

Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap

DEEL 21 No. 2

MAART 1956

Ionosferische absorptiewaarnemingen op het K.N.M.I.

door C. J. van Daatselaar *)

SUMMARY

This paper deals with the measurements of ionospheric absorption, which are carried out at the Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, since 1955.

Apart from a brief outline of the theory of ionospheric absorption and its practical application the following items have been treated.

1. The techniques used in routine absorption measurements as follows in De Bilt.
2. The influence of ground reflection coefficient, short and long period fading, polarization effects and selective absorption.
3. The method of determining the absorption index A and the experimental results obtained at De Bilt.
4. A full description of the transmitter and the receiver used in the measurements.

Inleiding.

Naast de routinewaarnemingen van kritische frequentie en hoogte van de E - en F -lagen van de ionosfeer, die reeds enige jaren regelmatig op het K.N.M.I. worden verricht, is men er sedert Januari 1955 toe overgaan het onderzoek uit te strekken tot de D -laag, een gebied van geïoniseerde luchtdeeltjes, dat zich op een hoogte van 60-90 km boven de aarde bevindt, en dat gevormd wordt door het ultraviolette licht van de zon. Voor radioverbindingen is deze laag van betekenis, omdat de verzwakking welke een golf ondervindt, in hoofdzaak tijdens de voortplanting in dit gebied plaats vindt.

De normale onderzoeksmethode, zoals ze gebruikt wordt bij

*) K.N.M.I. de Bilt.

¹⁾ Tijdschrift v.h. Ned. Radiogenootschap: P. L. M. van Berkel. Modern ionosphere sounding equipment of the Netherlands PTT, part I, 18, 149, 1953; part II, 19, 505, 1954.

het onderzoek van de hoger gelegen E - en F -lagen van de ionosfeer (die een fundamentele rol spelen bij de radioverbindingen over grote afstand) en waarbij de kritische frequentie en reflectiehoogte met behulp van een hiertoe geschikte radio zenden ontvanginginstallatie bepaald worden¹⁾, faalt hier.

De kritische frequentie, die bepaald wordt door de maximale dichtheid van de vrije electronen in de betreffende laag, is in de D -laag betrekkelijk gering, terwijl de absorptie welke een radiogolf ondervindt die tegen deze laag gereflecteerd wordt zeer groot is, omdat er door de vrij grote dampdruk in vergelijking met de hoger gelegen lagen zeer veel botsingen plaats vinden tussen de electronen, welke door de binnenvallende radiogolf in beweging zijn gezet, en de aanwezige luchtmoleculen. Hierdoor wordt een zeer belangrijke vermindering van de energie van de radiogolf veroorzaakt. Men zou met zeer grote vermogens moeten werken om een gereflecteerde golf met een redelijke signaalsterkte te kunnen ontvangen.

Daarom geschiedt het onderzoek van de D -laag door de absorptie te bepalen, die een radiogolf ondervindt in dit gebied, als hij bij verticale peiling tegen een hoger gelegen laag gereflecteerd en weer ontvangen wordt. De aldus verkregen waarnemingsresultaten kunnen gegevens verschaffen over electronenconcentratie en botsingsfrequentie in de D -laag en hieruit zijn weer conclusies te trekken welke een beter inzicht kunnen geven in de verschijnselen, die zich op deze hoogte afspelen. Bovendien is er nog het praktische belang voor degenen, die zich met radioverbindingen bezig houden, omdat gegevens voor de laagst te gebruiken frequentie en veldsterkte aan het ontvangstation hieraan ontleend kunnen worden.

Ionosferische absorptie.

De voortplantingsconstante voor electromagnetische golven in een geioniseerd gebied, waarbij botsingen optreden tussen de electronen en neutrale deeltjes, is een complexe grootte, die afhangt van de frequentie van de electromagnetische golf, van de electronenconcentratie, de botsingsfrequentie en van de sterkte en richting van het aardmagnetische veld.

In de voortplantingsconstante komt dus een dempingsterm voor. Deze is

$$k = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{Ne^2}{m.n} \frac{\nu}{(\omega \pm \omega_L)^2 + \nu^2}$$

N electronenconcentratie

ν botsingsfrequentie

e lading electron

m massa electron

n brekingsindex

ω zendfrequentie

ω_L longitudinale component van de gyrofrequentie ω_H

($\omega_H = \frac{He}{m}$, H is de sterkte van aardmagneetveld). Het

plus-teken geldt voor de gewone component, het min-teken voor de buitengewone component.

Deze dempingsterm veroorzaakt een verzwakking van een invallende vlakke electromagnetische golf: $Ez = E_0 \exp -k.z.$

Nu zijn in de ionosfeer zowel N als ν functies van de hoogte z zodat in plaats van het product $k.z.$ de integraalvorm $\int k dz$ gebruikt moet worden. Voor het gebied waarin de absorptie hoofdzakelijk optreedt, kunnen we n , de brekingsindex, gelijk aan 1 stellen. Nu is voor zendfrequenties groter dan 2 MHz de term $(\omega + \omega_L)^2$ groot ten opzichte van ν^2 ($\omega + \omega_L > 2 \cdot 10^7 \text{ sec}^{-1}$ en $\nu < 10^6 \text{ sec}^{-1}$) zodat voor $\int k dz$ geschreven kan worden

$$\int k dz = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{e^2}{m} \frac{1}{(\omega + \omega_L)} \int N \nu dz$$

Nemen we aan dat de reflectie van de radiogolf tegen een hoger gelegen laag plaats vindt en dat in het reflectiegebied geen verzwakking optreedt, dan kunnen we door de amplitude van de gereflecteerde radiogolf te vergelijken met die van de uitgezonden golf, de totale absorptie die onderweg plaats vond bepalen, en voor een bepaalde frequentie dus $\int N \nu dz$ berekenen.

Het heeft voordelen om in plaats van een absorptiefactor een schijnbare reflectie coëfficiënt ρ in te voeren, waarbij ρ natuurlijk kleiner dan 1 is. Deze grootte is dan gelijk aan de verhouding van de amplitude van een radiogolf, die tegen de ionosfeer gereflecteerd is, tot de amplitude die de golf zou hebben als er geen absorptie was. Per definitie is dus $\rho = E/E_0$. Maar $E/E_0 = \exp(-\int k dz)$, waaruit volgt $\int k dz = -\ln \rho$.

De meettechniek.

Voor het bepalen van de ionosferische absorptie kunnen twee methoden toegepast worden. De eerste is dat de veldsterkte geregistreerd wordt van een zender, welke een continue draag-

golf uitzendt. Bij het interpreteren van een dergelijke registratie stuit men echter op moeilijkheden; in de eerste plaats ontvangt men behalve het eenmaal gereflecteerde signaal soms ook nog meervoudig gereflecteerden, terwijl bovendien de directe grondgolf aanwezig is als de ontvanger niet al te ver van de zender verwijderd opgesteld staat. Hierdoor ontstaat door superpositie van de binnenkomende signalen interferentie, omdat de afgelegde wegen door veranderingen in de reflectiehoogte niet constant zijn. Het is dan zeer lastig, zo niet onmogelijk de amplitude van het éénmaal gereflecteerde signaal te bepalen en deze is noodzakelijk om een numerieke waarde voor de absorptie te kunnen geven.

Een betere methode is het gebruik maken van radiosignalen, welke slechts een zeer kort ogenblik (b.v. 200 microseconden) uitgezonden worden en dit uitzenden regelmatig herhalen (50 keer per seconde). In de ontvanger kan dan door het verschil in looptijd een onderscheid gemaakt worden tussen de directe grondgolf, de éénmaal tegen de ionosfeer gereflecteerde en de meervoudig gereflecteerde signalen. Deze zijn op een kathodestraalbuis weer te geven en hun amplitude is op een eenvoudige wijze te meten.

De uitslag die we krijgen voor een éénmaal tegen de ionosfeer gereflecteerde golf is in de eerste plaats afhankelijk van apparatuur-grootheden zoals uitgezonden energie, antenne-eigenschappen van zender en ontvanger, ontvangergevoeligheid en versterking. Deze grootheden kunnen samengevat worden in een apparatuurconstante C . Verder zal de gemeten amplitude evenredig zijn met de schijnbare reflectie-coëfficiënt ρ , en omgekeerd evenredig met de totaal afgelegde weg $2h$, waarbij h de reflectiehoogte is. De energievermindering van de electromagnetische golf is n.l. evenredig met $(2h)^{-2}$ en de amplitude van de elektrische component, die een emk in de antenne induceert, is dus evenredig met $(2h)^{-1}$.

Zo is dus $A_1 = C \rho / 2h$.

Een signaal dat tweemaal tegen de ionosfeer gereflecteerd is, zal een uitslag geven $A_2 = C \rho^2 \rho_e / 4h$, waarin ρ_e de reflectie-coëfficiënt van de golf tegen de aarde voorstelt (fig. 1).

Algemeen geldt voor een r -voudige reflectie $A_r = C \rho^r \rho_e^{r-1} / 2rh$.

Uit de gemeten amplitude van een eenmaal gereflecteerd signaal kan dus bij bekende C de reflectiecoëfficiënt bepaald worden. De reflectiecoëfficiënt kan ook bepaald worden onafhankelijk van de apparatuurconstante, n.l. door de amplitude-

verhouding te bepalen van de eerste en tweede gereflecteerde:

$$A_2/A_1 = \rho \rho_e/2.$$

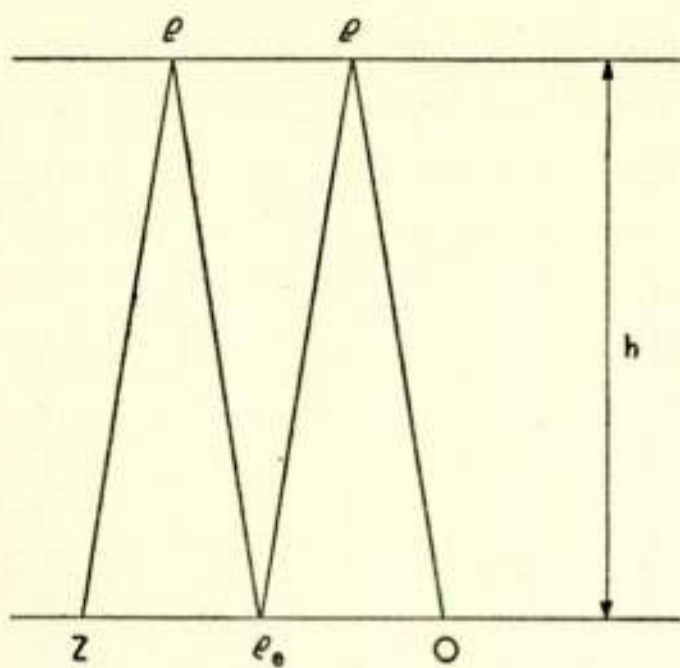


Fig. 1.

Tweevoudige reflectie.

De reflectiecoëfficiënt van de grond kan uit de grondeigenschappen (diëlectrische constante en geleidingsvermogen) bepaald worden en bedraagt voor de omgeving van De Bilt ongeveer 0,9. Helaas is de methode, om de absorptie te bepalen uit de amplitude-verhouding van eenmaal en tweemaal tegen de ionosfeer gereflecteerde signalen overdag bijna nimmer uitvoerbaar; men zou door de vrij grote absorptie met betrekkelijk grote

vermogens moeten werken om een tweevoudig gereflecteerd signaal te krijgen dat een redelijke signaal/ruis verhouding heeft. Dan moet men door alleen de amplitude van de eerste reflectie te meten, de absorptie bepalen. Daartoe moet de grootte C bekend zijn. Hoewel C een tijdafhankelijke grootte is, zijn de veranderingen zo gering, dat het voldoende is eenmaal per week C te bepalen. Dit gebeurt dan door zowel de eenmaal als de tweemaal gereflecteerde golf te meten tijdens een toestand van geringe ionosferische absorptie, dus des nachts, als de D -laag niet aanwezig is.

Uit A_1 en A_2 kan dan C bepaald worden.

Fading.

Grote moeilijkheden bij de absorptiemetingen worden veroorzaakt door fading, dit zijn amplitude-variëaties, waaraan de tegen de ionosfeer gereflecteerde signalen onderhevig zijn. Twee verschillende typen treden bij de metingen naar voren: één waarbij de amplitude vrij snel varieert, en één waarbij de variëaties veel langzamer zijn.

De snelle fading heeft een quasi-periode van enkele seconden. De amplitude kan gedurende dit type fading met een factor 10 variëren. Het verschijnsel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door interferentie van signalen, welke tegen verschillende, onderling bewegende, reflectiecentra gereflecteerd zijn. Het is duidelijk dat het meten van de momentele waarde van de amplitude voor het bepalen van de absorptie als gevolg van dit verschijn-

sel zinloos is; daarom wordt de gemiddelde waarde bepaald over een tijdvak van enkele minuten. Wordt nu het lopende gemiddelde van deze waarde uitgezet, dan blijkt het tweede type fading naar voren te komen. Ter illustratie is hieronder in fig. 2 gegeven de lopend gemiddelde waarde (steeds over

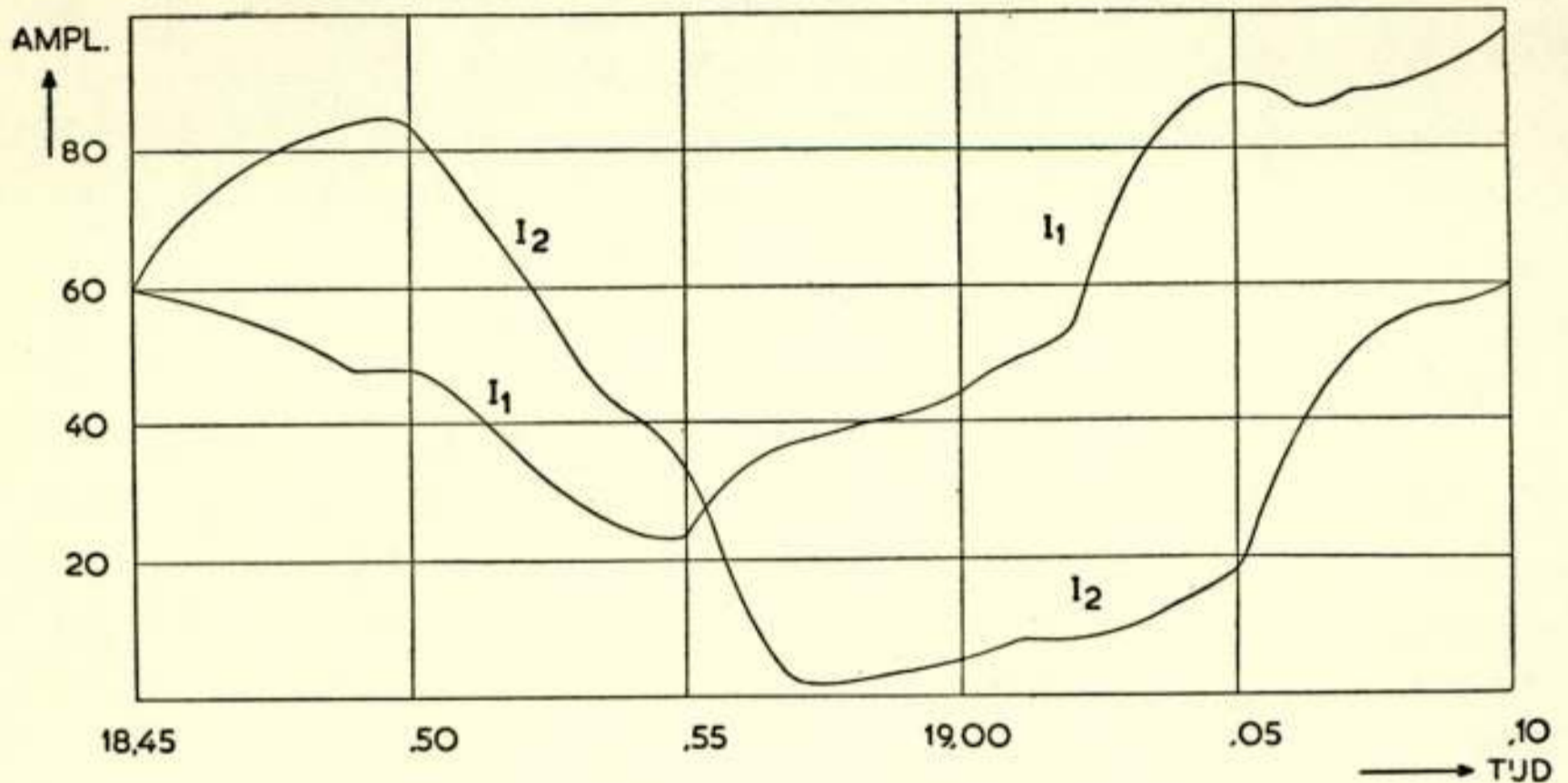


Fig. 2.
Langzame focusfading.

een periode van 3 minuten) van een tijdvak van 25 minuten van een willekeurige meting.

Opvallend is dat de amplitude van de tweede gereflecteerde gedurende een deel van de tijd zelfs groter is dan de amplitude van de eerste gereflecteerde, terwijl door de tweemaal grotere weglengte de amplitude hoogstens de helft zou moeten zijn.

Een verklaring voor dit verschijnsel is, dat het reflecterende gebied van de ionosfeer niet vlak, doch gekromd verloopt en hierdoor focusserend of ook wel de-focusserend werkt.

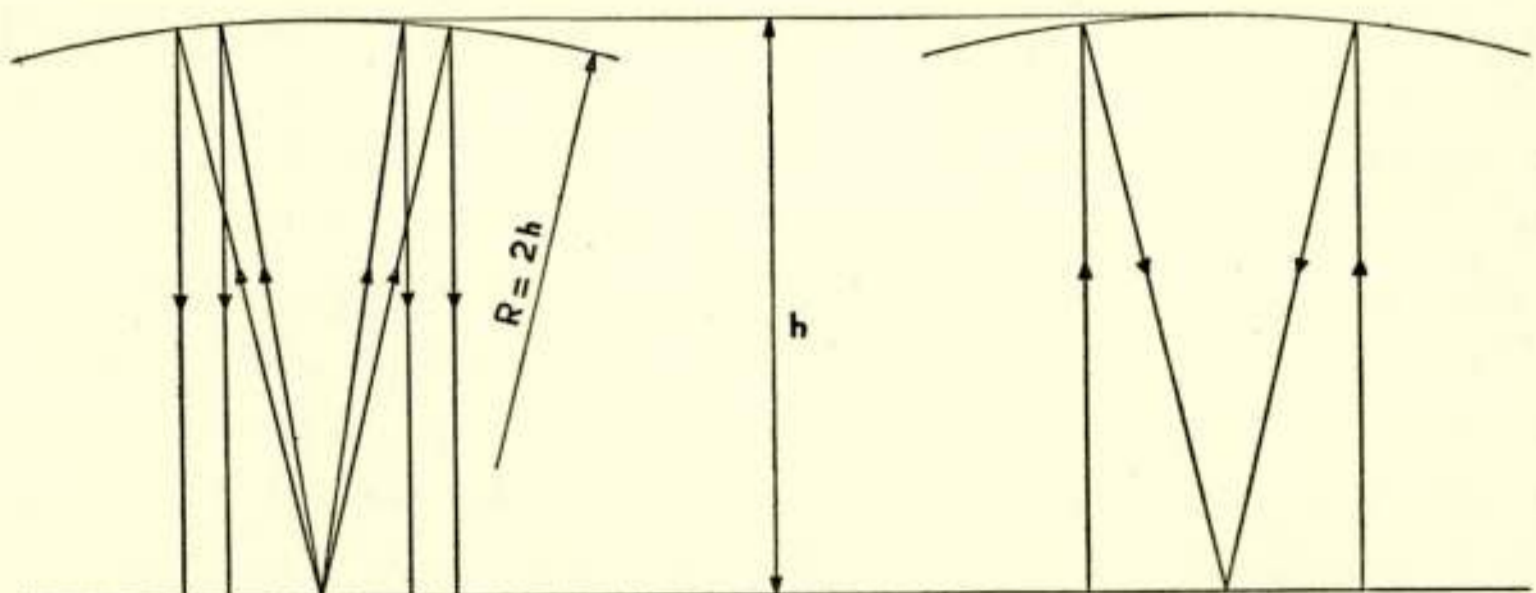


Fig. 3.
Focussing door reflectie tegen een gekromd oppervlak.

Bij een kromtestraal die tweemaal zo groot is als de reflectiehoogte, is de amplitude van de eerste gereflecteerde $A_1 = C \cdot \rho/h$ in plaats van $C \rho/2h$ (op de terugweg is er geen verzwakking door geometrische uitbreiding, omdat de golf vlak is geworden). Voor de tweede gereflecteerde wordt de amplitude zeer groot, omdat de ontvanger juist in het brandpunt van het gekromde oppervlak ligt. Dat een dergelijke toestand gemakkelijk op kan treden is duidelijk als men bedenkt dat bij een openingshoek van de antenne van 10° en een reflectiehoogte van 100 km, het hoogteverschil tussen het midden en de rand van het gebied (waarvan de diameter dan ongeveer 18 km is) slechts 150 meter behoeft te bedragen om de beschreven toestand te verkrijgen.

Geringere hoogteverschillen geven natuurlijk een grotere kromtestraal en het effect is dan het grootst voor de 3- of 4-voudig gereflecteerde signalen.

De beide storende toestanden in de ionosfeer, de beweging van reflectiecentra en de gekromdheid van het reflecterende niveau, die tot gevolg hebben een snelle en een langzame fading, treden gelijktijdig op en bemoeilijken de absorptiewaarnemingen ten zeerste. Om hun invloed op het uiteindelijke resultaat zo klein mogelijk te maken, moet over een groot aantal waarnemingen gemiddeld worden, waarbij dan verondersteld wordt dat de invloeden van focussing en de-focussing elkaar juist opheffen. In De Bilt geschiedt dit door 120 amplitudewaarnemingen te doen in een tijdsbestek van 12 minuten.

Polarisatie-fading.

Een geheel ander type fading, dat niet door onregelmatigheden in de ionosfeer veroorzaakt wordt, is de polarisatie-fading. Deze wordt veroorzaakt door interferentie van de gewone en de buitengewone component, die gevormd zijn uit de lineair gepolariseerde opgestraalde radiogolf door de aanwezigheid van het aardmagnetische veld in de ionosfeer. Hoewel de absorptie voor de buitengewone component groter is dan voor de gewone component, kunnen bij een toestand van geringe absorptie de amplituden van de twee componenten vergelijkbaar groot zijn, en kan fading optreden. Deze hinderlijke fading kan echter op twee manieren vermeden worden.

In de eerste plaats kan gebruik gemaakt worden van een hiertoe geschikt antenne-systeem om de beide componenten te scheiden; voor de nauwkeurige amplitude-waarnemingen, welke

voor de absorptie-metingen vereist zijn, is het nut minder groot dan verwacht zou worden. De gecompliceerdheid, als gevolg van de noodzaak de twee systemen een elektrisch faseverschil van 90 graden te geven, kan niet te controleren fouten veroorzaken, welke de maximum fout als gevolg van de interferentie tussen de beide componenten, kunnen overtreffen.

Eenvoudiger is het in dergelijke gevallen de zendfrequentie iets te wijzigen. Als gevolg hiervan kunnen de beide componenten vaak gescheiden ontvangen worden door het verschil in groepsvertraging, zodat alleen de gewone component gemeten kan worden, terwijl bij frequentieverlaging het verschil in absorptie tussen de gewone en de buitengewone component de oorzaak ervan is dat deze laatste meer onderdrukt wordt. De gemiddelde amplitude van een gecombineerde golf, samengesteld uit een sterke en een zwakke component is praktisch gelijk aan de gemiddelde amplitude van de sterkere alleen.

Selectieve absorptie.

In de uitdrukking voor de dempingsconstante komt de term n , de brekingsindex, voor. Voor de D -laag kan voor frequenties groter dan 2 MHz deze brekingsindex gelijk aan 1 gesteld worden, doch in het reflectiepunt van de reflecterende laag (E of F) wordt n zeer klein ($\rightarrow 0$) en de absorptie per eenheid van weglengte wordt zeer groot. De bijdrage van dit type absorptie, selectieve absorptie genaamd, tot de totale $\int k dz$, is afhankelijk van de zendfrequentie en van de kritische frequentie van de reflecterende laag.

Eenzelfde soort afhankelijkheid bestaat er voor het verschil tussen schijnbare en werkelijke reflectiehoogte, zodat aan de hand van een panoramische ionosfeeropname gezien kan worden of dit soort absorptie in belangrijke mate aanwezig is. Zo nodig kan dan de zendfrequentie gewijzigd worden.

Overdag, als de reflecties in bijna alle gevallen tegen de E -laag plaats vinden, is de bijdrage van de selectieve absorptie tot de totale absorptie gering, mits natuurlijk de zendfrequentie niet te dicht nadert tot de kritische frequentie van de E -laag.

De absorptie die 's nachts optreedt is altijd van selectieve aard; immers de D -laag, het gebied waarin door de hoge botsingsfrequentie de niet selectieve absorptie optreedt, is dan niet aanwezig. De reflecties vinden dan tegen de F -laag plaats, en voor frequenties niet te dicht bij de kritische frequentie is

bij ongestoorde ionosfeer de absorptie zeer gering. De schijnbare reflectiecoëfficiënt ligt dan tussen 0,6 en 0,9 (overdag is de schijnbare reflectiecoëfficiënt voor frequenties van ongeveer 2 MHz ruim een factor 30 kleiner).

De absorptie-index.

De meetmethode, die op het K.N.M.I. gevolgd wordt, komt hierop neer dat voor verschillende ervoor in aanmerking komende frequenties de schijnbare reflectiecoëfficiënt ρ bepaald wordt. Nu is de totale absorptie $\int k dz$ gelijk aan $-\ln \rho$ en evenredig met $(f + f_L)^{-2}$. Wordt de gevonden waarde van de totale absorptie, welke in neper is uitgedrukt, vermenigvuldigd met 8,7 $(f + f_L)^2$, dan verkrijgt men een absorptie-index A , welke de absorptie in db geeft die een radiogolf met een effectieve frequentie $(f + f_L)$ van 1 MHz bij verticale reflectie in de iono-

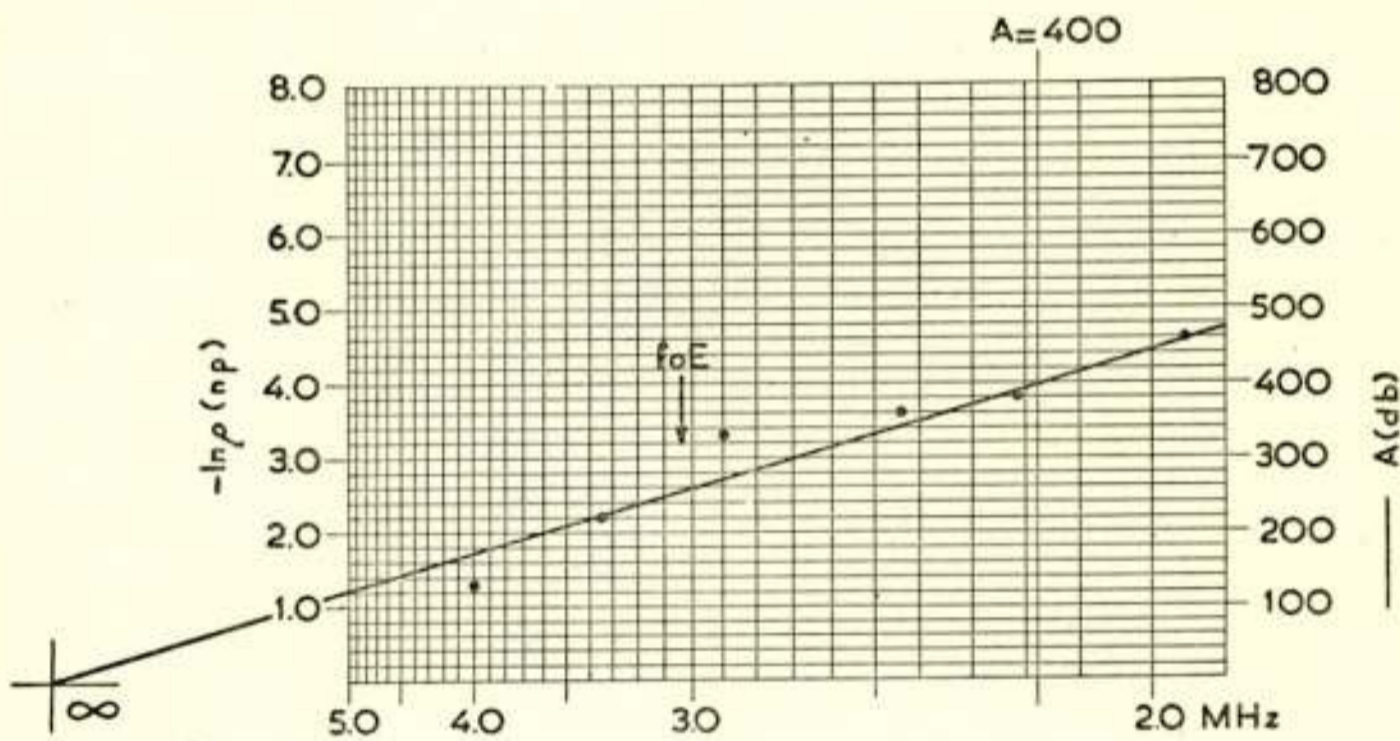


Fig. 4.

Bepaling van de absorptie-index A .

sfeer ondervindt. In een grafiek (fig. 4) wordt nu $-\ln \rho$ uitgezet als functie van $(f + f_L)^2$ en de meest waarschijnlijke waarde van A wordt bepaald. Het is deze absorptie-index A , welke in het maandelijks bulletin, dat door het K.N.M.I. in samenwerking met de P.T.T. uitgegeven wordt, gepubliceerd wordt.

Voor „single hop transmission” kan uit de index A de absorptie bepaald worden voor een radiogolf van willekeurige frequentie bij scheve inval, door A te delen door $(f + f_L)^2 \cos^2 i$, waarbij i de invalshoek is, f de zendfrequentie en f_L de longitudinale component van de gyrofrequentie (voor de West-Europese landen is f_L ongeveer 1,2 à 1,3 MHz.)

Variaties in de absorptie-index A.

De absorptie-index A bevat de integraal $\int N \nu dz$. De botsingsfrequentie ν is alleen afhankelijk van de hoogte, en neemt hiermede exponentieel af. De variaties in A worden dus bepaald door de verandering van de electronenconcentratie N op een hoogte z , zoals deze in de loop van de tijd kan optreden. Nu zijn voor een ionosferische laag zowel de maximum electronenconcentratie als de hoogte van het maximum afhankelijk van de zenithhoek van de zon. Uit de evenwichtstoestand van het ionisatie-en recombinate-proces is aan te tonen dat $\int N \nu dz$ evenredig is met $(\cos \chi)^n$, waarbij χ de zenithhoek van de zon is en n een factor liggend tus-

sen 0,5 en 1,5, afhankelijk van het veronderstelde proces.

Gevonden is dat de dagelijkse variatie van de index A in overeenstemming is met bovenstaande uitdrukking, afgezien van een korte tijdsvertraging, als n ongeveer 1 is (fig. 5). De tijdsvertraging, welke door het niet onmiddellijk bereiken van de evenwichtstoestand veroorzaakt wordt, bedraagt ongeveer een half uur.

De variatie van de niet-selectieve absorptie gedurende de seizoenen volgt, zoals ook uit de waarnemingen op het K.N.M.I. blijkt (fig. 6), de aangegeven afhankelijkheid van de zenithhoek wel in de zomer, maar niet in de winter; gedurende deze laatste periode worden abnormaal grote absorpties gevonden, welke nog niet volledig verklaard zijn.

Er schijnt een samenhang te

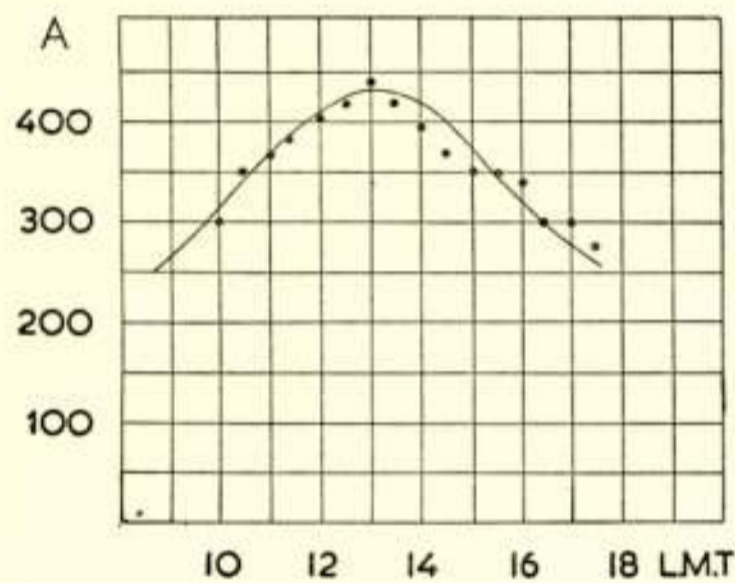


Fig. 5.

Dagelijkse variatie van de absorptie-index (sept. 1955).



Fig. 6.

Jaarlijkse variatie van de absorptie-index. (febr. 1955-jan. 1956).

zijn tussen het optreden van een sporadische D -laag, welke een enkele keer een zo sterke ionisatie-gradient vertoont, dat men reflecties tegen deze laag met een panoramische peiler kan waarnemen, en de sterke absorptie gedurende de wintermaanden.

Een proefopname van de in bouw zijnde peiler van het K.N.M.I. waarop onder de sporadische *E*-laag een reflectie te zien is van sporadische *D*-laag, is afgebeeld in fig. 7.

De meetapparatuur.

Zoals reeds beschreven is, wordt bij de absorptiewaarnemingen gebruik gemaakt van een zender, welke een pulssignaal uitzendt. De amplitude van dit signaal moet zo constant mogelijk zijn over de tijd, en slechts weinig frequentie-afhankelijk zijn. De gereflecteerde signalen worden in een ontvanger versterkt en op een kathodestraalbuis (*A*-scope principe) weergegeven, zodat

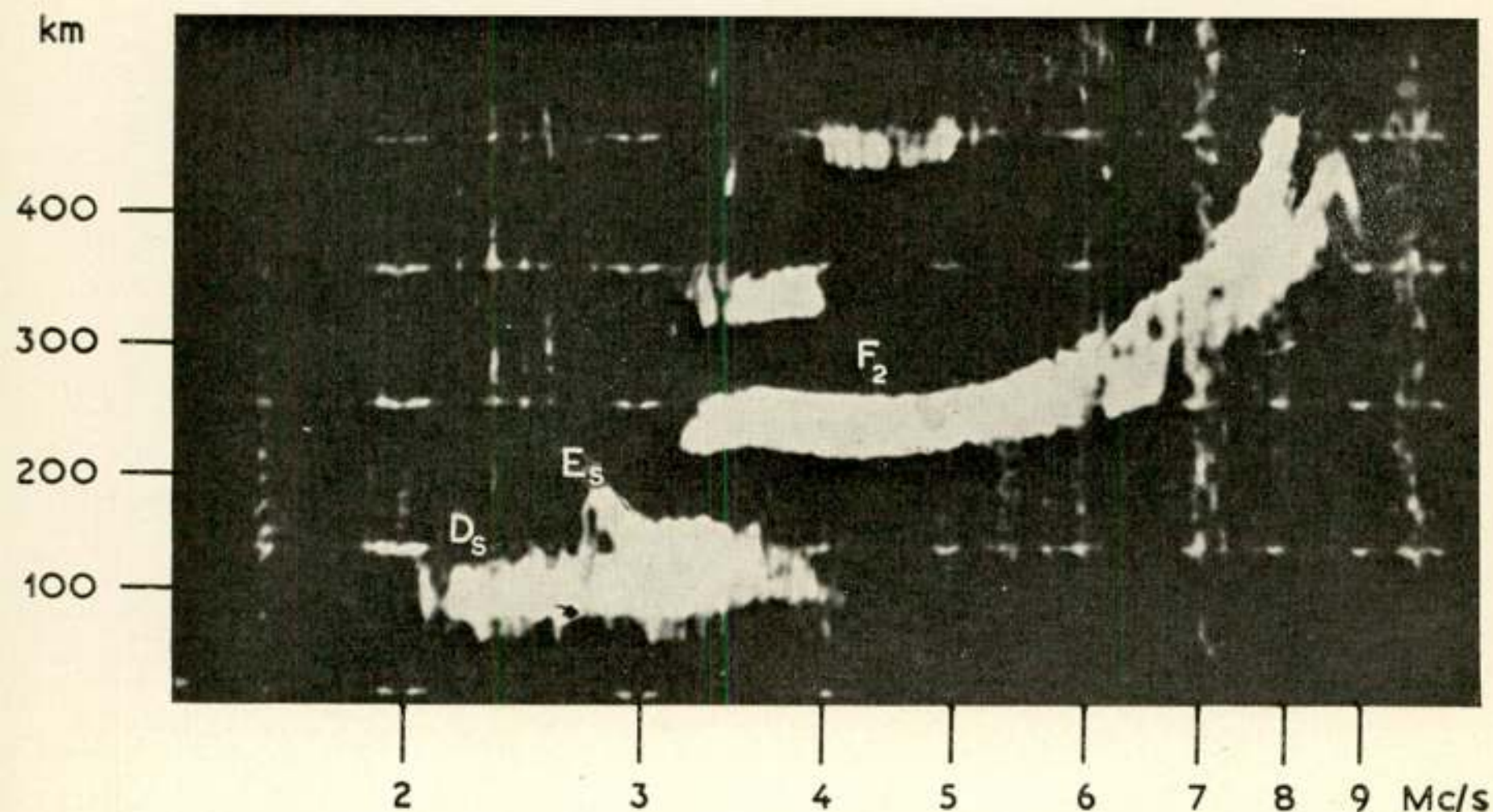


Fig. 7.

de looptijd en de amplitude gemeten kunnen worden. Omdat de amplitude van het gereflecteerde signaal zeer verschillende waarden kan hebben, (bijvoorbeeld 's nachts bij zeer geringe absorptie kan de amplitude wel een 1000 maal groter zijn dan overdag bij veel absorptie) moet de versterking door middel van geïjkte verzwakkers geregeld kunnen worden om de output een waarde te geven, welke goed afleesbaar is op de in 15 schaaldelen verdeelde schaal van de kathodestraalbuis. De gehele apparatuur moet vrij stabiel zijn om instrument-fouten te voorkomen; ter contrôle is de zender hiertoe voorzien van een outputmeter, terwijl de ontvanger op geregelde tijden geïjkt wordt.

De zender.

De zender (fig. 8) bestaat uit twee trappen: een balans-oscillator schakeling van een *QQE 06/40* en een in balans geschakelde eindtrap met de buizen *QB 5/1750*, welke de energie levert aan de verticaal opgestelde ruitantenne. De gunstige eigenschappen van dit antenne-systeem, te weten brede band, verticaal stralingsdiagram en niet te sterk variërende impedantie, maken dat het voor ionosfeerwaarnemingen als zendantenne één van de meest geschikte systemen is.

De hoogspanningsvoeding voor schermroosters en anoden van de buizen wordt verkregen met behulp van een kunstkabel. Via een smoorspoel L_r wordt een kunstkabel bestaande uit 10 sec-

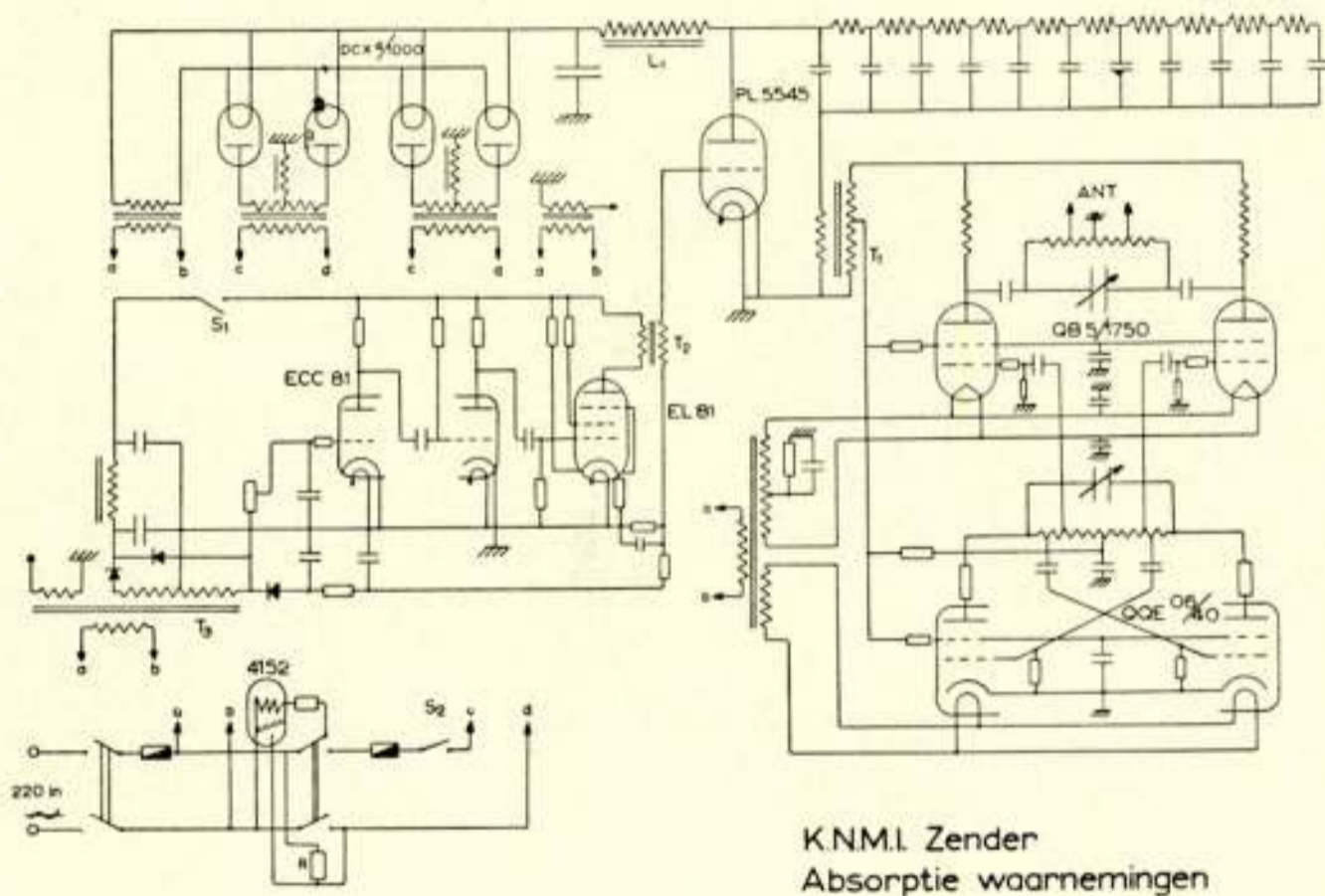


Fig. 8.

ties opgeladen uit een gelijkspanningsbron. De zelfinductie van L_r is zo bemeaten, dat er samen met de totaalcapaciteit van de kunstkabel een trillingskring ontstaat waarvan de resonantie frequentie 25 hertz is. Hierdoor wordt bereikt dat de spanning over de kunstkabel op het moment dat het thyatron *PL 5545* onstoken wordt, tweemaal de waarde E van de gelijkspanning van de voedingsbron heeft.

Door het ontsteken van het thyatron wordt de pulstransformator T_r over de kabel geschakeld en de spanning verdeelt zich over de kabel en de transformator. De secundaire impedantie is zodanig aangepast dat de primaire impedantie van de transformator gelijk is aan de karakteristieke impedantie van de kabel en de spanning over beiden wordt gelijk (E). De plotselinge

verstoring aan het begin van de kunstkabel (spanningsverlaging van $2E$ tot E) plant zich over de kabel voort. Aan het uiteinde treedt volledige reflectie op omdat de kabel daar niet afgesloten is, en het teruglopende spanningsfront verlaagt de spanning over de kabel verder van E tot 0. Als deze ontlading zich tot aan het begin van de kabel voortgeplant heeft, dooft het thyatron en de spanning over de transformator valt tot 0 terug. Aan de secundaire van de transformator ontstaat zo gedurende de looptijd van het spanningsfront over de kabel, welke 200 microseconden bedraagt, een pulsvormige spanning, die aan de schermroosters en anoden van oscillator en eindbuizen toegevoerd wordt en gedurende welke tijd de zender dan een golftrein emitteert.

Elke vijftigste seconde ontvangt het rooster van thyatron een triggerpulsje uit de triggertransformator T_2 . Hiervoor wordt uit de secundaire zijde van de voedingstransformator T_3 met behulp van de dubbeltriode $ECC 81$ uit de vijftig hertz sinus een blokspanning gevormd. Na differentiatie met het RC netwerkje wordt deze spanning op het rooster van de $EL 81$ gebracht, waardoor in het anode circuit het vereiste triggerpulsje ontstaat, dat de ontsteking van het thyatron inleidt. Met behulp van de schakelaar S_1 kan het triggercircuit onderbroken worden.

De bimetaalschakelaar 4152 met het relais R zorgen ervoor dat er een vertraging van enkele minuten bestaat tussen het inschakelen van de gloeistroomvoeding van alle buizen en het inschakelen van de transformatoren voor de hoogspanningsvoeding, welke bovendien apart met de schakelaar S_2 bediend kunnen worden na de automatische voorziening voor de opwarmtijd.

De ontvanger (fig. 9).

De hoogfrequent voorversterker van de ontvanger is aangesloten op een breedband-dipool via een verzwakker welke in stappen van $20 dB$ regelbaar is. Na de mengbuis volgt een middenfrequent buis, welke als kathode volger geschakeld is. Hierna volgen twee buizen $EF 80$, waarvan de anoden doorverbonden zijn. Het rooster van de eerste $EF 80$ is via een stappenverzwakker ($20 dB$ per stap) en een regelbare verzwakker (tot $25 dB$) aangesloten op de kathodevolger, terwijl de tweede $EF 80$ onder tussenschakeling van een vaste verzwakking van

5 dB hierop aangesloten is. Aan de remroosters van deze buizen worden zodanig spanningen toegevoerd, dat als eerste buis geleidend is de tweede dichtgedrukt wordt en omgekeerd. De bedoeling hiervan is dat gedurende een instelbaar deel van de 1/50ste seconde het antennesignaal onverzwakt wordt doorgegeven en gedurende de rest van de tijd het signaal via de instelbare verzwakker gaat. Op deze wijze is het mogelijk direct de amplitude-verhouding van twee signalen in dB te meten, b.v. de eenmaal en tweemaal tegen de ionosfeer gereflecteerde radiogolven. Hiertoe wordt het signaal van de doorverbonden anoden na versterking op de verticale afbuigplaten van de kathodestraalbuis DG 10/3 gebracht. Met de verzwakkers van de EF 80 I kunnen de uitslagen van de twee signalen op de

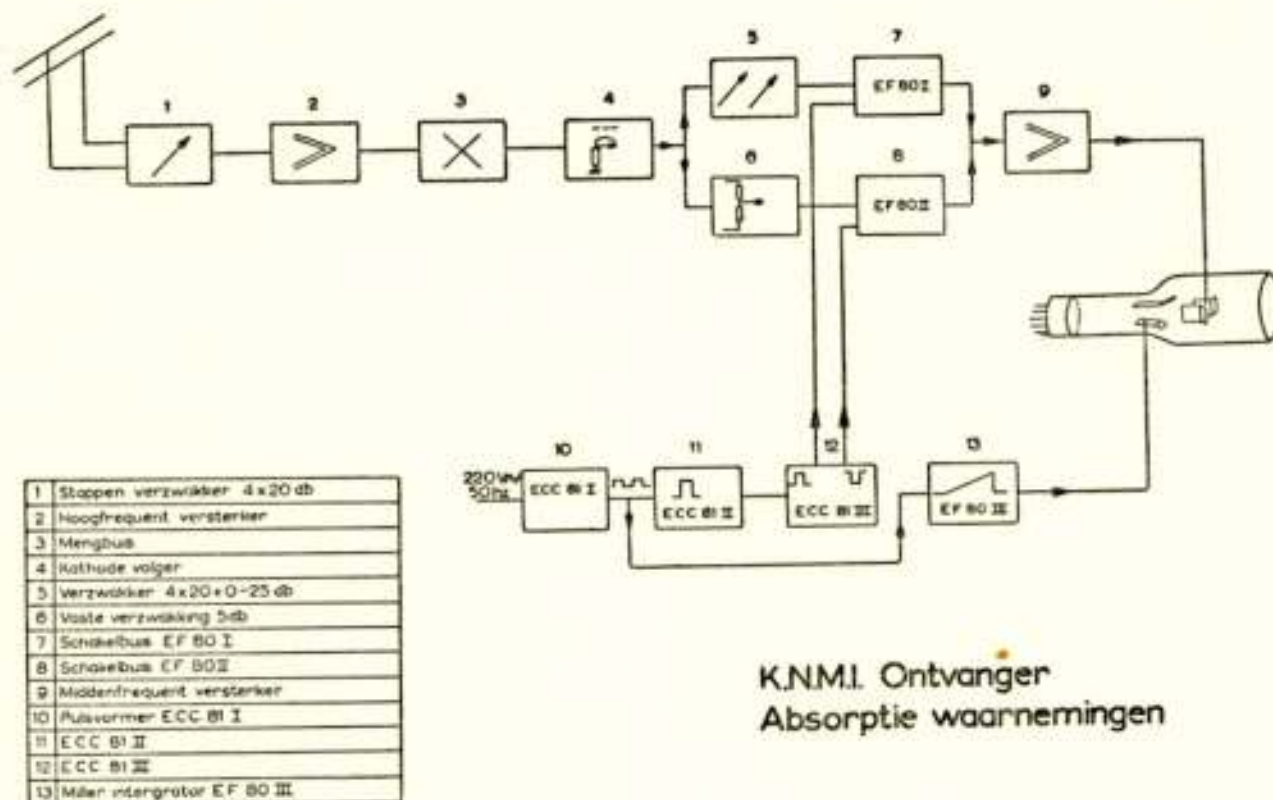


Fig. 9.

kathodestraalbuis even groot gemaakt worden, en hun verhouding in dB kan direct afgelezen worden.

Op de horizontale afbuigplaten wordt een tijdbasisspanning aangelegd, welke verkregen wordt door middel van de Miller-integrator EF 80 III uit een blokspanning. Deze wordt uit de 280 volt sinus gevormd door de dubbeltriode ECC 81 I. Na differentiatie wordt deze spanning ook toegevoerd aan het rooster van de flip-flop ECC 81 II. Hiermede wordt een blokje gevormd, waarvan het begin samenvalt met de start van de tijdbasis, en het einde ingesteld kan worden met de potentiometer welke zich in het circuit van het tweede rooster van deze buis bevindt. De achterzijde van dit blokje start een tweede flip-flop ECC 81 III. Deze produceert weer een nieuw blok, dat nu geheel instelbaar is; de plaats hiervan ten opzichte van de start van de

tijdbasis met de potentiometer 1 en de breedte met de potentiometer 2. De anoden van deze buis zijn nu verbonden met de remroosters van beide middenfrequentversterkers *EF 80 I* en *II*, die nu geleiden afhankelijk van de anodepotentialen van de *ECC 81 III*.

De bandbreedte van de ontvanger bedraagt ongeveer 15 kHz, welke breedte noodzakelijk is om pulsvervorming van het 200 microseconde durende signaal te voorkomen. De middenfrequentversterkers zijn daartoe met capacitief gekoppelde, gedempte bandfilters uitgevoerd. Het signaal wordt na middenfrequentversterking niet gedetecteerd, doch rechtstreeks op de afbuigplaten gebracht, omdat de tijdconstante in de gehele schakeling zo klein mogelijk gehouden moet worden. Dit is noodzakelijk omdat na een sterk signaal (b.v. de directe grondgolf) de ontvanger niet dichtgedrukt mag blijven. Ook is het zo mogelijk om in de pauzen van een sterk morsesignaal de amplitude van de gereflecteerde golf te bepalen, omdat de ontvanger dan zijn normale gevoeligheid behoudt, terwijl bovendien bij detectie de detaillering in het ontvangen pulssignaal verloren zou gaan.

Om de versterking zo constant mogelijk te houden zijn de schermroosters van de ontvangbuizen op een gestabiliseerde voeding aangesloten, terwijl op geregelde tijden de versterking gecontroleerd wordt.



Life and reliability of radiotubes for professional equipment

by K. Rodenhuis *)

Lecture delivered for the Nederlands Radiogenootschap on the 17th october 1955.

SUMMARY

The growing use of electronic equipment for professional purposes has given rise to increased requirements for the quality of the radiotubes employed. Depending on the field of application this may be with respect to reliability, life, ruggedness or spread of characteristics.

In this article a definition is proposed for the reliability and for life. It is shown that reliability is mainly related to the suddenly occurring tube failures, which are generally of a mechanical nature. Life is connected with the time at which the gradual failures, caused by the physical and chemical processes in and around the thermionic cathode become dominant.

The precautions taken in the design and manufacture of radiotubes with increased life and reliability are discussed, and the influence of operating conditions is mentioned.

A survey of the problems involved in the decrease of the spread of characteristics is discussed, mentioning a new method of making grids with increased accuracy.

The design considerations and testmethods for tubes with increased ruggedness are treated.

Finally the quality control methods used are briefly discussed.

1. *Introduction.*

The use of electronic equipment for technical purposes has greatly increased during the last few years. Not only have telecommunications developed enormously, both stimulating and profiting by the increased use of electronic equipment, but new applications have also sprung up. Some typical examples are electronic computers, industrial measuring and control equipment, and many new kinds of navigational aids for ships and aircraft. Moreover the military use of electronic equipment has expanded on a fantastic scale.

American publications mention figures like 2000 tubes in a

*) Electronic Tube Division, N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Netherlands.

large bomber, while a battleship's electronic equipment may contain up to 10000 tubes. The increased use of electronic equipment for these professional applications has given rise to a serious reliability problem that is aggravated by the complexity of the equipment and the often serious consequence of a malfunction. The reliability of an equipment is mainly determined by the reliability of its components. Electronic tubes play an important role here, as they constitute the active elements in the circuits. This situation has led to new approaches to the manufacture and use of electronic tubes and has resulted in new types being specially developed and manufactured for use in professional equipment. This article will deal the basic principles underlying these new developments. Knowledge hereof may also help the equipment designer to achieve optimal reliability in the use of tubes in electronic equipment.

2. *Tube properties required for professional equipment.*

It has already often been observed that the term "reliable" in connection with vacuum tubes may mean different things to different users. Here we will use the word only in its restricted sense of meaning that a total tube failure, without any kind of warning, is very unlikely. However, reliability is not the only property required for electronic tubes in professional equipment.

There are, of course, requirements as to certain electrical characteristics such as mutual conductance, power output, wide-band amplification and so on. In many cases these are not different from those laid down for normal broadcast or television receiver tubes.

These requirements will not be considered further, but attention will be focussed on a number of properties essential in many kinds of professional applications of tubes. These are:

- (a) The reliability already mentioned.
- (b) Long life.
- (c) Small spread of characteristics.
- (d) Ruggedness.

It is clear that not all professional applications necessitate four of these properties. This may be illustrated by fig. 1. Each horizontal row refers to an application, each vertical row to one of the properties mentioned. The table shows that reliability is required for each of the applications mentioned, because

in all these applications it is extremely important that the equipment should be continuously in working order and should not fail suddenly. Long life is required in all the applications where the equipment has to function continuously 24 hours a day.

<i>Requirement</i> <i>Application</i>	<i>Reliability</i>	<i>Long life</i>	<i>Small spread in characteristics</i>	<i>Vibration resistance</i>
Telephone repeaters	✓	✓	✓	-
Electronic computers	✓	✓	✓	-
Control and measuring Equipment	✓	✓	✓	✓
Mobile Radio-equipment	✓	-	-	✓

Fig. 1.

Table showing the properties required for professional tubes in different types of applications.

This is less important for mobile communication equipment that is often only switched on for a few minutes, or does not function for more than a few hours a day. Small spread of characteristics may be important where signals of high constancy are required. In the case of carrier-telephony amplifiers, where the gain should be constant within a few tenths of a *dB*, small spread of the mutual conductance of an amplifying tube may be advantageous. In computers, electronic tubes are used as switches; there the cut-off voltage and the current when the tube is conducting should show a small spread. Rugged construction is required where tubes are subjected to mechanical vibrations or shocks. This, for instance, is the case when the tube is used in aircraft. In industrial applications too, where tubes are mounted in equipment attached to, or placed in the vicinity of, machines that generate shocks or vibrations, rugged construction may be of importance.

From this it may be clear that the tubes themselves which are generally termed reliable may have only one or some of the above mentioned properties, since in most cases they are developed to suit one kind of application. It may be of importance to consider this fact, when types of tubes have to be selected during development of electronic equipment.

3. Definitions of the terms reliability and life.

The four properties will now be subjected to further consideration. First reliability and life will be discussed, as these two are more or less interrelated. This may be shown by the curves of figure 2, which represent the percentage survivors of a batch of tubes as a function of time. All the curves are taken from publications on the subject. These curves may be

thought of as having originated in the following way. A certain piece or collection of pieces of electronic equipment have at the same moment been equipped with a large batch of tubes, say 1000 tubes. Whenever a tube fails a record is made, and

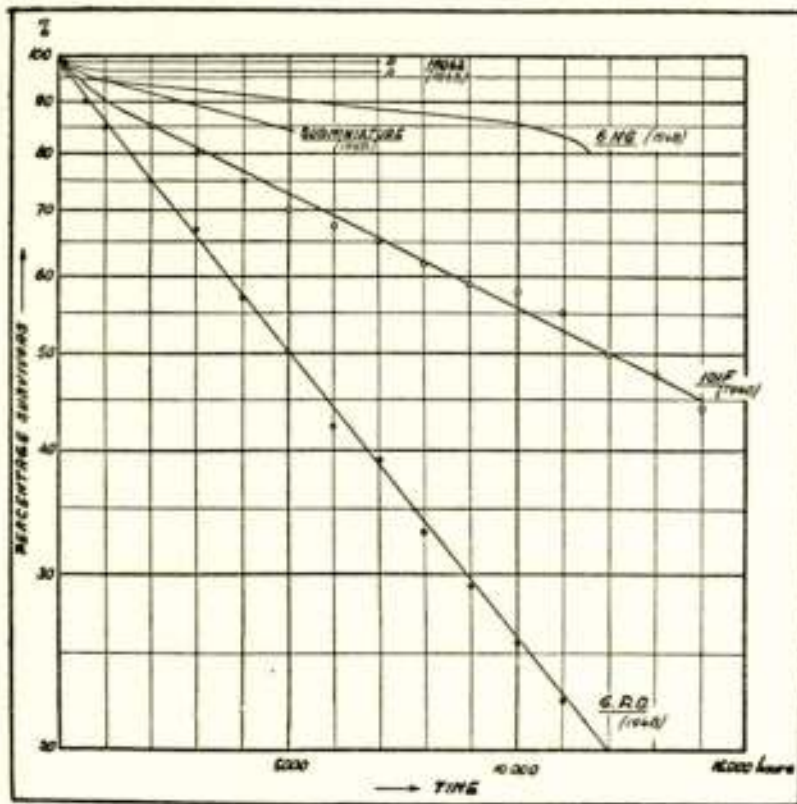


Fig. 2.

Survival curves for several tube types as published in literature.

1) 2) 3) 4) 5)

can be drawn. Let us first calculate the failure rate, that is, the number of failures per unit of time, which is $-\frac{dS}{dt} = P \cdot S_0 e^{-Pt}$.

Consequently the relative failure rate $-\frac{dS}{dt}/S$ is equal to the constant P , which means that in this case the relative failure rate is independent of time. The average life L of the lot is found from the equation

$$L = \frac{1}{S_0} \int_0^{\infty} S_0 e^{-Pt} dt = \frac{1}{P}.$$

When the batch has reached the point of time equal to the average life, the number of survivors appears to be:

$$S = S_0 e^{-P/P} = 0.368 S_0.$$

So that at that moment only 36.8% are still in operation.

For the curve under consideration $P = 13.5\%/1000$ hours, from which it follows that $L = \frac{1000}{0.135} = 7500$ hours. Gannet (2), by

from this information a curve is drawn indicating which percentage of the original number is still in function at different points of time. This percentage has here been put on a logarithmic scale.

A very typical curve is the one published by Lewis of the British General Post Office 1); this is clearly a straight line. The analytical expression for this curve is $S = S_0 e^{-Pt}$; S_0 being the original number, S the surviving number at the time t . P is a constant.

From this simple expression some interesting conclusions

whom the curve for type 101 F was published, suggests the value L to characterize the life of a tube. As a consequence of an exponential function the number of survivors after a time equal to $2L$ will be e^{-2} ; this is also 0.368 times the number surviving at the point of time equal to L . This shows that the behaviour of tubes which have already functioned for many thousands of hours is not different from that of completely new tubes. This is not surprising as in this case the failure rate P is a constant. The replacement of a group of old tubes by new ones is here completely pointless.

It has already been pointed out by Lewis that this form of curve can only be expected in the case of complete lack of control.

Therefore the curve cannot be representative of the normal case. In our view the curve given by C.R. Knight (3) for the 6H6 is much more representative. It shows a sharp drop during the first few hundred hours of life followed by a rather straight section which, after many thousands of hours, becomes a curve with an increasing downward slope. The trend of this curve may be explained in the following way. In the beginning some of the tubes show the effects of manufacturing faults not detected in the factory, such as bad welds or near shortcircuits. When these have been removed failures occur at random till certain types of failures begin to dominate, namely those connected with the physical and chemical processes occurring around the hot cathode, such as emission and insulation failures.

The inferences of a survival curve of this form are:

1. During the straight part of the curve the tubes behave in about the same way as tubes that show the exponential curve.
2. In the first period of life, say up to 100 to 1000 hours, the failure rate is higher. In this case new tubes are not as reliable as tubes that have been working some hundreds of hours.
3. After a certain time the failure rate increases again. It may now be expedient to replace the tube complement, unless special precautions are taken.

This consideration makes it clear that for curves of this kind Gannet's definition of life is no longer valid.

An other definition is used by Eleanor Mac Elwee (4) in a paper on life test results with subminiature tubes. There a 5000 hours life means that at that time there are still more than

80% survivors. In fact this definition does not say very much more than that the failure rate is less than 4%/1000 hours. When, however, the failure rate remains constant after many thousands of hours more there is no reason why the surviving tubes should not be used much longer than 5000 hours.

In fact, both definitions do tell something about the failure rate of the tubes, which is a very important quantity to the user as it determines the number of breakdowns of his equipment due to tube failure. Some examples can be seen in fig 2: the values range from 13.5%/1000 hours to less than 0.5%/1000 hours. In the last case two curves are drawn; they refer to the same tube type (5), working under practically equal conditions as regards currents, voltages etc. Yet curve *B* shows a much better result. Here the tube is used as a simple *A.F.* amplifier in a telephone channel amplifier. Curve *A*, however, refers to an application where an insulation failure of more than 1 Megohm may affect the equipment, for then a relay is energized. Any insulation failure is detected immediately. Therefore the results are less favourable in this case. If the average tube life be calculated by extrapolation from the failure rate of 0.5% a value of 200,000 hours would be obtained. It is obvious that this value is not in accordance with practical experience.

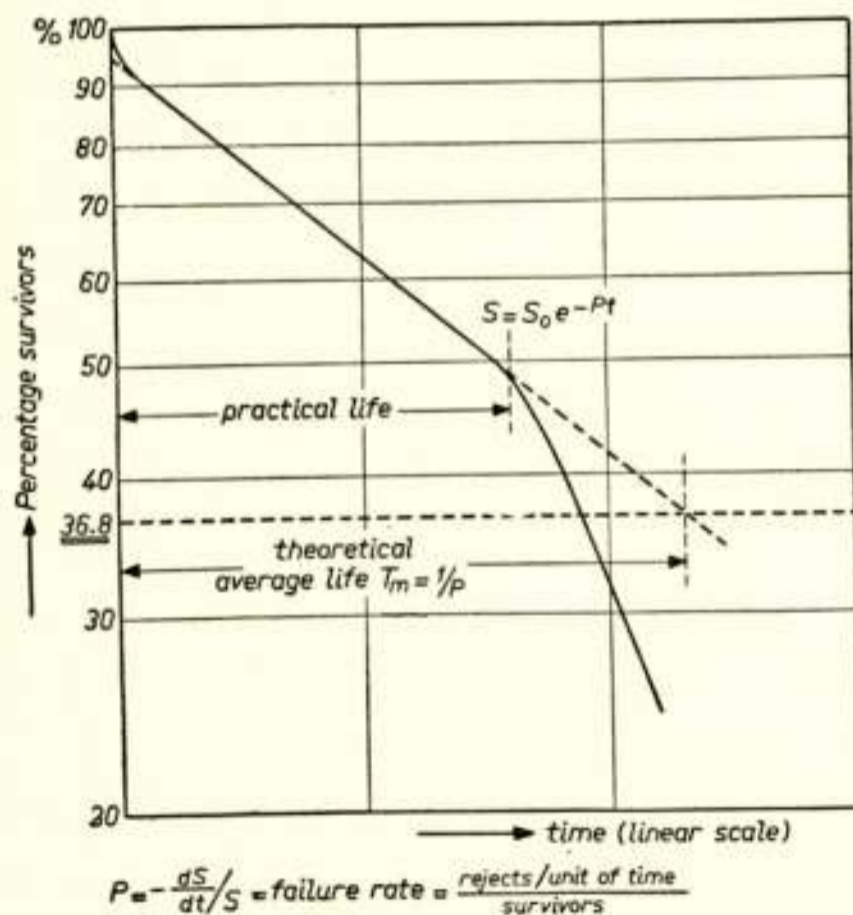


Fig. 3.

General form of survival curve with definitions of failure rate and useful life.

We would therefore propose as a definition of the tube life "the period of time during which the failure rate remains practically constant". This is the period of life in which it is pointless to replace a batch of tubes. The definition is shown in fig. 3. It may be of interest that all the curves and values referred to are taken from tubes used in stationary equipment. For mobile equipment much higher failure rates occur when the tubes are subjected to strong vibrations.

In the case of long life tubes the failures occurring during

the flat portion of the characteristic are mainly due to mechanical failures, which are of a sudden and hence fatal nature. The increased failure rate at the end of the useful life is mostly due to emission and insulation defects which worsen gradually.

The extent to which the characteristics of a tube may deteriorate before it has to be considered as unusable is open to some discussion. This is dependent on the circuit in which the tube is operating and the limits which can be tolerated in the operation of the equipment. In order to obtain an objective limit one generally accepts a decrease of the slope of the tube to 70% of its nominal value, and an increase of the grid current to $1 \mu A$ under typical operating conditions as the limits beyond which the tube is considered as unusable. For tubes which are intended for special purposes, such as switching circuits in computers, other limits that bear close connection with these special functions may be defined.

These gradual defects are predictable to some extent. The failure rate thus gives a figure that is a direct indication of the reliability of the equipment, while the life is related more to maintenance costs, such as arise from preventive maintenance measurements and tube replacement.

It should be pointed out that the so-called gradual failures do not necessarily lead to breakdowns. If measures are taken to detect these failures at an early stage, and this can be done by measuring some characteristics of the tubes from time to time, breakdowns can be prevented. This is what is meant by preventive maintenance. The most elegant method is to carry out the measurements without taking the tubes out of the sockets. This may even be done without service interruptions. For instance, in a telephone line amplifier, the test could take the form of decreasing the heater voltage and measuring the associated decrease in anode-current. Grid currents could be measured by inserting a high resistance in the grid circuit and measuring the effect on the anode current. In computers these methods have reached a high degree of perfection. Here the so-called marginal checking methods are used. Pulse amplitudes, repetition frequencies and other parameters are varied and the effect on the results of certain standard calculations is observed. By using these methods not only breakdowns due to gradual failures can be prevented, but apart from that all the tubes may be used up to their individual end of life, and this may make a substantial saving in costs.

Both types of failures, gradual and sudden will now be discussed.

4. *Gradual failures.*

4.1. Failures connected with cathode emission and interface.

In indirectly heated tubes the emission is obtained from a cathode consisting of a nickel tube sprayed with the mixed carbonates of barium, strontium and sometimes calcium. During the exhaust procedure the cathode is heated to such a temperature that the carbonates are broken down to oxides, the generated CO_2 being pumped away. The work function of the oxide mixture is much lower than those of other metals or oxides that could be used. At the normal working temperature of 750° - 800° Centigrade the saturation emission is of the order of 2.5 - 25 A/cm^2 .

A low work function or a high emission is only possible when there is a certain quantity of free barium in the oxide mixture; about 0.01% barium atoms not combined with oxygen is sufficient. These free barium atoms may originate in the following ways.

- a) Reduction of the oxide by reducing agents in the cathode nickel. These are minute impurities in the cathode nickel that constitute less than 1% of the total weight, but affect the emission properties of the cathode to a large extent.
- b) Electrolysis of the oxide layer by the cathode current passing through it.

There are, however, also processes in the tube tending to decrease the quantity of free barium. The first is termed poisoning. This may be due to gas in the tube that may react with the free barium. With the best pumping and gettering methods pressures as low as 10^{-7} mm of mercury will be found in vacuum tubes. The number of gas molecules in the tube is then 10^{-10} times that at atmospheric pressure, but their number is still $3 \cdot 10^9$ per cm^3 .

These can come in contact with the cathode, or even be attracted by it, when they are ionized by collision with electrons. Moreover the electrodes have at their surface a layer of absorbed materials, among others evaporation products of the cathode. When these are bombarded by the electrons, a

large amount of energy is transmitted to them, which may shatter the compounds and liberate active materials that can again combine with the free barium. Above all the bombardment of the glass and insulators in the tube can have very serious results. The second effect diminishing the free barium content of the cathode is evaporation. It is clear that where the removal of free barium overtakes the processes producing it, the emission of the cathode will decrease gradually.

There is still an other process going on in the cathode capable of causing a tube defect. During the manufacture of the tube and during its life a reaction takes place between the reducing agents in the nickel and the cathode coating at the boundary between the nickel and the coating. One of these reaction products may be an interface layer of barium orthosilicate. During the life of the tube the resistance of this layer may show an appreciable increase, dependent on its composition and the cathode temperature. The higher the temperature, the more rapidly the resistance increases. The effect of this interface resistance is as if a cathode resistor, shunted by a capacitor with a value of the order of $10.000 \mu F$, is built into the tube. This naturally causes a decrease in the anode current of the tube, and, by the effects of negative feed-back, a reduced gain at the lower frequencies. The effect is increased when there is no cathode current flowing. The behaviour of these different processes as a function of temperature is, of course, very important. At low temperatures the cathode is more sensitive to poisoning, than at high temperatures. This is due to the fact that the production of free barium is less intense at low temperature, as all diffusion processes are slowed down. Moreover some reactions between barium and other elements that do not occur at normal working temperatures are possible at lower temperatures. At higher temperatures, however, evaporation and the formation of the interface layer are more pronounced. This leads to the conclusion that there is an optimal cathode temperature, which can be lower when the various poisoning effects are decreased as far as possible. To obtain long life tubes the tube maker has to take the following precautions:

- a) To reduce poisoning effects the following measures are necessary. Utmost cleanliness of the components and in the assembly of the components, attained by special care in making the parts and in cleaning procedures as decrea-

sing, annealing, in reducing atmosphere or in vacuum, boiling in distilled water etc.

Long pumping schedules, to degas all parts thoroughly. Avoiding all bombardment of insulators and the glass envelope by electrons, which can be done by inserting screens or by the choice of electrode forms. High getter quality to keep the gas pressure in the tube at a very low value.

- b) The cathode temperature has to be given the lowest value at which no dangerous conditions are reached with regard to poisoning. There has of course to be some safety margin in case the cathode temperature decreases owing to heater voltage fluctuations.
- c) To avoid interface effects the choice of the impurities in the cathode material is of fundamental importance. In particular silicon has to be avoided. Good results have been obtained with the use of so-called passive nickel, that is, nickel with only very small impurity contents, for instance 0.03% *Mg* and 0.01% *Si*. With these nickels it is more difficult to activate the cathode, but after 10,000 hours of operation at normal cathode temperature there is no measurable interface resistance.

On the other hand the equipment designer may ask what measures he can take to obtain an optimal life from the tubes he is using. It is clear that much depends on the application, the type of tube and the manufacturing method. Although some general rules will be given in this paper, it must be stated that in many cases some kind of cooperation between the equipment designer and the tube supplier may be necessary.

An essential point with regard to cathode poisoning is the bulb temperature. To obtain a really long life it is very important to keep the bulb temperature lower than 170° C at the hottest point. Above that temperature the glass will steadily release small quantities of gas, sufficient to damage the cathode.

Apart from that, anode and screen-grid dissipations have an effect. Generally speaking a low loaded tube lives longer than a tube operated with anode and screen-grid dissipations. At high dissipations these electrodes are at a higher temperature and tend to liberate some gas. Due to the higher temperature of the surrounding electrodes the cathode temperature will be increased, which also leads to decreased life.

It is a remarkable fact that poisoning effects are more pro-

nounced at high electrode voltages than at low voltages, even when the electrode dissipations are kept constant. This may be due to the circumstance that the compounds adsorbed at the

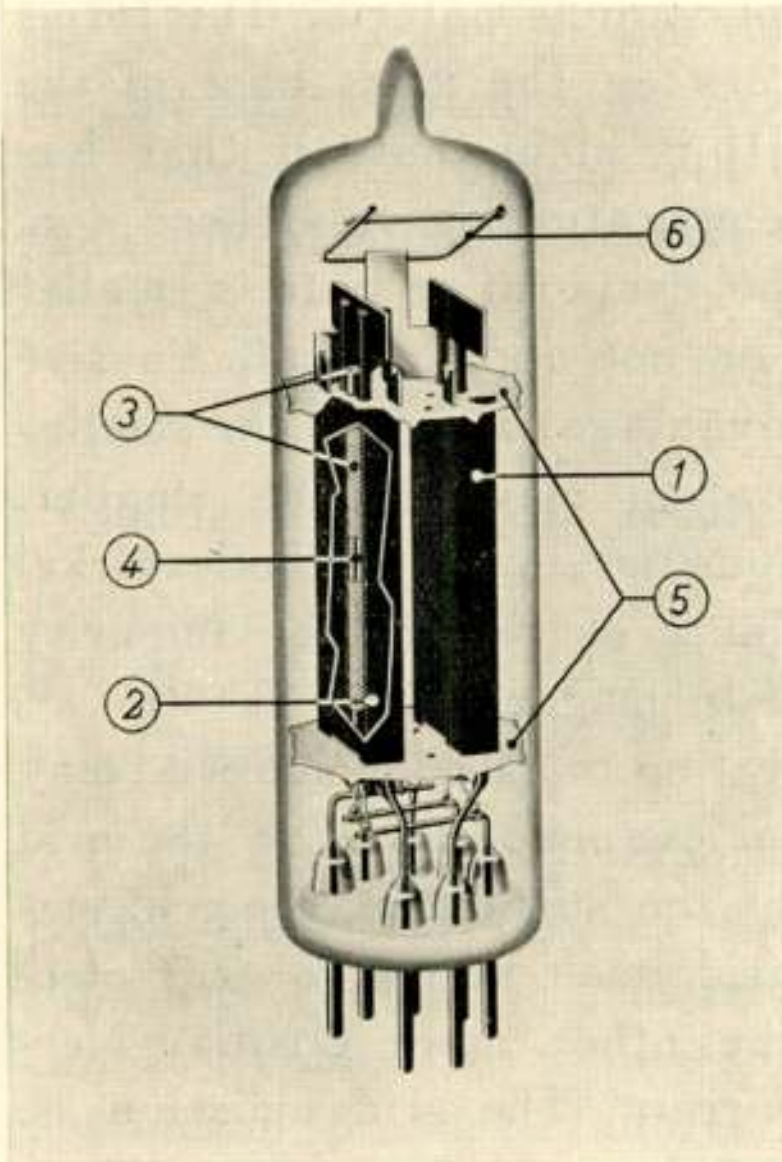


Fig. 4.

Example of the construction of a radio tube (double triode).

1. Anode, 2. Grid, 3. Cathode, 4. Heater, 5. Mica spacers, 6. Getter.

anode or screen-grid are more readily broken down by high energy electrons than by slow energy ones. From this it follows that low voltage and low power operation is advantageous.

As already stated, the tube designer, when determining the cathode temperature, has to leave some safety margin for low heater voltage operation. The equipment designer who incorporates a stabilized heater voltage supply in his design may use this margin to his advantage by running the tubes at a somewhat lower voltage than the nominal value. In general, the tube data for professional tubes advise that the heater voltage be kept within $\pm 5\%$ of the nominal value. In the case of stabilized heater voltage it is thus fully justified to use the tube at

$- 5\%$; in some cases, depending on the application and the tube type, one may even go as far as $- 10\%$.

This is also of importance when the increase of the interface resistance has to be minimized. As already mentioned the interface resistance shows a more rapid increase when the tube is not conducting. For tubes developed specially for computers the cathode material is so chosen that even under cut-off conditions the interface resistance will not increase appreciably over very long periods.

This is not the case with most communication tubes, a fact which should be remembered when using these tubes in standby operation, with only heater voltage on and no cathode current flowing.

conducting materials that are evaporated on to them. Therefore the air supply to the assembly room should be filtered. However, dust is produced in the assembly department itself. Even when walls, ceiling, tables, curtains and floor are made of dust-free material, the people in the department will be a constant source of small particles from clothing, hair and skin. This dust



Fig. 6.

Assembly of a tube under a dust-cover.

should be trapped by using a well polished linoleum floor, by cleaning the department each day with wet cloths and by the avoidance of rapid air movements. To prevent the dust falling on the parts during assembly, assembling takes place under dust-covers, as shown in figures 6 and 7. These are the more necessary because the work is performed close to the hair and

clothing of the operator. A stock of components is also placed in the dust-cover and is covered by another lid. The hands of the girl enter the dust-cover through the slits in the nylon curtains.

Of course the components themselves have to be dust-free too. This is achieved by production methods that are in them



Fig. 7.

Welding under a dust-cover.

selves comparatively dust-free and by means of subsequent cleaning processes like washing and stoving.

The packing should give complete dust protection and must not produce dust itself. This means that packing in paper or cardboard is out of the question; only glass, plastics or metals can be considered. For grids a special packing has been deve-

loped in which they can be washed, stoved and dust-free stored without repacking and without additional handling with the attendant possibility of damage.

Finally there are the particles produced in the tube itself. For instance, the mica spacers may release small particles when the electrode system is inserted in the glass envelope, metal particles may be produced during welding operations or loose particles may be chipped off the coating of the cathode or the heater. Mica particles can be avoided by the use of a special mica form with rounded corners that will be described later; production of the other particles should be prevented by using components of high quality and good welding procedures. Washing of the assemblies before sealing-in may also prove very useful.

5.3. Quality control of tube assembly.

In preventing all these sudden failures the assembly girl plays a very important role. Everything should be done to give her the opportunity of doing her work in the right way. It is not sufficient to give her good tools like mandrels, welding equipment etc., but the tools must be so constructed that they can be handled in a simple, easy way. The surroundings should be in accordance with the quality of the product she has to make, in other words, the assembly department should be very clean, orderly, quiet and have fresh and pleasant colours. The operator should understand the importance of her work. To this end she should be informed during her training period about the application of the product she is going to make and the consequence of carelessness in her work. And last, but not least, her wage should have some connection with the work she is doing. Many factories therefore pay their assembly personnel an hourly wage instead of piece-rates. In the Eindhoven factory we hold the opinion that remuneration should be based on the operator's performance and we have introduced a combination of piece-rate and quality bonus.

The quality is judged in the following way. At regular intervals samples are taken of the operator's work, which are then closely checked against a list of up to 50 different points. For many points the connection between the remarks and reliability is of an indirect nature, e.g. if a metal screen has been welded somewhat askew this will not have any influence on the life or reliability of the tube, but is a symptom of carelessness that

may extend to the more essential parts of the structure. For every fault a number of penalty points are given depending on its nature. A bad weld, for instance is judged much more severely than a forgotten weld. The latter will be found during the manufacturing inspections, but the bad weld may give rise to the breakdown of an electronic equipment in the field. From the number of failures found and their importance a merit mark is calculated. Ten is awarded for faultless work, and with the number of faults found the figure decreases. Operators who have an average of 8 or more throughout the week are paid a bonus. The difficulty of the system is to keep judgement consistent. This has to be done by cross-checks between the staff members engaged in judging.

However, the system has made a valuable contribution to the improvement of assembly quality.

5.4. Glass problems.

Here it is not the human being but the machine that has to be checked constantly for its performance. Each production run is preceded by the sealing-in of a number of dummies that are inspected for glass strain with the aid of a polariscope and for the form of the seal by making a section. After the adjustment of the machine for optimal sealing production starts and is sample tested every hour. After cooling tube samples are immersed in boiling water with a cone of prescribed form pressed between the pins, after which they are immediately plunged into cold water. The occurrence of cracks gives indications for the readjustment of the machine. After the exhausting process all tubes are tested by immersion in boiling water for a few moments. This test should not produce any rejects; a reject is a sign that the sealing machine must be readjusted.

5.5. Heater-cathode shorts. (6)

One type of failure is quite different from the types mentioned above. This, the heater-cathode short, has a physical cause, dependent on the operating conditions of the tube, but it occurs suddenly without any warning. Figure 8 shows the construction of the heater-cathode assembly of an indirectly heated tube. The nickel cathode tube, having a temperature of 750°-800° centigrade, is heated by a tungsten helix having a

temperature of about $1100^{\circ}C$. The heater wire has to be insulated from the cathode, and the only insulating material that has been found adequate at this temperature is alumina, Al_2O_3 .

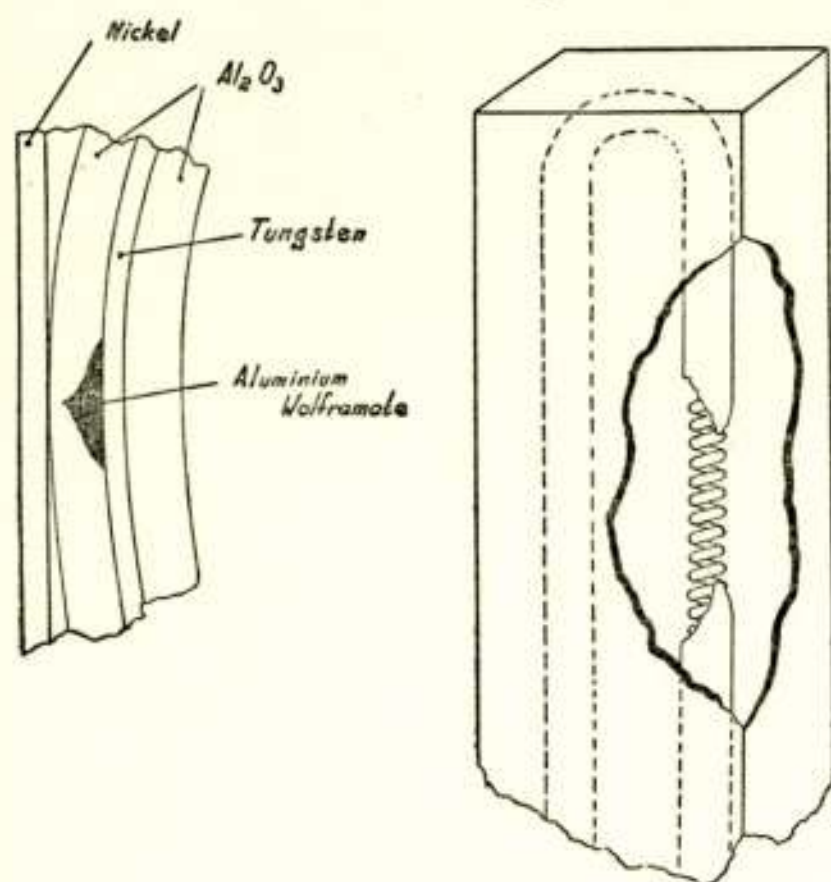


Fig 8

Sketch at right shows the heater-cathode construction used in electronic tubes. The left sketch shows a detail of heater and cathode near a point where a cathode heater breakdown can be expected.

It is clear that this material has to be of a high quality with respect to purity.

The tungsten is coated with alumina by spraying or by electrophoresis and afterwards sintered at a high temperature.

In most cases the insulation requirements for the heater are not very stringent; in a high frequency amplifier, for instance, the voltage between heater and cathode is only a few volts, viz. the voltage drop over the cathode resistor. However, in circuits where the heaters are connected in series, or where the cathode is used as output electrode, the situation is quite different. In that case there is a physical limitation to the life of this insulation.

On the spots, where the insulation of the heater makes a direct contact with the cathode nickel, a very slight, but after a long time perceptible, electrolysis of the alumina takes place. When the heater is positive with respect to the cathode, oxygen ions go to the heater and oxidize the heater. The tungsten oxide thus formed will dissolve in the alumina producing „aluminum tungstate“. The resistance of this compound is much lower than that of alumina. After a time determined by the applied voltage and the temperature of the heater, the tungstate will constitute the major part of the material between heater and cathode and the resistance will be so low that a violent break-down occurs that may lead to a complete short circuit between heater and cathode. If the impedance in the heater-cathode circuit is low this may lead to the fusing of the heater.

Fig. 9 shows the relationship between the applied heater-vol-

tage the time required for 1% rejects in the case where the heater is positive with respect to the cathode. The values should be regarded as a guide; they have been obtained by extrapolation of tests carried out at higher voltages and temperatures.

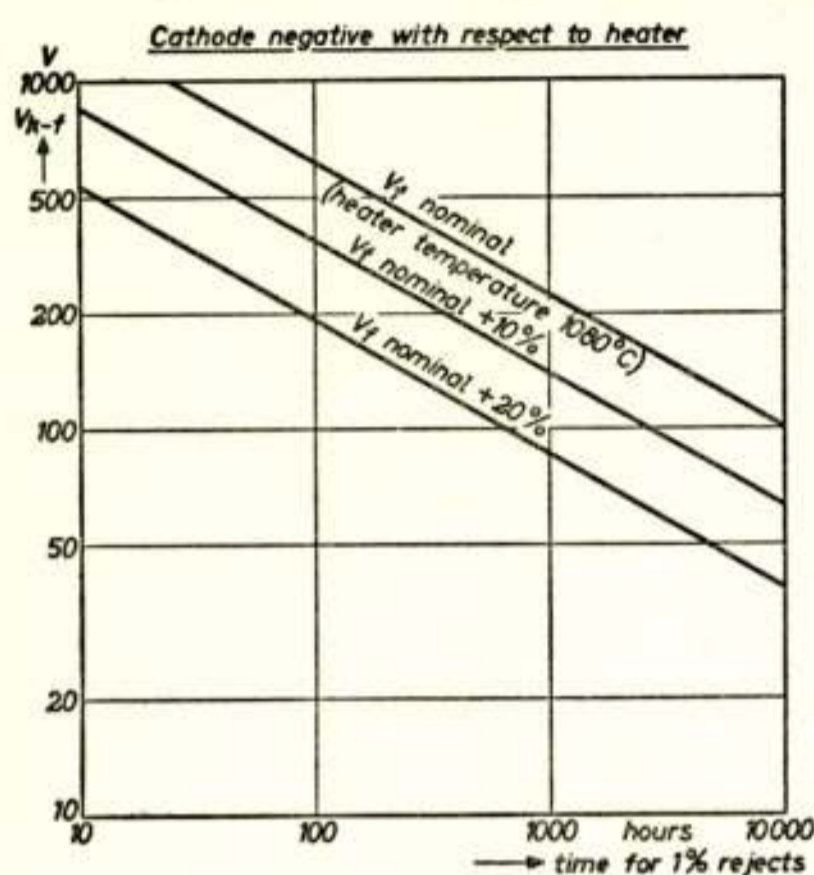


Fig. 9.

Graph representing the relation between heater-cathode voltage (cathode-negative with respect to heater) and the time for 1% failures due to heatercathode insulation breakdown. These curves have been obtained by extrapolation from experiments at high voltages and temperatures and do not claim high accuracy. ⁶⁾

He can try to avoid any contact between the heater and the cathode, or at least only allow it to take place via a long insulation path. This is done for instance in booster-diodes for television receivers, where peak voltages of many thousands of volts occur. These methods are only practical for large cathodes and tend to increase the heater temperature, and this may lead to brittle heaters. A practical method for smaller cathodes is used in many of our professional tubes, namely, coating the inside of the cathode with a layer of Al_2O_3 10 to 20 μ thick. This coating is far more effective than a thicker coating of the heater for the following reasons:

- a) The temperature of the inside coating is lower than the coating of heater, giving better protection against breakdowns.

The figures shows clearly how life is shortened by high heater-cathode voltages and the influence that the heater voltage has on the phenomenon. It can be seen from the curve that it is not advisable to exceed 100 V if a life of 10.000 hours is required.

When the cathode is positive with respect to the heater a similar process occurs, but now it is the nickel that is oxidized. As nickel is not so readily oxidized as tungsten the process will take more time, about ten times as long. However, the voltage between cathode and heater may be increased only by about a factor of two.

On the tube manufacturer's part there is little that can be done to counteract this phenomenon.

- b) The heater temperature is decreased by the higher radiation absorption factor of alumina with respect to nickel, thus improving the heat transfer.

This coating prolongs life by a factor 5 to 10.

It has to be emphasized that the break-down described above has no correlation at all with the insulation currents measured between heater and cathode. The currents causing electrolysis are very much smaller than the leakage currents normally measured. These may originate in emission phenomena, connected with impurities like sodium in the alumina coating. There is no connection between the value of these currents and the probability of a break-down.

6. *Contacts.*

The most reliable tube is of no use when the connections between the tube and the circuit are not of high quality. These connections are the base pins of the tube and the contacts of the tube holder. This problem that seems of crucial importance, has to our knowledge only been dealt with in British technical literature. It is treated to some extent in an article by Mr. Morell (7) of the G.P.O. Many interruptions, noise and level changes found with communications over long telephone circuits are attributed in this article to bad contacts, of which base pin contacts form a part. The conclusion of the article is that the only solution of the problem is to solder the tubes into the circuit. We have considered this problem too and we have arrived at a somewhat different approach.

We agree that where the equipment life is of the same order as the tube life, as is the case in some military equipments, the soldering in of the tubes may solve a number of problems. However, for telecommunication equipments that is in operation day and night, the equipment life is many times the average tube life, even if the last is taken to be many ten thousands of hours. Soldering would there create a serious maintenance problem. However, it is not impossible to improve the base pin contact. This contact is generally excellent with a new tube and holder, but it deteriorates in the course of time by corrosion. Only precious metals give stable contact resistances under corrosive conditions. We have developed gold plated tube pins that, in combination with gold plated tube holder contacts, give excellent results during long tests under corrosive conditions.

Most of our professional tube types are now equipped with these gold plated base pins and only time can tell how far this solves the contact problem.

7. Spread of characteristics.

The difference in electrical characteristics between tubes of the same type are caused mainly by

- a) small differences in the dimensions of the components;
- b) the workfunction of the control grid;
- c) the emission condition of the cathode.

To give an example of the influence of the dimensions of the components on the electrical characteristics, the following figures are given for the type 18042. This tube has clearances of 120μ between grid 1 and cathode and 310μ ; between grids 1 and 2. The following table shows the change in negative grid voltage and mutual conductance at 10 mA anode current for 1μ variation of the diameter of the various electrodes.

	$-V_{g1}$	S
Cathode diameter	10 m V/ μ	0.06 mA/V μ
Grid 1 diameter	1.5	0.06 „
Grid 1 pitch	90	—
Grid 1 grid wire diameter	115	—
Grid 2 diameter	5	—

It is clear that for the manufacture of this type with a requirement that the negative grid voltage should show a spread of less than $\pm 0.33 V$, special precautions should be taken. These may be the selection of special grid wire for the first and second grid, satisfying special requirements with respect to diameter and tensile strength. Also important is an accurate check on cathode diameter.

The burning in period of 48 hours serves to stabilize the work function of the grid wires. This is determined by the surface conditions of the grid. Even when the emission condition of the cathode is correct, rather big differences can occur in the state of the grid surface, dependent on the previous operating conditions of the tube. The grid surface will be covered by evaporation products from the cathode. The amount depends on

the previous cathode temperature and the degree of poisoning present. The grid is more sensitive to poisoning effects than the cathode as it does not produce free barium itself, but has received it from the cathode. The work function is thus dependent on the cathode temperature, currents and voltages that have been applied to the tube in the time preceding the measurement. The aim of the 48 hours ageing period is to bring the control grid into its normal operating conditions in order that in normal applications the work function will not change appreciably.

When discussing electrical tolerances a new way of making grids should not pass unmentioned. The turns of the grid wire in a normal grid not only control the movement of the electrons but also serve as a constructional element. They are the connecting elements between the "backbones", and forces exerted on the backbones influence the dimensions of the grid turns to a large degree.

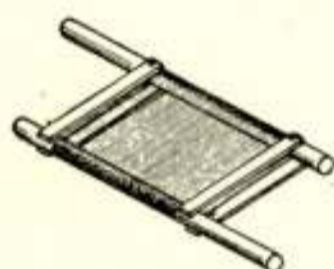
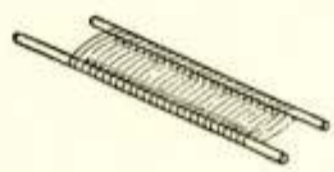


Fig. 10.
Comparison between conventional grid (upper figure) and a framegrid (lower figure).

With the so-called "frame grid" illustrated in figure 10, grid wires only have an electrical function. This is achieved by making a frame consisting of two molybdenum rods, connected by 4 molybdenum bands, two on each end. On this frame very thin grid wires are wound, with a relatively high tension, about 60% of the tensile strength of the wire. The wire diameter is 7.5μ , for instance. This wire now completely takes on the form prescribed by the side rods and the diameter is thus completely determined by the diameter of the rods. This is a great advantage compared with normal grids, where the diameter is determined by the form of the wire turn, which may change with the mechanical properties of the

wire. The molybdenum rods can be manufactured with very high precision, better than $\pm 5 \mu$. The wire is fixed to the rods with gold solder or with molten glass powder. When measures are taken to improve the accuracy of the cathode and the dimensions of the mica spacers, this method allows tubes to be made with clearances between cathode and grid 1 of half the value that can be reached satisfactorily by other methods. There are already some tubes on the market that use these grids and many others will follow.

8. *Rugged construction.*

This point became increasingly important during the last war and afterwards with the steadily growing use of electronic equipment in aircraft. In these applications heavy vibrations occur, dependent on the type aircraft and the location of the equipment in it. In naval vessels heavy shocks may occur during gunfire. It is necessary that the tubes used should not fail under these exacting mechanical conditions.

The effects of vibrations on tubes can be summed up as follows. When any component of the tube has some play in the mica spacer hole in which it is located, or the spacer itself has some play within the glass envelope, there will be movement of the components in the spacers in response to vibrational forces. This will lead to wear of the mica, thus tending to increase the play.

In the first stages this will lead to increased microphonics and in an advanced stage the components will come in contact with each other and short-circuits may occur. The mica dust may come in contact with the cathode and poison its surface, resulting in reduced emission. Moreover some parts may show mechanical fatigue under unfavourable conditions. It is the heater and the cathode connector which are most liable to these effects. During shocks slender parts or parts made of soft materials may suffer permanent distortion, which may lead to shorts. Moreover welds may break and the mica spacers may release gas.

To construct tubes that can withstand these mechanical conditions, it is important in the first place to restrict the forces that occur. This is done by using components of small mass. Moreover mechanical resonances should be avoided, those under 1000 cycles/sec. being undesirable and those under 200 cycles/sec. quite inadmissible. The play of the parts in the mica spacers should be negligible. The same applies to the location of the spacers within the bulb. In a tube with short electrodes it is often sufficient to anchor the system to the contact pins. For larger structures a great number of mica points has to be used. A construction method that has given particularly good results uses an almost square mica spacer with rounded corners (fig 11 and 12).

The bulb is shrunk on a mandrel, in order to obtain a slightly conical zone of very accurate diameter, about 0,1 to 0,2 mm

quality level" of 20⁰/₀ and for the vibration test on an *AQL* of 6.5⁰/₀. These figures indicate that tubes which are considered shock and vibration proof according to these specifications should not be exposed in practice to shocks and vibrations of the same magnitude as during the tests, as very large failure rates will occur.

9. *Quality control methods.*

In the manufacture of reliable tubes, quality control methods play a very important role. Some examples have already been mentioned, such as those for assembly quality and glass strain. However, these methods start as far back as in the manufacture of components, where samples are tested for many important properties. After the pumping and the first hours of screening of the tubes, however, an electrical quality control scheme comes into operation. The tubes are measured for a number of important electrical characteristics, and tested for inoperatives, crackling etc. In our factory a 5 minute long vibration test under normal operating conditions is carried out to test the tubes for loose particles. After this the tubes are aged for 48 hours. This is done to stabilize characteristics, but also constitutes a very short life test for 100⁰/₀ of the tubes. Important indications about tube reliability can already be found from rejects occurring after this period. As a sorting method it seems too short to us. After ageing the tubes are tested 100⁰/₀ for the more important characteristics, like emission, mutual conductance, anode current etc. and tested for crackling and insulation. Each week's production is stored separately. From each lot a number of samples is taken. A first is used for measurements of electrical characteristics that are not tested 100⁰/₀, like capacitances, stability, grid emission, noise, microphony etc. A second sample group is used for a 500 hour life test.

In the case of tubes of rugged construction another group is tested by vibration and shocks. The results of these tests determine whether the weeks production can be delivered or not. Before delivery, the tubes are tested once more for the more important characteristics, mainly to test them on storage effects.

10. *Conclusion.*

The purpose of this article has been to give an idea of the

problems confronting the manufacturer of professional tubes and to give some hints to the equipment manufacturer as to the most advantageous employment of these tubes with respect to life and reliability. It was shown that failure rates of better than 0.5% per thousand hours are possible, with a useful life of more than 10000 hours. This does not mean that the work for higher tube reliability is at an end. Our opinion is that the goal for the normal professional tube should be 0.1% per 1000 hours. In order to attain this figure much work has still to be done. The equipment manufacturer can help in reaching this goal. When valuable information is at his disposal concerning life and reliability of this class of tubes, an evaluation thereof by the equipmentmaker and the tube manufacturer together can be of great value for the improvement of the quality of professional electronic tubes.

LITERATURE

- 1) N. W. Lewis: Post Office Electrical Engineers Journal, Vol. 41, Part I, p. 10—12 (April 1948).
 - 2) D. K. Gannet: Bell Laboratories Record, Vol. XVIII, No. 12, p. 378—382 (August 1940).
 - 3) C. R. Knight: Paper presented at the A.I.E.E. Conference on Electron Tubes for Instrumentation and Industrial Use, Philadelphia, Pa. March 29th and 30th, 1948.
 - 4) Eleanor M. MacElwee: Sylvania Technologist, Vol. III, No. 2, p. 16—20 (April 1950).
 - 5) K. Rodenhuis and W. Sparbier: Elektronische Rundschau, Band I, p. 22—25 (January 1955) and p. 72—74 (February 1955).
 - 6) For this part use is made of unpublished investigations by Dr. P. G. van Zanten and P. N. Kuiper, Eindhoven.
 - 7) F. O. Morrell: Paper read before the London Centre of the Institution of Post Office Electrical Engineers on April 5th 1948.
-



Boekbespreking

Gegevens en Schakelingen van Ontvang- en Versterkbuizen III B, door N. S. Markus en J. Vink. Uitgave Meulenhoff en Co. N.V., Amsterdam 1955. 277 pag. 15½ x 23½ cm., 290 figuren. Prijs f 15.—.

In dit boek zijn gegevens en schakelingen te vinden voor elektronenbuizen, welke in de jaren 1951—53 op de markt zijn gebracht. De buizen, welke hoofdzakelijk in televisietoestellen worden toegepast, zijn bij elkaar gebracht in het deel III C van de serie „Elektronenbuizen”, zodat dit deel, zoals de auteurs in hun voorwoord zeggen, de „overige buizen” bevat.

Al bespreekt dit boek de „overige buizen”, daarom is het toch beslist geen inhomogeen geheel geworden. Het merendeel van dit boek is gewijd aan de buizen voor A.M./F.M.-omroepontvangtoestellen EABC 80, EF 85, ECH 81, EC 92, EZ 80 en de overeenkomstige buizen uit de U-serie. Voorts is een grote plaats ingeruimd voor buizen voor batterijontvangers, n.l. de DK 92, DL 94 en DM 70/71. Tenslotte worden de speciale kortegolfbuizen EC 80, EC 81 en EC 55 besproken.

De op de stofomslag van deel III C voor dit deel aangekondigde bespreking van „buizen voor telefonie en professionele toepassingen” is in dit boekwerk niet te vinden; evenmin trouwens de op de stofomslag van het boek dat voor ons ligt geannonceerde „complete gegevens van de nieuwste meetapparatuur”.

Aan degenen die vertrouwd zijn met de vorige uitgaven onder de titel „Gegevens en Schakelingen” valt het direct op dat in dit deel meer plaats is ingeruimd voor de toepassingen van elektronenbuizen in de ontvangschakelingen dan in de vorige delen.

De behandelde voorbeelden van batterij- en A.M./F.M. ontvangers zijn zeer ver uitgewerkt en geven niet alleen een idee van wat er wel met de genoemde buizen te realiseren valt, maar bovendien worden een aantal problemen behandeld, welke bij het verschijnen van de inleiding op deze serie (Deel I) nog niet aan de orde waren, doch bij de ontwikkeling van de nieuwere typen van ontvangers, speciaal die met hoge middenfrequentie, actueel geworden zijn.

Het boek is keurig uitgevoerd. De tekeningen en schema's zijn buitengewoon goed verzorgd en de prachtige kwaliteit papier doet dit nog eens extra tot zijn recht komen.

P. L. M. v. B.

HET INTERNATIONALE CONGRES „TUBES HYPERFREQUENCES” TE PARIJS

De „Société des Radioélectriciens” en de „Société Française des Ingénieurs Techniciens du Vide” organiseren van 29 mei tot 2 juni van dit jaar een congres te Parijs. Het doel van dit congres is het onderzoeken en bespreken van de nieuwste resultaten betreffende buizen voor frequenties boven 500 Mc/s.

Nadere inlichtingen te verkrijgen bij Ir. J. Bloemsma, Mient 551, Den Haag of bij: Société Française des Ingénieurs Techniciens du Vide, Congres „Tubes Hyperfréquences”, 44, rue de Rennes, Paris, VIe.

Uit het Nederlands Radiogenootschap



IN MEMORIAM L. V. VIDDELEER

Op 24 april is van ons heengegaan L. V. Viddeleer, in leven technisch hoofdamtenaar der P.T.T., verbonden aan het Dr. Neher Laboratorium te Leidschendam.

Eerst op rijpere leeftijd heeft Viddeleer zich volledig kunnen wijden aan de radiotechniek en na zijn intrede op het Laboratorium werd hem de leiding van de afdeling meetinstrumenten toevertrouwd.

De gaven, hem in ruime mate geschonken, heeft hij in deze afdeling kunnen ontplooiën; menig apparaat onder zijn leiding ontworpen en vervaardigd in een periode, waarin professionele meetinstrumenten nauwelijks of niet verkrijgbaar waren en in eigen behoefte door eigen ontwikkeling diende te worden voorzien, toont zijn grote kunde en originaliteit.

Zijn werkzaamheid is van bijzondere betekenis geweest en zijn werk van blijvende waarde voor het Dr. Neher Laboratorium.

Ook buiten het P.T.T.-bedrijf manifesteerde zich zijn activiteit; o.m. door publicaties in de radiovakliteratuur.

Zijn betoogtrant muntte uit door helderheid en de behandeling van de materie getuigde van zijn inzicht en kennis van zaken.

Persoonlijke eigenschappen maakte Viddeleer algemeen bemind en zijn vroegtijdig verscheiden — hij bereikte de 49-jarige leeftijd — heeft bij medewerkers, vrienden en bekenden grote ontroering gewekt.

In dankbare genegenheid zullen wij hem steeds gedenken.

v. d. W.

ALGEMENE JAARVERGADERING GEHOUDEN OP 16 APRIL 1956 IN HET INSTITUUT OF SOCIAL STUDIES, MOLENSTRAAT 27, DEN HAAG

Voor het bestuur aanwezig: Ir. Vormer (voorzitter); Prof. Schouten (penningmeester); Prof. Jonker; Ir. J. J. van Rijsinge.

Afwezig: Dr. C. E. Mulders (secretaris); Ir. H. T. Hylkema (hoofdredacteur); Ir. P. H. Boukema (voorzitter examencommissie).

De voorzitter opent de 127e vergadering en herdenkt door een minuut stilte het ontvallen aan de vereniging van haar 2 leden de heren Rens en Corver door overlijden. Hij brengt naar voren de grote verdiensten van de hr. Rens voor het onderwijs en van de hr. Corver voor de pioniersarbeid door hem verricht in het beginstadium van de radio.

Vervolgens gaat Prof. Schouten over tot het lezen van het jaarverslag 1955 waar algemeen accoord wordt gegaan.

Dr. Ir. van Weel brengt naar aanleiding van het internationale contact nog naar voren de vraag of het nu daarmee is afgelopen.

De voorzitter antwoordt dat, hoewel iedereen internationaal contact op radio-gebied op prijs stelt, de opzet van Frankrijk niet tot het gewenste resultaat heeft geleid, doch dat het bestuur bezig is om hier een en ander aan te doen.

Vervolgens volgt de goedkeuring van het jaarverslag.

Daarna leest Prof. Schouten het financiële verslag over het jaar 1955 voor en geeft aan de hand hiervan enige toelichting op bepaalde punten.

Voor het financiële jaarverslag van de examencommissie is de hr. Slikkerveer, die ter vergadering aanwezig is, verantwoordelijk.

Tenslotte wordt in het kort het verslag van de kascommissie over 1955 van de heren Lengton en Metzelaar behandeld.

Naar aanleiding van dit financiële overzicht worden enkele vragen gesteld. Ir. Weyers vraagt waarom de kosten van het tijdschrift nu opeens in 1955 opgelopen zijn van f 1700,— tot f 3000,—. De penningmeester antwoordt, dat dit in feite niet het geval is, doch door achterstalligheid in betalingen aldus in het verslag figureert.

Betreffende het advies van de kascommissie een gedeelte van het beschikbare kasbedrag rentegevend te beleggen, antwoordt de penningmeester, dat dit reeds is gebeurd, doch gezien de vele ongeregelde betalingen die moeten plaats hebben wordt voorgesteld ca. f 5000,— in kas te hebben. De hr. Metzelaar stelt nog voor, om een rekening op de Nutsspaarbank te openen voor dit bedrag waarover dan 2½% rente kan worden getoucheerd.

De nieuwe kascommissie zal worden benoemd. In plaats van de hr. Metzelaar wordt voorgesteld Dr. Ir. van Duuren welke aanwezig is en het voorstel wordt geaccepteerd.

Het bestuursvoorstel om de heren Ir. Hylkema en Prof. Dr. Schouten, welke zich beiden herkiesbaar hebben gesteld, opnieuw te benoemen wordt bij acclamatie aangenomen.

De voorzitter deelt mede, dat het N.R.G. overleg pleegt met het V.E.V. doch nog wacht hoe dit overleg uitwerkt. Sfeer van overleg is goed. Overleg is o.a. gaande over T.V. examens en er wordt op gewerkt om het eerste examen in begin 1957 te doen plaats vinden.

De hr. Greefkes vraagt of de examens van radiomonteurs en radiotechnici niet te combineren zijn met televisiemonteurs en televisietechnici.

De hr. Slikkerveer stelt voor om nog een jaar te wachten. Zijn standpunt is, eerst de regeling van de examens voor radiotechnicus en daarna voor televisietechnicus. De belangstelling is momenteel niet groot, doch men staat in het begin en verwacht dat dit gaandeweg beter zal worden.

Ter sprake komt nu de kwestie van de buitenlandse contacten. Men is er in het algemeen voor doch praktisch gebeurt er weinig. In dit verband zal het bestuur trachten om meer buitenlandse sprekers te laten optreden.

Verder zullen mededelingen betreffende buitenlandse congressen en activiteiten op dit gebied bekend worden gegeven in het tijdschrift van het N.R.G.

Zo heeft op 28 mei—2 juni een congres plaats in Parijs met betrekking tot de buizentechniek en H.F. techniek, terwijl in September eveneens in Parijs een congres betreffende propagatie kwesties zal plaatsvinden.

Het voorstel is dus om wat in buitenlandse tijdschriften omtrent congressen, etc., staat, ook in ons tijdschrift op te nemen.

Teneinde van een en ander op de hoogte te zijn wordt het voorstel gedaan dat het N.R.G. als zodanig lid zal worden van enkele overeenkomstige organisaties in het buitenland waardoor deze zaken (congressen, etc.) beter en sneller en in meer algemene kring van het N.R.G. bekend zullen worden.

Ir. van Weel stelt voor om zelf ook een internationale bijeenkomst te organiseren. Ook deze gedachte is bij het bestuur al opgekomen en besproken, doch de moeilijkheid in deze is, de grote hoeveelheid tijd en werk welke aan de organisatie van een en ander is verbonden. Ook de financiële zijde moet niet uit het oog worden verloren.

De hr. Metzelaar maakt in dit verband de opmerking, dat aan het SHAPE Technical Centre in Den Haag vele vooraanstaande technici zijn verbonden waarmee contact zou kunnen worden gezocht om beter georiënteerd te zijn over de wijze van werken van de organisaties op radiogebied in het buitenland.

Bij de rondvraag vraagt de hr. Rotgans of werving in de examenzaal is toegestaan. De hr. Slikkerveer antwoordt hierop, dat er beslist geen officiële werving in de zaal is toegestaan noch plaats heeft en dat particuliere firma's en eventuele overheidsinstanties de contacten met de afgestudeerden op andere wijze moeten bewerkstelligen.

Ir. van Weel brengt naar voren dat z.i. bij de meeste voordrachten te weinig bord-ruimte aanwezig is en vraagt of dit niet beter kan worden georganiseerd. De voorzitter antwoordt, dat hij zal zien wat in dit opzicht kan worden gedaan.

Hr. Metzelaar vraagt of de dames van tijd tot tijd ook niet geïnviteerd kunnen worden bij geschikte gelegenheden. De voorzitter antwoordt, dat hij hier eventueel rekening mee zal houden, doch dat in het algemeen de onderwerpen welke worden behandeld, te specialistisch zijn dat hiervoor van die zijde belangstelling zou bestaan.

Geen verdere vragen meer te beantwoorden sluit de voorzitter hierbij de vergadering onder dankzegging voor de opkomst en de attentie waardoor een en ander snel in zijn werk is gegaan.

JAARVERSLAG OVER 1955

In dit jaar werden de volgende bijeenkomsten gehouden:

16 maart: Gezamenlijke vergadering met de Geluidstichting te Baarn (herhaling van de vergadering van 9 juli 1955). Onderwerp: Moderne Phonografie, aantal deelnemers: 70.

25 maart: 120e zitting, tevens Algemene Jaarvergadering te Den Haag, Spreker: Prof. W. Kleen over: Verzögerungsleitungen als Bauelement von Höchstfrequenz-Elektronenröhren. Aantal deelnemers ca 50.

18 mei: 121e zitting te Den Haag. Sprekers: Ir. J. L. Bordewijk over Fazedraainetwerken en enkele toepassingen daarvan in de transmissietechniek. Ktz b.d. J. Houtmuller: Propagatie eigenschappen van metergolven op niet te grote afstand van de zender. Aantal toehoorders ca 60.

17 juni: Gecombineerde vergadering met de Geluidstichting te Eindhoven. Onderwerp: Magnetofoons. Sprekers: W. K. Westmijze. Principe van de magnetische registratie. G. Bakos: Mechanische constructie van magnetofoons. J. J. Geluk: Gebruik en toepassing van magnetofoons. R. Vermeulen: Geluidsreproductie met magnetische registratie.

17 oktober: 122e zitting te Hilversum. Sprekers: Ir. K. Rodenhuis. Levensduur en betrouwbaarheid van radiobuizen voor professionele toepassingen. Dr. Ir. A. van Weel: Fazelineariteit van televisie-ontvangers. Aantal deelnemers ca 100.

7 december: Gecombineerde vergadering met het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Secties toegepast wetenschappelijk onderzoek en Telecommunicatietechniek) en het Genootschap van Ingenieurs der PTT. Spreker Dr. H. G. Manfield over: Printed and potted circuits and automation techniques.

12 december: 123e zitting op het Inspectiebureau van Radio-Holland N.V. te Rotterdam. Sprekers: Ir. C. B. Broersma. Enkele nieuwe ontwikkelingen op het gebied van richtingzoekers, geleidebakens enz. ten behoeve van de scheepvaart. N. Schimmel: Enkele bijzonderheden over het door het Nederlands Radar Proefstation ontwikkeld Ramarkbaken. Ir. H. T. Hylkema: Moderne scheepsradio-communicatie apparaten. Hierna werden een aantal apparaten gedemonstreerd. Aantal deelnemers ca 120.

Het bestuur vergaderde drie maal. Op de Algemene Jaarvergadering werd in plaats van Ir. J. Piket, die zich niet herkiesbaar stelde, Dr. C. E. Mulders tot secretaris benoemd. Ir. Piket, die zo lang het secretariaat waarnam, werd bereid gevonden zijn grote ervaring ten dienste van het Genootschap te blijven stellen door lid van het bestuur te blijven. De voorzitter der examencommissie Ir. P. H. Boukema werd in het bestuur opgenomen. Ir. K. Posthumus trad af en werd in de loop van het jaar opgevolgd door Ir. J. J. van Rijsinge.

Het tijdschrift bevatte verslagen van gehouden voordrachten, boekbesprekingen, verslagen van congressen en conferenties, mededelingen en personalia betreffende het Genootschap, alsmede een aantal artikelen door de heren J. M. F. A. van Dijk, N. Schimmel, E. Goldbohm, H. W. Ghijsen, Balth. van der Pol, J. Roorda en P. Schagen.

De jaargang 1955 bevat 384 pagina's.

Aan de examens voor radiotechnicus en radiomonteur werd door resp. 337 en 427 kandidaten deelgenomen.

Het aantal geslaagden bedroeg resp. 71 en 162. Eén kandidaat ontving de WERA examenprijs voor een uitzonderlijk goed examenresultaat. Dit jaar werden voor het eerst examens voor televisietechnicus gehouden. Het aantal deelnemers hiervoor bij de voor- en najaarsexamens bedroeg slechts resp. 7 en 1, waarvan 4 en 1 kandidaten slaagden. Het totaal aantal geëxamineerden (772) was iets geringer dan vorig jaar (823).

Met de uitgevers van het tijdschrift Radio-Elektronica werd overeenstemming bereikt omtrent het publiceren van examenopgaven. Onder redactie van het NRG zullen de uitgewerkte opgaven in genoemd blad worden gepubliceerd. De examencommissie ontvangt 1000 overdrukken ter verkoop en zorgt voor de honorering van de opstellers.

Met de VEV is, wat de aanpassing der radiomonteursexamens betreft, overeenstemming bereikt. De bijzonderheden hiervan werden o.a. op pag. 111 van de jaargang 1955 van het tijdschrift bekend gemaakt. De overeengekomen maatregelen omtrent de wederzijdse erkenning werden dit jaar in praktijk gebracht, waarbij zich geen moeilijkheden voordeden. Er vindt nog steeds verder overleg met de VEV plaats in een aantal commissies. Hierbij is een der belangrijkste onderwerpen de coördinatie van de in de toekomst te houden televisiemonteursexamens.

De tijdens de vorige jaarvergadering ingestelde onderwijscommissie begon haar werkzaamheden en nam als een der eerste onderwerpen de organisatie van een „Onderwijsdag” ter hand” waarbij het radiotechnisch onderwijs (eventueel algemener telecommunicatie-onderwijs) ter sprake zal komen. Men wil zich voorlopig tot het lager en middelbaar onderwijs bepalen en dit door deskundige sprekers uit verschillende kringen doen behandelen. Gehoopt wordt in het najaar 1956 deze dag te kunnen houden. Met het K.I.v.I. is over deze aangelegenheid contact opgenomen.

Onze Franse zusterorganisatie de „Société des Radioélectriciens” nam in april 1955 het initiatief tot een Europese samenwerking op wetenschappelijk radio-terrein en nodigde daartoe vertegenwoordigers van Europese organisaties uit tot het voeren van oriënterende besprekingen. De in ons Genootschap opgerichte commissie voor buitenlandse betrekkingen toonde uiteraard veel belangstelling voor dit initiatief. Het NRG was vertegenwoordigd door de heren Bloemsma, Mulders en prof. Schouten. De belangstelling voor de bijeenkomst in Parijs was niet groot. De organisaties in Oostenrijk, België, Denemarken, Engeland en Zwitserland lieten verstek gaan. Aanwezig waren slechts Duitsland, Nederland en Italië. Hoewel te Parijs plannen werden gemaakt om tot samenwerking te geraken, is het praktisch resultaat vrijwel nihil gebleven. Ons Genootschap betreurt deze gang van zaken, omdat men van de waarde van deze samenwerking overtuigd is en zeker ook mogelijkheden daartoe ziet.

Het ledenaantal van het Genootschap steeg van 365 tot 379.

UIT HET VERSLAG VAN DE PENNINGMEESTER OVER 1955

Ontvangsten.

Hoewel enkele leden moesten worden aangeschreven in verband met de betaling van hun contributie bleek aan het einde van het jaar dat practisch alle leden aan hun geldelijke verplichting hadden voldaan. Het innen van de contributie van de buitenlandse leden geeft echter meer moeilijkheden.

Het totaalbedrag der ontvangen contributies bedroeg f 5425.—. Hierin begrepen is een bedrag groot f 615.— voor contributie over het jaar 1956, dat reeds door de leden is betaald. Netto is derhalve een bedrag van f 4810.— ontvangen. Dit komt geheel overeen met het begrootte bedrag.

Het aantal donateurs (9) is ook gedurende het jaar 1955 ongewijzigd gebleven. De gezamenlijke donaties bedroegen f 1780.—.

In het bedrag diversen is begrepen f 350.— als ontvangsten uit het Wera-fonds en f 300.— voor een uitbetaald bedrag, dat weder terug ontvangen is.

Uitgaven.

Over het jaar 1955 zijn nog geen rekeningen voor het tijdschrift ontvangen. Het totaal dezer rekeningen zal naar schatting f 3000.— bedragen.

Aan prijzen uit het Wera-fonds heeft dit jaar één uitkering van f 100.— plaats gehad.

Een bedrag groot f 623.90 is uitgegeven als honorarium voor artikelen, welke in het tijdschrift zijn verschenen.

Voordelig saldo.

Het voordelig saldo bedraagt dit jaar f 350.83. Een bedrag van f 3000.— is gereserveerd voor de betaling van nog te verwachten rekeningen voor het tijdschrift.

Op de effecten is een koersverlies geleden van f 121,25.

ONTVANGSTEN EN UITGAVEN OVER 1955.**Inkomsten:**

	<i>Geschat:</i>	<i>Uitkomst:</i>
Contributies	f 4800,—	f 5425,—
Opbr. coupons	f 150,—	f 164,—
Donaties	f 1780,—	f 1780,—
Diversen		f 651,60

Uitgaven:

	<i>Geschat</i>	<i>Uitkomst</i>
Tijdschrift	f 3500,—	f 1708,14
Onk. Bestuur	f 400,—	f 319,39
Onk. Sprekers	f 250,—	f 122,30
Onk. Red.- commissie	f 500,—	f 298,63
Zaalhuur	f 100,—	f 145,—
Admin.kosten	f 175,—	f 200,—
Klein drukwerk	f 350,—	f 425,28
Uitkering Wera-fonds	—	f 100,—
Contr. V.E.V.	—	f 25,—
Kosten Opl. V.E.V.	f 25,—	f 29,85
Hon. publicaties	f 1000,—	f 623,90
Diversen	f 130,—	f 672,28
Voordelig saldo		f 350,83
		<hr/>
		f 5020,60
Nog te bealen: Rekeningen tijdschrift		f 3000,—
		<hr/>
		f 8020,60

 f 8020,60
BALANS PER 31 DECEMBER 1955.**Debet:**

Saldo girorekening	f 6447,18
Effecten (koers 31-12'55)	f 8111,81
P.M. Instrumenten	—
P.M. oude tijdschriften	—
	<hr/>
	f 14.558,99

Credit:

Kapitaal N.R.G.	f 9278,72
Kapitaal URSI	f 2268,71
A'damsche Bank	f 11,56
Nog te betalen: Rek. tijdschrift	f 3000,—
	<hr/>
	f 14.558,99

BEGROTING VOOR 1956.**Inkomsten:**

Contributies	f 5200,—
Donaties	f 1780,—
Opbrengst coupons	f 200,—

Uitgaven:

Tijdschrift	f 3000,—
Onk. Bestuur	f 400,—
Onk. Sprekers	f 250,—
Onk. Red. Commissie	f 500,—
Zaalhuur	f 150,—
Admin.kosten	f 200,—
Klein drukwerk	f 425,—
Kosten Opl. V.E.V.	f 50,—
Prijzen Wera-fonds	f 200,—
Hon. publ. tijdschrift	f 1000,—
Lunches	f 300,—
Excursies	f 250,—
Diversen	f 150,—
Voordelig saldo	f 305,—

 f 7.180,—

 f 7.180,—

VERGADERINGEN

Sinds het verschijnen van het vorige nummer hadden de volgende vergaderingen plaats:

6 januari 1956 te Den Haag

Sprekers: Prof. Dr. Ir. J. P. Schouten: Berekening van doorimpulsen in lineaire netwerken opgewekte verstoringen met behulp van de operatorenrekening.

Ir. P. A. Neeteson: De vacuumbuis als netwerk-element in impulsschakelingen.

G. Prins: Experimenten met een 60 kHz model van een 60 mHz mf versterker voor radargebruik.

20 februari 1956 te Delft

Ir. L. F. Dert: Lineaire vervorming van televisiesignalen bij overdracht door middel van coaxiale kabels en de compensatie hiervan.

Ir. H. G. Bruijning: Impulsgeneratoren van grote vermogens (100 à 1000 kW).

C. Lecomte: Tijdmeting met impulsen in de radartechniek.

8 maart 1956 te Hilversum (in samenwerking met de sectie Telecommunicatie van het K.I.v.I.).

Sprekers ir. H. N. Hansen en ir. L. F. Dert met als onderwerp: Problemen bij televisietransmissie over coaxiale kabels.

20 maart 1956 te Leidschendam (bezoek Dr. Neher-laboratorium der PTT).

Ir. L. R. M. Vos de Wael: De frequentiestandaard van het Radiolaboratorium.

Ir. P. L. M. van Berkel: Het ionosfeerpeilstation te Leidschendam.

Ir. F. J. Kijlstra: Onderzoek van stralingsdiagrammen van antennes met behulp van modellen.

16 april 1956 te Den Haag (Jaarvergadering).

Spreker: Prof. dr. ing. H. Rothe: Probleme bei der Verstärkung kleinster Leistungen.

NIEUWE LEDEN

W. G. J. van den Bergh, van Nijenrodestraat 64, Den Haag.

Ir. L. F. Dert, Berlagelaan 102, Hilversum.

Dr. K. W. Hinkel, Dr. W. Leydsiaan 1, Eindhoven.

Ir. R. A. Kasper, Wilhelminapark 36, Oegstgeest.

Ir. H. A. Rodrigues de Miranda, Boschdijk 341, Eindhoven.

Ir. F. J. H. Timmermans, Groesstraat 2, Geldrop.

Dr. J. J. van Zolingen, Van Lawick van Pabststraat 40, Arnhem.

VOORGESTELDE LEDEN

E. H. Boeringa, Reestraat 49, Hilversum. (P.T.I.).

Ir. S. Korthals Altes, 2014 East Genesee Street, Syracuse, NY, U.S.A. (G.E.C.)

Ir. F. J. Kijlstra, Bankastraat 125, Den Haag. (P.T.T.)

A. Lenger, Nieuweweg 26, Eemnes buiten (P.T.I.).

Ir. J. C. de Munck, Archimedesstraat 47, Den Haag (P.T.T.)

Ir. J. A. van der Vorm Lucardie, Berlagelaan 88, Hilversum (P.T.I.).

A. L. Steiner, Veenendaalkade 452, Den Haag (P.T.T.)

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

Ir. A. E. M. Calon, 37 Boulevard de la République, Saint Gratien (S&O), Frankrijk.

Prof. Ir. G. J. Levenbach, 229 Union Avenue, New Providence, New Jersey,
U.S.A.

Dr. Ir. A. E. Pannenburg, Lohmühlenstrasse 12, Aken, Duitsland.

Dr. P. Schagen, „Lisseven“, Carlton Road, Redhill, Surrey, Engeland.

M. C. Vrolijk, Anthonie Duyckstraat 40, Den Haag.

M. van Sliedregt, Genestetstraat 17, Voorburg.

RECTIFICATIE OP DE LEDENLIJST

Men leze Dr. Ir. J. Ph. Poley i.p.v. Ir. J. Ph. Poley.
