

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. 32112.

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

INHOUD: Een nieuwe wisselstroomlamp. — Ervaringen met Antiregeneratieve H.F. versterking. — Moeilijkheden met moderne ontvangtoestellen. — De Raytheonlamp. — Weerstandkoppeling. — Openbaar gemaakte Octrooiaanvragen.

Een nieuwe wisselstroomlamp.

Door C. C. VERBEEK.

De wisselstroomvoeding van alle omroepontvangers heeft tegenwoordig de aandacht van velen. Door den heer Corver werd reeds in R.-E. 1924 bl. 549 een oplossing gegeven om zoowel de gloeidraad- als de plaatenergie van het wisselstroomnet af te nemen ¹⁾ Al spoedig bleek toen, dat de plaatvoeding gemakkelijk genoeg te verkrijgen was door gebruik te maken van een goeden gelijkrichter en dito afvlakinrichting. De voeding der gloeidraden, speciaal die der detectorlamp, met wisselstroom, bleek daarentegen nog altijd eenig gebrom te geven. Binnen korten tijd daarna zijn evenwel lampen in den handel gekomen, die voor dit doel inderdaad beter geschikt bleken.

In Radio-Nieuws van Juli 1926 geeft Ir. Jonker een oplossing aan voor wisselstroomvoeding, waarbij de gloeistroom ontnomen wordt aan een lampgelijkrichter, welke tevens de vereischte plaat- en roosterspanningen levert. Deze oplossing is ook inderdaad afdoende, doch eenigszins bezwaarlijk uit te voeren, wil men ook lampen met grooteren gloeistroom bezigen.

Een derde methode, welke de gloeidraadvoeding werkelijk geheel oplost, is het aanwenden van een gloeidraad, welke niet direct voor de electronen-emissie zorgt, doch slechts een plaatje verwarmt, dat

¹⁾ In Radio-Nieuws van 1 Januari 1926 is nog eens een samenvatting gegeven van ervaringen met dit stelsel.

op zijn beurt een constante temperatuur verkrijgt en de electronen-emissie bewerkstelligt.

Door de firma Jacobse te Utrecht, werd ik in de gelegenheid gesteld een lamp, welke onder den naam van „Mc. Cullough AC



Fig. 1

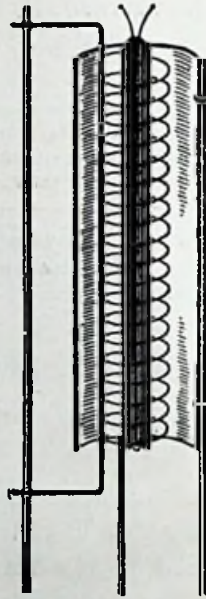


Fig. 2

tube" in Brooklyn, U.S.A. wordt gefabriceerd, te beproeven. Het uit- en inwendige der lamp ziet men afgebeeld in fig. 1 en 2. Op de laatste figuur is duidelijk waar te nemen, dat zich op de plaats, waar in een normale lamp de gloeidraad is aangebracht, een buisje bevindt, dat van binnen uit door een gloeispiraaltje wordt verwarmd, terwijl geen galvanische verbinding tusschen dezen kathode-verhitter en het emitterende plaatje bestaat. De beide uiteinden van den kathode-verhitter zijn aan de bovenzijde der lamp naar

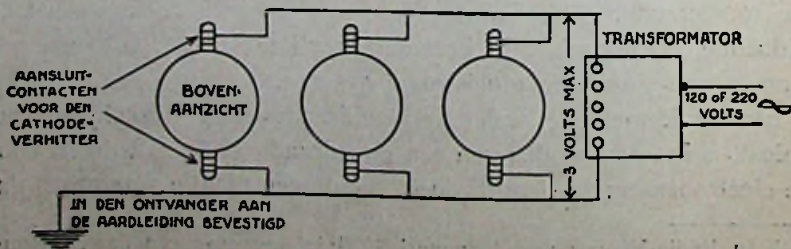


Fig. 3

buiten gebracht (zie fig. 3) en moeten aangesloten worden op een spanning van max. 3 volt; de stroom bedraagt dan 1 amp. De werking der lamp is werkelijk ideaal; van een bromtoon is absoluut niets te hooren, mits één der klemmen boven aan de lamp geaard wordt. Aan de onderzijde van de lamp bevindt zich een normale Amerikaansche voet met 4 pennen in een vierkant. Eén dezer pennen is loos, aangezien de kathode slechts met één draad naar buiten gevoerd wordt (zie schema fig. 4).

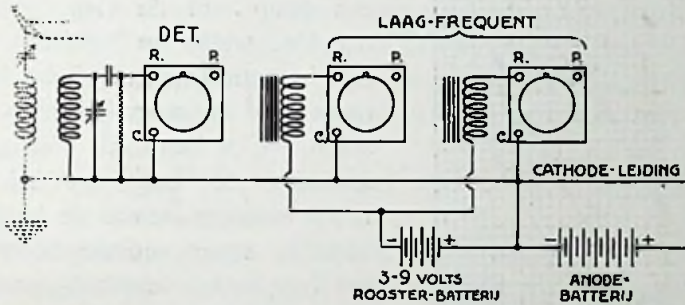


Fig. 4

Bij de „Mc Cullough AC tube” worden acht karakteristieken gevoegd, n.l. :

$$\begin{array}{l}
 I_A = f(E_g) \text{ bij verschillende waarden van } E_A \text{ (fig. 5).} \\
 I_A = f(E_A) \text{ " " " " } E_g \\
 I_A = f(E_H) \text{ " " " " } E_A \\
 R_i = f(E_A) \text{ " " " " } E_g \\
 R_i = f(E_g) \text{ " " " " } E_A \\
 S = f(E_A) \text{ " " " " } E_g \\
 V = f(E_A) \text{ " " " " } E_g \\
 I_g = f(E_g)
 \end{array}$$

waarin E_A , E_g , I_A , I_g en R_i de bekende beteekenis hebben, terwijl E_H de spanning aan den kathodeverhitter, S de steilheid en V de spanningsversterking is. Zooals men uit de belangrijkste karakteristiek kan zien, is de max. ruststroom 21,5 m.A. bij 150 Volt plaatspanning; de versterkingsfactor bedraagt ± 12 en de steilheid $\pm 2,3$ m.A./Volt. Het kencijfer van deze lamp is dus buitengewoon hoog, n.l.: $12 \times 2,3 \times 10^{-3} = 27,6 \times 10^{-3}$.

Wanneer deze lamp via enkele parallel geschakelde ijzerweerstandjes op een transformator wordt aangesloten en men dus de emissie binnen zeer nauwe grenzen constant weet, is hier een ideaal geschapen voor toepassing in een meetgenerator, terwijl bovendien de groote steilheid deze lamp zeer geschikt maakt voor gebruik in een Moulin-hoogfrequent-voltmeter met plaatdetectie. De groote

steilheid geeft eveneens zeer gemakkelijk genereeren; bij 4 à 8 Volt plaatspanning is genereeren al mogelijk en de detectorwerking reeds zeer bevredigend.

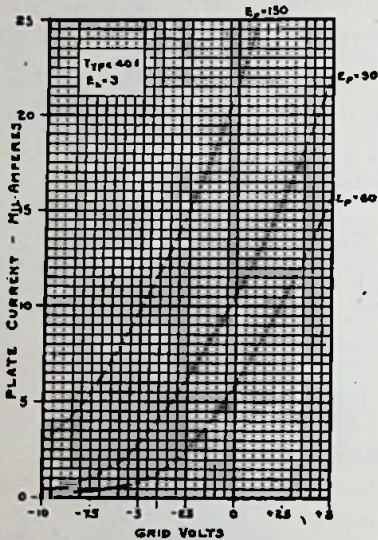


Fig. 5

De tijd, welke verloopt tusschen het inschakelen van den stroom door den kathode-verhitter en het bereiken eener constante emissie, bedraagt ongeveer 45 seconden. Bij een lamp van de General Electric Co., welke op hetzelfde principe berustte, (zie R. N. Febr. 1923) bleek ook de mogelijkheid te bestaan, om de lamp zelf haar plaatspanning te laten gelijkrichten. Eisch hiervoor is, dat de kathode-verhitter meer emissie heeft dan het buisje dat de plaats van den gloeidraad inneemt. Bij de „Mc. Cullough AC tube” blijkt echter de dovroedgloeijende kathode meer emissie te hebben dan de zich

daarbinnen bevindende gloeispiraal, zoodat deze methode met deze lamp niet toegepast kan worden.

Een drielampstoestel met deze lampen uitgerust, geeft een resultaat, minstens gelijk aan dat van toestellen met normale lampen, terwijl de voedingsmisère geheel uit den weg is geruimd, hetgeen weer een stap is in de goede richting van verbetering en vereenvoudiging.

Utrecht, December 1926.

Ervaringen met Antiregeneratieve H.F. versterking.

Door CHARON.

Vermoedelijk als reactie op de artikelen van Hull en Ballantine (Q. S. T. Jan. en Maart 1924), stelt W. W. Harper in Q. S. T. van April 1924 de vraag: „Should regeneration be eliminated?” Het antwoord, dat de schrijver in dit artikel hierop geeft is: „Neen”. Hij vindt, dat de versterking per trap te sterk achteruitgaat, indien men elke regeneratie elimineert.

Ballantine (t. a. p.) deelt mede, dat volgens metingen van hem

en zijn medewerkers, de extra versterking, die door regeneratie ontstaat, ongeveer vijfvoudig is.

Indien men aan een toestel met anti-regeneratieve H. F. versterking nog een extra terugkoppelinrichting toevoegt, krijgt men slechts een extra versterking van 20 %, waarom het dus volgens Ballantine niet de moeite waard is, zoo'n inrichting aan een dergelijk toestel toe te voegen.

Zelf hebben we ervaring van bijna een jaar met verscheiden schema's van Hull en we kunnen niet genoeg aanraden eens een proef te nemen met antiregeneratieve versterking volgens een van de laatste vier methoden van Hull. Wie een week zoo'n toestel gebruikt heeft, verlangt voor geen geld terug naar zijn oude „Koomans“.

Het antwoord van Harper is, naar onze ervaring in zijn algemeenheid, dan ook niet juist.

Voor telefonie-ontvangst is het 't beste, elke regeneratie zoo streng mogelijk uit te sluiten of te compenseeren. Dus: een non-regeneratieve detector, al of niet vooraf gegaan door anti-regeneratieve H. F. versterking, waarbij de anti-regeneratieve maatregelen zoo nauwkeurig mogelijk elke regeneratie moeten compenseeren. Want elke regeneratie hoe gering ook, maakt de telefonie onzuiver.

Voor telegrafie-ontvangst hindert een matige regeneratie niet, integendeel het spaart lampen uit. Hiervoor is het 't beste anti-regeneratieve H. F. versterking te nemen en de compensatie van de regeneratie niet volledig te doen zijn, doch nog wel zooveel, dat geen spontaan genereeren optreedt. Elke H. F. lamp geeft dan de meeste versterking.

De heeren W. W. Harper en M. B. Sleeper raden beide aan (Q. S. T. Apr. '24) het gebruik van H. F. transformatoren, waarvan de secundaire afgestemd wordt met een condensator en de primaire veel minder windingen heeft dan de secundaire n.l. $1/3$ tot $1/7$ gedeelte. Genereeren treedt dan ook niet op, de selectiviteit is grooter, doch de versterking is veel geringer, dan met een anti-regeneratieve methode van Hull.

* * *

De verschillende methodes hebben we tot nu toe in een toestel met één H. F. lamp alleen beproefd met de volgende H. F. lampen: Philips A 425, 25; Philips A 410, 10; Schrack L S S, 17; Schrack T L, 10; die gerangschikt zijn naar hun rooster-plaat capaciteit Cq, zoodat A 425 de grootste en de Schrack T L de kleinste Cq heeft. De cijfers er achter geven den versterkingsfactor g der lampen aan.

Onze ervaringen met Hull 2a zijn deze, dat het alléén mogelijk

is; de regeneratie op deze wijze te beheerschen, indien men een H. F. lamp neemt met kleine Cq.

Bij lampen met groote Cq, bijv. A 425, blijkt er zooveel energie teruggekoppeld te worden naar den roosterkring, dat een weerstand van 400 Ω nauwelijks voldoende is om het toestel uit genereeren te brengen. De geluidsterkte is bij gebruik van zoo'n grooten weerstand, zoo gering, dat men met een enkelen detector meer zou hooren.

Bij een A 410 is het, indien de beide condensatoren op $\pm 250 \mu \mu$ F. staan, mogelijk de regeneratie die er nog is, behoorlijk te compenseeren, met een weerstand van enkele ohms, terwijl de geluidsterkte maar een weinig minder is.

Indien echter bij een A 410 de beide variabele condensatoren op $\pm 100 \mu \mu$ F of kleiner waarde staan, is de genereerneiging niet te bedwingen met Hull 2a.

Met de beide Schrack lampen gaat het heel wat beter, maar de qualiteit van de telefonie staat niet zoo hoog, als bij een goede neutrodyne.

Wie Hull 2a wil toepassen, neme dus een variabelen weerstand en gebruik daarvan niet meer dan 50 Ω . Er moet dan net zoo lang naar een H. F. lamp met kleine plaat-rooster capaciteit gezocht worden, dat de genereerneiging ook bij een kleinen condensatorstand bedwongen kan worden, door zoo weinig mogelijk ohms weerstand in te schakelen.

* * *

De neutrodyne schakelingen, die volgens Hull goed werken zijn: 3c, 3d, 4a en 4b.

Daarbij dient allereerst een onderscheid gemaakt te worden tusschen 3 c en 4a aan den eenen kant en 3d en 4b aan den anderen kant.

Bij de twee eerste staat n.l. slechts een gedeelte van de zelfinductie tusschen rooster en gloeidraad, zoodat hierdoor onvermijdelijk de versterking kleiner zal zijn dan bij 3d en 4b.

De enkele amateurs, die in Radio-Expres geschreven hebben dat de geluidsterkte van het Super-Radiola (Hull 3c) schema achter staat bij het gewone schema Koomans, zullen wel gelijk hebben. Indien zij echter een Koomans-toestel vergelijken met Hull 3d of 4b, moet het eerste het afleggen tegen deze neutrodyne schakelingen.

De meest gebruikte manier in ons vaderland, om het genereeren van een Koomans-toestel tegen te gaan, is die door den heer Corver uitgevonden en gepropageerd. Het is ook een verliesmiddeltje. Daarbij moeten de zes verbindingen aan een driespoelhouder op

een bepaalde wijze geschieden, en houdt het genereeren op, indien de eerste spoel 90° - 80° met de tweede gekoppeld wordt. Bij vele toestellen en H.F.-lampen gaat dit goed, doch indien wij in ons toestel een A 425 als H.F.-lamp gebruiken, moet de eerste spoel wel onder een hoek van 60° - 50° gekoppeld worden met de tweede, om het genereeren te doen ophouden. Een zoo sterke koppeling heeft, zooals bekend, het bezwaar, dat het systeem plotseling (met een sprong in de frequentie), toch gaat genereeren.

Hoe beter men een Koomans-toestel bouwt, hoe minder draad, hoe meer zorg tegen capacatieve koppelingen, des te onhandelbaarder is het, des te slechter werkt het. Bij een neutrodyne toestel wordt alle moeite en zorg om het toestel goed te bouwen, daarentegen ruimschoots beloond met een luider en zuiverder geluid.

Indien we een goed neutrodyne toestel vergelijken met een Koomans- of Harris-toestel met een of ander verliesmiddeltje, beide met kortgesloten terugkoppeldspoel, is het geluid van het neutrodyne toestel zuiverder, dan dezelfde geluidsterkte van het Koomans-toestel, daar bij het neutrodyne toestel elke regeneratie vernietigd is en bij een Koomans-toestel juist bij gelijke afstemming van alle kringen weer een weinig regeneratie optreedt, die de telefonie onzuiver maakt.

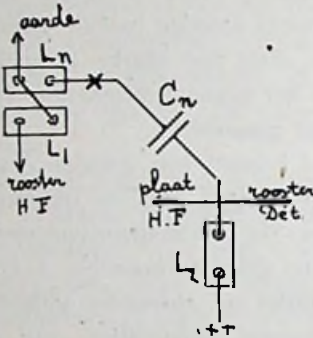
Indien we Hull 3c, 3d, 4a en 4b onderling vergelijken, blijken dus 3d en 4b de meeste versterking te geven.

Hull 3d is om eenige redenen te prefereren boven 4b. Het is zeer gemakkelijk toe te passen en faalt nooit, daar, door geschikte keuze van extra spoel en condensator, elke H.F.-lamp te temmen is. Bovendien kan bij 3d door overcompensatie, d.i. vergroting van den neutrodyne condensator, de sterkte van het geluid verminderd worden, wat bij 4b niet het geval is. Het is zeer aangenaam aan een toestel zoo'n sterkteregeling te hebben, die hier in het H.F.-gedeelte plaats heeft, en wel op een manier, die veel minder kans geeft op een onzuiver geluid dan een regeling in het L.F.-gedeelte.

Voor raamontvangst met een raam van ± 30 windingen, diameter 60 c.M., is 3d niet geschikt, daarvoor zijn de andere drie beter geschikt. Mogelijk is 4a met een middenaftakking van het raam aan gloeidraad en aarde, of eenige trappen Hull 4b. Ook ware te probeeren een combinatie van Hull 3c en 4b, zoodat tusschen de 1e en 2e H.F.-lamp een Super-Radiola kring opgenomen is. De regeneratie van de eerste lamp wordt dan bedwongen door Hull 3c, van de tweede lamp door Hull 4a.

Voor een vierlamps toestel met één H.F.-lamp is Hull 3d te prefereren. Men moet er dan aan denken Ln zoo te koppelen met

L_1 , dat de spanningen aan het uiteinde van L_n , dat met de neutrodon verbonden is, tegengesteld in fase zijn met de spanningen aan het uiteinde van L_1 , dat aan het rooster verbonden is. Dat kan als volgt:



Zelf hebben we Hull 3d al bijna een jaar dagelijks in gebruik, waarbij we als neutrodyne condensator een Lissen neutrodon toepassen. Dit is een kleine luchtcondensator, waarvan de twee cirkelvormige platen een doorsnee hebben van 17,5 m.M.; 9 omwentelingen van het handvat aan de bovenste plaat komt overeen met een verschuiving van 8 m.M.

De formule, volgens welke men de capaciteit van een Lissen neutrodon kan berekenen, is dus:

$$C (\mu\mu F) = \frac{2,4}{\omega} = \frac{1}{0,42 \omega}$$

ω is het aantal omwentelingen, dat men vanuit een bepaalden stand nog moet doen, om den kortsluitstand van de neutrodon te bereiken.

De grootste bruikbare waarde van een Lissen neutrodon is bij een afstand van $\frac{1}{4}$ omw., d.i. ruim $9 \mu\mu F$.

Indien men echter Hull 3d zoo wil gebruiken, dat men door overcompensatie de geluidsterkte verminderen kan, moet men de neutrodon op 2 à 3 omwentelingen van den kortsluitstand gebruiken.

Dit is het geval bij een A 425, indien men zorgt dat de compensatorspoel 2 à 3 \times zooveel windingen heeft als de primaire spoel en bij een LSS-lamp, als deze twee spoelen ongeveer evenveel windingen hebben.

Bij de keuze van een H.F.-lamp moet men er een nemen met zoodanige spanningsversterking (factor g), dat het eindgeluid met kortgesloten terugkoppelspoel, en juiste compensatie van de regeneratie, aangenaam voor het gehoor is. Dit geeft voor telefonie een zuiverder geluid, dan indien we een H.F.-lamp nemen, die minder versterkt, maar we door regeneratie van de H.F.- of detectorlamp, de versterking wat grooter maken.

Indien we als detector een A 409 zonder terugkoppelspoel nemen, en als L.F. B 406 en B 403, die alle drie onderling door L.F. smoorspoelen gekoppeld zijn, is voor goede ontvangst van Daventry het volgende aan te raden: A 425, prim. sp. 150; compens. sp. 400; sec. sp. 175; neutrodon zonder overcompensatie.

Met een LSS als H.F.-lamp wordt Daventry te zwak. Voor den nieuwen zender van Hilversum geeft de volgende combinatie naar mijn smaak een te frisch geluid: A 425; prim. sp. 125; compens. sp. 400; sec. sp. 175; neutrodon zonder overcompensatie. Indien we in plaats van dit laatste als prim. spoel No. 100 nemen en door de neutrodon wat overcompenseeren, is het weer in orde.

Voor Hilversum kunnen we ongeveer hetzelfde bereiken door een LSS-lamp als H.F.-lamp te nemen, en de neutrodon in den juisten compensatorischen stand te zetten.

Bij al deze proeven werd de juiste afstemming en de graad van regeneratie bepaald, door een milli-ampère meter in den plaatkring van den detector op te nemen.

Er is geen sprake van dat de stand van de neutrodon veranderd moet worden, omdat het toestel op eens gaat genereeren, zooals dat bij een Hazeltine neutrodyne het geval is. Indien het één keer goed gregeld is, gaat het toestel niet genereeren bij het draaien aan de afstemcondensatoren.

Wie een L.F.-versterker met transformator koppeling heeft, waarin goede transformatoren staan, die inderdaad zelf ook versterken, zal waarschijnlijk een H.F.-lamp moeten gebruikt worden, die minder versterkt.

Over de andere neutrodyne schema's eens een volgenden keer.
November 1926.

Moeilijkheden met moderne ontvangtoestellen.

(Slot).

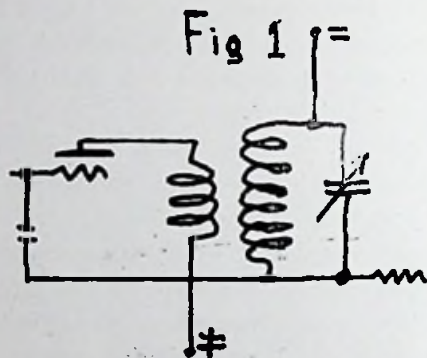
Door Ir. H. MAK.

De laatste van deze serie opmerkingen wilde ik wijden aan hoogfrequentversterking.

Met veel interesse zijn de verschillende modificaties van neutrodyne ontvangen. We herinneren ons allen het grondbeginsel: De lamp welke we gaan neutrodyniseeren genereert door de wisselspanning welke de plaat van de daaraan verbonden keten terugkrijgt — en welke door de anode-rooster capaciteit weder wordt overgedragen op het rooster. Men tracht dan een even groote, tegengestelde wisselspanning aan dit rooster toe te voeren, waardoor de ongewenschte werking wordt geneutraliseerd.

Men vindt dit terug in de origineele Hazeltine methode, in het overbekende Super-Radiola schema, in het Koomans-Telefunkenstelsel en op nog meer plaatsen.

In het origineele Hazeltine-systeem past men een hoogfrequent-transformator toe, welke zóó is geschakeld, dat het spoeleind dat aan het rooster der volgende lamp wordt gekoppeld, in tegenfase is met het spoeleind dat aan de plaat der voorgaande lamp is bevestigd (fig. 1).



Het eerstgenoemde spoeleind wordt nu door een capaciteit met het rooster der voorgaande lamp verbonden — bij juiste waarde dezer capaciteit is de lamp geneurodyneiseerd.

Dit laatste is slechts waar, indien men slechts den theoretischen eisch aan een neurodyne-systeem stelt, dat het niet spontaan genereeren mag, indien de beide, er toe behoorende ketens onderling zijn afgestemd.

Indien deze afstemming niet geheel juist is, kan de terugwerking nog ruim voldoende zijn om te genereeren, zoodat bij zorgvuldige afstemming het toestel goed is — doch het zoeken een enormen Mexicaan oplevert.

Tevens is een groot nadeel, dat bij geringe afwijking der instelling genereeren gaat optreden — dit levert een zoo onstabiel systeem, dat men van dit toestel niet zeggen kan, dat het in handen van „the ordinary listener” een handelbaar apparaat is.

De onjuistheid komt voort:

1e. uit fazeverschuiving tusschen primaire en secundaire spanning der h.f.-transformatoren, zoodat de spanningen, welke in tegenfase moeten zijn, dit niet zijn;

2e. indien de wikkilverhouding der h.f.-transformatoren niet gelijk aan 1 is, uit het feit dat de opgeleverde spanningen dan ongelijk zijn.

Men kan dan wel met overeenkomstig ongelijke capaciteit trachten het gezal te redden, maar raakt daarbij steeds meer in onstabiele toestanden.

Deze ongelijkheid van spanning zal slechts onder zeer bijzondere

omstandigheden, bij bepaalde afstemmingen, door één waarde van den neutrodyne condensator te vereffenen zijn. Bij verschillende condensatorstanden gaan dus verschillende waarden van den neutrodyne condensator behooren. Menigeen ziet kans met zulk een toestel te werken, zelfs enthousiast te worden, doch is het er over eens, dat het voor een *luisteraar* onbruikbaar is.

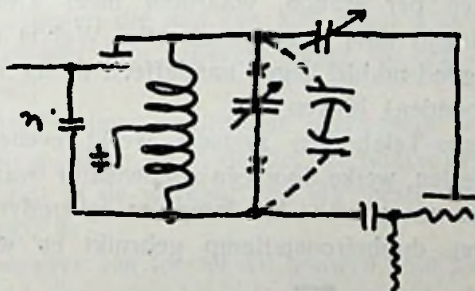
Een poging tot verbetering, welke zeker een groote stap in de goede richting was, is de super-radiola (fig. 2).

Men heeft hier de spanningsgelijkheid sterk benaderd door de verhouding der spoeldeelen 1 : 1 te nemen.

Verder is het overbruggen van de geheele spoel met den condensator een poging om tot fasegelijkheid te komen.

Daar echter het geheel desnoods als een meergefase systeem wil optreden is de gelijkheid der fasen *niet* gebonden, zoodat door magnetische strooiing zoowel fase als grootte der neutrodyniseeringsspanning onjuist zijn kunnen.

Fig 2



De stabiliteit is dus beter, doch zou grooter kunnen zijn.

Merkwaardig is ook, dat hier duidelijk de afkomst van het Hazeltine-schema blijkt. Het rooster der 2e lamp is aan de spoelzijde, *tegenover* de plaat der eerste lamp verbonden.

Uitdrukkelijk hebben we hier dus te doen met een geneutrodyniseerde transformator koppeling — en niet met een evenzoo behandelde smoorspoelkoppeling, waaraan een stuk is aangezet dat voor neutrodyniseering dient.

Het spoeldeel dat aan de plaat der h.f. lamp is verbonden, kan door een condensator met de plaat van de volgende lamp worden verbonden.

Hierdoor kan men genereren inleiden. Maar daarom mag men dit ingenieuze schema niet zóó miskennen door dat spoeldeel eenvoudig „terugkoppelspoel” te noemen.

Een groote waarde van dezen condensator zal dempingsreductie

en genereeren inleiden, een nulwaarde (zeer geringe „nulcapaciteit“) leidt tot mislukte neutrodyne, want de h.f. spoel welke aan de detectorlamp volgt, zal, indien goed geconstrueerd, voldoende reactie aan de daaraangekoppelde plaat geven, om tot genereeren te komen.

Een goed geconstrueerde „Super-Radiola“ heeft dus zooveel nulcapaciteit in den „terugkoppel condensator“ dat hiermede de detector geneutrodyniseerd is.

De zelfbouwer zal ook, vooral bij prima materiaal en zorgvuldige opstelling, meermalen genereeren in den nulstand der terugkoppeling hebben gevonden. Dit geval is hiermede hoop ik opgehelderd.

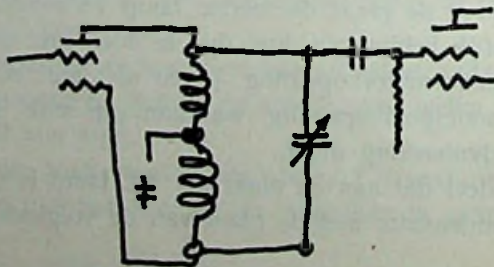
Men kan nu trachten fasegelijkheid te bereiken door dan elk der spoelhelften een eigen condensator te geven en deze twee condensatoren op één as (tandem condensator) te monteeren. Dit leidt niet tot fasegelijkheid, want een bijzondere koppeling der spoelhelften ontstaat hiermede niet.

Bij zeer gering verschil in grootte der spoeldeelen, of bij eenige strooiing ontstaan echter twee of drie, dicht bij elkaar gelegen maximumpunten per station, waardoor meer kwaad dan goed wordt aangebracht door deze constructie. Wel is de tandemcondensator een goed middel tegen handeffect, de as *moet* echter vrij (d.i. niet verbonden) blijven.

Het Koomans-Telefunken systeem werkt eveneens met twee gelijke spoeldeelen, welke door één condensator overbrugd worden.

Inplaats van een gewone h.f. lamp, en neutrodyne condensator, wordt hier een dubbelroosterlamp gebruikt en wordt de voor-

Fig 3



rooster-stuurroostercondensator als neutrodyne condensator gebruikt. De fasegelijkheid is, bij goede lampeigenschappen — zelfde karakteristieke gegevens voor plaat als voor vóórrooster —, nu gewaarborgd, zoodat dit systeem aan te stellen eischen voldoet (fig. 3).

Het aantal mislukkingen en toevalssuccessen bij zelfbouwers is bij deze systemen legio.

De ondervinding dat elke waarde van neutrodyne condensator „bij mij” de zaak op alle manieren slechter maakt, is geen zeldzaamheid.

't Gaat dan ook om enkele centimeters (micro-micro-farad) capaciteit, zoodat deze al heel gauw door een geringe montage-afwijking te overschrijden zijn.

Neutrodyniseering op zichzelf moge belangrijk zijn, wie het beoordeelt nadat hij één of twee proeftoestellen heeft gebouwd, is zéér voorbarig.

Wie gaarne experimenteert kan gerust deze schema's bouwen, doch hij beoordeele ze niet te vroeg, het is b.v. met Super-Radiola lang niet uitgesloten dat eerst de tiende gewijzigde en verbeterde druk een behoorlijk resultaat oplevert. Meestal is het geheel dan, vooral achter de frontplaat, zeer wanordelijk. Een fabricerende firma moet zóóveel experimenteeren, dat een standaardvorm van voldoende netheid en technische vervolmaking wordt gevonden. Daardoor zijn deze toesteltypen weinig geschikt om gebouwd te worden door degenen die niet een zóó groot afzetgebied hebben, dat hierdoor, en niet door prijsverhoging, de experimenteerkosten worden vergoed.

Wanneer niet bij deze neutrodyne ontvangers een goede standaardvorm voor montage tot in de kleinste finesses is gevonden, zal steeds blijken dat in de werking van elk toestel op zich zelf een zeker loterijrisico is.

Wie dus eens even een toestel wil bouwen voor zich zelf, zij gewaarschuwd; de neutrodyne kan zéér interessant, en ook zéér goed worden, maar kan ook tot zéér veel tegenslag aanleiding geven.

Nu zou men op grond van de in 't begin geplaatste opmerking, zeer weinig vertrouwen in h.f. transformatoren gaan stellen.

Toch kunnen deze tot zéér stabiele en soepele ontvangers leiden, mits men géén neutrodyne condensatoren gaat verbinden aan een secundaire, grooter of kleiner dan de primaire.

De transformator geeft bovendien aanleiding tot een grootere spanningsversterking, waartegenover staat, dat men lampen met kleiner g moet toepassen, zoo geeft b.v. de B 406 als *eerste* lamp een zéér goed effect, gevolgd door een transformator waarvan de verhouding 1 : 4 is.

De hoogfrequent transformatoren stellen bepaalde eischen van constructie. Men make ze niet van 0,08 m.M. emaille draad, in 10 lagen op elkaar — dat ziet een ieder in.

Het is echter evenmin noodig te overdrijven aan de andere zijde.

Een „dubbele honingraatspoel” is uitstekend, n.l. de primaire als normale honingraatspoel gemaakt, daarom heen $1\frac{1}{2}$ à 2 m.M. isolatie, gevolgd door de secundaire.

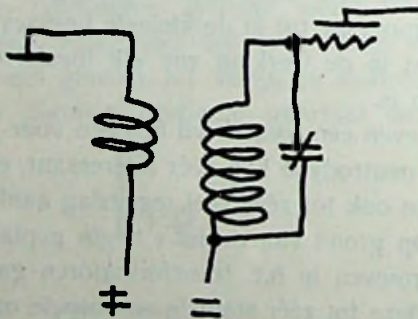
Voor een bepaald golfbereik is de secundaire, welke aan den afstemcondensator wordt verbonden, maatgevend, zoodat iedereen, die eenige ondervinding heeft, wel kan bepalen welke transformator hij voor een bepaald golfbereik noodig heeft.

Men verbindt den allerbinnensten draad aan de anode, de buitenste van de primaire, en de binnenste van de secundaire aan de vereischte batterij polen. Den buitensten draad der secundaire verbindt men aan het rooster der volgende lamp. De verbindingen geschieden dus juist als bij een l.f. transformator gebruikelijk is (fig. 4).

Neutrodyne is hier niet altijd noodzakelijk, om een stabiel toestel te verkrijgen.

De primaire geeft n.l. zóó weinig reactie aan de plaat, dat de genereerneiging niet lastig is.

Fig 4



De terugkoppeling, kort geleden door den heer Corver besproken, n.l. een vaste spoel, welke een regelbaren parallel-weerstand heeft, is mij bij deze schakeling dikwijls zeer goed bevallen. Men dient er echter rekening mede te houden dat deze schakeling ook neiging heeft als dempingsvermeerderig te werken, doordat de terugkoppelspoel, welke inductief met belangrijke trillingsketens is gekoppeld, gesloten is over een weerstand, en dus energie — wattstroom — zal moeten leveren. De waarde van den weerstand, en de grootte van de terugkoppeling, zullen dus beslissen of hier dempingsreductie dan wel dempingsvermeerdering plaats vindt.

In alle geval is een continue volume regeling op deze wijze ook mogelijk, welke de muziekqualiteit niet aantast.

Wél wordt echter de selectiviteit door dergelijke volumeregeling sterk verminderd, en wordt een zeer vlakke afstemming verkregen.

De Raytheon lamp.

Door Drs. M. HELLINGMAN.

1. Inleiding.

In het Augustus nummer van jaargang 1925 van Radio-Nieuws verscheen een artikel van mijn hand over acculaden met gelijkgerichten wisselstroom. Vooral bij eenzijdige gelijkrichting bleek de stroom sterk pulseerend te zijn, zelfs in die mate, dat de stroompieken 4-en meermalen zoo groot kunnen zijn als de gemiddelde stroomsterkte, die door een draaispoelmeter wordt aangewezen en maatgevend is als laadstroom van den accu.

Bij die beschouwingen werd er van uitgegaan, dat de stroompieken niet hooger mogen liggen dan de maximum-toelaatbare laadstroom, dien de fabrikant op den accu aangeeft. Overigens blijven de wiskundige ontwikkelingen even goed doorgaan, als we dit uitgangspunt niet willen aanvaarden. Alleen de eindconclusies zouden dan anders uitvallen. Bedoelde onderstelling, die met 't oog op den levensduur van den accu ongetwijfeld de gunstigste is, brengt met zich het bezwaar van een zeer langen ladingsduur, b.v. 60 à 70 uur. Ik voor mij ben hiervoor nooit teruggeschrokken en heb b.v. m'n anode-accubatterij (Varta, type W) totnogtoe steeds geladen met een eenvoudigen eenzijdigen mechanischen gelijkrichter, direct vanaf het wisselstroomnet (130 V.), met $7\frac{1}{4} = 17\frac{1}{2}$ m.A., en laadde dan 3 dagen achter elkaar door. De accubatterij bleef daarbij in uitstekenden staat.

Weliswaar mag ik daaruit niet concludeeren, dat bij hooger opvoeren van den gemiddelden laadstroom de tegenwoordige toestand der batterij minder reden tot tevredenheid zou geven, maar verschillende gevallen uit mijn naaste omgeving wijzen wel degelijk in die richting. Hoewel ik aan den eenen kant niet met zekerheid kan beweren, dat men den genoemden laadstroom zonder nadeel niet eenigszins zou mogen verhoogen, kan ik mij aan den anderen kant toch niet vereenigen met de bewering, die ik dienaangaande aantref in de brochure „Wat iedere radio-amateur van acculaden behoort te weten”, uitgegeven door de afdeling „Varta” van de Accumulatoren Fabrik Aktien-Gesellschaft.

Uit hetgeen we daarin lezen op blz. 10 volgt, dat men in ons voorbeeld den gemiddelden laadstroom tot 70 m.A. mag opvoeren, zonder de accu te schaden. Dit andere uiterste ¹⁾ komt hierop neer, dat bij een frequentie 50 de toelaatbare laadstroom even groot mag zijn bij laden met vlakken of met sterk pulseerenden gelijkstroom, althans voorzoover het de accu betreft; anders gezegd, dat de toelaatbare laadstroom bij die frequentie onafhankelijk zou zijn van de stroomfiguur van den laad-gelijkstroom, in het bijzonder van de grootte der stroompieken, ook al mochten ze het toelaatbare stroommaximum verre overtreffen. Ik kan niet inzien, dat deze stelling, die bij lagere frequenties in haar uitersten beslist foutief is, bij de frequentie 50 zonder meer als juist mag worden aangevaard. Om zoo'n uiterste te noemen: men kan een *kortsluiting* van een 1 Amp.-accu waarbij deze b.v. gedurende $\frac{1}{2}$ seconde 10 Amp. levert, niet goedmaken, door daarna $4\frac{1}{2}$ seconde den stroom te verbreken, ofschoon de gemiddelde stroom in 5 seconden dan toch 1 Amp. bedraagt, om daarna dit spel te herhalen. Zeker, in dit voorbeeld is de frequentie $\frac{1}{5}$ in plaats 50 en de piekstroom 10-voudig. Maar, wat in dit voorbeeld toch zeker noodlottig voor den accu is, mag men dat ongestraft bij de frequentie 50 toelaatbaar achten? Op z'n minst genomen trek ik dit in twijfel, en zoolang die quaestie niet is uitgemaakt, bewandel ik liever den veiligsten weg, die in mijn voornoemde publicatie stond aangegeven.

Deze eenigszins wijdloopige inleiding diene slechts om er op attent te maken, dat het laden van mijn anode accubatterij met dien sterk pulseerenden gelijkstroom me weinig sympathiek was en ik reeds lang uitzag naar een geschikt apparaat om ze direct vanaf het wisselstroomnet met vlakken gelijkstroom te laden. Ongetwijfeld is dit voor de accu's het best en de ladingsduur wordt dan normaal. Natuurlijk kan men dit doel bereiken, door b.v. tweezijdig gelijk te richten met 2 gelijkrichterlampen (diodes), gevolgd door een filtersysteem, maar zulke lampen voor een output van 70 m.A. zijn kostbaar, mede gelet op den levensduur.

Met veel belangstelling nam ik dan ook kennis van de verschijning van de Amerikaansche „Raytheon” lamp in Holland, die voorbij het filter een output kan leveren van 150 V. bij 60 m.A. (zie No. 33, 1926 van Radio-Expres).

Dit is een kleine lamp, ter grootte van een Philips A 409, die direct voor tweezijdige gelijkrichting is gebouwd en dus de rol der

¹⁾ Een opvoeren van den laadstroom, tot een hittedraadmeter 70 m.A. aanwijst, houdt het midden tusschen beide standpunten.

2 voornoemde gelijkrichterlampen in zich vereenigt. Daarbij heeft de lamp geen gloeidraad, die kan doorbranden of zijn emissie kan verliezen; de werking der lamp berust op de glimontlading in een edelgas, zooals mij bij onderzoek bleek. Zonder alle voordeelen dezer lamp, die als een keurig product van modernen wetenschappelijken arbeid mag worden beschouwd, op deze plaats reeds op te sommen, wijs ik even op den levensduur. De fabrikant spreekt van de „long life rectifying tube” en in „Popular Radio” vond ik een experiment vermeld, waarbij de lamp na een volle belasting gedurende zegge 10.000 uur achtereen nog even goed functioneerde als in het begin. Inderdaad zal de levensduur zeer groot kunnen zijn; we zullen nader zien, dat binnen de toelaatbare belastinggrenzen alleen de verstuiving hier op den langen duur een grens kan stellen.

Met het doel een onderzoek in te stellen naar de werking en eigenschappen dezer lamp en in het bijzonder om de bruikbaarheid er van voor het laden eener anode-accubatterij na te gaan, wendde ik mij tot den importeur, A. A. Posthumus te Baarn, die mij daartoe welwillend een exemplaar ter beschikking stelde. Ten einde verder degenen, die praktisch gebruik van de resultaten van dit onderzoek wenschen te maken, in staat te stellen gemakkelijk een geheel analoog apparaat op te bouwen als het onderzochte, heb ik gemeend het best Ferrix onderdeelen toe te passen, temeer daar de Ferrix fabrieken een transformator speciaal voor de Raytheon lamp hebben geconstrueerd. Hier stond de importeur, firma Van Seters te Den Haag, mij welwillend ter zijde.

Over dit onderzoek, waarvan de resultaten zeer bevredigend zijn, zal ik nu in het volgende eenige mededeelingen doen. Daartoe zullen we eerst een korte uiteenzetting geven over de moderne inzichten in de verschijnselen, die zich afspelen bij een gasontlading, speciaal de glimlicht-ontlading, om daaruit de gelijkrichterwerking der lamp te verklaren, onder bijvoeging der betreffende metingen. Daarna zal een beschrijving volgen van een eenvoudige methode, waarmee het me — zonder gebruik te maken van een oscillograaf — gelukte den rimpel in den stroom te meten. Deze methode stelt ons in staat zelfs nog een rimpel van 0,1 à 0,2 % te meten, een grens, die men oscillografisch niet zoo gemakkelijk zal overschrijden. Volgens deze methode werd de rimpel bepaald in achtereenvolgende ontwikkelingstoestanden van het filtersysteem, zoodat men het effect van het aanbrengen van een afvlakcondensator van verschillende grootte, van een smoorspoel, enz. op de pulsaties duidelijk in getallen ziet uitgedrukt, veel beter dan met

behulp van den vormfactor van den stroom. Deze metingen zijn verricht bij belasting zoowel op een Ohmschen weerstand als op een te laden accubatterij, waaruit de invloed van de tegen-E. M. K. der batterij aan het licht komt. In het eindresultaat uit die invloed zich uitsluitend in een kleine vergrooting van den rimpel. Met behulp van 1 of 2 geschikte zeven wordt de rimpel zoo klein, dat men den laadstroom bij benadering als geheel vlak kan beschouwen, zoodat men met dit apparaat volkomen veilig een 120 V. accubatterij van 70 m.A. toelaatbaren laadstroom met de volle 60 m.A. mag laden, bij een ladingsduur van 12 tot 15 uur. Men kan zelfs gedurende dit laden, zonder eenigen last van bromtoon te onder vinden, de anodeaccubatterij voor radio-ontvangst blijven gebruiken. Het Raytheon apparaat is dan ook als een uitstekend middel te beschouwen voor het laden der anode-accubatterij. Daarnaast is het natuurlijk direct bruikbaar als plaatstroom-apparaat, vooral voor krachtversterking, en bij uitstek geschikt als plaatvoeding voor een 5 tot 10 Watt-zender. Ook kan men het met succes gebruiken voor algeheele voeding van een radio-ontvanger, waarbij het ons gloeistroom, plaatstroom en roosterspanning tegelijk levert; zoowel op de lange als de korte golf levert het ons dan bromvrije luidsprekersterkte.

II. *Iets over electriciteits-geleiding in gassen en de werking der Raytheon lamp.*

We weten allen, dat de mechanische deelbaarheid van een stof niet onbeperkt doorgaat, maar tot een grens voert, tot kleine deeltjes, die we moleculen noemen. Deze trekken elkaar onderling aan; daaraan heeft een vaste stof haar samenhang te danken. Bij een vloeistof is dit verband reeds wat lossier geworden, terwijl bij een verdund gas de moleculen zoo goed als geheel vrij van elkaar zijn; door den grooteren onderlingen afstand der deeltjes speelt de onderlinge aantrekking weinig of geen rol meer.

Verder verkeerden de moleculen in eeuwigdurende beweging, de z.g. warmtebeweging. De snelheden dezer bewegende deeltjes zijn zeer uiteenlopend ten gevolge der voortdurende onderlinge botsingen. Op ieder willekeurig tijdstip komen in een gas moleculaire snelheden voor vanaf zeer kleine tot zeer groote, maar een zekere gemiddelde snelheid komt het meest voor, welke des te grooter is, naarmate de temperatuur hooger is ¹⁾. Maxwell heeft die snelheids-

¹⁾ De gemiddelde snelheid bedraagt b.v. voor waterstofmoleculen bij 0° C. en 1 atmosfeer gasdruk 1840 M. per sec. Ze is voor het $16 \times$ zoo zware zuurstofmolecuul $\sqrt{16} = 4 \times$ zoo klein, en verder recht evenredig met den wortel uit de absolute temperatuur.

verdeling in een gas zelfs met behulp van waarschijnlijkheidsrekening wiskundig vastgelegd.

Ten gevolge van die botsingen zal ook de snelheid van een bepaald deeltje, dat we op zijn uiterst ingewikkelden zigzag-weg in gedachten volgen, voortdurend van grootte veranderen en zich nu eens zeer langzaam, dan weer zeer snel bewegen. De afstand, die een gasmolecuul tusschen 2 opeenvolgende botsingen vrij doorloopt, zal nu eens wat kleiner, dan weer wat grooter uitvallen; het gemiddede daarvan noemt men de *vrije weglengte*. Deze zal blijkbaar grooter zijn, naarmate het aantal gasmoleculen in een gegeven ruimte kleiner is, waardoor de botsingskans immers afneemt. Gelijktijdig neemt ook het aantal botsingen tegen den wand van het vat, dus de druk van het gas af, zoodat de vrije weglengte dan ook omgekeerd evenredig is met den gasdruk. In een verdund gas van 1 m.M. kwikdruk bedraagt ze b.v. ongeveer 0,1 m.M., is dus zeer klein, daarbij nog des te kleiner, naarmate het gasmolecuul grooter is, want dit verhoogt de botsingskans. Oorzaak is, dat 't aantal gasmoleculen dan nog zoo geweldig groot is en wel bij 1 m.M. kwikdruk ongeveer 3×16^{16} , dus dertigduizend biljoen! 't Aantal botsingen van een bepaald deeltje is dan nog van de orde van 10 millioen per seconde! We merken nog op, dat geen enkele bewegingsrichting bevoorrecht is; een bepaald molecuul wordt door de omringende moleculen voortdurend heen en weer geworpen, dan in deze, dan in gene richting en hoewel de snelheid van het deeltje groot kan zijn, schiet het gemiddeld toch niets op.

De ontwikkeling der scheikunde heeft ons tot het inzicht gebracht, dat de meeste moleculen weer gesplitst kunnen worden in nog kleinere deeltjes, de atomen. Ze leerde ons verschillende stoffen, dus ook molecuulsoorten, ontleden in grondstoffen of elementen, waarvan er nu 89 bekend zijn, terwijl er nog 3 bij verwacht worden, die totnogtoe niet gevonden zijn; totaal 92. Daartegenover is het aantal molecuulsoorten, d.i. evenwichtscombinaties van 2 of meer gelijke of verschillende atomen, geweldig groot.

Ook de atomen in een molecuul verkeerden weer in beweging, dat is, ze kunnen t.o.v. elkaar trillingen uitvoeren onder invloed hunner onderlinge aantrekkingskrachten. Mede in verband met de meer of minder snelle draaiing, waarin het molecuul in zijn geheel verkeert, waardoor de atoomafstanden zich iets kunnen wijzigen, kan een molecuul van gegeven scheikundige samenstelling nog weer in verschillende inwendige evenwichtstoestanden voorkomen,

welker aantal des te grooter is, naar gelang het molecuul meer atomen bevat. Deze toestanden verschillen onderling in de grootte van de inwendige energie, die het molecuul bezit. Zoo kan een molecuul dus in verschillende energie-trappen voorkomen, die niet vloeiend, maar met kleine sprongetjes in elkaar overgaan. Deze overgangen kunnen veroorzaakt worden door de onderlinge botsingen. In tegenstelling met gewone elastische botsing, zooals we die uit de mechanica kennen, b.v. van 2 knikkers, spreekt men dan wel van *onelastische botsingen*. Daaronder verstaat men dus een botsing, waarbij een deel der botsings-energie in het inwendige van het molecuul wordt opgenomen, waardoor het tot een hoogerenergietrapp wordt opgevoerd. Ook door absorptie van aethertrillingen (met golflengte in de buurt der lichttrillingen) kan het molecuul in een hoogerenergietrapp overgaan, terwijl omgekeerd bij terugvallen op een lageren trap energie in den vorm van aethertrillingen wordt uitgestraald. Een en ander maakt het gedrag van een meeratomig gas zeer ingewikkeld, hetgeen zich b.v. uit in een zeer gecompliceerd spectrum.

De toestand wordt dan ook verreweg het eenvoudigst, als we te doen hebben met 1-atomige gassen, die dus slechts 1 atoom per molecuul bezitten. Daartoe behooren de *edelgassen* en ook metaaldampen. De meest bekende edelgassen zijn: helium, neon en argon. Ze komen tot zeer geringe percentages in de lucht voor en kunnen daaruit door gefractioneerde distillatie van vloeibare lucht worden afgezonderd. 't Is echter geweldig lastig ze heel zuiver te krijgen en ze onderling te scheiden. In ons land wordt dit op de Philips' laboratoria met groote zorg uitgevoerd. Den naam *edelgassen* danken ze aan hun eigenschap, dat ze niet in staat zijn zich met eenige andere atoomsoort chemisch te verbinden. Afgezien van andere eigenschappen, maakt deze eigenschap ze geschikt als gasvulling in gloeilampen, zooals b.v. de Philips' Arga-lampen, waarin het gas, hier argon, den sterk verhitte wolframdraad niet mag aantasten. Ook in de laagvacuum-ontvanglampen wordt een argonvulling van zeer lagen druk aangebracht. Als gevolg van andere eigenschappen dezer gassen, die we nog nader zullen bespreken, worden ze ook toegepast in glimlampen (glim-ontlading), de wolframbooglamp (boogontlading), de gelijkrichterlamp in den Philips-gelijkrichter voor het laden der gloeistroomaccu's (laagspanningsboog), en ook in onze Raytheonlamp (glimontlading).

Van de moleculen kwamen we tot de atomen. Waarin schuilt ten slotte het verschil tusschen de 92 atoomsoorten? Wederom

in haar inwendigen bouw. We stellen ons een atoom voor als een uiterst kleine positief geladen kern, onder welke aantrekkingskrachten zich er om heen bewegen een aantal negatief geladen electronen; analoog aan den bouw van een zonnestelsel, een zon met haar planeten, maar dan in het welhaast oneindig kleine. In normalen toestand is het atoom electricch neutraal, d.w.z. de kern bevat evenveel positieve lading als de electronen tezamen negatieve. De atomen onderling verschillen nu in het *aantal electronen*, dat om de kern wentelt, waarmee de kernlading gelijken tred houdt. Naar dit aantal electronen nummert men ze van 1 tot 92.

't Kleinste van alle is het waterstofatoom met slechts 1 electroon, dus atoomnummer 1, het grootste het uranium-atoom met 92 electronen rondom de kern, dus atoomnummer 92. Dezelfde nummering is uitvoerbaar, als men let op het aantal ladings-eenheden der positieve kern, die van waterstof op 1 stellende. Dit is theoretisch ook beter. Weliswaar komt het voor de normale, gave atomen op hetzelfde neer, maar het aantal electronen van een atoom kan zich wel eens wijzigen, zooals we direct zullen zien, terwijl de positieve kern daarbij altijd dezelfde blijft en dus den besten grondslag voor de nummering vormt. Het is n.l. tot nog toe nooit met zekerheid gelukt die positieve kern stuk te breken en zoo de eene atoomsoort in een of meer andere over te voeren. De mogelijkheid daartoe ligt intusschen open, en het aloude probleem der alchemisten om goud te maken is daarmee in een nieuw licht komen te staan; voorloopig echter is er nog geen reden zich illusies te maken. Wel is bekend, dat een enkel radio actief element, b.v. het radium-atoom zoo welwillend is het uit zichzelf te doen, waarbij het onder afsplitsing van positief geladen helium-atomen (α stralen), en vrije negatieve electronen (β stralen), gaandeweg vervalt tot het loodatoom als eindtoestand.

Ook het atoomgewicht neemt bij stijgend atoomnummer toe, maar niet in dezelfde reden. Voor waterstof bedraagt het b.v. 1,008, voor uranium 238,2, om alleen de uitersten te noemen.

Onder de 92 atoomsoorten spelen de atomen der edelgassen een zeer bijzondere rol. Men kan n.l. de electronen, die zich om de positieve kern bewegen, in groepen indeelen. 't Dichtst bij de kern bevindt zich een groep van 2 electronen. Bij het waterstofatoom met atoomnummer 1 is deze groep onvolledig; ze is echter compleet in het heliumatoom met atoomnummer 2. Ook in de hooger genummerde atomen komt ze volledig voor, maar dan komen er aan den buitenkant weer nieuwe electronen bij. Deze vormen een nieuwe, tweede groep, verder van de kern af, die compleet uit

8 electronen bestaat. Voor 't eerst is deze 2e groep compleet in het neon atoom, dat dus totaal $2 + 8 = 10$ electronen bezit met een 10-voudige positieve kern, atoomnummer 10. Daaromheen vormt zich bij de nog hooger genummerde atomen een 3e groep van electronen, die weer compleet 8 electronen telt en voor het eerst volledig is in 't argonatoom met totaal $10 + 8 = 18$ electronen, atoomnummer 18. Bij de nog hoogere atoomnummers vormt zich niet alleen naar buiten toe een volgende groep, die wederom compleet 8 electronen bezit, maar onderwijl breiden de binnenste groepen zich ook uit. Zoodra de nieuwe buitenste groep van 8 dan ook compleet is, is het totale electronenaantal niet tot $18 + 8 = 26$, maar tot 36 aangegroeid en hebben we wederom een edelgas-atoom verkregen, n.l. krypton met atoomnummer 36; enz. Alle edelgasatomen bezitten derhalve de gemeenschappelijke eigenschap, dat hun buitenste electronengroep compleet, als het ware verzadigd, is en deze bestaat dan, behalve bij helium, steeds uit 8 electronen. Bij alle andere atoomsoorten is die buitenste groep onvolledig.

In velerlei opzichten wordt het gedrag van een atoom beheerscht door de bezetting van de buitenste electronengroep. Is deze onvolledig, dan heeft het atoom altijd de neiging zooveel electronen op te nemen of af te staan, tot de buitenste groep wel compleet is; het heeft dus de neiging over te gaan in een toestand, waarin het electronenstelsel rondom de kern gelijk wordt aan dat van een edelgas-atoom. Mocht het atoom op eenigerlei wijze de kans krijgen, dan verliest het daardoor natuurlijk z'n elektrische neutraliteit, want de positieve kern neemt aan die veranderingen geen deel. Neemt het atoom dus 1 of meer electronen op om z'n buitenste electronengroep volledig te maken, dan wordt het daardoor enkel- of meervoudig negatief geladen. Staat het omgekeerd 1 of meer electronen af om aldus te vervallen tot het electronenstelsel van het edelgas-atoom, dat in atoomnummer voorafgaat, dan wordt het daardoor enkel- of meervoudig positief geladen, want de positieve kernlading overheerscht dan.

Zoo'n electrisch geladen atoom noemt men een *ion* en men spreekt dan resp. van een negatief- en positief ion. Het aantal electronen, dat het atoom daarbij heeft opgenomen of afgestaan, noemt men de *valentie* of *waardigheid* van het atoom, ook van het ion. Dit oorspronkelijk uit de Scheikunde afkomstige valentie-begrip, dat vroeger in de chemie een min of meer geheimzinnige rol speelde, komt aldus in een nieuw licht te staan. Zoo ook het begrip *scheikundige verbinding*, dus het zich verbinden van verschillende atoom-

soorten tot een molecuul. Beschouwen we als voorbeeld het keukenzoutmolecuul, een verbinding van 1 atoom natrium en 1 atoom Chloor (Na Cl), zooals de scheikunde leert. Het natrium-atoom heeft het atoomnummer 11, dus 1 meer dan het voorafgaande edelgas-atoom neon; daarom is het natriumatoom sterk geneigd dit electron af te staan en zoo over te gaan in het eenwaardig positieve natrium-ion. Het natriumatoom wordt daarom elektro-positief genoemd. Het chlooratoom daarentegen heeft het atoomnummer 17, dus 1 minder dan het daarop volgende edelgas-atoom argon, en heeft daarom sterke neiging er één electron bij op te nemen om aldus de buitenste electronengroep volledig te maken. Het atoom gaat dan over in het eenwaardig negatieve chloor-ion en wordt daarom elektro-negatief genoemd. Welnu, in een keukenzoutmolecuul zullen beide atomen onderling juist aan elkaar's wenschen kunnen voldoen, wanneer het natrium-atoom een electron afstaat aan het chlooratoom. Zoo komen ze dan ook als twee ionen in het molecuul voor, die door hun verschillend ladingsteeken elkaar electrisch aantrekken, aldus vormend een chemische verbinding.

Bij de edelgas-atomen is de buitenste electronengroep reeds compleet, vandaar dat bij deze van een neiging om door het afstaan of opnemen van een of meer electronen die groep volledig te maken geen sprake is. We kunnen ze daarom electroneutraal noemen en dit is ook de reden, waarom ze zich niet met andere atomen tot moleculen kunnen verbinden. Zoo is het ons nu duidelijk, waarom de edelgassen één-atomig zijn, en waarom ze zoo edel zijn, d.i. geen chemische bindingsneiging tot andere atoomsoorten bezitten. We zullen aanstonds inzien, dat ook de electriciteitsgeleiding van een gas in verband met de gegeven beschouwingen het eenvoudigst verloopt in een edelgas, wat we te meer op prijs stellen, omdat het zelfs in dat geval nog ingewikkeld genoeg is.

De electriciteitsgeleiding van een gas berust op het *ionisatie*-verschijnsel, waaronder men verstaat de splitsing van een gaaf atoom in een positief ion en een vrij electron. Daar de electronen van de buitenste groep het minst sterk door de positieve kern worden aangetrokken, zal zoo'n electron aan den buitenkant het gemakkelijkst uit het atoomverband kunnen worden losgemaakt en dus in vrijheid gesteld. Natuurlijk is daarvoor arbeid noodig, om de kernaantrekking te overwinnen, en we kennen verschillende middelen om deze aan het electron mee te deelen. De ionisatie kan b.v. veroorzaakt worden door sterke verhitting van het gas. Niet

alleen de gemiddelde snelheid der gasmoleculen neemt daarbij toe, zooals we reeds bespraken, maar ook de snelheden in het inwendige van het molecuul, dus ook de omwenteling. Snelheden van de electronen in het atoom om de kern. Bij voldoende groote snelheid zal de centrifugale kracht $\left(\frac{m V^2}{R}\right)$ de electriche kernaantrekking overwinnen, en wel het eerst voor een electron aan den buitenkant, zoodat dit uit het atoom wordt weggeslingerd (de electriche band breekt). De heftige botsingen der deeltjes onderling kunnen hierbij een handje helpen.

Omgekeerd zullen ook een positief gasion en een vrij electron, als ze in elkaars nabijheid komen, door hun ongelijknamige ladingsteekens, dus electriche aantrekking, zich weer tot een gaaf atoom kunnen vereenigen. Is het gas electronegatief, zooals b.v. chloorgas, dan bestaat tevens nog de mogelijkheid, dat zoo'n vrij electron door een neutraal gas-atoom wordt opgenomen onder vorming van een negatief gasion. Deze laatste mogelijkheid kan zich intusschen bij een edelgas, omdat dit electroneutraal is, niet voordoen (evenmin bij de electropositieve metaaldampen). Dit brengt voor het gedrag van een edelgas de vereenvoudiging met zich, dat *negatieve gasionen hier niet kunnen voorkomen*, dus alleen gave atomen eenerzijds naast positieve gasionen en vrije electronen anderzijds.

Sterk verhitte gassen treffen we aan in vlammen en de daaruit opstijgende verbrandingsgassen. De witgloeiende koolstofdeeltjes in een kaarsvlam b.v., waaraan de vlam haar lichtgevend vermogen dankt, zijn ten deele positief geladen, positieve ionen, waarnaast vrije electronen voorkomen. De negatieve pool van een electriseermachine (van Wimshurst b.v.) blijkt dan ook de kaarsvlam aan te trekken en zich daarbij te bedekken met roetzwart, terwijl de positieve pool de vlam afstoot en blank blijft. Houdt men een brandenden lucifer boven een geladen electroscoop, dan ontlaaft deze zich snel, doordat hij de ongelijknamige gasionen uit de opstijgende verbrandingsgassen langs bogen tot zich trekt. Zoo zijn ook de rookgassen van een treinlocomotief geïoniseerd en kunnen, als ze langs een niet geaarde antenne strijken, deze tot een flinke spanning opladen, zoodat bij goede antenne-isolatie vonken van enkele centimeters op aarde kunnen overslaan.

Bij dalende gastemperatuur neemt de ionisatie af. Toch komen zelfs in gewone buitenlucht altijd nog wel enkele ionen voor, welker aantal van bijkomstige omstandigheden afhangt. Ze hebben ten gevolge, dat zelfontlading optreedt van een geladen lichaam aan de

lucht; de ongelijknamige worden aangetrokken en ontladen het lichaam, terwijl de gelijknamige worden afgestooten.

Ook aethertrillingen kunnen ionisatie van een gas ten gevolge hebben. De aethertrilling wordt dan ten deele door het atoom geabsorbeerd en kan aan een electron aan den buitenkant voldoende energie leveren om zich van het atoom los te rukken. Dit verschijnsel treffen we aan bij aethertrillingen van zeer korte golflengte, van de orde van 0,001 m.M., 0,000.001 m.M. en kleiner, dat is bij lichtstralen en Röntgenstralen. Een bundel X stralen b.v. ioniseert de buitenlucht, zoodat een geladen electroscoop op enkele meters afstand van de Röntgenbuis zich aan de geïoniseerde lucht snel ontlaaft. Bekend is ook de ionisatie van hoogere luchtlagen in de atmosfeer door de ultraviolette stralen van het zonlicht. Daar de ultraviolette stralen daarbij gaandeweg geabsorbeerd worden, dus aan intensiteit verliezen, zal die ionisatie naar het aardoppervlak toe geleidelijk afnemen. Een geladen electroscoop ontlaaft zich boven op een hoogen berg dan ook sneller aan de lucht dan beneden in het dal. Ook spelen deze min of meer geleidende luchtlagen onder den naam van *Heaviside laag* een zeer belangrijke rol bij de voortplanting van radiogolven, doordat hierin terugkaatsing en brekingsverschijnselen optreden. Die geïoniseerde luchtlaag is ook bij nacht aanwezig, maar dan ligt ze hooger en is scherper afgeteekend. In plaats van de zonnestraling is er dan een andere oorzaak voor de ionisatie aan te wijzen, n.l. vrije electronenstralingen, die door het sterk verhitte zonnelichaam worden uitgezonden (temperatuur van de zon aan den buitenkant 6000° C., binnenin wellicht millioenen graden). In de buurt der aarde komen ze onder de zwaartekrachtwerking, waardoor hun baan zich buigt en de atmosfeer binnendringt aan die zijde van de aarde, die van de zon is afgericht, dus in het donkere deel, zooals uit berekeningen gebleken is. Ze botsen daar met reusachtige snelheid tegen de lucht-moleculen en stooten ze stuk, d.w.z. ioniseeren de lucht; men noemt dit *stootionisatie*. Daardoor wordt hun arbeidsvermogen echter snel uitgeput, zoodat zich hoog in de atmosfeer een betrekkelijk dunne, maar dan ook zeer sterk geïoniseerde luchtlaag vormt, die dus ook sterker uitgesproken eigenschappen zal bezitten. Die hoogere ligging van de Heaviside laag bij nacht brengt met zich, dat een bundel aethergolven, in opgaande richting door een zender uitgezonden, na terugkaatsing tegen die laag, bij nacht de aarde op grooteren afstand van den zender zal treffen dan overdag. Zoo was bij een mijner zendproeven op 40 M. golflengte *overdag* het signaal op 500 K.M. afstand krachtig neembaar. *Dienzelfden avond*

echter was het daar absoluut onhoorbaar, terwijl het toen op 1000 K.M. afstand zelfs op binnenhuis-antenne krachtig doorkwam.

We vermelden slechts even, dat ook het ontstaan van onweerswolken met de lucht-ionisatie door de zonnestraling samenhangt (condensatie van waterdamp op ionen).

Denken we ons nu 2 evenwijdige metaalplaten, waarvan de linkerplaat A is verbonden aan de positieve pool van een accubatterij, de rechterplaat B aan de negatieve pool. Is nu tusschen beide platen een geïoniseerd gas aanwezig, dan bewegen de positieve ionen zich naar rechts, want ze worden door A afgestooten, door B aangetrokken; de negatieve gasionen en vrije electronen bewegen zich in tegengestelde richting. Op de platen aangekomen, worden ze geneutraliseerd, terwijl de accubatterij de verbruikte lading weer aanvult. Aldus vloeit er een oogenblik een stroom door de gesloten keten, waarbij door het gas heen de ionen en electronen als overdragers der lading dienst doen.

Zoodra de ionen echter verbruikt zijn, alle zijn geneutraliseerd, is daarmee ook de stroom nul geworden. Om een *blijvenden* stroom door de keten te verkrijgen, moeten er gelijktijdig voortdurend nieuwe gasdeeltjes geïoniseerd worden om het dreigende tekort aan ionen weer aan te vullen. Daartoe moet dus een der voornoemde ionisatie-middelen aanwezig en werkzaam zijn, b.v. de genoemde stootionisatie, waarbij een vrij electron met groote snelheid tegen een gasmolecuul botst en het ioniseert. De vraag is slechts: kan het vrije electron de daartoe noodige snelheid krijgen.

De gewone warmtebeweging der kleinste deeltjes van het koude gas met de daarbij optredende botsingen leidt tot geen noemenswaardige ionisatie: de gemiddelde snelheden zijn daartoe te klein. Voor de ionen en vrije electronen wordt nu echter aan die warmtebeweging toegevoegd een gerichte beweging onder invloed van het electriche veld tusschen de platen A en B. Beschouw een bepaald vrij electron. Het beschrijft ingewikkelde zigzagwegen, wordt heen en weer geworpen van het eene molecuul tegen het andere, maar door de werking van het electriche veld wordt het onderwijl voortdurend naar links gedreven, zoodat de snelheid in die richting toeneemt. De grootte van die snelheidstoename zal in de eerste plaats afhangen van de sterkte van het electriche veld, dus van de electriche kracht, waarmee het electron naar links wordt gedreven. Maar bij gegeven electriche veld hangt er ook veel van af, wat er alzoo bij een botsing gebeuren kan.

Allereerst, als het tegen een positief ion botst, kan het in het

atoomverband van dat ion worden opgenomen, waardoor het ion geneutraliseerd wordt en het electron zijn vrijheid kwijt is.

Botst het tegen een neutraal gasmolecuul, dan bestaat in de eerste plaats de kans, dat het aan een electronegatief atoom blijft kleven, aldus vormend een negatief gasion, en ten tweede, dat het bij de botsing een deel van z'n energie aan het molecuul overdraagt, waardoor het laatste tot een hooger en energietrap wordt opgevoerd (zie terug) en het electron aan snelheid verliest, zoodat de ionisatiekans afneemt. Daar deze laatste twee mogelijkheden zich niet kunnen voordoen bij de éénatomige edelgassen, wordt het mechanisme der electriciteitsgeleiding daar aanmerkelijk vereenvoudigd en zullen we ons in het vervolg tot deze beperken.

Er zijn echter nog meer botsingsmogelijkheden. Ook een atoom, op zichzelf beschouwd, kan nog in verschillende energietrappen voorkomen, die een overgang vormen van den normalen atoomtoestand (met kleinste atoom-energie) tot den geïoniseerden toestand. Door botsing van een vrij electron tegen een atoom kan n.l. een der electronen uit de buitenste groep in het atoom door den schok overspringen op een meer naar buiten gelegen, wijdere baan. Daarbij moet de aantrekking van de positieve kern overwonnen worden, en de daarvoor noodige energie wordt door 't botsende vrije electron geleverd. 't Laatste raakt daardoor zijn snelheid ten deele kwijt, terwijl het atoom nu meer energie bezit, op een hooger en energietrap is gekomen. Naarmate de botsing heftiger aankomt, wordt het atoom op een hooger en energietrap gebracht. Het uiterste geval is, dat het botsende vrije electron voldoende snelheid heeft, het bedoelde buitenste electron geheel uit het atoomverband te stooten; dan is het atoom geïoniseerd, gesplitst in een positief ion en een vrij electron, welke toestand dus als hoogste energietrap van het atoom is te beschouwen.

De toestand in het edelgas wordt nu dus als volgt: aanvankelijk heeft het vrije electron kleine snelheden. Het botst van het eene op het andere atoom, maar al die botsingen verlopen elastisch, als gewone mechanische botsingen; anders gezegd, de botsing is niet intens genoeg om den inwendigen atoomtoestand te wijzigen. Bij die elastische botsingen behoudt het vrije electron vrijwel al z'n energie, omdat z'n massa zoo klein is in verhouding tot die van het atoom. De massa van een electron is n.l. zelfs nog 1850-maal zoo klein als die van het lichtste atoom, dat er bestaat 't waterstofatoom. De bewegingstoestand van het groote atoom in z'n geheel zal door de botsing met dat uiterst kleine electron niet noemenswaardig gewijzigd worden (vergelijk een kleinen knikker, die botst

tegen een grooten biljartbal), m.a.w. het vrije electron verliest bij een elastische botsing practisch geen energie. Zoolang de botsingen elastisch blijven, zal de gemiddelde beweging van het vrije electron in de richting van het electriche veld dus onafhankelijk zijn van de ingewikkelde baan, die het electron volgt en van het aantal botsingen. De electriche veldsterkte drijft het electron voort in de veldrichting met dezelfde vermelde beweging, die het ook in het luchtledige zou uitvoeren. Zoo neemt de snelheid van het electron snel toe, tot het voldoende arbeidsvermogen van beweging heeft verkregen om een atoom bij botsing tot een hoogerem energietrap op te voeren z.g. *aan te slaan*, eventueel zelfs te ioniseeren; dan spreekt men van een *onelastische* botsing. Het electron is dan z'n energie grootendeels kwijt, wordt door het veld wederom op snelheid gebracht onder het uitvoeren van een reeks elastische botsingen, enz.

In andere dan de edelgassen daarentegen, vooral in de meer-

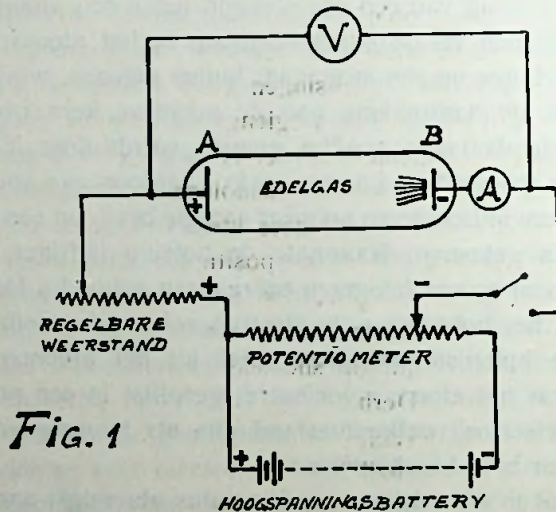


Fig. 1

atomige electronegatieve gassen, zullen elastische botsingen veel minder voorkomen; daar heeft bij veel kleinete snelheid het vrije electron reeds voldoende energie om bij botsing het atoomstelsel in het molecuul tot een iets hoogerem energietrap op te voeren (zie terug) of zelfs geheel in het atoomverband te worden opgenomen. Bijna alle botsingen worden daar onelastisch, waardoor het electron voortdurend zijn aan de drijfkracht van het veld te danken snelheid kwijt raakt. Bij gelijke electriche veldsterkte zullen de electronen-snelheden dan veel kleiner blijven dan in een edelgas.. Om ze toch tot de voor ionisatie vereischte snelheden aan te drijven, zal men dan veel hogere electriche spanningen tusschen de platen A en B

moeten aanwenden, zoo hoog, dat de electronen reeds op één of een enkele vrije weglengte voldoende snelheid verkrijgen. Het spanningsverschil tusschen de platen, noodig om de ionisatie, dus de electriciteitsgeleiding in het gas tusschen de platen op gang te brengen en te onderhouden, zal daarom voor een edelgas veel kleiner zijn dan voor eenig ander gas (lage doorslag spanning en electroden spanning).

Behalve de vrije electronen, die zich onder invloed van het elektrische veld naar links bewegen, moeten we nog even beschouwen de positieve ionen. Deze worden door het veld naar rechts gedreven, van A naar B. Zullen zij ook door botsing met gase atomen of moleculen deze kunnen ioniseeren?

Gewoonlijk niet. Allereerst zijn de snelheden der warmtebeweging, waaraan de positieve ionen deelnemen, gemiddeld te klein om bij botsing tot ionisatie te leiden, althans bij niet al te hooge temperaturen. Daarbij komt nu weer de snelheidstoename in de veldrichting. Nu is echter zoo'n positief ion van veel grooteren omvang dan een vrij electron, waaruit direct volgt, dat de vrije weglengte tusschen 2 opeenvolgende botsingen kleiner zal zijn. De toename in bewegingsenergie per vrije weglengte ten gevolge der veldwerking wordt daardoor kleiner. Verder is de massa van het positieve ion van gelijke orde als van een gasmolecuul, terwijl de massa van een vrij electron in verhouding zeer klein was. Daarom zal bij de nu volgende elastische botsing het positief ion volgens de botsingswetten een belangrijk energieverlies lijden, hetwelk vroeger bij het vrije electron te verwaarloozen klein was. Gevolg is, dat de positieve ionen niet voldoende op snelheid komen om het gasmolecuul te kunnen ioniseeren. Derhalve zullen *de botsingen der positieve ionen tegen de gasmoleculen geen rol spelen bij de electriciteitsgeleiding in het gas*, tenzij het gas zoo verdund is, dus de vrije weglengte zoo groot, en daarbij de elektrische spanning tusschen A en B zoo hoog is, dat het positieve ion reeds op één vrije weglengte tot voldoende snelheid wordt aangedreven om bij de volgende botsing het gasmolecuul te ioniseeren, zooals we dit aantreffen bij de kanaalstralen. Afgezien van dit uiterste geval, is als resultaat de ionisatie bij de ontlading in een edelgas dus uitsluitend te danken aan de groote snelheden, die de vrije electronen kunnen verkrijgen.

We hebben vroeger vermeld, dat de ionisatie van een atoom, meer in 't algemeen het opvoeren van het atoom tot een hooger energietrap met als hoogsten de ionisatie, ook bewerkstelligd kan worden door absorptie van aethertrillingen van zeer kleine golf-

lengte. Ook het omgekeerde is waar. Wanneer het buitenste electron, dat bij het aanslaan van het atoom op een wijdere baan is gekomen, weer op een nauwere baan terugvalt, vervalt het atoom daarmee tot een lageren energietrap en de daarbij vrijgekomen energie wordt uitgestraald als aethertrillingen, gaat dus over in straling. De frequentie der opgewekte aethertrilling is daarbij recht evenredig met het energieverval tusschen beide energietrappen en kan daaruit op eenvoudige wijze berekend worden. De verschillende combinaties van een hooger en een lageren energietrap beheerschen aldus het stelsel aethertrillingen, dat het gas kan opwekken en uitstralen, en tezamen bouwen ze op het spectrum, dat karakteristiek is voor het gas. Voorzover ze binnen het voor ons oog waarneembare frequentiegebied vallen, bouwen ze tezamen de mengkleur op van het licht (bij de Raytheon lamp het glimlicht), dat we bij de gasontlading waarnemen.

We zullen nu nagaan, hoe het ontladingsverschijnsel en meer in het bijzonder het spanningsverschil tusschen de electroden in de ontladingsbuis verandert bij toenemende stroomsterkte. We denken ons weer de evenwijdige plaalectroden A en B in een buisje, gevuld met een edelgas met een spanning van enkele m.M. kwikdruk (zie fig. 1). Hoe groot is, om te beginnen, de minimum stroomsterkte, die juist in staat zal zijn de ontlading, als ze eenmaal aanwezig is, te onderhouden? Beschouw een vrij electron, lading e , bij plaat B en door het electricch veld naar A gedreven. Heeft het in de veldrichting een spanningsverschil V doorloopen, dan heeft het een arbeidsvermogen van beweging gekregen, gelijk aan de er op verrichte electriche arbeid eV , dus: $m v^2 = eV$. 't Spanningsverschil V , dat het electron vrij doorloopen moet, ten einde juist voldoende bewegingsenergie te krijgen om bij botsing een gasmolecuul tet kunnen ioniseeren, noemt men de *ionisatiespanning* van het gas. Deze bedraagt voor de edelgassen resp.:

helium	24,5 Volt
neon	21,5 „
argon	15,4 „
krypton	13,3 „
xenon	11,5 „

Als een electron dus in heliumgas een spanningsverschil van 24,5 Volt heeft doorloopen, *kan* het bij botsing een molecuul ioniseeren. Overigens *behoeft* dit nog niet te gebeuren: er is dan een zekere kans, dat de botsing tot ionisatie zal leiden. Meestal zal slechts een klein percentage van zulke botsingen effectief zijn.

Zoodra de botsing tot ionisatie leidt, is het electron z'n energie

grootendeels kwijt, maar het getroffen gasmolecuul heeft zich gesplitst in een positief ion + een vrij electron, zoodat er nu 2 vrije electronen zijn + 1 positief ion. We weten, dat alleen de eerste opnieuw kunnen ioniseeren, wat ze zullen doen, zoodra ze opnieuw een spanningsverschil minstens gelijk aan de ionisatiespanning hebben doorlopen. Dan zijn er 4 vrije electronen + 3 positieve ionen; na de volgende ionisatie 8 vrije electronen + 7 positieve ionen, enz. Zoo produceert één enkel vrij electron bij zijn beweging van B naar A een zeker aantal nieuwe vrije electronen en evenveel positieve ionen. Die vrije electronen zullen, op A aangekomen, in de metaalplaat worden opgenomen (onder vrijkomen van warmte); de positieve ionen daarentegen bewegen zich naar B. Bij hun botsing tegen de kathode B bestaat de kans, dat ze een ander electron uit de metaalplaat B vrijmaken, d.w.z. aan zoo'n electron de daartoe benodigde uittree-energie verschaffen. 't Spanningsverschil, dat een electron vrij zou moeten doorlopen ten einde voldoende energie te krijgen om uit het metaal te treden, noemt men de uittreespanning, ook wel de constante van Richardson. Deze hangt af van het materiaal, waarvan de kathode gemaakt is, en bedraagt b.v. voor wolfram 4,5 Volt. Bij het treden van de vrije electronen in de anode A komt die energie als intree-energie weer vrij en veroorzaakt tezamen met de kinetische energie van het electron de warmteontwikkeling in de anode. Zooals gezegd, moeten de positieve ionen bij botsing tegen de kathode B daaruit een electron trachten vrij te maken, door het de daartoe noodige uittree-energie te leveren. Welnu, er bestaat een zekere kans, dat een tegen de kathode botsend positief ion dit presteert. Is nu het aantal positieve ionen, door het ééne straks beschouwde vrije electron in het gas geproduceerd, zoo groot, dat er minstens één botsing bij is, die een electron uit de kathode vrij maakt, dan begint met dit electron hetzelfde spel opnieuw en zal de gasontlading dus juist in staat zijn zichzelf te onderhouden. Deze minimum-stroomsterkte, die het gas dan geleidt, is van de orde van 10^{-7} Amp. In het gas tusschen de platen neemt men dan een stelsel evenwijdige lichtlaagjes waar, getuigende van het aanslaan der gasmoleculen, dat aan de achtereenvolgende ionisaties voorafgaat. 't Spanningsverschil tusschen 2 opeenvolgende lichtlaagjes zal omstreeks gelijk zijn aan de ionisatiespanning van het gas.

Maakt men nu door het uitschakelen van weerstand de stroomsterkte langzaam grooter, dan treden er dus meer electronen uit de kathode. Elk hunner produceert op z'n weg door het gas een zeker aantal positieve ionen, die zich alle naar de kathode bewegen,

alwaar ze een sterke opeenhooping van positieve ionen zullen veroorzaken. Zoo ontstaat een sterke positieve ruimtelading vlak bij de kathode, aanvankelijk op een enkel punt, dus ook een groot spanningsverval daar ter plaatse, de z.g. *normale kathodeval*, over een zeer kleinen afstand van de orde der vrije weglengte van een electron. Daardoor aangedreven, zullen de uit de kathode tredende electronen over dien kleinen afstand geweldige snelheden verkrijgen, zoodat ze bij de eerstvolgende botsing met gasmoleculen deze reeds zullen aanslaan of ioniseeren. Daar vormt zich dan ook een klein lichtvlekje, z.g. *glimlicht*, van de kathode gescheiden door een dun donker laagje, de donkere ruimte van Crookes, waarin we de positieve ruimtelading en den kathodeval aantreffen.

Bij geleidelijk opvoeren van de stroomsterkte breidt dit met glimlicht bedekte vlekje op de kathode zich nu gaandeweg uit, zoodanig, dat het *bedekte oppervlak evenredig met de stroomsterkte toeneemt*, en daarbij blijft de *kathodeval constant*. Dit gaat zoodanig door, tot de geheele kathode met glimlicht bedekt is.

De grootte van den (normalen) kathodeval hangt af van den aard van het gas en van het materiaal, waarvan de kathode gemaakt is, maar hij is onafhankelijk van de spanning van het gas en van de grootte en plaatsing der anode in de buis. De verschijnselen aan de kathode beheerschen het geheele verschijnsel, terwijl de anode een meer ondergeschikte rol gaat spelen. De laagstructuur, die we aanvankelijk in het lichtverschijnsel opmerkten, is verdwenen; het glimlicht is sterk bij de kathode en neemt verderop in de buis meer of minder snel in sterkte af.

De normale kathodeval bedraagt b.v. voor een ijzeren kathode in helium 161 Volt, voor magnesium kathode (kleine uittreespanning!) in neon (kleinere ionisatiespanning dan in helium) 94 Volt. Dit laatste voorbeeld treffen we aan in de Philips'-glimlamp: hierin bevinden zich twee evenwijdige spiralen van ijzerdraad, geheel vrij van elkaar, met een dun laagje magnesium er op aangebracht door verstuiving van een stukje magnesium aan het uiteinde der spiralen. Als gasvulling dient neon, eventueel gemengd met een ander gas of damp, waardoor de kleur van het glimlicht gevariëerd kan worden. Op gelijkspanning aangesloten, omhult de kathode-spiraal zich met glimlicht; op wisselspanning beurtelings de eene en de andere spiraal. Op dezelfde wijze werken poolteeken-lampen, letterlampen, enz.

Het spanningsverschil tusschen de electroden A en B, aangegeven door den voltmeter V in fig. 1, bestaat naast den kathodeval nog uit de geleidelijke spanningsdaling langs den gasweg naar de

anode, benevens nog een anodeval, welke laatste echter veel kleiner is dan de kathodeval, n.l. van de orde van de ionisatiespanning van het gas, en dien we hier verder buiten beschouwing laten. Die geleidelijke spanningsdaling nu hangt wel van den gasdruk en de plaatsing der anode af. Bij enkele m.M. gasdruk en kleinen electroden afstand is ook deze betrekkelijk klein, zoodat *de kathodeval het belangrijkste gedeelte van het totale spanningsverschil tusschen de electroden uitmaakt*. Daar nu bij uitbreiding van het glimlicht de kathodeval constant blijft, zal *bij vergrooting der stroomsterkte* alleen de geleidelijke spanningsdaling in het gas grooter worden en de *totale electrodenspanning* dus *slechts weinig toenemen*.

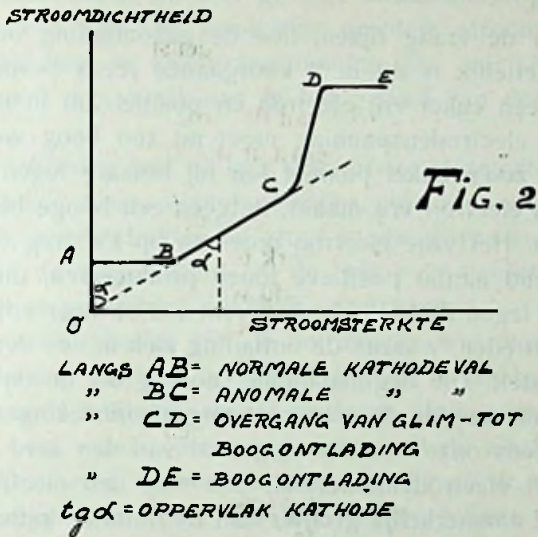
We noemden reeds de warmte-ontwikkeling op de anode bij het intreden der vrije electronen. Ook op de kathode komt veel warmte vrij, niet alleen uit het arbeidsvermogen van beweging van de er tegen botsende positieve ionen, maar ook uit de ionisatie-energie, die bij de neutraliseering van het ion tegen de kathode weer vrij komt. Natuurlijk moet de som dezer energiebedragen verminderd worden met de uittree-energie noodig om de electronen uit de kathode vrij te maken. Bij een glimontlading treedt dan ook aan beide electroden een aanmerkelijke warmte-ontwikkeling op. De Raytheon lamp, welke op deze glimontlading berust, wordt bij volle belasting door deze warmte hand-heet.

Keeren we nu weer terug tot het verloop der electrodenspanning met de stroomsterkte. Zoolang de kathode nog niet geheel met glimlicht overtrokken is, zal bij toenemende stroomsterkte de (normale) kathodeval constant blijven en de electrodenspanning onder de voornoemde omstandigheden slechts weinig toenemen. Hierin komt echter verandering, zoodra het geheele kathode-oppervlak met glimlicht bedekt is. Men denkt hier onwillekeurig aan een verzadiging, een dan bereikt stroommaximum. Deze gedachte is echter absoluut onjuist. Men kan de stroomsterkte door het uitschakelen van weerstand in de keten wel degelijk hooger opvoeren, maar daarbij wijst de voltmeter een sterk oploopen van de electrodenspanning aan. Aanvankelijk blijft daarbij de geheele kathode met glimlicht bedekt. De vergrooting der stroomsterkte veroorzaakt bij het gelijkblijvende bedekte kathode-oppervlak een evenredige vergrooting der stroomdichtheid, dat is de stroomsterkte per oppervlakte-eenheid. Daarentegen was vóór de algeheele glimlichtbedekking de stroomsterkte evenredig met het bedekte oppervlak en dus de stroomdichtheid aan de kathode constant. Die toenemende stroomdichtheid beteekent, dat er meer vrije electronen per c.M.² vanaf de kathode het gas ingaan. Dit brengt weer met zich de vorming van meer positieve

ionen, dus een sterkere ophooping van positieve ionen of wel een dichtere positieve ruimtelading bij de kathode, dus ook een vergroting van den spanningsval aldaar. De kathodeval blijft dus niet langer constant, maar gaat sterk toenemen; dan spreekt men van den *anormalen kathodeval*. Vandaar, dat we bij verdere vergroting der stroomsterkte de electrodenspanning zoo sterk zien oploopen.

Bij steeds hoger opvoeren van de stroomsterkte komt een andere factor in het spel, n.l. de temperatuur der kathode. Het groote aantal positieve ionen, dat de kathode treft, en wel ten gevolge van den toenemenden kathodeval met grootere snelheid, doet de temperatuur der gebombardeerde kathode sterk toenemen. Tevens nemen we nu een samentrekking van de glimhuid waar, zoodat het bedekte kathode-oppervlak kleiner wordt. Dit doet de stroomdichtheid daar ter plaatse nog sterker toenemen, en veroorzaakt aldus een nog hoogere plaatselijke verwarming en temperatuurstijging. De snelheden der vrije electronen in de kathode zelf nemen daardoor ook sterk toe en we komen zoo gaandeweg tot temperaturen, waarbij het een tegen de kathode botsend positief ion steeds gemakkelijker zal vallen een electron uit de kathode vrij te maken. Naarmate echter daartoe per uittredend vrij electron minder positieve ionen noodig zijn, zal ook de positieve ruimtelading bij de kathode verminderen en daarmee de kathodeval en de electrodenspanning. Derhalve wordt bij voortdurende vergroting der stroomsterkte de aanvankelijk sterke toeneming der electrodenspanning gevolgd door een snelle afneming als gevolg van de intensieve warmte-effecten op een steeds kleiner wordend plekje op de kathode. Ten slotte loopt dit er op uit, dat vrijwel ieder tegen de kathode botsend positief ion daaruit een electron vrij maakt, zoodat de positieve ruimtelading bij de kathode dan geheel verdwenen is, zoo goed als volledig gecompenseerd wordt door de uittredende electronen *De glimontlading is dan continu in een boogontlading overgegaan*, zooals we die o.a. aantreffen in de booglampen tusschen koolstaven (booglicht, vlamboog) en in de Wolframbooglamp van Philips. Hierbij gaat ook de verdamping der electroden door de geweldig hoge temperatuur een rol spelen. Is het smeltpunt van het electrodenmateriaal niet hoog genoeg, dan zal het zelfs gaan smelten (electrisch lasschen). Is de boogontlading eenmaal bereikt, dan is de stroomdichtheid weer constant geworden, dus het door den boog bezette deel van het kathode-oppervlak weer evenredig met de stroomsterkte. Het besproken verloop van de stroomdichtheid met de stroomsterkte is samengevat in de grafiek van fig. 2.

Op het nader karakter en de eigenschappen der boogontlading zullen we niet verder ingaan, want bij de Raytheon lamp mag het zoover in geen geval komen, hoewel ze het bij mijn proeven een



oogenblik zelfs zonder nadeel verdroeg, terwijl een 6 amp. zekering in serie er mee doorsloeg. De lamp liet toen een oogenblik een stroomstoot van zegge minstens 6 Amp. door! De zekering was stuk, maar de lamp bleef gespaard.

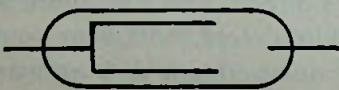
Zetten we de beschouwing echter nog even voort. Bij toenemende stroomsterkte daalt de boogspanning blijkens het voorgaande tot een minimum, dat bereikt is, zoodra de positieve ruimtelading bij de kathode volledig wordt gecompenseerd door de uit de kathode tredende electronen. Men kan nu zelfs nog verder gaan, door de kathode kunstmatig tot een nog hoogere temperatuur te verhitten, door b.v. als kathode een gloeidraad te nemen, die door een electrischen stroom tot gloeien wordt gebracht. Dan krijgen we zelfs een *teveel* aan electronen, dat uit de kathode treedt, meer electronen, dan door het electrisch veld tuschen kathode en anode vervoerd kunnen worden. In plaats van een positieve ontstaat dan zelfs een negatieve ruimtelading bij de kathode, waarin de positieve ionen reeds grootendeels worden geneutraliseerd, zelfs voor ze de kathode bereiken. Bij gelijkblijvende stroomsterkte is de boogspanning dan nog kleiner geworden, zoodat men dan spreekt van een *laagspanningsboog*. Deze treffen we b.v. aan in de gelijkrichtlamp van den Philips' accu gelijkrichter, waarin zich bevindt als kathode een bespoten gloeidraad (voor groote electronen-emissie) en ter weerszijden twee anodes, voor tweezijdige gelijkrichting, met als

gasvulling een edelgas (argon). De beide anodes zijn verbonden met de uiteinden van een secundaire transformator-wikkeling met middenaftakking, zooals we verderop ook bij de Raytheon lamp zullen doen.

Nog kan de vraag rijzen, hoe de gasontlading begint, wordt ingeleid. Feitelijk is dit in 't voorgaande reeds besproken. Er is altijd wel een enkel vrij electron en positief ion in het gas aanwezig. De electroden spanning moet nu zoo hoog worden opgevoerd, dat zoo'n enkel positief ion bij botsing tegen de kathode daaruit een electron vrij maakt, hetgeen een hooge beginspanning zal eischen. Het vrije electron moet nu op z'n weg door het gas een voldoende aantal positieve ionen produceeren, om door deze bij botsing tegen de kathode wederom een of meer vrije electronen te doen uittreden, waarna de ontlading zich in een der beschreven vormen instelt. Die beginspanning, noodig om de ontlading in te leiden, noemt men de *doorslagspanning of ontstekingspanning*. Ze hangt blijkens onze beschouwingen af van den aard van het gas en van het electrodenmateriaal, ook van den electrodenafstand. Ze is altijd aanmerkelijk grooter dan de normale kathodeval. Zoo dra de ontstekingspanning is bereikt, dus de gasontlading ingeleid, zakt de electroden spanning in een zeer kort oogenblik, terwijl we het spanningsteveel van de E. M. K. der stroombron als geleidelijke spanningsdaling in den noodzakelijken uitwendigen weerstand terugvinden.

Komen we nu in het bijzonder tot de glimontlading, die in de Raytheon lamp plaats vindt. De kenmerkende bijzonderheid, die ons tot de gelijkrichtende eigenschappen dezer lamp zal leiden, is, dat *de beide electroden hier een naar grootte sterk verschillend oppervlak bezitten*. Denken we ons als ééne electrode een plaat met groot oppervlak, als andere een metalen punt met zeer klein oppervlak, zie fig. 3. Denk de ontladingsbuis, met een verdund edelgas gevuld, opgenomen in het schema van fig. 1. Dit kan op twee wijzen,

Fig. 3



n.l. zoodanig, dat of de plaat of de punt kathode wordt, hetgeen praktisch gemakkelijk omschakelbaar is uit te voeren met behulp van een commutator.

Maakt men de plaat tot kathode, dan zal bij toenemende stroomsterkte de plaat zich daaraan evenredig met glimlicht bedekken en ten gevolge van het groote plaatoppervlak zal de stroomsterkte tot een aanzienlijke waarde zijn toegenomen, aler de geheele plaat

met glimlicht overtrokken is. Daarbij is de electrodenspanning niet veel grooter dan de normale kathodeval.

Als men echter de punt tot kathode maakt, zal deze wegens haar kleine oppervlak reeds bij zeer geringe stroomsterkte geheel met glimlicht bedekt zijn. Om eenigszins grootere stroomsterkten te verkrijgen, zal men de electrodenspanning dan zeer sterk moeten opvoeren, want men komt dan in het gebied van den anomalèn kathodeval.

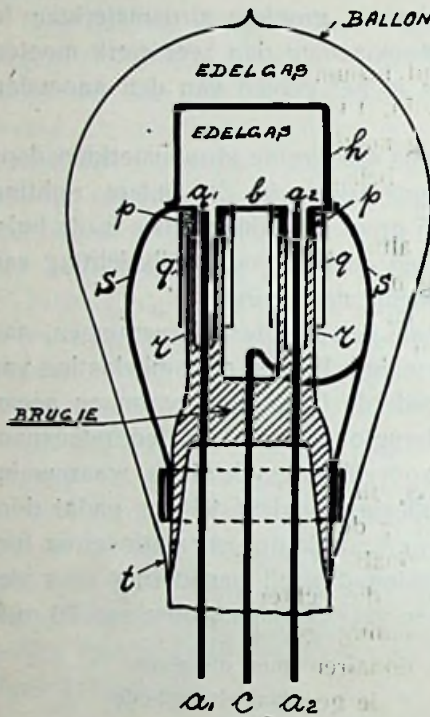
In de eene richting laat de buis dus groote stroomsterkten door met betrekkelijk klein spanningsverlies, in de andere richting slechts kleine stroomsterkten bij groot spanningsverlies in de buis. Hieruit treedt de mogelijkheid om de buis voor gelijkrichting van wisselstroom te gebruiken, duidelijk naar voren.

In de volgende tabellen zijn de betreffende waarnemingen, aan de Raytheon lamp verricht, vereenigd. Bij een stroombelasting van 80, 100 en meer milliamp. wordt de lamp flink warm en neemt men bij het heet worden een terugloopen van de electrodenspanning waar. Om dezen invloed zooveel mogelijk uit de waarnemingen te elimineeren, is iedere aflezing verricht telkens nadat door voorafgaande belasting op 70 m.A. de lamp een stationairen toestand had aangenomen. Ze gelden dus bij benadering voor den stationairen lamptoestand bij een verwarmingsstroom van 70 m.A.

plaat als anode punt als kathode		punt als anode plaat als kathode	
stroomsterkte i in m.A.	electrodenspan- ning E in Volts.	stroomsterkte i in m.A.	electrodenspan- ning E in Volts.
1	101,0	0,09	182
10	102,5	0,15	189
30	106,6	0,30	205
50	109,8	0,60	241
70	112,6	0,90	285
100	116,6	1,20	330
130	120,2	1,50	397
150	122,5	1,89	530

Men ziet, hoe E slechts zeer langzaam toeneemt, en van 1 tot 150 m.A. slechts 21,5 Volt gestegen is. De volledige plaatbedekking met glimlicht ligt bij nog aanmerkelijk hoogere i, maar de lamptemperatuur stijgt dan gevaarlijk hoog, zoodat ik om de lamp niet te verknoeien de metingen niet boven 150 m.A. heb opgevoerd. Daarentegen ligt de 2e reeks bijna geheel in het gebied van den anomalèn kathodeval, zoodat zelfs bij 530 Volt electrodenspanning nog geen 2 m.A. wordt doorgelaten.

Ten einde de lamp voor tweezijdige gelijkrichting geschikt te maken, zijn er drie electroden in opgenomen, n.l. 1 plaat en 2 metaalpunten. De inrichting is schematisch in fig. 4 weergegeven. De plaat heeft den vorm van een metalen hoed *h*, aan den rand



op meerdere punten gelascht aan de horizontale metaalplaat *b*. Het geheel vormt dus een metalen doos. In den bodem *b* bevinden zich 2 kleine openingen, waar hij overgaat in 2 korte cilinderbuisjes van hetzelfde metaal. De hoed wordt gedragen door 2 metaalstrooken *s*, die onder met behulp van een metalen band tegen het glazen brugje der lamp zijn vastgeklemd. Het brugje is bij *t* in den glazen ballon ingesmolten, waaronder zich de (niet geteekende) lampvoet bevindt. Midden door het brugje heen is ingesmolten de metaaldraad *c*, die aan den steun *s*, dus met den hoed verbonden is. Ter weerszijden daarvan zijn in het brugje inge-

Fig. 4

smolten de metalen draden a_1 en a_2 , die naar boven toe uitloopen in 2 nauwe glazen buisjes *r*, waarin het brugje links en rechts overgaat. Deze glasbuisjes *r* sluiten zich aan hun bovenuiteinde aan bij de metalen buisjes *p*, en worden tezamen omsloten door de buisjes *q*. De metaaldraden a_1 en a_2 loopen vrij langs de as der buisjes en eindigen vrij in de metaalbuisjes *p* dicht bij den bodem der doos. Daar de omhullende buisjes *q* van een ondoorzichtig materiaal zijn gemaakt, moet ik opmerken, dat de geschetste toestand daarbinnen alleen gegrond is op persoonlijke overwegingen. Te zijner tijd kunnen we dat aan een defecte lamp wel eens nader onderzoeken en eventueel ook het gebruikte metaal eens chemisch analyseeren. Dit bevat althans ijzer, want het trekt een magneetnaald aan; 't kan echter zeer wel met andere metalen geallieerd zijn. Het verdunde edelgas, dat zich in de lamp bevindt, is waarschijnlijk helium, te oordeelen naar het glimlicht, dat men

bij werking der lamp juist even kan waarnemen door de spleet tusschen den rand van den hoed en den bodem. De geheele gasontlading speelt zich n.l. binnen de doos af. Daar de normale kathodeval voor ijzer-helium 161 Volt bedraagt, en de electroden spanning blijktens de tabel voor den hoed als kathode aanmerkelijk lager ligt, zal de doos niet van zuiver ijzer kunnen zijn, ondersteld althans, dat de gasvulling uitsluitend uit helium bestaat. De metaaldraden a_1 en a_2 kunnen wel van ijzer zijn. 't Gebruik van ijzer levert voordeelen, niet alleen omdat het gemakkelijk te verwerken is, maar ook — en dat is hier van groot belang — omdat het weinig verstuiift. Bij het intensieve bombardement van de positieve ionen tegen de kathode worden n.l. altijd eenige metaalmoleculen losgestooten, wat men verstuiiving noemt. Deze metaalmoleculen, die zich vrij in het gas bewegen, kunnen allereerst de glimontlading gemakkelijker in een boog doen overgaan, en ten tweede zetten ze zich als een geleidelijk aangroeiend metaallaagje af o.a. op het glas en zullen zoodoende gaandeweg een geleidende verbinding tusschen de electroden binnen de lamp ten gevolge hebben. Dit is een der oorzaken, die den levensduur eener glimlamp begrenzen. Het is dus van het grootste belang de electroden te maken van een metaal, dat weinig verstuiift, zooals ijzer. Nog beter zijn in dit opzicht molybdeen en wolfram, die echter veel kostbaarder zijn en ook een hooger doorslagspanning geven. De laatste bedraagt in de Raytheon lamp in den stationairen toestand bij belasting met 70 m.A.: voor den hoed als kathode gemiddeld 295 Volt, voor één der punten als kathode gemiddeld 235 Volt. In het volgende zal nader blijken, dat die doorslagspanning liefst laag moet zijn.

Met het oog op die gevreesde verstuiiving is de constructie der lamp buitengewoon gunstig. De geheele gasontlading vindt n.l. binnen den hoed plaats, zelfs zonder in de buisjes p en r door te dringen, zooals we aanstonds nog nader toelichten. Er is slechts weinig kans, dat de verstoven metaalmoleculen door de kleine openingen in den bodem die buisjes binnendringen en daarbij vormt de binnenwand der glasbuisjes r een langen lekweg van p naar a_1 of a_2 . Mogelijke metaalatomen, die door de nauwe spleet tusschen hoed en bodem uit de doos ontsnappen, kunnen daarbij heelemaal geen onheil stichten, want zelfs al werd het brugje bestoven, dan zou dat toch geen sluiting tusschen de electroden kunnen veroorzaken, omdat a_1 en a_2 geheel binnen glas liggen.

Ook uit het oogpunt der beoogde gelijkrichtwerking is de opstelling der metaalpunten a_1 en a_2 binnen de metaalbuisjes p zeer vernuftig gevonden. Immers: is a_1 of a_2 anode, de hoed kathode,

dan staat het geheele groote binnenoppervlak van de doos voor glimlichtbedekking ter beschikking, zoodat de buis dan groote stroomsterkte met betrekkelijk klein spanningsverlies kan doorlaten (zie de tabel). Maakt men echter den hoed tot anode, en b.v. de metaalpunt a_1 tot kathode, dan zal het glimhuidje op de punt slechts uiterst klein kunnen zijn. Om te voorkomen, dat de glimhuid zich over het oppervlak van het staafje a_1 binnen p en q naar beneden zou kunnen uitbreiden, heeft men den gasdruk zoo laag gekozen, dat de vrije weglengte der vrije electronen, die uit a_1 het gas ingaan, d.i. de dikte der donkere ruimte van Crookes, tusschen a_1 en de glimhuid grooter is dan de afstand tusschen a_1 en den binnenwand van r en p . Derhalve kan zich alleen bij de opening in den bodem der doos, aan den top der metaalpunt een klein glimlaagje ontwikkelen. Hoewel binnen p de beide electroden op zeer korten afstand tegenover elkaar liggen, vormt hier de donkere ruimte toch een vrijwel absoluten isolator tusschen beide. En door de zeer kleine uitgebreidheid van het glimhuidje aan den top van a_1 komt men reeds bij zeer kleine stroomsterkte in het gebied van den anomalen kathodeval, zoodat ook hier zelfs bij hooge electroden-spanning de stroom gering blijft, als we maar voldoende beneden de boogontlading blijven. In deze richting laat de lamp dus zoo goed als geen stroom door.

Liefst zullen we den gasdruk niet al te veel wenschen te verlagen om een voldoende groote vrije weglengte te verkrijgen, want daardoor neemt de geleidelijke spanningsdaling in het gas, dus ook de electroden-spanning toe. In dit opzicht is een heliumvulling gunstig. Dit is immers een zeer licht gas, het lichtste edelgas, dat ons ter beschikking staat; de molecuulgrootte is dan zoo klein mogelijk, dus de vrije weglengte zoo groot mogelijk. Overigens bedenke men, dat de vrije weglengte van een electron aanmerkelijk grooter is dan die van een gasmolecuul, waarvoor we in 't begin de waarde ongeveer aangaven.

Men moet voorzichtig zijn met een te sterke belasting der lamp. Niet alleen verhoogt dit, mede gezien de sterkere electrodeverstuiving, de kans op boogontlading, maar ook worden de electroden daarbij te sterk verhit en kunnen zich gassen (lucht) uit de electroden vrijmaken, die de edelgasvulling zullen bederven en in spanning verhoogen. Weliswaar mag men verwachten, althans hopen dat er bij de vervaardiging der lamp veel zorg aan het ontgassen der lamp is besteed. Dit dient te geschieden door de lamp tot 400° à 500° te verhitten (voor 't glas), en de metaaldeelen tot gloeiens te verhitten met hoogfrequent-energie b.v., door er een

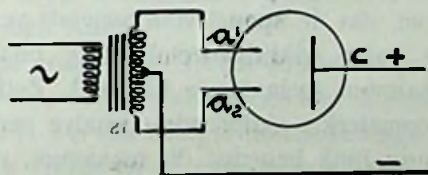
spoel omheen te plaatsen, waar sterke hoogfrequente stroomen door vloeien (met een flinke zendlamp opgewekt), terwijl de lamp onderwijl zoo sterk mogelijk geëvacueerd wordt. Eerst als het vacuum zich weet te handhaven, wordt de lamp met het edelgas gevuld en daarna afgesmolten (punt bovenaan de lamp; pas op, dat deze niet breekt). Zelfs niettegenstaande deze voorzorgen kan langdurige oververhitting door overbelasting der lamp toch altijd nog gassen doen vrijkomen, temeer, waar we niet weten, tot welke hoogte de fabrikant deze voorzorgen heeft opgevoerd. Ook mag hij daarmee niet zoo ver gaan, dat zich metaaldampen op den binnenwand der glasbuisjes *r* zouden afzetten. Deze oververhitting door overbelasting kan een tweede factor zijn, die een grens stelt aan den levensduur der lamp.

Uit deze beschouwingen mogen we wel concludeeren, dat binnen de voorgeschreven belastingsgrenzen (60 m.A. output) de levensduur der lamp dank zij haar vernuftige constructie uitermate groot kan zijn.

De lamp is voorzien van een Amerikaanschen voet; a_1 en a_2 komen dan te liggen aan $+ F$ en $- F$, c aan P . Het 4de contact G op den lampvoet blijft ongebruikt.

Het gelijkrichtschema is in fig. 5 voorgesteld. Beurtelings levert

Fig. 5



elke helft der secundaire wikkeling gedurende een gedeelte der halve periode stroom over de bijbehorende metaalpunt in de goede richting, terwijl gedurende de andere helft der periode door elke groep slechts een zeer geringe tegenstroom geleverd wordt, zooals de lezer zelf gemakkelijk zal inzien. Zooals we zeiden, vindt die stroomlevering slechts gedurende een gedeelte der halve periode plaats, welk gedeelte des te grooter zal zijn, naarmate de piekspanning, in de halve wikkelgroep geïnduceerd, de ontstekingspanning meer overtreft. Immers de ontlading begint eerst, zoodra de wisselspanning van 0 tot de doorslagspanning, hier 295 Volt, is toegenomen, om weer af te breken, zoodra de spanning tot 101 Volt is afgenomen. Hoe kleiner het bedoelde gedeelte der halve periode is, des te grooter stroomsterkte moet de lamp in dat tijdsdeeltje

doorlaten om tot een gemiddelden gelijkgerichten stroom van 60 m.A. als output te komen. Dit is ongewenscht, want dit maakt den vormfactor der stroomfiguur groot ($f = \frac{i_m}{i_g}$) en leidt tot een grooten verwarmingsstroom in de lamp en zeer hoogen piekstroom¹⁾, hetgeen we juist vermijden moeten. Het is derhalve gewenscht, dat de ontlading over een zoo groot mogelijk gedeelte der halve periode plaats vindt, wat eischt: 1e kleine doorslagspanning, vandaar wederom de edelgasvulling en 2e een voldoende hooge piekwaarde der wisselspanning, welke echter weer niet te hoog mag zijn, opdat bij de tegenphase der wisselspanning geen boogvorming kan optreden.

De fabrikant geeft op als secundaire spanning ongeveer 2×275 Volt. De gebruikte Ferrix transformator GP 550 is speciaal voor de Raytheon lamp geconstrueerd, en geeft secundair volgens opgave 2×275 V. bij maximum 130 m.A. Bij meting bleek mij bij 130 V. primair de secundaire klemspanning per halve wikkelgroep te bedragen bij een belasting van

$$\begin{array}{ll} i = 53,7 \text{ m.A.} & E = 305 \text{ Volt.} \\ i = 67,1 \text{ m.A.} & E = 302,5 \text{ Volt.} \end{array}$$

Nu zal blijken bij de nader te bespreken metingen, die aan het apparaat verricht zijn bij verschillende toestanden der op de lamp volgende zeefkringen en alle bij een output van 60 m.A. als gemiddelden stroom, dat de hoogst voorkomende verwarmingsstroom (i_m) in iedere halve wikkelgroep bedroeg 68,6 m.A., dus ver beneden de maximum toelaatbare 130 m.A. Zelfs de middelbare waarde der stroomsterkte gedurende de halve periode der stroomlevering blijft nog flink beneden dit maximum, want deze is nog iets kleiner dan $68,6 \sqrt{2} = 97$ m.A. Gedurende de andere helft der periode levert die groep immers slechts heel weinig stroom, van de orde van 1 à 2 m.A. Hoewel elke halve wikkelgroep de eene helft der periode sterk wordt belast, de 2e helft vrijwel onbelast is, blijft natuurlijk de eerstgenoemde middelbare waarde per geheele periode, d.i. 68,6 m.A., maatgevend als secundaire verwarmingsstroom. De transformator is dan ook in alle opzichten voldoende ruim gedimensioneerd en wordt bij belasting van het apparaat dagen achtereen niet noemenswaard warm.

Wat de lamp betreft, die krijgt de stroomen uit beide secundaire wikkelgroepen te verwerken, zoodat daarvoor wel degelijk 97 m.A.

¹⁾ Zie het reeds eerder aangehaalde artikel van mijn hand in „R.-N.“, Augustus 1925.

als verwarmingsstroom in aanmerking komt, dat is aanzienlijk hooger dan de output van 60 m.A. wellicht zou doen verwachten. Dit is dus het gevolg van den vorm der stroomfiguur door de lamp, vóór de afvlakrichting. Bij eerste benadering berekend, blijkt de piekstroom in de lamp zelfs ongeveer 185 m.A. te bedragen. Bij een afgevlakte output van 60 m.A. moet de lamp dus al heel wat meer presteeren dan men wellicht verwachten zou.

In het volgende zullen we nu bespreken onderzoekingen en metingen betreffende het afvlakstelsel voor den tweezijdig gelijkgerichten wisselstroom, dien de Raytheon lamp (of in het algemeen eenig ander gelijkrichtstelsel) ons levert. We zullen daartoe eerst de methode beschrijven, die me in staat stelde den rimpel in den gelijkgerichten wisselstroom te meten, en aldus het effect der gebruikte afvlakmiddelen in onderdeelen te controleeren.

Wordt vervolgd.

Weerstandkoppeling.

Door Ir. J. L. H. JONKER.

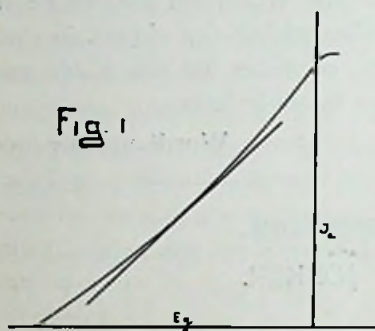
Versterking. Den vorigen keer zijn we tot de conclusie gekomen bij de beschouwingen van de radiolamp bij weerstandversterking, dat we werken in het onderste deel der karakteristiek bij het gebruik van groote koppelweerstand, indien de anodespanning niet aanzienlijk verhoogd wordt.

Nu doet zich de vraag voor: treedt dan in dit onderste deel geen gelijkrichting op voor de spreekstroom met de daarmee verbonden vervorming? Dit is wel een eenigszins zonderlinge vraag daar men het tegenwoordig steeds heeft over vervormingsvrije versterking, 100 % e.d. doch dit slaat meer op de lineaire vervorming en het is misschien wel eens goed om na te gaan of dit ook voor de niet-lineaire vervorming opgaat. Waar het tegenwoordig mogelijk is, trillingen van 30—10.000 gelijkmatig te versterken, zal de niet-lineaire vervorming weer verbeterd dienen te worden, ten einde een natuurgetrouwe weergave te verkrijgen. Zeer terecht beziet men den detector hiertoe eenigszins wantrouwig, doch ook bij de verschillende versterkertrappen moet dit in het oog gehouden worden.

We kunnen het nu voor weerstandsversterking controleeren met de nieuwe steilheid:

$$S_2 = S_1 \frac{R_i}{R_i + R_a} \frac{g}{R_i + R_a}$$

Hieruit ziet men, dat indien g constant is en $R_a \gg R_i$, de verandering van R_i weinig invloed zal kunnen hebben op S_2 , zoodat S_2 indien aan deze voorwaarde is voldaan, nagenoeg als constant is te beschouwen, zelfs bij het werken in het onderste deel der E_a — I_a kromme. Toch kan men duidelijk zien bij de werk-karakteristiek in fig. 1, dat er nog een kromming is overgebleven. Deze lamp zal dus, indien er een groot roosterbereik van gebruikt wordt, nog aanmerkelijk gelijkrichten, hetgeen voor telefonie be-teekent, dat de muziek en spraak scherper zullen gaan klinken dan het oorspronkelijk voortgebrachte geluid.



Nemen we nu het geval, dat een B 403, welke als laatste lamp gebruikt wordt, een wisselspanning op het rooster krijgt met een piekafstand van 20 volt dan zal bij een goeden trap weerstands-versterking als voorlaatste lamp, deze lamp slechts ong. 1 volt op het rooster krijgen. De afwijking zal dan ook vrij gering zijn, zoodat nog geen hoorbare vervorming

optreedt. Vermoedelijk heeft men hier met een soort drempel-waarde te doen.

Wij willen er nog op wijzen, dat bijgaande kromme geen bruikbaar buigpunt bezit zoodals de gewone kortsluitkarakteristiek waar-door bij voldoende uitstrekking en juiste instelling der negatieve roosterspanning een lamp praktisch vervormingsvrij kan versterken. We moeten dus zorgen voor een geringe kromming en hiervoor kan men nemen lampen met een betrekkelijk kleine R_i en dR_i , terwijl ook een groote uitwendige weerstand gunstig moet zijn.

Intusschen zou het voor bepaalde gevallen indien er grootere spanningen op het rooster komen, toch noodig kunnen zijn om òf den koppelweerstand te verlagen en de anodespanning te verhoogen, of desnoods weer het gebruik van een smoorspoel of transformator in te voeren, waardoor de volle hoogspanning op de plaat terecht komt en men in het buigpunt der karakteristiek kan instellen, ofschoon men dan weer kans op resonantie-punten krijgt, terwijl de lage tonen in de verdrukking komen.

De combinatie van smoorspoel en een weerstand in serie gebruik ik tuschen haakjes met veel succes voor aanpassing aan den luidspreker indien deze soms eens te veel animo voor de lage tonen heeft.

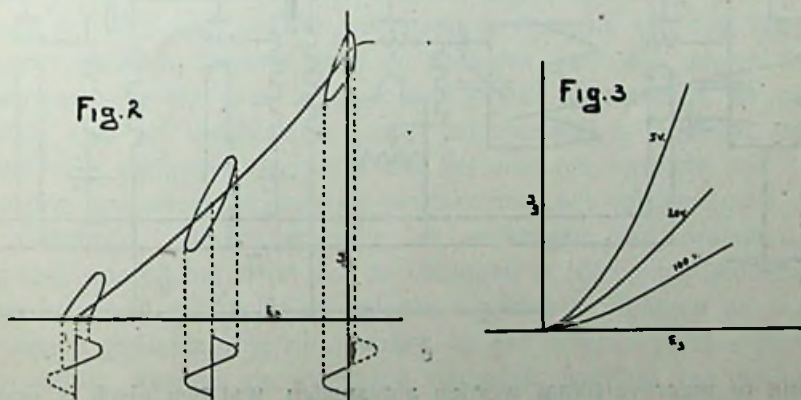
Intusschen is het dus van belang om hier, bij keuze van de

lampen, en vooral van de voorlaatste voorzichtig te zijn en rekening te houden met deze mogelijkheid voor vervorming.

Detectie. De detector met een grooten weerstand in den plaatkring verkeert in een eigenaardige positie. Wil men hem laten genereeren of op rand van genereeren brengen, dan moeten lapmiddelen toegepast worden om de hoogfrequente trillingen de gelegenheid te geven om langs den weerstand af te vloeien. Het gevolg hiervan is altijd min of meer benadeeling der hooge tonen, terwijl vaak nog doode gang overblijft. Het is dus zooals we weten, beter den detector niet terug te koppelen. Edoch de dempingsreductie geeft zulk een aangename winst aan signaalsterkte. Het is dan ook veel logischer om de hoogfrequent lamp, indien deze aanwezig is, terugkoppeling te geven. Reeds geruimen tijd hebben we onzen terugkoppelspoelhouder in een toestel met z.g. Koomansschakeling door een koperdraad doorverbonden en stellen in tot dicht bij den rand van genereeren der hoogfrequent lamp waarbij lang niet dergelijke vervorming optreedt als bij den teruggekoppelden detector.

Een voordeel is, dat de condensator over den koppelweerstand van den detector kan vervallen. Ten einde de werking van een lamp als detector op deze wijze na te gaan, bezien we de werkkromme. De scherpe bochten boven en beneden in de karakteristiek lijken uiterst geschikt voor zuivere gelijkrichting (zie fig. 2). Nu is de werkkromme voor de hoogfrequente trillingen een min of meer ellipsachtige figuur wegens de in verhouding tot de weerstandsbelasting belangrijke capacatieve belasting van de plaatketen.

Gaan we nu door verandering der negatieve roosterspanning



de ellips naar beneden bewegen dan zien we dat hij bijna horizontaal wordt doorgesneden, wat dus geen goede gelijkrichting kan geven. Inderdaad hoort men, afdalende met de negatieve roosterspanning, het signaal vervormd verdwijnen. Hoe men ook regelt,

ten gevolge van de overblijvende kromming in de karakteristiek zal men steeds gelijkrichting blijven houden en dus steeds iets hooren. Dat deze signaalsterkte niet zoo gering is als men zou verwachten, zit in het feit dat de grootte der hoogfrequente trillingen op het rooster van de detectorlamp zeker enkele volts kan bedragen.

Deze gelijkrichting treedt ook bij hoogfrequent-versterking op, zooals boven is aangegeven.

Komt men daarentegen in het positieve gebied der rooster-spanning dan gaat er roosterstroom vloeien en krijgen we hierdoor een andere soort van gelijkrichting en een grootere signaalsterkte.

Door de vervlaking van de bocht in de karakteristiek van de lamp is zij onvoordeeliger geworden voor gelijkrichting in het negatieve gebied der roosterspanningen.

Beschouwen wij de andere gelijkrichting eens nader. De grootte van den roosterstroom, de steilheid van de roosterstroomkromme en hiermede de gelijkrichting, zijn afhankelijk van de plaatsspanning.

In fig. 3 zijn voor een bepaalde lamp de verschillende roosterstroomkrommen afgezet bij de verschillende plaatsspanningen. Men ziet hier duidelijk de afhankelijkheid.

Gaan we nu met de roostervoorspanning de ellips verplaatsen naar het positieve deel dan zal de ellips door den roosterstroom

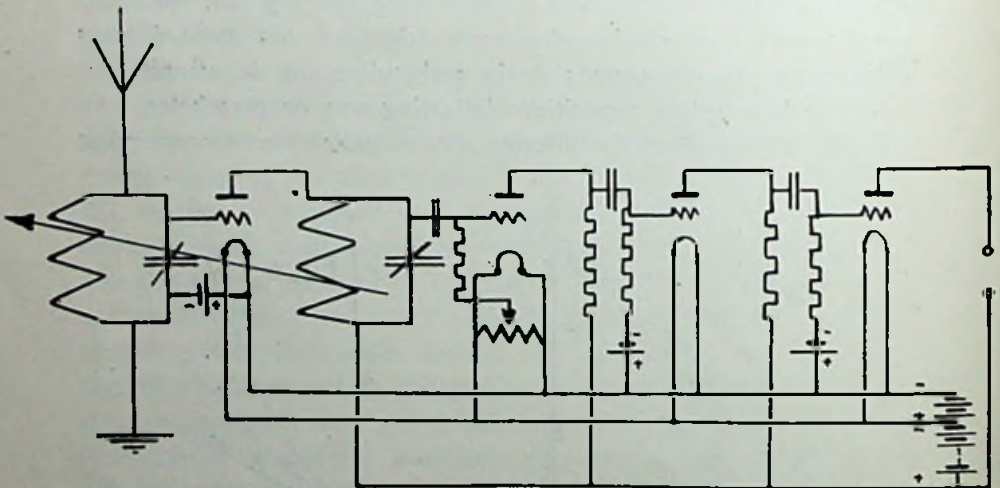


Fig. 4

min of meer vertikaal worden afgesneden, wat een eisch is voor goede gelijkrichting. Daar nu door den hoogen koppelweerstand de plaatsspanning op de lamp gering zal zijn, zal de roosterstroom hier sneller stijgen dan bij de gewone schakeling. Dit geeft dus zuiverder gelijkrichting, en harder signaal doch de instelling wordt

kritischer. Hiervoor wordt het gebruik van een potentiometer over den gloeidraad voor den lekweerstand wel bijna noodzakelijk. Merkwaardig is het zuiverder worden van de muziek als men de goede instelling bereikt heeft. Wij geven hierbij nog eens volledigheidshalve het eenvoudige schema waarbij deze inzichten toegepast zijn en dat op deze wijze muziek van zeer hooge kwaliteit kan geven.

Openbaar gemaakte Octrooiaanvragen

op het gebied der Hoogfrequentietechniek.

No. 23962 Ned. Aanvraag ingediend 14 Maart 1923. Openbaar gemaakt 15 Dec. 1925. Voorrang van 21 Juli 1922 voor concl. 1, 2 en 6, van 29 Maart 1922 voor concl. 3 en van 8 Juni 1922 voor concl. 4 en 5.

Werkwijze en inrichting voor storingsvrije ontvangst ten gebruike bij draadlooze telegrafie.

De uitvinding maakt het mogelijk gedempte storingen met een beginamplitude, welke veel grooter is dan die van het sein, dat men wensch te ontvangen, te elimineeren. Dit wordt bereikt, doordat de in de antenne opgewekte trillingen, na den detector gepasseerd te zijn, werken op een dempinrichting bestaande uit een drie-elektrodenlamp, waarvan de weerstand onder de werking van sterke storingen verkleind wordt. Deze lamp is parallel geschakeld aan een deel der antenne of aan een der afgestemde kringen, zoodat door het verkleinen van den weerstand de demping van dien kring wordt vergroot. Daarna gaan de trillingen naar een amplitudebegrenzer verder naar kringen met groote tijdconstante en ten slotte naar een thermionisch toestel dat zoodanig is ingesteld, dat het reeds verkregen overwicht van het sein ten opzichte van de storing nog wordt vergroot en vandaar naar het opneemttoestel.

Conclusie: „Werkwijze voor het ontvangen van draadlooze seinen, waarbij het effect van de storingen wordt verminderd, met het kenmerk, dat de in de antenne opgewekte trillingen na den detector gepasseerd te zijn, werken op een dempings- of smoorinrichting, waarvan de weerstand onder de werking van hevige storingen automatisch verkleind wordt en die zoodanig parallel aan een deel van de antenne of van een der afgestemde kringen is geschakeld, dat door het verkleinen van den weerstand de demping van den betrokken kring wordt vergroot, terwijl de trillingen vervolgens naar een amplitudebegrenzer worden geleid en daarna

naar een stelsel van kringen met een groote tijdconstante en ten slotte naar een thermionisch toestel, dat zoodanig is ingesteld, dat het reeds verkregen overwicht van het sein ten opzichte van de storing nog wordt vergroot vóór de trillingen het eigenlijke opneem- of aanwijstoestel bereiken."

5 blz., 6 concl., 12 fig.

No. 24794 Ned. Ingediend 13 Juli 1923. Openbaargemaakt 13 Juli 1925.

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, te Eindhoven.

„Ontladingsbuis met een gloeikathode, een gekoelde anode en één- of meer besturende electroden.”

De uitvinding heeft betrekking op ontladingsbuizen van groot vermogen voor zenddoeleinden. De anode is gekoeld. De bovengrens van het vermogen is dan bepaald door de verwarming van de besturende electroden, tengevolge van de hooge positieve waarde, die de roosterspanning in zulke buizen aanneemt. Volgens de uitvinding doen nu een of meer metalen vaten, welke deel uitmaken van den buitenwand der buis dienst als roosterelectrode. Het koelen kan nu door stroomend water of door uitstraling plaats vinden. Het metalen vat kan voorzien zijn van langsgroeven, waarbij een roosterdraad is gewikkeld op de tusschen de groeven gelegen ribben en de gloeikathode bestaat uit een aantal draden, die zich uitstrekten in de langsgroeven tusschen het metalen vat en den roosterdraad. De roosterdraad kan ook worden weggelaten.

Conclusie: „Ontladingsbuis met een gloeikathode een gekoelde anode en een of meer besturende electroden, met het kenmerk, dat een of meer metalen vaten, welke deel uitmaken van het luchtdicht afsluitende omhulsel der buis, elk geheel of gedeeltelijk als besturende electrode dienst doen.

3 blz., 7 conclusies, 5 fig.

No. 22152 Ned. Aanvraag ingediend 24 Mei 1922. Openbaar gemaakt 15 Oct. 1925. Voorrang van 29 April 1922.

Siemens & Halske A.G. Siemensstadt bij Berlijn.

„Uit inductief gekoppelde trillingsketens samengestelde zeefketen voor het uitziften van bepaalde frequentiegebieden, in het bijzonder voor multiplex-telefonie.”

De uitvinding heeft betrekking op een aantal inductief gekoppelde trillingsketens, welke te zamen een zeefketen vormen en bestaat daarin, dat de waarden der capaciteit en zelfinductie in de afzonderlijke elementen verschillend groot gekozen worden, waar-

door het mogelijk wordt de zeefketen aan te passen aan golfweerstand, die aan beide zijden verschillend groot zijn. De koppeling tusschen de verschillende trillingsketens is overal dezelfde. Daar de relatieve frequentie-opening alleen van de koppeling afhangt, kan men voor alle elementen de gemiddelde frequentie en de frequentieopening behouden.

Conclusie: „Zeefketen in het bijzonder voor multiplex-telefonie, welke keten bestaat uit een reeks onderling inductief gekoppelde trillingsketens, met het kenmerk, dat bij verbinding van stroomketens met verschillenden schijnbaren weerstand de zeefketen zoodanig heterogeen is uitgevoerd, dat de elementen van de zeefketen een trapsgewijzen overgang vormen van den schijnbaren weerstand van de andere stroomketen, waarbij door juiste instelling van de koppelingsverhouding tusschen de elementen de breedte der „frequentieopening” behouden blijft.”

2 blz., 1 concl., 3 fig.

No. 22359 Ned. Aanvraag ingediend 22 Juni 1922. Openbaar gemaakt 16 Nov. 1925. Voorrang van 27 Juni 1921.

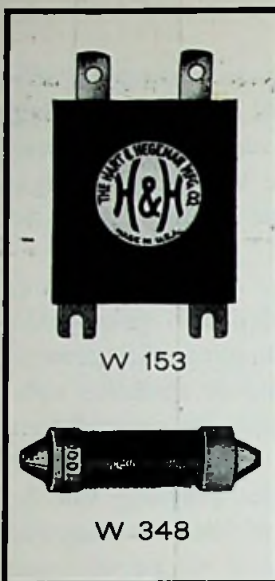
Edwin Howard Armstrong, Yonkers (Ver. St. v. A.).

Werkwijze en toestel tot het versterken van variabele elektrische stroomen.

De uitvinding berust op het principe der superregeneratie. Gebleken is aan aanvrager, dat wanneer een teruggekoppelde kring op de grootste gevoeligheid is ingesteld en de constanten periodiek worden veranderd, zoodat het punt van genereeren telkens wordt overschreden, een nieuwe evenwichtstoestand wordt te voorschijn geroepen, waarbij de versterking extreem groot wordt. Hierbij worden energieversterkingen verkregen, die duizenden malen grooter zijn, dan die, welke met een enkelen teruggekoppelden kring worden verkregen. Gebruikt kan worden een teruggekoppeld thermionisch toestel waarvan de plaatsspanning periodiek wordt gewijzigd of de terugkoppeling of de demping of beide kunnen periodiek gevarieerd worden.

Conclusie: „Werkwijze voor het versterken van variabele elektrische stroomen met behulp van een teruggekoppelden versterker, daardoor gekenmerkt, dat een of enkele van de constanten van den teruggekoppelden versterker, die den toestand van dien versterker bepalen, in een frequentie, die lager is dan die van den te versterken stroom, zoodanig wordt of worden veranderd, dat de versterker boven en beneden het punt van genereeren komt.”

7 blz., 6 concl., 12 fig.



W 153

W 348

RADIO-INRICHTING

Fa. CH. VELTHUISEN

OUDE MOLSTRAAT 18—15^A

KANTOREN EN MAGAZIJNEN

JUFFROUW IDA STRAAT 5

's-GRAVENHAGE.

Tel. 12412 - Anno 1891 - Giro 28376

**H & H Radio materiaal
voor moderne toestelbouw!**

**BY-PASS AND FILTER CONDENSERS
LAVIHEG RESISTANCES.**

**RADIO-TECHNISCH BURAU HERM. VERSEVELDT
PIET HEINSTRAT 87, TEL. 34969, DEN HAAG**

Het meest gesorteerde adres voor onderdeelen!

„Benjamin” lampvoetjes (anti microfonisch) f 1.80. „Pye”
transformatoren 4 : 1 f 15.—. „Pye” smoorspoelen f 12.50.
„R.B.” smoorspoelen f 10.—. „General Radio” transformatoren
1 : 5,95 f 15.—. „General Radio” transformatoren 1 : 2 f 15.—.
„General” Micro condensatoren (40 c.m.) f 3.25. — Bradley,
Wattmell, Lissen onderdeelen. Vraagt „Dominit” accumulatoren!



Geen Radio-Apparaat zonder K.A.W. batterij!

Goedkoop in aanschaffing!
Grootste duurzaamheid in het gebruik!
Soliede en nette uitvoering!

**Men verlange bij aankoop van Radio-
batterijen steeds het merk K.A.W.**

K. A. W. ACCUMULATORENFABRIEK

GOTTFRIED HAGEN A.G. — KEULEN — KALK

Leadstation. Reparatie-inrichting voor alle Batterijen

Vertegenwoordigers: **Mijnssen & Co.**

Keizersgracht 205, Amsterdam.