

Radio-Nieuws.

ORGAAN VAN DE NED. VER.

Onder Redactie van J. CORVER,

BURNIERSTRAAT 35,

DEN HAAG.



VOOR RADIO-TELEGRAFIE.

Uitgever: N. VEENSTRA,

LAAN VAN MEERDERVOORT 20,

DEN HAAG. Tel. 32112.

Abonnementsprijs voor niet-leden / 9.— per jaargang van 12 nummers. Buitenland / 10.—
Leden der Vereeniging (contributie / 8.— per jaar) ontvangen het maandblad gratis.
Secretaris-Penningmeester: B. Silkkerveer, Obrechtstraat 104/6, den Haag.

INHOUD: Het „Miller-effect. — Luidsprekers. — Enkele gezichtspunten over supers. — Low Loss spoelen en het nieuwe H. F. schema. — De roosterspanningen bij sterke ontvangst. — Electronentheorie in verband met den atoombouw. — Verenigingsnieuws.

Het „Miller-effect”.

Eenige beschouwingen omtrent de belasting, welke de plaatkring aanbrengt op den roosterkring.

Door Dr. G. H. D'AILLY, laboratorium Baltic Radio te Stockholm.

Bewerkt door Th. A. L. Mollinger.

Een schema, dat onder amateurs zeer gewild is, is de schakeling eener hoogfrequentlamp z.g. met „afgestemden plaatkring”. Met die schakeling wordt een zeer goede hoogfrequentversterking bereikt en onder bepaalde omstandigheden kan daarmee ook terugkoppeling worden verkregen zonder dat daarvoor bepaalde inrichtingen zijn aangebracht. Dit is bijzonder sterk het geval, wanneer men in den plaatkring een variometer gebruikt.

Het schijnt echter, dat over het algemeen geen goed inzicht bestaat in den werkelijken aard van de werking dezer schakeling, wanneer deze aldus „gratis terugkoppeling” levert, d.w.z. terugkoppeling enkel door de aanwezigheid van den afstembaren plaatkring, zonder bijzondere terugkoppelspoel. In radio-vakbladen wordt vaak beweerd dat het terugkoppelleffect zal optreden zoodra plaat- en roosterkring met elkaar in resonantie worden gebracht en dat de trillingen het gevolg zijn van een soort van „feedback” door tusschenkomst in de inwendige lampcapaciteit tusschen plaat en rooster.

Deze rooster-plaatcapaciteit is ongetwijfeld van grooten invloed

bij dit verschijnsel, zooals hieronder zal worden aangetoond, doch het is een absolute vergissing, dat het genereeren veroorzaakt wordt door het in resonantie brengen der beide kringen. Integendeel kan worden aangetoond (hetgeen we hierna zullen doen), dat genereeren *onmogelijk* is, wanneer resonantie tusschen beide kringen bestaat.

Ten einde wat meer klaarheid te brengen in de inzichten omtrent dit verschijnsel en de vrij talrijke dwalingen weg te nemen, zullen wij hier den invloed van den plaatkring op den roosterkring trachten te analyseeren.

Het vraagstuk is uitgewerkt door den Amerikaanschen natuurkundige John M. Miller in de Scientific Papers of the Bureau of Standards Nr. 351 en wordt daarom dikwijls genoemd het „Miller effect”.

Wij zullen hier gedeeltelijk de redeneering van Miller volgen, met dit verschil echter, dat eenige niet ter zake doende grootheden, door Miller in beschouwing genomen, zullen worden weggelaten, waardoor de redeneering vereenvoudigd wordt en meer direct tot een resultaat leidt. Aan den anderen kant zullen wij de onderzoekingen verder uitbreiden dan in Miller's artikel gedaan wordt, waar dit vrij oppervlakkig is gebleven.

Wanneer wij dan nu fig. 1 beschouwen, waarin eenvoudigheds halve de anodebatterij is weggelaten, aangezien het hier alleen te doen is om de hoogfrequente trillingen, zou volgens de bovengenoemde dwaalbegrippen zelf-genereren optreden, zoodra rooster- en plaatkring in resonantie komen, wanneer er althans geen al te

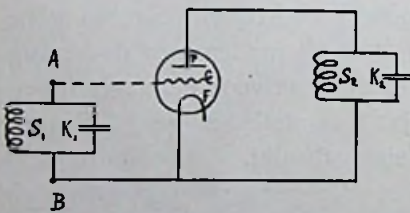


Fig. 1

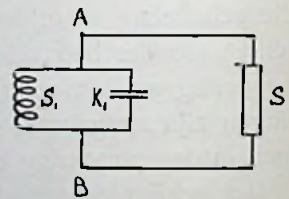


Fig. 2

groote demping in de kringen is. Wij hebben reeds gezegd, dat dit onjuist is en dat genereeren niet kan bestaan, zoolang de plaatkring niet juist *buiten afstemming* is gebracht.

Allereerst zullen wij de voorwaarden nagaan voor de hoogfrequente trillingen in den roosterkring. De punten A en B zijn verbonden door een „systeem”, bestaande uit de lamp en den hiermede verbonden plaatkring. Voor het oogenblik zullen we den aard van dit „systeem” buiten beschouwing laten en alleen rekening

houden met het feit, dat de punten A en B verbonden zijn door een keten, die eene zekere impedantie vertegenwoordigt. Dat deze impedantie soms een eigenaardige waarde kan hebben, is af te leiden uit het feit, dat de verbinding van het „systeem” met den roosterkring in dezen laatsten onder bepaalde omstandigheden genereeren kan doen ontstaan.

In fig. 2 zien we eene vereenvoudiging van fig. 1, waar we den roosterkring $S_1 K_1$ zien, waarvan de punten A en B verbonden zijn door het bovengenoemd „systeem”, voorgesteld door den rechtehoek S. We zullen nu aantoonen, dat het mogelijk is dit systeem een zoodanige impedantie te geven, dat de roosterkring gaat genereeren. Dit is nl. het geval, wanneer een negatieve weerstand in de keten wordt gebracht. We weten ook, dat de gewone terugkoppeling als een negatieve weerstand kan worden beschouwd.

Beschouwen we nu het schema aanvangende bij A, vervolgens gaande door het systeem S, punt B en terug naar A, welk laatste gedeelte nog te splitsen is in een tak door spoel S_1 en den anderen tak door condensator K_1 . Zij verder de Ohmsche weerstand van spoel S_1 gelijk aan r en haar zelfinductie L , terwijl de capaciteit van $K_1 = C$, dan kunnen we voor de impedantie van den roosterkring schrijven

$$\frac{(r + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{r + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \dots \dots \dots (1)$$

Hierbij wordt de weerstand in de toevoerdraden naar den condensator verwaarloosd. Wanneer we nu de impedantie van het systeem S schrijven in den vorm $x + jy$, krijgen we voor de totale impedantie van den kring

$$\frac{(r + j\omega L) \cdot \frac{1}{j\omega C}}{r + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} + x + jy \dots \dots \dots (2)$$

Door splitsing van het reële en imaginaire gedeelte ontstaat

$$\frac{r}{(\omega^2 LC - 1)^2 + \omega^2 r^2 C^2} + x - j\left(\omega \cdot \frac{\omega^2 L^2 C^2 - L + r^2 C}{(\omega^2 LC - 1)^2 + \omega^2 r^2 C^2} - y\right) \dots \dots (3, 4)$$

Door deze beide uitdrukkingen gelijk nul te stellen, verkrijgen we de voorwaarden voor genereeren bij eene bepaalde waarde van de hoeksnelheid ω . Wanneer dus de impedantie $x + jy$ van het systeem S voldoet aan de voorwaarden

$$x = - \frac{r}{(\omega^2 LC - 1)^2 + \omega^2 r^2 C^2} \text{ en } \dots (5)$$

$$y = \omega \cdot \frac{\omega^2 L^2 C^2 - L + r^2 C}{(\omega^2 LC - 1)^2 + \omega^2 r^2 C^2} \dots (6)$$

zal de kring van fig. 2 genereeren in eene golfenlengte overeenkomende met de hoeksnelheid ω .

Indien het mogelijk is een systeem te vinden, waarvan de impedantie gegeven is door bovenstaande vergelijkingen, is het dus mogelijk genereeren van den roosterkring te verkrijgen zonder speciale middelen hiertoe te bezigen als terugkoppeling e.d. Het systeem S moet natuurlijk in staat zijn de energie te leveren, benooidigd voor het genereeren, wat in nauw verband staat met het feit dat het reeële deel der impedantie negatief is.

We zullen nu aantonen, dat een „systeem”, bestaande uit een lamp, waaraan een plaatkring verbonden is op dezelfde wijze als S in fig. 2, onder bepaalde omstandigheden in staat is, een negatieve weerstand aan den kring toe te voegen en zoodoende de benooidigde energie voor het genereeren te leveren en deze eigenschap veroorzaakt nu „automatisch” terugkoppeling door middel van een „afgestemden anodekring” (let op de foutieve benaming) zonder gebruik te maken van een terugkoppelspoel.

We keeren terug tot een nader onderzoek van het systeem, bestaande uit de lamp en den plaatkring van fig. 1 en beschouwen eerst de rooster-plaat capaciteit, de rooster-gloeidraad- en de plaat-gloeidraad capaciteit. Verder weten we, dat een drie-electrodenlamp ten opzichte van den wisselstroom als een generator werkt, welke synchronoon loopt met de roosterspanningsvariaties en met eene E. M. K. gelijk aan het product van de amplitude der roosterspanningsvariaties en den versterkingsfactor der lamp. Deze E. M. K., opgewekt door de lamp, moet beschouwd worden in verband met den inwendigen weerstand der lamp.

In fig. 3 zijn de inwendige capaciteiten der lamp en de bovengenoemde E. M. K. schematisch aangegeven door middel van stippe lijnen. Hierin is C_1 de cap. tusschen rooster en gloeidraad. C_2

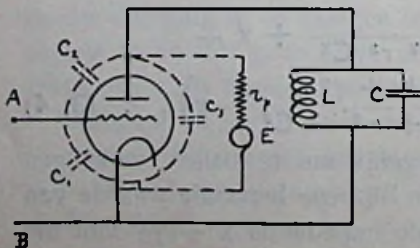


Fig. 3

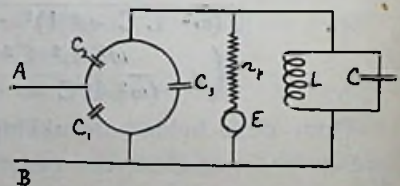


Fig. 4

die tusschen rooster en plaat en C_3 die tusschen gloeidraad en plaat. De E. M. K. opgewekt door de lamp is voorgesteld door E, tusschen gloeidraad en plaat, met tusschenschakeling van een weerstand r_p , die den inwendigen weerstand der lamp aangeeft.

Om een duidelijker overzicht te verkrijgen, hebben we in fig. 4 de lamp weggelaten, zoodat nu de schematische condensatoren duidelijker uitkomen. Verder is aangegeven de afgestemde plaatkring met zelfinductie L en cap. C en links de punten A en B, welke eventueel verbonden kunnen worden met een of anderen kring.

De vraag is nu om de impedantie te vinden tusschen de punten A en B voor verschillende frequenties.

Hiertoe teekenen we het schema nog eenigszins anders, zooals in fig. 5 is aangegeven, dat in principe hetzelfde is als van fig. 4, doch overzichtelijker.

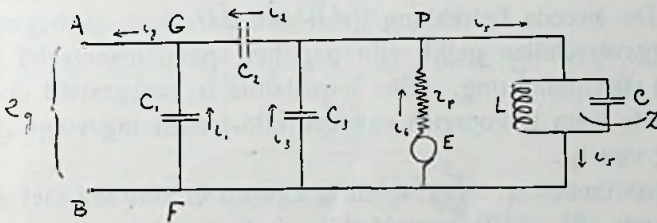


Fig. 5

De stroomen die in de verschillende takken loopen wanneer een potentiaalverschil e_g is aangelegd tusschen de punten A en B, zijn met pijlen aangegeven. De veronderstelde generator E wekt dan op eene E. M. K. gelijk aan $K e_g$, wanneer K de versterkingsfactor der lamp is.

De diverse stroomen worden voorgesteld door i_g, i_1, i_2, i_3, i_5 en i_6 . (N.B. We hebben hier dezelfde aanduidingen gebezigd als in het artikel van Miller, waarbij we zullen zien dat de stroom i_4 en de daarmede corresponderende vergelijking, zooals Miller die gebruikt, overbodig is, zoodat ze hier maar zijn weggelaten, waardoor ons betoog, zooals reeds is gezegd, duidelijker wordt.)

Noemen we de impedantie tusschen A en B Z_g , dan is volgens de wet van Ohm

$$e_g = i_g Z_g.$$

Voor de verschillende kringen van het diagram van fig. 5 krijgen we nu de volgende vergelijkingen:

$$i_g = i_1 + i_3 + i_6 - i_5 \dots \dots \dots (7)$$

$$e_g = \frac{i_1}{j \omega C_1} = \frac{i_2}{j \omega C_2} + \frac{i_3}{j \omega C_3} \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{i_3}{j \omega C_3} = i_6 r_p - K e_g = - i_5 Z_p \dots (9)$$

$$i_g = i_1 + i_2 \dots (10)$$

Deze laatste vergelijking drukt uit, dat de stroomen i_1 en i_2 samen den stroom i_g vormen. Maar de stroom i_2 ontstaat zelf uit de stroomen i_3 , i_6 en i_5 , beide eerste positief en de laatste negatief, aangezien de pijl van de laatste tegengesteld is aan die der beide eerste. De combinatie hiervan is uitgedrukt in vergelijking (7).

De vergelijking (8) bestaat eigenlijk uit twee vergelijkingen; de eerste geeft aan dat de spanning e_g tusschen A en B gelijk is aan de spanning van condensator C_1 en de tweede dat dezelfde spanning gelijk is aan de som van de spanningen der condensatoren C_2 en C_3 .

Vergelijking (9) bestaat ook uit 2 vergelijkingen; de eerste geeft aan dat de spanning van C_3 gelijk is aan het spanningsverschil in den tak waarin de E. M. K. $K e_g$ in serie met den weerstand r_p werkt. De tweede betrekking geeft aan dat beide laatstgenoemde spanningsverschillen gelijk zijn aan het spanningsverschil in den tak van den plaatkring, welks impedantie is voorgesteld door Z_p . De laatste term is voorzien van een min-teeken ingevolge de pijl-richting van i_5 .

De grootheden i_1 , i_2 , i_3 , i_5 en i_6 zijn nu in verband met de vergelijkingen (8)—(10) gemakkelijk uit te drukken in e_g en i_g en de gevonden waarden van capaciteiten en weerstanden.

Zoodoende vinden we de vergelijkingen (11)—(14):

$$i_1 = j \omega C_1 e_g \dots (11)$$

$$i_2 = i_g - i_1 = i_g - j \omega C_1 e_g \dots (12)$$

$$i_3 = j \omega C_3 \left(e_g - \frac{i_2}{j \omega C_2} \right) = j \omega C_3 \left(e_g - \frac{i_g - j \omega C_1 e_g}{j \omega C_2} \right) \dots (12a)$$

$$i_5 = - \frac{i_3}{j \omega C_3 Z_p} = - \frac{1}{Z_p} \left(e_g - \frac{i_g - j \omega C_1 e_g}{j \omega C_2} \right) (13)$$

$$i_6 = \frac{1}{r_p} \left(K e_g + \frac{i_3}{j \omega C_3} \right) = \frac{1}{r_p} \left(K e_g + e_g - \frac{i_g - j \omega C_1 e_g}{j \omega C_2} \right) (14)$$

Deze waarden in (7) substitueerende ontstaat

$$i_g = j \omega C_1 e_g + j \omega C_3 \left(e_g - \frac{i_g - j \omega C_1 e_g}{j \omega C_2} \right) + \left. \begin{aligned} &+ \frac{1}{r_p} \left(K e_g + e_g - \frac{i_g - j \omega C_1 e_g}{j \omega C_2} \right) + \frac{1}{Z_p} \left(e_g - \frac{i_g - j \omega C_1 e_g}{j \omega C_2} \right) \end{aligned} \right\} (15)$$

en ten slotte

$$i_g \left(1 + \frac{C_3}{C_2} + \frac{1}{j \omega C_2 r_p} + \frac{1}{j \omega C_2 Z_p} \right) = e_g \left(j \omega C_1 + j \omega C_3 + \frac{j \omega C_1 C_3}{C_2} + \frac{k}{r_p} + \frac{1}{r_p} + \frac{C_1}{C_2 r_p} + \frac{1}{Z_p} + \frac{C_1}{C_2 Z_p} \right) \quad (16)$$

Hieruit vinden we voor Z_g :

$$Z_g = \frac{e_g}{i_g} = \frac{1 + \frac{C_3}{C_2} + \frac{1}{j \omega C_2 r_p} + \frac{1}{j \omega C_2 Z_p}}{j \omega C_1 + j \omega C_3 + \frac{j \omega C_1 C_3}{C_2} + \frac{k}{r_p} + \frac{1}{r_p} + \frac{C_1}{C_2 r_p} + \frac{1}{Z_p} + \frac{C_1}{C_2 Z_p}} = \frac{r_p (C_2 + C_3) + \frac{1}{j \omega} + \frac{r_p}{j \omega Z_p}}{j \omega r_p (C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3) + k C_2 + C_2 + C_1 + (C_2 + C_1) \frac{r_p}{Z_p}} \quad (17)$$

Hiermede hebben we een uitdrukking voor de impedantie tusschen A en B gevonden, die aan het systeem lamp-plaatkring verbonden moet worden en moet voldoen aan de hoeksnelheid ω .

Thans zullen we overgaan tot het onderzoek van de eigenschappen dezer laatste uitdrukking.

Hiertoe voeren we eenige afkortingen in en wel:

$$\left. \begin{aligned} C'_1 &= C_2 + C_3 \\ C'_2 &= C_1 + C_3 \\ C'_3 &= C_1 + C_2 \\ C' &= C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (18)$$

Deze waarden in (17) substitueerende en tevens teller en noemer deelende door r_p vinden we:

$$Z_g = \frac{C'_1 + \frac{1}{j \omega} \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{Z_p} \right)}{\frac{k C_2}{r_p} + C'_3 \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{Z_p} \right) + j \omega C'} \quad \dots \dots (19)$$

Wanneer we verder stellen

$$\frac{1}{r_p} + \frac{1}{Z_p} = x + j y \quad \dots \dots \dots (20)$$

en dit substitueeren in (19), dan vinden we:

$$Z_g = \frac{C'_1 + \frac{1}{j\omega}(x + jy)}{\frac{K C'_2}{r_p} + C'_3(x + jy) + j\omega C'} = \frac{1}{j\omega} \cdot B \quad (21)$$

We zullen nu onderzoeken of de uitdrukking voor Z_g eene zoodanige waarde kan krijgen, dat een roosterkring, die tusschen de punten A en B (fig. 2) gedacht wordt, kan genereeren. Hiertoe moet het reële deel van Z_g negatief zijn, zooals reeds in vergelijking (5) is aangegeven. Het moet dus mogelijk zijn de uitdrukking in onderstaanden vorm te schrijven

$$Z_g = -a \pm j b (22)$$

Daar hierin a en b positief zijn, krijgen we:

$$B = j\omega(-a \pm j b) = \mp \omega b - j\omega a . . . (23)$$

Hieruit kan worden afgeleid, dat B een vector is, waarvan het imaginaire deel negatief is, waaruit volgt, dat het argument van B moet liggen tusschen 0 en $-\pi$. Maar dit argument is, omdat B eene breuk is, gelijk aan het argument van den teller verminderd met dat van den noemer en wanneer de eerste aangegeven wordt door φ en de laatste door ψ , krijgen we

$$-\pi < (\varphi - \psi) < 0 (24)$$

We krijgen dus $\psi > \varphi$ en bijgevolg $\text{tg } \psi > \text{tg } \varphi$

Maar

$$\text{tg } \varphi = \frac{\omega C'_1 + y}{x} \text{ en } \text{tg } \psi = \frac{C'_3 y + \omega C'}{\frac{K C'_2}{r_p} + C'_3 x} . . . (25)$$

zoodat

$$\frac{C'_3 y + \omega C'}{\frac{K C'_2}{r_p} + C'_3 x} > \frac{\omega C'_1 + y}{x} (26)$$

of

$$\frac{y + \frac{\omega C'}{C'_3}}{\frac{K C'_2}{r_p C'_3} + x} > \frac{\omega C'_1 + y}{x} (27)$$

Wanneer we bovenstaande ongelijkheden aan elkaar gelijk stellen, krijgen we eene betrekking tusschen x en y , corresponderende met eene kromme, die het complexe vlak in twee deelen verdeelt, waarvan het eene gedeelte overeenkomt met de waarden van $x + jy$, die mogelijkheid van genereeren geeft en waarvan het

andere gedeelte waarden geeft waarbij genereeren geheel onmogelijk is.

Beide deelen van (27) aan elkaar gelijkstellende, geeft:

$$\frac{y + \frac{\omega C'}{C'_3}}{\frac{k C_2}{r_p C'_3} + x} = \frac{\omega C'_1 + y}{x} = \frac{\frac{\omega C'}{C'_3} + \omega C'_1}{\frac{k C_2}{r_p C'_3}} \quad \dots (28)$$

$$= \omega r_p \frac{C' - C'_1 C'_3}{K C_2}$$

Uit (18) krijgen we na eenige omzetting

$$C' - C'_1 C'_3 = -C_2^2 \quad \dots \dots \dots (29)$$

en deze waarde substitueerende in (28) geeft

$$\frac{\omega C'_1 + y}{x} = -\omega r_p \frac{C_2}{k} \quad \dots \dots \dots (30)$$

wat geschreven kan worden in den vorm

$$y = -x \omega r_p \frac{C_2}{k} - \omega C'_1 \quad \dots \dots \dots (31)$$

De bovengenoemde kromme, die eene scheiding maakt tusschen waarden waar genereeren mogelijk is en onmogelijk, blijkt nu eene rechte te zijn, analytisch uitgedrukt door (31) en het is nu gemakkelijk in te zien, dat de ongelijkheid (27) overeenkomt met

$$y < -x \omega r_p \frac{C_2}{k} - \omega C'_1 \quad \dots \dots \dots (32)$$

De betrekking (32) drukt dus eene voorwaarde uit waaraan beslist moet worden voldaan om genereeren te verkrijgen.

Indien de waarde van y grooter is dan het rechter lid van (32), is genereeren onmogelijk.

In een volgend artikel zullen wij aantoonen, dat de betrekking (32) in overeenstemming is met ons betoog, dat genereeren ongelijk is, wanneer plaat- en roosterkring met elkaar in resonantie zijn en zullen wij eenige gevolgen hiervan aangeven.

Luidsprekers.

Door Ir. J. L. H. JONKER.

Eenigen tijd geleden werden vele proefnemingen met luidsprekers gedaan, doch den laatsten tijd hebben de amateurs zich min of meer van dit gebied terug getrokken, te meer daar er zeer goede luidsprekers in den handel kwamen, en ten deele ook omdat serieuze proeven met luidsprekers zeer moeilijk en kostbaar zijn,

terwijl verschillende benodigde instrumenten ontbreken. Hierdoor zijn dergelijke proefnemingen beperkt tot fabrieken met eigen laboratoria, waarvan men natuurlijk in verhouding slechts weinig te hooren krijgt. Intusschen komen er luidsprekers op de markt, waarmee een steeds betere weergave valt te bereiken en het is interessant, in verband met het tegenwoordig streven naar onvervormde weergave, om de verschillende omstandigheden eens na te gaan, die hierop invloed hebben.

Dat wij bij deze beschouwingen niet geheel volledig kunnen, noch zullen zijn, ligt voor de hand, doch het is onze bedoeling zooveel mogelijk een overzicht te geven van de vele verschillende invloed hebbende factoren.

Uit het feit, dat men zoo verschillend over luidsprekers hoort oordeelen en dat de juiste keuze tegenwoordig nog meer als een kwestie van smaak wordt beschouwd en dit gedeeltelijk ook wel is, blijkt wel, dat we nog lang niet bij het ideaal zijn aangeland. Immers de ideale luidspreker zal bij ideale overbrenging niet mogen hebben wat we nu zijn „timbre” noemen, dat is de voorkeur voor een bepaald gebied van hoorbare frequenties. Hij zal integendeel het geluid natuurlijk moeten weergeven, d.w.z. elk instrument en elke persoon zal zijn eigen timbre behouden.

Eenigen tijd geleden toen er nieuwe luidsprekers op de markt verschenen, die de zeer hooge tonen — toen een zeldzaam voorkomend geval — goed weergaven, meende men, dat deze inderdaad noodzakelijk waren voor de ideale weergave. Sinds het uitbreiden van het werkzame frequentiegebied naar omlaag, moet deze opvatting meer en meer wijken voor het inzicht, dat juist de lage tonen meer den indruk van natuurlijkheid geven. Overigens merken wij op, dat verstaanbaarheid vooral van het spreken en natuurlijkheid hier soms aan het timbre tegenstrijdige eischen stellen, doch de laatste dient vooral voor weergave van muziek te worden beschouwd als het ideaal.

Een juiste contrôle of vergelijking is hiervoor vrij moeilijk, daar er betrekkelijk weinig luidsprekers, ontvangtoestellen en zenders zijn, die de heel lage frequenties goed weergeven. Wij dienen dit te zoeken in het feit, dat de luidsprekers gebouwd en afgeregeld zijn op een maximaal toelaatbare amplitude van de over te dragen trilling, hier dus van het anker. Bezien we nu fig. 1 waar voor gelijkblijvende natuurkundige geluidsenergie de wijzigingen van de amplitude zijn geteekend bij veranderlijke frequentie. Deze betrekking is gegeven door de formule

$$E = a n^2 A^2$$

waarin E = natuurkundige geluidsenergie, n = trillingsgetal, A = grootte van de amplitude, a = constante.

De amplitude stijgt dus hier zeer aanzienlijk bij de lagere frequenties. Daar nu bij het opnemen van de lagere tonen, bijv. bij

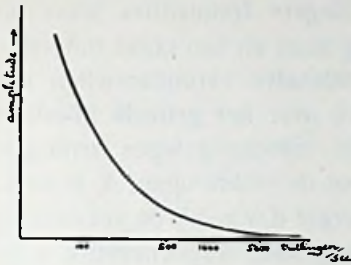


Fig. 1

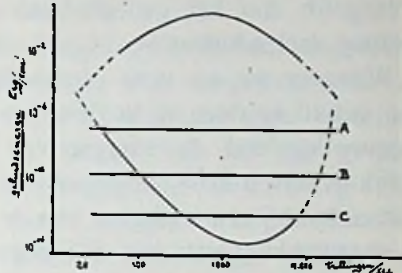


Fig. 2

de weergave van een orkest, de amplitude van de resulterende kromme enorm zal stijgen, zal de luidspreker veel sneller worden overbelast. De totale sterkte-indruk zal verminderen, ofschoon de lage tonen wel aanvullend zullen werken om het geheel voller te maken.

Wij zullen, alvorens meer in het bijzonder op de eigenschappen van de luidsprekers in te gaan, allereerst de fysieke bijzonderheden van het menselijk oor nagaan, wat van groot belang zal blijken te zijn voor het ons gestelde doel, de natuurgetrouwe weergave.

We kunnen de werking verdeelen in tweeën en wel de afhankelijkheid beschouwen van de *frequentie* en van de *energie*. Zooals reeds door den heer Corver in „Radio-Expres” werd opgemerkt is de sterkte, de versterking van het weergegeven geluid voor de in aanmerking komende *frequenties* van belang. In nevenstaande figuur 2 stelt de onderste kromme lijn voor het verband tusschen de frequentie en de minimale energie, die noodig is om nog een geluidsindruk te weeg te brengen, terwijl de bovenste kromme daarentegen aangeeft de energie, waarbij de geluidsindruk onaangenaam wordt, een gevoel van pijn veroorzaakt. In het algemeen zullen de door ons waargenomen geluiden tusschen de beide krommen in liggen en er is hiertusschen een enorme verscheidenheid van sterkte ($1 : 10^{10}$) en van frequentie (ω 20 — 20.000 trill./sec.) mogelijk. Het zal duidelijk zijn dat de beide krommen slechts gemiddelden zijn en normaal niet zulk een glad verloop hebben en individueel zeer belangrijke afwijkingen kunnen vertoonen. Er kunnen pieken en dalen in voorkomen en bij doove personen zal de onderste lijn zeker veel hoger komen te liggen. Dat neemt niet weg, dat uit

deze figuur belangrijke conclusies vallen te trekken. Men ziet, dat boven de 20.000 trillingen een zeer sterke stijging plaats heeft. Met het opvoeren van de geluidsenergie kan men ternauwernood een geluidsindruk te weeg brengen. Dit gebied is evenwel minder belangrijk dan het gedeelte van de lagere frequenties waar het verloop veel schuiner is.

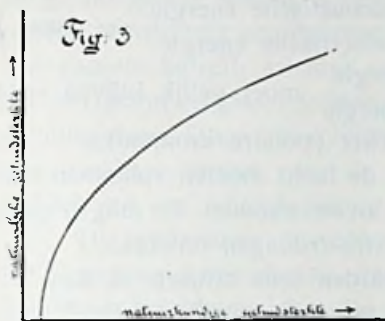
Wanneer we nu eens eenvoudigheidshalve veronderstellen met een geluid te doen te hebben, waarbij over het geheele hoorbare frequentiegebied de energie van alle tusschengelegen trillingen gelijk is, bijv. zooals aangegeven is door de rechte lijnen A, B en C, dan zullen bij een wijziging van de energie d.w.z. bij de versterking of verzwakking van het weergegeven geluid, respectievelijk meer of minder heel hooge maar vooral meer of minder lage tonen worden weergegeven. Het weergegeven frequentiegebied breidt zich dus meer of minder uit. Nu zal het oorspronkelijke geluid een bepaalde sterkte bezeten hebben, waarbij beneden een bepaalde frequentie de lager gelegen frequenties niet meer werden waargenomen. Voert men nu bij ideale overbrenging het geluid op tot boven de oorspronkelijke sterkte dan zullen lagere tonen, die eerst geen geluidsindruk te weeg konden brengen, doch wel degelijk aanwezig waren, nu hoorbaar worden, d.w.z. er worden *frequenties hoorbaar, die er niet in thuis hooren* en omgekeerd bij een verzwakking van het geluid *verdwijnen de lage tonen*; dit geeft dus vervorming. Ofschoon we bij deze redevoering voor het verkrijgen van het inzicht een rechte geluidskromme hebben aangenomen, zullen we deze zeker nooit krijgen. Integendeel zal deze energiekromme van het geluid zich van moment tot moment wijzigen. Voor het verkrijgen van bovengenoemd inzicht maakt dit evenwel niets uit en reeds nu kunnen we de conclusie trekken dat door de natuurlijke eigenschappen van het oor slechts ideale weergave mogelijk zal zijn ongeveer op de *oorspronkelijke sterkte*.

Dat dit een zeer merkbaar effect is, weten we uit het feit, dat bij zaal- en dergelijke demonstraties, waar de geluidsterkte opgevoerd moet worden, vaak een zeer hol geluid, een te veel aan lage tonen wordt waargenomen. Bezitters van goede toestellen en luidsprekers kunnen dit controleeren bijv. door het verzwakken van het geluid; de lage tonen verdwijnen en het geluid wordt dun en schraal. Dat deze lage tonen bij een geringe stijging boven de grens van hoorbaarheid (de schaalverdeling is exponentieel) zoo'n grooten invloed kunnen hebben, vindt zijn oorzaak in de z.g. *logarithmische gevoeligheid van het oor* voor energie-wijzigingen. Wanneer we het verband tusschen de natuurkundige geluidsterkte A en de natuur-

lijke geluidsterkte B d.i. den geluidsindruk van het oor uitzetten, dan verkrijgt men een kromme (zie figuur 3) met een logaritmisch verloop. Men kan het verband tusschen de beide grootheden uitdrukken door de formule:

$$B = \ln A.$$

Hieruit blijkt dat de vaak geuite bewering dat het oor ongevoelig



zou zijn voor energie-variaties van bijv. 1 : 2 zonder meer niet juist is. Integendeel zal een geringe vermeerdering van de energie vlak boven het punt van hoorbaarheid een zeer aanzienlijke stijging van de natuurlijke geluidsterkte d.w.z. van den geluidsindruk te weeg brengen. In verband met de vergroting van het frequentiebereik

door toename van de energie vlak boven de lijn van hoorbaarheid is deze kromme van groot belang vooral voor de lage tonen, welke zich vlak boven deze lijn bevinden. Bij wijziging van de energie zal door deze logaritmische gevoeligheid van het oor de *onderlinge verhouding* van den sterkte-indruk van de aanwezige frequenties vooral voor de lage tonen zich niet onbelangrijk wijzigen. Daar het oor hiervoor bijzonder gevoelig is, geeft dit dus een tweede bron van vervorming, welke de eerste ondersteunt.

De beide krommen van fig. 1 en fig. 2 zijn bepalend voor de werking van het oor, betreffende de lineaire vervorming. Uit het bovenstaande blijkt dus, dat het oor vrij onaangename eigenschappen bezit voor het verkrijgen van de ideale weergave en een reproductie eischt op de natuurlijke sterkte; dit zal natuurlijk tot moeilijkheden kunnen leiden; denkt U maar eens aan de weergave van een vol symphonie-orkest op oorspronkelijke sterkte bijv. in Uw huiskamer. Bij dergelijke gevallen is voor een benaderde ideale weergave correctie noodzakelijk; de lage tonen moeten dan liefst bij den zender al een extra duwtje verkrijgen.

Indien we nu het luidsprekervraagstuk nader willen gaan beschouwen, dan dienen we eerst vooraf te definieeren, wat we nu eigenlijk wel als ideaal moeten opvatten. Hoewel men in sommige gevallen bijv. bij een versterker met een uitgesproken maximum, wel eens beter gebaat kan zijn met een luidspreker, die hieraan kan tegemoet komen (een der oorzaken van de zeer verschillende beoordeeling van een bepaald type) dient men toch zooveel mogelijk

aan de onderlinge verwisselbaarheid, die in de moderne installaties bijna steeds vereischt wordt, te gemoet te komen.

Onze ideale luidspreker moet nu aan de volgende eischen voldoen:

I. De uitgezonden accoustische energie moet in een bepaalde richting bij gelijk blijvende toegevoerde electriche energie voor *alle frequenties* constant blijven $\left(\frac{\text{accoustische energie}}{\text{electriche energie}} = \text{const.} \right)$

II. De verhouding van $\frac{\text{acc. energie}}{\text{electr. energie}}$ moet gelijk blijven voor *alle richtingen* rondom den luidspreker (polaire kromme).

III. De accoustische trillingen in de lucht moeten volkomen met de toegevoerde electriche trillingen overeenkomen. Er mogen geen harmonische of niet-harmonische *extra-trillingen* ontstaan.

Gaan we nu de gestelde voorwaarden eens critisch na dan bemerken we, dat bijv. I een moeilijk te verwezenlijken eisch is voor een toestel met een slecht rendement zooals een luidspreker is. Ware de luidspreker volkomen aperiodisch dan zou de uitwijking van het anker afhankelijk zijn van den stroom, die door de wikkelingen vloeit. Daar we reeds boven gezien hebben, dat de lage frequenties bij gelijkblijvende geluidsenergie een veel grootere amplitude van de lucht vereischen, zouden ook in dat geval de lage tonen veel en veel meer electriche energie behoeven dan de hoogere. Aangezien nu de meeste luidsprekers wel min of meer een aperiodisch karakter bezitten, zijn vaak de heel lage tonen in het nadeel, tenzij ze door het zendstation wat geforceerd worden. Bij den zender geeft een aperiodische electromagnetische microfoon (bijv. van Marconi) bij gelijke geluidsenergie voor de verschillende frequenties ongeveer gelijke electriche energie af en daarom zal bij een dergelijke microfoon, indien er verder geen veranderingen plaats hebben, bij de luidsprekers de verhouding $\frac{\text{accoustische}}{\text{electriche}}$ energie constant moeten zijn om een zoo getrouw mogelijke weergave te verkrijgen.

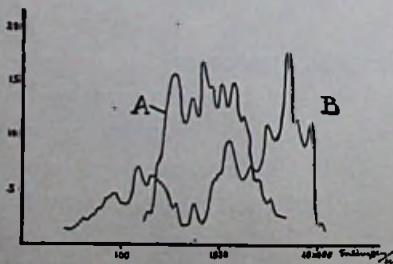


Fig. 4

Deze voorwaarde wordt evenwel door de meeste luidsprekers meer of minder slecht vervuld. Dit kan men nagaan door de geluidsenergie op eenigen afstand van den luidspreker te meten, terwijl men bij gelijkblijvende electriche energie de opgedrukte frequentie

wijzigt. In fig. 4 zijn twee dergelijke krommen aangegeven waarvan A voor een hoorn- en B voor een conus-luidspreker is.

Volledigheidshalve vermelden we een veel toegepast tweetal van de vele methodes voor het meten van de geluidsenergie.

1e. Rayleighsche schijf. — Deze methode berust op het feit dat indien een zeer licht schijfje dat t.o.v. de bewegingsrichting van de geluidsgolven schuin is opgesteld, door deze geluidsgolven getroffen wordt, dit schijfje een draaiend moment ondervindt, dat wat grootte betreft, afhangt van de geluidsenergie, en dat tracht het een stand te geven loodrecht op de bewegingsrichting van de geluidsgolven. Door het schijfje aan een torsiedraad op te hangen kan men het koppel voor de verschillende frequenties bijv. door middel van een spiegelaflezing bepalen.

2o. De condensator microfoon. — Deze kan bestaan uit een zeer licht gespannen membraan, dat de luchttrillingen volgt en bedekt is met een geleidende laag, die met den achtergelegen metalen wand van het huis een condensator vormt. De wijzigingen van den onderlingen afstand geven capaciteitsveranderingen die weer in stroomvariaties omgezet kunnen worden, bijv. door het plaatsen van den condensator in een generatorkring. De gemoduleerde frequentie kan versterkt, gelijkgericht en aan een oscillograaf worden toegevoerd. Met deze laatste methode is ook in zekere mate een controle mogelijk voor de voorwaarde III. Indien er belangrijke extra-trillingen ontstaan, dan blijkt dit min of meer uit het oscillogram.

Intusschen stelle men zich niet voor, dat op accoustisch gebied dergelijke fijne metingen als bij de electrotechniek mogelijk zijn. Deze metingen aan luidsprekers kunnen dan ook op zijn hoogst een controleerend karakter dragen. Volgens berekeningen zijn fouten tot $\pm 40\%$ in deze metingen mogelijk, ofschoon bijv. vergelijkingsproeven tusschen de twee bovengenoemde methodes vrij goed overeenstemmen.

Extra voorzorg moet bij dergelijke metingen steeds worden besteed, om te voorkomen dat aan den luidspreker meer dan één frequentie (bijv. hogere harmonische) te gelijk, of van te groote amplitude worden toegevoerd daar dan een resonantiepoint in den luidspreker aanleiding geeft tot een heele serie ruggen of pieken in de opgenomen kromme.

De voorwaarde II is een noodzakelijke eisch, die aan een luidspreker voor een huiskamer of zaal moet worden gesteld, daar indien dit niet het geval ware, men rondom den luidspreker loopende, het timbre zou hooren veranderen, terwijl verschillende personen, die in een kring om den luidspreker zijn gezeten, ook ieder

een verschillenden indruk verkrijgen. Verder kunnen dan nog door reflexies verdere complicaties ontstaan. Het is bekend, dat bij luidsprekers in het algemeen de hogere tonen scherper naar voren zijn gericht dan de lagere, die een breeder geluidsfront vormen.

De voorwaarde III is een zeer noodzakelijke voorwaarde voor onvervormde weergave, want indien deze niet is vervuld, kan men geluiden te hooren krijgen, die een geheel ander timbre vertoonen dan in het oorspronkelijke geluid aanwezig was en juist voor timbre-wijzigingen is het oor zeer gevoelig. Nu treedt dit verschijnsel zooals we later nog zullen zien, min of meer altijd op. Het is dus zaak, het tot een minimum terug te brengen.

(Wordt vervolgd.)

Enkele gezichtspunten over supers.

Door Ir. H. MAK.

Getroffen door de buitengewone resultaten van een nieuw type „modulateur bigril” voelde ik mij genoodzaakt op dit onderwerp, waaraan ik totdusver weinig belangstelling schonk, meer aandacht te wijden.

De „supers” hebben zeer groote bezwaren. Deze bezwaren, welke als resultaat een groot aantal lampen noodig maken voor bepaalde prestatie, maakte mij in 't algemeen de „super” niet sympathiek. Bij keuze van een lange middelfrequentegolf (indien het gaat om superheterodyne, c.q. autodyne) heeft de 2e detector een slechte kans om behoorlijk te werken.

Het verschil tusschen de hoogste geluidstrillingen voor welke de combinatie roostercondensator met roosterlek minimum afvlakking geven moet, en de gelijk te richten middelfrequentie is dan te gering.

De middelfrequente spanningen toch moeten ten gevolge hebben dat de roosterspanning een waarde krijgt, welke een bedrag, van hunne amplitude afhankelijk, afwijkt van den rusttoestand.

Het spanningsverloop der geluidstrillingen (ook der hoogste frequenties) moet echter de roosterspanning geheel volgen. Hoe meer dus de detectie in frequentie nadert tot het product, dat de detector moet afleveren, des te bezwaarlijker is een goede werking te krijgen.

Dit geldt tevens voor den eersten detector, welke een hooge radiofrequentie ontvangt, en een lage moet afgeven.

Hier is dus speciaal de keuze van een lange middelfrequentgolf een bezwaar.

Bij een detectie zonder roostercondensator moet het resultaat beter zijn.

Dit is in den „modulateur bigril” zooals bekend is, verwezenlijkt, en blijkt dan ook zéér merkbaar het aantal lampen dat noodig is om tot een bepaald resultaat te voeren, te beperken, ten opzichte van andere superheterodynes.

Zonder verder op werking of schema van dit systeem in te gaan, wilde ik echter eenige aandacht besteden aan vergelijking van den superheterodyne met den superregeneratieven ontvanger. Het verschil is minder ingrijpend dan men verwacht.

Voor proeven leende zich speciaal de „bigril” schakeling wegens afwezigheid van roostercondensator.

De basis der proeven was een systematisch opgezette tabel, waarbij verband werd gelegd tusschen de grootte van de ontvangen golf, de bijgevoegde trilling en de resulterende „middelfrequentie”.

Noemen we deze respectievelijk ω_1 (ontvangen frequentie), ω_2 (bijgevoegde trilling) en ω_3 (middelfrequentie), dan is

$$(1) \quad \omega_3 = \omega_1 \pm \omega_2 \text{ en tevens}$$

$$(2) \quad \omega_3 = \omega_2 \pm \omega_1.$$

Hieruit is de bekende conclusie te trekken, dat voor ontvangst van een station waar $\omega_1 = 300.000$ perioden, en met een middelfrequentie van $\omega_3 = 50.000$ per. een hulptrilling noodig is van 250.000 volgens (1) of 350.000 volgens (2), beide vergelijkingen met de minteekens.

Het is echter onmogelijk de $+$ teekens te benutten. Dit kan alleen, als ω_3 grooter is dan ω_1 .

De waarheid hiervan werd beproefd. Indien een station waarvoor $\omega_1 = 300.000$ is, moet worden ontvangen met een middelfrequentie 400.000, kan dit, door toevoeging van een hulpfrequentie 100.000.

In de practijk bleek dan ook, dat met een middelfrequentgolf van 900 M., o.a. de telefonie van Hilversum (1060), Daventry (1600) en Scheveningen-Haven (1950) zéér goed zijn door te krijgen.

Nu blijkt hieruit niet een bepaalde eigenschap waaruit we nut kunnen trekken, aangezien juist voor korte golven, waar directe h.f. versterking moeilijk is, het meeste nut is gelegen in golflengte-transformatie.

Echter geeft form. (1) direct een beeld, dat met dezelfde ω_3 en ω_2 nog een ander station ook tot de middelfrequentketen wordt

toegelaten, n.l., volgens ons vorig voorbeeld, dat, waarvoor $\omega_3 = \omega_1 - \omega_2$, zoodat ω_1 ook 500.000 zijn kan.

Tegelijk worden hier dus 2 waarden van ω_1 naar dezelfde middelfrequentgolf gebracht. In ons voorbeeld, in golflengte uitgedrukt, zou dus de generatorinstelling met dezelfde spoelen goed zijn voor ontvangst van 300.000 per., d.w.z. $\lambda = 1000$ M. en voor 500.000 per. d.w.z. $\lambda = 600$ M.

Bij verandering van de instelling van den generator bestrijken we dus tegelijk twee gebieden: één beneden de middelfrequentie en een er boven.

Wanneer we nu een geschikte middelfrequentie kiezen, en een voldoende golfbereik in den generator bezitten, kan zoowel een kortegolf, als een langegolf gebied zonder verwisseling van spoelen worden bestreken.

Er is echter aan een zóó lage middelfrequentgolf weer een ander nadeel verbonden. Zoodra we n.l. met de hulp-golf of een harmonische daarvan *hoorbaar* kunnen interfereeren met de middelfrequentgolf, zal meermalen de ontvanger zichzelf een Mexicaantje bezorgen.

Dit zal in zéér hooge mate geschieden indien de middelfrequentgolf in dezelfde grootte-orde is als de hulp-golf, of kleiner dan de laatste. We kunnen dus om *deze* reden niet van het voorgaande gebruik maken, zonder telkens met de middelfrequent afstemming een beetje op zij te gaan.

Dit geeft een onpractische bediening. Nu kan echter met een middelfrequentgolf, welke *weinig* grooter is, dan de grootste golf welke we moeten ontvangen, nog veel bereikt worden.

We zien hieruit duidelijk de redenen welke tot de keuze van circa 3000 M. als middelfrequentie bij den „modulateur bigril” geleid hebben.

Daar 3000 M. een frequentie van 100 kiloperioden vertegenwoordigt, behoeft het niet te verwonderen, dat we bij de lange-golf-ontvangst niet altijd met 2 generatorstanden één zelfde station kunnen ontvangen.

Bij de korte golven is de relatieve waarde van de middelfrequentie klein, en daardoor treedt daàr het karakteristieke „super”-gedrag wèl op.

Beschouwen we nu even de mogelijkheden voor een zoo kort mogelijke middelfrequentgolf.

In de veronderstelling dat we tot c.a. 1800 M. willen gaan met de ontvangst, moet de m.f.-golf iets grooter zijn, en Scheveningen-Haven leert ons wel direct af hiervoor iets te kiezen in de

nabijheid van 1950 of 2950 M. (voor Hagenaars tenminste).

We komen dan tot een golf van b.v. 2500 M., overeenkomende met $\omega_3 = 120$ kiloperioden.

Nu zal bij een ontvanggolff van 1800 M. ($\omega_1 =$ c.a. 166,6 k.p.) een hulpfrequentie van circa 286,6 k.p. noodig zijn. (c.q. 46,6 — welke echter in de zéér lange golven thuis behoort — en ons meer nabij een ander systeem brengt waarover straks).

Deze hulpfrequentie van 286,6 k.p. levert tegelijk de juiste middelfrequentie voor een ontvangfrequentie $\omega_1 = 406,6$ k.p., zoodat we naast de 1800 M. ook, met *denzelfden* generatorstand een golf van c.a. 740 M. kunnen ontvangen. Hadden we de middelfrequentie lager (dus de golf hooger, b.v. 10.000 M.) gekozen, dan zou het gevolg hiervan zijn dat de beide te ontvangen golven *dichter* bij elkaar zouden liggen, dus zou dit een zeer slechte selectiviteit opleveren.

Thans is de keten, afgestemd op 1800 M. vrijwel ontoegankelijk voor 740 en omgekeerd.

Ook hier ligt dus een groot voordeel van de keuze van een kleine m.f. golf. Onze generator, welke als langste golf 286,6 k.p. moest geven, zal bij goede constructie toch zeker een verhouding van 1 : 3,5 hebben tusschen kortste en langste golf. Het gevolg is dat de andere uiterste (maximum) frequentie ongeveer $3\frac{1}{2} \times 286,6$ k.p. zijn zal, d.w.z. circa 1000 k.p.

Hiermede zal een „lange” golf van $1000 - 120 = 880$ k.p. d.w.z. 340 M. golfbereik worden ontvangen, en een „korte” golf van $1000 + 120 = 1120$ d.w.z. c.a. 260 M. worden bereikt.

Met geringe toegeefelijkheid zien we dus, dat een zéér te apprecieeren gebied met één hulpgenerator onveranderd is te bestrijken n.l. 340 — 1800 en 260 — 740 M.

Hier valt nu wel wát buiten, doch menigeen zal tevreden zijn, dit golfbereik te hebben met omwisseling van slechts *één* spoel (c.q. omschakeling).

Dit is heel wat anders dan bij directe h.f. versterking noodig is, zooals b.v. voor primaire keten een spoel omschakelen of verwisselen, event. ook een raam, en bovendien voor de 2 h.f. trappen nog smoorspoelen omschakelen, terugkoppeling omschakelen, of andere spoelen in de schermen plaatsen.

Voordat we nu overgaan tot eenige details, waarmede bovengenoemde redeneeringen practisch aanwendbaar worden is het gewenscht onze aandacht even op de Superregeneratieve ontvangst te concentreeren.

We bereikten deze reeds bijna, door toepassing van 46 k.p. als hulpfrequentie. In den superregeneratieven ontvanger is het speciale kenmerk dat de *hulpfrequentie constant* is, en relatief laag, in tegenstelling met den super heterodyne, waar de hulpfreq. dezelfde grootte orde heeft als de ontvangen golf — dus variabel is — en de *middelfrequentie constant* is.

In het eerste geval is het duidelijk dat de „middelfrequentie” — die men daar niet meer zóó noemt — en meestal ongemerkt voorbijgaat — in dezelfde grootte-orde uitvalt als de ontvangen frequentie.

Denken we aan gewone modulatie, dan zien we in, dat ook in deze gevallen de 1e detector o.a. (als belangrijkste producten) zal afleveren een draaggolf, met twee „side bands” — welke in dit geval zéér vèr van de draaggolf zijn verwijderd, omdat zij n.l. niet een geluidsfrequentie vertegenwoordigen, doch een radiofrequentie.

Voor de super-regeneratieve ontvangst is het product dus een bijeen behoorend drietal waarvan de „draaggolf” dezelfde is, als die van de aankomende signalen.

Herinneren we ons uit de modulatie tevens, dat de amplitude van een dergelijke trilling afhankelijk is van het *product* van de amplituden der *beide* trillingen dan behoeft het niet te verwonderen, dat een krachtige generator de signaalsterkte zal verhoogen.

Natuurlijk zijn hierbij de detectie-eigenschappen der eerste lamp van evenveel belang.

Een geringe terugkoppeling zal dus een sterk vergroot signaal in de ontvangketen terugwerpen, en dus de ontvangsterkte hevig beïnvloeden. Doordat echter een ander procédé dan gewone versterking tusschen ontvangketen en plaatketen bestaat, wordt bij deze terugkoppeling iets anders bereikt dan gewone dempingsreductie — het gewoon genereeren zal op dergelijke wijze ontstaan, doch doordat het modulatie-proces een geheel gemoduleerde (ook l.f.) golf oplevert, zal de signaalversterking zoowel door de regeneratieve schakeling zelf, als ook door de terugkoppeling worden beïnvloed, zonder dat dit direct tot genereeren aanleiding geeft.

Even verklaarbaar is tegelijk een groote gevoeligheid voor omliggende golven, door invloed van harmonischen der hulpgolf. De ontvangketen is hier nu wel niet precies op afgestemd, doch procentueel ook niet zóó veel er naast. Bij een ontvangst op 300 M. is de frequentie 1000 k.p. — en b.v. de hulpgolf 10 k.p., zoodat de stations welke op 2e, 3e en 4e harmonische corresponderen, slechts 2, 3 en 4 % buiten afstemming liggen. Een slechte selectiviteit, vooral indien de groote generator-amplitude is verkregen door

sterke terugkoppeling, zal dus naast gevoeligheid een kenmerk van den superregeneratieveën ontvanger zijn.

Verder is hier een uitstekende kans om eens een interferentietoon te maken, zoodat deze ontvanger ook wel sterk zijn moet in zelf meegebrachte fluittonen.

Dit is, bij een zoo goed mogelijke constructie echter niet strikt noodzakelijk. Het maken van een generator zonder harmonischen is intusschen niet zóó eenvoudig.

Passen we laatste beschouwingen toe op de superheterodyne, dan blijkt hier van het drietal slechts één zijgolf tot uiting te komen, en de middelfrequentgolf op te leveren.

Ook hier is de amplitude een product van de amplituden van hulptrilling en aankomend signaal zoodat hier direct een goede verklaring aanwezig is voor groote gevoeligheid.

Maar dan moet de 1e detector toch ook wel buitengewoon slecht werken om met 7 lampen een oortelefoongeluidje op te leveren.

Met de m.i. meer geslaagde dubbelroosterlampschakeling, is dan ook iets veel beters bereikt.

Nu was het moeilijk, bij de oudere toestellen met dubbelrooster-modulator het genereeren in te leiden, en dit is wel te verklaren. Indien n.l. niet de toestand zóó gekozen is dat in rust de plaatstroom zeer klein is, en correspondeert met een punt waar de plaatstroomkarakteristiek gebogen is, is het effect van de schakeling gering.

De werking is in hooge mate gebaseerd op anode-gelijkrichting, welke niet meer zou slagen als de trillingen werden uitgevoerd op een punt, t.o. waarvan de karakteristiek ongeveer symmetrisch was.

Het is daarom van belang dat de gekozen anodespanning zóó groot is dat nog juisf eenige stroom wordt verbruikt in rust, b.v. 0,1 m.A., welke, bij A 441 dan bij genereeren oploopt tot 0,5 à 2,5 m.A.

De anodespanning is hier 60 tot 80 Volt.

Bij deze spanning begint de oscillator vanzelf bij inschakeling te genereeren.

Voor A 141 zijn kleinere spanningen gewenscht, daar deze niet, door ingebouwde weerstandjes, automatisch voor neg. rooster-spanning zorgt. Als proef werd een dergelijke ontvangergenerator gekoppeld op een Solodyne welke op $\lambda = 2000$ was gebracht, na vervanging van de primaire spoel door een „transformer; split primary”, ten einde kortsluitingen te voorkomen. Het resultaat is goed, en in raamontvangst direct beter dan de solodyne zelf, vooral

voor korte golven (wie lust krijgt te experimenteeren zie No. 47 van Radio-Expres van 1925 maar even op, waar in het rondje op den omslag staat gedrukt: de Modulateur Bigril).

Ten opzichte van andere supers is ook de selectiviteit niet alleen bevredigend, doch buitengewoon hoog, geheel in het karakter der Solodyne.

Zooals ook door den heer Corver beschreven, kan bij dat toestel een der afgestemde spoelen worden vervangen door een Thomson Houston h.f. transformator. Onder verlies van eenige selectiviteit, wat hier niet zóó schaadt als bij directe ontvangst, omdat toch nog weer een primaire keten is voorgeschakeld, is hier winst aan sterkte — vooral als men als voorgaande lamp de A 430 kiest.

Een gemak is dan dat voor alle golven de solodyne, éénmaal gesteld — steeds goed staat, en men er niets meer aan behoeft of zelfs mag veranderen.

Als bijzonderheid zij nog medegedeeld dat het neutrodyniseeren van den h.f. transformator uitstekend slaagt. Dit wordt bereikt door het rooster van de *vorige* lamp via een neutrodon te koppelen met het rooster der volgende lamp. Doordat de h.f. transformator „TH” 1 : 1 is gewikkeld, en bij goede aansluiting precies een fase-omkeering veroorzaakt, zijn spanning en fase vanzelf genoegzaam gewaarborgd (voor het inschakelen van den T. H. transformator raadplege men de betreffende Nos. van „Radio-Expres” 1927, Solodyne-artikelen).

Hier en reeds eerder bleek een vrij belangrijk verlies door de spoelschermen te worden veroorzaakt, waarom, bij niet gekoppelde condensatoren, door mij steeds één scherm wordt weggelaten.

Bij een middelfrequent golf van 2000 M. stoort echter de telefonie-zender van Scheveningen-haven.

Hierom werd overgegaan op de vroeger gemotiveerde 2500 M., door vaste condensatoren aan de draaibare bij te voegen, en daarna den ontvanger af te regelen.

Bij nieuwbouw zal men in dit geval rechtstreeks vaste — en precies gelijke condensatoren kiezen.

Het is nog met bovenbeschreven inrichting mogelijk geweest, werkelijk langdurig ongestoord te luisteren naar stations als Weenen en Brussel, hetgeen anders nogal definitief mislukt, door de vele storingen.

Er is bij raamontvangst niet veel verschil tusschen de sterkte van de bekende langegolfstations, en de zoo juist genoemde k.g. zenders. Dit is in zeker opzicht opzettelijk veroorzaakt — aangezien de sterkte der eerste anders onnoodig hoog werd, en de laatste — de

korte golf categorie — toch behoorlijk moest werken. De primaire keten bestaat daartoe bij k.g. ontvangst alléén uit een raam van 80 c.M. diam., met 6 windingen. Bij l.g. wordt daar een spoel 150 bij geschakeld.

De generator is eens en vooral voorzien van de spoelen 75, als afstemspoel, en 150 voor terugkoppeling. De resultaten zijn, in zekerheid van werken, beter dan van de mij bekende systemen van directe hoogfrequentversterking (speciaal wat dan de korte golven betreft), terwijl de geluidsterkte voor een groot aantal stations voldoende is.

Echter mag ik niet nalaten op te merken, dat dit apparaat niet die gevoeligheid heeft van den origineelen „modulateur bigril”.

Intusschen zal het voor experimenteerenden zeker de moeite loonen, eens eenige proeven in deze richting te nemen.

Low Loss spoelen en het nieuwe H. F. schema.

Door ERIK SCHAAPER.

Uit de tientallen aanvragen om inlichtingen die ik naar aanleiding van mijn vorige artikelen mocht ontvangen, bleek mij, dat vele pogingen tot het nabouwen van mijn schema schipbreuk leden op de moeilijke spoelenkwestie. Alhoewel ik er vroeger al vaak genoeg den nadruk op heb gelegd, dat het met gewone spoelen niet ging, zijn er toch nog genoeg amateurs geweest, die het nog eens ten overvloede probeerden, en vanzelf sprekend, met de kous op den kop thuis kwamen, en mij dan heel verbaasd vroegen, hoe het kwam dat succes uitbleef. Ik geef echter gaarne toe, dat het geen prettig werkje is om de bankwikkeling-spoelen uit te voeren, als aangegeven. En lukt het toch niet, dan is er in 9 van 10 gevallen een of andere fout begaan, b.v. slecht uitgekookt, of iets dergelijks, zoodat het resultaat beneden verwachting bleef. Het schema en de toestelconstructie, was zooals die tot nu toe gegeven waren alleen met succes door bekwame amateurs uit te voeren; dat is mij overduidelijk gebleken.

Waar, zooals gezegd, alles op de spoel aankomt, heb ik getracht, een eenvoudiger en betere constructie te vinden, en met werkelijk een resultaat, dat ik mij niet voorgesteld had te zullen bereiken. Ook hier bewaarheidde zich het spreekwoord: „eenvoud is het kenmerk van het ware”.

Om nog even terug te komen op een toestel uitgevoerd met honingraatspoelen.

Veronderstel, het lukt ons een impedantie van b.v. 80.000 Ω te bereiken (in de praktijk komt men moeilijk hoger), verder heeft de lamp een impedantie van 30.000 Ω , terwijl men toepast de verhouding van windingsgetallen 300-100-100. Uit de grafieken, gepubliceerd door Ing. H. de Lange in „R. N.”, December 1926, is dan op te maken, dat de versterking hoogstens kan bedragen 0,7 g. d.w.z. bij de A 425 halen we een maximale versterking van 17-voudig. Ik leg den nadruk op maximaal, omdat zich bij een dergelijke constructie gemakkelijk verschijnselen voordoen van een elkaar tegenwerkende inductive en capacitive koppeling, met als gevolg een zeer veel minder eindresultaat.

Het blijkt dus wel dat we op deze wijze moeilijk méér kunnen bereiken, dan met het schema Koomans, hetgeen we toch als een der belangrijkste voordeelen vooropzetten.

Met bankwikkeling-spoelen is al meer te bereiken, maar die leenen zich niet tot algemeen gebruik, zoolang zij niet als massa-product in den handel worden gebracht.

Daar tusschen in staan weer de honingraatspoelen met aftakking, waaronder ik noem de Sinusspoelen, en die der firma Velthuisen. Hiermede werkt echter de schakeling ook niet indien we lampen gebruiken met $R_i > 30.000 \Omega$, waaruit we kunnen concludereen, dat de impedantie niet hoger op loopt dan tot $\pm 100.000 \Omega$, terwijl ons bovendien de mogelijkheid tot neutrodyniseeren is ontnomen, wat bij lampen als de A 425 een dringende noodzakelijkheid kan zijn.

Bevredigend zijn al deze oplossingen dus geen van alle.

Wij kunnen slechts dan op algemeen gebruik rekenen, indien de spoelen 1e gemakkelijk verkrijgbaar zijn (hetzij in den handel, hetzij door eigen constructie); 2e een impedantie bezitten, geschakeld in een L. C. kring van minstens 20 R_i .

Oppervlakkig lijkt het van belang, een spoelvorm te kiezen, die bij een minimale draadlengte, een maximum van zelfinductie geeft, d.w.z. een spoel, waarvan de wikkeldoorsnee een meetkundige figuur zou zijn, die bij een maximaal oppervlak een minimum omtrek bezit, dus cirkelvormig is. Bij een dergelijken spoelvorm zou bovendien de spreiding gering zijn, en dus ook de verliezen in omringende voorwerpen. Uit de formule voor zelfinductie van spoelen uit Corvers Draadloos Amateurstation:

$$L = \frac{1 (\pi nd)^2}{1000} \cdot a \mu H.$$

is te zien, dat de zelfinductie toeneemt, evenredig met het kwadraat van het aantal windingen per c.M. n., terwijl wat den diameter

betreft, hetzelfde het geval is. Om dus bij een maximale draaddikte een minimale lengte te krijgen, dienen we de wikkeling zoo compact mogelijk te leggen, en bovendien den diameter zoo groot mogelijk te maken. Waar echter a een factor is, die afneemt met afnemende l/d , blijkt er dus een afname van een factor te bestaan, tegenover een toename van twee; de verhouding tusschen beide is echter zóó, dat we steeds het gunstigst uitkomen, met minimale lengte en maximalen diameter. Het is echter moeilijk, spoelen te maken met $d > \pm 5$ c.M.

Met den ohmschen weerstand alleen zijn we er nog lang niet. De formule $\frac{L}{C \cdot R}$, waarin R de totale hoogfrequentie-weerstand beteekent, en volgens welke de qualiteit van een kring bepaald wordt, laat zich vervangen door $\frac{L}{C \cdot R_{ohm} \cdot b}$, waarin b een factor is, bepaald door alle verliezen der spoel, uitgezonderd R_{ohm} . En nu bewijst de praktijk ons dat b voor handelsspoelen waarden heeft van 5—20 voor golven van 1000—2000 M. en 20—100 voor golven van 200—100 M. Met afnemende R_{ohm} door gebruik van dikker draad neemt b sterk toe, aangezien de wervelstroom-verliezen in den draad een groot deel van b uitmaken. Het voordeel van een kleinere R_{ohm} is dus zeer dubieus.

Gaan we de eischen na die een spoel stelt voor een kleine b dan komen we tot:

1e. minimale draaddikte en/of spatieering, terwijl litze draad verre boven dik draad te prefereeren is, alles om minimale wervelstroom verliezen te krijgen.

2e. Zoo min mogelijk slechte geleiders in het veld der spoel. Dus allereerst: géén omspinning, maar blank of emaille draad; vervolgens prima koper en tenslotte uitstekend eboniet, dat niet mag uitslaan of hygroskopische eigenschappen bezitten.

3e. Geen compacte spoelbouw, met wervelstroom-verliezen in draad en isolatiemateriaal.

4. Uitstekende isolatie.

We zien dat de spoelen, beschreven in „R. E.” No. 11, aan alle eischen voldoen. Voor geroutineerde amateurs is het aanbevelenswaardig, de spoel nog even in een flinke schellak-oplossing te drenken, om het eboniet luchtdicht af te sluiten, en voor de kortegolf-spoelen litze draad te gebruiken.

De kwestie is, welke van de twee uitersten in spoelconstructie is te kiezen, of is er een gunstig compromis? Dat compromis

vinden we inderdaad in de bedoelde spoelen, terwijl de korte-golf-spoelen relatief beter effect geven.

Spoelen van lagen ohmschen weerstand geven slechts dan beter resultaat, indien zij vakkundig geconstrueerd zijn, iets wat alleen mogelijk is als een eerste klas firma deze in den handel brengt. Mocht iemand deze spoelen willen construeeren, hetzij voor handels-, hetzij amateurs-doeleinden, zoo ben ik gaarne bereid, nadere gegevens te verstrekken.

De praktijk bewees mij, dat van de zelfvervaardigde spoelen, die in één laag de geringste verliezen opleverden.

De zelfinducties, die ik zou willen aanbevelen, om voor mijn schakeling te gebruiken, zijn dus als volgt.

Spoel I: bewikkelde lengte 5 c.M., diam. 7 c.M., draaddikte 0.15 m.M. 300 windingen, zelfinductie $5.150 \mu H$. $R_{ohm} 66 \Omega$.

Spoel II: bewikkelde lengte 5 c.M. diam. 7 c.M., draaddikte 0.4 m.M., spatie 0.1 m.M., 100 windingen, zelfinductie $520 \mu H$, $R_{ohm} 2.5 \Omega$.

Cap.	Spoel I	Spoel II
1000 $\mu \mu F$	4300 M.	1360 M.
500 „	3000 „	960 „
350 „	2500 „	810 „
250 „	2100 „	680 „
150 „	1650 „	530 „
100 „	1350 „	430 „
50 „	950 „	300 „
20 „	600 „	190 „

Bovenstaande tabel geeft aan, welke golflengten bereikbaar zijn met de respectievelijke spoelen, bij bepaalde capaciteitswaarden. We zien daaruit dat een condensator van $250 \mu \mu F$ voldoende is voor alle omroepgolven, terwijl bij een cond. van $300 \mu \mu F$, met lage minimum capaciteit, golfbereiken elkaar goed overlappen. Bij gebruik van goede frequentie lineaire condensatoren en oordeelkundige montage, laat zich een minimum capaciteit van $20 \mu \mu F$ nog juist bereiken.

Een capaciteit van $250 \mu \mu F$ max. is dan voldoende. Mocht het gewenscht blijken, zoo publiceer ik nog de constructiegegevens voor spoelen tot 40 M. naar beneden, op welke golflengten de schakeling nog goed werkt.

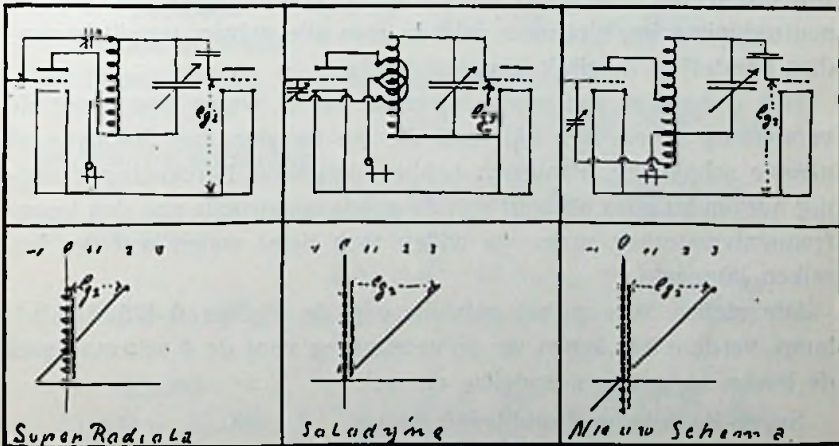
Bij spoelen als hierboven aangegeven, is factor b minimaal, en neemt met afnemende golflengte slechts weinig toe, zoodat met afnemende golflengte de impedantie aanmerkelijk stijgt, dus ook

de kwaliteit van de keten. Bij minder goede spoelen is b direct tamelijk groot, en groeit bij kleinere condensatorstanden sterk, wat dan wel eens oorzaak kan zijn, dat men met spoelen van geringere zelfinductie en grootere parallel condensatoren beter resultaat verkrijgt. Over de kwaliteit behoeven we dan wel niets meer te zeggen.

De groote zelfinductie, welke ik voor de korte-golfspoelen gebruik, is wel degelijk een gevolg van een serie zuiver systematische proeven, en kan als bewijs van deugdelijkheid gelden.

Deze spoelkwestie was het belangrijkste punt uit een collectie vragen mij gedaan. Vervolgens beantwoord ik een verzoek, om te trachten duidelijk aan te geven het verschil, de voor en nadeelen van 3 schema's: de Solodyne, Super Radiola en mijn nieuwe schakeling, (wie bedenkt er eindelijk eens een fatsoenlijken naam voor? Voorstellen in die richting zal ik gaarne in overweging nemen).

De schema's zijn in de figuren naast elkaar geteekend, terwijl daaronder is aangegeven, de spanningsverdeeling op de secundaire spoel. De lijnen eg_2 geven aan welk deel der spanningen nuttig gebruikt wordt; deze zijn dus een objectieve maatstaf voor de kwaliteit der schakeling. Voorop is gesteld, dat de spoel en andere kwaliteiten in alle opzichten gelijk zijn (Zie figuur). We zien hieruit



dat de spanningen, die aan de uiteinden der spoelen optreden, gelijk zijn, doch dat de Super-Radiola er slechts een gedeelte nuttig van gebruikt. De Solodyne en de nieuwe schakeling zouden dus een volkomen gelijkwaardig eindresultaat geven, wat niet te verwonderen is, aangezien de schema's vrijwel gelijk zijn. Het zou dus geen nut hebben om zelf de onderdeelen voor de nieuwe schakeling in elkaar te zetten? Theoretisch niet, praktisch echter wèl, aangezien het om constructieve redenen niet mogelijk is, de Solodyne

zòò uit te voeren, dat de resultaten gelijkwaardig worden. Hier hebben we een aardig verschil tusschen theorie en praktijk. De kwestie is n.l. dat als men het resultaat van de Solodyne zou berekenen volgens de krommen, gegeven door Ir. de Lange de uitkomsten vermenigvuldigd dienen te worden met den koppelingsfactor van prim. op secundaire spoel, een factor, die niet grooter is te maken dan 0.6; iets waarmede wij met de nieuwe schakeling geen rekening hoeven te houden, wat de heer Blom, binnen zekere grenzen, juist heeft opgemerkt.

Wij merkten in een onzer vorige artikelen op, dat het opslinger-effect in den kring ook bijdroeg tot een verbeterde versterking, en dat het ook hierom voordeel opleverde de lamp-impedantie niet op de volle spoel aan te sluiten, iets hetgeen Ing. de Lange over het hoofd zag. Nu is bij de Solodyne dit opslinger effect nog iets minder belemmerd, en wel door de lossere koppeling tusschen primaire en secundaire. Dit voordeel weegt echter niet op tegen genoemde nadeelen, en veroorzaakt in de praktijk alleen maar een portie extra vervorming.

Terwijl we dus zien, dat de Super-Radiola reeds in geluidsterkte steeds achter moet staan bij de andere schakelingen, komen er nog twee andere nadeelen bij, n.l., dat als we de schakeling voor optransformeeren inrichten, de stabiliteit verloren gaat, omdat de neutrodyniseering niet meer juist is voor alle golven, terwijl bovendien handeffect moeilijk te vermijden is.

Het is nu wel van eenig interesse om te weten hoe groot de versterking theoretisch zijn kàn die we behalen met Solodyne of nieuwe schakeling. Praktisch hebben dergelijke berekeningen weinig nut omdat *alles* afhangt van de goede constructie van den hoogfrequentversterker, maar we willen toch liefst weten wat we bereiken kunnen.

We stellen voorop het gebruik van de Philips A 425 als h.f. lamp, verdere berekenen we de versterking voor de 4 schema's met de boven aangegeven spoelen, en wel:

- Super-Radiola met middenaftakking.
- Super-Radiola voor optransformeeren.
- Schema Koomans.
- Nieuwe schakeling.

Terwijl de versterking van één Solodyne trap wordt berekend met gebruik van Bowyer Lowe spoelen. Golf lengte is 1300 M., waar de zwakste lange golfstations zitten.

Voor $\lambda = 1300$ laat zich factor b van de beschreven spoelen op 1.1 stellen, en van de Bowyer Lowe op 2. Deze verhoogde

waarde vindt haar oorzaak in de verliezen in de afscherming, en in de kokers poreus eboniet, waarop deze spoelen gewikkeld zijn. Verder spreekt de zijde-omspinning ook nog een woordje mee.

De zelfinductie- en weerstand-waarden zijn voor de beschreven spoelen respect. $5.150 \mu\text{H}$ en 66Ω en $3000 \mu\text{H}$ en 100Ω (gemeten). De impedanties zijn in een L.C. kring voor $\lambda = 1300 \text{ M}$. dan resp.

$$\frac{5.150}{0.00009.66.1,1} = 800.000 \Omega \text{ en } \frac{3000}{0,00016.100.2} = 100.000 \Omega$$

We zien hoe elkaar practijk en theorie dekken, nl. dat zelfs de beste handelsspoelen een impedantie bezitten van niet hooger dan 100.000Ω , geschakeld in een resonantie kring.

Volgens de karakteristieken van Ing. de Lange, „Radio Nieuws”, Dec. 1926, blz. 354, wordt B voor een lampimpedantie van 30.000Ω voor beide spoelen resp. 27 ! en ± 3 ! Als gunstigste transformatie verhoudingen vinden we dan 5.5 en 1.75.

De versterking per trap wordt dan als volgt:

1e. Schema Koomans:

$$\frac{800.000}{800.000 + 30.000} \cdot g \cdot e_{g2} = \underline{25 \cdot e_{g2}}$$

2e. Super Radiola met midden aftakking:

$$\frac{200.000}{200.000 + 30.000} \cdot g \cdot e_{g2} = 0.87 \cdot 25 e_{g2} = \underline{21,75 \cdot e_{g2}}$$

3e. Super Radiola voor optransformeeren:

$$4,5 \cdot 12,5 \cdot e_{g2} = \underline{56,25 \cdot e_{g2}}$$

4e. Nieuwe schakeling:

$$5,5 \cdot 12,5 \cdot e_{g2} = \underline{\underline{68,75 \cdot e_{g2}}}$$

5e. Solodyne:

$$0,6 \cdot 1,75 \cdot 12,5 \cdot e_{g2} = \underline{13,1 \cdot e_{g2}}$$

6e. Super-Radiola met Bowyer Lowespoelen met middenaftakking:

$$\frac{25.000}{25.000 - 30.000} \cdot g \cdot e_{g2} = 0,45 \cdot 25 \cdot e_{g2} = \underline{11,35 \cdot e_{g2}}$$

7e. All British six (als Solodyne): $\underline{13,1 \cdot e_{g2}}$

We zien dus 5e, 6e en 7e een zeer slecht figuur slaan, wat ook klopt met de ervaringen van den heer Corver, dat aperiodische transformatoren nog meer geluid geven.

4e en 3e geven de beste resultaten, 4e heeft echter, zoals gezegd constructieve nadeelen, terwijl 1e en 2e elkaar bij goede spoelen weinig ontkoopen.

Het hangt nu uitsluitend van den constructeur af, in hoeverre

hij deze getallen benadert. Mijn opvatting is, dat men er zelfs nog boven uit komen kan, omdat het opslinger-effect in de berekeningen verwaarloosd is.

Een volgenden keer over de praktische constructie van toestellen met h.f. versterking.

De roosterspanningen bij sterke ontvangst.

Naar aanleiding van het artikel van den heer Mak in R.-N. over roosterspanning meting, kan het misschien nut hebben dat ik het volgende meedeel.

Omstreeks Juli 1926 deed ik proeven met een plaatstroomapparaat op een toestel voorzien van 2 Marconi-Ideal transformatoren 4 : 1 en 6 : 1. Als 1e l.f. een RE 154, pl. sp. 100 volt, neg. rsp. 8 volt, als 2e l.f. een Radio Watt pl. sp. 200 volt, neg. rsp. 20 volt. Het geheel bleek mij eenige neiging te hebben tot: „hikken”. Wanneer een sterke luchtstoring optrad begon het geheel een paar seconden te ratelen. Ook zeer sterke muziek of spreken kon het ratelen inleiden. Het merkwaardige was, dat ik tegelijk met het ratelen vlak bij het toestel een knetterend geluid hoorde, en bij nader onderzoek bleek, dat er vonken oversprongen tusschen de lampvoetbussen van rooster en plaat van de laatste lamp. Deze afstand bedraagt toch minstens enkele millimeters, zoodat een zeer hooge spanning wel moest optreden. Ik meen dit te moeten verklaren doordat bij het „hikken” de plaatstroom van de 1e lamp onderbroken wordt, zoodat door de verdere versterking een hooge spanning in de sec. van den 2den transformator wordt opgewekt. Vermeld zij nog dat de Radio Watt niet nieuw meer was en zijn emissie grootendeels had verloren (ook vóór het vonken al).

Dit alles gaf mij reeds een idee van de spanningen die kunnen optreden op het rooster van een 4e lamp. Ook meende ik toen reeds te kunnen opmaken uit andere gegevens, dat de optredende rooster-spanningen veel hooger waren dan algemeen gedacht werd; 20 volt negatief leek mij te laag voor een eindlamp om werkelijk onvervormde weergave te leveren bij flinke geluidsterkte, hoewel Philips mij op een schrijven berichtte, dat de B 403 onmogelijk overbelast kon zijn.

Door stroomloos maken van den luidspreker en vergrooten van de condensatoren van het plaatstroomapparaat is de „hik” neiging weg. Ik heb daarna een Marconi LS5A als eindlamp gebruikt, welke ik 50 volt neg. rsp. kon geven. Inderdaad bleek mij dit veel beter,

hoewel bij zeer sterk geluid (Hilversum en Daventry 4 lampen) vervorming hoorbaar blijft.

Nu heb ik ook eens op de sec. van den 2en transformator een „Daimon” edelgas lampje gezet. Op gelijkstroom begon dit lampje te lichten bij 180 volt.

Nu kon ik alleen bij uittrekken van de terugkoppelspoel en bij de draaggolf van Hilversum oplichten krijgen. Hierbij brandde de laatste lamp ook. Schakelde ik 50 volt voor het lampje, dan ging het oplichten iets gauwer. Ik draaide nu met den gloeistroomweerstand de laatste lamp uit en regelde de plaatsspanning weer op 100 volt voor de 1e l.l. Toen bleek het lampje veel vaker op te lichten. Met 1 h.f., 1 det. en 1 l.f. was met *gedoofde* 2e l.f. lamp oplichten van het lampje op de secondaire van den 2en transformator te zien bij iedere eenigzins sterk aangeslagen noot op de piano van Daventry. Met gedoofde lamp liep de spanning dus veel hooger op. Ik vermoed, dat er met brandende lamp al roosterstroom optreedt, waardoor de spanning niet haar maximum bereikt en dus het lampje niet oplicht. Dan *moet* er ook vervorming zijn.

Gaarne zou ik vernemen of deze verschijnselen vaker waargenomen zijn en of de verklaring ook door anderen aannemelijk wordt geacht.

Utrecht.

F. N. HELDER.

Electronentheorie in verband met den atoombouw.

Bewerkt door TH. A. L. MOLLINGER.

(Vervolg.)

Het door het echtpaar Curie ontdekte metaal Radium vertoont deze eigenschappen in nog veel sterker mate. Later zijn nog ontdekt Thorium en Actinium. De atoomgewichten van deze zeer zware elementen zijn: Radium (Ra) 226; Actinium (Ac) 227; Thorium (Th) 232,4 en Uranium (U) 238,5. Ter vergelijking zij hier nog opgegeven het atoomgewicht van Lood (Pb) 207,1.

Nauwkeurige onderzoekingen hebben uitgewezen, dat onder invloed van een magnetisch veld de door de radio-actieve stoffen uitgezonden stralen in 3 deelen gesplitst worden; een gedeelte blijft rechtuit gaan, krijgt dus geen afwijking (γ -stralen = gammastralen), een ander gedeelte wordt sterk naar rechts afgebogen (β stralen = bètastralen) en nog een ander gedeelte krijgt eene zwakke afwijking naar links (α -stralen = alphastralen). Hierbij dient nog

te worden opgemerkt, dat dit geldt als de magnetische noordpool vóór de radio-actieve stof is geplaatst. (Zie fig. 2).

Van de γ -stralen, die later uitvoeriger zullen worden behandeld, zij hier slechts opgemerkt, dat dit de z.g. Röntgen-stralen zijn, die door de meeste stoffen heendringen; de α en β -stralen doen dit niet.

Uit de richting der afwijking van α en β -stralen, welke dus uit electrisch geladen deeltjes moeten bestaan, kan men vaststellen, dat de α -stralen positief — en de β -stralen negatief geladen deeltjes moeten bevatten. Op gelijke wijze als vroeger besproken, heeft men ook hier uit de grootte der afwijking de snelheid en de specifieke lading kunnen bepalen. Voor de β -stralen vond men als specifieke lading ongeveer $1,8 \cdot 10^8$ Coulomb per gram, dus evenveel als bij de kathode-

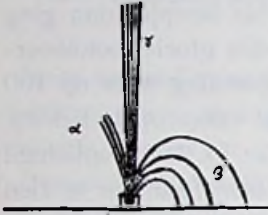


Fig. 2

stralen.

Hieruit zou dus volgen, dat de β -stralen bestaan uit (negatieve) electronen. Voor de snelheid vond men hier voor de diverse radio-actieve stoffen verschillende waarden en voor een deel zeer veel grooter dan die van de kathodestralen, ja dikwijls zelfs slechts eenige procenten minder dan de lichtsnelheid. Dit is mede eene aanwijzing, dat de massa der electronen slechts schijnbaar is.

Gaan wij thans de α -stralen eens nader beschouwen, die bijna 90 % van de geheele straling vormen. Toch gaan zij niet door dun papier, zelfs niet door een aluminiumblaadje van 0,02 m.M. dikte heen. In de lucht leggen deze deeltjes wegen af varierende van 3—7 c.M. al naar gelang hun snelheid en houden dan plotseling op. Dezen afstand noemt men de „reikwijdte” der α -stralen.

Dit plotseling ophouden is een zeer vreemd verschijnsel, dat op het eerste gezicht niet te verklaren is. Binnen de reikwijdte zijn ze in staat gassen te ioniseeren en op fotografische platen in te werken, zijn dan nog volkomen onverzwakt en houden dan plotseling op, dus zonder geleidelijke verzwakking.

Voor de snelheid der α -deeltjes vond men eene waarde 50—100 maal zoo groot als die der kanaalstralen. Voor de specifieke lading vond men 48200 Coulomb per gram, dus van dezelfde grootte-orde als voor de ionen bij de electrolyse is gevonden. Hieruit mag men besluiten, dat de positieve ladingen hier met gewone materie zijn verbonden, evenals bij de electrolyse.

Daar de specifieke lading van een atoom bij de electrolyse gelijk is aan 96494 gedeeld door het equivalentgewicht, zou hieruit volgen, dat de onbekende materie het equivalentgewicht 2 (ongeveer)

zou moeten hebben. Een stof met dergelijk equivalentgewicht is echter onbekend. Hierbij is dan wel verondersteld, dat het atoom slechts één elementair-(eenheids) lading bevat, wat later bleek onjuist te zijn.

De Engelsche natuurkundige Rutherford, die zeer veel heeft bijgedragen tot de kennis der radio-actieve stoffen, heeft op eene zeer ingenieuze wijze bewezen, dat ieder α -deeltje twee positieve eenheidsladingen bevat. Dan moet ook het equivalentgewicht 4 zijn.

Dit komt beter uit; we kennen een stof, n.l. het *Helium*, waarvan het equivalentgewicht (gelijk aan het atoomgewicht) 4 is.

Hieruit volgt dus, dat de α -stralen bestaan uit *Helium-atomen met 2 positieve ladingen*.

Verdere onderzoekingen hebben deze hypothese bevestigd. Wanneer men n.l. Radium bracht in eene ruimte, waar geen spoor van Helium aanwezig was, kon men na eenigen tijd de aanwezigheid van dit gas onmiskenbaar door zijn karakteristiek spectrum aantoonen. Het Helium heeft zich dus uit het Radium ontwikkeld.

Het zou ons te ver voeren, alle verdere onderzoekingen, hoe interessant ze ook zijn, op den voet te volgen, doch moeten ons beperken en slechts enkele belangrijke resultaten te vermelden.

Zoo vond Rutherford, dat, behalve de afscheiding van Helium, de atomen der radio-actieve stoffen *werkelijk uiteenvallen en overgaan in andere elementen*. De onveranderlijkheid en de ondeelbaarheid der atomen, die men zoo lang als een axioma had beschouwd, heeft Rutherford hiermede weerlegd.

Zoo verandert een atoom Radium door afgifte van een α -deeltje in een stof, die hij „Emanatie” noemde; deze verandert, eveneens onder afgifte van een α -deeltje in een stof, Radium A genoemd en dit proces gaat zoo verder tot Radium G (lood). De overgangstijden van de eene stof in de andere zijn niet gelijk, zelfs zeer verschillend.

Onderstaande tabel geeft deze overgangen met de tijden voor Radium en Thorium aan.

Tusschen de diverse stoffen is met een pijltje aangegeven, onder afgifte van welke stralen de overgang plaats heeft.

De hier aangegeven overgangstijd is niet scherp aan te geven, aangezien de overgang zeer geleidelijk geschiedt. Men geeft daarom aan den tijd, waarin de stof 50 % van hare eigenschappen verloren heeft en dus daarna de nieuw gevormde stof de overhand krijgt.

Zeer merkwaardig is nog de ontdekking, dat het Radium afkomstig is van het Uranium; met als tusschenstof het Ionium, dat

Stof.	Overgangstijd.	Stof.	Overgangstijd.
Thorium		Radium	
↓ α		↓ $\alpha \beta$	
Mesothorium I	6,7 jaar	Radium-emanatie	
↓ β		↓ α	
Mesothorium II	6,2 uur	Radium A	3 min.
↓ $\beta \gamma$		↓ α	
Radiothorium	1,905 jaar	Radium B	26,8 min.
↓ α		↓ $\beta \gamma$	
Thorium X	3,7 dag	Radium C ₁	19,6 min.
↓ $\alpha \beta$		↓ $\alpha \beta$	
Thorium-emanatie	54,53 sec.	Radium C ₂	
↓ α		↓ $\alpha \beta \gamma$	
Thorium A	0,14 sec.	Radium D	16,5 jaar
↓ α		↓ $\beta \gamma$	
Thorium B	10,6 uur	Radium E	
↓ β		↓ $\beta \gamma$	
Thorium C	55 min.	Radium F	
↓ $\alpha \beta$		↓ α	
Thorium D	3,1 min.	Lood	
↓ $\beta \gamma$			

een zeer grooten overgangstijd heeft, naar schatting zelfs 1 miljoen jaar, terwijl het Radium zelf een overgangstijd heeft van ongeveer 2000 jaar.

Al deze radio-actieve stoffen hebben dus dit gemeen, dat zij alle vrije electronen uitzenden als β -stralen, doch met verschillende snelheden en eveneens alle α -stralen, die bestaan uit dubbel positief geladen Helium-atomen, ook met verschillende snelheden en reikwijdten. Het wegslingeren van deze α -deeltjes kan door middel van een hoogst interessante proef zichtbaar worden gemaakt.

Hieraan moet echter de volgende beschouwing voorafgaan. Zooals reeds boven aangegeven, wordt de lucht door een radio-actieve stof geïoniseerd, geleidend gemaakt. Verder weten we, dat gas-ionen als z.g. „nevelkernen” kunnen werken, dus als kernen, waarop zich oververzadigde waterdamp gemakkelijk condenseert. (Zie Radio-Nieuws, Dec. 1926, blz. 372). Aan den Engelschen natuurkundige Wilson hebben wij deze proef te danken. Hij nam hiertoe twee glazen vaten, die door middel van een buis met kraan met elkaar in verbinding stonden. Het eene vat werd gevuld met van waterdamp verzadigde lucht en tevens werd hierin gebracht een stukje radio-actieve stof, dat dus voor afscheiding van α -deeltjes en voor de ioniseering der lucht zorgde. Het andere vat werd ge-

deeltelijk luchtledig gepompt. Wanneer nu de kraan geopend wordt, stroomt de lucht uit het eerste vat naar het 2e, waarbij de temperatuur daalt zoodat de waterdamp condenseert op de gas-ionen en een nevel vormt. Daarom noemde Wilson het eerste vat de „wolvenkammer”. Hij was zelfs in staat, dit verschijnsel te fotografeeren, door op hetzelfde moment dat de kraan geopend werd, een elektrische vonk van voldoende intensiteit de wolvenkammer te doen verlichten en dit beeld op eene fotografische plaat op te nemen. (Zie fig. 3).

Men ziet hier duidelijk de nevelstreepen, dus de banen, door de α -deeltjes afgelegd en onderweg de luchtmoleculen ioniseerende.

Verder ziet men, dat de banen rechtlijnig zijn, verschillende lengte hebben en plotseling ophouden. Bij vergrooting van het beeld (zie fig. 4) kan men echter zien, dat de banen niet zuiver rechtlijnig zijn; hier en daar ziet men een zeer flauwen knik, terwijl verscheidene banen nabij het uiteinde eene scherpe plotselinge ombuiging vertoonen. In fig. 5 zijn twee stralen nog sterker vergroot, waaruit men duidelijk ziet dat de eene straal de scherpe ombuiging vertoont en de andere niet. Wat zou de oorzaak van dit merkwaardig verschijnsel zijn?

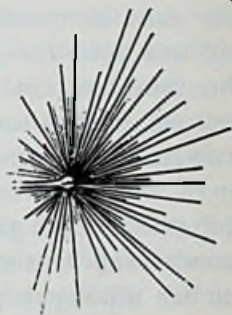


Fig. 3

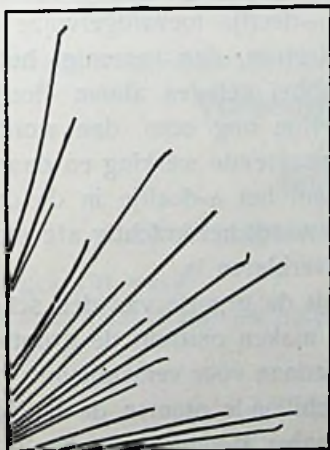


Fig. 4

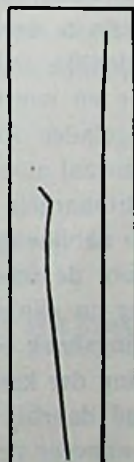


Fig. 5

Men zag zich hier geplaatst voor een raadsel, want men moet wel bedenken, dat in de jaren, dat deze proeven genomen werden, men nog niet dat inzicht in de atoom-structuur had als thans, zoo-

dat men zich nog eene voorstelling moest creëren om de feiten te kunnen verklaren.

Rutherford kon niet aannemen, dat eene plotselinge scherpe afwijking het gevolg was van de botsing tegen een gas-molecuul; daarvoor was de afwijking veel te groot. Hij kon zich het verschijnsel niet anders verklaren, dan dat het α -deeltje *door een atoom heen vliegt*. Dan moeten er in elk atoom *vrije ruimten* zijn en dus *is de ruimte die een atoom inneemt, niet geheel met massa gevuld*.

Hierop voortredeneerende kwam Rutherford ertoe aan te nemen, dat een atoom moest bestaan uit een positief geladen *kern*, waar omheen één of meer negatief geladen electronen cirkelen, zoodat het geheel neutraal is. De kern zou een uiterst klein volume moeten hebben en de electronen zouden er ongeveer gelijk aan de straal van het atoom van verwijderd zijn. Dat de electronen om de kern heen moeten „draaien” laat zich gemakkelijk begrijpen, daar zij bij stilstand ten gevolge van de aantrekking op de positieve kern zouden vallen. Het geheel is dus te vergelijken met een planetensstelsel, waarbij de planeten om de zon heen wentelen.

Het α deeltje zou dan ook van de grootte-orde van een electroon of van een kern moeten zijn en zich tusschen de kern en de electronen van een atoom door kunnen bewegen, daarbij in den regel op betrekkelijk grooten afstand van de kern en de electronen blijvende. Hierdoor worden geringe aantrekkende en afstootende krachten ondervonden, waaruit de geringe afwijkingen van de rechte baan zijn te verklaren. Komt het α -deeltje toevalligerwijze in de onmiddellijke nabijheid van een electron, dan vereenigt het zich hiermee en wordt dan van een dubbel geladen atoom (ion) een enkel geladen idem. Gebeurt ditzelfde nog eens, dan wordt het een neutraal atoom en houdt de ioniseerende werking en daarmede de zichtbaarheid plotseling op. Komt het α -deeltje in de onmiddellijke nabijheid van een kern, dan wordt het krachtig afgestooten, waardoor de scherpe afbuiging te verklaren is.

Maar nu zijn we ook in staat, uit de grootte van den scherp afbuigingshoek eene berekening te maken omtrent de grootte van de lading der kern. Dit heeft men gedaan voor verschillende gassen en vond daarbij, dat voor de verschillende atomen de lading der kern ongeveer de grootte van het halve atoomgewicht heeft, wanneer men die van waterstof als eenheid aanneemt.

Zoo heeft Helium, met atoomgewicht 4, een positieve kernlading van 2; koolstof (12) eene kernlading van 6; zwavel (32) eene kernlading van 16, enz.

Dit is wel een verrassend resultaat, dat echter een nog verras-

sender verklaring heeft. Wanneer men n.l. alle elementen rangschikt volgens hunne atoomgewichten (z.g. periodisch systeem), dan is de plaats, welke bovengenoemde elementen in dit systeem innemen gelijk aan de helft van hun atoomgewicht.

Het rangnummer in het systeem komt dus overeen met de positieve lading der kern van het betreffende atoom, of m.a.w. het aantal positieve eenheidsladingen die de kern bezit, bepaalt zijn rangnummer in het periodisch systeem, bepaalt dus ook zijn atoomgewicht.

Hierdoor krijgen we een geheel nieuwen kijk op de zaak. De positieve lading der kern bepaalt dus tevens de massa van het atoom. Dat beteekent dus weer: de massa van het atoom is eene eigenschap, die alleen van de lading afhangt, dus is de massa van het atoom slechts *schijnbare* massa, evenals bij het negatieve electron.

Dit laatste is nogal bondig gesproken; volgens deze redeneering zou de materie, die toch uit atomen is opgebouwd, geen massa meer hebben. We weten maar al te goed uit de praktijk, dat dit nog altijd wèl het geval is. We moeten daarom onze ideeën omtrent massa zoodanig wijzigigen, dat we dit niet meer beschouwen als iets primairs, iets uit zichzelf bestaanbaars, doch als iets secundairs, een gevolg van de lading, dat zonder die lading *niet* zou bestaan. Daartegenover moeten we nu de lading als iets primairs beschouwen.

(Wordt vervolgd.)

Vereenigingsnieuws.

Bibliotheek.

Goudenregenstraat 202, den Haag.

Aangekocht werd:

J. Corver, Het draadloos amateurstation; 1e deel. 7de druk, 1927.

De N.V. PHILIPS' RADIO te EINDHOVEN vraagt voor den verkoop in Holland van hare RADIO ARTIKELEN een, in de techniek hiervan grondig onderlegd

Vertegenwoordiger

niet ouder dan 35 jaar.

Brieven, met uitvoerige gegevens omtrent opleiding, bekleede functies, reden van veranderingen en opgave van referenties, onder motto „vertegenwoordiger” te richten aan de afd. Arbeid.

Het NEDERLANDSCH OCTROOI-BUREAU

A. Elberts Doyer, H. W. Daendels, W. v. d. Vliet & Rolf van Hasselt
INGENIEURS EN OCTROOIBEZORGERS

OPGERICHT IN 1888

HOOFDKANTOOR:

BIJKANTOOR:

DEN HAAG, Laan Copes v. Cattenburch 24 AMSTERDAM, Heeregracht 516

BELAST ZICH MET HET AANVRAGEN VAN

OCTROOIEN (PATENTEN)

voor **Uitvindingen** op Radio- en elk ander gebied in alle landen der wereld, en het deponeren van **Handels- en Fabrieksmerken**.

WAT IS RULITE?

Onze brochure 1927 somt U op, waarom „RULITE” in alle opzichten de voorkeur verdient boven gewoon eboniet. Op aanvraag zenden wij U gaarne een exemplaar gratis toe.

VRAAGT U HET EVEN AAN?

RADIO-FRONTPLATENFABRIEK
W. RUDER-AMSTERDAM
ELANDSGRACHT 12 TELEFOON 44238



Directe levering. Op aanvraag gratis prijsblad.