest belangrijke eigenschappen van veel nut kan zijn om de verkregen meetresultaten juist te interpreteren.

Ofschoon de lampvoltmeter steeds meer als fabrieksproduct in de handel wordt gebracht, en zodoende zelfbouw soms overbodig of ongewenst is, zijn toch enkele praktische voorbeelden toegevoegd.

HOOFDSTUK I.

INVLOED VAN DE INGANGSDEMPING

Indien wissel- of gelijkspanningen over een relatief hoge impedantie gemeten moeten worden, zal de inwendige weerstand van de gebruikte meetinrichting een grote rol spelen. Indien de ingangswaerstand van de meetschakeling niet voldoende hoog is, of indien grote precisie vereist is, moet men deze weerstand in rekening brengen bij het beoordelen van de aflezing.

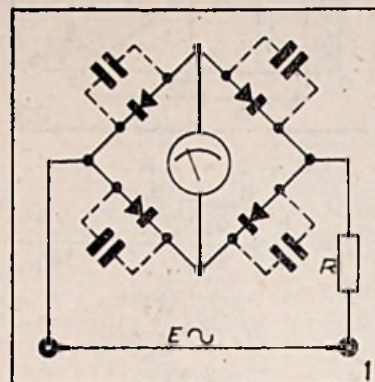
Daartoe is het nodig, nauwkeurig de meterwaerstand te kennen en bovendien, dat deze waerstand onveranderlijk is. Indien deze waerstand afhankelijk is van de frequentie is men soms verplicht de meetopstelling vooraf bij de meetfrequentie te ijken.

In het volgende beschouwen we in hoofdzaak wisselspanningsmetingen over een zo groot mogelijk frequentiebereik. We kennen verschillende meetssystemen, waarvan de meest gebruikelijke zijn:

1. De weekijzer voltmeter en de hittedraad-voltmeter.

Bekend mag verondersteld worden, dat deze typen een relatief groot eigenverbruik hebben, wat als belangrijk nadeel is te noemen bij vele metingen. De constructie is zeer robust en voor vele commerciële doeleinden zijn ze zeer geschikt. Men geeft meestal de voorkeur aan:

2. Draaispoel meters, voorzien van een cuprox- of seleencel gelijkrichter (fig. 1).



Het eigenverbruik is betrekkelijk gering, doch draagt bij 100 V bereik ongeveer 100-200 mW. Bij het spanningsmeten over lage waerstanden (bv. 1-10 Ω) vooral bij lage spanningsbereiken, treedt echter een vervorming van de schaalcalibratie op. Het frequentiebereik, dwz. het frequentiespectrum, waarin de meteruitslag onafhankelijk is van de frequentie binnen ± 3 dB, is gewoonlijk beperkt van 50-2000 Hz. Afhankelijk van de gelijkrichtcel (zowel capaciteit als de sperraerstand) is dit gebied tot ca 50.000 Hz uit te breiden.

Bij het bepalen van de correctie op de aflezing wordt men zeer gehinderd door het feit, dat de ingangswaerstand (gemeten tussen de meterklemmen) bij elke meteruitslag anders is, dwz. stroomafhankelijk is. Hiervan heeft men bijzonder veel last bij de lage spanningsbereiken, wat duidelijk is.

3. Meetversterker, gevolgd door gelijkrichtcel-draaispoelmeter.

Door het gebruik van tegenkoppeling is een lineaire calibratie te verkrijgen tezamen met een volkomen rechte frequentiekarakteristiek tot ca 25 kHz. De ingangswaerstand, meestal in de vorm van trapsverzwaker, is gewoonlijk 1 M Ω . De gevoeligheid, dit is de ingangsspanning om volle schaaluitslag van de meter te krijgen, is bij gebruik van een tweelampsversterker, bestaande uit een pentode en een triode, heel goed onder 5 mV te krijgen, terwijl bij overspanning op de meetklemmen (tot 300 V toe) de meter niet beschadigd kan worden.

Dit metertype komt steeds meer in gebruik voor alle laagfrequent metingen op lijntelefonie en radiotechnisch gebied.

4. Meetversterker, gevolgd door een thermokoppel en draaispoelmeter.

Het freq. bereik wordt hier praktisch bepaald door de versterker en kan tot 10 MHz worden opgevoerd, door het gebruik van zeer steile versterkerbuizen met lage koppelwaerstanden.

Door de geringe overbelastbaarheid van het thermokoppel moet voorzien worden in speciale begrenzungsschakelingen. Ook blijkt, dat na verwisselen van een thermokoppel de meterschaal calibratie herzien moet worden.

Zoals bekend verkrijgt men een zg. kwadratisch schaalverloop.

Dit metertype vereist een speciale behandeling en is weinig verbreid.

5. Diodevoltmeters.

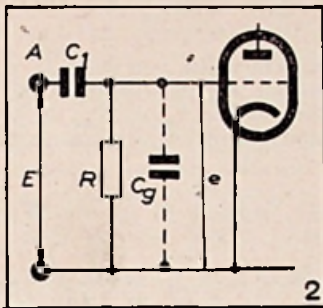
Hierbij wordt de diodestroom gemeten door gevoelige draaispoel mA meters. Later komen we op dit type meer uitvoerig terug.

Het frequentiebereik wordt beperkt door de diodecapaciteit en kan tot ca. 10 MHz. reiken, bij speciale dioden nog verder. Bij meetspanningen onder 10 V is de ingangsweerstand spannings afhankelijk, boven 10 V is deze weerstand praktisch constant en tevens is de schaalcalibratie lineair.

Het energieverbruik op 100 V bereik is ca 10-20 mW. Ofschoon dit meetsysteem buitengewoon goede kwaliteiten heeft, wordt het meestal om kostenredenen achtergesteld bij de cuproxcel-gelijkrichter meter.

6. Triode voltmeters.

Bij dit metertype wordt gebruik gemaakt van de kromming van de Ia-Vg karakteristiek van een triode, indien anodedetectie wordt toegepast of van de Ig-Vg karakteristiek bij roosterdetectie. Op deze beide typen wordt later meer uitvoerig ingegaan.



Ook hier wordt het frequentiebereik hoofdzakelijk beperkt door de onvermijdelijke incangcapaciteit en bedradingscapaciteit en bij zeer hoge frequenties ook door de optredende roosteringangsweerstand (o.a. door de elektronen looptijd). Bij zorgvuldige constructie is dit metertype bij 50 Hz te iken, terwijl dan nog tot ca 30 MHz betrouwbaar te meten is. De ingangsweerstand kan bij plaatdetectie zeer hoog zijn, doch bij roosterdetectie is dit gewoonlijk tot 0,5 MΩ beperkt.

Na dit beknopte overzicht van de meest gebruikte wisselspanningsmetingen beperken we ons in het volgende tot de onder 5) en 6) genoemde systemen, zijnde werkelijke «lampvoltmeters». Deze term wordt soms ook voor de onder 3) en 4) genoemde systemen gebruikt, wat o.i. niet juist is.

Verder kunnen met de onder 6) genoemde triodevoltmeters ook gelijkspanningen gemeten worden, waartoe de meterschaal apart gecalibreerd moet worden. De gelijkspannings- en wisselspanningsmetingen worden in het vervolg enigszins naast elkaar besproken, als gevolg van de gekozen indeling van de tekst. We hopen echter, dat nergens het behandelde onderwerp op dit punt onduidelijk zal zijn.

INVLOED VAN DE FREQUENTIE OP DE DIMENSIONERING VAN DE INGANGSKRING.

Indien het noodzakelijk is om een eventuele of zekere gelijkspanningscomponent in de meetspanning te blokkeren, gebruikt men een RC koppellement. Ofschoon de regel, de roosterverbindingen zo kort mogelijk te houden, steeds geldt, treedt er een frequentie afhankelijke spanningsdeling op, die tot meetfouten aanleiding kan geven.

C₁ is de scheidingscondensator, R de lekweerstand (hoogohmig). Onder C_g vatten we de rooster-kathode capaciteit en de bedradingscapaciteit samen, waarbij men de capaciteit van C₁ ten opzichte van de nullijn niet moet verwaarlozen!

De verzwakking e/E is te berekenen en blijkt te schrijven te zijn als: (zie fig. 2)

$$\left(\frac{e}{E}\right)^2 = \left(1 + \frac{C_g}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C_1 R}\right)^2$$

De fout wordt freq. onafhankelijk, indien C₁ of R oneindig groot is en daar R hoogstens 1 MΩ bedraagt, moet C₁ zoo groot mogelijk gekozen worden. Een grens

wordt echter gesteld door de lekimpedantie van papiercondensatoren, die vooral bij grote capaciteitswaarden (0,5 - 2 μF) niet te verwaarlozen is. Bij voorkeur gebruikt men voor C₁ dus mica-condensatoren.

In ieder geval controleer men de lekweerstand van C₁, dat voorkomt veel gesukkel met soms onverklaarbare nevenverschijnselen.

Daarenboven moet men vooral met het oog op metingen bij hoge frequenties C_g zo laag mogelijk houden, eventueel door gebruik van buizen, waarvan de ingangscapaciteit zeer laag is (zonder sokkel). De isolatie van punt A en van de eventuele montage steunpunten van C₁ moeten voor dat doel beslist verlies- en capaciteitsarm zijn. In geen geval zijn lange meetsnoeren te gebruiken althans indien men boven ca 50 kHz en over hoge impedanties meet.

R-C tijd.

Onder de R-C tijd van een keten, bestaande uit een weerstand R en een capaciteit C verstaat men de tijdsduur in seconden, die nodig is om de condensatorspanning over de weerstand tot op 1/ε vouw van de oorspronkelijke waarde te ontlaan.

(ε is het grondtal van de natuurlijke logaritmen.)

Deze R-C tijd moet voldoende groot zijn, teneinde de ontlaaiing van C niet langzamer te doen zijn aan de daing van de sinusvormige spanning, gerekend bij de laagste te meten frequentie.

Zo vinden we voor C = 0,1 μF en R = 1 MΩ dat R.C. = 0.1 · 10⁻⁶ × 1.10⁶ = 0,1 sec. (ohm × farad = seconde dimensie!)

Voor het meten van de draaggolf van gemoduleerde H.F.-spanningen vinden we als voorwaarde, dat de hoogste modulatiefrequentie nog gevolgd moet worden, zodat wij dan voor een modulatiefrequentie van -5 kHz een maximum RC product van 0.0001 kunnen toelaten (1 Megohm en 100 pF).

Een R-C filter, dat goed bruikbaar is tot 30 Hz is bv. samen te stellen uit 3 MΩ en 0,2 μF; de kwaliteit van beide onderdelen moet beslist prima zijn. (Controleert men dit wel eens?).

Capaciteit van de eerste buis.

Bij gebruik van een «acorn tube» als eerste buis heeft men een rooster-kathode capaciteit van ca 3 μμF (of pF), met enige bedrading komt men al gauw op 7 à 10 pF, een bedrag dat op hogere frequenties een grote rol speelt en soms geheel ontoelaatbaar is. Ter orientering geven we de resultaten van capaciteitsmetingen van verschillende buizen:

AB 2 diode	4 pF.
KB 2 diode	2,5 pF
EA 50 diode	2,5 pF
4674 acorn diode	1,7 pF
rooster kath. capac. AC 2 triode	7 pF
EF 6 pentode	3,5 pF
4671 acorn triode	3 pF
4672 acorn pentode	3 pF

Door toepassing van tegenkoppeling is het mogelijk, de ingangscapaciteit schijnbaar te verminderen. Daartoe wordt in de kathodeleiding een niet-ontkoppelde tegenkoppelweerstand opgenomen.

Ingangsdemping van lampvoltmeters.

Bij toepassing van diode- of roosterdetectie zal een ingangsweerstand optreden, die afhankelijk is van de meetspanning.

Boven ca. 10 V blijkt de ingangsweerstand een derde van de gebruikte lekweerstand te zijn. Bedraagt de te meten spanning minder dan ca 0,2 V, dan kan men rekenen met ca 70 Ω ingangsweerstand en voor tussengelegen spanningen, is de ingangsweerstand uit een grafiek af te lezen. Hiermee moet men goed rekening houden, indien men deze typen lampvoltmeters aansluit op kringen, waarvan de demping gering is.

Bij lampvoltmeters, welke een anodedetector of een normale versterkerbuis als eerste buis hebben, is het mogelijk als roosterweerstand een zeer grote weerstand te nemen, die uitsluitend begrensd wordt door de op-

tredende roosterstroom. Bij koppeling door middel van een spoel of aansluiting aan een laagohmige wikkeling kan deze weerstand zelfs vervallen.

Bij zeer korte golven gaan alle meetschakelingen aanzienlijk dempen, doordat de verliezen in de isolatiematerialen sneller dan evenredig toenemen, evenals door het huid-effect van de geleiders.

Ter illustratie dienen de volgende gegevens:

frequentie	diodevoltm. ingangsweerst.	anode voltm. ingangsweerst.
800 Hz.	5.5 MΩ	21 MΩ
10 kHz.	3 »	21 »
100 »	2 »	21 »
1000 »	0,8 »	18 »
7000 »	0,14 »	1,8 »

HOOFDSTUK II.

ANODESTROOM — ROOSTERSTROOM EN DIODE DETECTIE.

In verband met de werking van de lampvoltmeter kan de behandeling van het onderwerp «detectie» beperkt blijven tot het bepalen van het mathematische verband tussen de gemiddelde anode- of diodestroom toename als functie van de aangelegde wisselspanning.

Met behulp van geijkte gelijkstroom mA meters vinden we dan een uitslag, die afhangt van de te meten spanning. Meestal refereert men direct afleesbare meters boven andere systemen.

De nauwkeurigheid van de calibratie hangt hoofdzakelijk af van de min of meer constante eigenschappen van de gebruikte detectorbuis.

Later zullen we de invloed van schommelende voedingsspanningen nader beschouwen.

Enig wiskundig inzicht is noodzakelijk, om de als lampvoltmeter gebruikte buis te doorzien, doch we beperken ons tot de detectie van zuiver sinusvormige signalen en de gebruikelijke benaderingen van de karakteristieken.

Anodestroom-detectie.

De anodedetector is een veel gebruikte schakeling in lampvoltmeters. Tegenover rooster- en diodedetectors heeft dit type het voordeel praktisch geen energie aan de meetklemmen te verbruiken, zodat het te meten object, behalve dan door een kleine capaciteit, niet belast wordt. Voor metingen aan spoelen, filters en kringen met hoge kwaliteit is dit van groot belang. Als nadeel kan genoemd worden de geringere gevoeligheid t.o.v. de roosterdetector.

Is het werkpunt van een triode gelegen in de onderste kromming van de $i_a - V_g$ karakteristiek, dan zal indien een wisselspanning op het rooster komt

$$V_{g_0} = V_m \cos \omega t$$

de plaatstroom i_a gedurende de positieve helft van de periode toenemen tot $i_a + \Delta i_{a1}$ en gedurende de negatieve helft afnemen tot $i_a - \Delta i_{a2}$ waarbij

$$\Delta i_{a1} > \Delta i_{a2}$$

De gemiddelde plaatstroom zal dus stijgen.

(Zie fig. 3 en 4).

Voor bepaalde delen van de $i_a - V_g$ karakteristiek van vele buizen is het verband bijna kwadratisch, dan geldt de volgende vergelijking:

$$i_{a0} = K (V_g + V_{g_0})^2 \quad (1)$$

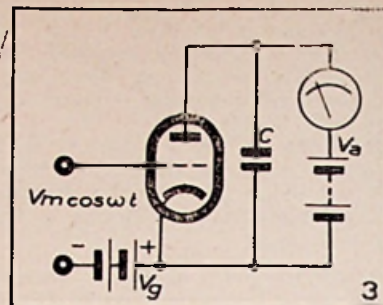
K en V_{g_0} zijn onderling afhankelijke constanten van de lamp.

Nu is $i_a = 0$, als $V_g = -V_{g_0}$, terwijl bij een spanning V_g geldt:

$$S_{V_g} = \frac{di}{dv_g}$$

dus

$$\frac{di_a}{dv_g} = S_{V_g} = 2K(V_g + V_{g_0})$$



ofwel

$$K = \frac{S_{V_g}}{2(\bar{V}_g + V_{g_0})}$$

Indien de karakteristiek van de buis ongeveer kwadratisch is, kunnen we de constante K vinden, door bekende waarden van S, V_g en V_{g_0} , in te vullen.

Aan het rooster wordt nu een sinusvormige spanning toegevoerd:

$$V_g = \bar{V} + V_m \cos \omega t$$

zodat

$$i_a = K (V_{g_0} + \bar{V} + V_m \cos \omega t)^2 \quad (2)$$

Door form. 1) van form. 2) af te trekken, vinden we:

$$i_a - i_{a0} = \Delta i_a = K V_m \cos \omega t (2V_{g_0} + 2\bar{V}_g + V_m \cos \omega t)$$

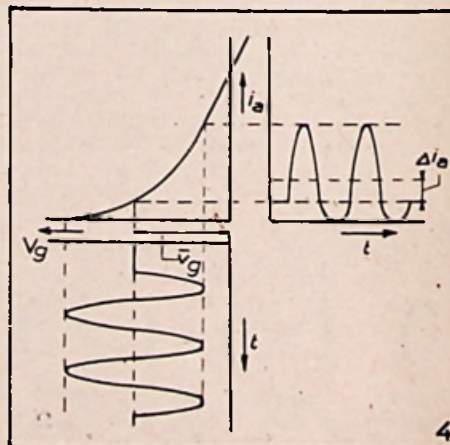
Door integratie van 0 tot 2π vinden we de gemiddelde toename van de anodestroom.

$$\Delta i_a = K \frac{1}{2} V_m^2 = K \cdot V_{eff}^2 \quad (3)$$

Ingeval van een kwadratische karakteristiek is de stroomtoename dus evenredig met K en met het kwadraat van de meetspanning. Zolang aan deze voorwaarde is voldaan, heeft gelijkspanning op het rooster geen invloed op de detectie. (Dit effect kan gebruikt worden om een kwadratisch gedeelte van de lampkarakteristiek door meting te bepalen.)

De meest gebruikelijke lampvoltmeterschakeling, waarin anodestroomdetectie wordt toegepast omvat een triode met een zo hoge vaste negatieve roostervoorspanning, dat de buis bijna afgeknepen is. De anodestroom bedraagt dan $15 \mu A$, terwijl op de meterschaal dit punt door een merk of rode streep is aangegeven. Wordt nu een wisselspanning aan het rooster toegevoerd, dan is de meteruitslag (anodestroomverhoging) te ijken. Het verdient aanbeveling in dit geval 100 of $200 \mu A$ meters te gebruiken, om een klein gedeelte van de karakteristiek te blijven gebruiken. De schaalcalibratie kan dan zuiver kwadratisch zijn.

Een andere methode, veel toegepast in goedkope buitenlandse lampvoltmeters, gebruikt eveneens een

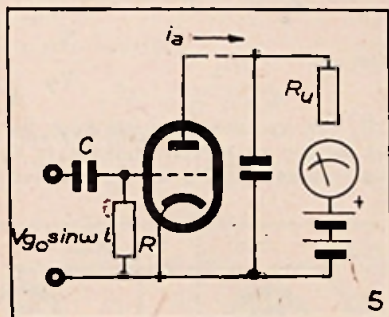


gevoelige mA meter. Na de negatieve roosterspanning zo ingesteld te hebben, dat de plaatstroom een bepaalde geringe waarde heeft, wordt de meetwisselspanning in het roostercircuit opgenomen. De plaatstroom neemt dan toe, maar de negatieve roosterspanning wordt nu zoveel verhoogd, dat de plaatstroom zijn oorspronkelijke waarde weer heeft. Men neemt nu aan, dat het verschil tussen beide waarden van de roostervoorspanning (af te lezen op een continu ingeschakelde voltmeter) overeenkomt met de piekwaarde van de te meten wisselspanning. Deze methode van de zg. «piekspannings» voltmeter is niet zonder bedenking en alleen bij zeer hoge meetspanning is het resultaat onder ernstig voorbehoud aanvaardbaar. Maar daarvoor zijn ze meestal niet ingericht. De eerste methode verdient daarom steeds de voorkeur.

Zonder een toegevoerde meetspanning is de meterstroom van 15 μ A het gevolg van het gekozen statische werkpunt. Heeft men door vergrote negatieve roostervoorspanning en gegeven roosterwisselspanning opnieuw 15 μ A meterstroom, dan is dit de gemiddelde waarde van de stroompieken in de anodekring ten gevolge van de roosterstuurspanning.

Al zou men de meterschaal nauwkeurig ijken, dan blijkt dit lampvoltmeter type nog gevoelig te zijn voor variërende anodespanningen, waardoor men wel verplicht is stabilisatie hiervan te voorzien. Dit alles vermindert de schijnbare eenvoud en betrouwbaarheid van dit metertype.

Een ernstig nadeel van alle plaatdetector-schakelingen, die als lampvoltmeter worden gebruikt, is de mogelijkheid, dat tijdens de proeven het stuurrooster «open» komt te staan, al is het soms gedurende korte momenten.



Normaal is de neg. voersp. zó groot, dat de anodestroom gering is, derhalve zijn als anodestroommeters gevoelige μ A meters gebruikelijk.

Met «open» rooster stelt de neg. voersp. zich automatisch in op het punt waar de roosterstroom juist nul zou worden, d.w.z. de bijbehorende anodestroom neemt aanzienlijk toe tot bv. 10 of 15 mA. De stroomstoot kan de μ A meter beschadigen, afgezien van het zeer ondeskundige effect, indien een meter herhaalde malen met kracht wordt overbelast.

Door geschikte maatregelen en door op zijn hoede te zijn kan men in ieder geval deze overbodige «schakelfout» vermijden.

Vervolgens is het duidelijk, dat na verwisselen van een lampvoltmeterbuis niet alleen de instelling, maar ook de calibratie opnieuw moet worden uitgevoerd. Alleen als de lampvoltmeter als indicator wordt gebruikt (maxima of minima aanduiding) en waarbij de calibratie op het tweede plan staat, vervalt deze eis.

Rooster-detectie.

De buisinstelling is hier zodanig, dat gedurende de positieve periodenheft de roosterstroomverandering belangrijk groter is dan gedurende de negatieve helft. Het resultaat is een integrerende oplading van de roostercondensator (zie fig. 5). Zonder roosterlekweerstand zou de roostercondensator een gemiddelde spanning voeren van

$$V_g = V_0 + V_{g0}$$

indien V_0 de waarde van de roosterspanning is, waarbij juist roosterstroom begint te vloeien en V_{g0} is de

maximale roosterspanningsamplitude, die optreedt.

Om de variaties van V_{g0} te kunnen volgen is een roosterlekweerstand noodzakelijk.

Voor zwakke signalen $V_{g0} \sin \omega t$ is de gemiddelde roosterspanningsverandering gegeven door

$$\Delta V_g = \frac{V_{g0}^2}{4} \cdot \frac{S'}{S + R}$$

Hierin is S de steilheid van de roosterstroom karakteristiek en

$$S' = \frac{\Delta S}{\Delta V_g} = \frac{\Delta^2 i_g}{\Delta V_g^2}$$

dus een maat voor de buiging van de roosterstroomkromme. De detectie wordt dus beter, naarmate de buiging van de $i_g - V_g$ karakteristiek groter, de steilheid van die karakteristiek echter kleiner is.

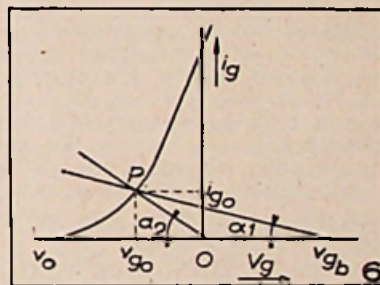
Een grote lekweerstand blijkt gunstig te zijn (zie fig. 6).

Het werkpunt P wordt bepaald door S en S', de grootte van de lekweerstand R volgt uit

$$R = \cotg \alpha = \frac{V_{gb} - V_{g0}}{i_{g0}}$$

V_{g0} is de batterijvoorspanning ten opzichte van de gloeidraad, waaraan het einde van de lekweerstand ligt. V_{g0} is de rustspanning van het rooster.

Hetzelfde werkpunt kunnen we ook krijgen door $R_1 = \cotg \alpha$, te verbinden met + gloeidraad (gelijkstroom gloeidraad) ($V_{gb} = +4V$) of door $R_2 = \cotg \alpha$, te verbinden met -gloeidraad of kathode ($V_{gb} = 0$).



Aangezien $\alpha_1 < \alpha_2$ is de gevoeligheid van de detector voor batterijlampen het grootste voor geval R_1 .

Men mag R niet té groot nemen, daar 't product RC aan grenzen gebonden is en $C >> C_1$ moet blijven. C_1 is de ingangscapaciteit van de buis.

Is de plaatkring van de detector kortgesloten, dan zal de detectiestroom bedragen:

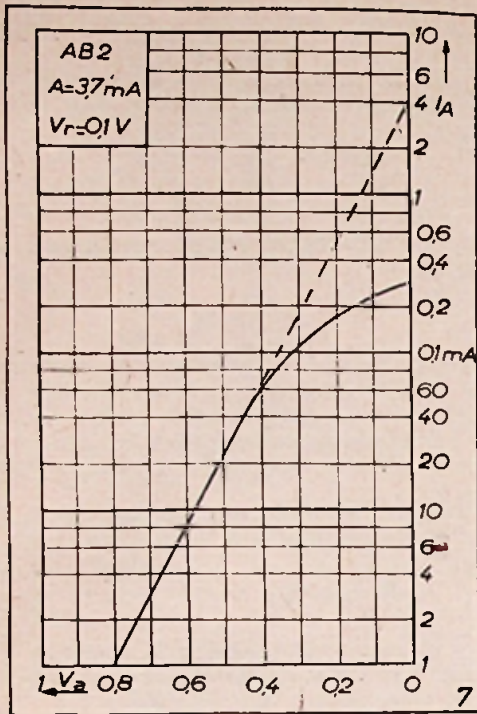
$$i_a = S \cdot \Delta V_g = 1/4 V_{g0}^2 \cdot \frac{S \cdot S'}{S + \frac{1}{R}}$$

De spanningsvariatie in de plaatkring, waarin een weerstand R_u is opgenomen bedraagt:

$$\begin{aligned} \Delta V_a &= g \cdot \Delta V_g \cdot \frac{R_u}{R_1 + R_u} = \\ &= 1/4 V_{g0}^2 \cdot g \cdot \frac{R_u}{R_1 + R_u} \cdot \frac{S'}{S + R} = \text{const. } V_{g0}^2 \end{aligned}$$

Deze beschouwingen gelden voor kleine stuurspanningen, bij grote V_{g0} benadert de detectie meer het lineaire geval.

We kunnen roosterdetectie ook opvatten als diode-detectie, waarbij het stuurrooster de plaats van de diode-anode inneemt en tegelijkertijd de electronenstroom naar de anode van de triode stuurt. Beschouwen we het gedeelte van de $i_a - V_g$ karakteristiek vanaf het werkpunt voor kleine signalen als een rechte,

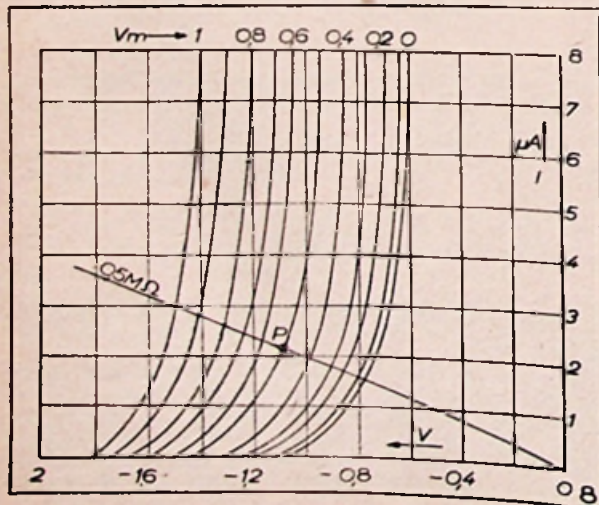


dan zal de schaalcalibratie van een in de anodeleiding opgenomen mA meter dus omgekeerd verlopen.

De gebruikelijke wijze, waarop een als roosterdetector geschakelde triode gebruikt wordt als lampvoltmeter is als volgt: Men regelt de anodespanning van de triode, totdat de in de anodebatterij opgenomen mA meter (meestal 1 of 2 mA type) volle-schaal-uitslag vertoont. Daarna wordt de te meten wisselspanning aan het rooster via een RC koppeling toegevoerd. (In de kathodeleiding is soms, doch meestal geen, kathodeweerstand opgenomen). De anodestroom zal dan dalen, waarbij het begin van de schaal (bij einduitslag) eerst kwadratisch verloopt, daarna lineair.

Bij nog grotere meetspanning wordt de schaal meer ineengedrongen, de detectie nadert bijna plaatstroomdetectie. Zoals hieruit volgt is overbelasting van de meter bij het toevoeren van hoge wisselspanningen aan het rooster niet te vrezen, hetgeen bij de gebruikelijke plaatstroomdetectie lampvoltmeters wel het geval is.

Bovendien is de roosterstroombetectie veel gevoeliger dan de plaatstroomdetectie, wat vooral van belang is als de lampvoltmeter als nulindicatiemeter of maxima-aanduiding dient.



Diode detectie.

Het principe van diode detectie is bekend genoeg, maar het is van belang de wiskundige grootheden, waarin het verband tusschen de detectiestroom en de aangelegde wisselspanning wordt aangegeven, te kennen. Voor diodestroom tot ca. 100 μ A geldt de volgende betrekking tusschen de diodestroom en de aangelegde gelijkspanning (fig. 7).

$$i = A \cdot \epsilon \frac{V_a}{V_T} \quad (1)$$

waarin

i = diodestroom bij V_a volt anodespanning
 A = constante, gelijk aan de diodestroom als $V_a = 0$ (ongev. 3,7 mA).
 V_T = constante, genaamd de temperatuurspanning, deze is afhankelijk van het kathodemateriaal en de temperatuur; bij de Miniwattbuizen bedraagt dit circa 0,1 V.

ϵ = grondtal natuurlijke logarithmen = 2,72 ...
 De spanning over de diode bestaat uit

$$V_a = V_m \cos \omega t + V$$

V = gelijkspanning, zodat we als ogenblikswaarde vinden:

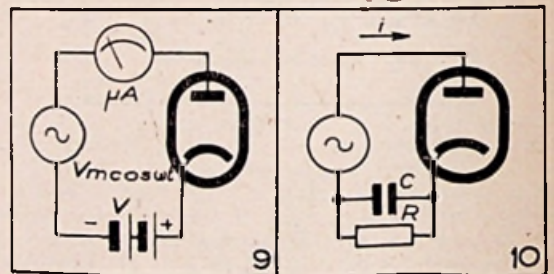
$$\frac{V_m}{V_T} \cos \omega t + \frac{V}{V_T}$$

$$i = A \cdot \epsilon \quad (2)$$

De gemiddelde door de diode vloeiende stroom I vindt men door het integreren van i over een hele periode

$$I = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i \cdot d\omega t = A \cdot \epsilon \frac{V}{V_T} \frac{1}{2\pi} \times \int_0^{2\pi} \frac{V_m}{V_T} \cos \omega t \cdot d\omega t = A \cdot \epsilon \frac{V}{V_T} B_0 \quad (3)$$

Hierin stelt B_0 een zg. Besselfunctie voor van de nulde orde, die niet verder te vereenvoudigen is en waarvan de waarde als functie van V_m/V_T in tabellen te vinden is.



Voor waarden van $V_m/V_T < 1$ geldt als goede benadering:

$$B_0 = 1 + 1/4 \left(\frac{V_m}{V_T} \right)^2$$

Voor $B_0 > 4$ geldt dan

$$B_0 = \frac{\epsilon}{\sqrt{2\pi} \cdot \frac{V_m}{V_T}}$$

In fig. 8 is i als functie van V getekend met V_m als parameter. Deze krommen vallen samen met zeer preciese metingen, opgenomen volgens fig. 9.

Bij de gelijkrichting moet I nog voldoen aan:
 $-V = I \cdot R$. Zie fig. 10.
 als R de lekweerstand is, die parallel, met de diode is verbonden.

Voor $R \approx 0,5 \text{ M}\Omega$ is een dynamisch karakteristiek in fig. 8 aangegeven door de lijn OP . (Vervolg p. 159)

RADIO - CURSUS

Vierde Lessenreeks

door E.J.M. PALMANS

Samenvatting en overzicht der 3^e lessenreeks

STROOMBRONNEN

1) *Contactwet* : Tusschen twee metalen, die met elkaar in aanraking zijn, treedt een constant potentiaalverschil op, dat afhankelijk is van den aard en de temperatuur der metalen, maar niet van de grootte der aanrakingsplaats.

2) *Spanningsreeks* — van metalen alleen (zie tekst 3^e les) — van metalen en electrolyten (77).

3) *Galvanische elementen* (77).

Betrekking tusschen potentiaalverschil en klemspanning (79).

$$E_k = E \frac{\text{Ruitw.}}{\text{Rinw.} + \text{Ruitw.}} \text{ Volt.}$$

Polarisatieverschijnsel (81).

4) *Thermo-elementen* (67).

5) *Accumulatoren* (84) } loodaccumulator.
Ferro-Nikkelaccumulator.

6) *Schakeling van elementen* (85).

Stroomsterkte :

a) in serie schakeling

$$I = \frac{n E}{R + n r}$$

b) in parallelschakeling

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

c) in gemengde schakeling

$$I = \frac{n E}{b R + a r}$$

waarin $ab = n \text{ en}$

$$\frac{a}{b} = \frac{R}{r}$$

ELECTROMAGNETISCH VELD VAN EEN
STROOMGELEIDER

1) *Magneten en hun eigenschappen* (89).

2) *Magnetisch veld* (90) $\left\{ \begin{array}{l} \text{richting} \\ \text{zin} \\ \text{in 't algemeen} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \text{grootte.} \end{array} \right.$

3) *Magnetisch veld van een stroomgeleider* (95):

a) richting en zin worden gegeven door den kurkentrekkerregel (95);

b) magnetisch veld van een bewegend electron

$$H = \frac{e}{r^2} \frac{v}{\rho}$$

c) magnetisch veld van een rechthoekige stroomgeleider

$$H = k \frac{2 I}{r}$$

(99) — zonder afleiding van formule — experimentele bewerking;

d) magnetisch veld van een cirkelvormige geleider (100)

$$H = k \frac{2 \pi I}{r}$$

e) magnetisch veld eener solenoïde (102)

$$H = k \frac{\mu \pi n I}{l}$$

f) electromagnetische eenheden (tafel blz. 206).

HOOFDSTUK IV

§ I. — *De Lorentzkracht.*

Een bewegend electron ondervindt in een magnetisch veld tengevolge van de zg. Lorentzkracht een afwijking in zijn beweging.

De grootte dezer Lorentzkracht wordt ons in het meest eenvoudige geval gegeven door de betrekking

$$P = \frac{H e v}{\rho} \text{ of } H e v$$

naargelang de lading e uitgedrukt is in c.s.c.-eenheden of e.m.c.-eenheden.

De richting wordt bepaald door de rechterhandregel. Zie ((104)).

§ II. — Onderstelt een stof, zich bevindende tusschen de polen van een magneet. Zoowel de gebonden electronen (electronen wentelend rond de atoomkern) als wel de vrije electronen zijn dan onder invloed dezer Lorentzkracht. Voor wat de laatsten betreft : aangezien hun beweging absoluut willekeurig is, is de gezamenlijke invloed der Lorentzkracht op deze vrije electronen nul.

De invloed der Lorentzkracht op de gebonden electronen brengt ons integendeel toe onderscheid te maken tusschen twee soorten van stoffen, die zich in dat magnetisch veld geheel verschillend gaan gedragen : Dat zijn de *paramagnetische stoffen*, — zij magnetiseeren zich in den zin van het magnetisch veld — en de *diamagnetische stoffen* — zij magnetiseeren zich in tegengestelden zin. ((105 tot opm. 3, blz. 214)) ((106 eerste zeven regels.))

Stoffen, die een bijzonder sterke paramagnetische eigenschap bezitten, zooals b.v. het ijzer, noemt men *ferromagnetische stoffen*.

Het veld binnen een weckijzeren kern is dus veel sterker, dan het induceerend veld H , en wordt magnetische inductie genoemd. We stellen deze voor door B . De verhouding tusschen B en H noemen we de magnetische *permeabiliteitscoëfficiënt* μ

$$\mu = \frac{B}{H}$$

De coëfficiënt is hoofdzakelijk functie van de natuur van de stof en de sterkte van het induceerend veld. Voor de diamagnetische stoffen is $\mu < 1$ en weinig verschillend van 1, voor de paramagnetische stoffen zal $\mu > 1$ en weinig verschillend van 1 ; voor de ferromagnetische stoffen kan μ integendeel zeer groote waarden aannemen.

Tenslotte dienen we uwe aandacht te vestigen op het *hysteresisverschijnsel*, zie ((blz. 219 tot einde n° 106)).

Onder de *toepassingen van electromagnetisme* vermeld onder ((107)) en welke alle min of meer dienen te worden gekend, trek ik in 't bijzonder uwe aandacht op toepassingen 5 en 6 (blz. 223-224). Tangenteboussole en multiplicator van Nobili mogen worden overgeslagen.

Van zeer veel belang zijn hier *blz. 228 en 229*, betrekking hebbende op de meting der spanning en vooral de verandering van het meetbereik.

§ III. — Onderstelt nu een gezamenlijke beweging van *vrije electronen* in een magnetisch veld :

a) Zoo'n gezamenlijke beweging hebben we wanneer door een geleider een elektrische stroom heengaat. Wat zal dan de invloed zijn die die stroomgeleider in een magnetisch veld H ondervindt?

Het antwoord op deze vraag vinden we in ((108)). De stroomgeleider zal een kracht ondervinden en zich dus in het magnetisch veld gaan verplaatsen. De zin dezer verplaatsing werd tot nu toe gewoonlijk bepaald door middel der linkerhandregel — wij vergeten die en passen altijd de *electronische rechterhandregel* toe, die we vroeger in n° 104 hebben leeren kennen.

Onder de praktische toepassingen van de hierboven bestudeerde werking van een magnetisch veld, waaronder behalve ((110)) ook ((109)) kan worden opgenomen, vestig ik nog in het bijzonder uwe aandacht op het principe der electromotoren en den dynamischen luidspreker.

b) Een gezamenlijke verplaatsing van electronen in een magnetisch veld hebben we ook, wanneer we een geleider mechanisch verplaatsen in een magnetisch veld. Bij zoo'n verplaatsing zal er door den geleider een stroom heengaan, ontstaan er, zooals men pleegt te zeggen, *inductiestroom*. Dit geval wordt behandeld in ((111)); hierbij is formule 27a van zeer groot praktisch belang. De geïnduceerde electromotorische kracht is recht evenredig met de snelheid van de krachtvloedverandering ((n° 112)) kan het voorafgaande verduidelijken.

Onder de praktische toepassingen vermeld in ((113)) wijzen we, al zijn ze alle van belang, meer in 't bijzonder op de bandmicrofoon en de telefoon.

(n° 114) behandelt een bijzondere soort inductiestroom — stroomen van Foucault, waarvan ook de radiotechnicus eens over moet hebben hooren spreken.

OEFENINGEN

1) De weekijzeren kern gedompeld, in een solenoïde, heeft een inductie gelijk aan 3141, 6 gauss, de permeabiliteitscoëfficiënt is 500; er zijn 3 windingen per cm. Welke is de stroomsterkte in de solenoïde?

(Antwoord : 1,667 amp.)

2) Men zendt een stroom van 10 amp. in een klos met een ijzerkern. Deze laatste is 20 cm lang en krijgt een permeabiliteit $\mu = 50$ en een inductie $B = 8000$ gauss. Hoeveel toeren zijn er op den klos?

(Antwoord : 255.)

3) Een solenoïde heeft 500 toeren; de ohmsche weerstand bedraagt 10 ohm. Brengt men deze solenoïde tusschen de polen van een magneet, dan omsluit zij een krachtvloed van 300.000 maxwell. Hoe groot is het arbeidseffect van den geïnduceerden stroom, als het 0,1 sec vraagt om er de solenoïde weer uit te trekken?

(Antwoord : 22,5 watt.)

Wiskunde en grafische oefeningen voor den Radiotechnicus

door E. J. I. M. PALMANS.

(Vervolg van p. 114)

Houdt een functie van den tweeden graad beide onbekenden in, d.w.z. heeft ze onder haar meest algemeenen vorm, deze die we hier neerschrijven

$$ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f = 0 \quad (49)$$

dan spreken wij van een functie van den tweeden graad in x en y . Zulke vergelijkingen zijn b.v.

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= 9 & x^2 - y^2 &= 4 \\ \frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{9} &= 1 \end{aligned}$$

enz.

Stelt men deze vergelijkingen grafisch voor, dan bekomt men voor de eerste een *cirkel* met den oorsprong der coördinaten als middelpunt en als straal 3.

Oefening 1. — Gaat dit na door de grafische oefeningen uit te voeren.

De tweede geeft ons wat we noemen een *hyperbool*.

Oefening 2. — Voert deze grafische voorstelling uit.

De derde levert ons wat we noemen een *ellips*.

Oefening 3. — Stelt ook deze functie grafisch voor.

De studie dezer krommen maakt het voorwerp uit der zoogenaamde *analytische meetkunde* en laten we ze van kant.

Iedere functie van den tweeden graad in x en y heeft gelijk een functie van den eersten graad in x en y ($ax + by + c = 0$) oneindig veel wortels, die, zooals ge bij het uitvoeren der vorige oefeningen zult gemerkt hebben niet altijd reëel zijn.

Om een eenvoudige oplossing te bekomen moet met zoo'n vergelijking weer een tweede gekoppeld worden, die van de eerste onafhankelijk is. De snijpunten der krommen, bepaald door die vergelijkingen zullen de wortels zijn van het gegeven stelsel.

Oefening 4. — Zoek langs grafischen weg de wortels van

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 9 \\ x^2 + y = 4 \end{cases}$$

C) *Opmerkingen betreffende vergelijkingen van derden en hoogerden graad.*

Vergelijkingen van den derden graad, d.w.z. die den

vorm hebben van

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0 \quad (50)$$

of vergelijkingen van hoogren graad die men onder den vorm

$$a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots + a_n x^n = 0 \quad (51)$$

kan schrijven, waarin a_0, a_1, \dots, a_n constanten zijn, zijn op de eenvoudige algebraïsche wijze niet meer op te lossen. Sommige vergelijkingen maken hier uitzondering op. Zoo b.v. een derde graadsvergelijking van den vorm

$$x^3 - 1 = 0$$

Deze vergelijking kan geschreven worden onder den vorm

$$(x - 1)(x^2 + x + 1) = 0$$

(verifieer dit).

Dit product is nul, wanneer

$$x - 1 = 0 \text{ waaruit volgt } x = 1$$

en wanneer :

$$x_2 = \frac{-1 + j\sqrt{3}}{2}$$

$$x_3 = \frac{-1 - j\sqrt{3}}{2}$$

Zoo ook de vierde graadsvergelijking

$$x^4 - 1 = 0$$

welke kan geschreven worden

$$(x^2 + 1)(x^2 - 1) = 0$$

wat ons geeft

$$x^2 + 1 = 0 \text{ dus } \begin{cases} x_1 = -j \\ x_2 = +j \end{cases}$$

en

$$x^2 - 1 = 0 \text{ dus } \begin{cases} x_3 = +1 \\ x_4 = -1 \end{cases}$$

De beroemde wiskundige Gauss heeft bewezen dat iedere vergelijking zooveel wortels heeft als de graad van de vergelijking bedraagt.

In de Radiotechniek zijn gelukkig de gevallen, waarin vergelijkingen van hooger graden zijn betrokken uiterst zeldzaam. En waar zich dat zou voordoen kan dan meestal een grafische methode volstaan. Moeten b.v. de reële wortels bepaald worden van de vergelijking

$$x^3 - 4x^2 + x + 2 = 0$$

dan vat men die vergelijking op als een functie van den derden graden in x

$$x^3 - 4x^2 + x + 2 = y.$$

Men berekent voor verschillende waarden van x de bijkomende waarde van y en men maakt de grafische voorstelling. De wortels van de gegeven vergelijking zullen dan deze zijn waarbij y = 0, m.a.w. het zullen de snijpunten van de bekomen kromme met de x-as zijn.

Oefening 5. — Zoekt deze wortels.

D) Exponentieele vergelijkingen.

Van veel grooter belang voor de Radiotechniek zijn de exponentieele vergelijkingen, d.w.z. vergelijkingen waarbij de gezochte of veranderlijke grootte voorkomt als exponent eener constante. Zulke vergelijking heeft als algemeene vorm

$$a^x = b \quad (52a)$$

Hieruit vinden we onmiddellijk x door te logaritmeceren

$$x = {}^a \log b \quad (57b)$$

Hiermede is ons eerste gedeelte van onzen wiskunde-cursus ten einde.

Het was ons natuurlijk onmogelijk in deze weinige bladzijden en in de beperkte tijdruimte in te gaan op zaken en beschouwingen van uitsluitend theoretischen aard; we hebben slechts getracht een samenhangend overzicht te geven van de grondslagen van de twee takken der wiskunde: de rekenkunde, d.w.z. de leer der getallen en de algebra, de leer van de met getallen uitvoerbare rekenmethodes en van de vergelijkingen. En dan nog uitsluitend voorzoover ze voor den Radiotechnicus noodig zijn. Voor degenen die zich verder willen bekwaamen zullen te rade gaan bij het aanvankelijk vermelde leerboek (A), waarin zij zich na de onderwijspogedane kennis al beter zullen kunnen oriënteren.

Tot slot van dit gedeelte een kort overzicht der voorname wetten en formules:

Natuurlijke getallen: zijn getallen 0, +1, +2, +3 enz. (positieve getallen) en -1, -2, -3 enz. (negatieve getallen).

Rationeele getallen: zijn getallen, die aanzien worden als een quotient van twee natuurlijke getallen, b.v. $3/8 = 0,375$; $-17/3 = -5,6666$. Ze geven steeds een eindige decimaalbreuk, zooals in het eerste voorbeeld of een periodische decimaalbreuk, zooals in het tweede voorbeeld.

Irrationeele getallen: zijn de waarden der getallenrechte, die niet als zoo'n quotient kunnen geschreven worden,

b.v. $\sqrt{2} = 1,4141 \dots$, $\pi = 3,14159 \dots$. Zij geven steeds oneindige, niet periodische decimaalbreuken.

Reële getallen: zij omvatten alle waarden der getallenrechte, die niet op de reële getallenrechte liggen, dus alle (natuurlijke) rationeele en irrationeele getallen.

Irrationale getallen: zij omvatten alle waarden, die niet op de getallenrechte kunnen worden afgezet. Zij kunnen worden onderverdeeld in:

1° **Imaginaire getallen:** getallen van den vorm

« j.a », waarin j de imaginaire eenheid $\sqrt{-1}$ is.

2° **Complexe getallen:** getallen van den vorm a + j.b.

Grootheden: onderscheiden zich van getallen daar door, dat zij een « dimensie » bezitten. Alle dimensies kan men afleiden van de gronddimensies; lengte, massa en tijd.

Een vergelijking is een uitdrukking tusschen getallen of letters onderling verbonden door een = teken en waarbij beide leden dezelfde waarde bezitten (bij grootheden ook dezelfde dimensies).

Men spreekt van **functies**, wanneer een of meerdere

veranderlijken veranderen met een of meer veranderlijke waarden.

Grondbewerkingen.

Optelling:

$$\begin{aligned} a + b &= b + a \\ -a - b &= -b - a \end{aligned}$$

Vermenigvuldiging:

$$\begin{aligned} a \cdot b &= b \cdot a \\ a \cdot -b &= -a \cdot b \\ -a \cdot -b &= +a \cdot b \\ -(a \pm b + c) &= -a - b - c \end{aligned}$$

Deeling:

$$\frac{-a}{b} = \frac{a}{-b} = -\frac{a}{b}$$

$$\frac{-a}{-b} = +\frac{a}{b}$$

$$\text{Is } \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \text{ dan is } \frac{b}{a} = \frac{d}{c}$$

Machten en wortels:

$$a^n = a \cdot a \cdot a \dots a$$

(n factoren a)

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$a^0 = 1$$

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$$

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$$

$$p \sqrt[n]{a} \pm q \sqrt[n]{a} = (p \pm q) \sqrt[n]{a}$$

$$\sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{ab}$$

$$(\sqrt[n]{a})^m = \sqrt[n]{a^m}$$

$$\sqrt{-1} = j; \sqrt{-a} = j \sqrt{a}$$

$$j^2 = -1$$

$$p \cdot a^n \pm q \cdot a^n = (p \pm q) a^n$$

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

$$(a^n)^m = a^{n \cdot m}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$a^{1/n} = \sqrt[n]{a}$$

$$\frac{1}{\sqrt[n]{a^m}} = a^{-\frac{m}{n}}$$

$$p \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{pa}$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a}$$

$$\frac{1}{j} = -j; j^2 = -1$$

$$j^4 = +1$$

Meerwaardigheid van wortels: $\sqrt[n]{a} = n$ -waardig.

Logarithmen $y = a^x$ geeft $x = {}^a \log y$; $y = a^{\log y}$

$${}^{10} \log = \log \quad {}^e \log = \ln$$

$$\ln a = \frac{\log a}{\log e} = 2,3028 \log a$$

(Vervolg p. 159)

Cursus van Werkhuis- en Radio-Technologie

door HIPPOLYTE STRUYF

(Vervolg van n° 4)

HOOFDSTUK II

ELECTRISCHE WEERSTANDEN

EERSTE LES

1. — Algemeenheden.

De onderverdeling van de aardse stoffen in geleiders en niet-geleiders is niet zeer nauwkeurig te noemen. Vele stoffen kunnen noch bij de ene noch bij de andere categorie gerangschikt worden. Deze stoffen zijn ongeschikt om als geleider of als isolatoren aangewend te worden. Enkele soorten vinden een ruime toepassing als « elektrische weerstanden ».

Zoals U later zal duidelijk worden vormt de elektrische weerstand, samen met de capaciteit (condensator) en de zelfinductiespoel, de drie elementen waaruit alle elektrische kringen zijn opgebouwd. De grootte, van de weerstand die geboden wordt aan de elektrische stroom, m.a.w. aan de electronendoorgang, is wel bepaald voor elke stof (CEP blz. 113/118).

De electronen bij de botsingen met de moleculen dragen energie over aan het weerstandsmateriaal. Deze energie wordt in een weerstand altijd in warmte omgezet. In de gloeidraadlampen wordt slechts een uiterst klein gedeelte in licht omgezet.

2. — Basiswetten van de weerstandsberekening.

2.1. — De wet van Ohm.

Op een weerstand die zich in een stroomkring bevindt kan men de wet van Ohm toepassen.

$$R = \frac{E}{I}$$

(Weerstanden Lucas, blz. 7/22). Maak zooveel mogelijk oefeningen.

2.2. — De soortelijke weerstand (Rp, blz. 253/254). Practische tafels vindt U in (RTS III, IV, blz. 751), (Rp blz. 254) verder nog weerstanden Lucas blz. 42 en 46).

In sommige tafels is de soortelijke weerstand ρ uitgedrukt in ohm per mm² doorsnede van den draad en per meter lengte. In andere tafels noemt men deze grootte a en drukt ze uit als de weerstand geboden aan den stroom door een cubus van 1 cm zijde en uitgedrukt in micro ohm.

Numeriek heeft men $a = 100$.

Voorbeeld : Voor electrolytisch zuiver koper schrijft men voor $\rho = 0,0175$ ohm bij 20° C.

Voor a wordt dit dan $a = 1,75$ micro ohm bij 20° C.

2.3. — De weerstand van een geleider met constante doorsnede is dan

$$R_{ohm} = \frac{\rho \times l \text{ m}}{S \text{ cm}^2}$$

(Lucas weerstanden, blz. 52).

2.4. — Uit de physica weten wij dat de stoffen uitzetten of inkrimpen bij verandering van de temperatuur. Bij de meeste stoffen, uitgezonderd het element (kool) en de vloeistoffen, stijgt de weerstand met de temperatuur. Men heeft hieraan de volgende wiskundige vorm gegeven :

$$R_t = R_0 [1 + \alpha (t - t_0)]$$

(Weerstanden Lucas, blz. 54) en (RTS, blz. 748).

De waarden van α vindt U (Rp, blz. 254) en (RTS, blz. 749).

2.5. — Associatie van weerstanden.

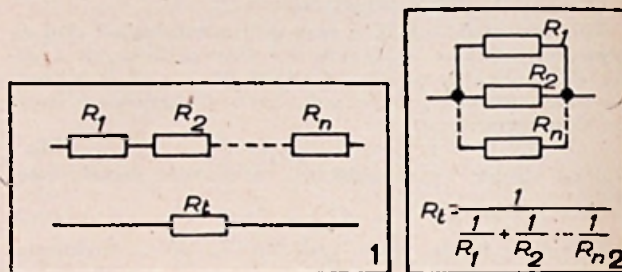
1) Weerstanden in serie (achter elkaar) geschakeld, geven een resulteerende weerstand die gelijk is aan de som der componenten (fig. 1).

2) Weerstanden die gelijklopend geschakeld zijn (fig. 2). Voor formule zie fig. 2.

Heeft men slechts twee weerstanden parallel geschakeld dan vereenvoudigt zich de formule tot

$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

3) Samengestelde schakelingen : Men vindt hierover voldoende gegevens in de meeste handboeken over electrotechniek. Voor de wetten van Kirchoff zie (EP, blz. 120).



Brugschakelingen van weerstanden worden behandeld in de meettechniek.

2.6. — Watt-dissipatie. Wij weten dat in een weerstand elektrische energie wordt omgezet in warmte. In een weerstand van R ohm, waardoor een stroom van I ampère gaat bedraagt

$$W = R I^2$$

of watt = ohm \times kwadraat der stroomsterkte.

Maak oefeningen (Weerstanden Lucas, blz. 17/22). (5 Rp, blz. 254/256.)

Onder Watt-dissipatie verstaan wij het vermogen in watt dat een toestel (hier een weerstand) kan opslorpen zonder gevaarlijke temperatuurverhoging.

Voorbeeld : Een weerstand van 2 watt zal een vermogen van $2 W = R I^2$ opnemen zonder aanmerkelijke temperatuurverhoging (Rp, blz. 256).

TWEEDE LES

3. — Eigenschappen.

Vermits geen ideale geleiders bestaan moeten wij in onze elektrische constructies noodgedwongen rekening houden met een zekere weerstand, dus met een zeker verlies.

Het begrip weerstand kan echter als belangrijk kringelement ook een nuttig en noodzakelijk onderdeel worden voor de werking van een electrisch toestel. Eens door berekening de gewenschte waarde voor den weerstand gevonden, moet deze waarde onafhankelijk zijn van temperatuur, tijd en ruimte.

3.1. — Om de onafhankelijkheid van de temperatuur te bekomen heeft men materialen samengesteld met zeer kleine temperatuurcoëfficiënt. Ook de dimensionering van den weerstand speelt hierbij een rol, onafhankelijk hiervan vertoont iederen weerstand een zeker geruisch veroorzaakt door inwendige thermische agitatie.

Dit beteekent dat de vrije electronen in een geleider deelnemen aan de willekeurige bewegingen der moleculen. De resultante nu, dezer electronenbewegingen is verschillend van nul, en veranderlijk in den tijd. Er ontstaan, m.a.w. stroomvariaties in den weerstand.

Na versterking worden zij in den luidspreker als een geruisch waargenomen. Door keuze van het bouw materiaal voor den weerstand kan men dit euvel beperken.

3.2. — De weerstand moet zijn originele waarde zoo lang mogelijk behouden. De structuur van het materiaal moet behouden blijven ook na langdurig gebruik van het element.

Bij regelbare weerstanden zal men daarom de voorkeur geven aan constructies waarbij de regeling gebeurt zonder afslijten van het weerstandsmateriaal.

3.3. — Het materiaal mag geen corrosieverschijnselen vertoonen welke zouden wijzen op de inwerking van scheikundig zeer actieve stoffen zooals zuurstof, vochtige lucht of sporen van zuren die in den dampkring aanwezig zijn. Hierdoor zal tevens de warmteuitstraling van den weerstand beïnvloed worden.

3.4. — De weerstand moet frequentie-onafhankelijk zijn. Dit wil zeggen dat hij noch zelfinductie noch eigen-capaciteit mag bezitten.

Het is theoretisch mogelijk een inductievrije weerstand te verwezenlijken. De eigen capaciteit kan nooit volledig uitgeschakeld worden. Door keuze van vorm en afmetingen bekomt men nochtans benaderende oplossingen die voor niet te hoge frequenties bruikbaar zijn. Hierover vindt U waardevolle gegevens in het boek van Meetinstrumenten van S. Campione, blz. 23/26.

Voor wat betreft de chemische weerstanden, worden op blz. 23/24 de resultaten aangegeven van een reeks proeven. Wij stellen vast dat de effectieve weerstand snel afneemt met stijgende frequentie.

De frequentie-afhankelijkheid van de draadweerstanden komt vooral voort van de eigen zelfinductie en eigen capaciteit der spoelen, ook speelt het huid-effect hier een belangrijke rol.

Om capaciteit en zelfinductie-arme weerstanden te bekomen van den draadgewonden type, kent men enkele wikkellijzen. Een en ander is aangegeven in (MC, blz. 24/26) en (Weerstanden Lucas, blz. 79/82).

DERDE LES

4. — *Indeeling volgens de samenstelling.*

4.1. — Vaste weerstanden.

4.1.1. — Draadgewikkelde weerstanden.

Zij worden vervaardigd uit bijzondere metaallegeringen die speciaal voor dat doel ontworpen werden. (RTS, blz. 785) en (Rp, blz. 254 tabel).

Voor kleine dissipaties tot enkele tientallen watt worden ze meestal op isoleerende kernen gewikkeld. Men kan deze soort weerstanden vervaardigen voor alle denkbare dissipatievermogens (RTS, blz. 785) en (Rp, blz. 256) en Weerstanden Lucas, blz. 23/32.

4.1.2. — Chemische weerstanden.

In principe gaat het hier meestal om een min of meer geleidende laag vast te hechten op een isoleerend steunlichaam. Als grondstof gebruikt men vaak het element kool. De waarde van de aldus gevormde weerstand hangt af van de dikte van de laag en van de geometrische afmetingen van het steunlichaam (RTS, blz. 784) en (Rp, blz. 259, 1^e alinea) en (Weerstanden Lucas, blz. 33/36) en (MC, blz. 23).

Zooals U vaststelt kan men op deze manier zonder moeite zeer groote weerstandswaarden verkrijgen. Ze zijn, tenzij op zeer hoge frequenties als inductievrij te beschouwen. Zij vinden dan ook een ruime toepassing in de zwakstroom H.F.-techniek.

4.2. — Regelbare weerstanden.

4.2.1. — Instelbare weerstanden (Weerstanden Lucas, blz. 23, fig. 7, 8, 16 en 17).

4.2.2. — Regelbare weerstanden en potentiometers.

Deze zijn continu regelbaar binnen aangegeven grenzen. In principie is steeds een schuifcontact aanwezig waarvan de relatieve stand de waarde van de ingeschakelde weerstand bepaalt. (Weerstanden Lucas, blz. 3, fig. 12, 13 en 24) (Rp, blz. 256/257 en blz. 261, fig. 152, en verder) (RTS, blz. 785/787).

In de betere maar ook duurdere uitvoeringen laat men de regeling sprongsgewijze gebeuren over de contacten van een schakelaar. Nu valt er over schuifcontacten een en ander te zeggen (RTS, blz. 785 en Weerstanden Lucas, blz. 37, en Rp, blz. 258).

4.2.3. — Zelfregelende weerstanden. (RTS, blz. 786/788, en Rp, blz. 262/264.)

5. — *Practische gegevens en keuze.*

Lees hiervoor aandachtig de beschrijving van com-

mercieele uitvoeringen : te vinden in (Rp, blz. 260 en volgende) evenals (Weerstanden Lucas, blz. 26, 32 en 35).

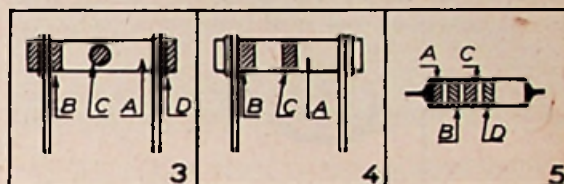
Precisie weerstanden voor meetdoeleinden worden behandeld (Lucas, blz. 78).

Wij achten het hier nuttig even de Amerikaansche kleurencode voor weerstanden te behandelen.

Deze code is zeer practisch gebleken en is in de V.S. algemeen in voege. Sinds de laatste oorlog heeft zij ook in Engeland aanzien verworven.

Een zelfde code is toegepast op drie uitvoeringsvormen van weerstanden.

De getallen die de groote van den weerstand aangeven worden gevormd door drie kleuren. De vierde kleur bepaalt alleen de procentuele tolerantie van den weerstand.



	Kleur	Kleur	Kleur	Kleur
Fig. 3	van het lichaam	van het uiteinde	van de stip	van het andere uiteinde
Fig. 4	van het lichaam	van de ring aan 't uiteinde	van de ring in het midden	
Fig. 5	van de ring A	van de ring B	van de ring C	van de ring D
	cijfer	cijfer	aantal nullen	
	zwart 0	zwart 0	zwart -	geen ring
	bruin 1	bruin 1	bruin 0	20%
	rood 2	rood 2	rood 00	zilver
	oranje 3	oranje 3	oranje 000	10%
	geel 4	geel 4	geel 0000	goud
	groen 5	groen 5	groen 00000	5%
	blauw 6	blauw 6	blauw 000000	
	violet 7	violet 7	violet 0000000	
	grijs 8	grijs 8	grijs etc.	
	wit 9	wit 9	wit etc.	

6. — *Samenvatting :*

Electrische weerstand bezitten is een physische eigenschap eigen aan elke stof. De wet van Ohm geeft de betrekking aan tusschen een weerstand en de stroom door den weerstand en de spanning aan de klemmen.

Hoofdzakelijk maakt men chemische of metaalweerstand. De chemische zijn veel goedkooper en kunnen zeer kleine afmetingen hebben. Ze zijn echter weinig bestendig.

De metaal of draadgewikkelde weerstanden zijn zeer nauwkeurig te ijken en zijn stabiel in den tijd. Ze zijn redelijk duur en kunnen niet of moeilijk voor hogere frequenties gebruikt worden.

De regelbare weerstanden hebben dezelfde samenstelling als de vaste eenheden. Alleen zal een rechtlijnig of roteerend glijcontact of bij omschakelaar de waarde van den weerstand naar wensch wijzigen. Men zal vooral de vorm en den aard van het contact moeten nagaan om alleen bedrijfszekere elementen te nemen.

Voor de zelfregelende weerstanden gebruikt men meestal ijzer in een waterstofatmosfeer in serie met een staafje uraniumdioxide terwijl het geheel in een glazen kolf is ingesloten.

GAMMA ELECTRONICS Ltd.

Londen, Engeland.

Fabrikanten van alle radio- en aanverwante apparaten.

Radio - Televisie - Toestellen voor Hardhoorigen -
Intercommunicatie - Nijverheidselectronica -
Electronische Instrumenten

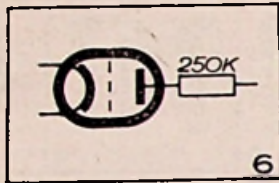
EXPORT-AGENTEN :

RITCHIE VINCENT & TELFORD LTD.

136a, Kenton Road, Harrow, Mx.

OP HET VASTELAND :

Lijsterbeslaan 35, Hliversum (Nederl.) P.B. 40



VIERDE LES

7. — Herhalingsvragen en oefeningen.

1) In een universele ontvanger (\approx) is het de gewoonte de gloeidraden der radiolampen in serie te schakelen en op het stadsnet aan te sluiten mits tussenschakeling van een weerstand.

Bereken de waarden van een serieweerstand en bepaal de noodige wattdissipatie alsmede de minimum toelaatbare draaddikte. Het is een toestel met 4 lampen voor 6,3 volt gloeispanning en 0,3A gloeistroom.

2) Welke verandering moet men aanbrengen wanneer in de vorige vraag de laatste lamp b.v. slechts 0,2A gloeistroom verbruikt?

3) Welk verschil bestaat er tussen een logaritmische en een antilogaritmische potentiometer?

4) We willen een shunt vervaardigen voor een miliampèremeter 0-1 mA.

De inwendige weerstand van het instrument is 50 Ω . Wij nemen aan dat een stroomdichtheid van 3 Ampère per mm² toelaatbaar is voor dunne draden.

Bepaal a) de soort draad en de gewenste draaddiameter ;

b) de noodige lengte van den draad ;

c) de afmetingen van het spoeltje waarop de weerstanddraad gewikkeld wordt.

5) In de anodekring van een radiolamp plaatsten wij een weerstand van 250 $k\Omega$. De anodestroom zal 1,5 mA bedragen.

Welke soort weerstand is hier aangewezen? Bereken de benodigde wattdissipatie (fig. 6).

Het kennen van de wattdissipatie is van belang daar de aankoop prijs er door bepaald wordt.

6) Bereken voor vraag n° 4 de weerstandverandering die zal optreden wanneer de temperatuur van den weerstand van 20° C (die we als normale kamertemperatuur beschouwen) stijgt naar 60° C.

Hoe groot is de weerstandsverandering in procent uitgedrukt?

7) In een meetinstrument willen wij de gloeidraadstroom der ingebouwde radiolampen stabiliseren.

De schakeling bevat 2 lampen in serie van het type 6,3V, 0,2A respectievelijk gloeispanning en stroom. Wanneer U over een lampenboek beschikt kunt U daarin het type zelfregelende weerstand kiezen dat in dit geval bruikbaar is.

Maak een schema van de door U voorgestelde oplossing.

8) Welk materiaal verkiest U bij het vervaardigen van meetweerstand? Verklaar uw antwoord.

VOORBEHOUDEN

AAN

A D Z A M

Herstelling van Luidsprekers

Eerst het belangrijkste : welke extra gereedschappen zijn noodig en over welke vervangbouwdeelen moet men kunnen beschikken? Bovendien : is de technicus handig genoeg en heeft hij voldoende ervaring om dergelijke herstellingen uit te voeren? — De eerste vraag is eenvoudig om te beantwoorden : enkele moersleutels — best een geheel stel steeksleutels (potsleutels) voor moeren van 3 tot 16 mm — een reeks prima schroevendraaiers van eerste kwaliteit, zorgvuldig geslepen, — enkele busjes voor kleefstoffen — de daarbij hoorende borsteltjes (een breed en een zeer fijn, voor elke lijmsort dus een paar), enkele busjes voor de lijmvandeningen en een busje voor het uitwasschen van de gebruikte borsteltjes — een schaar en een scheermes met handvat. Hierbij komen de kleefinrichtingen voor de spreekspoel, het centreerstuk, de versterkingsring, de lederring — de centreerinrichting voor het inbouwen van den luidsprekerconus (membraan of trilkegel) in het luidsprekerchassis, en tenslotte de kleefinrichting.

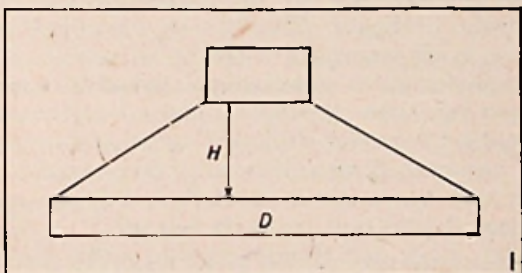


Fig. 1. - Nauwkeurige meting van den grootsten diameter en de hoogte van den conus is noodzakelijk voor het bestellen van den vervangconus.

Voor het bewaren van het materiaal, trilkegels en spoelen, centreerstukken enz., heeft men een droge plaats noodig.

De voorraad vervangstukken is geheel afhankelijk van het aantal herstellingen dat den technicus vermoedt te moeten uitvoeren. Zij moet in elk geval bevatten : trilspoelen en konussen van verschillende afmetingen ; centreerstukken, lederringen en aanpassingstransformatoren voor verschillende belastingen en met de verschillende aanpassingswaarden.

De tweede vraag, nl. of de technicus de noodige handigheid bezit, is niet zoo gemakkelijk te beantwoorden. Een vakman, die in den loop der jaren bewezen heeft, dat hij «precies» werken kan, en eenvoudige hulpinrichtingen zelf kan bouwen, zal meestal ook het geduld en de nauwgezetheid bezitten om de herstelling van een luidspreker tot een goed einde te brengen.

Bij het bestellen van kleefstoffen moet men den leverancier steeds inlichten over den aard van het te kleven materiaal : bv. papier op metaal, leder op papier, papier op papier enz. De meeste firmas leveren ook de oplos- en verdunningsmiddelen, want nagenoeg geen enkele van

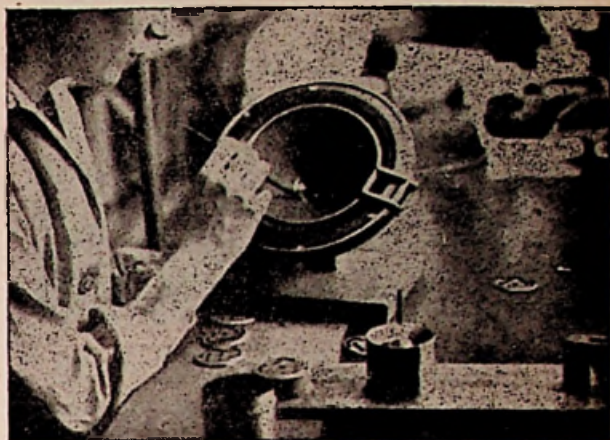


Fig. 2. - De conus wordt in een mal gelijkmatig met lijm bestreken.

deze lijmsorten mag met water verdund worden.

De controle bij de ontvangst.

De herstelling begint met een controle bij de ontvangst, m.a.w. zuiver mechanisch wordt eerst nagegaan, welke reparaties dienen te worden uitgevoerd. Men scheidt de luidsprekers met beschadigde, ingedrukte of losse conussen van deze, die geen uiterlijke beschadigingen vertoonnen. Dit heeft een zeer goede reden ; meestal heeft men geen geschikt centreerstuk of conus ter beschikking. Men kan deze laatste dan bestellen, terwijl men de uitwendig niet beschadigde luidsprekers herstelt. De bestelling van de vervangconussen geschiedt best direct bij de fabriek zelf waar den luidspreker gefabriceerd werd. Men geve steeds de volgende afmetingen op : a) diameter van den conus (D) — b) hoogte (H) tot aan het begin van de tril- of spreekspoel (zie fig. 1).

Het is aan te bevelen een conus met ingekleefde spreekspoel te bestellen. Hiervan moet den diameter op 1/10 mm na juist worden aangege-



Fig. 3. — De kleefrand van de centreerpin wordt voor het inkleven gelijkmatig met kleefstof bestreken.

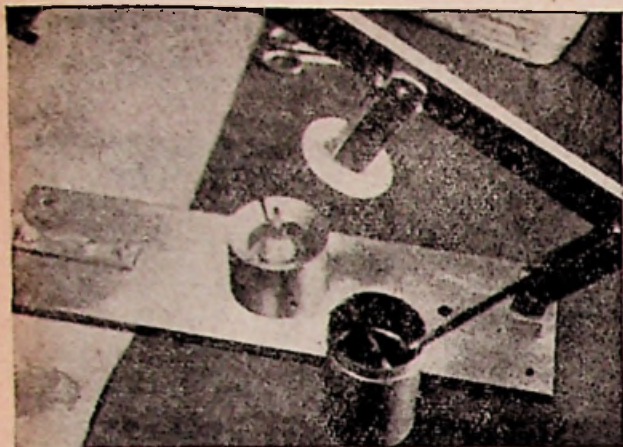


Fig. 4. — Mal voor het drogen van de ingekleefde centreerster.

ven evenals den aard der spreekspoel (met hoo-
gen of lagen weerstand). Is het type van den
luidspreker bekend, dan volstaat dit meestal voor
het opgeven der bestelling. Gaat het echter om
een verouderd type waarvoor geen vervangstuk-
ken meer te verkrijgen zijn in de fabriek zelf —
en wanneer het de moeite loont — dan richt men
zich tot een speciale fabriek van luidsprekerke-
gels. Men bekomt hier natuurlijk slechts een
conus. Men moet bijgevolg de spreekspoel, het
centreerstuk en den rand zelf vastkleven. Dit is
natuurlijk moeilijk en tijdrovend. Zeer waar-
schijnlijk kan men zich voor de herstellingskos-
ten een nieuwen luidspreker aanschaffen.

Van de oude, niet meer te herstellen luidspre-
kers, kan men vaak verschillende deelen gebruik-
en om andere te repareren.

De hoofdcontrole.

Eerst worden de verbindingen van het L.F.-
deel — meestal gaat het om een ingebouwen
luidspreker — losgemaakt en den luidspreker uit
de kast genomen, zoodat hij alleen met den aan-
passingstransformator op de werktafel komt. Wie
een toongenerator bezit « huilt » den luidspreker
nog eens door. Beschikt men niet over een L.F.-
generator dan moet men met een fonoplaat en
een versterker een toonfrequentie naar den luid-

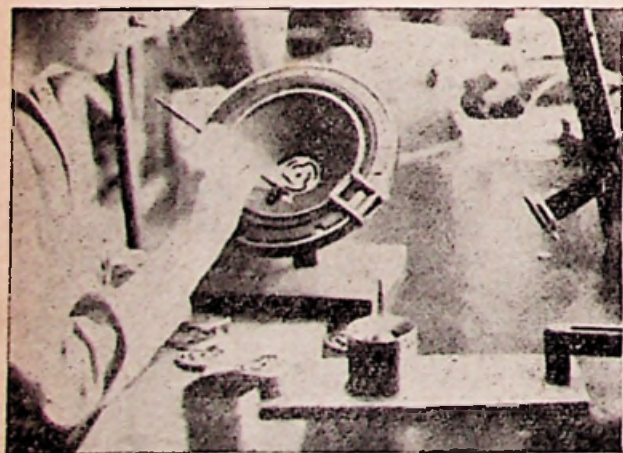


Fig. 5. — De centreerster wordt na inkleving nogmaals met kleefstof bestreken.

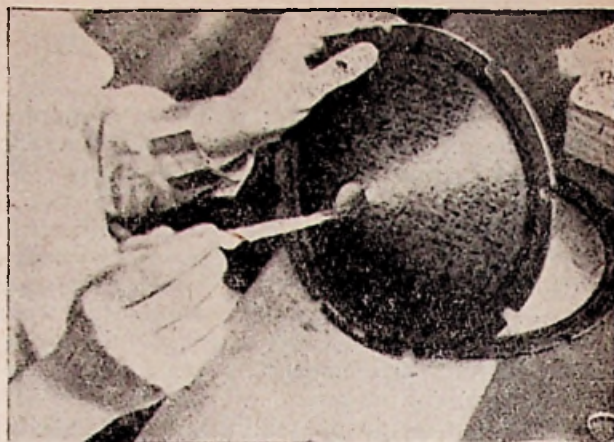


Fig. 6. — Voor het inzetten van de trilspool wordt de binnenzijde van den conus met kleefstof bestreken.

spreker voeren. Dan kan het volgende gebeuren :

- a) — de luidspreker werkt niet of slechts heel zwak ;
- b) — hij verwekt een zwak en vervormd ge-
luid ;
- c) — hij klettert of krast.

Betreffende a en b : de aanpassingstranstor-
mator wordt weggenomen, een normale aanpas-
singstransformator in de plaats gesteld en de
controle herhaald. Treedt een verandering op,
m.a.w. is de weergave thans onberispelijk, dan is
de transformator beschadigd. (Meestal kortslui-
tingen tusschen de wikkelingen.) Bezit men een
inrichting voor het wikkelen van transformatoren
dan kan men deze zelf herwikkelen, anders moet
men een vervangstuk bestellen, bij een gespe-
cialiseerd werkhuis of in de fabriek.

Men moet dan steeds opgeven welke eindlamp
in het toestel aanwezig is evenals den ohmschen
weerstand van de trilspool.

Is geen verandering vast te stellen, dan heeft
de trilspool een kortsluiting tusschen de lagen of
hare verbindingen zijn onderbroken. Is de lucht-
spleet van de magneet bevuild, dan klemt de tril-
spool. Dit komt ook vaak voor wanneer het cen-
treerstuk gelost is, waardoor den conus niet meer
geleid wordt. Men moet daarom ook de punten,

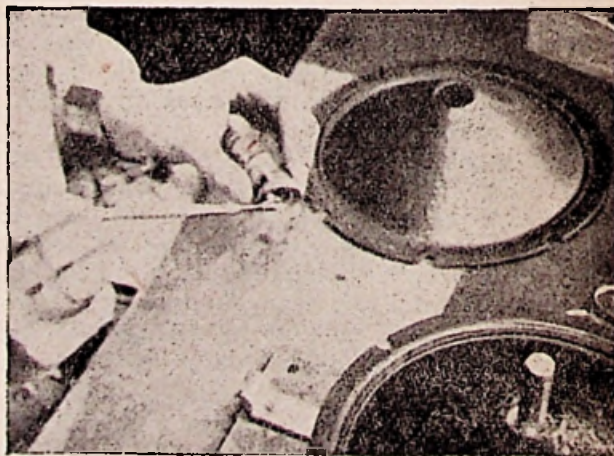


Fig. 7. — De trilspool wordt, vóór het inkleven in den conus op een doorn geschoven en gelijkmatig met kleefstof bestreken.

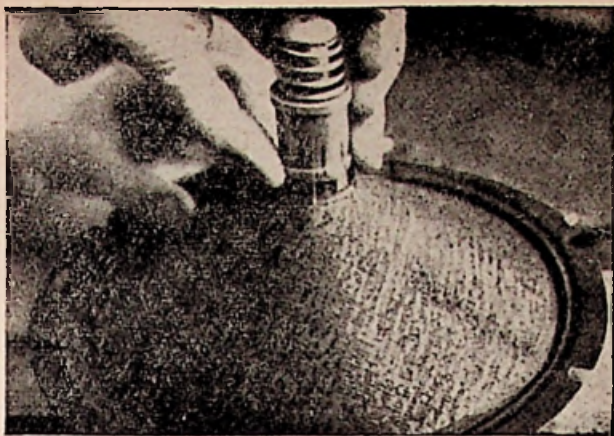


Fig. 8 — De trilspeel wordt ook met behulp van een doorn in den conus gekleefd. De doorn drukt den buitenwand van de trilspeel gelijkmatig tegen den binnenwand van den conushals.

waar het centreerstuk aan den conus vastgekleefd is zeer nauwkeurig onderzoeken. Op deze punten lost de bevestiging n.l. vrij gemakkelijk. Als gevolg hiervan treedt het bekende kletteren op. Stof, splinters e.a., kan men best door uitblazen met geperste lucht verwijderen. Meestal heeft men deze echter niet ter beschikking. Men kan zich echter ook met een fietspomp of dergelijke behelpen. Bij luidsprekers met permanent dynamische velden is de reiniging moeilijker, daar de metaalsplinters, die in de luchtspleet geraakt zijn, zeer vast kleven. Hier kan men slechts iets bereiken met hoogdruk — perslucht, of door het reinigen met bv. een duivenveer.

De reparatie.

Kletteren ontstaat vaak door een los centreerstuk. Ook breuken in de armen der centreerster — vaak zeer klein en bijna niet zichtbaar — veroorzaken gekletter. Het materiaal der ster — papier, novotex of bronsblik — breekt zonder bepaalde reden aan de kleinste doorsnede. Het gaat hier om natuurlijke slijtage of ouderdomsverschijnselen. De fout is het eenvoudigst te verhelpen door het uitwisselen van den conus. Is echter slechts de lijm gelost, dan wordt de ster losgemaakt, de kleeftand zorgvuldig van de lijmoverblijfselen gezuiverd — afweken met een

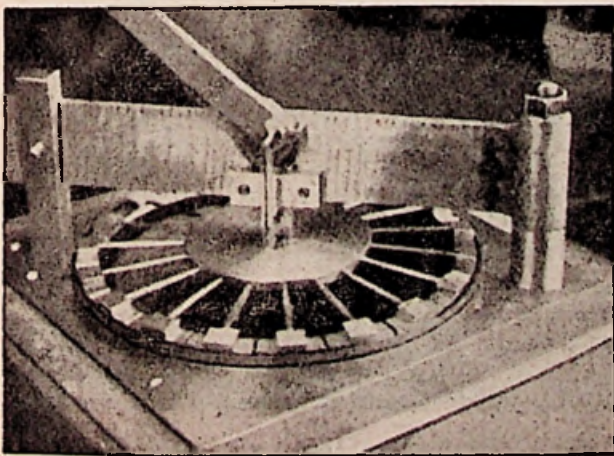


Fig. 9. — Met deze persmal wordt de met lijm bestreken conus in het luidspreker chassis gekleefd en gedroogd.

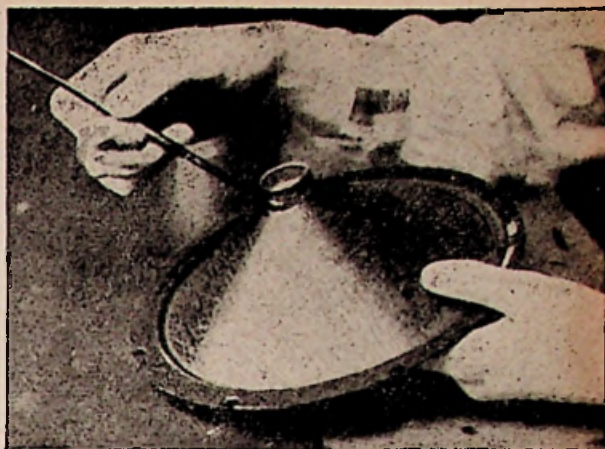


Fig. 10. — Bestrijken der trilspeel met acetonlak.

lijmverdunding — en met zandpapier afgewreven. Ook de conus wordt aan den kleeftand voorzichtig gezuiverd. Vervolgens wordt de ster terug opgekleefd met versche lijm, en in een mal onder lichten druk gedroogd. Hierbij zal men er vooral zorg voor dragen dat de ster recht vastgekleefd wordt.

Ook de trilspeel kan de oorzaak der fout zijn. Door de mechanische invloeden van het trillen lossen de wikkelingen soms — en rusten dan nog slechts los op het spoellichaam of schuiven in de luchtspleet. — Is het spoellichaam en de wikkeling niet vervormd of beschadigd, dan kan men meestal door het inwrijven met kleurloze lak, acetonlak, (niet te dik) de fout verhelpen. Is daarentegen de wikkeling of het wikkelllichaam beschadigd dan moet een nieuwe speel ingekleefd worden. Men besluit echter slechts dan tot een dergelijke reparatie, wanneer men geen volledige conus met centreerster ter beschikking heeft of niet kan bekomen. Het zelf bouwen van een trilspeel is meestal niet te doen daar dit veel te moeilijk is. Ook het opnieuw wikkelen is vaak niet mogelijk. Het inkleven van de trilspeel wordt zeer zorgvuldig en met speciale lijm uitgevoerd, nadat zij van den conushals losgemaakt en de lijm- en papieroverblijfselen verwijderd zijn (scheermes en lakoplossingsmiddel gebrui-

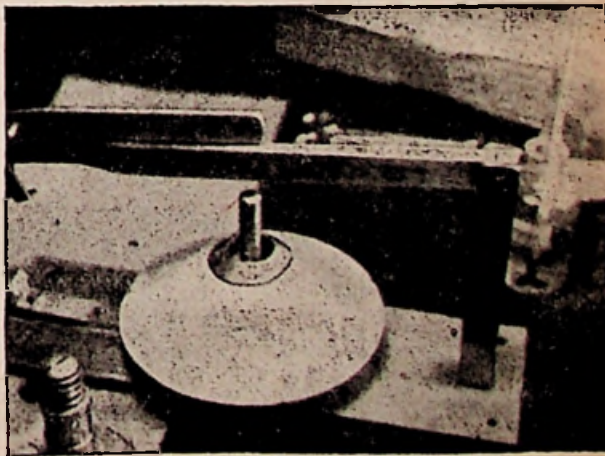


Fig. 11. — Drooginrichting voor de opgekleefde trilspeel

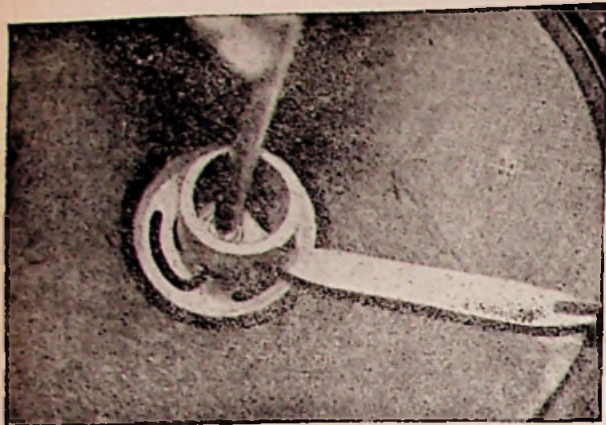


Fig. 12. — Na het opkleven en drogen van den conus wordt deze met behulp van een mal en sleutels gecenterd

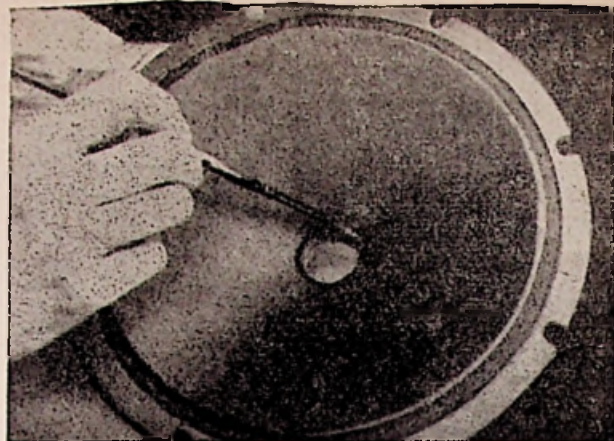


Fig. 14. — Na het inkleven wordt ook de in den conus uitstekenden rand der trilspoel nogmaals aangestroken.

ken). Hierbij bedenken wij dat de spoeleneinden ook op de juiste punten moeten naar buiten gevoerd worden. Dus de trilkegel goed en juist vastkleven, en vooral niet door een te ruwe aanraking het wikkellichaam ovaal drukken. In dit geval wordt het geheele werk waardeloos, daar men een ovale trilspoel niet kan centeren. De luidspreker zou dan nog kletteren.

Heeft men vastgesteld dat een deel van de kleefstof los is tusschen den conushals en de trilspoel dan kan men dit door het nalijmen verhelpen. Ook hier voorzichtig te werk gaan, want bij alle herstellingen waarbij men een conus niet uitneemt en men dus over het magneetveld of de luchtspleet werkt, moet men zeer voorzichtig zijn dat geen lijmrresten of materiaalsplinters in het veld of in de luchtspleet vallen.

Zijn de mechanische fouten aan den conus, de ster of de trilspoel hersteld, dan moet de luidspreker gecenterd worden, m.a.w. de trilspoel moet in de positie gebracht worden waarin zij, zonder tegen de magneet te stooten of te wrijven, in de luchtspleet bewegen kan als een zuiger in een pomp.

De conus moet zoo juist mogelijk in het chas-

sis gelegd en vastgekleefd worden. Vervolgens wordt hij in een mal gedroogd. Door de veerende armen der mal van fig. 11 — bereikt men een gelijkmatig verdeelde drukking op alle punten van den rand en daardoor ook een degelijke bevestiging. Is dit — na ongeveer twee uren — geschied, dan kan men met het eigenlijke centeren beginnen. Hiervoor heeft men een centermaal noodig volgens fig. 12. Vermoedt men dat men meerdere luidsprekers van hetzelfde type ter reparatie bekomt dan is het aan te bevelen, een mal met vaste veeren te vervaardigen uit niet-magnetisch metaal. Men kan deze ook bij de luidsprekerfabriek bestellen. Anders is het maken van een drietal 7 cm lange en 0,5 cm breede strooken uit bronsblik van 0,3 mm een goed vervangmiddel. Ook glad Bristol-papier (bv. van naamkaartjes) is zeer geschikt, maar natuurlijk niet zoo sterk. De blikveer wordt in hare lengte over een rond stuk metaal gebogen met denzelfden diameter als de trilspoel zoodat het ongeveer dezelfde straal als de luchtspleet bekomt. Deze drie strooken worden op een afstand van 120° tusschen den binnenwand der trilspoel en de kern van het magneetveld gescho-

(Vervolg p. 159)

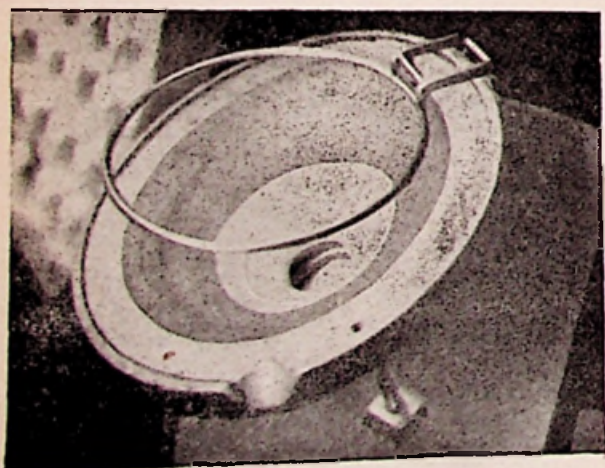


Fig. 13. — Inrichting voor het aanstrijken der kleefpunten van den conus met lijm.

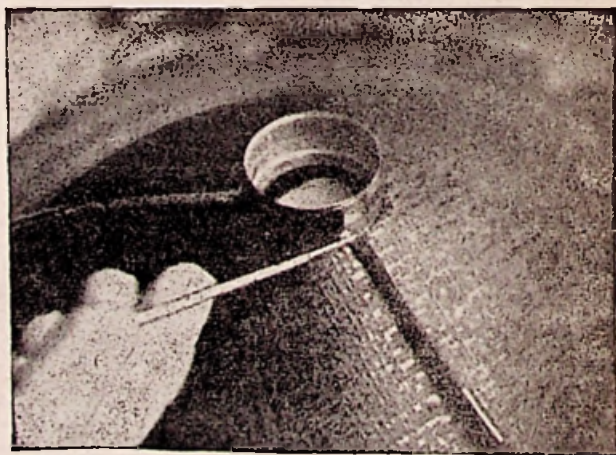


Fig. 15. — De einden van de trilspoelwikkeling worden na het opkleven der spoel met lijm aangestroken en gladgedrukt.

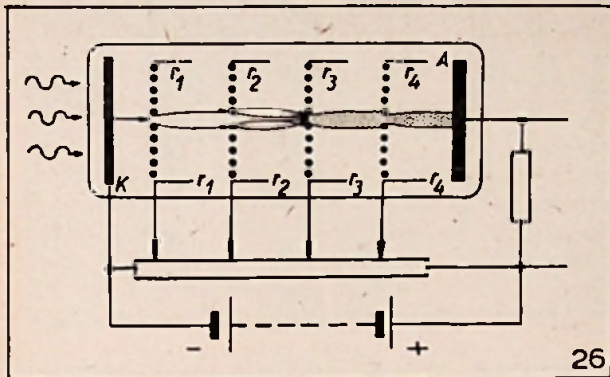
HET FOTO-ELECTRISCH EFFECT

door E. J. I. M. PALMANS

(Vervolg van blz. 122)

Nog eenvoudiger zou zijn tusschen de roosters, ringen in glas te voorzien; deze nemen gedurende de werking een negatieve lading aan en zorgen dan vanzelf voor de noodige bundeling.

In het begin van den vermenigvuldiger, daar waar de electronenstroom nog betrekkelijk zwak is, zou het kunnen volstaan dergelijke concentratie-elementen slechts om de twee of drie trappen te voorzien.



26

B) Vermenigvuldigers, waarbij de secundaire electronen aan de voorzijde worden vrijgemaakt.

Wat betreft hun opstelling, zijn de zoeven beschreven vermenigvuldigers voorzeker de meest eenvoudige; hun nadeel bestaat echter in het geringe rendement der dunne metaalblaadjes of roosters, ten opzichte van dit der massieve oppervlakken.

Onze voorkeur zal dan ook gaan naar die vermenigvuldigers, waarbij wordt gebruik gemaakt van de secundaire electronen, aan de voorzijde vrijgemaakt. 't Gaat er nu maar om de gewenschte opstelling te vinden.

Hier kunnen we weer twee, eventueel drie klassen onderscheiden:

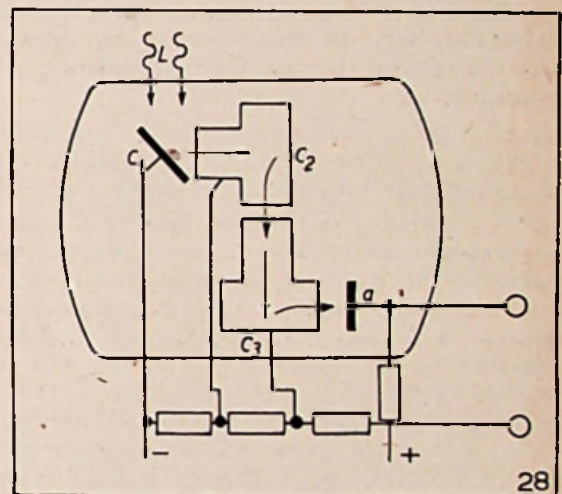
1°) De electrostatische electronenvermenigvuldigers, waarbij voor het richten der primaire electronen, electrostatische velden worden aangewend.

Een eerste type in deze klas vinden we weer-gegeven in fig. 27 die omzeggens geen nadere

verklaring vergt. Het volstaat uwe aandacht te vestigen op de tusschen de emissieplaten opgestelde, loodrechte platen, en welke tevens verbonden zijn aan de voorgaande emissie-electroden. Zonder deze zou inderdaad een primair electron uit de kathode vrijgemaakt zich het electron volgens een bepaalde kromlijnige baan, doorheen het electrodenstelsel naar de uiteindelijke anode voortbewegen, zonder de tusschenliggende emissieoppervlakken te treffen (fig. 27).

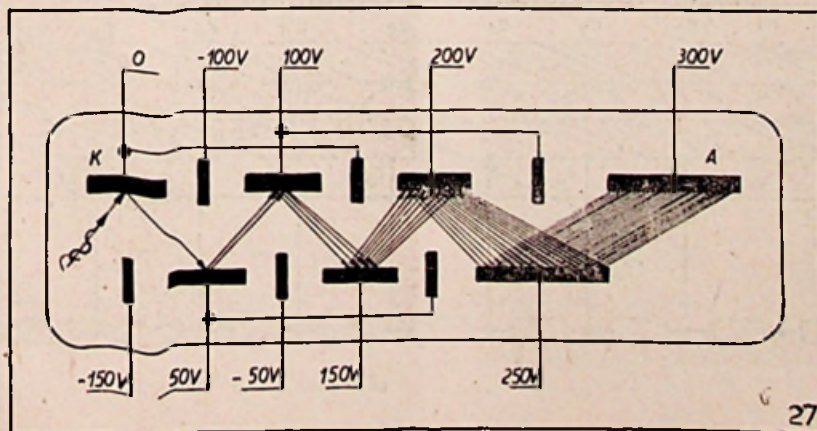
(Een gelijkaardige focuserende werking zou eventueel reeds bekomen kunnen worden door een behoorlijke kromming der kathode en emissie oppervlakken.)

Een tweede manier vinden we voorgesteld in bijgaande figuren 28 en 29, die ZWORYKIN vanwege hun vorm, als L- en T-vermenigvuldigers betitelde.

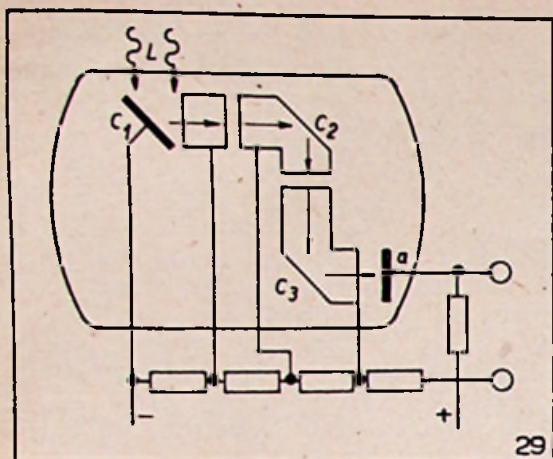


28

De primaire electronen worden door een electrostatisch lenzenstelsel, gevormd door twee co-axiale cylinders, op het eerste oppervlak met secundaire emissie geconstrueerd; de van daar uitgaande secundaire electronen, worden door een tweede gelijkaardig lenzenstelsel in een richting gezogen, welke met de invalrichting der primaire electronen, een hoek van 90° maakt (bij



27



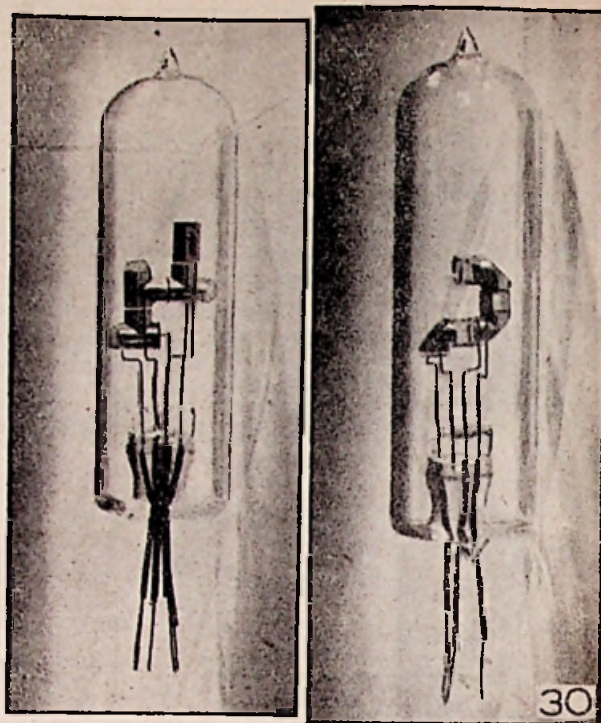
de L-vermenigvuldiger 45°), enz. Bij het type T vallen de primaire elektronen loodrecht op de plaat, maar worden de secundaire elektronen slechts onder een zeer kleine hoek naar de tweede en volgende platen gericht (zie ook afbeeldingen 30).

2°) De magnetische elektronenvermenigvuldigers, waarbij voor de focusseering der primaire elektronen gebruik gemaakt wordt van magnetische velden.

Fig. 31 geeft een schematische voorstelling van zulk een vermenigvuldiger. Zoals voor de hand ligt, zijn de emissie-oppervlakken hier niet tegenover, maar naast elkander opgesteld.

De bovenste platen zijn vanzelfsprekend positief geladen tegenover de secundaire kathode, en zoo dicht mogelijk bij de onderste geplaatst, om zodoende het electricch veld zoo sterk mogelijk te maken, en aldus de stroom die van een secundaire kathode kan bekomen worden, te verhoogen alvorens eventueele ruimteladingsbegrenzing optreedt. Deze minimum afstand is naar ZWORYKIN, gelijk aan de helft van den afstand tusschen de centra der opeenvolgende secundaire kathoden.

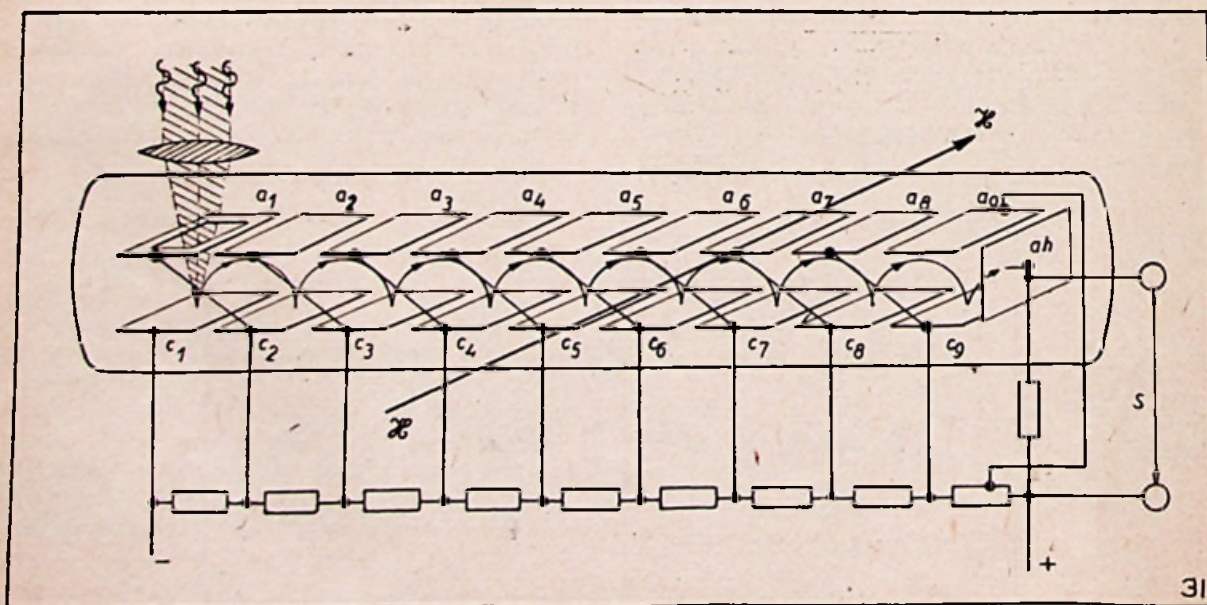
Om het aantal verbindingen buiten de buis te

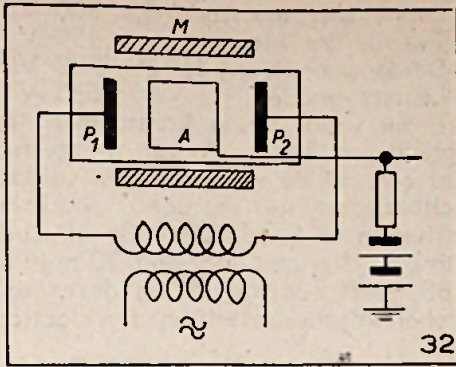


verminderen, zijn de bovenste platen verbonden aan de daar opvolgende secundaire kathode, zooals in fig. 31 aangegeven is.

Met datzelfde doel wordt eveneens de potentiometer voor de spanningsverdeling der eerste trappen, waarin de stroom slechts betrekkelijk gering is, meestal in de buis zelf opgenomen.

De magnetische veldsterkte moet natuurlijk zorgvuldig worden afgeregeld op het versnellend electricch veld tusschen de electroden, dit kan geschieden door regeling van den bekrachtigingsstroom der magneten. Verder moet ook het magnetisch veld over de heele lengte van het electrodensysteem homogeen en behoorlijk gericht zijn, namelijk loodrecht op de lengte-as van het systeem en parallel met de kathode- en anodevlakken. Is aan deze vereischten genoegzaam





voldaan, dan kunnen tot tien en meer trappen achter elkander worden geplaatst en op die wijze een miljoenvoudige versterking worden bekomen.

C) Dynamische elektronenvermenigvuldigers.

Alhoewel voor ons van weinig practisch belang, mag ter vervollediging aan de rij der elektronenvermenigvuldigers, nog een derde type worden toegevoegd, welke dient te worden toegeschreven aan FARNSWORTH.

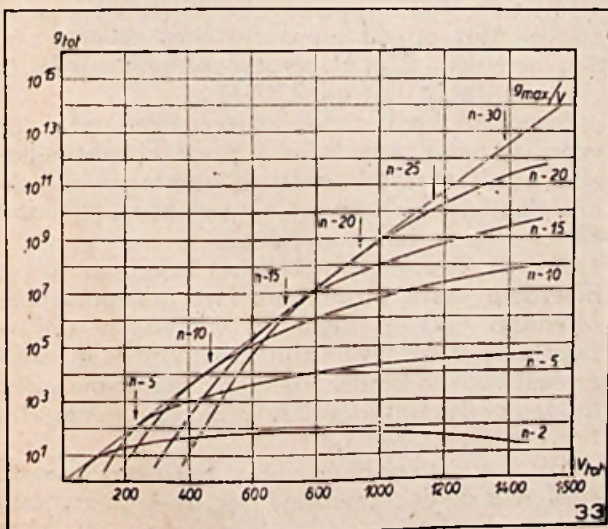
Hier voeren de electronen onder invloed van een hoogfrequent wisselveld, een heen- en weer-gaande beweging uit tusschen slechts twee secundaire kathoden, P_1 en P_2 . Als vang-electrode dient een, tusschen deze opgestelde, sterk positief geladen cylinder. Daar deze op zich de electronen te snel zou opzuigen wordt hare werking ten deele opgeheven door een longitudinaal magneetveld M en eventueel door de kathoden bolvormig uit te voeren en op die wijze de electronen te concentreren (fig. 32).

Bij gebrek aan praktische toepassingen zullen we hierop echter niet verder ingaan.

B) Werkdadigheid der elektronenvermenigvuldigers.

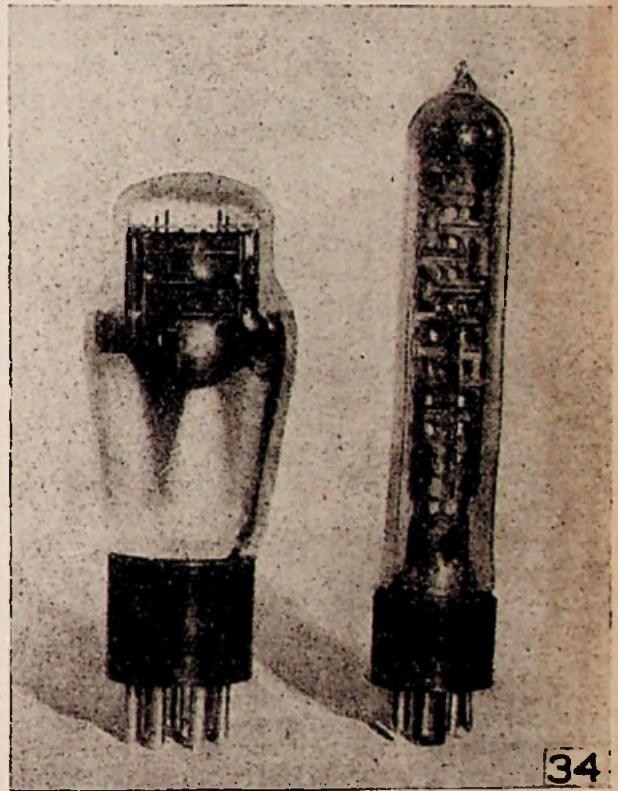
De versterking, die we met een elektronenvermenigvuldiger bereiken kunnen is afhankelijk :

- 1°) van het rendement der secundaire emissieoppervlakken ;
- 2°) van het aantal trappen.



In verband hiermede is het van belang te weten, welke versterking men voor een globale gegeven spanning bekomen kan in functie van het aantal trappen en de spanning van iedere trap. Dit wordt aangetoond in fig. 33.

Hieruit blijkt, dat de maximale versterking per Volt, in geval van 2 trappen bekomen wordt bij 100 V, zegge 50 V per trap ; in geval van 10 trappen bij 500 V, dus 50 V per trap enz. De meest werkdadige elektronenvermenigvuldiger is, zoo bewijzen de overige krommen, die vermenigvuldiger, die werkt op 40-50 V per trap. Uit de grafiek blijkt verder, dat met dergelijke elektronenvermenigvuldigers buitengewone versterkingen kunnen worden bekomen. Zoo bedraagt de versterking in geval van 10 trappen bij 500 V



ongeveer 30.000 ; in geval van 15 trappen bereikt deze bij een globale spanning van 800 V zelfs 10 miljoen.

Fig. 34 toont U de praktische uitvoering van een elektronenvermenigvuldiger met 11 trappen.

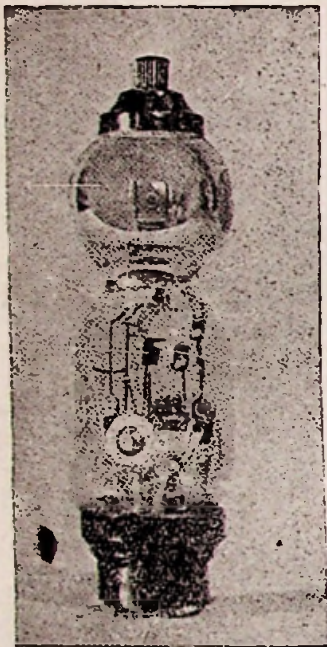
Gebruik der elektronenvermenigvuldigers. — Enkele typen.

De elektronenvermenigvuldigers vormen — zoo ligt voor de hand — buitengewoon geschikte versterkers voor foto-electrische stroomen van alle frequenties, en zelfs voor gelijkstroom. Hun voordeelen treden vooral op den voorgrond wanneer het gaat om zeer kleine lichthoeveelheden, zoals bij televisie met mechanische aftasting, astronomische metingen, spectrofotometrie enz. waar met foto-electrische stroomen van de grootte van 10^{-14} tot 10^{-16} A dient te worden gerekend.

Het gebruik der electronenvermenigvuldigers heeft echter geen zin meer, wanneer de licht-electrische stroom groter wordt dan ongeveer 10^{-8} A (voor constante belichting) en ongeveer 10^{-7} A voor veranderlijke belichting van b.v. hoorbare frequentie; in zulke gevallen is het gebruik van normale versterkers minder ingewikkeld.

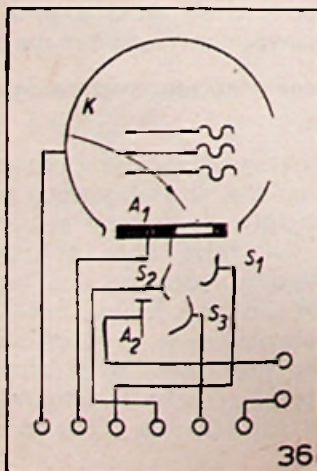
Toch heeft men onder dit opzicht zekere vorderingen gemaakt, zoodat sinds enkele jaren, electronenvermenigvuldigers van minder ingewikkelde constructie op de markt verschenen zijn, die met succes bij eenvoudige toepassingen, zooals sprekende film kunnen worden aangewend.

Onder dit opzicht mogen we b.v. melding ma-



ken van het Philipstype 3520; het bevat als versterkergedeelte 3 trappen met secundaire emissie; de werking is zuiver electrostatisch en vereischt dus geen afzonderlijk magnetisch veld. Bij een totale spanning van 635 V is de gunstige spanningsverdeling:

Fotokathode K	0 V
Eerste anode A ₁	25 V



Eerste sec. electrode S ₁	300 V
Tweede sec. electrode S ₂	450 V
Derde sec. electrode S ₃	580 V
Laatste anode A ₂	635 V

Onder die voorwaarden komt men tot een gevoeligheid van 2.000 μ A/lum, hetgeen betekent, dat een enkele versterkertrap voldoende is voor lichtvloeden van eenige tienduizendsten van een lumen. (Bij de sprekende film bedraagt de maximale lichtvloed ongeveer 20 millilumen.)

Fig. 35 geeft een afbeelding dezer cel; fig. 36 de schematische opstelling der electroden.

VI. — HET VOLUME EFFECT- OF FOTOCONDUCTIVITEIT FOTO-WEERSTANDEN

Bij welke stoffen doet zich de fotoconductiviteit voor?

De fotoconductiviteit bestaat daarin, dat onder inwerking van hoogfrequente electromagnetische stralen, isolatoren een bepaalde geleidbaarheid gaan vertoonen, terwijl bij halfgeleiders de geleidbaarheid in zekere mate verhoogd wordt.

Bij bestraling met X-stralen, vertoont iedere isolator het volume-effect. Het aantal der tot heden bekende stoffen, waarbij dit effect reeds optreedt onder inwerking van het zichtbare licht is tamelijk groot; hieronder kunnen wij vernoemen: het diamant, zinkblende, vloeispaat, verder halfgeleiders als loodglans (PbS), antimoonit enz.

De bij deze stoffen optredende stroomvermeerdering (Photostroom) is echter zoo klein, dat ze voor de practische constructie der Photo-weerstand niet in aanmerking komen. Hiertoe kunnen alléén dienen het selenium met toevoeging van Telluur en het Thalliumoxysulfide of Thalo-fid, stoffen welke we even nader zullen omschrijven.

Het Selenium.

Het Selenium werd ontdekt in 1817 door een Zweedsche scheikundige BERZELIUS; het neemt de 34^e plaats in, in het periodiek stelsel der elementen en is gelegen tusschen Telluur en zwavel, dus op de grens tusschen geleiders en niet-geleiders. Zijn atoomgewicht bedraagt 79,13, zijn smeltpunt ligt bij 220° C.

Selenium komt in de natuur zeer veelvuldig voor, alhoewel steeds in geringe hoeveelheden. Het wordt meestal practisch verkregen uit den neerslag, die zich vormt bij een bepaalde fabricatiemethode van zwavelzuur.

Zooals Zwavel komt ook het Selenium voor in meerdere vaste variëteiten. Het glazige amorphe selenium lijkt in kleur en voorkomen op het zwarte zegellak Nabij zijn smeltpunt is dit week en laat zich in draden trekken; verhit men deze draden onder water op 72° C, dan wordt het elastisch gelijk rubber.

Dit amorphe selenium vormt het uitgangsmateriaal voor de lichtgevoelige laag in de weerstandscellen. Het bezit onder zijn amorphe-vorm echter

geen elektrische geleidbaarheid en moet vandaar eerst in een gekristalliseerenden toestand worden gebracht. Er zijn echter drie kristalvariateiten. Een roode, nietgeleidende, een grijze, zwakgeleidende, welke ontstaat bij verhitting van het amorf selenium tot op 100°-150° C, en een heldergrijze beter-geleidende variëteit die men bekomt, wanneer men gesmolten selenium laat afkoelen tot op 200° C, en eenigen tijd op deze temperatuur houdt. Het zijn beide laatste variëteiten welke voor de weerstandscellen in aanmerking komen.

Het Telluur.

Het Telluur is het 52^e element in het periodiek stelsel, atoomgewicht 127,5, smeltpunt 452° C. Telluur komt in de natuur voor zoowel in zuiveren toestand als in verbinding met goud, zilver en koper; het wordt gebruikt in de keramische industrie.

Zuiver Telluur komt als materiaal voor conductiviteitscellen niet in aanmerking, maar wel als toevoegsel bij selenium (hierdoor wordt inderdaad de gevoeligheid der weerstandscellen naar het infra-roode gebied verschoven).

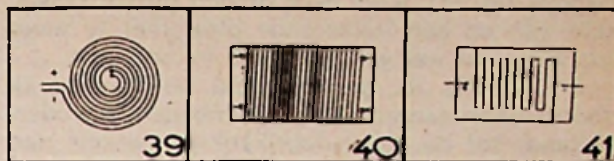
Het Thalofid.

Deze benaming werd door T. W. CASE toegekend aan een oxydatieproduct van het Thalliumoxysulfide. Thallium zelf, door CROOKES ontdekt in 1861, heeft als atoomgewicht 204, atoomnummer: 81, specifiek gewicht 11,85, smeltpunt 303,5° C. Zoals het Selenium (dat overigens met het Thallium absoluut niet verwand is), wordt het Thallium als nevenproduct gewonnen bij de fabricatie van zwavelzuur. In vasten toestand komt het in twee allotrope toestanden voor. Tot het bekomen van het lichtgevoelige Thalliumoxysulfide, wordt het korrelig Thallium door oplossing in zwavelzuur en daaropvolgende electrolyse in sponsachtig metalisch Thallium omgezet. Dit wordt door koken in gedistilleerd water onder toevoeging van zuurstof in Thalliumhydro-oxyde veranderd, van waaruit bij doorleiding van zwavelwaterstof het Thallium-sulfide vrijkomt. Bij langdurige verhitting (80° C) in een elektrische oven, treedt tenslotte de oxydatie van dit product op en heeft men het vereischte Thalofid.

DE WEERSTANDSCELLEN

a) Cel-types.

Vermits de specifieke weerstand der stoffen, die het innerlijk photo-electrisch effect vertoo-



nen, zeer hoog is (voor selenium ongeveer 2,10 Ohm/cm) moet bij de fotowerstanden, wil de stroom doorheen de cel nog waarneembaar zijn, de lichtgevoelige laag een zoo klein mogelijke lengte en een zoo groot-mogelijke doorsnede hebben, met als derde vereischte, dat de lichtgevoelige laag een zoo groot mogelijk oppervlak hebben moet, met het oog op het bestralende licht.

De hieraan beantwoordende types van cellen kunnen in twee klassen worden onderverdeeld:

1°) Deze waarbij de belichting evenwijdig gebeurt met de richting, waarin de stroom door de cel gaat; dit zijn de z.g. **Longitudinaal cellen** of ook wel klas B-cellen genoemd (zie fig. 37). Dergelijke cellen bekomt men een voudigweg door het aanbrengen van een lichtgevoelige laag tusschen twee met deze in goed contact zijnde electroden. Opdat de lichtgevoelige laag zou kunnen belicht worden, moet natuurlijk een der electroden doorzichtig zijn (onder den vorm b.v. van een dun goudlaagje).

2°) Deze, waarbij de belichting plaats vindt loodrecht op de richting, waarin de weerstandsverandering gemeten wordt (z.g. **transversaalcellen** of ook klas A-cellen genoemd, fig. 38).

De kenmerkende eigenschappen der longitudinaal-cellen zijn:

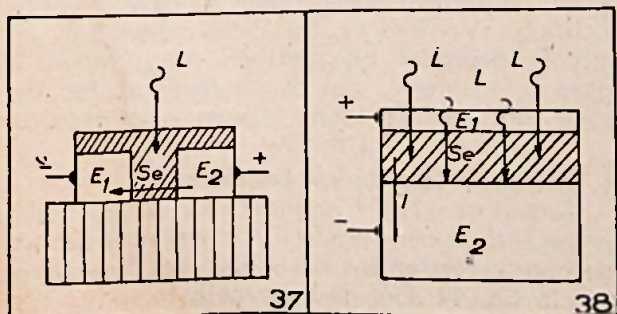
- 1°) lage weerstand,
- 2°) hooge gevoeligheid per eenheid van oppervlakte,
- 3°) betrekkelijk hooge electrostatische capaciteit.

De transversaalcellen bezitten daarentegen in het donker een weerstand van verscheidene megohm voor eenzelfde belicht oppervlak als hierboven. In de veronderstelling dat in beide cellen de seleniumlaag dezelfde dikte heeft, ligt het voor de hand dat de afstand tusschen de electroden in het algemeen voor de longitudinaalcellen kleiner moet zijn dan voor de transversaalcellen en dat bijgevolg de eerste slechts gebruikt mogen worden onder spanningen.

Terwijl de uitvoering der longitudinaal uit ter aard geen nader betoog vergt, kunnen de transversaalcellen op zeer verschillende wijzen worden verwezenlijkt.

1°) Naar de wijze van de eerste seleniumcel van Werner SIEMENS (fig. 39), waar twee geleidende spiraaldraden vastgelegd zijn op een isoleerende onderlaag, en waarop daarna het gesmolten selenium in een dunne laag aangebracht is, dat na behoorlijke verhitting in den gekristalliseerden toestand overgaat. Het is echter bijna onmogelijk de afstand der beide spiraalvormige electroden zeer klein te maken en nog moeilijker deze afstand overal gelijkmatig te houden.

Voordeeliger is dan ook de verwezenlijking



volgens fig. 40, waar twee draden bifilair gewikkeld zijn op een isoleerende plaat met te voren voorziene en wel gekalibreerde inkervingen.

2°) Vermits de gleidbaarheid en vandaar de photostroom aangroeit bij afnemende electrodenafstand, zal de cellen-fabrikant er vanzelf naar streven den afstand steeds kleiner te maken. Het uiterste in die richting kan bereikt worden met de volgende uitvoering: Een isoleerende plaat (een glasplaat b.v.) wordt met een dunne edelmetaallaag overtrokken, waarin bij middel eener verdeelingsmachine eene, in fig. 41 aangegeven, scheidingslijn getrokken wordt, die de metaalbelegging dus in twee van elkander gescheiden helften verdeelt.

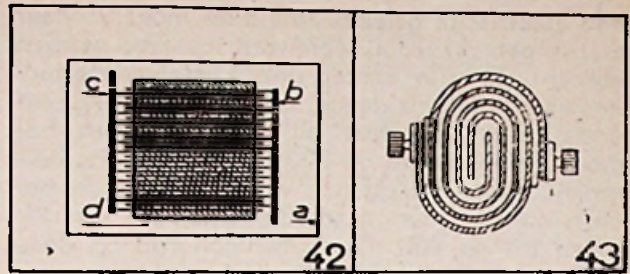
3° Een tegenhanger der voorgaande types vinden we voorgesteld in fig. 42 waarbij de isoleerende onderlaag geleidende overtreksels aangebracht zijn in den vorm van twee in elkaar grijpende electrodenkammen met fijne lijnvormige tanden. Er zij op gewezen dat in bijgaande figuur de strepen de electroden voorstellen, terwijl deze in de vorige figuur integendeel de isolatie voorstelt.

4°) **Condensator-cellen.** Hierbij bestaat het electrodensysteem uit een opgerolde condensator, die op de smalle zijde afgeslepen is. De seleniumlaag wordt aangebracht op dit afgeslepen oppervlak, en vormt een verbinding tusschen de twee electroden (fig. 43). In de plaats van een wikkelcondensator, kan natuurlijk ook een kleine mica condensator worden benut; het gebruik van mica als dielectricum heeft trouwens het voordeel, dat hij het sensibiliseeringsproces der gevoelige laag, geen rekening gehouden moet worden met de temperatuur, die in andere gevallen het dielectricum zou kunnen beschadigen.

Vorming en sensibiliseering der laag.

Bij de seleencellen en seleen-telluurcellen wordt het gevoelig materiaal meest in gesmolten toestand op het electrodenrooster aangebracht, waar het bij stollen in den amorphenglazigen toestand overgaat. Door een behoorlijk verhittingsproces (sensibiliseering) wordt het dan in de kristallijne vorm omgezet. De celweerstand hangt juist in hooge mate af van de toegepaste temperatuur en den duur van het proces. Men kan zich deze sensibiliseering ook besparen, wanneer men de zich nog in dik-vloeibaren toestand bevindende, laag onder gedurig omroeren laat verstijven. De op die wijze verwezenlijkte cellen zijn echter over het algemeen minder gevoelig en minder houdbaar.

Zeer dunne lagen bekomt men ook door verdamping in vacuum of kathodische verstuing van het selenium. Laten wij er hier maar onmiddellijk bijvoegen, dat — waar dunne lagen vereischt worden voor een goede gevoeligheid en een geringe traagheid (later nader te bepalen) té dunne lagen een kleine levensduur en een hooge weerstand hebben; er stelt zich dus een kritische waarde voor de lichtgevoelige laag, welke bij de seleencellen tusschen 10 en 40 μ gelegen is.



Bij de Thalofidcellen wordt het Thalliumoxydesulfid, waarvan wij de vorming zooeven bespraken, in fijn gepulveriseerden vorm op een heete glasplaat geblazen, zoo dat een dunne neerslag ontsaat, waarin vervolgens het strepenrooster getrokken wordt.

Daar alle lichtgevoelige lagen ook zeer gevoelig zijn voor vochtigheid, worden zij door een zoo mogelijk waterdicht lakovertreksel of insmelting in een luchtledige of met een inert gas gevulde glasballon beschut.

Commercieele weerstandscellen.

Een bekende commercieele seleniumcel is o.a. de « Radiovisor Bridge », aanvankelijk in Engeland en Duitschland bestudeerd en onlangs in Amerika voor industrieele doeleinden uitgewerkt. Hierbij bestaan de electroden uit twee kammen in goud, gevormd in een dunne seleniumlaag van $\pm 2,5 \times 10^{-3}$ cm. Deze plaats wordt geplaatst in een luchtledige glasballon, die daarna met een inert gas wordt gevuld.

De normale spanning waaronder deze cel kan werken is 100 V. Bij deze spanning bedraagt de weerstand bij niet-belichting 1-10 Megohm; bij waarde ongeveer tot op 1/4 van (1 à 10 Meg). Ook zijn nog bekend de Seleniumlamp der Gen. Electric. Cie, werkende onder dezelfde spanning; de weerstandsverhouding bij niet-belichting en belichting bedraagt voor 100 kaars 6.

Vermelden we ook nog de X-cell der Pacific Researchlaboratories. In tegenstelling met de voorgaande heeft deze een lage weerstand en moet werken tusschen 3 en 18 Volt. De lichtgevoelige laag is slechts 1,6 cm² groot en neergelegd op een uiterst fijn rooster. De weerstand bij niet-belichting is van de orde van 50 Ohm; voor 0,20 lumen en 9 V is de verhouding van weerstand ongeveer 3.

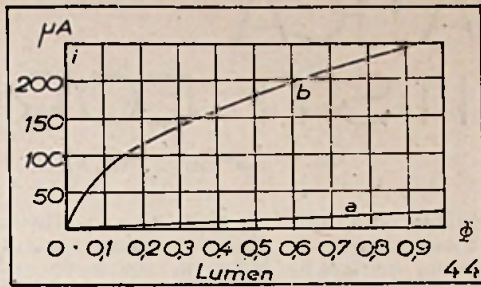
Karakteristieken der fotoweerstanden.

Alvorens hiertoe over te gaan laat er ons op wijzen, dat wanneer we spreken over « stroom in functie van belichtingssterkte », « stroom in functie van spanning », hier natuurlijk bedoeld wordt de photostroom, stroom als gevolg van belichting. Vermits er bij deze cellen ook een stroom doorgaat bij niet-belichting (laten we deze L_0 noemen), zal de photostroom het verschil zijn van de totale stroom I en deze L_0 :

$$i = I - i_0$$

Stroom in functie van belichting.

Terwijl de (I, Φ) kromme voor de luchtledige emissiecellen een rechte lijn is, verloopt deze bij de photoweerstanden kromlijinig zooals aangegeven in fig. 44 door de kromme b.



Als benaderende analytische voorstelling van het door kromme C weergegeven grafisch verband tusschen i en belichtingssterkte wordt voorgesteld :

$$i = A \Phi^x$$

waarin A een constante is, welke afhangt van de steilheid, m.a.w. van de betreffende cel en x naargelang de lichtgevoelige laag een waarde heeft tusschen $1/2$ en $1/3$.

Zet men de functie-waarde af in een diagram met dubbele logaritmische coördinatenmaatstaf, dan moet de aldus bekomen lijn volgens de betrekking

$$\log i = \log A + x \log \Phi$$

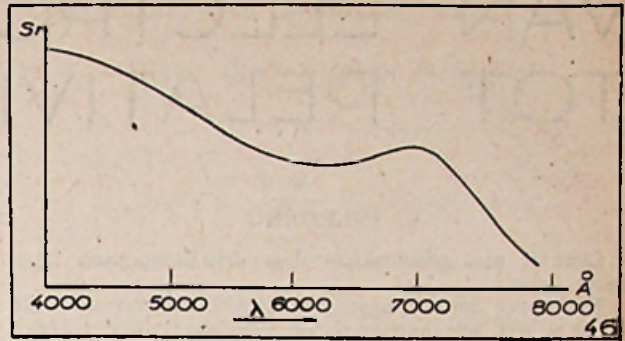
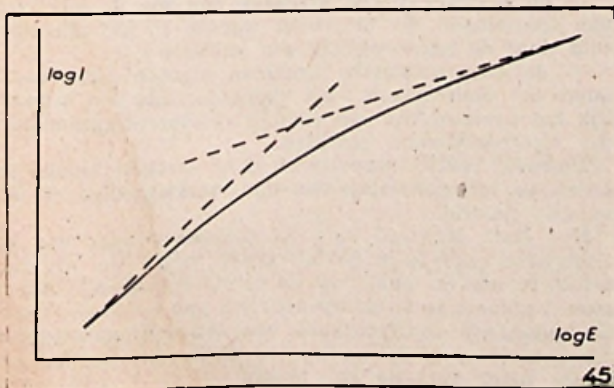
een rechte lijn zijn, hetgeen echter, volgens fig. 45, niet het geval is.

Voor kleine belichtingssterkte blijkt x inderdaad bij benadering gelijk te zijn aan $1/2$, voor groote daarentegen $1/3$.

Dientengevolge kan dan ook de vroeger voorgestelde betrekking (wel eens voorgesteld als de eerste wet der photoconductiviteit) en volgens dewelke de photo-stroom recht-evenredig is met den vierkantswortel der lichtsterkte, NIET behouden blijven.

Merken we hier nog op dat de gevoeligheid der weerstandscellen (zoals reeds bleek uit fig. 44) heel wat grooter is dan de photo-emissiecellen, zelfs de gasgevulde.

Terwijl bij deze cellen de gevoeligheid van de orde is van $150 \mu\text{A}/\text{lumen}$, kan deze bij photo-weerstandscellen gaan tot duizende en tienduizende $\mu\text{A}/\text{lumen}$. Waarom desondanks deze cellen niet meer praktische toepassing gevonden hebben, is te wijten aan zekere gebreken, die we aanstonds zullen leeren kennen.



Stroom in functie van spanning.

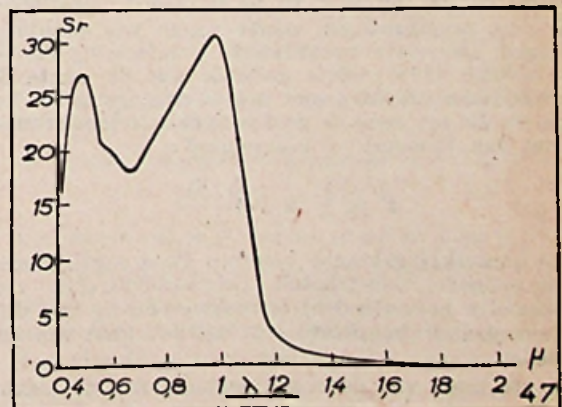
Tegen elke verwachting in verloopt de stroomspanningskarakteristiek bij de photo-weerstandscellen niet rechtlijnig, zoals dit het geval zou zijn bij een echte omhische weerstand, maar kromlijinig. Men noemt dit verschijnsel, dat zoowel bij belichte als bij niet-belichte cel optreedt, het **spanningseffect**. De verandering geschiedt zoo, dat de geleidbaarheid der cel bij niet-belichting toeneemt met de spanning. De geleidbaarheid in belichten toestand neemt bij menig exemplaar eveneens toe maar in veel geringere mate, bij andere daarentegen neemt zij bij groeiende spanning af. Dit heeft tengevolge, dat de gevoeligheid bij hogere spanningen kleiner is dan bij lagere spanningen.

I in functie van λ — Spectrale gevoeligheid.

De gevoeligheid der photoweerstandscellen strekt zich uit van in het Röntgengebied tot in het zichtbare spectrum; de gevoeligheidsgrens valt in het lange golfgebied nagenoeg samen met de waarnemingsgrens van het menschelijk oog.

Bij de seleen-Telluurcellen reikt deze grens zelfs tot in het infra-roode gebied. Alhoewel het verloop der karakteristiek in hun geheel natuurlijk afhangt van de samenstelling en voorafgaande vorming der gevoelige laag, hebben alle seleencellen toch dit gemeen, dat ze een scherp maximum vertoonen bij ongeveer 7000 \AA : en een tweede minder sterke maximum bij groen of blauwgroen.

Fig. 46 verduidelijkt dit, terwijl fig. 47 de spectrale gevoeligheid weergeeft eener Thaliofidcel.



(Vervolgt)

VAN ELECTROSTATICA TOT RELATIVITEITSTHEORIE

door M.T.J. HENNES

I. INLEIDING

Laat U niet afschrikken door den pompeusen titel, beste lezer!

Het opzet dat we nastreven is niet zoo vermetel als de titel wel zou kunnen laten veronderstellen, vermits we bescheiden, uw interesse zouden willen gaande maken voor den ontwikkelingsgang der theoretische electriciteit van, laten we zeggen, Coulomb af tot aan de moderne relativiteitstheorie.

Deze ontwikkeling zouden we willen volgen op heel eenvoudige wijze, dus zonder beroep te doen op ingewikkelde mathematische theorieën en methoden — alhoewel we graag toegeven dat, zonder behulp dezer laatste, elk dieper inzicht in de elektrische verschijnselen, om zoo te zeggen, uitgesloten is — met als leidraad de hoofdgedachte der geleerden.

De namen der geleerden kennen we Coulomb (1785), Faraday (1830), Maxwell (1891), Lorentz (1896), Einstein (1905)... Het zijn als zooveel mijlpalen langs den moeizamen maar schitterenden weg. Geniale geleerden die geniale theorieën opbouwden! Maar hoe geniaal ook, telkens moesten deze laatste de vlag strijken voor de proef — het soevereine feit! — en moesten ze vervangen of aangevuld worden door nieuwere concepten.

Dit synthetisch overzicht moet ons dus de evolutie der gedachten klaar maken en het waarom der moderne theorieën duidelijk doen beseffen.

Daarin schuilt alleszins een zeer groote voldoening voor dengene die een beter begrip wenschte te bekomen van de wonderbare elektrische verschijnselen die we dagelijks rondom ons zien gebeuren en zoo iemand moet beslist ieder radiotechnicus zijn of... worden. Trouwens, eenmaal de interesse gewekt, welnu, dan komt vanzelf de ijver voor verdere uitdieping, voor verdere studie: en dat is immers toch de bekroning nietwaar, beste lezer?

II. — DE WET VAN COULOMB (1785).

Dat men het amber door wrijving kon elektriseeren was reeds in de oudste oudheid bekend, maar het bleef bij de vaststelling van het feit.

Men heeft moeten wachten tot in de XVII^e eeuw om de proefnemingen op de wrijvingselectriciteit systematisch te doorvoeren (Gilbert, 1600; Gray, 1727).

In 1737 kon Dufay dan ook, aan de hand van doorslaggevende proefnemingen, besluiten, dat er twee electriciteitsmaten bestonden en een tijdje later bouwde Symmer (1759) zijn vermaarde theorie op der twee vloeistoffen: de positieve en de negatieve electriciteit.

Al deze proefnemingen echter waren van kwalitatieve aard. De eerste quantitative proefneming danken we Coulomb (1785): deze geleerde was de eerste die de elektrische krachten met zijn wringingsbalans kon meten en die het eerst de grondwet der electrostatica — de wet van Coulomb — neerschreef:

$$F = \pm k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

«De aantrekkingskracht tusschen twee ongelijknamige hoeveelheden electriciteit (afstootingskracht voor gelijknamige hoeveelheden) is recht evenredig met deze hoeveelheden en omgekeerd met het kwadraat van hun afstand.»

De gelijkenis van deze wet met die van de universele aantrekkingskracht uit de astronomie is verbaazend. Het hoeft ons dan ook geenszins te verwonderen

dat Coulomb een ander besluit uit de theorie van Newton zou overnemen, nl. het volgende: dat de actie tusschen de elektrische ladingen, zooals de actie tusschen de massa's der lichamen, oogenblikkelijk gebeurt op afstand en onafhankelijk is van het midden waarin de ladingen zich bevinden. Voor Coulomb stelt k dus een coefficient voor, onafhankelijk van het milieu, en herleidbaar tot één, bij een behoorlijke keuze van het eenhedenstelsel.

Een ander logisch gevolg van de gelijkenis der twee wetten was natuurlijk de toepassing op de electriciteitsleer van de resultaten bekomen door Laplace en Poisson, in de studie van het Newtoniaansch veld:

Bepaling van het «electrisch» veld:

$$\vec{H} = Z k \frac{Q}{r^2}$$

Bepaling van het «electrisch» potentiaal:

$$V = \sum k \frac{Q}{r}$$

met de gekende eigenschap:

$$\vec{H} = - \text{grad } V = - \left(\hat{i}_x \cdot \frac{\delta V}{\delta x} + \hat{i}_y \cdot \frac{\delta V}{\delta y} + \hat{i}_z \cdot \frac{\delta V}{\delta z} \right)$$

of:

$$H_1 = - \frac{\delta V}{\delta x_1}$$

Verder

$$\Delta V = \frac{\delta^2 V}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta z^2} = - 4\pi\rho$$

Deze laatste vergelijking wordt

$$\Delta V = 0$$

indien geen vrije electriciteit aanwezig is.

$$(\rho = 0)$$

III. — VAN COULOMB NAAR MAXWELL

Was de veronderstelling van Coulomb — oogenblikkelijke inwerking der ladingen op afstand en onafhankelijk van het milieu — gegrond? Wij weten thans natuurlijk beter.

Reeds in het begin der XIX^e eeuw had Cavendish den invloed van het milieu (dielectricum) op het laadvermogen der condensatoren vastgesteld.

Voortbouwende op deze proefnemingen verwierp Faraday (1830) de hypothese van Coulomb en stelde zijn theorie der middellijke actie voor:

— de electrostatiche krachten zijn toe te schrijven aan spanningen die opgewekt worden in het dielectricum door de aanwezigheid der ladingen;

— de electrostatiche krachten planten zich voort langs het dielectricum: dit vooronderstelt dan natuurlijk het bestaan van een eindige voortplantingssnelheid der electrostatiche krachten.

Maxwell (1890) maakt zich deze opvatting eigen en neemt ze tot grondslag van zijn merkwaardige en beroemde theorie.

Hoe stelt Maxwell zich de verdeeling voor van de elektrische energie in het electrisch veld? Om dit duidelijk te maken gaan we de eerste hypothesis onderzoeken steunende op de opvattingen van Coulomb; daarna zullen we de hypothese van Maxwell onderzoeken die, getoetst aan de eerste, ons de ideeën van den geleerde beter vatbaar zal maken.

Eerste hypothese : De energie die we noodzakelijkerwijze moeten leveren om een lading in een electrisch veld te brengen zet zich om in potentieele energie die op de lading zelf samengebald blijft.

Wanneer dus een electrisch veld volledig samengesteld is, dan is de totaliteit der potentieele energie van het veld geconcentreerd op de ladingen van het veld.

De ruimte is, van uit het standpunt der energie, gebleven zooals ze was vóór het scheppen van het veld.

De actie der electrische ladingen op elkaar kunnen we ons in deze hypothese moeilijk voorstellen, vermits we, in een punt waar zich een lading bevindt, slechts deze lading vinden met haar potentieele energie, met uitsluiting van ieder spoor van de energie der andere ladingen.

Aanvaardt men deze hypothese, dan kan men slechts de actie der ladingen op afstand vaststellen, zonder ze te kunnen verklaren.

Hypothese van Maxwell : De arbeid die geleverd wordt in elk punt van de loopbaan eener lading in een electrisch veld, concentreert zich niet op de lading maar wel in de ruimte die haar omringt. De totaliteit der potentieele energie van een electrisch veld ligt bijgevolg verspreid in de ruimte. Elk elementair volumen bevat een deeltje dezer energie. En het scheppen van een electrisch veld beïnvloedt bijgevolg de energetische verhoudingen in de ruimte.

Wanneer nu een lading in het veld wordt geplaatst dan is deze laatste omringd door energie te wijten aan AL de ladingen in de ruimte. En de actie tusschen de ladingen onderling kan alzoo beter verklaard worden.

LAMPVOLT METERS

(Vervolg van blz. 140)

P geeft de waarde van I bij een lekweerstand van $0,5 \text{ M}\Omega$ en een H.F.signaal van $0,5 \text{ V}$. (amplitude).

Nu is te schrijven :

$$V = -A \cdot R \cdot \epsilon \frac{V}{V_T} \cdot B_0$$

en we noemen

$$V = V_0 + \Delta V$$

waarin V_0 de spanning voorstelt over R bij $V_m = 0$ zodat

$$V + \Delta V = -A \cdot R \cdot \epsilon \frac{V_0 + \Delta V}{V_T} \cdot B_0$$

Voor $V_m = 0$ is $B_0 = 1$ zodat dus

$$V_0 = -A \cdot R \cdot \epsilon \frac{V_0}{V_T}$$

We kunnen nu schrijven

$$V_0 + \Delta V = V_0 \cdot \epsilon \frac{\Delta V}{V_T} \cdot B_0$$

of

$$1 + \frac{\Delta V}{V_0} = \epsilon \frac{\Delta V}{V_T} \cdot B_0$$

Af te leiden is nu, dat voor kleine signalen ($V_m < 30 \text{ mV}$) ΔV bepaald wordt door

$$\Delta V = K \cdot V_m^2$$

dwz. de detectie is kwadratisch!

Voor grote signalen ($V_m > 10 \text{ V}$) geldt

$$\Delta V \approx -V_m$$

dwz. de gelijkrichting is dan ongeveer lineair.

Voor willekeurige waarden van V_m kan men de spanning over R uit fig. 8 bepalen.

Wiskunde en grafische oefeningen

voor den Radiotechnicus

(Vervolg van blz. 142)

$$\log a = \frac{\ln a}{\ln e} = 0,43425 \ln a$$

$$\log ab = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log a^n = n \log a$$

$$\log \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \log a$$

Vergelijkingen

$$a + b = c \text{ geeft :}$$

$$a = c - b \text{ of } b = c - a \text{ of } a + b - c = 0$$

$$a - b = c \text{ geeft :}$$

$$a = b + c \text{ of } b = a - c \text{ of } a - b - c = 0$$

$$a \cdot b = c \text{ geeft :}$$

$$a = \frac{c}{b} \text{ of } b = \frac{c}{a} \text{ of } \frac{a \cdot b}{c} = 1$$

$$\frac{a}{b} = c \text{ geeft :}$$

$$a = b \cdot c \text{ of } b = \frac{a}{c} \text{ of } \frac{a}{b \cdot c} = 1$$

Algemeene vorm eener vergelijking van den eersten graad met een onbekende

$$a x + b = 0$$

met de oplossing

$$x = -\frac{b}{a}$$

Algemeene vorm eener vergelijking van den eersten graad met twee onbekenden (lineaire functies in x of y):

$$a x + b y + c = 0$$

Zoo ook met n onbekenden

$$a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots - a_n x_n = 0$$

Om eenvoudige oplossingen te bekomen zijn bij n onbekenden n onderling onafhankelijke vergelijkingen noodig

Algemeene vorm eener vergelijking van den tweeden graad met een onbekende

$$a x^2 + b x + c = 0$$

met als oplossingen

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Algemeene vorm eener vergelijking van den tweeden graad met twee onbekenden :

a) Functie van den tweeden graad in x

$$y = a x^2 + b x + c$$

b) Functie van den tweeden graad in x en y

$$a x^2 + b x + c x y + d y^2 + e y + f = 0$$

Om eenvoudige oplossingen te bekomen zijn twee onderling onafhankelijke vergelijkingen noodig.

Een vergelijking van den n-graad heeft n-wortels.

De volgende maal gaan we over naar het tweede gedeelte, waarin de voornaamste meetkundige begrippen zullen worden behandeld.

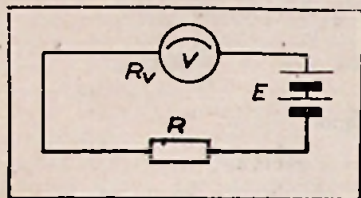
WIJ ANTWOORDEN

C. J. M., van Meenen, vraagt: *Is het mogelijk het aantal Ohms per volt van een Universeel meetinstrument te berekenen, wanneer dit op het instrument niet vermeld staat? Hoe?*

Het aantal Ohms per volt aan een meetapparaat kan men gemakkelijk berekenen.

Men verwezenlijkt de volgende schakeling:

Men meet eerst de spanning van de batterij of droge cel, noemen we die spanning E. Daarna plaats men in serie met den voltmeter een weerstand R, waarvan men de waarde met voldoende nauwkeurigheid kent. Men zal nu een kleinere spanning meten; zij die spanning E₁.



Men past volgende formule toe:

$$R_v = \frac{R}{\frac{E}{E_1} - 1}$$

Hierin is R_v de weerstand van den voltmeter voor het meetbereik V volt b.v.

Om het aantal ohms per volt te weten deelt men R_v door V.

Voorbeeld: Gebruiken we het meetbereik 10 V. Veronderstellen we dat E = 4,5 V; E₁ = 3 V; R = 5.000, dan hebben we:

$$R_v = \frac{5.000}{\frac{4,5}{3} - 1} = \frac{5.000}{0,5} = 10.000$$

Aantal ohm per volt is: $\frac{10.000}{10} = 1.000$

Herstelling van Luidsprekers

(Vervolg van blz. 150)



Fig. 16. — Voor het inzetten van den conus wordt de luchtspleet van de magneet met perslucht uitgeblazen en van stof en splinters gezuiverd.

ven. In deze positie wordt dan de ster vastgeschroefd met behulp van een sleutel en een schroevendraaier. Nu worden de regelveeren uitgetrokken. Na het maken van de soldeerverbindingen is de luidspreker weer in orde.

In de practijk worden twee verschillende cen-

treermethodes gebruikt. De inwendige centree-ring — die wij tot dusver besproken hebben — en de uitwendige centree-ring waarbij de centree-ster niet in den conus zit maar aan de buitenzijde van deze laatste in de nabijheid van de trilspool. Deze centreewijze is geschikt voor groote amplituden, waarom zij bijzonder voor laagtoonluidsprekers gebruikt worden. Het herstellen van deze luidsprekers geschiedt op dezelfde wijze als bij de inwendige centreeing. De figuren toonen het verloop van de afzonderlijke werkfasen aan, nl. de voorbereiding en het inkleven tot het centreeeren van den conus toe.

Het Vraagstuk der Aanpassing

(Vervolg van blz. 135)

Dan is

$$N_{\max} = \frac{V_0^2}{16 \rho \gamma}$$

$$N_a = \frac{V_0^2}{2 \pi \rho \gamma}$$

en

$$\eta = \frac{\pi}{8} = 0,393$$

V. — BESLUIT

Hieronder vatten we de voornaamste punten samen:

1) Bij passieve lineaire dipolen heeft men aanpassing wanneer

$$Z = Z_1^*$$

Het nuttig verbruikt vermogen in Z bedraagt alsdan de helft van het totaal vermogen geleverd door de bron ($\eta = 50\%$).

2) De transformatieregel der ideale transformatoren wordt uitgedrukt door:

$$Z_1 = Z \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

Bij tusschenschakeling van een transformator bekomt men de aanpassing voor:

$$Z_1 = Z \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 = Z_1^*$$

Het nuttig verbruikt vermogen in Z bedraagt in dit geval eveneens de helft van het totaal geleverd vermogen.

3) Transformatoren uit de practijk kunnen omgevormd worden tot equivalente ideale transformatoren, door toepassing van den transformatieregel:

$$Z_1 = Z \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

4) Passieve, lineaire vierpolen (fig. 11) waarvan we de vergelijkingen (25) (26) kennen, worden vervangen door een equivalent schema (fig. 12) waarvan U' en Z₁' respectievelijk door vergelijkingen (32 en (33) gegeven worden. Men heeft aanpassing wanneer:

$$Z = Z_1^*$$

5) Eindversterkers:

a) Klas A — triode-versterker:

Men heeft aanpassing voor $R = 2 \rho$.

Schakelt men een transformator tusschen den eindtrap en den luidspreker dan bekomt men verder:

$$R = R_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

b) Klas A — pentode-versterker:

De besluiten zijn dezelfde als voor de Klas A triode-versterker, echter met den fictieven inwendigen weerstand $\rho \gamma$ in plaats van ρ .

c) Push-pull-versterker, Klas B, pentodes:

Men heeft aanpassing voor

$$R = \rho \gamma$$

met, indien een transformator wordt tusschen geschakeld:

$$R = R_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

BON

(Voor de Redactie).

In welke artikels stelt U het meest belang?

Welke onderwerpen zoudt U graag behandeld zien?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

FOTO-ELECTRICITEIT EN HARE TOEPASSINGEN

1) Phototube-amplifier. Een fotocel-versterker.

(J. F. Scully, Electronics, oct. 1945. Vol. 18, n° 10, blz. 168.)

Beschrijft een nieuwe versterkerschakeling voor het nagaan van industriële uitrustingen door middel van een electrischen celuitgang. Koppel-capaciteiten worden niet gebruikt, daar men het schermrooster drijft inplaats van het stuurrooster van de uitgangsbuis.

VERSTERKERTECHNIEK

1) Negative Voltage Feedback.

Negatieve spannings-terugkoppeling.

(C. Builder, Proc. Inst. Radio Engrs, Austr., Aug. 1945. Vol. 6, n° 2, blz. 3-6.)

Bepaalt de spanningsversterking van een versterker, uitgaande van de complexe verhouding uitgang- tot ingangspanning van den versterker en den versterkings-

factor $\frac{dE_a}{dE_g}$ voor I_a constant, voor E_a uitgangspanning en E_g ingangspanning dE_g . Worden afgeleid om de versterking en uitgangsimpedantie van een versterker met negatieve terugkoppeling te berekenen.

2) Biological Amplifiers.

Versterkers voor Biologiewerk.

(D. H. Parnum, Wireless World, Nov. 1945. Vol. 51, n° 11, blz. 337-340.)

De spanningen die men in de biologic aantreft zijn van de orde van 50 mV tot 2 mV bij frequenties van 0 tot 10 Hz. De grootste moeilijkheid is de 50 Hz van het Net. die interfereeren. Dit wordt overkomen door balansing en balansversterking. Kringen worden be-

schreven en voornamelijk een zonder goede aardeverbinding; van groot belang bij werk op personen.

3) Some Fundamental considerations in Military Amplifier Design.

Enkele grond-beschouwingen omtrent militaire versterkers.

(L. Chertok, J. Soc. Mot. Pict. Engrs, July 1944. Vol. 43, n° 1, blz. 10-18.)

Beschrijft het bouwen van versterkers bestand tegen schokken en werkend onder alle omstandigheden, zooals vochtigheid en hitte.

De afvlakcondensatoren en weerstanden zijn het onderwerp van een diepe studie.

4) Some considerations concerning the internal impedance of the cathode follower.

Enkele beschouwingen omtrent de innerlijke impedantie van de cathodekoppeling-versterkers.

(H. Goldberg, Proc. Inst. Radio Engrs, n° 4. Nov. 1945. Vol. 33, n° 11, blz. 778-782.)

Ontleding van een cathode-koppelingsversterker met C in parallel over de belasting R. Spanningsformatie en sinusgolfingang worden nagegaan.

5) Methode of applying Negative feedback. Negatieve terugkoppeling.

(Electronic Engrs. Nov. 1945. Vol. 17, n° 213, blz. 770-771.)

Zeven R-schakelingen welke methodes weergeven om negatieve stroom of spanningsterugkoppeling te verkrijgen.

6) The resistance coupled Amplifier.

Weerstandsgekoppelde versterker.

(D. G. Cocolos, Trans (mon) Amer. Inst. Elect. Engrs. June Supplement 1945. Vol. 64, blz. 359-365.)

De koppelingen kunnen vervangen worden door een schakeling van weerstanden en capaciteiten, welke toelaten op eenvoudige wijze de phase en de amplitude van het signaal te bepalen. Een grafische methode laat toe het werkpunt te bepalen en de verschillende belastingsweerstand te berekenen.

ANTENNE EN TRANSMISSIELIJNEN

1) Relations entre les oscillations libres et forcées d'un conducteur solide et application à la théorie de l'antenne fictive.

Betrekkingen tusschen de vrije en gedwongen trillingen van een vaste geleider en toepassing op de theorie der fictieve antenne.

(P. Nicolas, l'Onde Electrique. Avril 1945, n° 221, blz. 25-28; n° 222, blz. 61-66.)

De antenne kan, zooals men weet, vervangen worden door de zogenaamde « fictieve antenne », bestaande uit een capaciteit, een self-inductie en een weerstand in serie, m.a.w. een serie-resonantiekring.

Deze voorstelling is waar in de buurt van de grondfrequentie der antennes. Men bewijst, dat deze doenvijze op een ernstige theoretische basis berust. Het betoog is gebaseerd op de eigenschappen der integraalvergelijkingen. In geval de integraalvergelijkingen moeilijk te interpreteren zijn, geeft men een overzicht van de andere methodes, die kunnen gevolgd worden en die dan leiden tot een benaderende waarde der oplossing van het vraagstuk.

2) Théorie et vérification expérimentale de l'étalonnage des appareils de mesure de champs par rayonnement.

Theorie en proefondervindelijke controle van de juistheid der ijking van de veldmeettoestellen, door straling.

(J. S. Mac Petrie & J. A. Saxton. Journal of the Institution of Electrical Engineers, V. 8 III. 1 mars 1941, blz. 11-14 en 15-17.)

De methodes, die gewoonlijk gebruikt worden voor het ijken van veldmeters, voldoen niet in het korte-golfgebied.

Men heeft een nieuwe directe methode van ijken uitgewerkt, waarbij men gebruik maakt van een speciaal zender, die horizontaal-gepolariseerde stralen uitzendt. Deze zender moet op eenige golflengten afstand van den ontvanger verwijderd zijn. Deze methode kan alleen gebruikt worden voor golven onder de 30 meter.

Alle



Electrische

MEETINSTRUMENTEN

Laboratoria **VANDAMME**

Amerikalei, 188

ANTWERPEN — Tel. 751.59

