

# Radio-Expres

**TIJDSCHRIFT VOOR RADIOTECHNIEK**

**REDACTIE: J. CORVER EN Ir. J. L. LEISTRA e. i.**

Redactie en Administratie: Hoylelesingel 15, Hillegersberg

Telefoon No. 47330 - Postgirorekening No. 385246

Dit blad verschijnt op den 1en en 3en Vrijdag van iedere maand. Abonnementprijs f 7.50 per jaar, of f 3.75 per halfjaar, voor het binnenland en f 8.50 per jaar voor het buitenland. Abonnementen kunnen ingaan per 1 Januari en per 1 Juli. Het auteursrecht voor den volledigen inhoud wordt voorbehouden volgens de Wet op het Auteursrecht van 23 September 1912, Staatsblad No. 308.

## De magnetronbuis

voor de opwekking van zeer korte golven

De mogelijkheid om voor allerlei doeleinden in den oorlog zeer korte golven op te wekken van enkele decimeters, en dat met groot momenteel vermogen, heeft geheel berust op de toepassing van magnetronbuizen.

Proeven met oscillatoren volgens dit beginsel dateeren van lang vóór den oorlog. In 1933 en 1934 publiceerden wij een en ander over dergelijke proeven in het Philipslaboratorium en het Phil. Techn. Tijdschrift van Juli 1939 bevat een uitvoerig artikel erover.

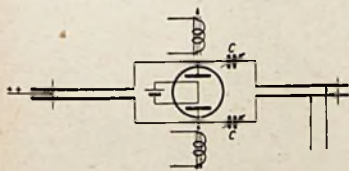


Fig. 1.

Principeschema van een magnetronschakeling met Lecherdraden als afgestemde kringen, waarmede in 1933 en 1934 in de Philipslaboratoria te Eindhoven werd geëxperimenteerd.

De onmogelijkheid om met een vermogen van eenige beteeckenis trillingen van zeer hooge frequentieis op te wekken met een gewone triode berust daarop, dat de duur eener periode zóó klein wordt, dat de tijd, welke de electronen noodig hebben om van gloeidraad naar plaat te vliegen, in vergelijking daarmede niet meer is te verwaar-

loozen. De „looptijd“ der electronen wordt een beletsel voor het onderhouden van zoo snelle trillingen.

Juist in het gebied, waar dit verschijnsel hinderlijk wordt, begint de magnetronbuis van belang te worden, want haar werking berust juist op het brengen van overeenstemming tusschen den looptijd en de op te wekken frequentie. Daartoe is in de magnetron alleen een als rechte gloeidraad uitgevoerde gloeikathode aangebracht, met daaronheen een in een even aantal sectoren verdeelde, cilindrische anode, *zonder* tusschenliggend stuurrooster; de anode is dus minstens in twee helften verdeeld (fig. 1) en elk dezer helften is verbonden met één einde van een afgestemden kring; deze kring kan uit Lecherdraden of uit holle resonatoren bestaan. In de lengte-richting van den gloeidraad wordt met behulp van magneetpolen een sterk magnetisch veld opgewekt, waardoor de uit de kathode tredende electronen (in de ruimte tusschen de kathode en de anode) gekromde banen gaan beschrijven. De vorm dier banen en de duur van den looptijd in die banen is afhankelijk van de afmetingen der ruimte, van de aangelegde anodespanning en van de sterkte van het magnetisch veld. Denkt men zich wisselspanningen in den met de twee anodehelften verbonden afgestemden kring, dan zal beurteilungen de eene anodehelft een hoogere spanning hebben dan de andere. Wanneer men nu een en ander zoo regelt, dat de door de anodehelft met hoogere spanning uit den gloeidraad getrokken electronen in zoodanige baan worden gebracht, dat zij terecht komen op de helft met momenteel



Fig. 2.

Experimentele magnetronbuis van Philips, van meer dan 10 jaar geleden. Er werden op centimetergolven vermogens van enkele watts mee opgewekt.

lagere spanning, dan zal de trilling in den afgestemden kring hierdoor worden onderhouden en dus het systeem oscilleeren. Voor het gemakkelijk doen inzetten der oscillaties bleek destijds een eenigszins scheef verloop van het magnetisch veld ten opzichte van den gloeidraad gewenscht.

Bijzonderheden over de ontwikkeling der magnetronbuizen tijdens den oorlog zijn nog niet volledig bekend, maar uit Amerika komen toch al interessante gegevens tot ons.

Toen de Radar-techniek meer en meer tot het gebruik van zeer korte golven drong, droeg de Britsche Admiraliteit aan een groep onderzoekers aan de universiteit van Birmingham op, het probleem der opwekking van ultrahooge frequenties in studie te nemen. Daaruit kwam een nieuwe vorm van magnetron voort, de cavity-magnetron, d.w.z. een buis, waarin holle resonatoren als afgestemde kringen zijn ingebouwd.

Zooals fig. 3 duidelijk laat herkennen, zijn de rondom een zeer dikke kathode gerangschikte anodesectoren alle onderling verbonden door cirkelvormig uitgeboorde ruimten; dit zijn resonantieholten, welke dienst doen als afgestemde kringen, die telkens tusschen elke twee opvolgende sectoren van de anode zijn gelegen. De holle ruimte vormt hier de zelfinductie van den afgestemden kring en de spleet tusschen elke twee opvolgende anodesectoren vormt de capaciteit.

In onze gewone lamposcillatoren heeft men één enkele afgestemde keten als „tank-kring”, maar om uitvoerbare afmetingen voor magnetronbuizen te verkrijgen, brengt men daar een aantal kringen aan, alle gelijk

afgestemd, door er met hooge precisie gelijke afmetingen aan te geven.

Het afnemen van de uit te stralen energie geschiedt of door een koppelingsdraadlus bij één der tankholten, of door aan één tankholte een opening te geven, uitmondend in een holle golfleider.

De electronenbeweging, die ontstaat doordat in de lengterichting der kathode een magnetisch veld is aangebracht, waardoor de electronen gekromde banen, ten deele om de kathode heen gaan volgen, wordt vergeleken met een luchtstroom, die langs de spleten in de anode blaast en bij de juiste snelheid de met de spleten verbonden holle ruimten doet resonanceeren.

Het fabricceeren van de nieuwe magnetrontypen werd in Amerika ter hand genomen en daar in hoofdzaak aan Raytheon opgedragen. Deze fabriek begon zich in 1940 te specialiseeren in magnetrons. De vervaardiging was een peuterig precisiewerk; toen in den herfst van 1941 de productie 17 stuks

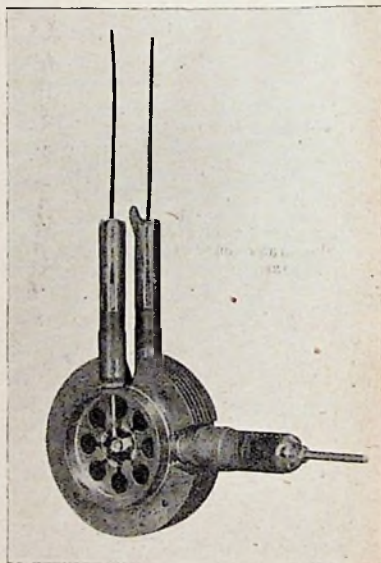


Fig. 3.

Inwendige van een moderne 10 cm magnetron. Men ziet de acht holle ruimten en den draadring, die de anodesectoren om de andere doorverbindt. De dikke kathode in het midden heeft geen andere bevestiging dan die aan de toevoerdraaden voor het gloeilichaam. Rechts steekt de output-verbinding naar buiten.

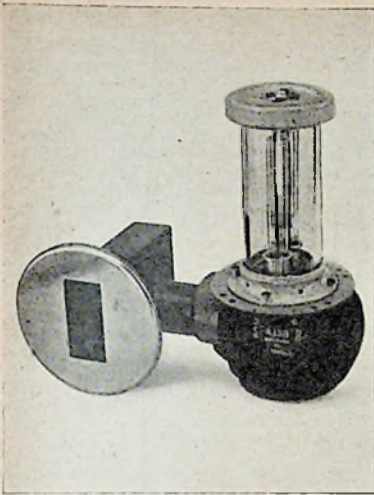


Fig. 4.

Geheel gemonteerde magnetron (zonder de magneet) van groot vermogen, n.l. 850 kilowatt met een frequentie van 3600 MHz (golflengte 8,3 cm). Totale hoogte ruim 25 cm. Boven op de buis van pyrexglas, die de toevoerdraden naar den gloeidraad omgeeft, is een metalen ring aangebracht, die als coronascherm dienst doet wegens de hooge bedrijfsspanning van 30 kilovolt. Een draadlus, gekoppeld met één der holle resonantieruimten, is inwendig verbonden met een coaxiale leiding, die uitmondt in de holle golfleidersectie geheel links.

per week bedroeg, werd dit als een geweldige prestatie beschouwd. Maar de behoefte aan deze buizen nam zoo snel toe, dat de Amerikaanse marine kapitaal beschikbaar stelde om er een geheel nieuwe fabriek voor te bouwen. Den 18en Mei 1942 betrok Raytheon deze ultra-geheime fabriek, waar men 100 magnetrons per dag hoopte te vervaardigen.

Destijds kostte elke magnetron 100 man-uren precisie-arbeid; daar kwamen nog 3 à 4 uren contróle en eenige uren beproeving bij. En terwijl de nieuwe fabriek nog bezig was, op gang te komen, steeg de vraag naar magnetrons niet meer van tientallen op honderdtallen, maar tot tienduizenden. Het liet zich aanzien, dat er nog lang niet genoeg machines en gereedschappen waren om aan zulk een vraag het hoofd te bieden. En de geheele radar-techniek, waarom een

groot deel der oorlogvoering draaide, was afhankelijk van deze productie.

Gelukkig wist de leider der onderzoek-afdeling van Raytheon, Percy L. Spencer, een systeem van massaproductie te ontwikkelen, waarbij de individueele precisie-arbeid overbodig werd en waardoor de nieuwe fabriek in eens van 100 per dag kwam op 1000 per dag. Raytheon slaagde er daardoor in, meer dan de helft der over de geheele wereld gebruikte magnetrons in haar eene fabriek te produceren.

Het nieuwe fabricage-proces kwam hierop neer, dat men de resonantieholten niet langer in massief zuurstofvrij koper liet boren, maar door een ponsmachine dunne plaatjes van het materiaal liet uitpensen om daarna door opstapeling en een soort van lasch-proces het anodelichaam te verkrijgen. Deze lamelleeringmethode bracht de oplossing voor de massaproductie. Er werden bijv. om en om plaatjes van 5 cm en van  $7\frac{1}{2}$  cm op elkaar gelegd, zoodat aan de buitenzijde de grootste tevens koelribben vormden.

Naarmate de oorlog voortduurde, ontstonden telkens nieuwe typen. Ten slotte waren er wel 50 verschillende. Eerst bedroeg het rendement ongeveer 20 %, later werd dit 50 %. Een betere verhouding van capaciteit tot zelfinductie bracht een deel dezer winst. Verder werd nog groote verbetering bereikt door de anode-sectoren om de andere door te verbinden met een koperen ring (zie fig. 3). Kleine resterende verschillen tusschen de resonatoren worden daardoor uitgebalanceerd omdat zij gedwongen worden, in de pas te blijven.

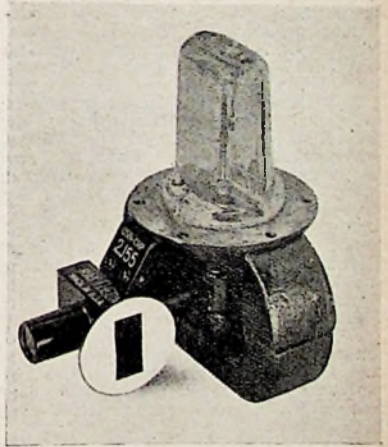


Fig. 5.

De 2J55 voor een golflengte van 3,2 cm. Totale hoogte 15 cm.



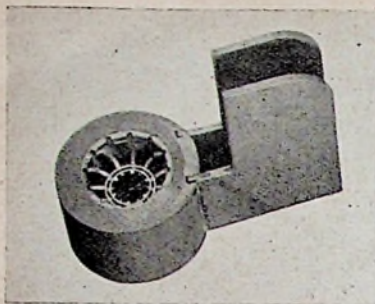


Fig. 6.

Inwendige van een magnetron met nog weer anderen vorm voor de 12 holle ruimten. Men ziet hier duidelijk twee ringen, waarvan de eene 6 der 12 anodesectoren (telkens één overslaande) doorverbindt, terwijl de andere ring de overige 6 anodesectoren met elkaar verbindt. Rechts koelribben.

Een andere verbetering betrof de afstembaarheid, want aanvankelijk zag het er naar uit, dat men voor elke afzonderlijke frequentie een speciale magnetron moest maken. Eenige afstemming bleek mogelijk als men een verschuifbaren metalen ring aanbracht bij het gesloten eind der holle ruimten. De grootste moeilijkheid was, een van buiten bedienbare stelinrichting aan te brengen, die werkte op den binnen in de tot zeer hoog vacuum gepompte ruimte aanwezigen ring. Volgens dit systeem laat een magnetron voor 3000 MHz (10 cm) zich bijv. 100 MHz verstemmen.

Het magneetveld der oorlogsmagnetrons werd steeds met permanente magneten verkregen, die aanvankelijk zeer zwaar waren. Door echter poolstukken in de luchtledige buizen zelf in te bouwen, kon het gewicht van de uitwendige magneet in een bepaald geval van bijna 4 kg op ruim  $\frac{3}{4}$  kg teruggebracht worden.

Het vermogen, dat bij puls-uitzendingen aanvankelijk piekwaarden van 80 tot 100 kW bedroeg, werd geleidelijk tot 500 kW opgevoerd. En dit was nog niet genoeg. Men bereikte 1000 kW.

Zeer moeilijk te vervaardigen waren de kathoden, gevormd door nikkelen buisjes met lagen van geactiveerde barium- en strontium-oxyden, die bij een anodespanning van 30000 volt emissie-pulsen van 100 ampère moesten geven. De ontwikkeling der genoemde vermogens in buizen, die niet grootter zijn dan een normale 500 watt zendpit, is natuurlijk alleen mogelijk in puls-bedrijf, als de werktijd slechts 1/1000ste deel is van de tusschentijden tusschen de

pulsen. Momenteel moet het vermogen echter toch maar geleverd worden.

Een der machtigste magnetrons is het type 4J31, dat inderdaad pulsen van 1000 kW levert.

Het nieuwste snuffje op het gebied van buizen voor centimetergolven is de 2J55, die bij 12000 volt anodespanning en 12 ampère anodestroom een pulsvermogen van 50 kW levert en met magneet en al 750 gram weegt. De frequentie is 9400 MHz (golfl. 3,2 cm).

Intusschen heeft men in verband met Radar nog allerlei andere buizen voor ultrahoge frequenties moeten ontwikkelen dan de voor zendervermogen noodzakelijke magnetrons. Ook daarover zal geleidelijk wel meer bekend worden.

Er bestaat geen twijfel, dat nu ook voor vredesdoeleinden op tal van manieren zal worden partij getrokken van de ervaringen, die met de toepassing van zeer korte golven zijn opgedaan, waarbij de magnetronbuis in zendtoestellen onmisbaar zal zijn. Voor het handhaven van het luchtverkeer, ook bij slecht weer, zal de ukg-techniek een geweldige steun blijken. Ook zal het niet meer noodig zijn, dat schepen bij mistig weer moeten gaan stil liggen voor de haven, waar zij willen binnenloopen. Bij dit alles zal de magnetron een rol spelen en het is wel zeker, dat nog vele nieuwe toepassingen gevonden zullen worden op terreinen, die nu nog niet onder de aandacht zijn genomen.

## Examens Radiotechnicus en -Monteur

Het bestuur van het Nederlandsch Radiogenootschap deelde ons mede dat het in de bedoeling ligt in de tweede helft van Maart het schriftelijke examen te houden voor Radio-Technicus en Radio-Monteur.

Zij die aan dit en eventueel aan het daarop volgende mondelinge examen wenschen deel te nemen, moeten zich vóór 15 Maart a.s. opgeven aan het secretariaat van de examen-commissie van het Nederlandsch Radiogenootschap, Sweelinckplein 71, Den Haag.

De kosten tot deelname ten bedrage van f 15,— voor het examen Radio-Monteur en f 20,— voor het examen Radio-Technicus moeten eveneens voor dien datum gestort worden op postrekening 23454 ten name van B. Slikkerveer, secretaris der examen-commissie, 's-Gravenhage.

## Vonkje

De golflengte van den regionalen omroepzender Zuid te Beek in Limburg is gewijzigd in 219 m (1370 kHz). De golflengte van 245 m (1224 kHz) wordt nu gebruikt voor een nieuw in dienst gestelden regionalen zender Noord, in de omgeving van Hoogezand.

# Een frequentiemeter voor golven van 125 tot 25 centimeter

Hoe meet men zulke korte golven?

Daar zijn verschillende methoden denkbaar voor. Bij een zender, dien men een systeem van Lecher-draden laat aanstooten, kan men regelrecht met een duimstok de golf lengte nagaan.

Dat is in den tijd, dat men enkel nog vonkzenders kende, al veelvuldig toegepast. Maar Lecherdraden zijn nu eenmaal niet zeer handig en eenvoudig te hanteeren. Bij pogingen om den wél zeer eenvoudigen „klik“-golfmeter voor uiterst korte golven geschikt te maken, stuit men op de moeilijkheid, dat de zelfinductie van den afgestemden „kring“ niet meer klein genoeg kan worden gemaakt als men den kring op de gewone wijze wil samenstellen. Een normale draaicondensator met kortgesloten klemmen levert in den nulstand meestal nog afstemming op een golflengte van eenige meters.

In Amerika is nu een nieuwe vorm van afgestemden kring bedacht, die het voordeel heeft, dat hij zooals elke normale CL-keten door draaien aan een knop kan worden verstemd en die toch zoo is samengesteld, dat men in frequenties van honderdtallen megahertz komt. Deze kring heeft den naam verworven van *Butterfly-circuit*, hetgeen wij letterlijk met *Vlinderkring* kunnen vertalen.

De „vlinderkring“ bestaat in beginsel uit een enkele, gesloten winding, waaraan op diametraal tegenover elkaar liggende punten twee naar binnen uitstekende capaciteitsvlakjes zijn aangebracht, terwijl draaibaar op een asje in het middenpunt der winding een uit twee vleugeltjes bestaande rotor is

gemonteerd, die met de capaciteitsvlakjes van de winding een „split stator“-condensator-tje vormen. Door draaien van den rotor worden capaciteit en zelfinductie van den kring beide gevarieerd, hetgeen een groot afstembereik geeft van bijv. 1 : 5. De uit elkaar gedraaide platen veroorzaken n.l. een verkleining der zelfinductie door de dwarrelstroomen, die erin optreden. De draaipunten van den condensator voeren bovendien géén stroom, met alle voordeelen daarvan. In de practische uitvoering voor zeer hooge frequenties gebruikt men een aantal, in één pakiet parallel met elkaar verbonden platte ringen in plaats van één winding, waarbij de condensator ook een overeenkomstig groot aantal platen krijgt.

Die Vlinderkring is het hart van een nieuwen golfmeter van General Radio, die in den *G.R. Experimenter* van October 1945, ons door de fa. Posthumus te Baarn toegezonden, wordt beschreven. Het is een golfmeter, die niet voor uiterste precisie kan dienen, maar die voor practisch gebruik de voordeelen biedt van geringe afmetingen, gemakkelijke hanteering, directe afleesbaarheid en groot bereik.

Naast de mogelijkheid om het instrument als klikgolfmeter te gebruiken bij een oscillator, dus de klik van een meter in den voedingskring van den oscillator waar te nemen, is het voorzien van een met den Vlinderkring gekoppelden *kristaldetector* en mA meter, waardoor men op den golfmeter zelf den meteruitslag bij resonantie kan waarnemen. De detector bestaat uit een

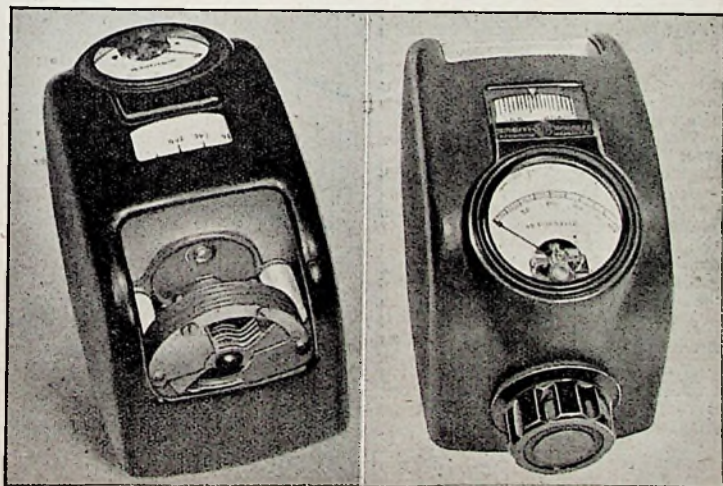


Fig. 1.



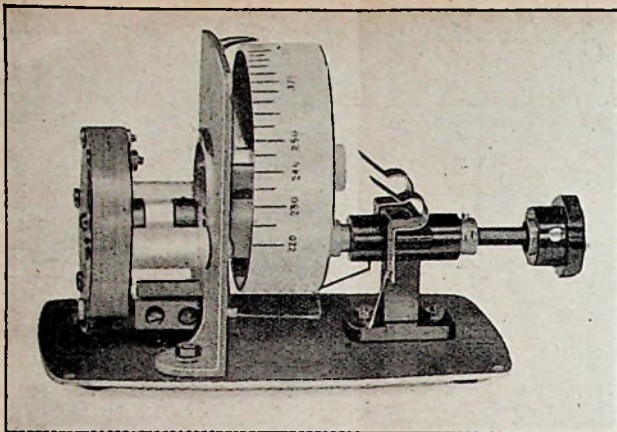


Fig. 2.

silicon-kristal met contact daarop makende wolframdraad. De detector is ingesloten in een busje van keramisch materiaal, dat als een patroon gemakkelijk uitgewisseld kan worden. Dergelijke kristaldetectoren zijn met de type-symbolen 1N21 en 1N22 verkrijgbaar. De meter is parallel geschakeld met den detector, zoodat deze goed beschermd is tegen overbelastingen.

De resonantiefrequentie van den met den Vlinderkring tamelijk vast gekoppelden detectorkring is 1600 MHz. Deze hooge resonantiefrequentie is verkregen door het detectorbusje te monteren in een metalen blok en slechts een klein draadlusje aan te brengen voor de koppeling met den vlinderkring. Het metalen blok is beneden in fig. 2 zichtbaar als onderdeel van het gietstuk, waarop de geheel links zich bevindende vlinderkring is bevestigd; rechts van dien gegoten opstand ziet men de schaal en den knop met overbrenging.

De verdeeling op de trommelschaal is ongeveer  $22\frac{1}{2}$  cm lang en de knop moet drie volledige omwentelingen maken om het bewegende deel van den vlinderkring te draaien over de 90 graden, waardoor het geheele bereik wordt doorlopen.

Het geheele huis van den golfmeter kan gemakkelijk in één hand in de nabijheid van een oscillator worden gehouden, terwijl men met de andere hand draait aan den afstemknop. Links in fig. 1 ziet men hoe in de achterzijde van den golfmeter een doorzichtig raam is aangebracht, waardoor men den vlinderkring kan zien. Dit vergemakkelijkt het kiezen van den besten stand voor koppeling met den oscillator.

Golfmeters van soortgelijke samenstelling op langere golf lengten hebben het voordeel, dat zij nooit op harmonischen reageeren. Dat is hier wel mogelijk. De detectorkring

kan n.l. met harmonischen van den oscillator in resonantie zijn. Bovendien zijn onjuiste aanwijzingen mogelijk doordat de afmetingen van bepaalde onderdelen van den kring niet meer verwaarloosbaar klein zijn in verhouding tot de te meten golf lengte. Gewoonlijk zijn de verliezen in aldus gevormde kringen echter grooter dan de verliezen in den eigenlijken golfmeterkring, zoodat men bij afstemming van dezen laatste toch een veel grooteren uitslag verkrijgt.

## Verbeteringen

In R.-E. no. 1 van 11 Januari j.l. leze men in het artikel over „Bovenaardsche zenders” op blad 7, 2de kolom aan het slot: „Aangezien v voor vloeibare brandstof” enz. en ~~met V.~~

Als datum der in R.-E. 1945 no. 8 vermelde waarneming van zichtbare drukgolven in de lucht werd vermeld de Zondag der luchtlanding bij Arnhem; dat is onjuist; het was Zondag 3 September.

## Vonkje

Den 5den Februari overleed te Nijmegen op 64-jarigen leeftijd de heer Leonard Bal, die begin 1918 de eerste was, die een Nederlandsche radio-ontvanglamp in den handel bracht. De toenmalige firma Bal te Breda produceerde verschillende uitvoeringen van ontvangtoestellen met glijcontactspoelen. De heer Bal was te Nijmegen marconist bij het Ministerie van Wederopbouw.



Hoewel de frequentiemodulatie reeds lang bekend is, heeft men dit modulatiesysteem langen tijd links laten liggen. Het werd weinig toegepast omdat destijds de resultaten met FM niet gunstiger waren dan met AM en bovendien had FM dan nog het bezwaar van de veel grotere bandbreedte. In Mei 1936 is een Amerikaansche voorstel binnengekomen op een conferentie der CCIR, dat inhield FM toe te passen met veel grotere frequentieafwijkingen t.o.v. de draaggolf, dan men gewend was. Men wilde de maximale frequentieafwijkingen  $\Delta\omega$ , in de wandeling „swing” genaamd, eenige malen grooter maken dan de hoogste modulatiefrequentie. Men beweerde, dat zulks een groote verbetering zou beteekenen. Armstrong had proeven gedaan met een swing van 100 kHz, hetgeen een bandbreedte in beslag neemt van 200 kHz, die practisch niet in het middengolfgebied is onder te brengen. In den golfband van 500-1500 kHz zou een zender met een bandbreedte van 200 kHz een plaats innemen, waar nu c.a. 20 zenders werken. In de meter- en decimeter golfbanden kan zulk een band echter met gemak worden ondergebracht. Op een 6 meter golf (50 MHz) is de relatieve bandbreedte voor 200 kHz slechts 4 pro mille, hetgeen smaller is dan die van Hilversum I (955 kHz en 9 kHz bandbreedte), n.l. 9 pro mille.

Door toepassing van een groote swing is het mogelijk, een in groote mate storingsvrije ontvangst te verkrijgen. Echter zijn er nog meer voordeelen aan FM verbonden, n.l.

- een gunstiger signaal-ruischverhouding dan bij amplitudemodulatie.
- atmosferische storingen, die zich altijd als AM uiteten, hebben geen effect in een ontvanger voor freq. gemoduleerde signalen. Voor zulke signalen blijft n.l. de amplitude constant bij modulatie en door den ontvanger wordt deze, als ze door atmosferische en andere oorzaken niet meer constant mochten zijn, weer constant gemaakt.
- er wordt minder last van andere zenders ondervonden.
- een goede ontvangst is nog mogelijk met belangrijk kleinere veldsterkten dan bij AM.
- een groote selectiviteit behoeft niet de kwaliteit te schaden in die mate als bij AM het geval is.

Men krijgt deze voordeelen echter niet voor niets. Er moet voor gezorgd worden, dat de frequentieafwijking  $\Delta\omega$  enkele malen grooter is dan de hoogste modulatiefrequentie p. Men kiest bijvoorbeeld een modu-

latie-index  $m = \frac{\Delta\omega}{p}$  van 10 en bovendien

moet de frequentieafstand van twee zenders tenminste  $2 \Delta\omega$  bedragen. Is  $\Delta\omega = 100$  kHz dan moeten de zenders minstens 200 kHz uit elkaar liggen. Men zal na al deze opsommingen wel hebben begrepen, dat apparatuur voor FM geheel verschillend moet zijn dan die voor AM.



Denkt men den condensator C in het oscillatorschakelingetje van fig. 1 variabel, dan zal de frequentie, die deze schakeling opwekt, variëren, als de capaciteit van dezen condensator veranderd wordt. Verandert men C in het rythme van spraak of muziek, dan zal er een frequentie opgewekt worden, die ook verandert in dat rythme. Daartoe zou men C vervangen kunnen denken door een condensatormicrofoon. Met deze schakeling zou men dan in staat zijn om frequentie-gemoduleerde trillingen op te wekken. In fig. 2 staat een kristaloscillatorschakeling afgebeeld. Deze wekt steeds een frequentie op van een bepaalde waarde, die door het kristal wordt bepaald. Gaat men nu den L-C kring iets buiten afstemming leggen, door C te veranderen, dan verandert de opgewekte frequentie niet maar wel de fasehoek tusschen stroom en spanning. Veranderen we nu C in het rythme van spraak of muziek, dan zal de fasehoek analoog variëren. Hier heeft men dus een geval van phasemodulatie.

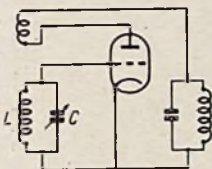


Fig. 1.

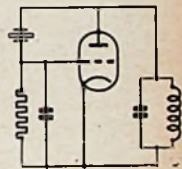


Fig. 2.

Deze schakelingen dienden alleen maar om het principe aan te geven. De werkelijke uitvoering van FM of PM is meestal anders.

Een in de Amerikaansche legerzenders veel toegepaste methode staat in fig. 3 afgebeeld. De werking ervan komt in het kort hierop neer. Een oscillatorschakeling met kristal zorgt voor een bepaalde constante frequentie, die toegevoerd wordt aan het rooster van een tweede buis B. Aan dit rooster wordt tevens, via een transformator Tr,



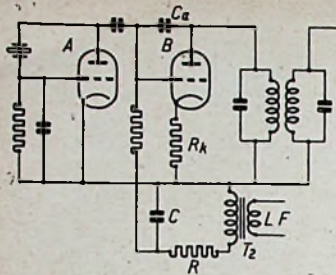


Fig. 3.

het laagfrequent signaal toegevoerd, dat gemoduleerd moet worden op de frequentie van den kristaloscillator. De buis B is ingesteld in het kromme deel van de  $I_p/U_a$ -karakteristiek en is door den kathodeweerstand  $R_k$  in een bepaald werkpunt van deze karakteristiek ingesteld, (fig. 4). De opgewekte hoogfrequente spanning met frequentie  $\omega$  veroorzaakt spanningen in de plaatketen van de buis B op twee manieren:

- via een kleinen condensator  $C_a$  tussen rooster en plaat.
- via de elektronische koppeling tussen rooster en plaat.

De twee componenten samengesteld, leveren de uiteindelijke plaatwisselspanning op. De eerste component  $U_1$  is constant van grootte, de tweede  $U_2$ , die vanwege de elektronische koppeling  $180^\circ$  faseverschoven is, is afhankelijk van de versterking van de buis. Er is nu een uiteindelijke spanning  $U_a$  (fig. 5a) in de plaatketen terecht gekomen. Als men nu eens de negatieve roosterspanning van de buis vergrootte, dan werd het werkpunt P (fig. 4) meer naar links verschoven, de component  $U_2$  werd, tengevolge van de kleinere steilheid in het nieuwe werkpunt, ook kleiner en de somspanning was t.o.v. den stand in fig. 5a iets naar boven gedraaid. In de praktijk zijn  $U_1$  en  $U_2$  niet geheel in tegenfase, maar ze maken een heel stomper hoek, zoals ook uit fig. 5 blijkt. Maakt men de negatieve roosterspanning daarentegen kleiner, dan verschuift het werkpunt P naar een deel van de kromme met grootere steilheid, zodat de component

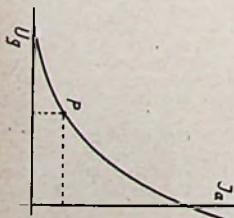


Fig. 4.

$U_2$  grooter wordt. Deze samengevoegd met de constant gebleven  $U_1$ , doet een somspanning  $U_a$  ontstaan, die t.o.v. den stand in fig. 5a naar beneden gedraaid is. Gaat men er toe over om de negatieve roosterspanning te varieren, door een wisselspanning op de primaire van den transformator Tr te zetten, dan verschuift het werkpunt P dientengevolge heen en weer tusschen punten met kleinere en met grootere steilheid. Daarom varieert ook  $U_2$  in het rythme van deze wisselspanning op den transformator. Het resultaat is een spanning  $U_a$ , die over den phasehoek  $\varphi$  verschoven wordt. Men heeft dus een hoogfrequente spanning verkregen, die door een laagfrequente spanning heen en weer bewogen wordt over een bepaalden hoek. Met andere woorden: de spanning  $U_a$  is phase-gemoduleerd.

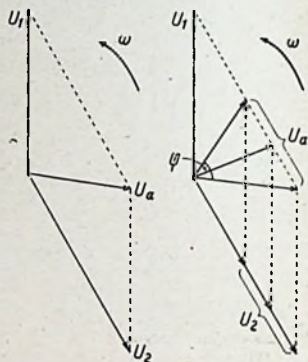


Fig. 5a.

Fig. 5b.

Daar men echter gaarne FM wenscht in plaats van PM, worden de laagfrequente spanningen van den transformator Tr over een RC-combinatie aan het rooster van B toegevoerd, waardoor de spanningen op het rooster omgekeerd evenredig met de frequentie van het ingangssignaal zijn geworden. Het mechanisme der PM, dat voor toenemende frequenties immers evenredig grotere frequentie-afwijkingen van de draaggolf geeft, wordt hierdoor dan weer teruggebracht tot een systeem met een van de modulatiefrequenties onafhankelijke swing. Zoo is dus de aanvankelijke phasemodulatie veranderd in frequentiemodulatie, die immers het kenmerk had van een swing, die onafhankelijk is van de frequentie van het ingangssignaal en alleen evenredig met de spanning hiervan.

Als aardige bijzonderheid dient nog te worden vermeld, dat de condensator  $C_a$ , die de hoogfrequente spanning (fig. 3) direct aan de plaatketen toevoert, niet een uitwendig aangebrachte condensator is, maar de (inwendige) buiscapaciteit tusschen rooster en plaat.

v. d. B.



# impedantie-transformator

Met belangstelling heb ik het artikel „De kathodeweerstand-versterker” in het laatste nummer van R.-E. gelezen.

Zooals daarin terecht wordt opgemerkt, verkrijgt de toepassing van deze schakeling speciaal reden van bestaan indien een spanningsbron van hoge impedantie moet worden gekoppeld aan een belasting van lage impedantie en indien een gewone transformator niet kan worden toegepast.

In plaats van „kathodeweerstand-versterker” kan men daarom wellicht beter spreken van een *triode als impedantie-transformator* omdat deze laatste benaming beter het doel aangeeft, dat met de schakeling wordt beoogd.

Zoo'n triode als impedantie-transformator kan bijvoorbeeld uitstekend worden gebruikt om bij een toongenerator een laagohmigen uitgang te verkrijgen.

Veel meer dan bij gewone laagfrequent-versterkers wordt er bij toongeneratoren naar gestreefd om in het geheele frequentiegebied de uitgangsspanning zoo goed mogelijk constant te houden en bovendien moet de niet-lineaire vervorming uiterst gering zijn, o.a. om vervormingsmetingen al niet bij voorbaat onmogelijk te maken.

Een en ander stelt zeer hoge eischen aan den uitgangstransformator, vooral wanneer deze bovendien primair den meestal vrij grooten anodeglijkstroom van de eindlamp moet voeren en derhalve met een voldoende groote luchtspleet in de kern dient te worden uitgevoerd.

Interferentie-toongeneratoren worden veelal uitgevoerd met een uit een balansschakeling van twee trioden bestaanden eindtrap.

Voor dit geval kan nog wel een vervormingsvrije uitgangstransformator met een kleine luchtspleet in de kern worden gemaakt, die binnen 1 db recht is van 30—30.000 Hz, bij secundair ohmsche belasting. Met voldoende spanningstegekoppeling vanaf de secundaire van den uitgangstransformator terug naar den ingang van den laagfrequentversterker kan de frequentie-karakteristiek van den geheelen versterker, met inbegrip van den uitgangstransformator, dan binnen 0,5 db recht worden van 20—50.000 Hz.

Een dergelijke versterker, met in den eindtrap twee lampen EL2 geschakeld als trioden in balans, met een totale vervorming van ongeveer 0,1 % bij een afgegeven energie van circa 1 watt, wordt toegepast in een interferentie-toongenerator met een bereik van 0—50.000 Hz die op het Radiolaboratorium der P. T. T. werd vervaardigd.

RC-toongeneratoren worden nagenoeg steeds met een enkele eindlamp uitgerust, zoodat de uitgangstransformator primair den anodeglijkstroom van de eindlamp moet voeren; tenzij de anode van de eindlamp over een groote smoorspoel met luchtspleet wordt gevoerd en de uitgangstransformator zgn. „stroomloos” wordt geschakeld.

In het eerste geval is het practisch niet mogelijk om een uitgangstransformator te maken, die zeer geringe niet-lineaire vervorming geeft en die bovendien voor een uitgestrekt frequentiegebied geschikt is. Dit is des te meer jammer daar juist de RC-toongenerator op zeer eenvoudige wijze door het omschakelen van eenige weerstanden, voor een zeer uitgestrekt frequentiegebied kan worden gemaakt en bovendien zelf zeer weinig harmonischen produceert. Hier is het de uitgangstransformator, die al gauw een bovenste grens aan het bereikbare frequentiegebied stelt en die de vervorming bij lage frequenties bepaalt.

Bij een RC-toongenerator, die zonder spoelen werkt, is het eigenlijk niet meer dan logisch dat men ook den uitgangstransformator tracht te elimineeren. Dit wordt wel gedaan door de uitgangsspanning af te nemen van een weerstand in den plaatkring van de tweede lamp, dus parallel aan het RC-brugcircuit. Door dezen weerstand als een potentiometer uit te voeren, kan de grootte van de uitgangsspanning worden geregeld.

De aan deze methode verbonden nadeelen zijn:

1o. de uitgangsimpedantie van den toongenerator wordt hoogohmig en kan derhalve slechts een geringe belasting velen;

2o. de grootte en de aard van de uitwendige belasting heeft invloed op de vervorming en — in geringe mate — ook op de frequentie.

In hoeverre deze nadeelen aanwezig zullen zijn, is afhankelijk van den stand van het glijcontact op den potentiometer, dus van de sterkteregeling.

In zoo'n geval geeft de toepassing van een triode als impedantie-transformator een ideale oplossing.

Op het Radiolaboratorium der P. T. T. is dit bijvoorbeeld toegepast in een RC-generator met een bereik van 20 Hz tot 212 kHz, onderverdeeld in 5 elkaar eenigszins overlappende bereiken.

Het eigenlijke generatordeel bevat als lampen een EF6 en een EL2, beide geschakeld als triode met weerstandskoppeling en niet overbruggen kathodeweerstand. Als amplitude-begrenzend element fungeert op

de gebruikelijke wijze een in de kathode der EF6 opgenomen gloeilamp (die men wel de karakteristieke benaming „dobber” aanduidt, vanwege het langzaam „uitdobbieren” der temperatuur bij plotselinge spanningsveranderingen). De EL2 wordt gevolgd door een EL3 als impedantiëstransformator, waarvan fig. 1 de schakeling geeft.

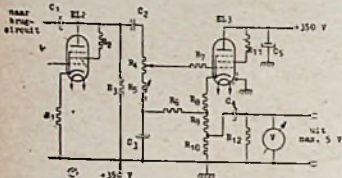


Fig. 1

- $R_1 = 500 \text{ Ohm}, 2 \text{ W}$
- $R_2 = 100 \text{ Ohm}$
- $R_3 = 10 \text{ kOhm}, 10 \text{ W}$
- $R_4 = \text{potentiometer } 0-100 \text{ kOhm}$
- $R_5 = \text{var. weerstand } 0-10 \text{ kOhm}$
- $R_6 = 20 \text{ kOhm}$
- $R_7 = 1000 \text{ Ohm}$
- $R_8 = 250 \text{ Ohm}, 2 \text{ W}$
- $R_9 = 500 \text{ Ohm}, 5 \text{ W}$
- $R_{10} = 500 \text{ Ohm}, 2 \text{ W}$
- $R_{11} = 100 \text{ Ohm}$
- $R_{12} = 10 \text{ kOhm}$
- $C_1 = 16 \mu\text{F}/450 \text{ V electrol.}$
- $C_2 = 1 \mu\text{F papier}$
- $C_3 = 50 \mu\text{F}/50 \text{ V electrol.}$
- $C_4 = 50 \mu\text{F}/25 \text{ V electrol.}$
- $C_5 = 32 \mu\text{F}/450 \text{ V electrol.}$

De uitgangsspanning wordt afgenomen van een 500-ohm weerstand  $R_{10}$  in de kathode van EL3. Deze weerstand vormt slechts 40 % van den totalen kathodeweerstand, zoodat 60 % van de uitgangsenergie wordt prijs gegeven. Dit was hier geen bezwaar omdat meer naar minimale vervorming dan naar groote uitgangsenergie werd gestreefd en de geteekende uitvoering heeft het voordeel, dat de uitgangsklemmen nagenoeg kunnen worden kortgesloten zonder dat de vervorming noemenswaard toeneemt.

De uitgangsspanning wordt geregeld met potentiometer  $R_4$  en met variabele weerstand  $R_5$  (respectievelijk grof- en fijnregeling). Deze spanningsregeling en ook de uitwendige impedantie kan uiteraard in het geheel geen nadeeligen invloed op de vervorming of de frequentie uitoefenen.

De uitgangsspanning bedraagt maximaal 5 volt bij een totale vervorming van minder dan 0,5 %. De afgegeven spanning wordt gemeten met een ingebouwen diodevoltmeter  $V$  met gecompenseerden diode-aanloopstroom. Deze uitgangsspanningsmeter, die een meetbereik van 0-5 volt heeft met een nagenoeg lineaire schaal, is vanaf 20 Hz tot enkele MHz binnen 1 % frequentie-onaf-

hankelijk en heeft een voldoende hooge ingangsimpedantie (circa 70.000 ohm) om geen bijdrage aan de vervorming te kunnen leveren.

De uitgangsspanning varieert in het geheele gebied van 20 tb tot circa 200.000 Hz niet meer dan 0,2 db (2 %), wat o.a. is bereikt door bij ieder bereik ook den weerstand om te schakelen, die tezamen met het gloeilampje de mate van tegenkoppeling bepaalt, en wel zood dat de uitgangsspanning bij omschakeling op een volgend bereik constant blijft.

Een dergelijke frequentie-onafhankelijke uitgangsspanning zou uiteraard met geen enkelen uitgangstransformator kunnen worden verkregen.

Voor bepaalde doeleinden zou het eventueel een nuttige uitbreiding kunnen zijn om weerstand  $R_{10}$ , waarvan de spanning wordt afgenomen, als een decimalen verzwakker uit te voeren, zoodat met een schakelaar met 5 standen naar keuze de geheele door  $V$  aangewezen spanning kan worden afgenomen, dan wel een tiende-, honderdste-, duizendste- of tienduizendste deel daarvan. Men kan dan een uitgangsspanning van 0,5 milli-volt afnemen, die wordt gemeten als een spanning van 5 volt. Dit is gemakkelijk bij het doormeten van gevoelige versterkers, zoodals bijvoorbeeld microfoon-versterkers. Fig. 2 geeft aan hoe een dergelijke verzwakker zou kunnen worden uitgevoerd.

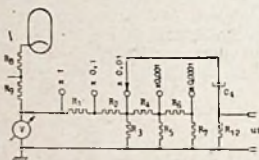


Fig. 2

- $R_1 = 450 \text{ Ohm}$
- $R_2 = 45 \text{ Ohm}$
- $R_3 = 5,55 \text{ Ohm}$
- $R_4 = 45 \text{ Ohm}$
- $R_5 = 5,55 \text{ Ohm}$
- $R_6 = 45 \text{ Ohm}$
- $R_7 = 5 \text{ Ohm}$

De weerstanden  $R_1$  tot en met  $R_7$  in fig. 2 dienen uiteraard tenminste voor het door den toongenerator bestreken gebied frequentie-onafhankelijk te zijn. Hiervoor komen in aanmerking op dunne kaartjes isolatiemateriaal inductie-arm gewikkelde weerstanden met Ayrton-Perry-kruiswikkeling (zie hiervoor fig. 4 blad. 186, R.-E. 1940).

De geheele verzwakker met bijbehorenden schakelaar, uitgangsklemmen en uitgangskabel dient deugdelijk te worden afgeschermd.

L. V. VIDDELEER,  
Radiolaboratorium P. T. T.  
Den Haag.



# H.F. STROOMEN IN DE BIOLOGIE

Een bijzonder effect  
Ook hier impuls-  
zender-techniek

De ouderen onder onze lezers zullen zich wellicht herinneren, dat tijdens de opkomst van de kortegolf-techniek uit Amerika wonderlijke verhalen tot ons kwamen. In de nabijheid van de antennes werden worsten gekookt, als men ze daar maar ophing aan een touwtje, men had er gratis een diathermiebehandeling enz. Te Krootwijk hebben wij het meegemaakt, dat het beetpakken van een gewone kraan van de waterleiding een aangenaam, warm gevoel veroorzaakte tot in den bovenarm toe; zware ebonieten staven, welke dienden om de koppeling van afstemspoelen te wijzigen, werden week en maakten ten slotte een sierlijke buiging, hetgeen door het betreffende personeel allesbelieve op prijs werd gesteld.

Nu is het gebruik van h.f.-stroomen in de biologie heelemaal niets nieuws, want er bestaan al jaren lang kleine kortegolf-zender-tjes voor zuiver medische doeleinden. Toch is dit terrein niet heelemaal afgegraasd, want het Niro Laboratorium te Kopenhagen heeft zich gedurende de afgelopen vier jaren bezig gehouden met een systematisch onderzoek naar het effect van h.f.-stroomen op biologische objecten. Het doel van dit onderzoek was niet zoozeer het reeds bekende warmte-effect nader te bestudeeren, maar men wilde nagaan, of daarnaast wellicht andere effecten te voorschijn zouden komen in weefsels, bacteria, virus enz.

Bij de tot dusver gebezigde methoden overdekte het warmte-effect echter alle andere verschijnselen.

De frequentie, waarmede aanvankelijk ge-experimenteerd werd, bedroeg 20.000 kHz. Met behulp van een modulator werd de stroom periodiek in en uitgeschakeld met een frequentie van 10 tot 100 kHz en wel zoodanig, dat de terugloopstroomimpulsen gescheiden waren van de stroomvrije perioden, welke een factor  $n$  maal zoo groot waren als de enkele stroomimpuls. De factor  $n$  kan bij den modulator gevarieerd worden tusschen 3 en 20. De warmte, die bij zulk een modulator wordt opgewekt, heeft meer kans zich te verspreiden, dan bij een continuen stroom. Bij een bepaalde koeling van het object is het mogelijk,  $n$  zoo in te stellen, dat de temperatuur van het object, waar de stroom doorheen gaat, beneden de temperatuur blijft waarbij effecten gaan optreden, die het gevolg zijn van de opgewekte warmte. Vloeistoffen kunnen intermitterend tusschen de elektroden van een ongemoduleerd h.f.-apparaat passeeren en na elken doorgang gekoeld worden, maar, als een te snelle stroom het moeilijk maakt, een uniforme snelheid in alle deelen van de vloeistof te verkrijgen en daarbij een uniforme behandeling, is het in dit geval belangrijk,

den electrischen stroom te moduleren. Bij een gemoduleerden stroom is de werkelijke tijd van behandeling alleen de tijd, gedurende welken hij door het object gaat, n.l.  $1/n$  de deel van den totalen tijd van de behandeling. Het effect, dat hieronder beschreven zal worden, wordt veroorzaakt door het electriche veld van den stroom. Dit veld wordt gekenmerkt door zijn maximale sterkte, uitgedrukt in volts per centimeter.

*Bac. coli* in een vloeistof als medium, werden behandeld met den gemoduleerden stroom; 99,5 % van de bacteriën werden gedood bij een veldsterkte van 230 volt/cm gedurende 7 sec. Bij een veldsterkte van 298 volt/cm was een tijd noodig van 4 sec. Er was geen merkbaar verschil waar te nemen, of de temperatuur 12 of 40 of 60 gr. C. bedroeg. In een verbeterd apparaat werd 99,6 % van de bacteriën gedood bij 205 volt/cm in 5 sec. en 98,98 % in hetzelfde veld in 10 sec. Een soortgelijk resultaat, maar dan alleen veroorzaakt door warmte, zou een temperatuur noodig hebben van 60 gr. C. gedurende 600 sec.

Melk, gedurende 2,2 sec. behandeld bij 340 volt/cm of gedurende 1,3 sec. bij 620 volt/cm werd zuur, nadat zij bij 35 gr. C. gedurende 18 uren bewaard was. Dit is hetzelfde effect als bij melk, die gedurende 30 min. op de gewone wijze verhit was tot 75 graden C.

De resultaten waren ongeveer gelijk bij proeven met h.f.-stroomen, doch bij temperaturen tusschen 6 en 36 gr. C. of 6 en 50 gr. C. Wanneer de temperatuur tijdens de proef van b.v. 6 tot 36 gr. C. opliep, werd bij 36 gr. de stroom uitgeschakeld en de melk gekoeld tot de temperatuur van 6 gr. weer was bereikt. Daarna schakelde men den stroom wederom in.

Virus van mond- en klauwzeer werd volkomen inactief na een behandeling van 260 volt/cm gedurende 10 sec., waarbij men de temperatuur niet hooger dan 36 gr. C. liet oploopen of bij 480 volt/cm gedurende 2,4 sec. Wanneer men hetzelfde serum inactief wil maken op de gewone manier van verwarming, zou het gedurende 60 uren op een temperatuur van 37 gr. C. gehouden moeten worden.

Een virus, dat door middel van warmte inactief gemaakt is, kan gebruikt worden als vaccine. Een virus, dat met behulp van h.f.-warmte is behandeld, vertoont geen enkel warmte-effect. Dit bewijst, dat de electriche behandeling op de moleculen van het virus geheel anders werkt dan de gewone warmtebehandeling.

Voorloopige proeven met weefselculturen hebben aangetoond, dat het mogelijk is, weefsel te doden met behulp van den ge-

moduleerden stroom, waarbij de temperatuur niet hooger oploopt dan 30 gr. C., bij een veldsterkte van 22 volt/cm gedurende 300 sec. Wanneer levend weefsel of geheele organen behandeld moeten worden, zal de opgewekte warmte door het bloed afgevoerd moeten worden. Proeven schijnen er op te

wijzen, dat met een veld van bijv. 50 volt/cm de factor n beneden 1/200 kan liggen. Proeven toonen echter aan, dat het niet wel mogelijk is, eenig resultaat te bereiken zonder de huid te beschadigen en dat het moeilijk zal zijn, een uniforme wijze van behandeling te vinden. Mrk.

Het

# radar-„contact”

met de maan

Het Departement van Oorlog van de Verenigde Staten heeft op 24 Januari j.l. het bericht de wereld in gestuurd, dat het Evans Laboratorium te Belmar New Jersey op 10 Januari radar-contact met de maan had verkregen en wel met behulp van speciaal voor dat doel vervaardigde apparaten. Er werden korte impulsen van hoogfrequent-energie uitgezonden en de echo werd 2,5 sec. later waargenomen. Men heeft met het publiceren van de eerste proeven gewacht, teneinde eerst volkomen zeker te zijn, dat het inderdaad echo's van de maan zijn geweest, die men heeft waargenomen. Verschillende proeven daarna hebben dit dan ook bevestigd.

Generaal Ingles, chef van het Seinwezen van het Amerikaansche leger heeft verklaard, dat zijn dienst enkele jaren geleden al bezig is geweest met experimenten, die de mogelijkheid van het overbrengen van radiosignalen naar een ander hemellichaam zouden aantoonen. Deze proeven hadden plaats onder leiding van den toenmaligen directeur van het laboratorium, luit.-kolonel John H. Dewitt Jr.

De apparatuur, die men nu gebruikt heeft voor de proeven met de Maan, bestond uit een standaard toestel SCR 271, dat in 1937 reeds in principe was ontworpen voor het op langen afstand opsporen van vijandelijke vliegtuigen. De door den zender gebezigde frequentie bedroeg 112 megahertz, overeenkomend met 2,67 m golf lengte. De verhouding van de impuls tot de pauze was zeer verschillend van die, welke bij radar normaal gebruikelijk is. In plaats van verscheidene duizenden gescheiden impulsen per seconde uit te zenden, gaf de hier gebezigde zender slechts elke vijf seconden één impuls. De breedte van deze impuls was ver groot van een paar miljoenste deelen van een seconde tot iets meer dan een halve seconde. Zodoende gaf de zender een impuls van een halve seconde ongeveer, met een rusttijd van 4,5 sec.

Voor de ontvangst was een speciaal toestel ontworpen. De tijdbasis liep van links naar rechts over het scherm. Bij iedere zendimpuls ontstond er een kleine uitwijking aan het eene eind van die lijn. Een kleinere uitwijking aan het andere eind van de lijn gaf de echo aan.

De antenne bestond uit 64, in plaats van de 32 gebruikelijke dipolen. Ze was geplaatst op een toren van 100 voet hoogte en werd met behulp van precisie-instrumenten nauwkeurig gericht. Een staf van wiskundigen en physici was weken lang met de voorbereiding bezig.

Mrk.

\* \* \*

Het klinkt ons eigenlijk wel wat onwaarschijnlijk, dat werkelijk met een impuls van 0,5 sec. zou zijn gewerkt. De mogelijkheid om zeer groote momentele vermogens te ontwikkelen, berust toch juist op toepassing van veel kortere impulstijden. Is het misschien mogelijk, dat 0,5 sec. de duur eener serie van veel kortere impulsen was? Wij zullen daarover nadere technische informatie moeten afwachten.

De gewone nieuwsberichten, waaraan de bijzonderheden tot dusver moesten worden ontleend, zijn wel eens wat oppervlakkig en fantastisch. Zij spraken reeds van het in kaart brengen van de Maan met radar. Het is echter niet in te zien hoe over dien afstand de teruggekaatste straling fijn genoeg gebundeld zou blijven om details van het oppervlak waarneembaar te maken — en dan beter dan met kijkers.

Ook zijn er nu al berichten over radarproeven naar de Zon. Maar het nieuws daarover is zoo ontechnisch opgesmukt, dat wij er voorloopig liever over zwijgen.

De uitdrukking „contact met” Maan en Zon zegt op zichzelf al te veel. Lichtstraal-„contact” hadden Adam en Eva ook al met de hemellichamen. Red.