

Nº 1. 16^e JAARGANG
JANUARI 1933

RADIO- NIEUWS

ORGAN DER
NEDERLANDSCHE
VEREENIGING VOOR
RADIO-TELEGRAFIE

BIBLIOTHEEK
N.V.H.B.F.

INHOUD:

	Bladz.
Uitgangstransformatoren voor l.f. versterkers	1
Smooerspoulen met gelijkstroommagnetisatie .	9
De opname van Geluidfilm	18
Vereenigingsnieuws	32



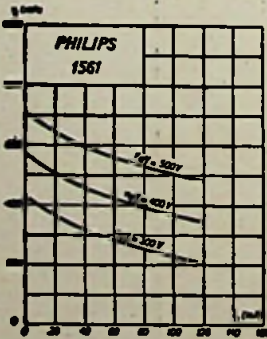
PHILIPS
1951



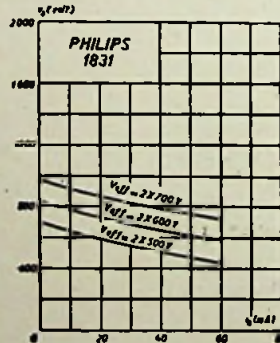
PHILIPS HOOGVACUUM GELIJKRICHTBUIZEN

VOOR DUBBELFASIGE GELIJKRICHTING,

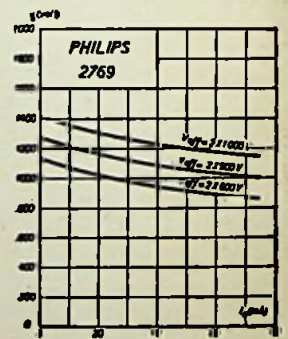
ZIJN IN HET BIJZONDER GESCHIKT VOOR VOEDING VAN VERSTERKERLAMPEN



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



1831 VOOR
25 WATT VERSTERKERLAMPEN
ZOOALS F 410, F 443



2769 VOOR
GROOTERE VERSTERKERLAMPEN
ZOOALS M C 1/50

N.V. PHILIPS' RADIO

Radio-Nieuws.

ORGAAN VAN DE NED. VER.

Onder Redactie van J. CORVER,

BURNIERSTRAAT 38,

DEN HAAG.



VOOR RADIO-TELEGRAFIE.

Uitgever: N. VEENSTRA,

LAAN VAN MEERDERVOORT 30,

DEN HAAG, TEL. 332112.

Abonnementsprijs voor niet-leden f 4.— per jaargang van 4 nummers. Buitenland f 4.50. Leden der Vereeniging (contributie f 3.— per jaar) ontvangen dit blad gratis.
Secretaris-Penningmeester. B. Slikkerveer, Obrechtstraat 104.6, Den Haag.

Uitgangstransformatoren voor l.f. versterkers,

Door

R. W. DIJKSTRA.

Eenigen tijd geleden werden in „Radio-Expres” eenige opmerkingen gemaakt over ingangstransformatoren voor luidsprekers. Daarmede werd een onderwerp aangesneden dat, voorzoover mij bekend, in de Hollandsche radiolitteratuur slechts weinig aandacht heeft gehad. Niettemin een onderwerp, dat belangrijk genoeg is, want met de steeds grooter wordende vermogens, die we van de l.f. versterkers vragen, wordt de kwestie van aanpassing van de luidsprekers ook steeds urgenter. De volgende opmerkingen mogen dan dienen om het inzicht in het ontwerpen van uitgangstransformatoren te verruimen. De kwestie van het bepalen van den juisten aanpassingsweerstand aan een gegeven eindlamp, zoodanig dat het nuttig effect het grootst is, terwijl de vervorming tot een minimum is gereduceerd, laat ik buiten beschouwing omdat naar mijn meening dit probleem voldoende duidelijk en uitgebreid is behandeld in het artikel „Energieversterking” door de heeren van Heideveld en Pyterson in

„Radio-Nieuws” van Januari en Februari 1931, tenminste voor zoover het laagfrequent-energieversterking betreft. In het algemeen kunnen we zeggen, dat voor maximum nuttig effect bij minimum vervorming de uitwendige belastingsweerstand R_u gelijk moet zijn aan n -maal de inwendige lampimpedantie R_l in het werkingpunt van de lamp. Bij trioden heeft de factor n meestal een waarde grooter dan 1 en kan varieeren tusschen 2 en 8; bij pentoden is deze factor meestal kleiner dan 1.

Wanneer de werkelijke belasting niet gelijk is aan de optimum belasting, die voor de betreffende eindlamp gewenscht is, dan moeten we door een uitgangstransformator ervoor zorgen, dat er aanpassing ontstaat. Maar door toepassing van een uitgangstransformator loopen we ook weer eenige gevaren, waarvan m.i. de verliezen in den transformator wel de kleinste zijn. Veel belangrijker is de vraag of we, aangenomen dat de belasting van de secundaire van den uitgangs-

transformator zuiver ohmsch is, een transformator kunnen maken, waarvan de werking frequentieonafhankelijk is, tenminste in het gebied van de muzikale frequenties dat we willen bestrijken. Laten we aannemen dat dit gebied wordt begrensd door de frequenties 30 en 10000 hertz. In de eerste plaats zullen we dus onderzoeken de frequentieafhankelijkheid van de werking van een uitgangstransformator achter een eindlamp met inwendige impedantie R_1 , waarvan de optimum belastingswaarde moet zijn $R_u = nR_1$, terwijl de werkelijke belastingswaarde, die dus aan de secundaire wordt aangesloten, zuiver ohmsch is en gelijk aan r .

Noemen we u de transformatieverhouding d.i. de verhouding van het aantal secundaire tot het aantal primaire windingen, dan weten we uit de theorie van den transformator, dat een secundaire belasting van r ohm gelijkwaardig is met een belasting van den primairen kring met een weerstand gelijk aan $\frac{r}{u^2}$. In ons geval moet deze belasting van den primairen kring overeenkomen met een weerstand $R_u = nR_1$. Uit deze betrekking vinden we dus de transformatieverhouding van den uitgangstransformator en wel:

$$n R_1 = \frac{r}{u^2} \text{ of:}$$

$$u = \sqrt{\frac{r}{n R_1}} \dots (1)$$

Hadden we nu te doen met een sterkstroomtransformator, waaronder ik wil verstaan een transformator, die slechts bij een bepaalde frequentie wordt gebruikt, dan waren we met het ontwerp al een heel eind op stap, want uit de toelaatbare inductie van het ijzer kunnen we dan verder den transformator dimensioneren. We zullen hierop niet verder ingaan. Alleen dit nog. Heel vaak krijgt men den indruk dat een l.f. transformator te veel

wordt beschouwd als een sterkstroomtransformator, welke indruk zeer sterk wordt bevestigd doordat voor de ijzerverliezen van een l.f. transformator eenvoudig de empirische formule van Steinmetz wordt genoemd, die alleen voor sterkstroomtransformatoren een benadering geeft (zie b.v. R.-E. no. 46, 1932).

Na het vaststellen van de transformatieverhouding moeten we nu in de eerste plaats onderzoeken hoe het met de frequentieafhankelijkheid van de transformatorwerking staat. Daarbij nemen we aan, dat de roosterwisselspanningsamplitude V_k van de eindlamp onafhankelijk is van de frequentie en we zullen nu moeten onderzoeken of de wisselstroomamplitude I_2 in den belastingswaarde eveneens onafhankelijk van de frequentie is. Daartoe zullen we de eindlamp vervangen denken door een generator met een inwendigen weerstand R_1 en e.m.k. met amplitude gV_k , wanneer g de versterkingsfactor van de lamp is. Bovendien zullen we voorloopig aannemen, dat de ohmsche weerstanden van primaire en secundaire wikeling te verwaarloozen klein zijn t.o.v. resp. R_1 en r . We krijgen dus het vervangingsschema naar fig. 1,

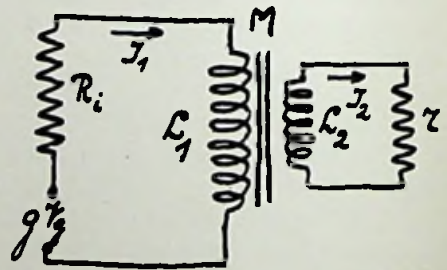


Fig. 1

waarin L_1 en L_2 resp. zijn de primaire en secundaire zelfinductie van den transformator en M de wederzijdsche inductie is, die bestaat tuschen de twee wikelingen. Voor M kunnen we schrijven:

$$M = k \sqrt{L_1 L_2}$$

waarbij we direct opmerken dat de kop-

pelingsfactor k nooit gelijk kan zijn aan 1, omdat er altijd een klein gedeelte van de krachtlijnen door de primaire opgewekt *niet* wordt omvat door de secundaire wikkeling. Er is m.a.w. altijd een zekere spreiding van de krachtlijnen, hoewel deze bij goed geconstrueerde transformatoren tot een minimum kan worden beperkt.

Met behulp van de wetten van Kirchhoff en bedenkende dat de secundaire stroom ook weer een e.m.k. in de primaire wikkeling opwekt, vinden we voor het vervangingschema van fig. 1 de volgende vergelijkingen (symbolisch geschreven!)

$$\begin{aligned} gV_x + j\omega MI_2 &= I_1 (R_1 + j\omega L_1) \\ j\omega MI_1 &= I_2 (r + j\omega L_2) \end{aligned}$$

Wanneer we uit deze vergelijkingen I_1 elimineeren krijgen we een verband tusschen I_2 en V_x . De verhouding I_2/V_x zullen we den „werkingstoestand” v van de combinatie eindlamp plus transformator noemen. Om in dit verband van „versterking” te spreken, zooals wel eens wordt gedaan, is min of meer in strijd met het gangbare begrip versterking.

Elimineeren we I_1 , dan vinden we in eerste instantie:

$$v = \frac{I_2}{V_x} = \frac{g j \omega M}{(R_1 + j\omega L_1)(r + j\omega L_2) + \omega^2 M^2}$$

Werken we dit uit en voeren we voor M in $M = k \sqrt{L_1 L_2}$ dan krijgen we:

$$v = \frac{g \omega k \sqrt{L_1 L_2}}{\omega (R_1 L_2 + r L_1) - j p}$$

waarin:

$$j p = j \{ r R_1 - (1 - k^2) \omega^2 L_1 L_2 \}$$

Nu deelen we teller en noemer door ωL_1 en voeren in $u^2 = \frac{L_1}{L_2}$, want de zelf-inducties van secundaire en primaire verhouden zich, omdat voor beide de magnetische toestand van de kern dezelfde is, als de kwadraten van de windingsgetallen. We vinden:

$$v = \frac{g k u}{(u^2 R_1 + r) - j q}$$

waarin:

$$j q = j \left\{ \frac{r R_1}{L_1} - (1 - k^2) u^2 \omega L_1 \right\}$$

Gewoonlijk rekenen we nu niet met den koppelingsfactor tusschen primaire en secundaire maar met den spreidingscoëfficiënt s , gedefinieerd door $s = 1 - k^2$, waaruit volgt $k = \sqrt{1 - s}$. Bij goede transformatoren is s nu van de orde van grootte 0,01 à 0,03, zoodat we s kunnen verwaarloozen t.o.v. 1. Verder is volgens

$$(1) u^2 = \frac{r}{n R_1}, \text{ waarmede we uiteindelijk}$$

voor de werkingstoestand v vinden:

$$v = \frac{g u}{\frac{n+1}{n} \cdot r - j u^2 \left(\frac{n R_1^2}{\omega L_1} - s \omega L_1 \right)} \quad (2^a)$$

Omdat we geen rekening behoeven te houden met de relatieve phaseverschuivingen, die niet van invloed schijnen te zijn, zullen we verder rekenen met de absolute waarde van v , waarvoor we dus kunnen schrijven:

$$v = \frac{g u}{\left\{ \left(\frac{n+1}{n} \cdot r \right)^2 + u^4 \left(\frac{n R_1^2}{\omega L_1} - s \omega L_1 \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (2^b)$$

Uit deze uitdrukking (2b) leiden we onmiddellijk af dat de werking van den uitgangstransformator niet frequentie-onafhankelijk kan zijn, want in den noemer van \bar{v} vinden we een term, waarvan de waarde afhankelijk is van de frequentie. Uitgaande van de wetenschap dat s zeer klein is kunnen we a.h.w. drie frequentiegebieden afbakenen, waarin de transformator zich verschillend gedraagt.

In de eerste plaats het frequentiebereik, waarvoor de term $u^2 \left(\frac{n R_1^2}{\omega L_1} - s \omega L_1 \right)$ te verwaarloozen klein is t.o.v. $\frac{n+1}{n} \cdot r$.

In dat gebied is de werking nagenoeg on-

afhankelijk van de frequentie. Het spreekt vanzelf dat we dit bereik zoo uitgebreid mogelijk zullen trachten te maken. Dit impliceert reeds bij voorbaat dat we eenerzijds de primaire zelfinductie L_1 groot zullen moeten maken en aan den anderen kant, dat we den spreidingscoëfficiënt s klein moeten houden.

Van den frequentieafhankelijken term zal naar den kant van de lage frequenties de factor $\frac{n R_1^2}{\omega L_1}$ van overwegenden invloed zijn, terwijl naar den kant van de hooge frequenties juist de factor $s \omega L_1$ van overwegend belang zal zijn. We komen dus tot de volgende groepen, waarin we het frequentiegebied moeten splitsen en de daarbij behorende uitdrukkingen voor den werkingstoestand \bar{v} :

frequenties vanaf 30 tot ongeveer 200 hertz:

$$\bar{v} = \left\{ \left(\frac{n+1}{n} \cdot r \right)^2 + u^4 \left(\frac{n R_1^2}{\omega L_1} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (3^a)$$

frequenties vanaf ongeveer 200 tot ongeveer 4000 hertz:

$$v = \frac{g u}{\frac{n+1}{n} \cdot r} \dots \quad (3^b)$$

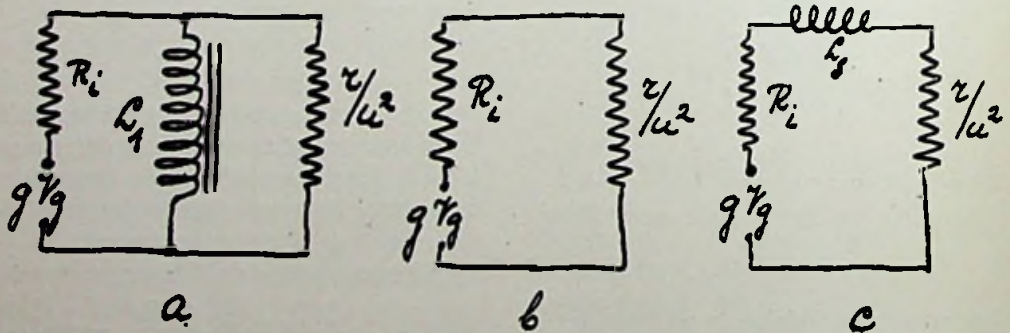


Fig. 2

frequenties vanaf boven ongeveer 4000 hertz:

$$\left(\frac{n+1}{n} \cdot r \right)^2 + u^4 (s \omega L_1)^2 \quad (3^c)$$

Hieruit volgt dat de weergave van de lage tonen wordt beheerscht door de verhouding van de inwendige lampimpedantie tot de primaire zelfinductie van den uitgangstransformator; de weergave van de gemiddelde tonen eigenlijk niet wordt beïnvloed door den transformator, terwijl de weergave van de hooge tonen wordt beheerscht door den spreidingscoëfficiënt van den transformator.

Dit kunnen we ook heel goed inzien, wanneer we voor de drie gevallen eens de vervangingsschema's gaan teekenen, zooals dat is gedaan in fig. 2 a, b en c. Van deze figuren geeft 2b aan wat we door toepassing van een uitgangstransformator willen bereiken (en voor een beperkt frequentiegebied ook inderdaad kunnen bereiken) n.l. niets anders dan dat de belastingsweerstand tot de juiste optimumwaarde $R_n = r/u^2$ wordt opgetransformeerd. Dit beteekent dus dat we de aanwezigheid van den transformator (afgezien dan van de verliezen, koper- en ijzerverliezen) geheel zouden kunnen verwaarloozen. Dit gaat echter slechts op voor een klein frequentiebereik. Wordt de frequentie zoo laag dat de reactantie

van de primaire van den transformator van ongeveer dezelfde grootte wordt als

r/u^2 , dan moeten we die in aanmerking nemen, omdat die a.h.w. parallel staat aan de belasting. Dit geval is voorgesteld in fig. 2a en wordt uitgedrukt door formule (3a). Bij de hoge tonen is het de spreiding van den transformator, die een rol gaat spelen. Zooals reeds werd opgemerkt worden niet alle windingen van de secundaire gesneden door de krachtlijnen, die door de primaire worden opgewekt. Maar die windingen zijn er toch en vormen een zelfinductie, die niet deelneemt aan de transformatorwerking, maar in serie staat met de secundaire belasting van den transformator. Dit geval is voorgesteld door het schema fig. 2c en door de uitdrukking (3c). Uit de figuur blijkt duidelijk dat, wanneer de frequentie hoog genoeg is om de spreidingszelfinductie een reactantie te geven, die vergelijkbaar wordt met de grootte r/u^2 , de stroom door den belastingsweerstand wordt verkleind, m.a.w. de weergave van de hoge tonen wordt verzwakt door het werkzaam worden van de spreiding van den transformator. We merken nog op, dat de schematische voorstellingen van fig. 2 alleen kunnen dienen om een inzicht te geven in de gedragingen van den uitgangstransformator, maar niet kunnen worden gebruikt voor berekeningen, tenzij misschien voor ruwe benaderingen. Voor berekeningen zijn we aangewezen op het gebruik van de uitdrukkingen (3).

Voorbeeld van berekening.

Gegeven een electrodynamische luidspreker met een gemiddelde impedantie van 40 ohm. Wanneer geëischt wordt, dat voor de frequentie 40 ($\omega_1 = 250$) en voor de frequentie 9500 ($\omega_2 = 60000$) het verlies niet grooter mag zijn dan 20 % wordt gevraagd te berekenen de transformatieverhouding, de primaire zelfinductie en de toelaatbare spreiding van den uitgangstransformator:

1o. voor gebruik achter een triode met

toelaatbare anodedissipatie van 6 watt en maximale anodespanning van 300 volt bij een inwendigen weerstand van 2500 ohm;

2o. voor gebruik achter een pentode met dezelfde toelaatbare anodedissipatie en maximale anodespanning doch met een inwendigen weerstand van 45000 ohm.

De eerste benadering, die we bij de berekening moeten maken is, dat we de gemiddelde impedantie van den luidspreker beschouwen als een zuiver ohmschen weerstand. Dit is niet juist en feitelijk moesten we na berekening op deze basis eigenlijk een tweede maken om te controleren hoe groot de veranderingen zijn, wanneer we voor de verschillende frequenties de juiste waarden van de luidsprekerimpedantie invullen. Hierover straks nog enkele opmerkingen.

We nemen dus als belastingweerstand aan $r = 40 \Omega$.

Voor de berekening van den optimumbelastingsweerstand voor de verschillende eindlampen nemen we de methode van v. Heideveld en Pytterson n.l.

$$R_u = \frac{V_a^2 \max}{N_a \max}$$

Zowel voor de triode als voor de pentode vinden we dan uit bovenstaande opgave:

$$R_u = \frac{300^2}{6} = 15000 \Omega.$$

Voor de gegeven triode vinden we dus dezelfde transformatieverhouding als voor de gegeven pentode. Dat wil natuurlijk heelemaal niet zeggen dat we ook denzelfden uitgangstransformator kunnen gebruiken! De transformatieverhouding is voor beide gevallen te berekenen uit: $u^2 = r/n_1$, waaruit we vinden:

$$u^2 = \frac{40}{15000} \quad \text{of} \quad u = \frac{1}{19,35} = 0,0516$$

We veroorloven ons een kleine afronding en nemen:

$$u = \frac{1}{20} = 5 \times 10^{-2}.$$

Voor de berekening van de primaire zelfinductie maken we gebruik van de formules (3a) en (3b). Voor één lamp beschouwd is g voor beide formules natuurlijk dezelfde en ook n . We kunnen dus rekenen met de verhoudingen van de waarden van \bar{v} voor verschillende frequenties n.l. \bar{v}_1 voor de laagste en \bar{v}_0 voor die frequenties, waarbij de werking van den transformator ideaal is. Nu is gegeven $\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_0} = 0,8$ (hoogstens 20 % verlies) waaruit volgt (uit 3a en 3b):

$$\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_0} = \frac{\frac{n+1}{n} \cdot r}{\left\{ \left(\frac{n+1}{n} \cdot r \right)^2 + u^4 \left(\frac{n R_i^2}{\omega_1 L_1} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}} = 0,8$$

of: $\left(\frac{n+1}{n} \right)^2 r^2 = \frac{64}{100} \left\{ \left(\frac{n+1}{n} \right)^2 r^2 + u^4 \left(\frac{n R_i^2}{\omega_1 L_1} \right)^2 \right\},$

$$3 \left(\frac{n+1}{n} \right) r = 4 u^2 \left(\frac{n R_i^2}{\omega_1 L_1} \right),$$

$$L_1 = \frac{1}{\omega_1} \times \frac{4}{3} \times \frac{u^2 n^2 R_i^2}{(n+1) r} \quad (4)$$

Voor de twee te onderzoeken gevallen hebben we nu verschillende waarden van R_i en dus van n , omdat $R_u = n R_i$. In ons voorbeeld is echter voor beide gevallen $R_u = n R_i$ gelijk en ook ω_1 . Vullen we de reeds bekende waarden in van $\omega_1 = 250$; $u = 5 \times 10^{-2}$, $R_u = 15000$ en $r = 40$, dan kunnen we voor dit voorbeeld rekenen met het zeer eenvoudige formuletje:

$$L_1 = \frac{75}{n+1}.$$

Voor de triode is: $R_u = 15000$, $R_i = 2500$, $n = \frac{15000}{2500} = 6$; dus $L_u = \frac{75}{7} = 10,7$ henry.

Voor de pentode is: $R_u = 15000$, $R_i = 45000$; $n = \frac{15000}{45000} = \frac{1}{3}$; dus $L_{1p} = \frac{75}{4/3} = 56,3$ henry.

Hoewel dus voor beide eindlampen de transformatieverhouding dezelfde moet zijn krijgen we dus heel verschillende transformatoren; de primaire zelfinductie van de transformatoren is belangrijk verschillend, de secundaire zelfinductie dus ook. Daar beide transformatoren aanpassing geven op dezelfde secundaire belasting volgt hieruit duidelijk dat de in R.-E. No. 46, 1932 door ir. Heins op pag. 712 gegeven regel voor de dimensionering van de secundaire, n.l. „de impedantie van de secundaire wikkeling moet gelijk zijn aan de impedantie van de luidsprekerspoel”, geen steek kan houden. Trouwens de in hetzelfde artikel gegeven regel voor de impedantie van de primaire (pg. 712, 2^o) gaat ook niet op, zooals een kleine berekening naar aanleiding van bovenstaand voorbeeld zal leeren. In het algemeen zou ik hierbij nog willen opmerken dat het begrip „impedantie van een wikkeling” zeer vaag is, wanneer daarbij niet gedefinieerd wordt bij welke frequentie die impedantie wordt beschouwd.

Voor de berekening van de toelaatbare spreiding kunnen we gebruik maken van de formules (3b) en (3c). Wanneer we door \bar{v}_2 aangeven den werkingstoestand bij de hoogste frequentie, die we in aanmerking willen nemen, dan vinden we, als we een verlies van 20 % toelaten:

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_0} = \frac{\frac{n+1}{n} \cdot r}{\left\{ \left(\frac{n+1}{n} \cdot r \right)^2 + u^4 (s \omega_2 L_1)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}} = \frac{8}{10},$$

waaruit volgt:

$$100 \left(\frac{n+1}{n} \right)^2 r^2 = 64 \left(\frac{n+1}{n} \right)^2 r^2 + 64 u^4 (s \omega_2 L_1)^2,$$

en daaruit als algemeene formule voor de toelaatbare spreiding:

$$s = \frac{3}{4} \cdot \frac{r}{u^2 \omega_2} \cdot \frac{n+1}{n L_1} \quad (5)$$

Voor ons speciaal geval, waarin $r = 40$, $u^2 = 25 \times 10^{-4}$, $\omega_2 = 6 \times 10^4$, reduceert de algemeene formule tot de meer eenvoudige:

$$s = \frac{1}{5} \frac{n+1}{n L_1}$$

Nu is voor de triode: $n = 6$, $L_{1t} = 10,7$ H., dus

$$s_t = \frac{1}{5} \cdot \frac{7}{6 \times 10,7} = 0,0218.$$

Voor de pentode: $n = 1/3$, $L_{1p} = 56,3$ H., dus

$$s_p = \frac{1}{5} \frac{4/3}{56,3/3} = 0,0142.$$

Hieruit volgt dat voor de pentode de uitgangstransformator heel wat nauwkeuriger moet worden geconstrueerd, omdat de spreiding veel kleiner moet worden gehouden dan voor de triode. Bij dezelfde transformatieverhouding moet de primaire zelfinductie van den transformator veel grooter zijn voor de pentode dan voor de triode, terwijl de spreidingscoëfficiënt voor de pentode kleiner moet zijn dan voor de triode. De transformator voor de pentode moet dus in alle opzichten beter zijn dan voor de triode. Het ligt dus voor de hand om eens te onderzoeken, of de transformator, die voor de pentode goed is, ook geschikt is voor de triode, want de transformatieverhouding is voor beide gevallen dezelfde. Dit kunnen we doen door voor de triode uit te rekenen de waarden $\frac{n R_1^2}{\omega_1 L_1}$ en $s \omega_2 L_1$ ten eerste voor

de waarden L_{1t} en s_t , die juist zijn voor de triode en ten tweede voor L_{1p} en s_p voor de pentode, natuurlijk met n en R_1 die voor de triode gelden (in ons voorbeeld dus $n = 6$ en $R_1 = 2500$). We vinden dan:

$$\frac{n R_1^2}{\omega_1 L_{1t}} = \frac{6 \times 625 \times 10^4}{250 \times 10,7} = 14 \times 10^3;$$

$$s_t \omega_2 L_{1t} = 0,0218 \times 6 \times 10^4 \times 10,7 = 14 \times 10^3$$

$$\frac{n R_1^2}{\omega_1 L_{1p}} = \frac{6 \times 625 \times 10^4}{250 \times 56,3} = 2,66 \times 10^3;$$

$$s_p \omega_2 L_{1p} = 0,0142 \times 6 \times 10^4 \times 56,3 = 48 \times 10^3$$

Wanneer we dus den uitgangstransformator voor de pentode gebruiken voor de triode, dan krijgen we een kleiner verlies van lage tonen omdat in de uitdrukking (3a) de noemer kleiner is voor den pentode-transformator dan voor den triode-transformator. De weergave van de lage tonen zal dus beter worden. De weergave van de hoge tonen zal bij gebruik van den pentode-transformator achter de triode echter slechter worden, niettegenstaande het feit, dat de pentode-transformator een kleinere spreiding heeft, dan die voor de triode. De transformatoren kunnen dus niet ongestraft worden verwisseld.

Uit de gegeven afleiding en het behandelde voorbeeld mogen we de volgende conclusies trekken: 1o. voor een gegeven luidspreker is een universeele ingangstransformator, d.w.z. een transformator die in alle gevallen een goede aanpassing geeft, onmogelijk; 2o. met aftakkingen op de primaire om daardoor voor verschillende toestanden aanpassing te geven, kunnen we er slechts bij grove benadering komen, evenals door aftakkingen alleen op de secundaire; 3o. dat een en ander in de practijk vrij bevredigende resultaten kan geven, is vermoedelijk een gevolg van het feit, dat de afwijkingen, ontstaande door de veranderlijkheid van de luidsprekerimpedantie bij verschillende frequenties veel grooter zijn, dan de afwijkingen als gevolg van het gebruiken van een min of meer onjuist gedimensioneerden uitgangstransformator. Dit behoeft echter geen reden te zijn om

den uitgangstransformator als „quantité negligible” te beschouwen, integendeel, wanneer we den uitgangstransformator met de meeste zorg construeeren, kunnen we nog wel eenige verbetering van de weergave bereiken.

Tot slot van deze algemeene beschouwingen over den uitgangstransformator zou ik er even op willen wijzen, dat de beschouwingen van den heer Gratama in R.-E. No. 48, 1932 over de dimensionering van de primaire ook niet uitmunten door helderheid en zeker niet tot de juiste gevolgtrekkingen leiden. De voorstelling van zaken door den heer Gratama zullen we niet in extenso analyseeren, alleen willen we even op het volgende wijzen: 1o. wanneer de transformator leegloopt, is de plaatkring van de lamp (wanneer we den weerstand van de primaire verwaarloozen) inductief belast en mogen we de spanning aan de primaire niet berekenen, alsof de lamp normaal belast wordt (de 25 m.A. piek in den plaatkring zijn er alleen dan, als de plaatkringweerstand de juiste waarde heeft!); 2o. de getransformeerde belastingsweerstand bepaalt met de primaire van den transformator ook weer den anodewisselstroom en deze zal in het onderhavige geval ook weer niet gelijk zijn aan 25 mA piek, ook al mede in verband met het feit, dat deze getransformeerde belastingsweerstand niet gelijk is aan den optimumbelastingsweerstand, waarvoor die 25 mA piek werd berekend. Deze twee punten mogen voldoende worden geacht om de onjuistheid in de redeneering van den heer Gratama aan te toonen. Bovenstaande analyse zal bovendien, indien toegepast op het voorbeeld van den heer Gratama, heel andere waarden geven, dan door genoemden heer gepropageerd.

Moelijkheden bij ontwerp en constructie van ingangstransformatoren voor electro-dynamische luidsprekers. In dit gedeelte willen we eenige opmerkingen

samenvatten over verschillende moeilijkheden, die zich bij uitgangstransformatoren voordoen. Of er een oplossing bestaat voor de problemen is daarmee niet gezegd en daarmee zullen we ons in dit artikel ook niet bezig houden, omdat de moeilijkheden niet specifiek voor den uitgangstransformator als zoodanig gelden, maar meer betrekking hebben op bijkomstige omstandigheden. Ze moeten meer worden opgevat als afwijkingen van den ideaal-toestand, die in bovenstaande analyse werd aangehouden.

1o. De belasting van den transformator door een e.d. luidspreker is zeker niet zuiver ohmsch. Verre van dat, want de impedantie van het luidsprekerspoeltje alleen is al niet ohmsch. Daarbij komt dan nog, dat de terugwerking van de lucht op den konus van den luidspreker, omgerekend in elektrische equivalenten, een zeer complexe belasting vormt. Zelfs de weerstand van den luidspreker is niet constant, want de verliesweerstand van het spoeltje is (door huideffect) afhankelijk van de frequentie en de z.g. stralingsweerstand, die rekenschap geeft van de hoegrootheid van de werkelijk geproduceerde geluidsenergie, is in zeer sterke mate frequentie-afhankelijk. Bij belasting van den uitgangstransformator door een e.d. luidspreker is zelfs de grootte „gemiddelde impedantie” zeer vaag, om nog maar niet te spreken van de moeilijkheden van het bepalen van die gemiddelde impedantie. Zeer vaak wordt voor de „gemiddelde impedantie” aangenomen het dubbele van den ohmschen weerstand van het luidsprekerspoeltje. Of deze aanname zelfs bij benadering juist is, valt moeilijk te beoordeelen.

2o. Wellicht de grootste moeilijkheid bij het construeeren van den uitgangstransformator is het feit, dat de kern van den transformator een gelijkstroomvoormagnetisatie heeft. Dit heeft tengevolge dat de factor μ in elk geval afhankelijk is van

de gelijkstroomvoormagnetisatie en daarnaast ook nog van de amplitude van den wisselstroom. Slechts door een uitgebreide serie van metingen is het gedrag van een bepaalde ijersoort vast te stellen en eerst daarna kan met eenige kans op succes worden begonnen met het berekenen van de constructieve gegevens van de primaire van den transformator. Om daarvoor zonder meer op te geven (zie art. ir. Heins in R.-E. No. 46, 1932): „Beschouwt men de magnetiseeringscurve, dan is de gunstigste plaats hiervoor gelegen op het midden van het rechtlijnig gedeelte onder de knie van de curve”, lijkt mij, op zijn zachtst uitgedrukt, zeer optimistisch en behoeft zeker nog wel eenige nadere argumentatie.

3o. Daar de primaire zelfinductie afhankelijk is van den anodewisselstroom kunnen we zeker amplitudevervorming verwachten. Een onderzoek naar de voorwaarden om deze minimaal te houden,

zou zeker een belangrijk punt van bespreking kunnen vormen. De opmerkingen van ir. Heins over dit punt geven ook den indruk van zeer elementair te zijn.

4o. Om voor de ijzerverliezen zonder meer de empirische formule van Steinmetz toe te passen doet ook zeer zonderling aan. Want voor het berekenen van de ijzerverliezen moeten we toch den vorm en den stand van de hysteresislus kennen en het is zeer de vraag of die te bepalen is, wanneer we te doen hebben met een gecombineerde wissel- en gelijkstroommagnetisatie. Overigens zou ik willen opmerken, dat dit punt in „Radio-Nieuws” al eens het onderwerp is geweest van een interessante discussie (zie R.-N. 1926), waarbij ook duidelijk naar voren kwam, dat de gebruikelijke formules van de sterkstroomtechniek althans voor l.f. transformatoren niet mogen worden toegepast, althans niet zonder meer.

Smooerspelen met gelijkstroommagnetisatie,

Door J. ROORDA Jr.

In „Radio-Nieuws” van October 1932 verscheen onder dezen titel een artikel van Dr. F. Noack. Met den inhoud daarvan kunnen we ons niet geheel vereenigen, omdat onze metingen niet overeen komen met de theoretische beschouwingen in genoemd artikel gegeven. Trouwens de in de literatuur over dit gebied gepubliceerde gegevens en resultaten van verschillende onderzoekingen, waarvan we ter illustratie enkele zullen bespreken, blijken ook niet de theoretische beschouwingen van Dr. Noack te bevestigen. Vermoedelijk is dit het gevolg van een onzuivere definitie door den schrijver van het vorige artikel van de dynamische permeabiliteit van een ijzern kern met een wik-

keling, waarin een gelijkstroom en een daarop gesuperponeerde wisselstroom loopen. De door Dr. Noack gegeven definitie van de dynamische permeabiliteit

(nl. $\mu = \frac{\delta B}{\delta H}$, zie pag. 122 „Radio-Nieuws” Oct. 1932) is in twee opzichten onzuiver: 1o. er wordt geen rekening gehouden met de hysteresis van het ijzer; 2o. de afhankelijkheid van de dynamische permeabiliteit van de amplitude van den wisselstroom wordt verwaarloosd. De eerste verwaarloozing geeft aanleiding tot veel te hooge waarden van de dynamische permeabiliteit en dus van de verderop berekende zelfinducties in het boven aangehaalde artikel. De tweede verwaarlooz-

zing wekt den indruk, alsof de zelfinductie van een smoorspoel met gelijkstroommagnetisatie uitsluitend wordt bepaald door de waarde van de inductie van het ijzer door den gelijkstroom. We zullen een en ander iets uitvoeriger bespreken en toelichten door gegevens, die ons ten dienste staan.

De dynamische permeabiliteit.

Wanneer we een transformator- of smoorspoelkern magnetiseeren door gelijkstroom en we geven dien stroom achtereenvolgens de toenemende waarden I_1, I_2, \dots, I_n dan zullen we waarnemen dat de waarden B_1, B_2, \dots, B_n van de inductie van het ijzer ook toenemen. Gaan we echter vanaf de stroomwaarde I_n terug en maken den stroom kleiner, dan neemt de inductie van het ijzer ook af. Maar we vinden dan waarden $B_n, \dots, B^{12}, B^{11}$, die hooger zijn dan de waarden B_1, B_2, \dots bij dezelfde magnetiseerende stroomsterkten, maar in toenemende volgorde genomen (zie fig. 1). Het is, alsof het ijzer

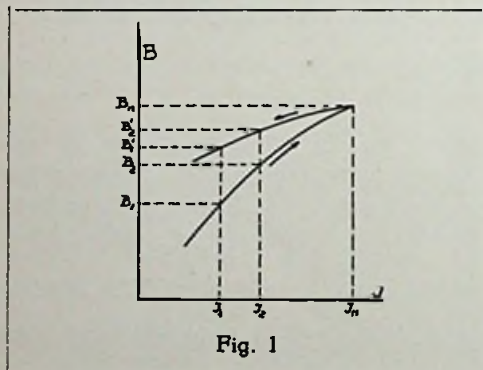


Fig. 1

een zekere „magnetische traagheid” heeft, dat het dus tracht te volharden in een eenmaal bereikten magnetischen toestand. Dit verschijnsel noemen we de *hysteresis* van het ijzer. Wanneer de ijzerkern wordt gemagnetiseerd door een constanten stroom, dan is de inductie B ook constant; voor een gegeven kern staat deze inductie B in een zeer bepaalde verhouding tot de

veldsterkte H , die de magnetiseerende spoel zou opwekken, wanneer de ijzerkern niet aanwezig zou zijn. De verhouding B/H noemen we de *permeabiliteit* van het ijzer. In het geval van magnetisatie door een constanten gelijkstroom spreken we dan van de *statische permeabiliteit*, omdat de toestand van het ijzer volkomen bepaald is. De statische permeabiliteit van het ijzer is echter geen constante omdat B niet recht evenredig toeneemt met H en ook nog afhankelijk is van de z.g. „magnetische geschiedenis” van het ijzer d.w.z. van de wijze waarop de constante stroom werd ingesteld. Om een voorbeeld te noemen: we willen een magnetiseerenden gelijkstroom van 10 mA. Dezen kunnen we langzaam inregelen van nul tot de gewenschte waarde en zullen dan een zekere waarde, μ^1 , van de statische permeabiliteit vinden. Passeeren we echter bij het inregelen van den stroom de juiste waarde. komen we b.v. op 12 mA en daarna terug op de gewenschte waarde van 10 mA, dan zullen we, als gevolg van de hysteresis een andere waarde, μ^2 , voor de statische permeabiliteit vinden. Als gevolg van de hysteresis zal dan (zie fig. 1) μ^2 grooter zijn dan μ^1 . Toch spreken we nog van *de magnetisatiekromme* van ijzer. Daaronder verstaan we de kromme die het verband geeft tusschen B en H voor gelijkstroommagnetisatie, wanneer we die opnemen voor van nul af steeds toenemenden magnetiseerenden gelijkstroom, wanneer het ijzer voor het begin van de magnetisatie volkomen onmagnetisch is. Dit is de z.g. maagdelijke kromme. In het vervolg zullen we onder de *statische permeabiliteit* bij een bepaalden magnetischen toestand verstaan de waarde μ , gegeven door de maagdelijke kromme of *gelijkstroommagnetisatiekromme*.

De zaak wordt gecompliceerder, wanneer we te doen hebben met magnetisatie door een wisselstroom. Dan komt de hys-

teresis eerst ten volle tot zijn recht. Als gevolg van de hysteresis vormt de magnetisatiekromme bij magnetisatie door een zuiveren wisselstroom voor elke periode een lus, de z.g. hysteresislus om het nulpunt van het assenkruis. In fig. 2 is

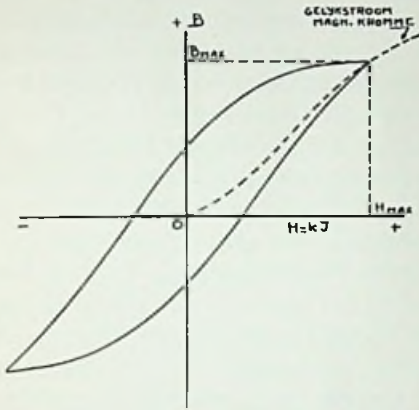


Fig. 2

hiervan een voorbeeld geschetst. Het punt B_{\max} , dat is de maximale inductie, die per periode wordt bereikt, valt op de gelijkstroommagnetisatie kromme. We zien uit fig. 2 dat gedurende een periode diverse waarden van μ op verschillende oogenblikken heerschen. Als we te doen hebben met wisselstroommagnetisatie nemen we voor μ een gemiddelde waarde, de *dynamische permeabiliteit*, $\Delta\mu$, en hiervoor nemen we dan $\Delta\mu = \frac{B_{\max}}{H_{\max}}$, d.w.z. de

dynamische permeabiliteit wordt gelijkgesteld met de verhouding van de amplitude van de inductie tot de amplitude van de veldsterkte. Deze dynamische permeabiliteit, die eigenlijk een gemiddelde waarde is van de verschillende permeabiliteiten die gedurende een periode optreden, is, zoals we uit fig. 2 zien, gelijk aan de statische permeabiliteit voor de waarde van de amplitude van de veldsterkte. Bij berekening van de zelfinductie van een smoorspoel of transformator-

wikkeling voor zuiveren wisselstroom krijgen we dan de formule:

$$L = 0,4 \pi \frac{Q}{l_j} \cdot n^2 \cdot (\Delta\mu) \times 10^{-8} = \\ = 0,4 \pi \frac{Q}{l_j} \cdot n^2 \left(\frac{B_{\max}}{H_{\max}} \right) 10^{-8} \text{ henry,}$$

waarin Q en l_j resp. zijn de ijzerdoorsnede in cm^2 en l_j de lengte in cm van den gemiddelden krachtlijnenweg en n het aantal windingen is. Daar, zooals berekend is, $\Delta\mu$ gelijk is aan de statische permeabiliteit voor het punt van de maximale inductie, volgt hieruit onmiddellijk dat voor wisselstromen de zelfinductie afhankelijk moet zijn van de amplitude van den wisselstroom (die H_{\max} bepaalt), omdat de statische permeabiliteit geen constante is voor verschillende waarden van H_{\max} . Zelfs wanneer men een spoel met ijzerkern voor zuiveren wisselstroom beschouwt kan men dus niet spreken van: de zelfinductie van die spoel, maar zou men eigenlijk precieser moeten definiëren door: de spoel heeft bij een wisselstroom van zoo sterk, een zelfinductie die zoo groot is. De consequenties liggen voor de hand: de versterking van een transformator- of smoorspoelgekoppelden versterker zal in zekere mate afhankelijk zijn van de signaalsterkte m. a. w. er zal amplitudevervorming kunnen optreden. Dit optreden van amplitudevervorming is b.v. een van de redenen, waarom het gebruik van transformatoren en smoorspoelen in versterkers zooveel mogelijk wordt vermeden, wanneer de weergavekwaliteit zooveel mogelijk het ideaal moet benaderen. Een tweede reden is het optreden van niet-lineaire vervorming als gevolg van de hysteresis. De vorm van den wisselstroom wordt daardoor beïnvloed.

Een en ander wordt nog gecompliceerd, der, wanneer we te doen krijgen met smoorspoelen of transformatoren, waarbij de kern wordt gemagnetiseerd door een gelijkstroom en daarop gesuperponeerden

wisselstroom. De zelfinductie is dan niet alleen afhankelijk van de amplitude van den wisselstroom, maar ook nog van de sterkte van den gelijkstroom. In dat geval kunnen we dus zeker niet spreken van de zelfinductie van de smoorspoel, zelfs al geven we daarbij aan hoe groot de gelijkstroomcomponente is.

Bij de bespreking van de verschijnselen zullen we de volgende notaties gebruiken:

H en B , veldsterkte en inductie voor de gelijkstroomcomponente;

ΔH en ΔB , amplitude van veldsterkte en inductie voor de wisselstroomcomponente; de dynamische permeabiliteit is dan volgens de definitie weer:

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

H_{\max} en B_{\max} , de maximale waarden van veldsterkte en amplitude, die gedurende een periode van den wisselstroom worden bereikt.

Gesteld dat we nu de waarde H hebben ingesteld, dan vinden we B uit de gelijkstroommagnetisatie kromme (zie fig. 3).

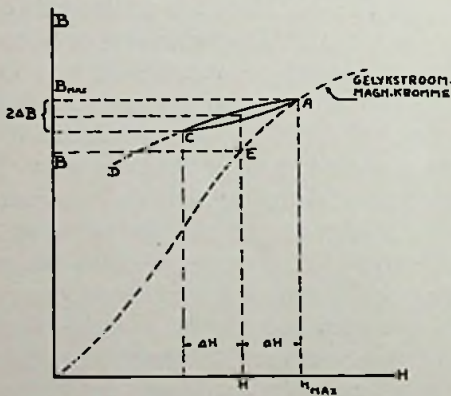


Fig. 3

We schakelen nu den wisselstroom in en veronderstellen, dat dit inschakelen zoo geschiedt, dat in de eerste kwartperiode de veldsterkte oploopt van H tot H_{\max} , dus langs de gelijkstroommagnetisatiekromme. In werkelijkheid zal dit natuurlijk niet het geval zijn, maar het eindresultaat is toch hetzelfde. We bereiken het punt A. Nu

begint de stroom af te nemen, de inductie dus ook, maar als gevolg van de hysteresis, gaat de afname langs de hysteresislus van den wisselstroom, die het punt A tot maximum heeft, dus b.v. langs de kromme A C D. Is punt C bereikt, waarvoor de veldsterkte $H - \Delta H$ is, dan gaat de stroom weer toenemen, de inductie dus ook. Na verloop van 1 periode is dus een kleine hysteresislus A C beschreven, want het toenemen van de inductie gaat, ook weer als gevolg van de hysteresis, niet weer langs de lijn D C A, maar langs een andere. We merken dus het volgende op: hoewel $H_{\max} = H + \Delta H$, mogen we daaruit *niet* concludeeren tot $B_{\max} = B + \Delta B$; het optreden van hysteresis heeft deze voor de hand liggende veronderstelling onwaar gemaakt. We zouden dit verschijnsel ook nog anders kunnen uitdrukken. Wanneer we $B_m = B_{\max} - \Delta B$ stellen, zouden we deze gemiddelde waarde de schijnbare gelijkstroommagnetisatie kunnen noemen en het verschijnsel dan zoo kunnen constateeren: door de wisselstroomcomponente wordt de gelijkstroommagnetisatie schijnbaar verhoogd¹⁾. De

dynamische permeabiliteit $\Delta \mu = \frac{\Delta B}{\Delta H}$ is nu, geometrisch gesproken, gelijk aan den tangens van den hellingshoek van de lus A C t. o. v. de H-as.

Volgens het bovengenoemde artikel van Dr. Noack wordt de dynamische permeabiliteit gedefinieerd als de differentiaal van de magnetisatiekromme in het punt E voor de gelijkstroomvoormagnetisatie en bij benadering berekend als de tangens van den hellingshoek van de lijn A E, dus

als $\frac{B_{\max} - B}{H_{\max} - H}$ volgens de notatie van onze figuur 3. Dat de op de door Dr. Noack aangegeven wijze berekende waarden van

¹⁾ Deze uitdrukking vinden we ook bij T. Spooner: „Effect of a superposed alternating field on apparent magnetic permeability and hysteresis loss”; Physical Review, April 1925.

de dynamische permeabiliteit veel te hoog moeten zijn, volgt wel onmiddellijk uit het bovengenoemde verschijnsel van de schijnbare verhooging van de gelijkstroommagnetisatie door de wisselstroomcomponente.

Buiten dat is de waarde $\Delta \mu$, ook bij constante gelijkstroommagnetisatie H , afhankelijk van de amplitude van de wisselstroomcomponente, dus van de waarde B_{\max} . Want door de waarde B_{\max} wordt de vorm van de hysteresislus bepaald (zie b.v. Arnold: „Wechselstromtechnik I” pg. 391) en de vorm van die hysteresislus bepaalt uiteindelijk weer den vorm en den hellingshoek van de uiteindelijk ontstaande lus A C.

We komen dus uiteindelijk tot de volgende conclusies:

1o. de dynamische permeabiliteit $\Delta \mu$ voor een smoorspoel of transformator met gelijkstroomvoormagnetisatie is afhankelijk van de veldsterkte van die voormagnetisatie;

2o. de dynamische permeabiliteit is *niet* gelijk aan den tangens van den hellingshoek van de magnetisatiekromme in het punt van de gelijkstroomvoormagnetisatie;

3o. de dynamische permeabiliteit is voor een gegeven voormagnetisatie afhankelijk van de amplitude van den wisselstroom.

Een punt van ondergeschikt belang, voorzoover het stationnaire toestanden betreft is, dat de lus A C niet onmiddellijk bij het inschakelen van den wisselstroom zijn uiteindelijke vorm krijgt, doch eerst na het doorloopen van een aantal perioden van den wisselstroom (zie Spooner loc. cit.). Bij een onderzoek over versterkers, waar in normaal gebruik snelle veranderingen kunnen optreden, zou dit echter een punt van belang kunnen zijn.

Berekening van smoorspoelen met gelijkstroommagnetisatie.

Verschillende onderzoekers hebben zich

ernede beziggehouden om, gegeven de gelijkstroommagnetisatiekromme en de amplitude van de wisselstroomcomponente van de inductie (dus ΔB), benaderingsformules af te leiden voor de dynamische permeabiliteit, zoo mogelijk onafhankelijk van de gebruikte ijzersoort. Met voorbehoud van onvolledigheid memoreeren we hier de formules van Spooner ¹⁾ en Ebinger ²⁾.

Volgens Spooner is de dynamische permeabiliteit te berekenen uit:

$$\Delta \mu = \mu_{\max} (a + b \Delta B),$$

waarin $\mu_{\max} = \frac{B_{\max}}{H_{\max}}$ en a en b constanten,

die afhankelijk zijn van de voormagnetisatie. Voor de waarden van a en b geeft Spooner dan de krommen als functie van B en merkt daarbij op, dat die krommen geldig zijn onafhankelijk van de ijzersoort. Wat in de formule sterk naar voren komt is de boven reeds beredeneerde afhankelijkheid van de dynamische permeabiliteit 1o. van de amplitude van den wisselstroom, want deze bepaalt ΔB , 2o. van de gelijkstroommagnetisatie, want deze bepaalt, tezamen met ΔB , de waarde van B_{\max} . In de praktijk is gebleken dat de formule van Spooner tamelijk groote afwijkingen kan geven van gemeten waarden van $\Delta \mu$, vooral bij kleine ΔB . Daar zijn afwijkingen van de berekende waarde gevonden van + 30 % van de gemeten waarden d. w. z. dat de formule waarden geeft die 30 % te hoog kunnen zijn.

Ebinger berekent de dynamische permeabiliteit uit de formule:

$$\Delta \mu = \mu \sqrt{k_1 + k_2 \Delta B},$$

waarin $\mu = \frac{B}{H}$, dus de statische permeabiliteit voor de gelijkstroomvoormagnetisatie. De constanten k_1 en k_2 zijn ook weer afhankelijk van de gelijkstroom-

¹⁾ Spooner: Physical Review, April 1925.

²⁾ Ebinger: Zeitschrift für technische Physik, Jahrgang 11, Nr. 6, 1930.

voormagnetisatie en Ebinger geeft krommen voor k_1 en k_2 als functie van de inductie B. Deze krommen zijn gegeven in fig. 4. Wanneer de waarden voor k_1 en k_2 naar fig. 4 worden genomen moet ΔB in gauss worden ingevuld. Berekend naar de formule van Ebinger vinden we waar-

die een ijzerdoorsnede had van $Q = 23,5$ cm² en een gemiddelde ijzerlengte $l_{ij} = 37,5$ cm. De spoel had een aantal windingen van 5000 en bij verschillende waarden van den gelijkstroom door die spoel, werd bij een constante wisselspanning ($\Delta B = \text{constant}$!) de zelfinductie ge-

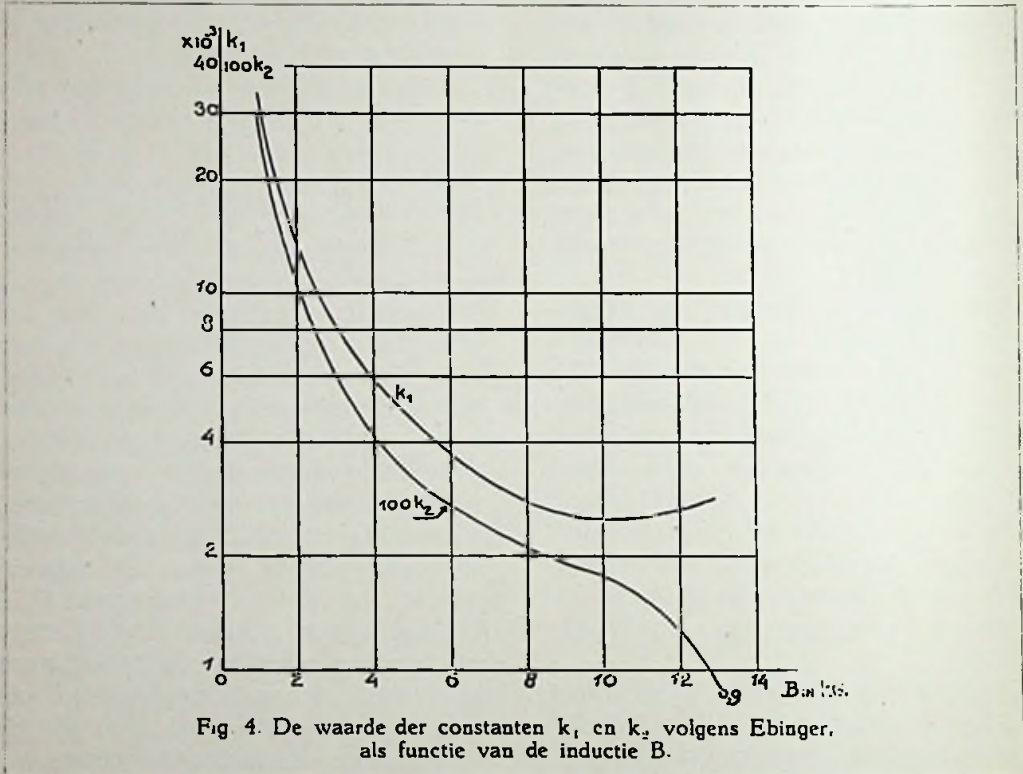


Fig. 4. De waarde der constanten k_1 en k_2 volgens Ebinger, als functie van de inductie B.

den van $\Delta \mu$ die hoogstens 10 % afwijken van de gemeten waarden.

Wij hebben gelegenheid gehad de benaderingsformule van Ebinger te controleren en gevonden dat de afwijkingen van berekende en gemeten waarden van de zelfinductie van een smoorspoel met gelijkstroomvoormagnetisatie inderdaad, op een enkele uitzondering na, niet grooter dan 10 % waren³⁾. De smoorspoel was gewikkeld op een gesloten ijzerkern,

³⁾ De metingen werden gedaan op het Laboratorium van de Nederlandsche Seintoestellenfabriek te Hilversum.

meten. De meetresultaten waren als volgt:

aw. gelijkstroom	$H = \frac{4 \pi}{10} \times aw \times \frac{1}{l_{ij}}$	L in henry
35	1,18	56,5
60	2,00	51,0
76,25	2,55	38,9
100	3,35	38,9
120	4,00	34,5
143,5	4,70	30,4
175	5,85	27,0
225	7,50	21,3
251	8,40	20,6
300	10,0	17,9

De gelijkstroommagnetisatiekromme van het gebruikte transformatorblik is gegeven in fig. 5. Voor de waarde ΔB , waarbij de metingen werden gedaan, werden met behulp van de krommen uit fig. 4 en 5 de waarden $\Delta \mu$ voor verschillende waarden van H van dit blik bepaald.

tie voor bovengenoemde smoorspoel berekend volgens de formule:

$$L = \frac{4\pi}{10} \times \frac{Q}{l_{ij}} \times n^2 \times \Delta \mu \times 10^{-8} \text{ henry.}$$

Hierbij merken we op dat voor de gegeven spoel alleen de factor $\Delta \mu$ in de formule voor de zelfinductie variabel is. De

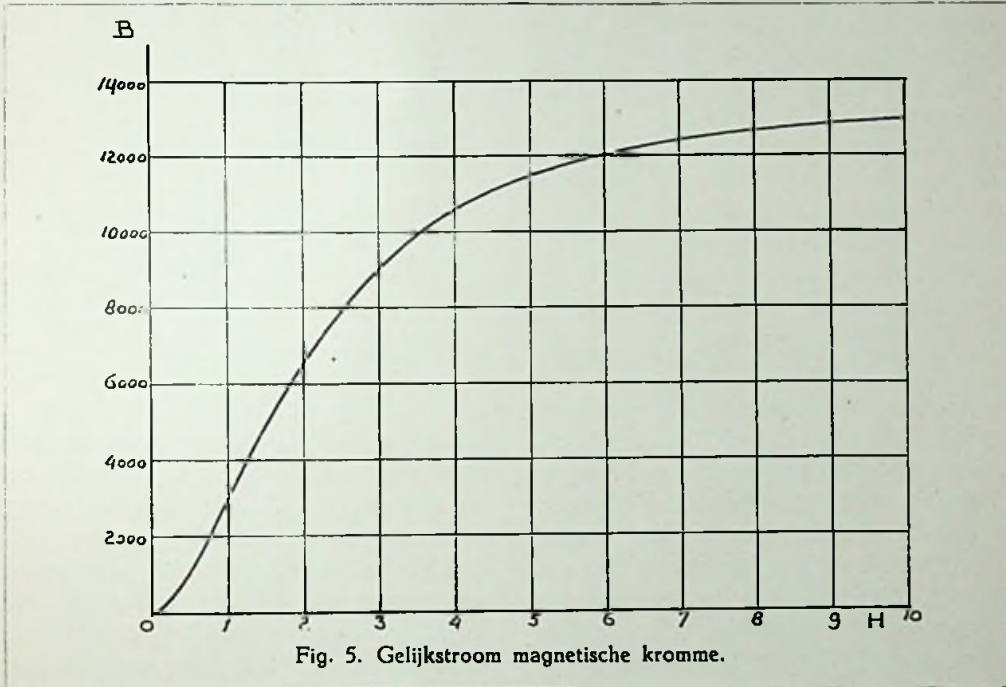


Fig. 5. Gelijkstroom magnetische kromme.

Wanneer E de effectieve wisselspanning is, waarbij de metingen worden gedaan dan is ΔB te berekenen uit

$$\Delta B = \frac{E \times 10^{-8}}{4,44 \times f \times n \times Q} \text{ gauss,}$$

waarin n het aantal windingen is en f de frequentie van den wisselstroom. Bij de metingen was E gelijk aan 31 volt bij $f = 50$. Dit geeft voor ΔB een waarde van 125 gauss.

Voor deze waarde van ΔB werd nu volgens Ebinger $\Delta \mu$ berekend als functie van H. De gevonden waarden zijn in een grafiek (fig. 6) uitgezet. Met de waarden van $\Delta \mu$ volgens fig. 6 werden de verschillende waarden van zelfinduc-

berkening is dus niet zoo gecompliceerd. We vonden het volgende:

H	$\Delta \mu$	L (henry)
1,18	330	62,5
2,00	270	51,0
2,55	235	44,5
3,35	200	38,0
4,00	175	33,0
4,70	1,55	29,0
5,85	130	25,0
7,50	115	22,0
8,40	105	20,0
10,0	105	20,0

Ter vergelijking zijn in fig. 6 ook de krommen voor L, zowel de gemeten als de berekende, als functie van de veld-

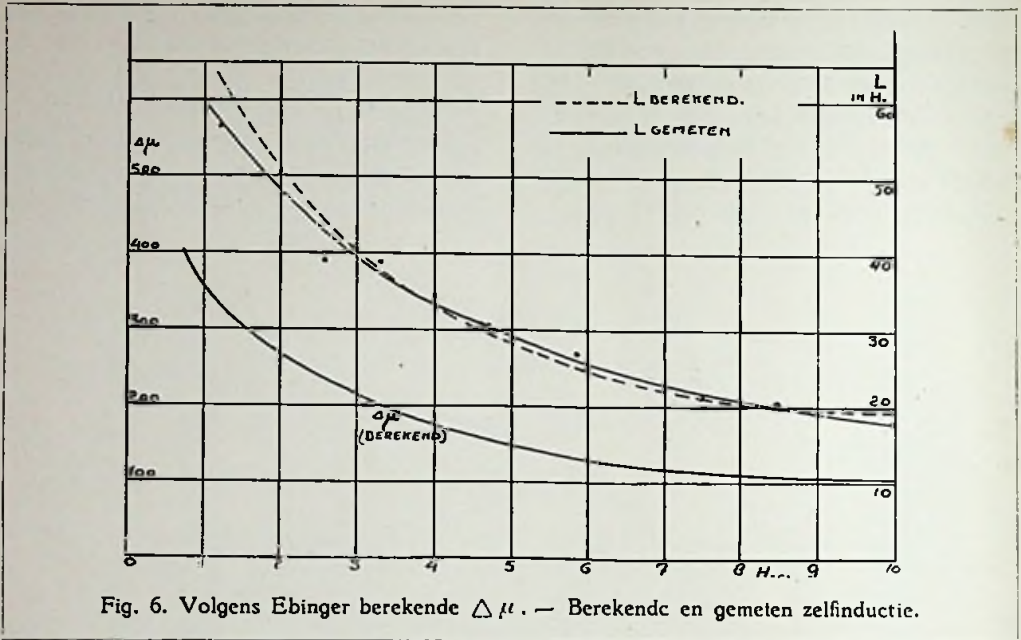


Fig. 6. Volgens Ebinger berekende $\Delta\mu$. — Berekend en gemeten zelfinductie.

sterkte van de gelijkstroomcomponente uitgezet. We zien dat de berekende en gemeten waarden zeer weinig van elkaar verschillen. Het grootste verschil treedt op bij $H = 2,55$, waar de berekende waarde van L 14,5 % groter is dan de gemeten. Alhoewel uit de kromme van de gemeten waarden misschien mag worden geconcludeerd, dat de gemeten waarde juist aan den lagen kant is. Voor een benaderingsformule geeft de methode van berekenen naar Ebinger dus redelijk goede resultaten.

Ter vergelijking hebben we uit de magnetisatiekromme fig. 5 ook eens afgeleid de waarden μ_s volgens Dr. Noack en vinden dan de volgende (we hebben ze ter onderscheiding van onze waarden $\Delta\mu$ met μ_s , de „differentiaal permeabiliteit”, genoemd):

H	μ_s	H	μ_s
1	1890	6	200
2	1400	7	150
3	900	8	120
4	500	9	100
5	306	10	80

Vergeleken bij de door ons gevonden waarden van $\Delta\mu$, die experimenteel worden bevestigd, vertoonen de waarden berekend naar Dr. Noack dus zeer belangrijke afwijkingen. Het gevolg daarvan is dat de zelfinductiekrommen, die in het artikel van Dr. Noack worden gepubliceerd, een zeer afwijkend verloop hebben; een verloop dat niet door experimenten wordt bevestigd.

De zelfinductie als functie van het aantal windingen bij een constanten gelijkstroom en constante amplitude van de wisselspanning.

Als gevolg van het feit dat $\Delta\mu$, de dynamische permeabiliteit van een smoorpoel met gelijkstroommagnetisatie, een heel ander verloop heeft, dan μ_s , de „differentiaal-permeabiliteit” van de magnetisatiekromme, krijgen we ook een heel ander verloop van de zelfinductie als functie van het windingsgetal bij constanten gelijkstroom, dan in het artikel van Dr. Noack wordt aangenomen. We hebben dit nagegaan voor verschillende ge-

vallen, waarvan we de gegevens hadden en nergens een „knik” in de krommen kunnen vinden. Eén geval zullen we hier nader onderzoeken en daarbij gebruik maken van gegevens omtrent $\Delta \mu$ voor transformatorblik (Stalloy) door A. A. Symonds in 1928 gepubliceerd in „Experimental Wireless and Wireless Engineer” (pag. 485 e.v.). De gegeven waarden werden gemeten aan een smoorspoelkern met een ijzerdoorsnede $Q = 4,97 \text{ cm}^2$ en een ijzerlengte $l_0 = 27,9 \text{ cm}$. De waarden voor $\Delta \mu$ werden uitgezet als functie van het aantal ampèrewindingen per cm ijzerlengte, de waarden van H zijn dan $\frac{4 \pi}{10} \times$ zoo groot. Symonds geeft dan de volgende waarden:

aw/cm gelijkstroom magnetisatie	voor $\Delta \mu$ $\Delta B = 126 \text{ gauss}$	voor $\Delta B =$ 1260 gauss
1	625	—
2	425	810
4	250	485
6	165	275
8	120	195
10	92	167,5
20	55	83
30	45	58
40	37,5	45

Deze waarden werden uit de gepubliceerde krommen afgelezen. Met deze gegevens berekenden we twee gevallen van smoorspoelen met een constanten gelijkstroom van 40 mA. en een variabel aantal windingen resp. voor $\Delta B = 126$ en $\Delta B = 1260$, dus voor verschillende wisselstroomcomponenten. Het resultaat is het volgende:

aantal windingen	Gelijkstroom 40 mA. zelfinductie in henry	
	voor ΔB = 126	voor ΔB = 1260
700	0,69	—
1400	1,87	3,56

2800	4,40	8,55
4200	6,50	10,80
5600	8,45	13,70
7000	10,20	18,40
14000	24,00	36,30
21000	44,10	56,0
28000	66,00	79,0

Zet men deze waarden uit in krommen, dan zal men vinden, dat deze nagenoeg lineair verlopen en bij de grootere waarden van het aantal ampèrewindingen de neiging vertoonen om kwadratisch te gaan verlopen. Dit is ook logisch, want als het ijzer verzadigd is, doet de aanwezigheid daarvan weinig meer toe of af; de dynamische permeabiliteit is dan zeer klein en nagenoeg constant geworden en dan neemt de zelfinductie toe met het kwadraat van het aantal windingen. Zooals reeds gezegd: van een knik in de kromme voor de zelfinductie als functie van het aantal windingen hebben we in geen van de onderzochte gevallen iets gemerkt. Voorzover valt na te gaan is dit een gevolg van het feit, dat de werkelijke kromme voor $\Delta \mu$ een ander verloop heeft, dan voorgesteld in fig. 3 op blz. 133 van „Radio-Nieuws”, Oct. 1932. Zooals aangetoond verloopt de werkelijke kromme voor $\Delta \mu$ zonder uitgesproken knikpunt en veel vlakker dan de kromme voor μ_s , aangegeven in genoemde fig. 3, en aangenomen als basis voor verdere berekeningen en beschouwingen.

In het algemeen doet men in de practijk goed aan de hand van metingen gegevens te verzamelen voor smoorspoel- en transformator-kernen met gelijkstroommagnetisatie en deze als contrôle voor de berekeningen te gebruiken in plaats van zich uitsluitend te verlaten op theoretische beschouwingen.

Hilversum, 26 October 1932.

De opname van Geluidfilm.

Door Ir. H. NILLESEN.

I. INLEIDING.

Het vastleggen van het geluid geschiedde aanvankelijk geheel langs mechanischen weg. De luchtrillingen bewogen een trilplaat, waaraan een schrijfnaald bevestigd was, die de bewegingen van de trilplaat op een wasrol registreerde. Ook de weergave geschiedde mechanisch, volgens het omgekeerde proces als hetgeen bij de opname gebruikt werd.

Indien men in aanmerking neemt, dat b.v. de energie van de menschelijke stem van de orde van een tienmillioenste watt is, is het te begrijpen, dat deze geheel mechanische wijze van registreren kwalitatief slechts geringe resultaten opleverde.

De ontwikkeling van de versterkerlamp, die onder meer ook in de radio- en telefoontechnik een omwenteling teweeg bracht, heeft het mogelijk gemaakt het geluid op een zeer volmaakte wijze vast te leggen en weer te geven.

Bij het vastleggen van het geluid bij sprekende film wordt gebruik gemaakt van microfoons, lampversterkers en een inrichting om het geluid op een gramofonplaat, of een inrichting om het op een filmband vast te leggen. Bij beide systemen worden dus microfoons en versterkers toegepast en wij zullen deze dan ook, speciaal in verband met de eischen die bij geluidfilm gesteld worden, in het kort bespreken.

De microfoons.

Er worden meestal electro-statische of condensatormicrofoons en electro-dynamische microfoons gebruikt, terwijl den laatsten tijd ook speciaal voor dit doel geconstrueerde koolmicrofoons worden toegepast.

De condensatormicrofoon bestaat uit twee vlakke metalen platen, die onderling geïsoleerd en evenwijdig aan elkaar zijn opgesteld; een van deze platen is ongeveer 38 micron dik, en wordt als trilplaat gebruikt. Om geen hinder te ondervinden van de eigen-frequentie hiervan, is deze zeer hoog gelegd, o.a. door de plaat stijf in te klemmen; een hooge eigen-frequentie wordt ook bevorderd door de stijfheid van het dunne laagje lucht achter het membraan. Tusschen de twee condensatorplaten wordt een constante spanning aangelegd (zie fig. 1). Indien de trilplaat door geluid-

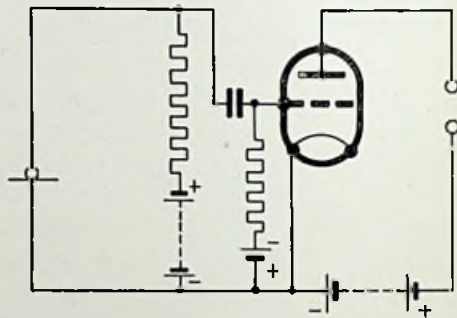


Fig. 1

golven getroffen wordt, zal zij bewegen, tengevolge waarvan de capaciteit van den condensator verandert. Er gaat dan een wisselstroom door den in serie met de microfoon en de batterij geschakelden weerstand vloeien. Aan dezen weerstand worden dus wisselspanningen opgewekt, die met behulp van een lampversterker worden versterkt. Aangezien, om een behoorlijk nuttig effect te bereiken, de grootte van den weerstand eenige tientallen megohms moet bedragen, is het noodzakelijk om de verbindingsleidingen van de microfoon met den weerstand en van dezen met de eerste versterkerlamp

zeer kort te maken, teneinde de capaciteit tusschen rooster en kathode gering te houden. Om dezelfde reden is het gewenscht den onderlingen afstand tusschen de beide leidingen niet te klein te nemen; het gevolg van een groote capaciteit, is n.l. dat er een belangrijk verlies van hooge tonen zou optreden. Een goede oplossing, die in de praktijk meestal wordt toegepast, is het opstellen van de eerste versterkerlamp in de onmiddellijke nabijheid van de microfoon, zoodanig dat er a. h. w. een geheel gevormd wordt.

De electro-dynamische microfoon bevat een trilplaat, waaraan een spoeltje, dat zich in een sterk magnetisch veld bevindt, bevestigd is. Indien de trilplaat door geluidgolven getroffen wordt, zal dus het spoeltje in het magnetische veld bewegen, zoodat er in de windingen van het spoeltje spanningen geïnduceerd worden, die weer met een lampversterker versterkt worden (zie fig. 2). De electro-

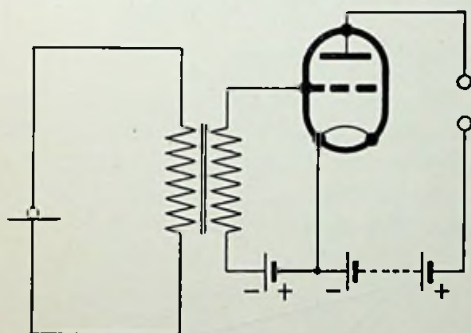


Fig. 2

dynamische microfoon geeft iets minder geluidsqualiteit dan de electro-statische, doch zij heeft het voordeel van een lage impedantie waardoor de gevolgen van een capacatieve afleiding veel minder ernstig zijn dan bij de condensatormicrofoon, zoodat de eerste versterkerlamp niet vlak bij de microfoon behoeft te worden opgesteld. Hierdoor is de microfoon gemakkelijk verplaatsbaar, hetgeen

onder bepaalde omstandigheden een belangrijk voordeel zijn kan.

Bij buitenopnamen heeft men dikwijls hinder van sterk ruisen van de microfoon, tengevolge van den wind. Teneinde dit te voorkomen, kan men de microfoon met zijden doek omwikkelen; hierdoor wordt de windstroom tegengehouden, de geluidstrillingen echter ondervinden nagenoeg geen weerstand. Bij opnamen in groote ruimten worden soms moeilijkheden ondervonden tengevolge van een te grooten nagalmtijd. Men kan dan verbetering van de opname bereiken, door de microfoon gedeeltelijk af te schermen met geluiddempend materiaal, b.v. door een vilten scherm in de nabijheid op te stellen.

Verder worden er soms speciale klankborden, om de opname van hooge of wel van lage tonen te versterken, toegepast.

Om een goede verstaanbaarheid van het gesproken woord te verkrijgen, is het noodzakelijk, dat de microfoon niet te ver van den spreker wordt opgesteld; immers het opvangen van storende bijgeluiden moet zooveel mogelijk worden voorkomen. In vele gevallen is het echter, in verband met de opname van het beeld, niet mogelijk om den spreker voldoende dicht met een microfoon te naderen; immers de microfoon mag niet meegefotografeerd worden. Onder dergelijke omstandigheden is het dikwijls noodzakelijk om het geluid afzonderlijk op te nemen, d.w.z. eenmaal moet gespeeld worden voor de opname van het geluid en daarna nog een keer voor de opname van het beeld (zie ook Hoofdstuk V). Dit brengt natuurlijk extra-kosten en tijdverlies met zich mede.

Een eenvoudiger oplossing wordt geboden door toepassing van een gerichte microfoon. Een dergelijke inrichting is aangegeven in fig. 3. Zij bestaat uit een hoorn in het nauwe gedeelte waarvan een

microfoon is opgesteld. De afmetingen van den hoorn zijn zoodanig, dat er voor frequenties boven de 200 Hz richteffect en versterking optreedt. Voor lagere fre-

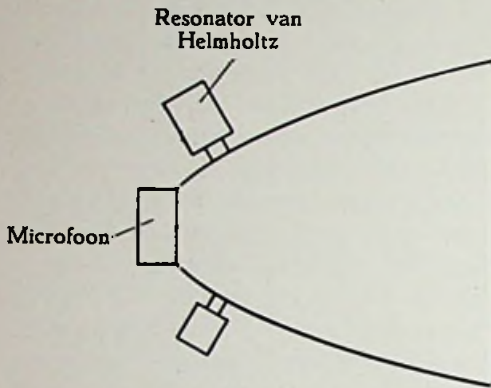


Fig. 3

quenties ontstaan er hoorn-resonanties; om deze weg te dempen, zijn er eenige resonatoren van Helmholtz aangebracht.

Een andere uitvoering van een gericht opvangend systeem is in fig. 4 aangegeven. Het geluid straalt op den reflector en wordt in het brandpunt hiervan geconcentreerd. Hierin is de microfoon opgesteld, met de trillplaat naar den reflector gekeerd. De gebruikte reflector heeft een parabolischen vorm en een diameter van ongeveer 1,5 m. Beneden 500 Hz treedt er een verzwakking op, voor de hogere frequenties een groote versterking. De verzwakking in de lage tonen kan voor spreken als een voordeel beschouwd worden, immers de spraak heeft neiging om bij de weergave, tengevolge van de groote versterking, hol te klinken.

Het gebruik van een gerichte microfoon is niet alleen van voordeel om een goede opname te verkrijgen van een ver verwijderden spreker; ook bij buitenopnamen kan het geruisch tengevolge van den wind gereduceerd worden. Hiertoe moet de microfoon „uit den wind” worden geplaatst, zoodat de hoorn of de reflector als een scherm werkt.

De versterkers.

De spanningen van de verschillende microfoons worden, na al dan niet eerst versterkt te zijn, naar een mengpaneel gevoerd, waar zij in de gewenschte verhouding bijeengevoegd kunnen worden. De op deze wijze verkregen wisselspanning wordt verder versterkt en aan het rooster van een eindlamp van voldoende vermogen toegevoerd. De afgegeven energie van deze eindlamp wordt verdeeld over het apparaat dat gebruikt wordt om het geluid vast te leggen en over een controle-luidspreker.

De versterkers moeten aan zeer hoge eischen van vervormingsvrijheid voldoen. Zij zijn van filters voorzien, waarmee de frequentie-karakteristiek gewijzigd kan worden. Dit is dikwijls van groot belang b.v. bij de opname van het gesproken woord. In dit geval wordt soms een grootere verstaanbaarheid bij de weergave verkregen door bij de opname de lage frequenties uit te zeven.

De registreersystemen.

Wij zullen thans overgaan tot een beschouwing van de twee verschillende systemen die thans in de practijk gebruikt worden om het geluid bij sprekende film te registreren.

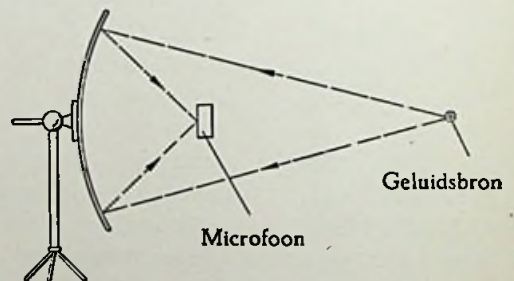


Fig. 4

1. *Het gramfoonplaatsysteem.* In dit geval wordt de afgegeven energie van de eindlamp aan een electromagnetisch aangedreven graveernaald toegevoerd,

die het geluid in een plaat van was grift. Naar deze wasplaat worden dan de eigenlijke gramfoonplaten vervaardigd. De weergave geschiedt met behulp van gramfoonopnemer, versterkers en luidsprekers.

2. *Het filmbandsysteem.* Bij de verschillende methodes wordt de energie van de eindlamp aan een toestel toegevoerd, dat een veranderend lichteffect op een, met eenparige snelheid bewegende, lichtgevoelige strook teweeg brengt. Na het ontwikkelen en afdrucken van de aldus belichte strook ontstaat de z.g. geluidband. Hierop is het geluid dan vastgelegd in den vorm van meer of mindere doorschijnendheid van het filmmateriaal.

Bij de weergave wordt deze geluidband met dezelfde eenparige snelheid bewogen als bij de opname, terwijl het licht van een constante bron via de film op een fotocel valt. In deze laatste treden stroomden op, afhankelijk van de doorschijnendheid van de film; deze stroomen worden versterkt en aan de luidsprekers toegevoerd. In de meeste gevallen worden geluid en beeld op afzonderlijke negatieven gefotografeerd, op de positieve film worden geluid en beeld tezamen afgedrukt (zie fig. 5 en 6).

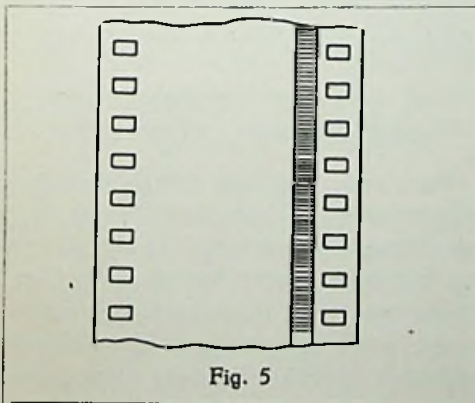


Fig. 5

Tenslotte zij nog opgemerkt, dat bij het afdraaien de film eerst het projectievenster passeert en daarna het geluid-

venster. Daarom is het bij het filmbandsysteem noodzakelijk om beeld en geluid op de film ten opzichte van elkaar te

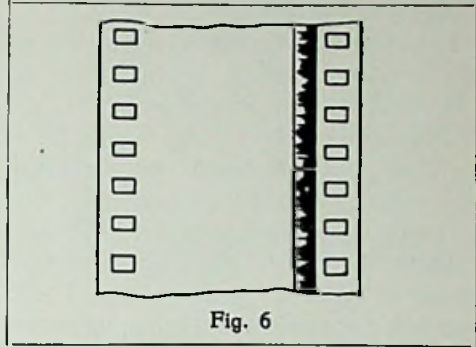


Fig. 6

verplaatsen. Internationaal is vastgesteld, dat het geluid 19 beeldjes of 36 cm vóór het correspondeerende beeld staat.

Wij onderscheiden:

a. *Het „ladder”-systeem.* Het geluid wordt hier vastgelegd in den vorm van donkere en lichte lijnen, loodrecht op de bewegingsrichting van de film (zie fig. 5).

b. *Het „zaagtand”-systeem.* In dit geval bestaat het geluidbeeld uit een strook van veranderlijke breedte, doch met constante doorschijnendheid (zie fig. 6).

De regelmatige snelheid.

Vanzelfsprekend is voor het verkrijgen van een zuivere weergave een absoluut constante snelheid van de plaat resp. de filmband bij het opnemen en bij het weergeven een eerste vereischte.

Zowel de langzame snelheidsvariaties — die bv. kunnen ontstaan tengevolge van een netspanningsschommeling bij elektrische aandrijving — als de snelle variaties — die b.v. door speling in de eventueel aanwezige tandwielen kunnen optreden — moeten worden vermeden.

De eerste categorie der veranderingen kan worden bestreden met een snelheidsregeling zooals b.v. een trioderegelaar; de tweede categorie wordt meestal te-

gengegaan met een veerende koppeling tusschen het aandrijvende systeem en de filmtransportrol.

Het synchroniseeren.

Een zeer belangrijke factor is, dat bij de weergave, geluid en beeld op elk oogenblik bij elkaar passen.

Om dit te bereiken zorgt men er bij de opname voor, dat beeld- en geluidregistreerapparaat met nauwkeurig dezelfde constante snelheid (synchroon) draaien; bovendien moet op de geluidstrook of op de wasplaat en op de beeldfilm een merkteeken worden aangebracht bij het begin van de opname. Slechts op deze wijze is het mogelijk om bij de weergave isochronisme (d.i. gelijktijdigheid) te verkrijgen.

Het synchroon loopen van beeld- en geluidregistreerapparaat zou principieel met behulp van een mechanische koppeling bewerkstelligd kunnen worden. In de praktijk kan deze oplossing echter niet worden toegepast, omdat meestal de geluidregistreerinrichting, ver van de opname-camera's is opgesteld. Men maakt daarom gebruik van een elektrische koppeling.

Een der toegepaste methodes bestaat hierin, dat er voor de aandrijving van de opname-camera's en van het geluidregistreerapparaat, synchroonmotoren worden gebruikt. Deze worden gevoed met behulp van een specialen draaistroomgenerator, die met constante snelheid wordt aangedreven. Bij deze methode bestaat uit den aard der zaak alleen synchronisme als de motoren op toeren zijn.

Een andere inrichting, waarbij de aandrijvende motoren ook in de aanloopperiode synchroon draaien, bevat voor de aandrijving van de opname-camera's en van het geluidregistreerapparaat synchroonmotoren met veranderlijke snelheid. De rotorwikkelingen hier-

van zijn met sleepringen verbonden. Er is een groote motor die als „moeder” dienst doet. De rotoren van alle motoren zijn parallel geschakeld en de statoren zijn aan het draaistroomnet aangesloten. Bij dit systeem heeft een verdraaiing van één der rotoren eenzelfde verdraaiing van alle overige rotoren tot gevolg. De rotor van de „moeder” wordt nu aangedreven met een gelijkstroommotor, waarvan de snelheid geregeld wordt met een triode-regelaar. De overige rotoren zullen dus, ook gedurende het aanloopen, met dezelfde snelheid draaien.

Het merken van 't beginpunt van beeld en geluid kan bij deze laatste synchroniseeringsmethode geschieden door bij stilstaande apparaten zoowel beeldfilm als geluidfilm of wasplaat van een merkteeken te voorzien.

Bij de eerstgenoemde synchroniseeringsmethode kan men pas een merkteeken aanbrengeen, zoodra de motoren geheel op toeren zijn. Het kan b.v. geschieden door bij den aanvang van de opname twee planken tegen elkaar te slaan. Ook kan men bij opname volgens het geluidbandsysteem twee lampjes in serie schakelen; als de stroomkring dan gesloten wordt, worden zij op hetzelfde oogenblik lichtgevend. Een der lampjes belicht de geluidstrook, het andere het filmbeeld.

II. OPNAME VOLGENS HET GRAMOFOONPLAATSYSTEEM.

De wasplaat, waarin de geluidtrillingen gegrift zijn, is „positief”, d.w.z. deze plaat kan desgewenscht als een gewone gramfoonplaat met behulp van een specialen gramfoon-opnemer worden teruggespeeld, hetgeen in studio's dikwijls geschiedt. Men kan op deze wijze onmiddellijk controleeren of de opname goed is. Indien wij nu van deze positieve wasplaat langs galvanischen weg een metalen „negatief” maken, kan dit negatief

worden gebruikt als matrijs, met behulp waarvan de gramofoonplaten geperst kunnen worden.

De wasplaat.

De samenstelling van de gebruikte was is in den regel een fabrieksgeheim. Zij moet namelijk aan zeer bijzondere eischen voldoen. In de eerste plaats moet de plaat voldoende zacht zijn, zoodat de graveernaald er gemakkelijk in kan snijden. Verder moet zij voldoende stevig zijn, ten einde breuk tijdens de behandeling te vermijden. De wasplaten zijn ongeveer 5 cm dik en hebben een diameter van 33 cm voor studio-doeleinden, en van 43 cm voor de vervaardiging van de gramofoonplaten die in den handel worden gebracht (overeenkomend met een gramofoonplaat met een diameter van resp. 30 en 40 cm).

Voordat het geluid op de wasplaten geregistreerd wordt, worden deze zorgvuldig op de draaibank vlakgeschaafd met behulp van een zeer scherp nauwkeurig geslepen, beitelvormig mes. Een zuigbuis zuigt de waskrullen weg.

De aldus geprepareerde wasplaten moeten, indien zij niet onmiddellijk gebruikt worden, zorgvuldig worden opgeborgen, ten einde te voorkomen, dat zich stofdeeltjes op het gladde oppervlak vast zetten; verder moeten vóór het gebruik de wasplaten in een thermostaat nauwkeurig op temperatuur worden gebracht.

De recorder.

Dit is het apparaat, dat het geluid in de wasplaat grift. Het werkt juist andersom als een gramfoon-opnemer.

De versterkte microfoonstroomden aan een spoeltje, dat om een magneet geplaatst is toegevoerd. In het magneetveld van dit spoeltje is een ankertje geplaatst, dat dus in het rythme der laagfrequent-wisselstroomden zal bewegen; aan dit ankertje is de graveernaald

bevestigd. Er wordt van een electro-magneet gebruik gemaakt, ten einde een sterk veld te verkrijgen. De eigenlijke graveernaald is van safier (zie fig. 7).

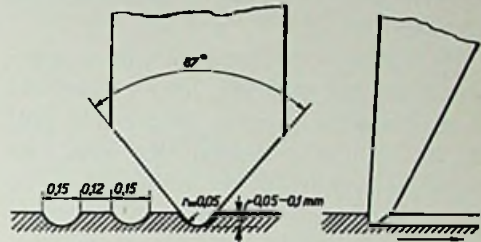


Fig. 7

Het graveeren.

De recorder is op een graveermachine gemonteerd. De diepte van de groeven zou kunnen worden vastgelegd door het gewicht van den recorder nauwkeurig uit te balanceeren; dit zou echter ten gevolge van onvermijdelijke kleine onregelmatigheden in de wasplaat, steeds tot fouten aanleiding geven. Daarom wordt er gebruik gemaakt van een „advance ball”, die den recorder vooruit loopt en op de wasplaat rust. De hoogte van deze „advance ball” ten opzichte van de punt van de graveernaald, en dus de diepte van de groeven in de wasplaat, kan met een micrometerschroef worden geregeld. De aandrijving van de graveermachine geschiedt met een electro-motor, die zooals reeds werd opgemerkt synchroon loopt met de camera-motoren.

De draaitafel waarop de wasplaat gelegd is maakt $33\frac{1}{3}$ omwentelingen per minuut. De snelheid van de film bedraagt 24 beeldjes per seconde hetgeen overeenkomt met $60 \times 24 = 1440$ beeldjes per minuut. De verhouding van het aantal omwentelingen van de wasplaat tot het aantal beeldjes is dus $33\frac{1}{3} : 1440$ of $1 : 43,2$.

Bij de opname van geluidfilmpaten geschiedt de beweging van den recorder over de wasplaat radiaal van binnen.

naar buiten. Dit is dus juist andersom als bij een gewone gramfoonplaat hetgeen verband houdt met den langeren speeltijd van de geluidfilmplaten. Deze bedraagt n.l. den duur van één acte, dit is ongeveer 15 minuten.

De relatieve snelheid van de gramfoonnaald ten opzichte van de plaat zal in de buitenste groeven grooter zijn dan in de binnenste, zoodat dus voor een bepaalde frequentie de golflengte in de plaat in de binnenste groeven kleiner is dan in de buitenste. In de binnenste groeven wordt dus voor de hooge frequenties de grootte van de naaldpunt van de zelfde orde als de golflengte, wat tot gevolg heeft, dat de hoogere frequenties minder goed worden weergegeven. Indien de naald eenige minuten gespeeld heeft en dus wat afgesleten en min of meer stomp geworden is, wordt het verlies zelfs vrij aanzienlijk. Het is dus voordeelig om de naald van binnen naar buiten te laten spelen: naar gelang de naald slijt, treft zij voor een bepaalde frequentie een grootere golflengte aan, zoodat dus het verlies aan hooge tonen ten gevolge van de naaldslijtage eenigszins gereduceerd wordt.

De spoed van de spiraal, die in de wasplaat gesneden wordt, kan op verschillende waarden worden ingesteld, meestal bedraagt zij 37 groeven per cm (zie ook fig. 7). Men kan echter zoo noodig grootere amplitude en dus grootere geluidsterkten toelaten door de groeven verder uit elkaar te snijden.

Het terugspelen.

Indien het in de bedoeling ligt om een wasplaat, b.v. voor contrôle doeleinden, terug te spelen, wordt er een extra-plaat gemaakt, die met behulp van een speciaal, zeer lichten gramfoon-opnemer wordt afgespeeld. Na een tiental keeren gebruikt te zijn, is een dergelijke plaat echter versleten.

De vervaardiging van de gramfoonplaten.

De gegraveerde wasplaat wordt met zeer fijn grafietstof bedekt; alle overvloedige grafietdeeltjes worden dan verwijderd, waarna de plaat gepolijst wordt. Op de aldus verkregen geleidende oppervlakte wordt dan langs galvanischen weg een dunne laag koper neergeslagen. Er wordt op deze wijze een negatieve koperen copie van de wasplaat verkregen. Zoodat reeds werd opgemerkt, kan dit dunne koperen negatief, na mechanisch versterkt te zijn, gebruikt worden om er gramfoonplaten mee te persen. Indien het negatief het direct bij de beelden opgenomen geluid bevat, kunnen de hiermede vervaardigde proefplaten gebruikt worden voor de contrôle van de dag-productie, het combineeren met andere platen, het toevoegen van geluideffecten, enz. (Zie ook Hoofdstuk V). Wanneer echter dit negatief het eindproduct is, d.w.z. toegepast moet worden bij de vervaardiging van de gramfoonplaten voor de bioscoop, worden de proefplaten gebruikt voor de laatste contrôle van geluid en beeld te samen.

Indien nu voor de fabricage van de platen voor het gebruik in bioscopen het origineele negatief zou worden toegepast, bestaat er kans, dat dit verloren raakt b.v. ten gevolge van breuk. Men vervaardigt daarom van het eenige negatief (de „vader”) een aantal posities (de „moeders”) en hiervan wordt dan het benodigde aantal matrijzen gemaakt.

Voor het vervaardigen van een gramfoonplaat worden twee verschillende matrijzen in een hydraulische pers gemonteerd, één voor elke zijde van de plaat. De matrijzen worden verwarmd, het etiket wordt erop gelegd, daarna een bal gramfoonplaten-materiaal, vervol-

gens komt het tweede etiket waarna de pers gesloten wordt. De gramfoonplaat wordt nu hydraulisch geperst onder een druk van ongeveer 200 kg per cm². De matrijzen worden daarna met stromend water gekoeld, waarna de gramfoonplaat verwijderd kan worden. Na beproeving is zij gereed voor de verzending.

Frequentie karakteristiek.

In fig. 8 is de frequentie karakteristiek van een recorder aangegeven. Op de horizontale as is de frequentie logaritmisch uitgezet, op de verticale as het product van de amplitude van de graveernaald en de bijbehorende frequentie in dB bij een constante wisselspanning op de spreekspoel van den recorder. Voor een ideale vastlegging van het geluid zou b.v. voor frequentie 200 de amplitude van de naald twee maal zo groot moeten zijn, als voor frequentie 400 en vier maal zo groot als voor frequentie 800, d.w.z. zou het product van amplitude en frequentie constant moeten zijn (gestippelde lijn). Aan deze voorwaarde wordt door den recorder, waarvan de frequentiekarakteristiek in fig. 8 is weergegeven, voldaan voor het

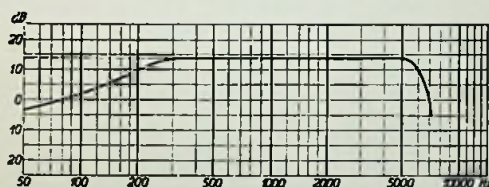


Fig. 8

frequentiegebied van 300 tot 5000 Hz. Boven 5000 Hz valt de karakteristiek snel af, beneden 300 Hz vindt een regelmatige daling plaats. Dit laatste voorkomt een te groote amplitude voor de lage frequenties waardoor twee naast elkaar liggende groeven in de gramfoonplaat door elkaar zouden komen te lopen. Men zou kunnen denken, dat een

verzwakking in de lage tonen de kwaliteit van de weergave nadeelig zou beïnvloeden. Het blijkt echter dat, indien het verlies van lage tonen gecompenseerd wordt, het lage register veel te sterk op den voorgrond treedt.

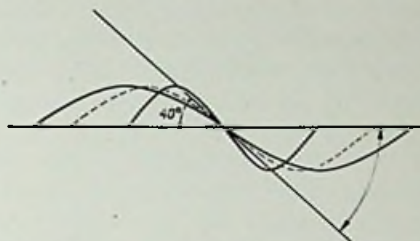


Fig. 9

Het juist niet door elkaar loopen van twee naast elkaar liggende groeven bepaalt dus de maximaal toelaatbare amplitude voor de lagere frequenties. Indien wij nu van b.v. 400 Hz af de frequentie opvoeren, waarbij de amplitude constant gehouden wordt, zullen bij een bepaalde frequentie de groeven ten naaste bij loodrecht op de spiraal komen te staan (zie fig. 9). Het is duidelijk, dat de gramfoonnaald dan over de groeven heen springt. Het blijkt, dat de maximaal toelaatbare hoek tuschen groeven en spiraal 40° bedraagt, hierdoor wordt dus de grootste amplitude van de hooge tonen begrensd. Voor de binnenste groeven van de gramfoonplaat zal dus de maximaal toelaatbare amplitude bij een lagere frequentie liggen dan voor de buitenste groeven. In fig. 7 zijn de afmetingen van de groeven aangegeven voor het geval dat er 37 groeven per cm voorkomen. Wij zien dat de maximaal toelaatbare amplitude 0,1 mm is. Stel dat dit het geval is voor frequentie 400, dan moet dus de maximale amplitude beneden 400 Hz ongev. constant gehouden worden op 0,1 mm (vergelijk ook fig. 8). Voor 800 Hz wordt de maximale amplitude dan 0,05 mm, voor 1600 Hz 0,025 mm en voor 3200 Hz 0,013 mm.

Daalt de amplitude tot op $1/10$ van deze maximale waarde, dan wordt dus de amplitude voor 3200 Hz 0,0013 mm.

III. OPNAME VOLGENS HET FILM-BANDSYSTEEM.

Zoals reeds werd opgemerkt, wordt het geluid op de geluidstrook vastgelegd, volgens het „zaagtand“-systeem of volgens het „ladder“-systeem.

Bij het zaagtandsysteem wordt een lichtstraal in het rythme van de l.f. wisselstroom langs een spleet, die loodrecht op de lengterichting van de film geplaatst is, bewogen.

Bij het laddersysteem verandert de breedte of de helderheid van een verlichte spleet, die zich voor de film bevindt.

In beide gevallen wordt de film met een constante snelheid van 24 beeldjes per seconde langs de spleet gevoerd; aangezien een beeldje 19 mm lang is, komt deze snelheid overeen met 0,456 m/sec.

Er worden door de diverse firma's verschillende apparaten gebruikt, waarvan wij er eenige nader zullen bekijken.

Het zijn:

1. *Het oscillograafsysteem*, dat o.a. wordt toegepast door de Radio Corporation of America en door Petersen en Poulsen;

2. *Het systeem met een gasgevulde lamp*; bij Fox wordt hiervoor de z.g. „Acolamp“ toegepast; ook Tobis werkt volgens deze methode, zij gebruikt de „Ultrafrequentzlampe“;

3. *Het systeem met een mechanisch lichtventiel*, dat door de Western Electric wordt gebruikt;

4. *Het systeem met de Kerrcel*, dat door de Klangfilm wordt gebruikt;

5. *Het systeem met de Braunsche buis*, dat bij Lignose Hörfilm ontwikkeld wordt.

1. De oscillograafmethode.

Zoals reeds werd opgemerkt, wordt het geluid vastgelegd door een lichtstraal van constante sterkte, die in het rythme van de microfoonstroom voorbij een spleet, die voor de film geplaatst is, bewogen wordt. Het principe van deze methode werd reeds in 1902 door Duddell gepatenteerd. De oscillograaf, die de Radio Corporation of America gebruikt, is als volgt geconstrueerd (zie fig. 10).

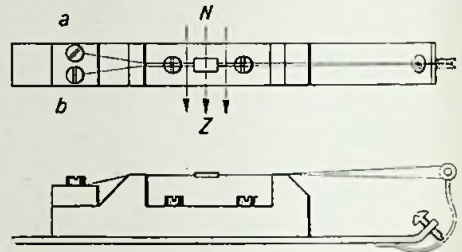


Fig. 10

Tusschen de polen van een magneet bevinden zich twee metalen bandjes (ca. 13 micron dik en 130 micron breed), die over twee brugjes van isolatiemateriaal (afstand ca. 11 mm) gespannen zijn. De onderlinge afstand van de bandjes bedraagt ca. $1/4$ mm. De bandjes vormen een gesloten stroomkring en worden met behulp van een veer gespannen gehouden. Midden tusschen de brugjes is op de bandjes een spiegeltje bevestigd. Indien nu door de bandjes de versterkte microfoonstroom gezonden worden, zal het spiegeltje gaan bewegen. Ten einden weinig hinder van de eigen trilling van het systeem te hebben is deze betrekkelijk hoog gelegd n.l. bij ca. 8000 Hz. Om de resonantie-piek zooveel mogelijk weg te dempen is het geheel in olie opgesteld; bovendien wordt er meestal nog een electricch filter voorgeschakeld, dat alleen beneden 7000 Hz doorlaat. Met een stroom van 100 mA wordt de maximale draaiing van het spiegeltje verkregen. In fig. 11 is de op-

stelling van de inrichting schematisch aangegeven. Het licht van het belichtingslampje L wordt, via den condensator L_1 , door de vierkante opening S_1 geworpen en valt daarna op het spiegelkje S van den oscillograaf. L_2 is een lens, die mede dient om het olie-reservoir, waarin het trillend systeem is opgesteld, af te sluiten; deze lens is niet evenwijdig aan het spiegelkje geplaatst, om hinder van reflecties

kleinere of grotere breedte verlicht worden. De geluidstrook wordt met een constante snelheid in de lengterichting bewogen, zoodat er een beeld ontstaat van veranderende breedte en van constante dichtheid. Voor kleine uitwijkingen, welke practisch steeds optreden, is de breedte van het geluidbeeld op de geluidband evenredig met de draaiing van het spiegelkje van de oscillograaf,

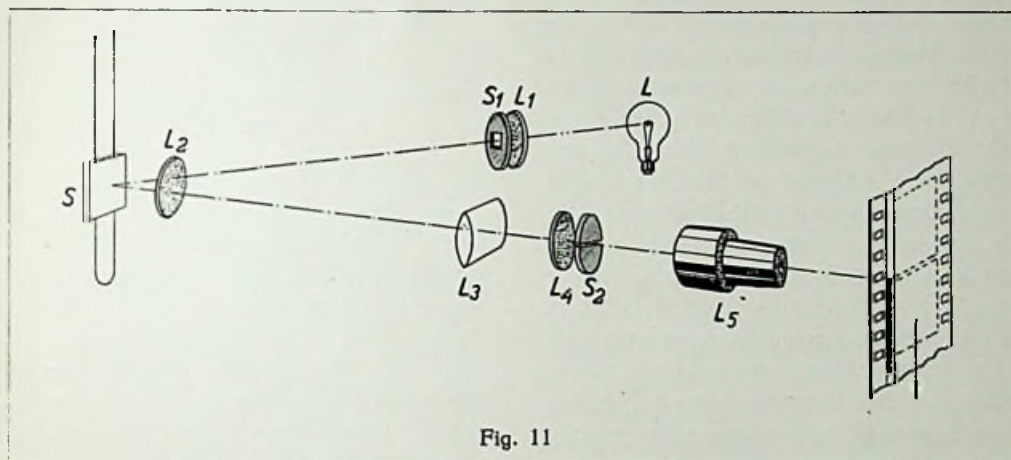


Fig. 11

te vermijden. Op het spiegelkje valt dus een lichtstraal met een vierkante doorsnede, die door de cylinder-lens L_3 geworpen wordt, deze lens knijpt de vierkante lichtstraal als het ware plat. Daarna valt deze door de convergeerende lens L_4 op een smalle spleet S_2 die ca. 80 micron breed is. Ten slotte wordt het beeld van deze spleet met behulp van het objectief L_5 op de geluidstrook geprojecteerd. Het objectief verkleint in de verhouding 4 : 1, zoodat de lichtstreep, die op de film valt, slechts 20 micron breed is.

De oscillograaf is zoodanig ingesteld, dat in ongemoduleerden toestand juist de helft van de lichtgevoelige geluidstrook verlicht wordt. Het beeld van één van de zijanten van S_1 valt dus samen met het midden van de geluidstrook.

Indien nu het spiegelkje trilt zal de spleet S_2 en dus de geluidstrook over een

en aangezien deze draaiing evenredig is met de stroomsterkte is dus de breedte van het geluidbeeld evenredig met de stroomsterkte.

Bij de weergave zal de grootte van de optredende lichtsterktevariatiën afhangen van de verhouding van de doorschijnendheid van de belichte en van de onbelichte gedeelten. Indien er een sterk contrast is, zal de output dus groot zijn. Theoretisch zouden wij dus de beste resultaten krijgen, indien de belichte gedeelten niets doorlieten en de onbelichte alles. Men moet echter de film niet zoo sterk belichten en zoo lang ontwikkelen tot er door de donkere gedeelten in het geheel geen licht meer doorgelaten wordt, aangezien dan de grenslijn tusschen licht en donker vaag wordt, hetgeen vooral voor een goede weergave van de hooge frequenties nadeelig is.

Ook treedt er bij te ver doorgevoerde ontwikkeling sluisering op, d.w.z. de onbelichte gedeelten worden ook min of meer donker; dit heeft een belangrijk verlies aan output tot gevolg. (Zie ook Hoofdstuk IV).

2. Het systeem met een gasgevulde lamp.

De „Aeolamp” van Fox Movietone is een twee-electrodenlamp, gevuld met zuiver helium onder lagen druk. De anode bestaat uit nikkel, de kathode is bedekt met barium of strontium. Indien er een spanning tussen de anode en de kathode wordt aangelegd, wordt het gas geïoniseerd, er gaat een stroom lopen en aan de kathode treedt blauw-wit licht op. Ten einde de, voor de belichting van de geluidstrook belangrijke, violette en ultraviolette stralen door te laten, is de ballon van speciaal glas vervaardigd.

De ontwikkelde lichtsterkte is evenredig met den door de lamp loopenden stroom, terwijl binnen bepaalde grenzen de stroom evenredig is met de spanning. In fig. 12 is de stroomspanningskarakteristiek aangegeven; we merken op, dat deze tusschen ongeveer 450 en 650 Volt recht is. We stellen de lamp nu in op

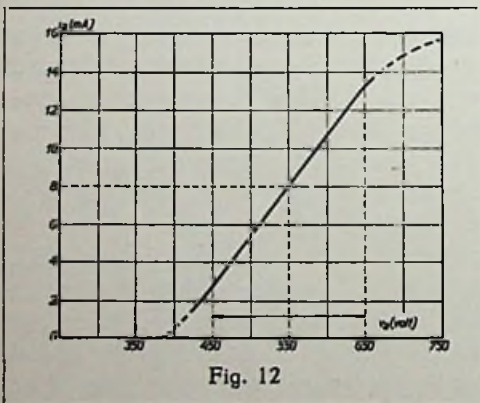


Fig. 12

het midden van het rechte deel van de karakteristiek; zij moet dus een spanning hebben van 550 V, waarbij een stroom

van 8 mA loopt. De versterkte laagfrequent-wisselspanning wordt, op de wijze zooals dit in fig. 13 is aangegeven, op

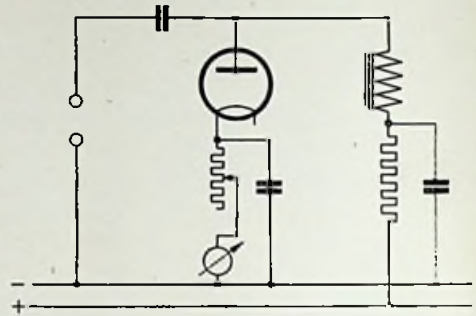


Fig. 13

de constante voorspanning van de lamp gemoduleerd. Daar de werking van de lamp op gasontlading berust, bezit zij eenige traagheid, die bij de opname van hoge frequenties van invloed is. Bovendien vertoont zij het hysteresis verschijnsel: bij eenzelfde waarde van de stroomsterkte behooren twee verschillende lichtsterkten naar gelang de stroom toe- of afneemt. Het voordeel van het gebruik van deze lamp is echter, dat er geen hinder ondervonden wordt van mechanische resonanties, zooals die bij de onder 1 en 3 genoemde methodes optreden.

Met deze lamp wordt dus het geluid via stroomsterktevariatiën omgezet in veranderingen van de lichtsterkte van de lamp. Het licht van de „Aeolamp” valt door een nauwe spleet, die vlak voor de geluidstrook is aangebracht. De spleet wordt gevormd door een vierkant kwartsplaatje met een zijde van ca. 5 mm en een dikte van $\frac{1}{2}$ mm, dat bedekt is met een laagje zilver; dit is over een breedte van 20 micron en over een lengte van 3,3 mm weggeschraapt en bedekt met kwartsglas ter dikte van 25 micron. De spleet is gemonteerd in een gebogen metalen filmbaan, die vlak tegen de film aansluit. De filmbaan en de „Aeolamp”

zijn tot een geheel vereenigd en worden in de opnamecamera opgesteld. Tengevolge van de veranderde belichting van de spleet ontstaat er dus na de ontwikkeling van de film een geluidbeeld, dat is samengesteld uit smalle en breede min of meer donkere strepen.

De „Ultrafrequentlamp” van Tobis is principieel hetzelfde als de „Aeolamp” van Fox Movietone; de beide lampen vertoonen alleen constructieve verschillen. De „Ultrafrequentlamp” heeft een ruststroom van 20 mA en is lineair van 5 tot 35 mA. Ook Philips heeft dergelijke lampjes ontwikkeld.

In tegenstelling met Fox-Movietone maakt Tobis van een lezenstelsel gebruik. Het licht van de lamp wordt met behulp van een condensor op een spleet geworpen. Deze verlichte spleet wordt door een objectief op de film geprojecteerd als een lichtstreepje van ongeveer 3,3 mm lang en 10 micron breed.

Ten slotte zij nog opgemerkt, dat bij deze systemen een juiste keuze en een goede behandeling van het gebruikte fotografische materiaal van groot belang is, aangezien de hoeveelheid licht, die bij de weergave door de geluidstrook valt, evenredig moet zijn met de belichting van het negatief. (Zie Hoofdstuk IV).

3. Het systeem met een mechanisch lichtventiel.

Ook hier wordt, evenals met de gasgevulde lamp, gewerkt volgens het laddersysteem, d.w.z. de doorschijnendheid van de geluidstrook varieert. Bij de gasgevulde lamp echter verandert de lichtsterkte en is de tijd van de verlichting (de spleetwijdte) constant; bij het lichtventielsysteem blijft de lichtsterkte constant, doch de verlichtingstijd (spleetwijdte) verandert.

Bij het lichtventiel, dat de Western Electric gebruikt, wordt een sluitver

gepast, die in ongemoduleerden toestand zoo ver open staat, dat op de film een lichtstreep ter breedte van ca. 13 micron geprojecteerd wordt. Gedurende het bedrijf is de maximale opening 26 micron en de minimale (theoretisch) 0 micron. Staat de sluitver open, dan is de tijd gedurende welke de film verlicht wordt lang; staat de sluitver slechts weinig open, dan is die tijd kort.

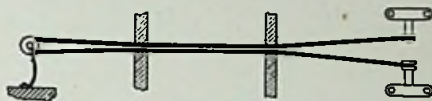


Fig. 14

In fig. 14 is de constructie van het Western Electric lichtventiel in principe aangegeven. Een band van dur-aluminium met een dikte van 13 micron en een breedte van 152 micron is opgesteld zooals in fig. 14 aangegeven. Links is de gevormde lus over een rolletje van isolatiemateriaal aangebracht. Dit rolletje wordt met behulp van een veer naar links gedrukt; op deze wijze worden dus beide zijden van de lus even strak gespannen. Rechts is elk der uiteinden van de lus om een verdraaibare as bevestigd, waarmee zij dus ingesteld kan worden. In het middelste gedeelte wordt de lus samengeknepen, zoo dat er een spleet met een breedte van ca. 26 micron en een lengte van 6,6 mm gevormd wordt. Omtrent het vermijden van hinder van de eigentrilling van dit systeem gelden dezelfde overwegingen als bij de oscillograafmethode.

Er is verder een electro-magneet aangebracht, waarvan de krachtlijnen loodrecht op het vlak van de spleet staan, dus in de figuur loodrecht op het vlak van teekening. De versterkte microfoonstroomen worden door den band gezonden en de spleet wordt dus overeenkomstig afwisselend breder en smaller. Deze spleet is opgesteld tusschen een con-

stante lichtbron en de bewegende geluidstrook.

Het optische systeem is in fig. 15 aangegeven. Het licht van de lamp L valt door den condensor L_1 op de spleet van veranderlijke breedte S. De spleet wordt

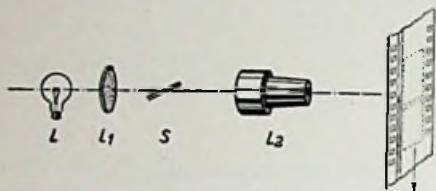


Fig. 15

dan met het objectief L_2 op de geluidstrook geprojecteerd. Zoals reeds werd opgemerkt, is de spleet 6,6 mm lang en in ongemoduleerden toestand 26 micron breed. L_2 verkleint in de verhouding 2:1, zoodat dus in ongemoduleerden toestand het beeld van de spleet op de geluidstrook ca. 13 micron breed en 3,3 mm lang is.

Binnen in de filmtransportrol van de opname-camera is een photocel gemonteerd. Deze wordt beïnvloed door het licht, dat door de film die belicht wordt, heenvalt. Dit is enkele procenten van het totaal opvallende licht. De tengevolge hiervan optredende photo-electrische stroom wordt versterkt en aan een controle-luidspreker toegevoerd; op deze wijze wordt dus direct waargenomen, wat op de film vastgelegd wordt.

Ook bij dit systeem zijn de eigenschappen van het filmmateriaal van groot belang (zie Hoofdstuk IV).

4. Het systeem met de Kerrcel.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van het electro-optische Kerr-effect, dat in 1875 door Kerr ontdekt werd. Dit effect bestaat hierin, dat bepaalde stoffen, zoals b.v. tri-nitrobenzol of metanitoluol de eigenschap hebben om onder den invloed van elektrische velden dub-

belbrekend te worden. Tengevolge hiervan wordt rechtlijnig gepolariseerd licht (d.i. licht, dat in één vlak, loodrecht op de voortplantingsrichting, trilt), dat door een dergelijke stof valt, veranderd in elliptisch gepolariseerd licht (d.i. licht, dat in een elliptische baan trilt).

Van dit effect wordt bij de z.g. Kerrcel gebruik gemaakt om de hoeveelheid van het op de film vallende licht door den microfoonstroom te beïnvloeden. De Kerrcel, zooals die bij de opname van sprekende film gebruikt wordt, bestaat uit een vat, b.v. gevuld met trinitrobenzol, verder zijn er twee vlakke electroden tegenover elkaar in aangebracht.

Het licht van de lichtbron L (zie fig. 16) valt door den condensator L_1 op het Nicolprisma N_1 . Een Nicolprisma heeft de eigenschap het licht rechtlijnig te polariseeren. Vervolgens valt het licht door de Kerrcel K op een tweede Nicolprisma N_2 , waarvan het polarisatievlak loodrecht op dat van N_1 staat. Zoolang nu tusschen de electroden van de Kerrcel geen spanningsverschil bestaat, zal er, omdat de Nicolprisma's „gekruist" zijn, geen licht door dit systeem kunnen vallen. Wordt aan de Kerrcel een spanning aangelegd, dan zal er, afhankelijk van de grootte hiervan, een hoeveelheid licht doorgelaten worden. Het systeem is dus als een electrisch lichtventiel

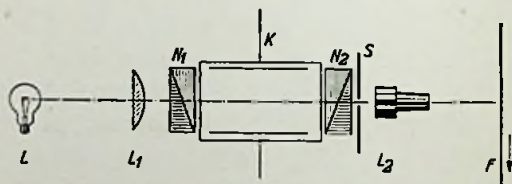


Fig. 16

op te vatten. Het doorgelaten licht valt dan op een spleet S die 0,1 mm breed is. Deze spleet wordt dus veranderlijk verlicht. Met behulp van een objectief L_2 wordt de spleet met een breedte van 20 micron op de film F geprojecteerd.

Het is ook mogelijk om de twee elektroden van de Kerrcel zoo te plaatsen, dat zij de lichtspleet vormen.

De karakteristiek van de Kerrcel: hoeveelheid doorgelaten licht als functie van de electroden spanning is in figuur 17 aangegeven. We merken op, dat deze karakteristiek tusschen 300 en 600 Volt tennaastenbij recht is, zoodat in dit gebied de lichtdoorlaatbaarheid evenredig is met het spanningsverschil. Indien we dus de cel een constante voorspanning van 450 Volt geven, is er aan beide zijden hiervan een vervormingsvrij spanningsbereik van 150 Volt. Op de constante voorspanning wordt de versterkte microfoonstroom gemoduleerd.

Zooals duidelijk zal zijn, wordt op deze wijze het geluid volgens het ladderstelsel geregistreerd.

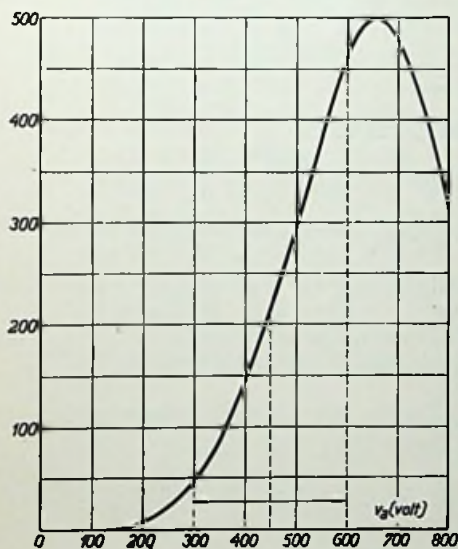


Fig. 17

De Kerrcel bezit praktisch geen traagheid: traagheidsverschijnselen treden eerst op bij 10^{-9} sec.

5. Het systeem met de Braunsche buis.

Bij dit systeem wordt gebruik gemaakt van het verschijnsel, dat de richting van

een bundel kathodestralen, onder invloed van een electrisch of magnetisch veld, verandert.

In fig. 18 is in principe de opstelling aangegeven, die gebruikt wordt voor het zaagtandsysteem. De Braunsche buis be-

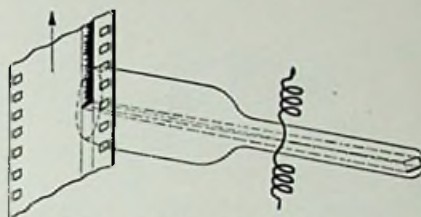


Fig 18

vat een kathode, die een zoodanigen vorm heeft, dat de uittredende electronen op het tegenoverliggende scherm geconcentreerd worden. In dit scherm is een spleet aangebracht van ongeveer 3,3 mm lengte en 20 micron breedte. De spleet is bedekt met fluoresceerend materiaal, zoodat zij onder den invloed van de opvallende electronen licht uitzendt. Vlak langs de spleet loopt de film. De opstelling van het geheel is nu zoodanig, dat in den rusttoestand (dus als er niet gemoduleerd wordt) juist de halve lengte van de spleet door electronen getroffen wordt. Indien de ev. versterkte microfoonstroomen aan de aangebrachte draadspoelen worden toegevoerd, zal er een wisselend magnetisch veld ontstaan, en de kathodestralenbundel zal loodrecht op dit veld gaan bewegen. De spleet zal dus in de lengterichting meer of minder verlicht worden in het rythme van de microfoonstroomen. Om vervorming te vermijden, moet men ervoor zorgen, dat voor de grootste amplitude de spleet afwisselend geheel licht of geheel donker wordt.

Indien men volgens het laddersysteem wil werken, behoeft men slechts het magnetische veld 90° te draaien (zie fig. 19). De beweging van den bundel

kathodestrallen vindt dan plaats in de breedterichting van de spleet. In dit geval moet zoodanig worden ingesteld dat, in ongemoduleerden toestand, de spleet juist voor de helft van de breedte verlicht is.

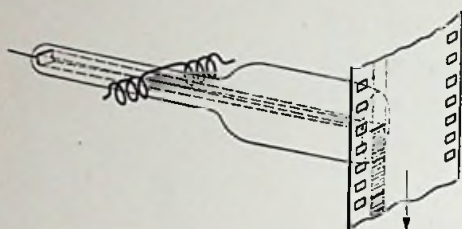


Fig. 19

Principieel is het ook mogelijk om gebruik te maken van de beïnvloeding van de gevoelige film door de electronen zelf. Men behoeft in dit geval geen fluorescentie op te wekken. De spleet moet dan b.v. van aluminium zijn.

Invloed van de afmetingen van de lichtstreep.

Tot nu toe hebben wij ons bij de beschrijving van de geluidfilm-opnamesystemen op den filmband niet bezig gehouden met den invloed van de afmetingen van de lichtstreep, die toegepast wordt bij het vastleggen van het geluid.

Tengevolge van de eindige breedte van de lichtstreep zal er in de hooge tonen vervorming optreden en wij zullen den aard hiervan eens nagaan:

- a. bij de oscillograafmethode;
- b. bij het systeem met mechanisch lichtventiel.

Voor de andere opnamesystemen gelden analoge beschouwingen.

(Wordt vervolgd).

Vereenigingsnieuws.

BIBLIOTHEEK.

**Ranonkelstraat 23, Den Haag.
Leestijd 14 dagen.**

De bibliotheek ontving van den schrijver ten geschenke:

H. C. Huizing, Absol. metingen der geluidsintensiteit ter bepaling van het minimum audible. 1932. 63 blz. (dissertatie).

Aangekocht zijn:

J. H. Reyner, Modern radio communication. 4th ed. 1932. 318 blz.

E. Welter, Het nieuwe handboek der electriciteit. Bew. d. L. W. de Koning. 1932. 636 blz.

P. Drouin, Les amplificateurs pour bandes de fréquence. 1932. 124 blz.

J. Corver, Het draadloos zendstation. 4e druk. 1932. 265 blz. 2 ex.

Ph. A. J. de Rop, Selectiviteit. 1932. 47 blz.

Radio Engineering. 1932.

GECO LAMPEN

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

De Heer CORVER schreef in Radio-Express:

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

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

VRAAGT UITVOERIGE PROSPECTUS MET KARAKTERISTIEKEN BIJ:



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

Surinamestraat 15

DEN HAAG.

BANDEN

RADIO NIEUWS 1932

**Prijs f 1.40 afgehaald
f 1.55 franco per post**

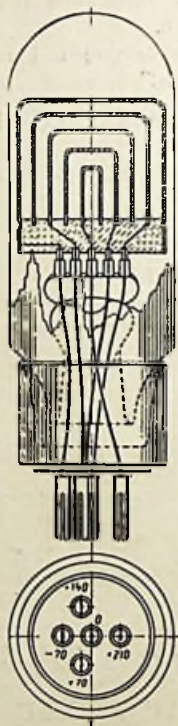
**LEVERING UITSLUITEND NÀ INZENDING VAN HET
BEDRAG AAN HET BUREAU VAN**

**RADIO-NIEUWS
LAAN VAN MEERDERVOORT 30
DEN HAAG**



STABILISATORLAMPEN

VOOR CONSTANT HOUDEN VAN SPANNINGEN



DE STABILISATOR-GLIMLAMP
(systeem Körös)

IS DE MEEST VOLMAAKTE
SPANNINGSVERDEELER

voor

RADIO-TOESTELLEN
VERSTERKERS
MEETINSTALLATIES
RELAIS-VOEDING



EEN PLAATSTROOM-APPA-
RAAT, VOORZIEN VAN EEN
STABILISATORLAMP LEVERT
EVEN CONSTANTEN STROOM
ALS EEN ACCU-BATTERIJ

Bij elke stabilisatorlamp wordt
een gebruiksaanwijzing gevoegd

TELEFOON 335277

C.E.B. L. v. MEERDERVOORT 30
DEN HAAG